

ANÁLISE DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE PARES DE BACIAS NO DIVISOR HIDRÓGRAFICO DA SERRA DOS ÓRGÃOS (RJ)

MORPHOMETRIC PARAMETERS OF DRAINAGE BASINS PAIRS ANALYSIS OF SERRA DOS ÓRGÃOS
DRAINAGE DIVIDE (RJ)

RESUMO

Esta pesquisa tem como principal foco analisar as características morfológicas da Serra do Mar, especificamente a porção da Serra dos Órgãos no Estado do Rio de Janeiro, através dos parâmetros morfométricos de pares de bacias, que, na área de estudo, drenam tanto para a frente escarpada, direção sul, como também para o interior do continente, direção norte, a fim de compreender sua morfogênese e a evolução da drenagem. A utilização de cartas topográficas do IBGE e das imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) foram essenciais para a delimitação das bacias hidrográficas e para a identificação das principais características morfológicas da área. A partir da análise dos perfis longitudinais dos canais fluviais principais e da aplicação do Índice de Hack foi possível observar que a área apresenta grande quantidade de anomalias de drenagem, principalmente nos canais que drenam a frente escarpada, favorecendo processos de reordenamento da rede fluvial como rebaixamento do divisor hidrográfico, recuo de cabeceiras de drenagem e capturas fluviais.

Palavras-Chave: Grandes Escarpamentos. Capturas de drenagem. Perfil longitudinal. Morfogênese. Reordenamento de drenagem.

ABSTRACT

This research is focused on the analysis of the morphological characteristics of Serra do Mar, specifically the section of Serra dos Órgãos in Rio de Janeiro, through the morphometric parameters of drainage basins pairs, that, in the study area, drain both to the steep front and the interior of the continent, in order to comprehend its morphogenesis and the evolution of drainage. The using of IBGE topographic sheets and SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) radar images were crucial to delimit the drainage basins and identify the main morphological characteristics of the area. From the analysis of the longitudinal profiles of the main river channels and the application of the Hack index, it was possible to note that the area has many drainage anomalies, notably in the channels that drain the steep front, favoring processes of river network reorganization, such as watershed lowering, headwater drainage retreat and drainage catches.

Keywords: Large Escarpments. Drainage catches. Longitudinal profiles. Morphogenesis. Drainage rearrangement.

 Jane Carolina Ferreira ¹
 Rodrigo Wagner Paixão ²
 Marcelo Motta Freitas ³
 Rafael da Silva Nunes ⁴
 Telma Mendes Silva ⁵

1, 3, 4 – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

2 – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

5 – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Correspondência:

jane.carolina2211@gmail.com

Recebido em: 01-04-2023

Aprovado em: 30-06-2024



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons BY-NC-SA 4.0, que permite uso, distribuição e reprodução para fins não comerciais, com a citação dos autores e da fonte original e sob a mesma licença.



INTRODUÇÃO

A Serra do Mar é uma importante feição geomorfológica que constitui o relevo do sudeste brasileiro, entendendo-se do Sul do Estado do Paraná até o norte do Estado do Rio de Janeiro. Sua gênese está associada a eventos tectônicos de compressão e distensão crustal entre o Neoproterozoico e o Cenozoico (RICCOMINI, 1989), resultando em um relevo caracterizado pelo conjunto de escarpas festonadas cujas drenagens seguem em direção ao Oceano Atlântico, na frente escarpada, e para o rio Paraíba do Sul, no planalto no reverso do divisor hidrográfico (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998). De acordo com Cherem *et al.* (2012), em grandes escarpamentos, assim como o da Serra do Mar, é possível identificar mecanismos de (re)ordenamento da rede de drenagem devido a diferença altimétrica dos níveis de base entre as bacias que drenam a frente escarpada e o planalto interiorano.

Como os cursos d'água são elementos extremamente sensíveis às modificações tectônicas crustais e respondem de maneira imediata aos processos deformacionais, a investigação de mecanismos erosivos dos sistemas de drenagens, através da aplicação de parâmetros morfométricos, contribui significativamente para a compreensão da evolução da paisagem e favorecem a compreensão do funcionamento das bacias de drenagem. Estas informações auxiliam no desenvolvimento de planos de gestão que visem à utilização racional do meio ambiente e a compreensão dos processos naturais atuantes nesse meio (SILVA e PAES, 2018).

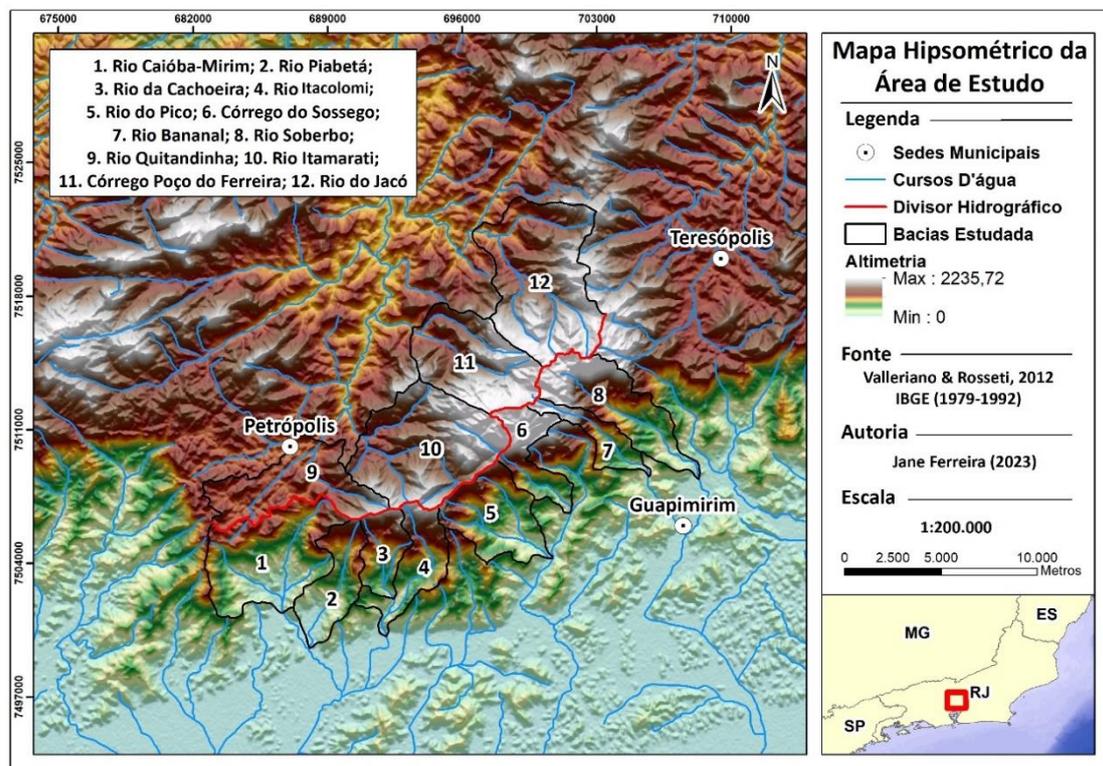
Neste contexto, o presente trabalho aborda a temática da evolução do relevo no trecho da Serra do Mar, situado no estado do Rio de Janeiro, denominado de Serra dos Órgãos (SO), buscando investigar a influência do nível de base oceânico nos sistemas de drenagem serranos com o intuito de compreender a morfogênese do divisor hidrográfico. Para tanto, nesta presente pesquisa foram realizadas análises morfológicas e morfométricas de 12 (doze) bacias hidrográficas situadas na Serra dos Órgãos em busca da identificação de mecanismos de (re)ordenamento de drenagem e migração do divisor, a partir de correlações com dados litológicos, estruturais e da diferença altimétrica entre níveis de base.

Acredita-se que, assim como em outros escarpamentos de margens rifteadas como a Serra da Mantiqueira no Estado de Minas Gerais, ocorreram mecanismos de reordenamento fluvial e migração de divisor ao longo das bacias hidrográficas presentes na Serra dos Órgãos. Neste sentido, a presente pesquisa contribui no entendimento da evolução geomofológica de grandes escarpamentos, bem como, na identificação de possíveis controles geológicos-geomorfológicos na área de estudo.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no estado do Rio de Janeiro abrangendo os municípios de Duque de Caxias, Guapimirim, Magé e Petrópolis (Figura 1). Para o presente estudo foram selecionadas doze bacias de drenagens, sendo oito delas localizadas na escarpa oceânica da Serra dos Órgãos (1. Caióba-Mirim; 2. Piabetá; 3. Cachoeira; 4. Itacolomi; 5. Pico; 6. Sossego; 7. Bananal; 8. Soberbo) e quatro que drenam para planalto reverso da serra (9. Quitandinha; 10. Itamarati; 11. Poço do Ferreira; 12. Jacó). Além disso, a área de estudo também compreende o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), o Parque Estadual dos Três Picos, a APA de Petrópolis e parte da APA da Bacia do Rio Macacu.

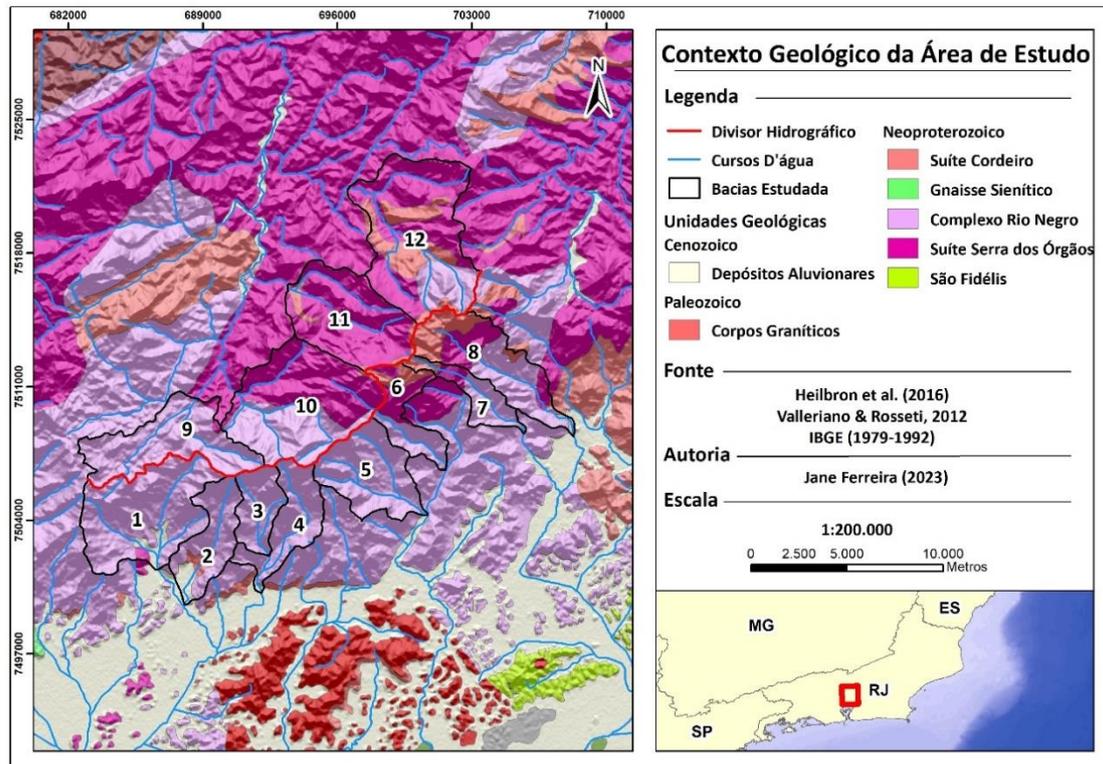
Figura 1. Mapa Hipsométrico da Área de Estudo.



A Serra dos Órgãos está localizada no terreno Oriental da Faixa Ribeira (FR) e sua história evolutiva está ligada ao desenvolvimento da Província Mantiqueira durante a Orogenia Neoproterozoica Brasileiro Pan-Africana, a partir da amalgamação do Paleocôntinente Gondwana (HEILBROM *et al.*, 2004). Esta evolução orogênica, considerada por Heilbron *et al.* (2004) como a mais nova no cenário das colagens brasileiras/pan-africanas do segmento crustal considerado, foi responsável pela deformação, metamorfismo, magmatismo e articulação de diversos terrenos; incluindo as serras do sudeste brasileiro.

Dentre as fases evolutivas da área, relata-se que os eventos rúpteis se sucederam após um período de estabilidade tectônica, a partir de eventos distensivos ao longo do Cretáceo e Cenozoico (FERRARI, 2012). Esses movimentos foram evidenciados pelo soerguimento de blocos por compensação isostática e por pulsos magmáticos alcalinos, além de episódios distensivos de idade eoceno-oligocênica na abertura da *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) (RICOMINNI *et al.*, 2004; ZALÁN e OLIVEIRA, 2005). Estes eventos foram responsáveis por gerar uma unidade morfoescultural denominada de Maciços Alcalinos intrusivos cujo a formação originou-se na associação do magmatismo alcalino e a abertura do Atlântico Sul (TALIM e BUENO, 2014). As rochas da área de estudo são marcadas pela presença de gnaisses ortoderivados do Complexo Rio Negro, graníticos da Suíte Serra dos Órgãos e gnaisses granitoides associados a Suíte Cordeiro, apresentando ainda em seu sopé, voltado para a o gráben da Guanabara, depósitos aluvionares (HEILBRON *et al.*, 2016) (Figura 2).

Figura 2. Mapa do contexto geológico da área de estudo.



Desenvolveram-se sobre estes terrenos feições de relevo variadas, sendo a área de estudo dividida em três compartimentos geomorfológicos: a norte, o planalto serrano localizado no reverso da serra dos Órgãos; a frente escarpada voltada para sul de grande amplitude de relevo; e a Baixada Fluminense composta por colinas dissecadas de baixa altitude e manto de alteração espesso (AB'SABER, 1958; AIRES *et al.*, 2012). Todas estas feições de relevo foram formadas sob condições de regime climático com características de clima úmido a superúmido, mesotérmico, e com leve ou inexistente déficit hídrico (INEA, 2013); e temperaturas médias no mês mais frio variando entre 10°C e 15°C e, durante o verão, sendo normal à ocorrência de temperaturas amenas à noite (MMA, 2007). Ressalta-se que, apesar da predominância de temperaturas mais baixas, em épocas mais quentes (com temperaturas sempre inferiores a 22°C), as bacias de drenagem localizadas na vertente oceânica são caracterizadas pelo clima úmido subtropical com verões quentes (Cfa) (MMA, 2007), sendo este tipo climático, por sua vez, assemelhando-se ao clima úmido a superúmido e colaborando positivamente nos intensos mecanismos de alteração da paisagem.

Uma outra importante característica da Serra dos Órgãos é a presença do bioma Mata Atlântica em boas condições de conservação e que, segundo o Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (ICMBio, 2008), possui o predomínio da floresta pluvial tropical e campos de altitude. Ainda de acordo com este mesmo documento, as fitofisionomias vegetais variam de acordo com as mudanças altimétricas. Com isso, é possível destacar a presença de florestas pluvial baixo-montana e montana em altitudes de 1.500m, floresta pluvial alto-montana, com vegetação de médio porte e determinado grau de xerofismo, entre altitudes de 1.500 e 2.000m e, acima de 2.000m apresenta campos de altitude, com vegetação de porte herbáceo-arbustivo.

A área de estudo possui grande atrativo turístico no estado fluminense. Nesse contexto, Petrópolis e Teresópolis são os principais polos de turismo na região serrana do Rio de Janeiro, concentrando quase toda a rede hoteleira, restaurantes e atrações. Segundo o plano de manejo da região (ICMBio, 2008), as principais atividades econômicas de Teresópolis são a agricultura, o ecoturismo - ponto forte da economia do município -, e o comércio - uma atividade importante para o sistema econômico local, com destaque para o atendimento aos veranistas. Já Petrópolis tem na indústria, no comércio e no turismo suas principais fontes de sustentação econômica. O turismo, considerado de renome internacional, tem no segmento histórico-cultural o seu destaque, a Casa de Santos Dummont, o Palácio de Cristal e outras construções históricas exercem forte atração turística, isso para além do Museu Imperial que está entre os museus mais visitados do país.

METODOLOGIA

Este trabalho iniciou-se com o levantamento bibliográfico sobre estudos geomorfológicos que abordassem temáticas relacionadas a parâmetros morfométricos e indicadores de mecanismos de reordenamento de drenagem, além de produções que destacassem as características geológicas e geomorfológicas da área de estudo.

Além disso, foi necessário construir uma base dados da área de estudo. Dessa forma, as características altimétricas e morfológicas do terreno foram tratadas a partir do uso do *software* ArcGIS 10.5. Os mapeamentos e análises morfométricas foram realizados através das cartas cartográfica de Itaboraí, Itaipava, Petrópolis e Teresópolis (escala de 1: 50.000 – IBGE). As imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography*

Mission) do projeto TOPODATA, com resolução espacial de 30 metros, foram de suma importância para as análises geomorfológicas, sendo utilizadas na confecção dos perfis longitudinais de drenagem e na delimitação dos lineamentos estruturais (VALERIANO e ROSSETTI, 2012). Os dados geológicos foram extraídos do mapeamento geológico do estado do Rio de Janeiro, produzido por Heilbron et al. (2016) como parte do Projeto Geologia e Recursos Minerais na escala 1:400.000.

A partir da ferramenta *Stack Profile* do ArcGis 10.5, foram extraídos os perfis longitudinais dos principais canais de drenagem, com a finalidade de observar possíveis níveis de base locais (*knickpoints*) ao longo dos perfis. Através dela, foi empregado o índice de Hack (HACK, 1973) ou índice RDE, que estabelece uma relação entre a declividade e a extensão dos cursos fluviais. A partir da sua aplicação, torna-se possível observar anomalias de drenagens, expressas por trechos encachoeirados ou de corredeiras, ligadas ao controle litológico e/ou de estruturas tectônicas.

Níveis de base (*knickpoints*) são descritos por Powell (1875) como sendo o nível mais baixo que um rio é capaz de erodir, tendo como nível de base geral o mar. Contudo, o autor também destaca a importância de níveis de base locais ou temporários, influenciando diretamente os processos erosivos e deposicionais da rede de drenagem. Os níveis de base locais podem ser entendidos como o limite pressuposto para a erosão, nivelada por elementos situados no interior de áreas continentais e que se expressa através de quebras ou rupturas de declive, criando anomalias de relevo no perfil longitudinal de um rio (CHRISTOFOLETTI, 1977; SALUMINI et al., 2013).

A aplicação do índice RDE nos doze principais canais fluviais se deu em duas etapas, como proposto por Hack (1973): a primeira referente ao cálculo do RDE para todo o canal fluvial (RDE_{tot}) – Equação 1 – e a segunda relacionada ao cálculo do RDE para os trechos que segmentam todos canais fluviais (RDE_{tre}) – Equação 2.

$$RDE_{tot} = \frac{\Delta H}{\ln(L)} \quad \text{Equação 1}$$

$$RDE_{tre} = \left(\frac{\Delta h}{\Delta l} \right) \times L \quad \text{Equação 2}$$

Onde, ΔH corresponde a diferença altimétrica entre a cota superior e a cota inferior de todo canal fluvial; Δh é a diferença altimétrica do trecho analisado e Δl a projeção horizontal do trecho em questão, sendo neste trabalho, obtido o total de 100m de comprimento; L é o comprimento total da drenagem a montante do segmento em que o índice RDE_{tre} que está sendo analisado; e $\ln(L)$ é o logaritmo, em base 10, da extensão total do rio. No site <https://miniwebtool.com/br/log-calculator/>, foi possível calcular de maneira automática os valores de \ln dos principais canais analisados.

Os dados foram interpretados a partir do método de Seeber e Gornitz (1983) e adaptado por Andrades Filho (2010), o qual propõe estabelecer uma relação entre RDE_{tre} e o RDE_{tot} a fim de verificar as possíveis anomalias de drenagens nos canais fluviais analisados. De acordo com este método, é possível interpretar os dados obtidos a partir de quatro classes de anomalias de drenagem, sendo elas: valores menores ou iguais a 2 indicam rios que estão em gradiente ideal; valores entre 2 e 4 indicam nível moderado de anomalias nos canais fluviais; entre 4 e 6 marcam grandes anomalias; e valores iguais ou superiores a 6 indicam altíssimo grau de anomalia

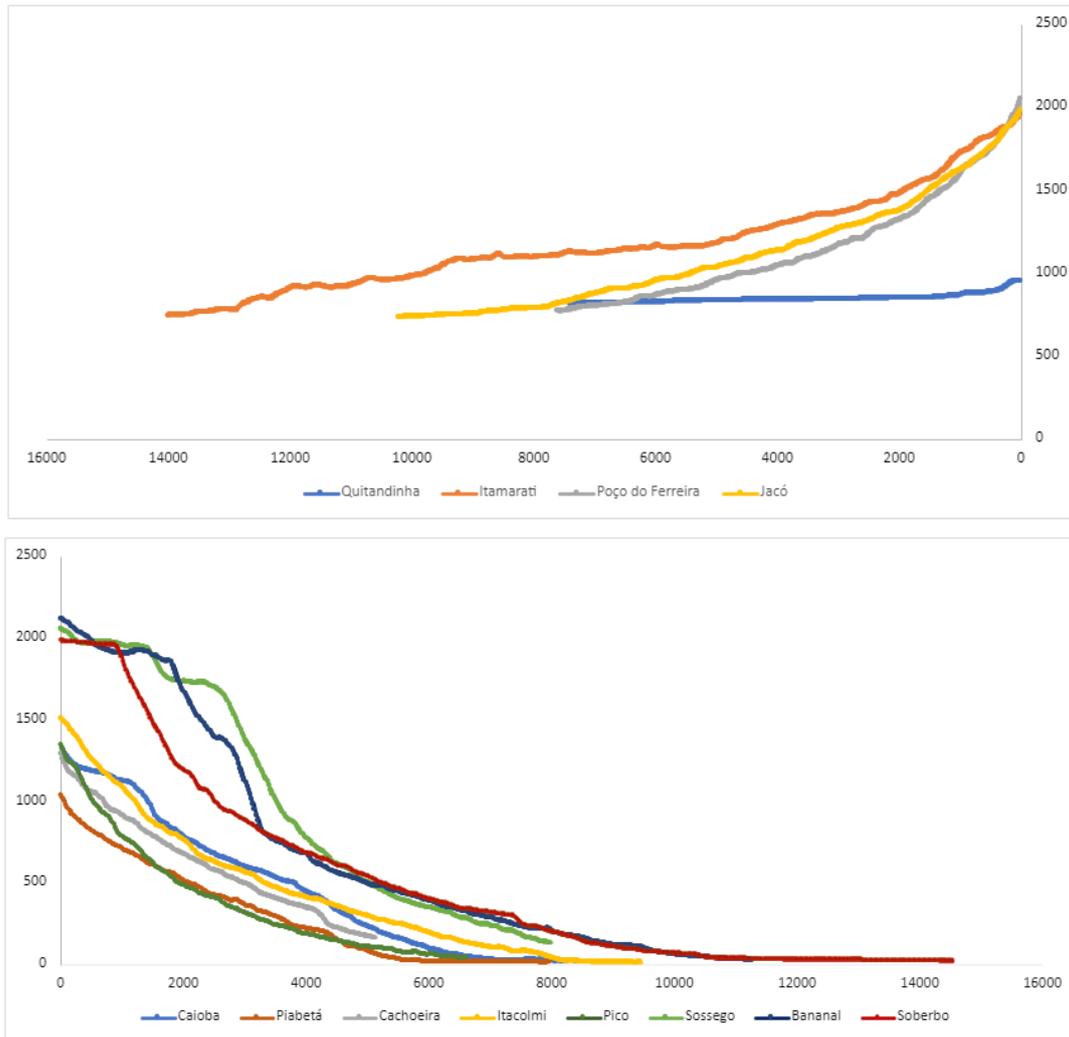
A ferramenta *Knickpoint Finder* (QUEIROZ *et al.*, 2014; SALAMUNI *et al.*, 2013) auxiliou na identificação de níveis de base locais. De acordo com Salamuni *et al.* (2013), essa ferramenta busca, a partir de imagens com informações altimétricas, extrair de maneira automática rupturas de declividade que podem indicar a localização de corredeiras ou cachoeiras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao considerarmos os perfis longitudinais dos canais fluviais elaborados (Figura 3) foi possível apontar que: drenagens localizadas na vertente voltada para o interior do continente apresentam características mais suaves se comparadas às que se convergem para oceano, sendo o rio Quitandinha com menor amplitude, em torno de 100m. Tal característica se dá pelo fato de que os canais fluviais presentes na frente escarpada da Serra do Mar possuem maior amplitude de relevo, destacando-se o rio Soberbo que exprime uma variação altimétrica de aproximadamente 2.000m. Além disso, os rios presentes na frente da escarpa expõem inúmeras feições geomorfológicas de níveis de base locais (knickpoints) e, algumas delas, em forma de patamares aplainados. Tais fatores são característicos de ambientes que sofreram reordenamento da rede de

drenagem, onde a maior amplitude de relevo das bacias que escoam para a frente escarpada constitui um nível de base mais rebaixado e, conseqüentemente, aumentam o potencial erosivo dos rios, promovendo capturas de drenagem no planalto reverso.

Figura 3. Perfis Longitudinais dos principais canais fluviais que drenam para o planalto interiorano em direção ao rio Paraíba do Sul (A) e os que estão na frente oceânica escarpada (B).



Como identificado por Paixão *et al.* (2020), o substrato rochoso possui influência sobre a morfologia dos canais fluviais e contribui para formação dos patamares aplainados suspensos presentes em trechos mais próximos às cabeceiras de drenagem situadas à frente escarpada da serra. Essas feições aplainadas estão associadas a corpos graníticos da unidade geológica Andorinha e o Suíte Serra dos Órgãos, como pode ser observado ao longo dos rios Bananal e Sossego. Além disso, estes mesmos corpos graníticos também exercem controle sobre as bacias localizadas no reverso serrano, ao sustentar cabeceiras de drenagem em altitudes de 2.000m. Destaca-se também a

influência do Complexo Rio Negro, composto majoritariamente por ortognaisses (TUPINAMBÁ, 1999), no processo evolutivo do relevo por evidenciar divisores de drenagem mais rebaixados e com altitudes variando entre 900 a 1.500m.

Através dos perfis longitudinais dos canais fluviais foi possível também identificar processos de rebaixamento do divisor hidrográfico, bem como recuo de cabeceiras de drenagem levando a capturas fluviais e que estão associadas a presença de anomalias nos cursos d'água. Nas bacias dos rios Caióba-Mirim, Piabetá e Cachoeira que drenam a frente escarpada da Serra do Órgãos em direção ao oceano (Figura 3B), foram identificadas morfologias suaves próximas às cabeceiras niveladas altimetricamente com cabeceiras de drenagem dos seus respectivos pares de bacias que drenam para o interior (Rio Bananal e Córrego Sossego – Córrego Poço do Ferreira; Rio Soberbo – Rio Jacó) (Figura 3A), evidenciando processos de capturas de drenagem e reordenamento fluvial.

Através do cálculo do índice RDE como proposto por Hack (1973) e da aplicação da ferramenta *Knickpoint Finder* (QUEIROZ *et al.*, 2014; SALAMUNI *et al.*, 2013), foi possível dimensionar que o diferencial topográfico exerce grande influência no que tange a densidade de *knickpoints* encontrados ao longo dos canais fluviais estudados. Sendo assim, nas bacias que drenam na frente escarpada da Serra do Mar é onde ocorre áreas com maior concentração de anomalias de drenagem, estando as bacias que drenam para o interior com menor ocorrência de níveis de base locais (*knickpoints*) (Figura 4).

Já a análise dos valores de RDE se deu para 1.003 trechos (Figura 5). Desse total, 623 trechos estão situados na frente escarpada e 380 localizados no planalto reverso. Como observado nos histogramas, ambas vertentes apresentam algum grau de anomalia, porém, as bacias que drenam a frente escarpada apresentaram maior índice de trechos anômalos se comparadas a quantidade de trechos em equilíbrio. Já as bacias do reverso apresentaram apenas 174 trechos anômalos dos 380 analisados. Esses valores são indicativos que as bacias localizadas na escarpa se encontram em maior estágio de desequilíbrio em relação as bacias do reverso, favorecendo o avanço de uma em detrimento da outra.

Figura 4. Densidade de níveis de base locais (knickpoints) da área de estudo efetuada através do uso da Ferramenta Knickpoint Finder.

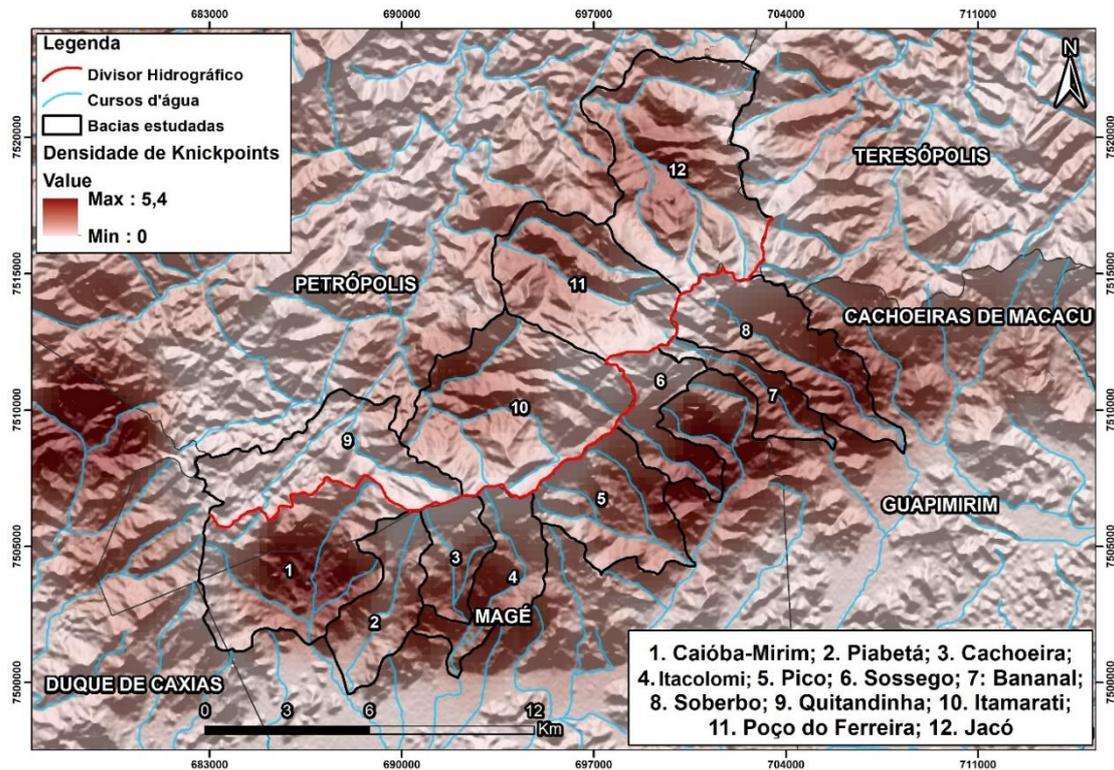
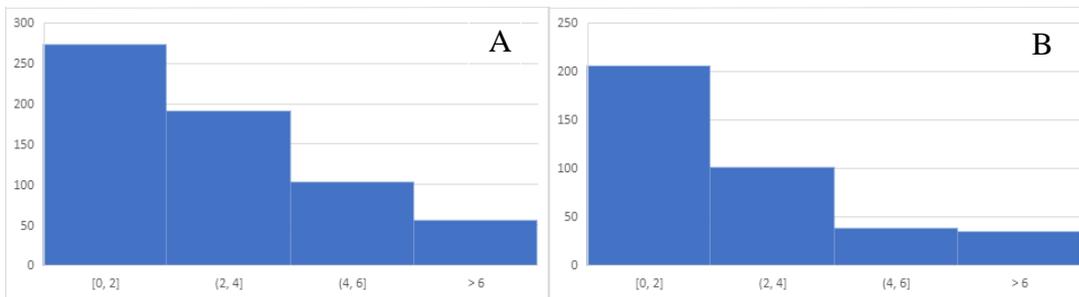


Figura 5. Quantidade de trechos anômalos nos perfis longitudinais dos principais canais fluviais da frente escarpada (A) e do planalto reverso (B).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto, observa-se que os eventos tectônicos que ocorreram durante o Cenozoico foram de grande importância para a conformação atual da Serra dos Órgãos e exercem influência até os dias atuais sobre a dinâmica dos canais fluviais. Esses fatores são expressos na morfologia do relevo caracterizado por uma escarpa de falha e um reverso aplainado, marcado por indicadores de reordenamento da rede de drenagem.

A análise dos perfis longitudinais dos canais fluviais demonstra que existe um forte controle estrutural associado as unidades geológicas, responsáveis pela preservação dos platôs suspensos e formação de níveis de base locais (*knickpoints*) ao longo dos canais fluviais. A aplicação do índice RDE indicou que a maioria dos canais fluviais apresentam anomalias em algum trecho, mas há um desequilíbrio maior nos eixos de drenagens da frente escarpada quando comparadas às drenagens localizadas no planalto reverso. Esses resultados reafirmam o controle estrutural exercido pela litologia local, assim como o maior potencial erosivo dos canais que drenam a escarpa, favorecendo o recuo das cabeceiras de drenagens e, em alguns casos, promovendo capturas fluviais.

Essa configuração evidencia a mudança da dinâmica erosiva e hidrológica dos sistemas de drenagem, destacando a diferença do potencial erosivo de ambas as vertentes a partir da diferenciação de níveis de base locais (*knickpoints*). Ressalta-se a necessidade de realização de trabalhos de campo para validação e confirmação das informações obtidas na presente pesquisa. Os dados utilizados são multiescalares e, com isso, trabalhos de campo com visitas *in loco* podem auxiliar na identificação e registros dos mecanismos de reordenamento de drenagem. Os trabalhos de campo serão realizados nas próximas etapas da pesquisa.

Nesse sentido, é possível afirmar que as bacias hidrográficas situadas na frente escarpada da Serra dos Órgãos promovem capturas fluviais em direção as bacias do planalto interiorano. Este mecanismo estaria associado ao nível de base mais baixo, próximo ao nível do mar, das bacias que drenam a escarpa, em detrimento das bacias drenam para o interior, com o nível de base ajustado a calha do rio Paraíba do Sul. Como provocação para estudos posteriores, os vales suspensos em processos de captura ainda sugerem um nível topográfico associado à antigas superfícies de erosão acima de 1.500m de altitude.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. O Sítio Urbano da cidade de São Paulo. In: AZEVEDO, Aroldo. (org.). A cidade de São Paulo: estudo de geografia urbana. São Paulo: Companhia Editora Nacional - Coleção Brasileira. v.14, p. 169-243, 1958.
- AIRES, José Ribeiro; MOTOKI, Akihisa; MOTOKI, Kenji Freire; MOTOKI, Daigo Freire; RODRIGUES, Juliana Gonçalves. Análises Geomorfológicas do Platô de Teresópolis e da Serra do Mar, RJ, com o Auxílio de Seppômen e ASTER GDEM

e sua Relação aos Tectonismos Cenozoicos. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. v.35, n.2, p.105-123, 2012.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de, CARNEIRO, Celso Dal Ré. Origem e evolução da Serra do Mar. Revista Brasileira de Geociências. v. 28, n.2, p.135-150, 1998.

ANDRADES FILHO, Clódis de Oliveira. Análise morfoestrutural da porção central da Bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD. 2010. 151f. Tese (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

CHEREM, Luís Felipe Soares; VARAJÃO, Cesar Augusto Chicarino; BRAUCHER, Régis; BOURLÉS, Didier; SALGADO, André Augusto; VARAJÃO, Angélica Chicarino. Long-term Evolution of Denudational Escarpments in Southeastern Brazil. *Geomorphology*. v. 173-174, p. 118-27, 2012.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Considerações sobre o nível de base, rupturas de declive, capturas fluviais e morfogênese do perfil longitudinal. *Geografia*. v. 2, n. 4, p. 81-102. 1977.

FERRARI, André Luiz. Geologia. In: SERRA, Mozart Vitor; SERRA, Maria Teresa. (orgs.). Guia de história natural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Cidade viva - Instituto Cultural Cidade Viva, p. 52-75, 2012.

HACK, John Tilton. Stream-Profile Analysis and Stream-Gradient Index. *Journal of Research of the US Geological Survey*. v.1, n.4, p.421-429, 1973.

HEILBRON, Monica; EIRADO, Luiz Guilherme; ALMEIDA, Júlio César Horta. (orgs.). Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte: CPRM. 1 mapa. Escala 1:400.000. Programa geologia do Brasil. Mapas geológicos estaduais. 2016.

HEILBRON, Monica; PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos; CAMPOS NETO, Mario da Costa; SILVA, Luiz Carlos; TROUW, Rudolph Allard Johannes; JANASI, Valdecir de Assis. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, Virgínio; BARTORELLI, Andrea; CARNEIRO, Celso Dal Ré; BRITO-NEVES, Benjamin Bley. (orgs.). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Ed. Beca. p.203-236, 2004.

ICMBIO. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos - Parte 1. Brasília. 2008. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/pm_parna_serra_orgaos_1.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Itaboraí: SF-23-Z-B-V-1. Rio de Janeiro: 1979. Carta Topográfica. Escala 1:50.000. Cópia impressa a partir da digitalização do original.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Itaipava: SF-23-Z-B-I-4. Rio de Janeiro: 1992. Carta Topográfica. Escala 1:50.000. 1992 - 3ª IMP.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Petrópolis: SF-23-Z-B-IV-2. Rio de Janeiro: 1979. Carta Topográfica. Escala 1:50.000. Cópia a partir da digitalização do original.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Teresópolis: SF-23-Z-B-II-3. Rio de Janeiro: 1983. Carta Topográfica. Escala 1:50.000, Ibegeana Digital.Dvd-registro:923
- INEA - Instituto Estadual do Ambiente. Parque Estadual dos Três Picos: plano de manejo. Resumo executivo. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro: INEA, 2013. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdiw/~edis/inea0020172.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis: Plano de Manejo. Brasília: MMA. 2007. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/apa_petropolis.pdf. Acesso em: 23 fev. 2023.
- PAIXÃO, Rodrigo Wagner; NUNES, Rafael da Silva; MEDEIROS, Jane Carolina, SILVA, Telma Mendes; FREITAS, Marcelo Motta. Aspectos morfogenéticos do divisor de drenagem da Serra dos Órgãos (RJ). Revista Humboldt. v. 1, n.1, 19p., 2020.
- POWELL, John Wesley. Exploration of the Colorado river of the West and its tributaries. Washington D.C.: Smithsonian Institution, 1875.
- QUEIROZ, Gustavo Lopes; SALAMUNI, Eduardo; NASCIMENTO, Ednilson Roberto. Knickpoint Finder: A software tool that improves neotectonic analysis. Computers & Geosciences. v. 76, p. 80-87, 2014.
- RICCOMINI, Claudio. O Rift continental do sudeste do Brasil. 1989. 256f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1990.
- SALAMUNI, Eduardo; NASCIMENTO, Ednilson Roberto; SILVA, Pedro Augusto Hauck; QUEIROZ, Gustavo Lopes; SILVA, Graciany. Knickpoint Finder: ferramenta para a busca de geossítios de relevante interesse para o geoturismo. Boletim Paranaense de Geociências. v. 70, p. 200-208, 2013.
- SEEBER, Leonardo; GORNITZ, Vivien. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. Tectonophysics. v. 92, p. 335-367, 1983.
- SILVA, Telma Mendes; PAES, Thainá Vasconcelos. Parâmetros morfométricos aplicados a análise tectono-erosiva em bacias de drenagem. Revista GEOUERJ. v. 2, 26p., 2019.
- TALIM, Helbert Coutinho; BUENO, Guilherme Taitson. Análise das feições cársticas desenvolvidas no maciço das Agulhas Negras. Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, n.3, p. 327-338, 2014.
- TUPINAMBÁ, Miguel. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na região da Serra dos Órgãos. 1999. 186f. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- VALERIANO, Márcio de Morrison; ROSSETTI, Dilce de Fátima. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. Applied Geography. v. 32, p.300-309, 2012.

ZALÁN, P. V.; OLIVEIRA, J. B. A. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil. Boletim de Geociências da Petrobrás. Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.