

# UTILIZAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE EFEITOS DEFORMACIONAIS NEOTECTÔNICOS NA SERRA DA MANTIQUEIRA: A BACIA DO RIBEIRÃO CAETÉS (MG)

Roberto Marques Neto<sup>1</sup>; Archimedes Perez Filho<sup>2</sup>

[roberto.marques@ufff.edu.br](mailto:roberto.marques@ufff.edu.br)

<sup>1</sup>Departamento de Geociências/ICH/Universidade Federal de Juiz de Fora, doutorando do Programa de Pós Graduação em Geografia da UNESP/Rio Claro; <sup>2</sup>Prof. Titular do Instituto de Geociências da UNICAMP.

Rua Redentor, 280, Juiz de Fora/MG – CEP: 36016-070

**Palavras-chave:** *Neotectônica, Parâmetros morfométricos, Perfil longitudinal, Basculamento de blocos, Quaternário.*

## 1. INTRODUÇÃO

A gênese do alinhamento orográfico da Serra da Mantiqueira é bastante conhecida e remonta a separação entre as placas Africana e Sul Americana a partir do mesozóico, determinante de reativação tectônica causadora de soerguimento crustal acompanhado de magmatismo alcalino intrusivo gerador dos maciços de Itatiaia e Passa Quatro. O rifte responsável pela abertura do Atlântico-Sul determinou acentuado soerguimento de blocos e metamorfismo de alto grau nas rochas pré-cambrianas, com tafogenia responsável pela geração do vale do Rio Paraíba do Sul, fossa tectônica que foi recheada por sedimentação terciária e quaternária. A estrutura embasante pré-cambriana é litologicamente diversa, com predomínio de gnaisses, granitos e migmatitos com intrusões de nefelina-sienitos nos maciços alcalinos mencionados. Morfologicamente sucedem-se contrafortes contínuos e serras alongadas com orientação principal SSW-NNE limitadas por vales encaixados em pronunciado entalhe vertical, assinalando o forte controle tectônico na evolução do relevo em questão.

À atividade tectônica vinculada a abertura do *Rift* Atlântico Sul sobrepõem-se diastrofismos mais recentes vinculados ao período neotectônico, que segundo Hasui (1990) teria se instalado na Plataforma Brasileira a partir do Mioceno Médio e adentrado ao Quaternário, impondo um regime dúctil-rúptil e uma dinâmica ascensional verificada por uma série de evidências morfológicas bem marcadas no relevo e na drenagem. Capturas fluviais perpetradas pela obliteração de divisores locais por diferenças na agressividade erosiva constituem exemplos típicos, e, conforme frisa Bishop (1995), geram feições na drenagem em cotovelos bruscos (*elbow of capture*) e vales secos (*wind gaps*) herdados da drenagem pirateada. Vales acentuadamente encaixados e retilíneos, migração lateral de canais fluviais, assimetria de bacias de drenagem e modificações nos padrões básicos, entre outros, constituem evidências plausíveis de atividade tectônica recente.

A aplicação índices geomórficos e de outras técnicas interessadas na análise morfométrica do relevo e da drenagem podem ser acionadas para a averiguação da interferência da neotectônica na evolução da paisagem quaternária, conforme se verifica numa vasta coleção de teses e outras publicações. A fim de somar avanços nos estudos neotectônicos no Planalto Atlântico, particularmente na região da Serra da Mantiqueira, foi tomado por intuito acionar um conjunto sistematizado e complementar de parâmetros morfométricos e relacionar seus resultados com a atividade neotectônica recente na bacia do Ribeirão Caeté, que, com 171,01

km<sup>2</sup> é representativa dos compartimentos de relevo interiores da Serra da Mantiqueira. Os seguintes tratos foram levados a efeito: cálculo e representação do perfil longitudinal; cálculo do Índice Relação Declividade x Extensão do Curso (RDE); Fator Assimetria de Bacias de Drenagem (FA); Fator de Simetria Topográfica Transversal (T).

## 2. Descrição dos recursos metodológicos acionados

A obtenção do perfil longitudinal se deu pela medição dos comprimentos do vale a cada 20 metros tomando como referência os pontos de intersecção entre as linhas de drenagem e as isoípsas da carta topográfica. Foram anotadas as respectivas altitudes, valores estes posteriormente plotados em gráfico de escala aritmética, onde foram interpolados e seccionados pela linha de melhor ajuste (BURNNET & SCHUMM, 1983), que genericamente delimita as áreas de soerguimento acima de seu nível e os compartimentos subsidentes abaixo. O cálculo da relação declividade/extensão do curso (RDE), índice geomórfico concebido por Hack (1973) e reconhecidamente aplicado nas análises morfoestruturais e morfotectônicas (ETCHEBEHERE, 2000), é obtido pela fórmula  $RDE = (\Delta H/\Delta L) \cdot L$ , onde  $\Delta H$  é a diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso d'água,  $\Delta L$  é a projeção horizontal da extensão do referido segmento e  $L$  é o comprimento total do curso d'água a montante do ponto para o qual o RDE foi mensurado. A relação  $\Delta H/\Delta L$  corresponde ao gradiente da drenagem no ponto em questão. Foi também calculada a RDE total, cujo valor foi posto em relação a cada valor de RDE trecho.

O Fator Assimetria de Bacias de Drenagem (FA) teve seu cálculo empreendido segundo a proposta de Hare & Gardner (1985), dada pela fórmula  $FABD = 100 (A_r/A_t)$ .  $A_r$  é área da margem direita do curso d'água principal e  $A_t$  a área total da bacia, sendo que os valores inferiores a 50 indicam assimetria da margem esquerda e os superiores da margem direita, apontando assim possíveis basculamentos de blocos.

Em complementaridade, o cálculo do Fator de Simetria Topográfica Transversal (T) foi levado a efeito segundo orientação de Cox (1994), que estabelece uma relação entre a distância mantida entre a linha média da bacia e o canal funcional e a distância entre a mesma linha e o divisor. Tal relação pode ser obtida pela seguinte fórmula, que foi repetidamente aplicada para cada 1 km de percurso superficial:  $FSTT = d/D$ , onde  $d$  é distância entre a linha média da bacia e o talvegue e  $D$  a distância entre a linha média da bacia e seu divisor. Os valores obtidos podem variar entre 0 e 1, considerando-se que quanto mais o resultado se situa próximo da unidade maior o processo de migração lateral do canal principal.

As técnicas arroladas foram executadas nas folhas topográficas (escala 1/50000) SF-23-Y-B-III-4 (Virgínia), SF-23-Z-A-I-3 (Passa Quatro) e SF-23-Y-B-III-2 (São Lourenço), e acompanhadas por interpretação de imagens radarmétricas SRTM (*Subtle Radar Topography Mission*) e controle de campo, onde pontos de maior interesse foram georreferenciados em GPS.

## 3. ASPECTOS MORFOMÉTRICOS E NEOTECTÔNICA

Salvo nos primeiros 5500 metros de percurso superficial, o Ribeirão Caeté apresenta-se como um alinhamento retilíneo controlado por falha que imprime descontinuidade na parte central de sua bacia de drenagem. Isso repercute diretamente numa baixíssima assimetria ( $FA =$

44,04), atribuindo a esta bacia praticamente uma condição simétrica, ainda que os divisores das duas margens se encontrem consideravelmente deslocados, o que dá uma geometria bastante irregular à sua faixa perimetral.

Essa geometria irregular dada pelas faixas cisalhantes que orientam o percurso geral no sentido SW-NE, às quais a drenagem se adapta quando tais alinhamentos interceptam falha E-W, explica processos de captura fluvial e presença de cotovelos (*elbow of capture*), definindo assim uma rede de drenagem bastante anômala em toda a alta bacia. Pelo quadro 1 é feita a leitura das condições locais de assimetria (T), em complemento ao índice FA.

Quadro 1. Valores de T obtidos para o Ribeirão Caeté.

| SEÇÃO | T     | SEÇÃO | T     | SEÇÃO | T     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 0,67  | 9     | 0,0   | 17    | 0,25  |
| 2     | 0,54  | 10    | 0,073 | 18    | 0,072 |
| 3     | 0,33  | 11    | 0,048 | 19    | 0,081 |
| 4     | 0,035 | 12    | 0,15  | 20    | 0,15  |
| 5     | 0,024 | 13    | 0,28  | 21    | 0,26  |
| 6     | 0,025 | 14    | 0,11  | 22    | 0,18  |
| 7     | 0,052 | 15    | 0,16  | 23    | 0,21  |
| 8     | 0,11  | 16    | 0,44  | 24    | 0,08  |
|       |       |       |       | 25    | 0,17  |

A bacia do Rio Caeté é mais pronunciadamente assimétrica no alto curso, quando este está sob controle de sistemas orográficos montanhosos formados por cristas sinuosas intensamente deformadas, verificando-se uma maior aproximação do divisor da margem direita. Essa aproximação não está necessariamente vinculada a processos de migração lateral, mas se dá por conta de uma conformação topográfica intensamente condicionada a enfeixamentos de falhas em variadas direções. O ajustamento do rio à seção mais central da bacia coincide com a passagem para compartimento de morros que se formata após as rupturas de declive estabelecidas com as cristas locais, consubstanciando-se uma linha divisória estreita em morros alinhados e subnivelados entre 970 e 1090 metros de altitude. Tal padrão morfológico é produto de dissecação mais recente por afluentes de curta extensão que tributam o Rio Caetés mediante ângulos agudos e espaçamento regular pelas duas margens.

Uma seqüência de rupturas de declive é verificada à medida que o Ribeirão Caetés transpõe os sucessivos blocos que disseca. A primeira delas marca a passagem das vertentes das cristas intensamente deformadas e desalinhas nos patamares interiores da Mantiqueira para um conjunto de morros alongados subnivelados que se alinham em falhamento de sentido E-W, dissecados em drenagem de padrão em treliça de falha. Tal passagem se dá a 1600 metros, e coincide com a substituição das litologias do Grupo Açungui pelos estoques gnáissico-graníticos migmatizados do Grupo Paraíba do Sul. Nesse setor, os afluentes de maior expressão estão exclusivamente localizados na margem direita, assinalando soerguimento diferencial localizado.

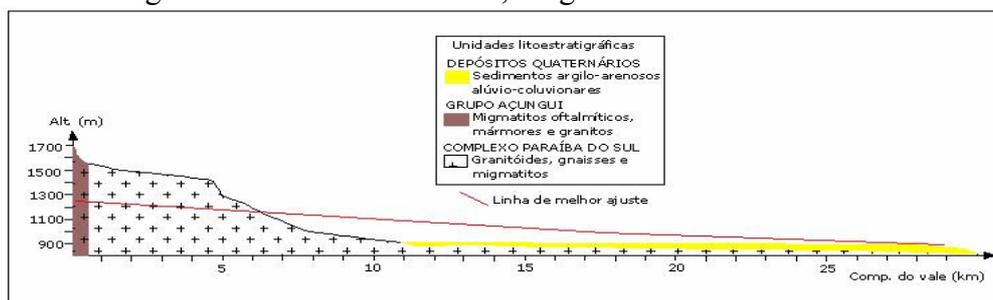
Aos 1300 metros de altitude o rio inflete bruscamente para N adaptando-se a falhamento SE-NW que condiciona a drenagem tributária da margem esquerda do alto Rio Verde. Nesse ponto é verificada uma quebra abrupta no perfil longitudinal, impondo pronunciado desnivelamento altimétrico. A partir daí, sucedem-se patamares escalonados em rupturas mais

suaves até os compartimentos agradacionais, onde o gradiente torna-se constante até a confluência com o Rio Verde.

À jusante da área urbana de Virgínia, outra falha transcorrente de orientação SW-NE define maior desenvolvimento de planícies de inundação a partir de 900 metros de altitude, tanto do tributário da margem esquerda (Córrego Sertãozinho), condicionado pela falha, como do próprio Ribeirão Caetés, que à jusante passa a desenvolver planície de inundação alargada com farta estocagem sedimentar de recorrência faciológica areno-argilosa. Nesse compartimento agradacional, que se estende até a desembocadura, o rio divaga freneticamente intercalando trechos de sinuosidade suave, tendendo a retilinidade, e extensões de meandros de pequeno tamanho e baixa amplitude. Em alguns afluentes dotados de planícies aluviais mais restritas foi constatado soerguimento dessas planícies, sobrelevando Gleissolos formados no Quaternário que paulatinamente são inumados por colúvios, convertendo-se assim em paleossolos alçados em relação ao seu ambiente de origem e destituídos de sua funcionalidade hidromórfica.

O perfil longitudinal do Ribeirão Caeté (figura 1) permite visualizar os blocos estruturais escalonados que a drenagem diseca; deixa clara também a passagem para o bloco subsidente depositário da sedimentação quaternária, que então fica onipresente abaixo da linha de melhor ajuste até coalescer com a irregular e descontínua planície aluvial do Rio Verde.

Figura 1. Perfil longitudinal do Ribeirão Caeté, Virgínia/São Sebastião do Rio Verde (MG).



O índice RDE auxilia de forma veemente a averiguação de anomalias topográficas e na drenagem. Assinala localmente as modificações mais abruptas no perfil do rio, refinando a interpretação fornecida pela leitura do perfil longitudinal. Entre 1420-1400 metros, por exemplo, fica plenamente ressaltado o encaixamento que ocorre na passagem de um vale estrutural alçado no interior de bloco de cimeira para as frentes escarpadas que limitam o bloco em ruptura de declive posivita, com diminuição abrupta da distância entre dois pontos referenciados pelas isolinhas, o que denuncia retomada do entalhamento. Em faixas delimitadoras de passagem para gradientes mais suaves, como entre 1200 e 1160 metros de altitude, ou mesmo quando o rio adentra definitivamente ao compartimento agradacional, os indicativos morfométricos também podem ser bem detectados.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Subsídios mais auspiciosos fornecidos pelos parâmetros morfométricos acionados avultam quando os mesmos são aplicados e discutidos em conjunto, ganhando força pelas substanciais perspectivas de complementaridade e integração que encerram. Malgrado as restrições inerentes a cada item, cada um deles é portador de propriedades específicas que integradas

fornece uma visão de abrangência aceitável do quadro neotectônico local. Evidente fica, entretanto, que tais recursos devem ser empregados conjuntamente a métodos clássicos e modernos de análise morfoestrutural e morfotectônica. Estudos detalhados dos padrões e anomalias de drenagem, investigação atenta de produtos de sensoriamento remoto e procedimentos de datação de materiais, entre outros métodos, também são imprescindíveis para o avanço no conhecimento da dinâmica neotectônica da Plataforma Brasileira.

Sobre a área de estudo em específico, reconhecemos a atuação de uma atividade tectônica essencialmente quaternária, verificada por anomalias no relevo e drenagem em processos de basculamento de blocos, captura fluvial, encaixamento de canais fluviais, e soerguimento de compartimentos agradacionais e de seus depósitos, eminentemente neoquaternários. Estas e outras evidências tem sido verificadas tanto na Serra da Mantiqueira como em outros compartimentos planálticos do sudeste brasileiro, sobretudo nas faixas móveis de borda cratônica, onde falhas pré-cambrianas e mesozóicas vem sofrendo processo de reativação.

## REFERÊNCIAS

- Bishop, P. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. *Progress in Physical Geography*, v. 19, n. 14, p. 449-473, 1995.
- Burnnet, A. W.; Schumm, S. A. Alluvial rivers response to neotectonic deformation in Louisiana and Mississipi. *Science*. v. 222, p. 49-50, 1983.
- Cox, R. T. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississipi Embayment. *Geological Society of American Bulletin*, v. 106, n. 5, p. 571-581, mai. 1994.
- Etchebehere, M. L. C. *Terraços Neoquaternários no Vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações stratigráficas e tectônicas*. Rio Claro, 2000. 264p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- Hack, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. *Journal of Research of the United States Geological Survey*, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.
- Hare, P. W; Gardner, I. W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. In: *ANNUAL BINGHAMTON GEOMORPHOLOGY SYMPOSIUM*. Boston, 1985.
- Hasui, Y. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. In: 1º WORKSHOP DE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CONTINENTAL CENOZÓICA NO SUDESTE DO BRASIL, 11, 1990, Belo Horizonte. Minas Gerais: *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 1990. p. 1-31