



ASPECTOS DA TECTÔNICA ATIVA EM BORDAS CRATÔNICAS: INTERPRETAÇÕES COM BASE EM DADOS GEOMORFOMÉTRICOS NA REGIÃO DAS ALTAS CRISTAS QUARTZÍTICAS DA ZONA DA MATA MINEIRA

Felipe Rodrigues Silva^(a), Roberto Marques Neto^(b), Juliana Alves Moreira^(c), Elver Lonie Nunes Rodrigues^(d)

^(a)Departamento de Geociências/Universidade Federal de Juiz de Fora

^(b)Departamento de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geografia/ Universidade Federal de Juiz de Fora, roberto.marques@ufjf.edu.br

^(c)Departamento de Geociências/Universidade Federal de Juiz de Fora

^(d)Departamento de Geociências/Universidade Federal de Juiz de Fora

EIXO: SISTEMAS GEOMORFOLÓGICOS: ESTRUTURA, DINÂMICA E PROCESSOS

Resumo

Nos últimos anos, as áreas sob a influência mais direta do rifte continental do sudeste brasileiro tem sido alvo de estudos pautados no campo temático da neotectônica, se integrando ao rol de trabalhos que vem sendo levados a efeito em outras regiões do país. Na presente oportunidade, são divulgados resultados provenientes da aplicação de técnicas morfométricas voltadas para a diferenciação entre controles passivos e ativos na região das altas cristas quartzíticas da Zona da Mata Mineira, para a qual ainda faltam estudos mais específicos. Com a aplicação integrada entre o índice Relação Declividade x Extensão do Canal (RDE) e a mensuração e representação cartográfica das superfícies de base, associados a controle de campo e interpretação de produtos de sensoriamento remoto, constatou-se controle morfotectônico ativo na evolução do relevo, e que vem engendrando substanciais reorganizações nas formas e processos de superfície.

Palavras chave: anomalia, superfícies de base, controle tectônico, escarpas quartzíticas.

1. Introdução

A investigação da tectônica cenozoica no sudeste brasileiro tem como referência permanente o trabalho de Riccomini (1989) a respeito do rifte continental do sudeste do Brasil, importante feição geotectônica que envolve cinco fases evolutivas, também citadas por Sant'anna e Ferrari (2004) e por Silva e Mello (2011), quais sejam:

- 1) Eoceno-Oligoceno – distensão NNW-SSE em função do basculamento da bacia de Santos e consequente formação de depressão contínua pela reativação de antigas falhas de idade brasiliana;
- 2) Neógeno – transcorrência sinistral E-W (primeira fase de deformação do rifte), com distensão NW-SE e compressão NE-SW;
- 3) Pleistoceno/Holoceno – transcorrência dextral E-W e compressão NW-SE;
- 4) Holoceno – distensão NW-SE;
- 5) Holoceno e período subatual – compressão E-W com geração de juntas ENE e WNW, campo de esforços que perdura até o presente.



Doravante, diversos trabalhos focaram a evolução cenozoica do relevo com ênfase ou grande apreço em seus aspectos morfotectônicos (SAADI, 1991; GONTIJO, 1999; HIRUMA e RICCOMINI, 1999; SANTOS, 1999; FACINCANI, 2000; ETCHEBEHERE, 2000; FERREIRA, 2001; RIBEIRO, 2003; CHIESSI, 2004; MORALES, 2005; SILVA e MELLO, 2011; MARQUES NETO, 2012), entre outros. A região das cristas quartzíticas da Zona da Mata Mineira figura como o derradeiro controle NE da Mantiqueira Meridional (sensu GATTO et al, 1983), estabelecendo contato com os rebordos erosivos da Mantiqueira Setentrional e tectônico com as baixas cristas e morrarias da Zona da Mata Mineira. Inscrevem-se, portanto, na área de influência do rifte continental, respondendo ativamente às solicitações tectônicas cenozoicas que tem acometido os cinturões moveis brasileiros, hipótese esta que cimenta o presente *paper*, ainda que estudos mais específicos não tenham sido ainda dispensados a estas cristas quartzíticas de eloquente expressão na paisagem regional. Especificamente, fica assumido como objetivo levar a efeito, no âmbito da área supramencionada, a apresentação e discussão dos resultados referentes à aplicação de técnicas geomorfométricas voltadas à interpretação de aspectos morfoestruturais e morfotectônicos, e que, em conjunto a outras abordagens, vem subsidiando as investigações acerca da evolução do relevo regional.

2. Materiais e métodos

Algumas técnicas morfométricas têm sido flagrantemente utilizadas nos estudos pautados no campo temático da neotectônica, com resultados auspiciosos na diferenciação entre contextos caracterizados por controle estrutural e situações nas quais a tectônica é eminentemente ativa na evolução do relevo e da drenagem. Entre os parâmetros geomorfométricos de utilização corrente, foram incorporados aos resultados aqui apresentados o índice de Hack (HACK, 1973), difundido no Brasil por Etchebehere (2000, 2004) sob a designação Relação Declividade x Extensão do Canal (RDE), alinhavado à interpretação das superfícies de base (JAIN, 1984), técnica que admite correlações com o índice geomórfico mensurado.

O índice RDE permite a averiguação das variações no declive do canal ao longo de seu percurso, e pode ser obtido pela fórmula abaixo:

$$RDE = (\Delta H/\Delta L). L$$

Onde

ΔH = diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso d'água;

ΔL = projeção horizontal da extensão do referido segmento;

L = comprimento total do curso d'água a montante do ponto para o qual o RDE foi mensurado.

Primeiramente são calculados os valores nos trechos espaçados por desníveis de 20 metros, e os valores mensurados para cada trecho são relacionados com o RDE total, obtido mediante relação entre a amplitude altimétrica total e o logaritmo do comprimento total do vale, conforme a fórmula abaixo exposta:

$$\text{RDE total} = \Delta H / \log L$$

Os valores derivados de tal relação foram qualificados em consonância a proposição de Seeber & Gornitz (1983), segundo a qual os resultados compreendidos entre 0 e 2 não representam anomalia, aqueles entre 2 e 10 representativos anomalias de segunda ordem e os acima de 10 de anomalias de terceira ordem. Foram considerados como comportamentos anômalos aqueles que comungaram com outras evidências de cunho morfotectônico, como desvios e encaixamentos abruptos, abertura de alvéolos de retenção sedimentar, etc., em detrimento dos controles majoritariamente estruturais, como extensões de canais dissecando vertentes de cristas, onde a energia da corrente é presumivelmente elevada.

As superfícies de base foram obtidas em consonância aos procedimentos levados a efeito por Salvador & Pimentel (2009). São representadas cartograficamente a partir de isobases que correspondem a uma superfície hipotética determinada pela intersecção entre a rede de drenagem de ordem similar com a superfície erosiva associada à reorganização da rede hidrográfica, fornecendo valiosas informações acerca do quadro tectono-erosivo mais recente (JAIN, 1984). O mapa com as isobases, editado na escala de 1/50.000, foi obtido com o emprego do software ArcGIS, ambiente no qual foi extraída a rede de drenagem do modelo digital de elevação (MDE), hierarquizada segundo Strahler (1952). Doravante, foram selecionados os canais de 2ª ordem, convertidos ao formato raster com valor 1; posteriormente, tal arquivo foi combinado com o MDE através de multiplicação, obtendo-se assim as altitudes locais. O passo seguinte consistiu na vetorização do arquivo para geração de outro arquivo de pontos cotados, que foram gridados através de interpolação pelo método IDW.

Subsequentemente foram averiguadas as correlações entre o mapa de superfícies de base e os resultados de RDE, interpretando, a partir desses termos e do controle de campo, o significado morfoestrutural e/ou morfotectônico das rupturas nos perfis longitudinais dos canais. Os estudos foram ainda subsidiados pela interpretação da base geológica, compilada a partir dos mapeamentos de Heinek et al. (1991) e Soares et al. (2002), de imagens de radar SRTM em relevo sombreado geradas em quatro ângulos de iluminação azimutal (45°, 90°, 315° e 360°), bem como das bases planialtimétricas na escala de 1/50.000, a mesma que serviu de base para o cálculo de RDE e para a geração do mapa de superfícies de base.

3. A área de estudo



As altas cristas quartzíticas da Zona da Mata Mineira figuram como um compartimento morfoestrutural definido pelas serranias festonadas posicionadas no limite NNE da Mantiqueira Meridional (sensu GATTO et al. 1983), sustentadas por quartzitos intercalados a xistos e gnaisses pertencentes ao Grupo Andrelândia, além de significativo corpo ortognáissico em domínios altimontanos, conforme informado nos mapeamentos levados a efeito por Heineck et al. (1991) e Soares et al. (2003) (figura 1). Tal compartimento se inscreve nos terrenos sob a influência do sistema rifte continental do sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989), com reativação de falhas pré-cambrianas ao longo do Cretáceo-Paleógeno e soerguimento generalizado da fachada atlântica do Brasil Sudeste em regime pirogenético.

O conjunto das altas cristas quartzíticas é dado pelas serras do Ibitipoca, Negra e de Lima Duarte, estruturas estas ladeadas por alinhamentos de menor elevação que não partilharam da área trabalhada. Apresentam aspecto de superfícies estruturais, preservadas em função da resistência das litologias quartzíticas à alteração química, ainda que deformadas tectonicamente durante o Cenozoico. Os fundos dos vales adjacentes às cristas, por seu turno, estão vinculados à ocorrência de xistos, rochas mais tenras e profundamente alteradas. Diferentemente do restante do *horst* contínuo da Mantiqueira Meridional, as cristas quartzíticas não apresentam drenagem dual conectada a dois níveis de base distintos, mas estão condicionadas ao nível geral do Oceano Atlântico, com nível de base local imposto pelo rio do Peixe no festonamento que exerce em tais estruturas.

A resistência dos quartzitos aos processos geoquímicos intensos do meio tropical repercute na existência de solos rasos e ricos em minerais primários ao longo das cristas, ocorrendo Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico recorrentemente atacados por processos de arenização. O escoamento superficial significativamente acelerado que perpassa as vertentes declivosas tem encontrado relativa facilidade em remobilizar coberturas arenosas ao longo das fitofisionomias abertas em campos rupestres, sobretudo nos setores onde a cobertura vegetal é predominantemente herbácea ou esparsa demais para conter a acomodação em superfície das areias que se encontram em franca remobilização no sistema. Acumulações coluviais se organizam nos degraus reafeiçoados de baixas encostas, onde a estrutura superficial da paisagem é caracterizada por *solum* mais espesso, em parte submetido à pedogênese latossólica, fundamentalmente nos contextos sob a influência dos corpos rochosos gnáissicos e xistosos. Sobre tais materiais eclodem formações florestais em Floresta Estacional Semidecidual, que medra naturalmente quando o substrato se faz tolerante para as formas macrofanerófitas.

Atualmente, tanto as fitofisionomias florestais como os campos rupestres das cristas quartzíticas encontram-se francamente alterados ou substituídos por pastos e silvicultura de *Eucalyptus*, principalmente. Restam as formações vegetais nativas nos flancos mais declivosos da Serra do Ibitipoca e Negra, bem como nas áreas protegidas do Parque Estadual do Ibitipoca, unidade de conservação de proteção integral que detém uma amostra da riqueza de habitats, espécies e



geodiversidade inerentes ao sistema geomorfológico em lume quando próximo de suas estruturas originais.

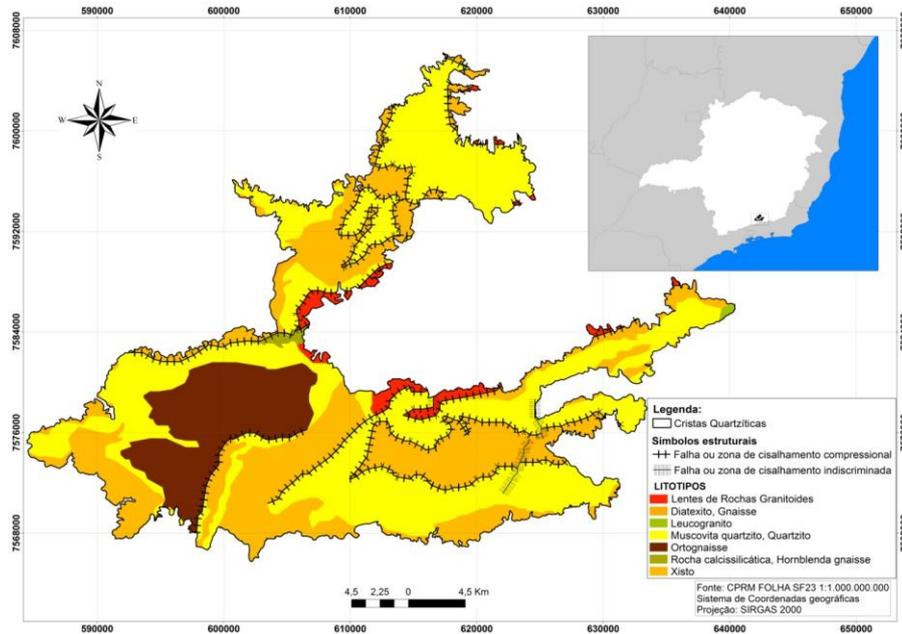


Figura 1. Localização da área de estudo e sua base geológica.

4. Resultados

A área de estudo computou catorze canais, hierarquizados a partir da quarta ordem e com extensão superior a 5000 metros, que dissecam as cristas em demanda aos níveis de base locais (quadro 1). A figura 2 representa o perfil longitudinal dos catorze canais selecionados para investigação, com as anomalias e zonas de anomalias devidamente apontadas, permitindo a visualização de tais comportamentos ao longo dos canais.

Tabela I. Anomalias de drenagem detectadas para os canais fluviais hierarquizados a partir da 4º ordem para a área de estudo.

CANAL	AMPLITUDE TOTAL (m)	COMPRIMENTO (m)	RDE total	ANOMALIAS DE 2º ORDEM	ANOMALIAS DE 1º ORDEM
Rio São João	780	12331	195,6	13	3
Córrego Água Fria	580	5754,7	159,57	6	1
Ribeirão Tabuão	220	13210	58,25	2	-
Rio Grão Mogol	800	13093,1	194,64	-	-
Córrego Grande	640	7329,1	160,62	11	-
Córrego Mocotó	540	8133,29	143,22	17	1



Rio Sem Nome	500	5106,5	129,73	13	-
Rio do Salto	880	26102,6	204,08	13	12
Córrego do Turma	580	5663,3	160	3	-
Rio Pedra Branca	280	8276,1	76,72	4	-
Rio Rosa Gomes	420	22139,2	101,38	3	-
Ribeirão da Cata	320	17767	84,9	4	1
Ribeirão Pari	740	18371	178,4	18	-
Córrego Garra	360	5365,83	129,73	7	-

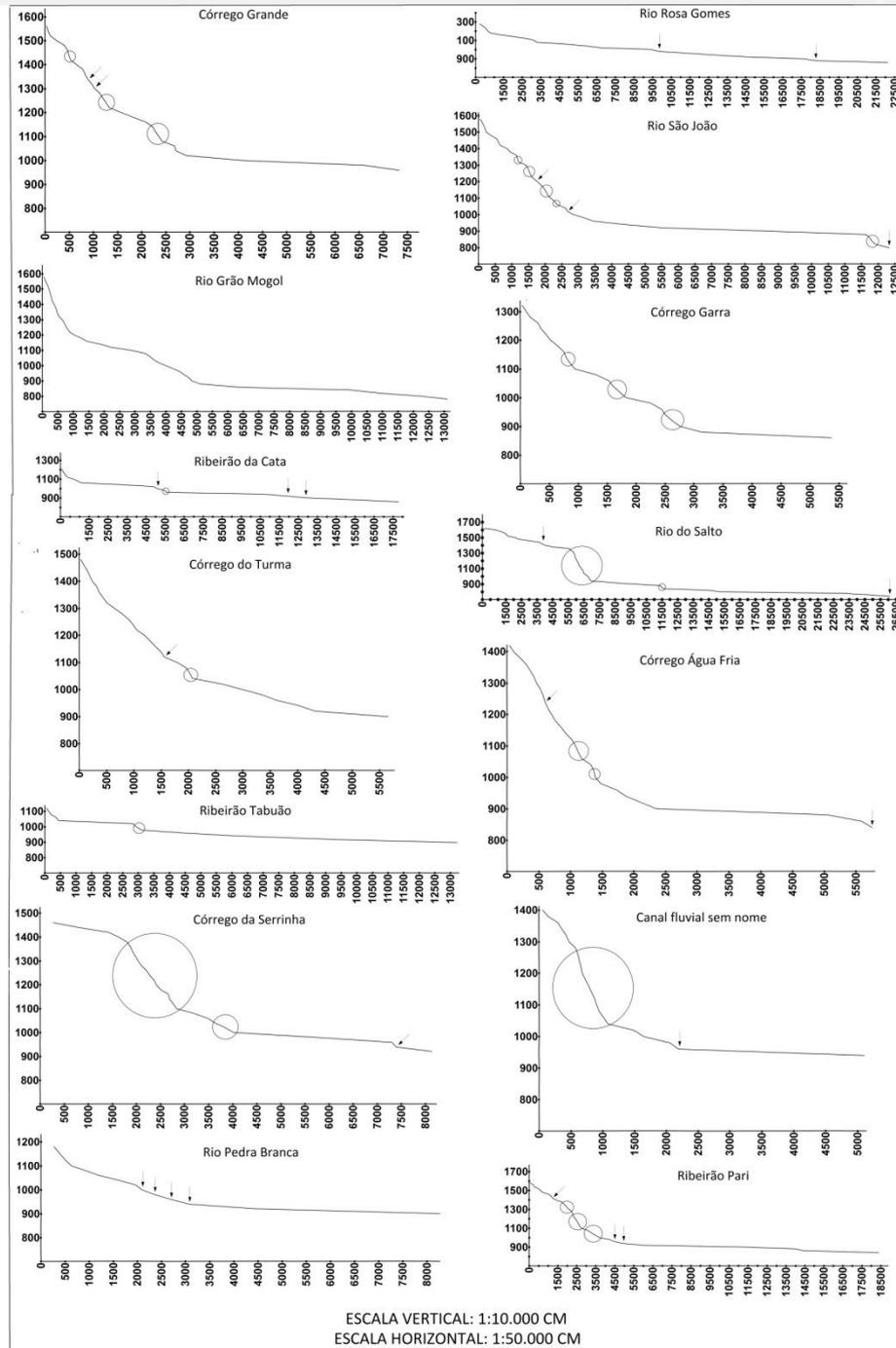


Figura 2 - Perfis longitudinais dos canais fluviais estudados.

O significado das anomalias encontradas, em grande medida, é relacionável a controle morfotectônico, ainda que alguns valores elevados indiquem também um arranjo da drenagem às estruturas preexistentes, tal como ocorre com os canais de alto curso que dissecam as vertentes íngremes das cristas quartzíticas. Exemplo disso é o ribeirão Rosa Gomes, cuja primeiro valor anômalo encontrado reflete segmento de corrente com energia elevada em relevo escarpado. No entanto, rupturas mais bruscas são verificadas no corte epigênico que o canal promove na lasca quartzítica soerguida e na



abertura de planície de inundação, que, abruptamente gerada após significativa extensão em encaixamento, sugere a existência de um bloco em subsidência.

É característica na área de estudo, diga-se de passagem, a intercalação de segmentos em encaixamento pronunciado com extensões de estocagem sedimentar, sugerindo a existência de blocos em soerguimento e subsidência, que ora favorecem o entalhe vertical e o transporte, ora a retenção de sedimentos. Tais processos, tal como os trechos de epigenia, implicam em rupturas no perfil longitudinal dos canais, elevando, por vezes abruptamente, os valores de RDE.

Cursos d'água importantes na região das altas cristas quartzíticas, como o ribeirão do Pari, têm seus valores de RDE elevados quando dissecam as frentes escarpadas, o que pode ser considerado previsível em função da natural energia do relevo nos taludes e escarpas talhados no quartzito e preservados em função de aspectos estruturais, no caso a resistência diferenciada do referido metassedimento que implica em erosão diferencial francamente assinalada em relação às superfícies adjacentes emolduradas em xistos e gnaisses. No entanto, pode-se considerar a vigência de esforços deformacionais ativos na manutenção destes alinhamentos em permanente reativação, o que engendra, inclusive, patamares reafeiçoados em interflúvios e escalonamento bem marcado dessas estruturas, além de facetamentos trapezoidais e anfiteatros suspensos. Tal padrão atinge máxima grandiloquência no rio do Salto, que apresenta o maior número de anomalias de primeira ordem entre os canais para os quais o índice RDE foi mensurado. Em grande parte, tais anomalias são estabelecidas nas vertentes escarpadas que se projetam a jusante de uma planície alveolar altimontana formada quando o canal vence a soleira. A maior parte das rupturas e modificações abruptas no fundo do vale encontra apontamento no mapa de superfícies de base (figura 3) pela aproximação das isobases, sendo o rio do Salto altamente representativo desse tipo de comportamento ao perpassar a escarpa de falha e degraus reafeiçoados da Serra do Ibitipoca. Não é diferente a configuração em referência aos rios Pari, São João e Monte Verde.

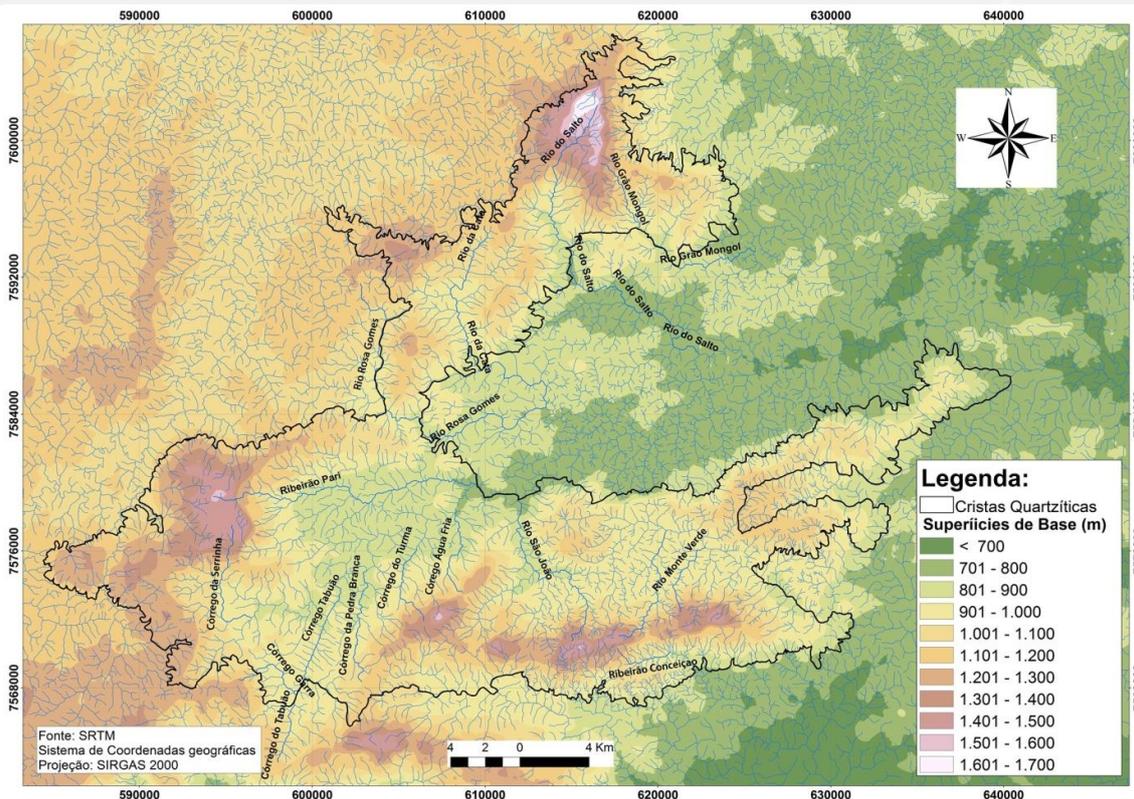


Figura 3 - Superfícies de base mensuradas para a área de estudo e adjacências.

Em suma, os canais cujas cabeceiras estão posicionadas nas altas vertentes das cristas quartzíticas apresentam valores elevados de RDE no alto curso. Além dos retrocidos, outros podem ser enumerados: córrego Mocotó, córrego São João, córrego da Água Fria, rio São João, e por aí vai. Ainda que um controle morfotectônico nesses segmentos seja verossímil, o arranjo da drenagem nessas estruturas preexistentes é latente. No entanto, comportamentos anômalos também são copiosamente verificados no médio e baixo curso destes canais, com aumentos bruscos na energia da corrente precedidos por extensões nas quais o canal apresenta baixo gradiente, conforme apontado pelo RDE.

O rio do Salto, a exemplo do que foi acima frisado, apontou valores elevados na faixa de 860 metros de altitude, quando as escarpas de falha são transpostas e o canal sofre novo encaixamento, passando a dissecar um patamar escarpado mais baixo que estabelece contato com os compartimentos intermontanos de dissecação mais homogênea, onde uma planície estreita se desenvolve na faixa dos 800 metros de altitude, que sofre pronunciado estreitamento abaixo de 740 metros, quando se desenvolve um nível mais baixo de planície fluvial a preceder a afluência no rio do Peixe, fenômeno visivelmente ligado a uma *shutter ridge* bem marcada por falha transcorrente. Os diferentes níveis de planície também coincidem com aproximação das isobases, mostrando que os principais escalonamentos do rio do Salto correspondem a níveis de base locais provavelmente vinculados a blocos distintos em franca movimentação.



Outros canais também apresentam mais de um nível de planície fluvial, tal como o ribeirão da Cata, que apresenta um nível mais altimontano pouco acima de 1000 metros que é suprimido por mudança abrupta da direção NE-SW para NW-SE que acompanha o deslocamento de seu divisor provocado por falha transcorrente, determinando encaixamento abrupto do canal. Doravante, pouco acima dos 900 metros são desenvolvidos alvéolos de largura irregular que precedem novo desvio seguido de desnivelamento e encaixamento. Nos setores intermontanos foi constatada tendência de estrangulamento abrupto ou formação de novos níveis de planícies fluviais na faixa altimétrica de 900 a 940 metros, conforme verificado, além do ribeirão da Cata, no córrego da Água Fria e no córrego da Serrinha.

Os padrões estabelecidos podem ser correlacionados a níveis de base locais, desnivelados tectonicamente em relação ao rio do Peixe, que estabelece um importante nível de base regional na faixa dos 700 metros, na qual sua planície fluvial é significativamente desenvolvida e precede o escalonamento à jusante que o coloca em afluência no rio Preto, tronco coletor de maior grandeza e afluente direto do rio Paraíba do Sul. Níveis de base altimontanos na forma de pequenos vales suspensos e não detectáveis na escala trabalhada são feições de cunho morfotectônico bastante conspícuas nas altas cristas.

Os contatos litológicos mais contrastantes estabelecidos entre quartzitos e gnaisses são discordantes à orientação dos principais canais, e mesmo o rio do Peixe, originalmente controlado pelas estruturas quartzíticas, apresenta inflexões e encaixamentos abruptos em um mesmo contexto litológico, somando mais uma evidência de controle tectônico. A maior parte das feições discutidas, como abertura, estrangulamento e desnivelamento de planícies fluviais, sinalizadas pelo RDE e pela mensuração das superfícies de base, bem como as inflexões dos canais, muitas vezes associadas a falhas transcorrentes, não estão ligadas a contatos litológicos, mas a basculamentos levados a efeito em falhas ativas em um mesmo domínio litológico. Não havendo uma correlação positiva entre tais fatos geomórficos e os contatos litológicos, defende-se que são majoritariamente morfotectônicos, o que é corroborado por outras evidências encontradas na área (terraços deformados, vales suspensos, migração lateral de canais com assimetria de bacias de drenagem, etc.). Exceção digna de nota é o rio Grão Mogol, único curso d'água que não apresentou nenhum valor anômalo de RDE; diseca, predominantemente, gnaisses tonalíticos adaptado a uma zona de cisalhamento designada por Heineck et al. (1991) como Zona de Cisalhamento Chapeu d'Uvas, em contraste às evidências conspícuas no conjunto dos demais canais investigados.

5. Considerações finais

Sumarizando os resultados que foram apresentados e discutidos, e amarrando aos mesmos alguns pontos conclusivos, depreende-se que:

- (A) As técnicas referidas pelo índice RDE e pela mensuração e representação das superfícies de base apresentam complementaridade e admitem uma abordagem dialógica em estudos pautados na geomorfologia tectônica;
- (B) Nem sempre valores elevados de RDE configuram de fato anomalias, havendo a necessidade de se diferenciar os comportamentos verdadeiramente anômalos tectonicamente controlados daqueles ligados às estruturas passivas;
- (C) A área de estudo congregou uma série de evidências de tectônica ativa, algumas delas detectáveis pelas técnicas aqui apresentadas, determinando a existência de significativo controle morfotectônico sobreposto às estruturas preexistentes, bastante contundentes na evolução cenozoica do relevo e influentes nas organizações mais recentes dos sistemas geomorfológicos afetados.

Bibliografia

CHIESSI, C. M. **Tectônica Cenozoica no Maciço Alcalino de Passa Quatro (SP-MG-RJ)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ETCHEBEHERE, M. L. C. **Terraços Neokuaternários no Vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas**. Rio Claro, 2000. 264p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

FACINCANI, E. M. **Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista e cuesta basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. Rio Claro, 2000. 222p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

FERREIRA, M. F. M. **Geomorfologia e análise morfotectônica do alto vale do Sapucaí**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). 279p. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

GATTO, L. C. S.; RAMOS, V. L. S.; NUNES, B. T. A.; MAMEDE, L.; GÓES, M. H. B.; MAURO, C. A.; ALVARENGA, S. M.; FRANCO, E. M. S.; QUIRICO, A. F.; NEVES, L. B. Geomorfologia. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SF-23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

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

HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of United States Geological Survey**. v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HEINEK, C. A.; SOUZA, H. A.; VASCONCELOS, R. M.; BARRETO, E. L.; GOMES, R. A. A. D.; PINTO, C. P. **Programas Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Folha SF.23-X-C-VI, 1991.

HIRUMA, S. T; RICCOMINI, C. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, USP, v. 20, n. ½, p. 5-19, 1999.

JAIM, V.E. **Geotectónica general**. 2. ed. Moscou: Mir Ed., 1984.

MARQUES NETO, R. **Estudo evolutivo do sistema morfoclimático e morfotectônico da bacia do Rio Verde (MG), sudeste do Brasil.** 2012. 430p. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

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

RIBEIRO, M. C. S. **História tectônica e exumação das serras da Bocaina e Mantiqueira, SP/RJ.** 2003. 124f. Dissertação (mestrado em Geologia Regional), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil.** São Paulo, 1989. 256p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V. BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Org.) **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo: Beca, 2004. P. 407-421.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese.** Belo Horizonte, 1991. 285p. Tese (Professor Titular), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

SALVADOR, E. D; PIMENTEL, J. Avaliação da neotectônica no município de Angra dos Reis, setor sul-fluminense da Serra do Mar, com base em mapas morfométricos gerados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 3347-3354.

SANTOS, M. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica.** Rio Claro, 1999. 134p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

SILVA, T. P.; MELLO, C. L. 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, 2011.

SOARES, A. C. P; NOCE, C. M; TROUW, R. A. J; HEILBRON, M. **Projeto Sul de Minas.** COMIG-UFMG-UFRJ-UERJ, 2002.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Geological Society of American Bulletin**, v. 63, p. 923-938, 1952.