

## ANÁLISE TECTÔNICA NA REDE DE DRENAGEM DA MANTIQUEIRA MERIDIONAL E SETENTRIONAL (MG)

*TECTONIC ANALYSIS OF THE DRAINAGE NETWORK OF MERIDIONAL AND SETENTRIONAL MANTIQUEIRA (MG)*

*ANÁLISIS TECTÓNICO DE LA RED DE DRENAJE SUR Y NORTE DE MANTIQUEIRA (MG)*

### RESUMO

A abordagem dessa pesquisa tem como base as propostas metodológicas em geomorfologia tectônica, presente nos trabalhos desenvolvidos por Keller e Pinter (1996). A geomorfologia tectônica busca elucidar aspectos da história geológica das paisagens terrestres e como os processos tectônicos exerceram influência na emolduração do relevo. Diante disso, o objetivo dessa pesquisa é identificar os esforços tectônicos na rede de drenagem da Serra da Mantiqueira e avaliar as implicações neotectônicas na rede de drenagem da Mantiqueira Meridional e Setentrional. Selecionou-se a bacia do rio Caparaó (Mantiqueira Setentrional) e a bacia do rio Bananal (Mantiqueira Meridional) para investigação e aplicação de três índices geomorfométricos: Fator de Simetria Transverso – T (COX, 1994), Integral e Curva Hipsométrica – IH (KELLER e PINTER, 1996) e Assimetria de Bacia de Drenagem – AF (HARE e GARDNER, 1985). De modo geral, as bacias selecionadas apresentam uma distinta configuração da rede de drenagem, sendo constatado uma menor assimetria na bacia do rio Caparaó, a qual apresentou deformações pontuais na rede de drenagem para o índice T; em contrapartida, a bacia hidrográfica do rio Bananal apresentou um conjunto de anomalias e assimetrias mais contundentes a um quadro de deformações mais recentes, reunindo elevados valores de T e Af. Neste contexto, foi possível registrar como a drenagem do segmento Meridional da Serra da Mantiqueira possui fortes elos com os esforços oriundos da reativação tectônica mesozoico-cenozoica.

**Palavras-chave:** Serra da Mantiqueira; Índices geomorfométricos; Neotectônica; Análise da Drenagem.

### ABSTRACT

The approach of this research is based on the methodological proposals in tectonic geomorphology, present in the work developed by Keller and Pinter (1996). Tectonic geomorphology seeks to elucidate aspects of the geological history of terrestrial landscapes and how tectonic processes have influenced the framing of the relief. In view of this, the objective of this research is to identify the tectonic efforts in the drainage network of the Mantiqueira mountain range and to evaluate the neotectonic implications in the drainage network of Southern and Northern Mantiqueira. The Caparaó river basin (Northern Mantiqueira) and the Bananal river basin (Southern Mantiqueira) were selected for investigation and application of three geomorphometric indexes: Transverse Symmetry Factor - T (COX, 1994), Hypsometric Integral and Curve - HI (KELLER and PINTER, 1996) and Drainage Basin Asymmetry - AF (HARE and GARDNER, 1985). In general, the selected basins present a distinct configuration of the drainage network, a minor asymmetry was observed in the Caparaó river basin, which presented punctual deformations in the drainage network for the T index; in contrast, the Bananal river basin presented a set of anomalies and asymmetries more pronounced to a picture of more recent deformations, gathering high values of T and AF. In this context, it was possible to register how the drainage of the Meridional segment of the Serra da Mantiqueira has strong links with the efforts coming from the Mesozoic-Cenozoic tectonic reactivation.

**Keywords:** Serra da Mantiqueira; Geomorphometric Indices; Neotectonics; Drainage Analysis.

 Felipe Pacheco Silva <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade do Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2023.74354

Correspondência: feliipe.p@hotmail.com

Recebido em: 21 mar. 2023

Revisado em: 18 mai. 2023

Aceito em: 06 jun. 2023



## RESUMEN

El enfoque de esta investigación se basa en las metodologías propuestas en geomorfología tectónica, presentes en el trabajo desarrollado por Keller y Pinter (1996). La geomorfología tectónica busca aclarar aspectos de la historia geológica de los paisajes terrestres y cómo los procesos tectónicos han influido en la conformación del relieve. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es identificar los esfuerzos tectónicos en la red de drenaje de la Sierra de la Mantiqueira y evaluar las implicaciones neotectónicas en la red de drenaje del sur y del norte de la Mantiqueira. La cuenca del río Caparaó (Mantiqueira Norte) y la cuenca del río Bananal (Mantiqueira Sur) fueron seleccionadas para pesquisa y aplicación de tres índices geomorfométricos: Factor de Simetría Transversal - T (COX, 1994), Curva Integral e Hipsométrica - HI (KELLER y PINTER, 1996) y Asimetría de la Cuenca de Drenaje - AF (HARE y GARDNER, 1985). De forma general, las cuencas seleccionadas presentan una configuración distinta de la red de drenaje, verificando una asimetría menor en la cuenca del río Caparaó, que presentó deformaciones puntuales en la red de drenaje para el índice T; por otro lado, la cuenca del río Bananal presentó un conjunto de anomalías y asimetrías más contundentes a un cuadro de deformaciones más recientes, reuniendo valores elevados de T y AF. En este contexto, fue posible registrar como el drenaje del segmento sur de la Serra da Mantiqueira tiene fuertes vínculos con esfuerzos derivados de la reactivación tectónica Mesozoica-Cenozoica.

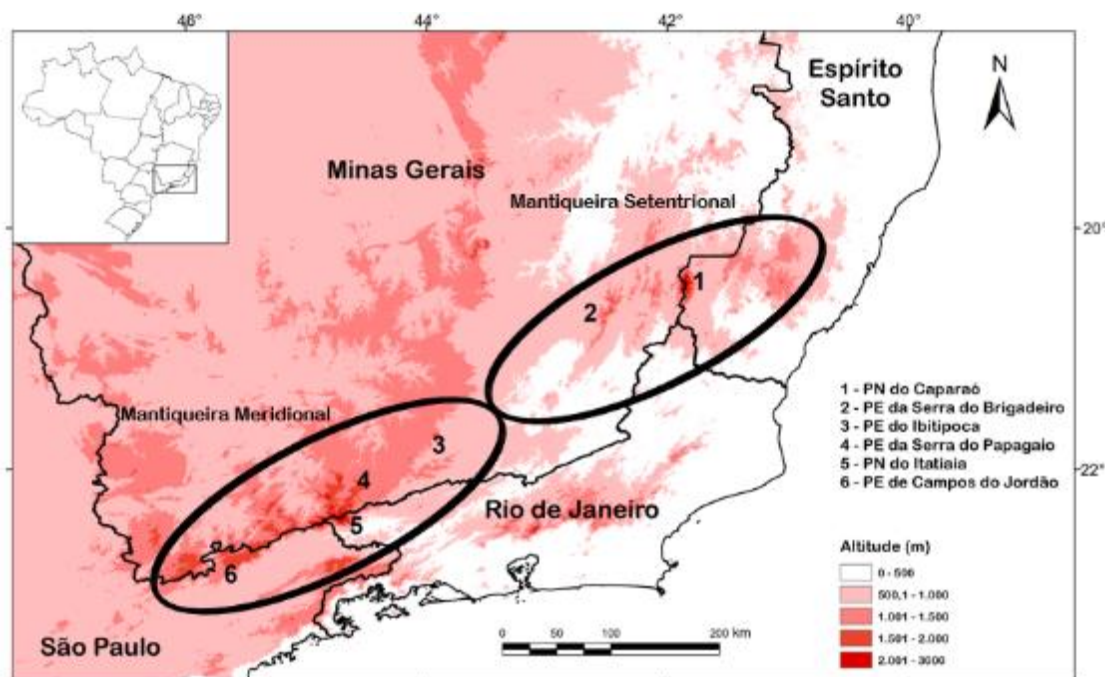
**Palabras-clave:** Serra da Mantiqueira; Índices Geomorfométricos; Neotectónica; Análisis del Drenaje.

## INTRODUÇÃO

Diversos estudos no âmbito das geociências têm apontado a atuação de mecanismos neotectônicos no Sudeste Brasileiro (RICCOMINI, 1989; HASUI, 1990; SILVA e MELLO, 2011; MARQUES NETO et al. 2019). Nestas pesquisas são apresentados os processos de reativações de antigas falhas pré-cambrianas e a geração de falhas cenozoicas (HASUI, 1990; GONTIJO, 1999), deformações e basculamentos em sistemas hidrográficos (ETCHEBEHERE, 2000), e estudos de sismicidade (ASSUMPÇÃO, 1998; HASUI et al., 1982).

Neste arranjo regional, a Serra da Mantiqueira constitui-se como segundo degrau orográfico do “Sistema de *Rift* Continental do Sudeste do Brasil” (RICCOMINI, 1989), transpondo-se a Serra do Mar, envolvendo um conjunto de feições geomorfológicas e alguns dos cumes de maior altitude do território brasileiro. De acordo com Gatto et al. (1983), são reconhecidas duas grandes regiões na Serra da Mantiqueira: a Mantiqueira Meridional e a Mantiqueira Setentrional (Figura 1). A porção Meridional é composta pelas unidades geomorfológicas dos Planaltos de Campos de Jordão e de Itatiaia, enquanto a porção Setentrional compreende três unidades geomorfológicas denominadas: Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Maciço do Caparaó e Serranias da Zona da Mata mineira. Os pontos mais elevados da Região Sudeste do Brasil estão na Serra da Mantiqueira e correspondem ao Pico da Bandeira (2.891,98 m), na Serra do Caparaó, a Pedra da Mina (2.798,39 m) na Serra Fina e o Pico das Agulhas Negras (2.792,66 m) na Serra do Itatiaia.

**Figura 1.** Localização da Serra da Mantiqueira, com destaque para os setores Meridional e Setentrional e áreas situadas em Unidades de Conservação (BRASIL, 2000).



Organização: Os autores.



Nessa regionalização proposta para a Serra da Mantiqueira, o segmento Meridional é reconhecido e classificado como o conjunto orográfico contínuo e mais elevado do Sudeste Brasileiro, exibindo um controle litoestrutural em sua organização geomorfológica e tectônica (MARQUES NETO, 2017). Por outro lado, o relevo da porção Setentrional exibe um planalto mais rebaixado, no qual a maior parte dos terrenos estão a uma altitude de até 1000 metros, sugerindo uma maior atuação da ação erosiva nesse setor, devido a uma maior energia erosiva dos sistemas hidrográficos dada a proximidade desse trecho com a foz da bacia do rio Paraíba do Sul, ou seja, o considerado nível de base geral (VALADÃO, 2009). Frente a este quadro diverso, o objetivo dessa pesquisa é identificar como os controles tectônico-erosivos atuam na evolução do relevo da Serra da Mantiqueira e, com base em uma análise geomorfométrica, a proposta é comparar a intensidade das implicações neotectônicas na rede de drenagem da Mantiqueira Meridional e Setentrional. Assim, para as análises de cunho morfotectônico, a partir de índices geomórficos, selecionou-se duas bacias hidrográficas, a saber: Bacia do rio Caparaó - Mantiqueira Setentrional e, Bacia do rio Bananal - Mantiqueira Meridional (Figura 2).

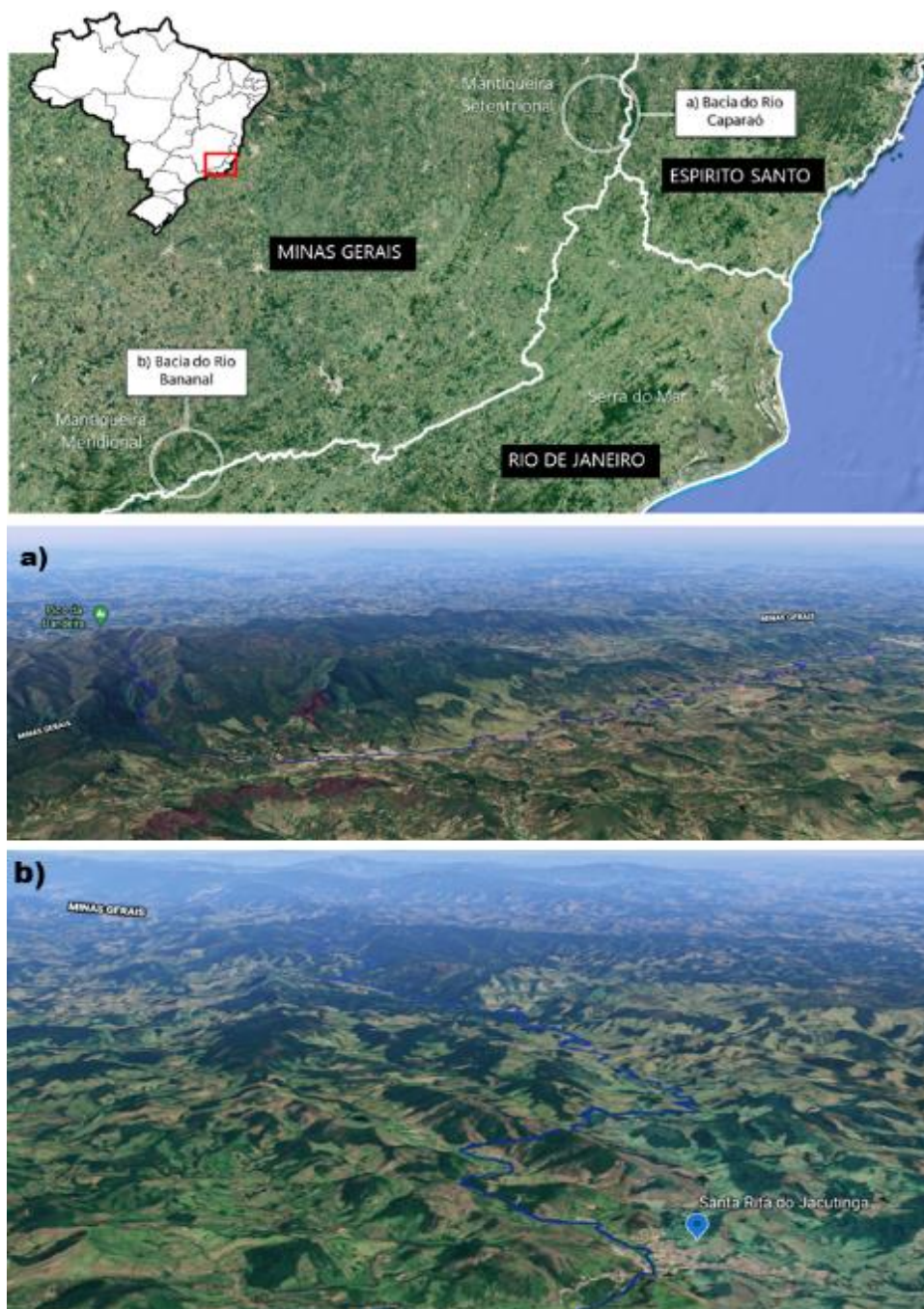
### Estratégia Metodológica

A investigação morfotectônica busca correlacionar as feições destacadas na topografia (rupturas de declive, domos, bacias tafrogênicas, padrões e anomalias de drenagem, *shutter ridges*, etc.) e processos da crosta rasa de caráter neotectônico (BRAGANÇA, 2022). Diante desse quadro, as propriedades da rede de drenagem são essenciais para compreender as influências tectônicas de uma área e subsidia a análise morfotectônica (FACINCANI, 2000).

O primeiro procedimento utilizado foi a compilação da base de dados para as duas bacias selecionadas. Nesse caminho foi utilizado a base cartográfica planialtimétrica digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no caso a folha topográfica de Santa Rita do Jacutinga (SF-23-Z-A-II-2), para a bacia do rio Bananal, e as folhas de Manhumirim (SF-24-V- A-I-3) e Esfera Feliz (SF-24-V-A-IV-1), para a bacia do rio Caparaó, ambas na escala de 1:50.000.



**Figura 2.** Localização da área de estudo, com marcação dos setores Meridional e Setentrional da serra da Mantiqueira. a) bacia do rio Caparaó (Mantiqueira Setentrional); b) bacia do rio Bananal (Mantiqueira Meridional).



Organização: Os autores.

Os dados geológicos foram obtidos do levantamento feito pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais - CODEMIG (NOCE et al., 2003), na escala de 1:100.000, integrados aos dados do Mapa Geológico do estado de Minas Gerais, elaborado na escala 1: 1.000.000, versão atualizada da Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais - CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil – CPRM (CPRM/CODEMIG, 2014).



Na sequência obteve-se, a partir das ferramentas de análise espacial do ArcInfo (ArcGis 10.5), atributos do relevo e drenagem por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS). O MDE SRTM permitiu a organização de mapas tridimensionais no ArcScene (ArcGIS@10.5).

Para a investigação selecionou-se três índices geomorfológicos: Integral e Curva Hipsométrica (**IH**) (KELLER e PINTER, 1996); Assimetria de Bacia de Drenagem (**AF**) (HARE e GARDNER, 1985) e Fator de Simetria Transverso (**T**) (COX, 1994).

O **IH** permite a visualização de uma curva hipsométrica, que é a representação gráfica cumulativa normalizada que mostra a variação de altitude da bacia em relação à área. Os eixos das ordenadas e abscissas variam entre 0 e 1. A análise se dá pela comparação da curva hipsométrica com curvas teóricas, refletindo assim se a bacia está ou não em “equilíbrio”, de tal forma que os pontos de inflexão na curva hipsométrica sejam interpretados relacionado às implicações tectônicas ou erosivas (CUÉLLAR-CÁRDENAS *et al.*, 2014). Valores de **IH**  $\geq 0,5$  indicam forte controle tectônico; valores de  $0,4 \leq \text{IH} < 0,5$  indicam moderado controle tectônico e **IH**  $< 0,4$  fraco controle tectônico. A Curva Hipsométrica foi obtida com base nas informações do MDE, já a Integral Hipsométrica (**IH**) a partir do seguinte cálculo.

$$\text{IH} = (\text{H}_{\text{média}} - \text{H}_{\text{mín.}}) \div (\text{H}_{\text{máx.}} - \text{H}_{\text{mín.}}),$$

onde:

$\text{H}_{\text{média}}$  - altitude média da bacia;

$\text{H}_{\text{mín}}$  - altitude mínima da bacia;

$\text{H}_{\text{máx}}$  - altitude máxima da bacia

O cálculo da Assimetria de Bacia de Drenagem, conforme proposta por Hare e Gardner (1985) reporta à assimetria de bacias hidrográficas com base na migração lateral dos canais. O índice é obtido por meio da fórmula abaixo.

$$\text{AF} = 100 \times (\text{Ar} \div \text{At}),$$

onde:

**Ar** = área do lado direito da bacia (visada para jusante);

**At** = área total da bacia.



**AF** pode variar de 0 a 100, sendo que 50 equivale a uma bacia não basculada (simétrica), valores maiores que 50 indicam um basculamento para a direita e números inferiores a 50 sugerem um basculamento para a esquerda da bacia. Hare e Gardner (1985) propuseram a seguinte classificação para a intensidade do basculamento:

- **AF = 50**: bacias não basculada (simétrica);
- **AF < 7**: bacias fracamente basculadas;
- **$7 \leq \text{AF} < 15$** : bacias moderadamente basculadas;
- **$\text{AF} \geq 15$** : bacias fortemente basculadas.

O Fator de Simetria Transverso (**T**), propicia identificar setores nos quais o canal sofre alterações em decorrência de um abatimento ou basculamento do bloco, deflagrando inflexão ou migração lateral do canal, contribuindo para apontar padrões de basculamentos ao longo da extensão do canal, sendo avaliado o grau da assimetria de um rio dentro de uma bacia (IBANEZ e RICCOMINI, 2011). Com a aplicação do índice tem-se a obtenção da direção da migração média para os canais de maiores ordens viabilizando, assim, a identificação da migração de canais como consequência de processos internos fluviais ou de forças tectônicas. O **T** é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$\mathbf{T} = \mathbf{Da} \div \mathbf{Dd},$$

onde:

**Da**: distância entre a linha média da bacia e o meandro ativo mais próximo da mesma;

**Dd**: distância entre a linha média da bacia e o divisor.

O índice **T** apresenta resultados compreendidos em um intervalo de 0 a 1, onde 0 indica um comportamento simétrico, onde a posição do canal coincide com a linha média da bacia; e 1 uma condição de assimetria extrema, com o canal rente ao seu divisor de águas. A análise da intensidade de anomalia seguiu a classificação apresentada por Cox (1994):

- **T = 0** - bacias simétrica/estabilidade tectônica (quanto mais próximo de 1, maior a influência tectônica na bacia);
- **T < 0,25** - fracamente anômalo;
- **$0,25 \leq \text{T} < 0,75$**  - moderadamente anômalo;

- $T \geq 0,75$  - setor fortemente anômalo.

O índice **T** diferente do **AF**, permite uma análise mais pontual da migração dos canais, ou seja, auxilia na compreensão de alterações na organização interna do sistema de drenagem e, portanto, complementa a análise morfotectônica das bacias de drenagem.

### Discussão dos Resultados

O padrão de drenagem das bacias é sobretudo, dendrítico, apesar de alguns segmentos expressarem padrões diversos, como o radial, este descrito por Christofolletti (1999) em seu estudo no Parque Nacional do Caparaó. O fato é que a bacia do rio Caparaó apresenta um predomínio do padrão dendrítico migrando para um padrão paralelo a radial nos setores escarpados da vertente oeste do maciço (Figura 3). No que tange a projeção longitudinal do canal o rio Bananal reúne uma série de deflexões abruptas e vales suspensos que dão a tônica da bacia ao longo do seu curso (Figura 4). O rio Caparaó, em termos espaciais, apresenta uma disposição NNE-SSW, mesma orientação do *front* oeste da Serra do Caparaó, o que permite inferir um controle estrutural do canal principal.

**Figura 3.** Visão panorâmica da morfologia de morros e serras locais da área adjacente à Serra do Caparaó. Foto: F.S. Pacheco (maio/2021).



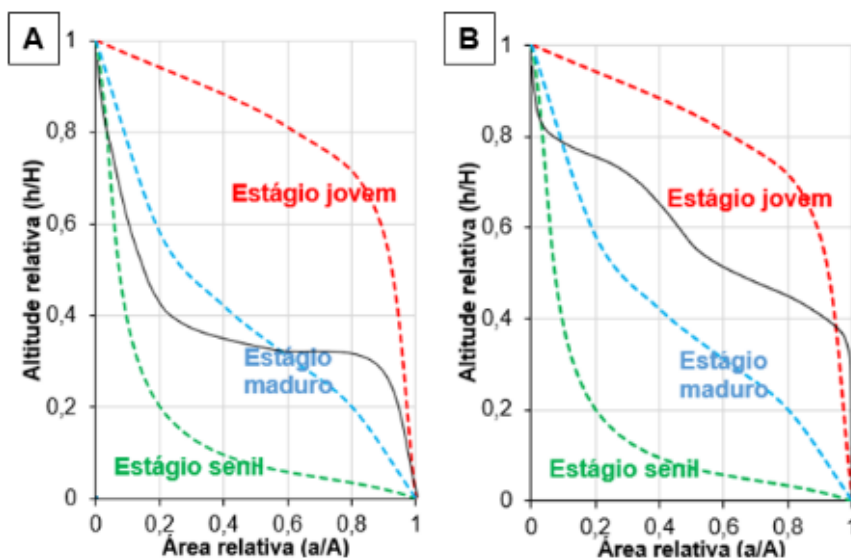


**Figura 4.** Registro fotográfico de um trecho do fundo de vale do ribeirão Lacerda, cuja sedimentação quaternária está retida sob um padrão de orientação NW-SE. Foto: F.S. Pacheco (setembro/2022).



A Integral Hipsométrica (**IH**) para as bacias dos rios Caparaó e Bananal, apresentaram valores moderados de **IH**, respectivamente, 0,48 e 0,45. Por esse índice, a bacia do Caparaó apresenta-se mais anômala tectonicamente, dado o maior valor de **IH**. El Hamdouni *et al.* (2008) associam maiores valores de **IH** a atividade tectônica recente. Contudo, na análise da Curva Hipsométrica (Figura 5), ambas bacias apresentam um relevo variando de um estágio maduro para jovem, porém a bacia do rio Bananal reúne um maior número de inflexões e uma área maior acima dos planos de referência dos estágios maduro e senil, sugerindo relevo mais jovem, dado as implicações de ordem tectônica ou erosiva da bacia.

**Figura 5.** Integral hipsométrica das bacias hidrográficas estudadas. **A** - Bacia do rio Caparaó, Mantiqueira Setentrional; **B** - Bacia do rio Bananal, Mantiqueira Meridional.



Organização: Os autores.

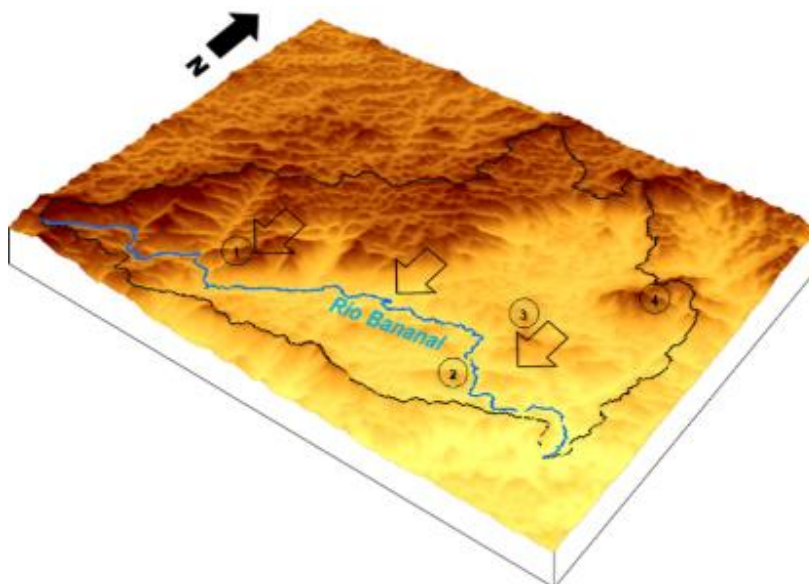
A Assimetria de Bacia de Drenagem (**Af**), por sua vez, permitiu calcular o grau de simetria e assimetria no formato espacial das bacias de drenagem. Quanto a este índice as bacias apresentaram comportamentos distintos (Tabela 1), uma vez que a bacia do rio Caparaó demonstrou fraco basculamento em sua margem direita, enquanto a bacia do rio Bananal uma forte assimetria, ou seja, um forte indício de basculamento do bloco em que a bacia está situada. O forte basculamento da margem direita do rio Bananal, sugere um controle do canal principal por estruturas NNW-SSE e soleiras graníticas (Serra do Lagarto) e quartzíticas (Serrote da Lagoa e Serra do Pico do Papagaio) (Figura 6).

**Tabela 1.** Assimetria da Bacia de Drenagem (**Af**) das bacias dos rios Caparaó e Bananal.

Bacia/Setor	Ar (km <sup>2</sup> )	At (km <sup>2</sup> )	Af-50
Caparaó/Setentrional	84,77	195,78	6,70
Bananal/Meridional	79,60	360,22	27,90

Organização: Os autores.

**Figura 6.** Basculamento da margem direita do rio Bananal. O basculamento é promovido pela interceptação do canal por falhas NNW e soleiras graníticas na passagem entre o alto e o médio e soleiras quartzíticas entre o médio e baixo curso do rio Bananal. 1 – soleira granítica da Serra do Lagarto; 2 – soleira quartzíticas do Serrote da Lagoa; 3 – soleira quartzíticas do Pico do Papagaio; 4 – Serra da Candonga.

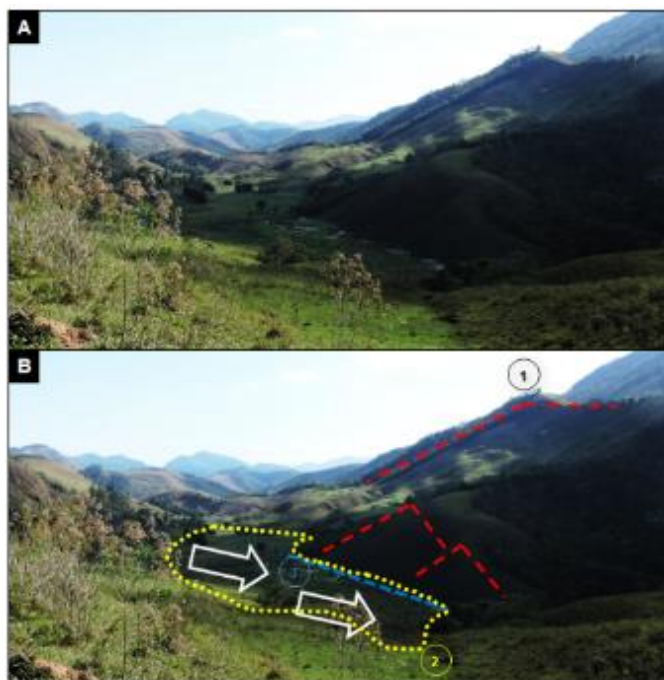


Organização: Os autores.

A maior deformação de **Af** para a bacia do rio Bananal, destacada nos itens precedentes, também se projeta nos afluentes do canal principal, sendo constatado basculamentos e facetamentos em distintos segmentos da bacia (Figura 7).

A análise dos controles internos aos sistemas fluviais foi executada a partir da aplicação do Fator de Simetria Transverso (**T**), que permitiu uma avaliação em planta dos comportamentos dos canais principais. O índice acusou uma moderada atividade tectônica no controle dos canais principais para todas as bacias, sugerindo controles internos nos sistemas hidrográficos. A técnica permitiu identificar diversos setores nos quais o canal sofreu alterações em decorrência de um abatimento ou basculamento do bloco, deflagrando inflexão ou migração lateral do canal. Pelo Fator de Simetria Transverso (**T**), calculado para 17 seções transversais, foi observado que, para ambas as bacias estudadas, há anomalias do canal principal (Tabela 2) em intensidades distintas.

**Figura 7.** Médio curso do córrego do Fubá. **A** – Feições morfotectônicas do médio curso do canal; **B** – Interpretação morfológica dos compartimentos morfotectônicos identificados em campo, destaque para o basculamento NNW da planície e facetamentos do relevo. As setas evidenciam o basculamento identificado pelo deslocamento do segmento do canal. Foto: F.P. Pacheco (set/2022).



**1** – Linha tracejada em vermelho exibindo facetas triangulares e trapezoidais dando enfoque nos reafileiros e facetamentos em rampas de colúvio e morros; **2** – Linha tracejada em amarelo marcando a planície basculada com significativo acúmulo sedimentar; **3** – córrego do Fubá exibindo um padrão retilíneo entalhando seus sedimentos aluvionares.

**Tabela 2.** Assimetria da Bacia de Drenagem (**Af**) das bacias dos rios Caparaó e Bananal.

Bacia/Setor	Ar (km <sup>2</sup> )	At (km <sup>2</sup> )	Af-50
Caparaó/Setentrional	84,77	195,78	6,70
Bananal/Meridional	79,60	360,22	27,90

Organização: Os autores.

Na bacia do rio Caparaó o valor máximo de **T** foi de 0,66, ressaltando um contexto pontual de alta assimetria, enquanto o menor valor foi de 0,07, ou seja, uma seção simétrica, com um pequeno controle tectônico. Por outro lado, a bacia do rio Bananal, no contexto da Mantiqueira Meridional, o maior valor de **T** foi 0,88, enquanto o menor foi de 0,18. Logo, os resultados para as bacias endossam o corpo de evidências que atestam maior intensidade tectônica na bacia do rio Bananal, dado o maior valor médio de **T**.

O valor médio das seções, de maneira geral, indica uma moderada atividade tectônica para as bacias, contudo os valores individuais, mostram que ambas bacias possuem segmentos com alta assimetria, principalmente a bacia do rio Bananal que reuniu valores mais altos. Diante desse quadro, interpreta-se que



o basculamento da bacia do rio Bananal afetou uma maior parte da bacia, enquanto a bacia do rio Caparaó a assimetria está concentrada em uma pequena parte da área total. O maior valor do índice **T** para bacia do rio Bananal é coerente ao comportamento do canal principal dessa bacia que exhibe alterações em decorrência do basculamento do bloco, deflagrando inflexão ou migração lateral do canal.

O conjunto dos índices analisados revelam a preponderância de basculamentos e anomalias na bacia do rio Bananal, inserida no contexto da Mantiqueira Meridional. As maiores assimetrias na bacia somam-se ao conjunto de falhas NNW que marcam compartimentos intermontanos dessa bacia e, relacionam-se à reativação tectônica de idade mesozoico-cenozoica (HEILBRON *et al.*, 2000). Sedimentos fluviais quaternários são pouco expressivos no vale do rio Bananal, estando no geral estocados à montante a falhas NNW que marcam a passagem do médio para o baixo curso da bacia, em um contexto de predomínio de ortognaisses e rochas anfibolíticas do domínio Juiz de Fora. Portanto, a configuração da rede de drenagem nessa bacia aponta para um ambiente de maior atividade tectônica na conformação do relevo, em comparação com a bacia do rio Caparaó, no setor Setentrional da Mantiqueira.

A seleção de bacias hidrográficas relativamente próximas ao nível de base do rio coletor, como as selecionadas nessa pesquisa, excluindo-se assim, bacias interioranas tal como ocorre no reverso da Serra da Mantiqueira, permitiram compreender os controles tectônicos nesses sistemas fluviais com organização hidrográfica marcados por depressões interplanálticas bastante expressivas e seccionadas por cristas estruturais de orientação NE-SW. No setor meridional, o controle lítico é marcado pela presença dos quartzitos, que perfazem importantes interflúvios regionais como na Serra da Candonga, Negra e Lima Duarte.

A influência neotectônica na evolução das bacias é evidente nos rios analisados, seja por influências dos controles regionais, mas também submetido ao controle de outras estruturas como, por exemplo, a orientação geral NW-SE. Influências de outras estruturas também marcam inflexões e desvios anômalos dos canais sugerindo a interceptação de estruturas ativas, como pequenos segmentos de orientação E-W, como o que ocorre nos canais de primeira ordem, sugerindo rearranjos por falhas transcorrentes, desvios anômalos, entre outras feições.

### **Considerações Finais**

Os índices geomorfológicos selecionados permitiram analisar, de forma integrada, aspectos geomorfológicos do relevo e mensurar o grau de deformação tectônica nos sistemas fluviais analisados. Os resultados sugerem uma maior intensidade tectônica no contexto da Mantiqueira Meridional, no qual a bacia do rio Bananal apresenta terrenos em grande medida, afetados por tectônica ressurgente e ativa, que se manifesta na rede de drenagem, escarpas, vales e depósitos neoquaternários em contexto de relevo montanhoso sob a influência do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (*sensu* RICCOMINI, 1989). De tal modo,





a bacia do rio Caparaó exibiu uma moderada atividade tectônica, apesar de pontualmente exibir deformações no médio-baixo curso da bacia. Todavia, vale ponderar que a validação dessa relação ainda precisa ser confrontada com os dados extraídos de levantamentos estruturais, fraturas e falhas a serem coletados em campo.

A Mantiqueira Meridional apresenta um controle morfotectônico mais contundente vigente nos patamares superiores e escalonados da Serra da Mantiqueira (SAADI, 1991; GONTIJO, 1999; MORALES, 2005; MARQUES NETO, 2012). Apesar da influência da Zona Sismogênica de Cunha (HASUI *et al.*, 1982; MIOTO, 1993), a principal influência para maior intensidade das atividades tectônicas nas bacias hidrográficas estudadas no setor meridional, deve-se significativamente ao campo de esforços distensivos de direção NNW-SSE. A análise geomorfométrica de bacias mostrou-se eficaz para evidenciar as anisotropias dos dois segmentos estudados.

### Agradecimentos

À FAPERJ - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro pela concessão da Bolsa de Doutorado Nota 10 (E-26/200.661/2021). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq).

### REFERÊNCIAS

- ASSUMPÇÃO, Marcelo. Seismicity and stresses in the Brazilian passive margin. *Bulletin of Seismology of America*. v, 88, n.1, p.160-169.1998.
- BRAGANÇA, Mário Teixeira Rodrigues. **Morfotestrutura e Morfotectônica no Nordeste de Minas Gerais: o grabén holocênico do baixo Ribeirão Cotovelo e seu enquadramento na hidrogeomorfologia regional**. 2022. 251 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher. 1999.
- CPRM (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL); CODEMIG (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. **Mapa Geológico de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2014. Convênio CPRM/CODEMIG. Escala: 1:1.000.000.
- COX, Randel Tom. Analysis of Drainage-basin symmetri as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississipi Embayment. *Geological Society of American Bulletin*, Missouri, v. 106, n.5, p 571-581. 1994.
- CUÉLLAR-CÁRDENAS, Mário Andrés; LÓPEZ-ISAZA, Julián Andrés. CARRILLO-LOMBANA, Edgar Joaquin; IBÁÑEZ-ALMEIDA, Diego Gerardo; SANDOVAL-RAMÍREZ, Jesus Hernando, OSORIO-NARANJO, Jairo Alonso. Control de la actividad tectónica sobre los procesos de erosión remontante: el caso de la cuenca del río Combeima, Cordillera Central, Colombia. *Boletín de Geología*, v. 36, n.1, p. 37-56, 2014.
- EL HAMDOUNI, Rachid; IRIGARAY, Clemente; FERNÁNDEZ, Tomás; CHACÓN, Jose; KELLER, Edward. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). *Geomorphology*, v. 96, n. 1-2, p. 150-173, 2008
- ETCHEBEHERE, Mario Lincoln de Carlos. **Terraços Neoquaternários no Vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas**. Rio Claro, 2000. 264f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 2000.



FACINCANI, Edna Maria. **Morfotectônica da depressão periférica paulista e cuesta basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP.** 2000. 222f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 2000.

GATTO, Luiz Carlos Soares; RAMOS, Vera Lúcia de Souza; NUNES, Bernardo Thadeu de Almeida; MAMEDE, Lindinalva; GÓES, Maria Hilde de Barros; MAURO, Claudio Antonio de; ALVARENGA, Sílvia Maria; FRANCO, Eliana Maria Saldanha; QUIRICO, Alcione Fonseca; NEVES, Leda Baeta. Geomorfologia. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SF-23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 780p. p. 305–384.

GONTIJO, Ambrosina Helena Ferreira. **Morfotectônica do médio vale do Rio Paraíba do Sul: região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro.** Rio Claro, 1999, 259f. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1999.

HARE, Paul, GARDNER, Thomas. (1985) 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**, Allen and Unwin, Boston, v.4, p.123-134, 1985.

HASUI, Yociteru. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. In: Workshop de Neotectônica e Sedimentação Continental Cenozóica no Sudeste do Brasil, 11, 1990, Belo Horizonte. Minas Gerais: **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v.1, p. 1-31.1990.

HASUI, Yociteru; ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; MIOTO, José Augusto; MELO, Mario Sergio. **Geologia, tectônica, geomorfologia e sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da praia de Itaorna.** São Paulo: IPT. 1982.

HEILBRON, Mônica; TUPINAMBÁ, Miguel; EIRADO, Luiz Guilherme; RIBEIRO, Andre; PACIULLO, Fábio; TROUW, Rudolph Johannes, TOLEDO, Catarina Labouré. **Geologia das folhas Santa Rita do Jacutinga e Rio Preto.** Rio de Janeiro: COMIG-UFMG-UFRJ-UERJ. 2000.

IBANEZ, Delano Menecucci; RICCOMINI, Claudio. O uso da assimetria de bacias para o estudo neotectônico na Amazônia Central. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, Curitiba, INPE, **Anais**. p. 3467-3474, 2011.

KELLER, Edward; PINTER, Nicholas. **Active tectonics.** Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1996.

MARQUES NETO, Roberto. **Estudo evolutivo do sistema morfoclimático e morfotectônico da bacia do Rio Verde (MG), sudeste do Brasil.** 2012, 429f. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

MARQUES NETO, Roberto. O *horst* da Mantiqueira meridional: proposta de compartimentação morfoestrutural para sua porção mineira. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 18, n. 3, p. 561-577, 2017.

MARQUES NETO, Roberto; MOREIRA, Juliana Alves; SILVA, Felipe Pacheco. Evolução de escarpamentos em margens rifte: uma discussão sobre soerguimento e desnudação na mantiqueira meridional a partir de mapas paleotopográficos e parâmetros geomorfométricos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.20, n.4, p.877-890, 2019.

MIOTO, José Augusto. **Sismicidade e Zonas Sismogênicas do Brasil.** 1993. 558 p. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - Rio Claro, 1993.

MORALES, Norberto. **Neotectônica em ambiente intraplaca: exemplos da região Sudeste do Brasil.** Rio Claro, 2005. 201f. Tese (Livre Docência em Geologia Estrutural e Geotectônica), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2005.

NOCE, Carlos Maurício; ROMANO, Antônio Wilson, PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos. **Mapa geológico - folha Santa Rita do Jacutinga (1:100.000).** Projeto Sul de Minas-Etapa I. CODEMIG/UFMG. CD-ROM, 2004.

RICCOMINI, Claudio. **O rift continental do sudeste do Brasil.** 1989, 256f. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1989.

SAADI, Allaoua. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intra-placa, descontinuidades crustais e morfogênese.** 1991. 286 f. Tese (Professor Titular), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1991.

SILVA, Thiago Pinto; MELLO, Cláudio Limeira. Reativações neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (sudeste do Brasil). **Revista do Instituto de Geociências**, v. 11, n. 1, p. 95-111, 2012.



USGS. United States Geological Survey. **Landsat-8 image courtesy of the U.S. Geological Survey.** 2018.

VALADÃO, Roberto Célio. Geodinâmica de Superfícies de Aplanamento, Desnudação Continental e Tectônica Ativa como condicionantes da Megageomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** v.10, n. 2, p. 77-90, 2009.