



INDICADORES GEOMORFOLÓGICOS DE CONTROLES LITOLÓGICOS E/OU ESTRUTURAIS - BACIA DO RIO GUAPI-AÇU, CACHOEIRAS DE MACACU (RJ)

GEOMORPHOLOGICAL INDICATORS OF LITHOLOGICAL AND/OR STRUCTURAL CONTROLS - GUAPI-AÇU RIVER BASIN, CACHOEIRAS DE MACACU (RJ)

Thainá Vasconcelos Paes

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Prédio do CCMN, Bloco G, Sala G-028,
Ilha do Fundão. CEP: 21941-916.
E-mail: thainavasconcelospaes@gmail.com

Telma Mendes da Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Prédio do CCMN, Bloco G, Sala G-028,
Ilha do Fundão. CEP: 21941-916.
E-mail: telmendes@globo.com

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
02/2017
Data de Aprovação:
04/2017

Resumo

Controles tectônicos em interior de placas tectônicas tem tido grande importância para o entendimento da conformação da paisagem e, nas últimas décadas, inúmeros pesquisadores vêm procurando utilizar perfis de relevo na busca de associação com atividades neotectônicas e/ou controle litológico. Este trabalho resgata o emprego da análise de perfis longitudinais de canais fluviais e perfis de relevo na investigação evolutiva da paisagem. A área de estudo foi a bacia do rio Guapi-Açu, localizada no setor NE da bacia da

Baía da Guanabara (RJ), onde constatou-se controles lito e/ou estrutural significativos por meio da identificação de Níveis de Base Locais, assimetrias de relevo, trechos de rios em ascensão e rebaixamento, dentre outros aspectos sugerindo situação de (re)ajustes fluviais.

Palavras-chave: Controles litológicos e estruturais; perfis de relevo; parâmetros morfométricos.

Abstract

Tectonic controls in interior of tectonic plates are important for the understanding of the landscape conformation and last years numerous researchers have sought the use of relief profiles in the search of association with neotectonic activities and / or lithological control. This work rescues the use of the analysis of longitudinal profiles of fluvial channels and relief profiles in the evolutionary research of the landscape. Study area was Guapi-Açu river basin, located in the NE sector of the Guanabara Bay basin (RJ), where significant lithological and/or structural controls were observed through the identification of Local Baseline Levels, Relief asymmetries, Stretches of rising and relegating rivers, among others, suggesting a situation of river (re)adjustments.

Keywords: Lithological and structural controls; relief profiles; morphometric parameters.

1. Introdução e Objetivos

A rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é regulada pelo clima, pelo embasamento litológico, pela topografia, pela tectônica, e por outros fatores que lhe conferem 'equilíbrio', quando bem ajustados. Quando há alteração em um desses fatores os cursos hídricos são os que primeiro sinalizam ou respondem, devido ao rápido reajuste dos mesmos a modificações, que, mesmo sutis, geram variações nos valores dos parâmetros morfométricos de um sistema de drenagem (Etchebehere et al., 2004). Desta forma, o estudo da organização dos sistemas de drenagem torna-se adequado à detecção de deformações tectônicas, sendo o estudo do perfil longitudinal de um canal fluvial um importante aliado nesta investigação.

O presente trabalho tem por objetivo investigar, a partir da análise das características do arranjo do sistema de drenagem, aspectos geomorfológicos que subsidiem à investigação sobre a existência de controles lito-estruturais na bacia do rio Guapi-Açu (Cachoeiras de Macacu, RJ).

Para tanto, o trabalho teve como etapas metodológicas: a) realização de perfis longitudinais de canais fluviais de sub-bacias de drenagem deste sistema fluvial, a fim de identificar aspectos locais que subsidiem à detecção de influências estruturais; b) caracterização da influência de controles estruturais através do cálculo de parâmetros morfométricos que identifiquem assimetrias de bacias de drenagem, como Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD) e Fator de Simetria Topográfica Transversa (FSTT); e c) identificação de trechos anômalos dos canais fluviais, através do emprego do parâmetro de Relação Declividade-Extensão (RDE).

2. Localização e Caracterização da Área de Estudo

A sub-bacia de drenagem do rio Guapi-Açu, afluente da bacia Guapi-Macacu, localiza-se nas imediações dos municípios de Cachoeiras de Macacu e de Guapimirim, situando-se na porção leste da bacia da Baía de Guanabara (Figura 1). A bacia do rio Guapi-Açu é uma bacia de 5ª ordem e, ao desaguar no rio Macacu, compõe um dos principais sistemas fluviais da bacia da Baía de Guanabara, tendo uma área de aproximadamente 570 km².

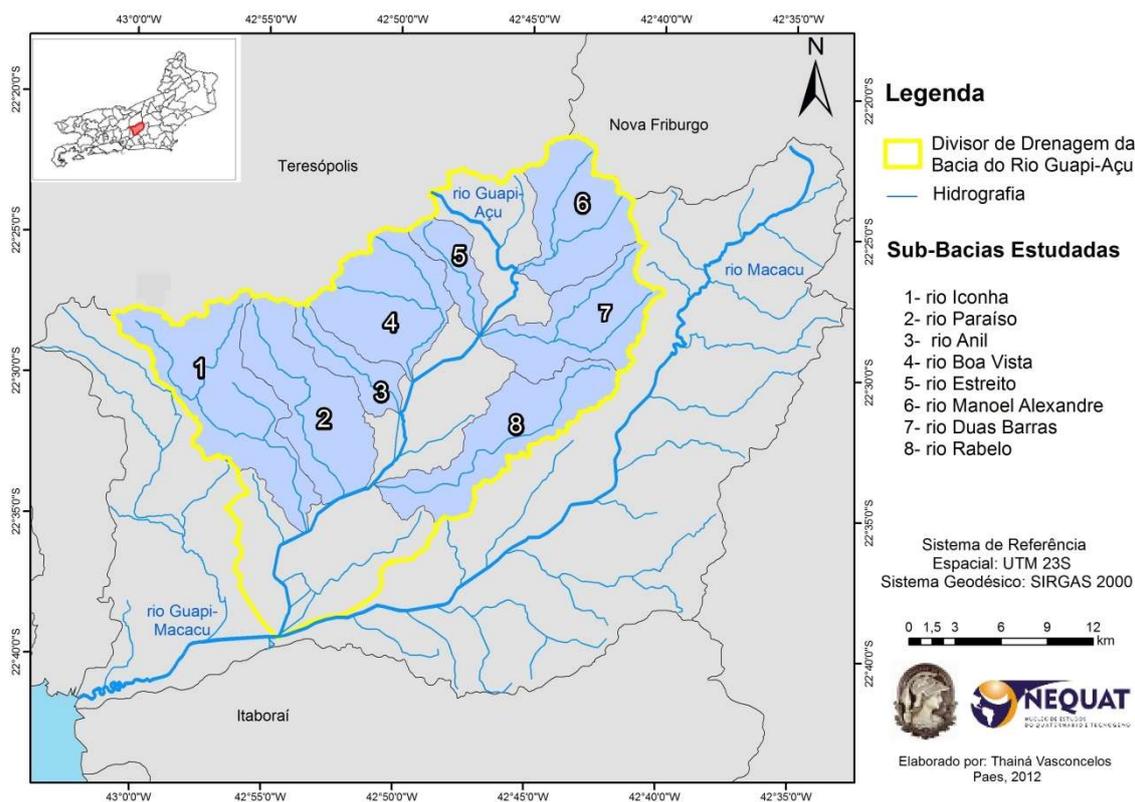


FIGURA 1: Mapa de localização da área de estudo - bacia do rio Guapi-Açu.

As características geológico-estruturais da área remontam a 560 milhões de anos (Pré-Cambriano) quando o Ciclo Tectônico Brasileiro, responsável pelo choque entre a placa onde hoje está situada a América do Sul e a placa africana, originou um metamorfismo que formou os gnaisses predominantes nos terrenos do estado do Rio de Janeiro. Após este período, deu-se a “calmaria” tectônica que levou a processos erosionais, denudando, aproximadamente 25km de rocha, e expondo os mais profundos níveis do embasamento (FERRARI, 2012). Há 130 Ma. ocorreu o processo de rifteamento, com a separação da América do Sul e África e a formação do Oceano Atlântico, levando à ocorrência de falhamentos normais e formação de suas respectivas margens continentais. Um novo período de “calmaria” subsequente levou a deposição sedimentar nas bacias costeiras de Santos e Campos. E, por volta de 60 Ma., nova fase de atividade tectônica inicia-se com vulcanismo de composição intermediária alcalina e de falhamentos (FERRARI, 2012). Passados mais 10 Ma., ocorre no sudeste brasileiro um soerguimento generalizado com reativação tectônica de antigos falhamentos de orientação NE-SW e geração de falhamentos de orientação NW-SE, pertencentes ao denominado Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) - Riccomini (1989), incluindo a formação da bacia sedimentar de Macacu, onde se localiza a bacia de drenagem em estudo.

Na porção NE da vertente oceânica da Serra do Mar (localmente denominada de Serra dos Órgãos), situada no entorno da Bacia da Guanabara, localizam-se as nascentes do rio Guapi-Açu. As altimetrias desta bacia são bastante contrastantes, variando desde sua desembocadura, que se dá nas águas da Baía da Guanabara, até altitudes que chegam a 1700m. Nos segmentos mais

a jusante há preenchimento pela sedimentação flúvio-marinha holocênica com sedimentos terciários de pequena expressão na bacia, enquanto o embasamento cristalino pré-cambriano, com predomínio de rochas gnaissicas e migmatíticas, se faz presente tanto nas áreas mais elevadas como em feições de morros e colinas (Figura 2). Na bacia há predomínio da cobertura vegetal de Floresta Ombrófila Densa Submontana e Montana, preservada principalmente nos topos dos morros, e que são circundados por pastagens e/ou agricultura.



FIGURA 2: Visão panorâmica dos principais domínios geomorfológicos da bacia do rio Guapi-Açu; observa-se o alinhamento de cristas das feições serranas, morros e a extensa planície fluvial holocênica. Foto: Marcelo Estaky (Agosto/2010).

Fatos recentes vinculados ao crescimento populacional têm gerado efeitos diretos na qualidade dos recursos naturais da região e, principalmente, sobre os recursos hídricos, levando-se em consideração que a bacia do rio Guapi-Macacu é responsável pelo abastecimento d'água de aproximadamente 2,5 milhões de habitantes da região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e que, portanto, a degradação das fontes hídricas gerará conflitos na já existente crise de abastecimento de água potável da RMRJ.

3. Os Sistemas Fluviais e sua Análise Através de Parâmetros Morfométricos

As redes de drenagens são elementos fundamentais de dissecação do relevo, de erosão e de transporte de sedimentos, estando diretamente relacionadas com a evolução de uma bacia de drenagem. E o papel dos níveis de base (NB) na alteração da dinâmica fluvial, promovendo tanto erosão quanto agradação no perfil de um rio, em distintas escalas temporais e/ou espaciais, é primordial como limite ao entalhe fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1981). Desta forma, na busca de identificação de NB e da compreensão da dinâmica evolutiva da paisagem, as análises morfométricas sempre tiveram e, têm sido consideradas nas última década, como ferramenta importante na investigação de mecanismos evolutivos (ETCHEBEHERE et al., 2004; MARTINEZ, 2005; GUEDES et al., 2006; TEODORO et al., 2007). O cálculo de parâmetros morfométricos permite revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, que expressa estreita relação com a litologia e estrutura geológica da superfície terrestre (TEODORO et al., 2007). Tais parâmetros são subdivididos naqueles que traduzem características geométricas (área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade, etc.), características do relevo que estão associadas às

características intrínsecas do terreno (declividade, altitude, orientação, etc.) e características da própria rede de drenagem (densidade da drenagem, hierarquia, comprimento do curso d'água, etc.).

Ainda no contexto da investigação morfométrica de sistemas fluviais, surge a análise do perfil longitudinal de rios como importante parâmetro na investigação de processos de deformações crustais, pois pode fornecer subsídios para o conhecimento do substrato rochoso, bem como para o entendimento dos processos geológicos e a história geomorfológica de uma área” (HACK, 1960). O perfil longitudinal é uma curva que representa visualmente a relação entre a altimetria e o comprimento de trechos para todo o curso. E o uso deste parâmetro, bem como sua importância metodológica de análise em geomorfologia, foi bastante utilizado nas décadas de 1970 e 1980, com o advento da Geografia Quantitativa, e só mais recentemente, nos anos 2000, que vem sendo retomada tais tipos de análises.

Na interpretação de perfis longitudinais de rios, associa-se ainda à condição de 'equilíbrio'. Christofolletti (1981; p.101) destaca que “... o perfil do rio equilibrado é o perfil que permite o transporte mais efetivo da carga detrítica ...” e, nesse sentido, a forma do perfil tem que apresentar condições para que o transporte da carga sedimentar seja eficiente, ou seja, sem a presença de condições anômalas (NBLs), tendo forma de uma curva uniformemente côncava voltada para cima.

Desta forma, uma das contribuições do uso do perfil longitudinal em uma investigação sobre a evolução do modelado seria que sua análise poderia indicar possíveis condições de 'desequilíbrio', e que podem estar associadas a diferenças litológicas, confluência com tributários, diferença na carga sedimentar introduzida no canal, rebaixamento do nível de base local e atividade tectônica (MARTINEZ, 2005). Outra observação a respeito dos mecanismos de evolução de canais fluviais é que quaisquer alterações de variáveis externas, como alteração do regime climático, ou internas, como a influência de controles estruturais, fazem com que os cursos d'água busquem uma nova condição de equilíbrio, seja pela erosão ou pela agitação do talvegue (CHRISTOFOLETTI, 1981; GUEDES et al., 2006).

4. Procedimentos Metodológicos

Os perfis longitudinais aos canais fluviais das sub-bacias apontadas na figura 1 foram feitos com base na utilização de cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:50.000. Foram realizadas medidas da distância entre as curvas de nível que passam ao longo da linha correspondente do canal fluvial, e feita a correspondência do valor encontrado em milímetros para a escala da carta topográfica. Posteriormente, todos os pontos destes valores de distância e a correspondência dos valores de altitude foram plotados em uma planilha do programa Excel e elaborados os respectivos gráficos em forma de linhas contínuas. Para a interpretação dos perfis longitudinais foram realizadas as 'Linhas de Melhor Ajuste', com objetivo de identificação de

trechos anômalos, positivos e negativos, de uma curva padrão côncava, típica de rios ditos 'equilibrados'. Esta análise foi feita no programa Excel, onde o software dispõe de diversas 'Linhas de Melhor Ajuste' ou 'Linha de Tendência Logarítmica', usada quando a taxa de alteração nos dados aumenta ou diminui rapidamente e depois se estabiliza.

Em relação à caracterização morfométrica um dos mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas e ambientais e que podem revelar indicadores físicos específicos ao entendimento da dinâmica de uma bacia foram aqui utilizados (TEODORO et al., 2007): Índice de Circularidade (IC); Densidade Hidrográfica (Dh); Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD), Fator de Simetria Topográfica Transversa (FSTT); e Relação Declividade-Extensão (RDE).

O IC objetiva caracterizar o comportamento do fluxo drenado pela bacia quanto a sua resposta no exutório, sendo esta ferramenta importante pois possibilita tornar a caracterização das formas das bacias menos subjetiva. Quanto mais próximo o valor for de 1 (um), mais circular é a bacia e, conseqüentemente, maior é o risco de erosão, assoreamento e enchentes da bacia, pois à resposta do canal à pluviosidade é convergente e mais rápida. Enquanto bacias alongadas o deflúvio ocorre em pontos distantes e isto faz com que haja um tempo maior para a chegada do fluxo dos canais tributários a um mesmo ponto do canal principal, resultando em menor vazão e uma resposta mais lenta do canal à pluviosidade. Este parâmetro é uma relação entre a área da bacia e o seu perímetro, e é calculado da seguinte forma: $IC = 12,57 \times \frac{A}{P^2}$, onde A é a área da bacia, P seu perímetro e 12,57 é uma constante.

A Densidade Hidrográfica (Dh) tem como finalidade comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes pela área da bacia, fornecendo uma ideia se a bacia é bem ou mal drenada. Este cálculo é feito através da aplicação da fórmula $Dh = \frac{N}{A}$, onde N é o número total de rios e A é a área da bacia. O Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD) introduzido por Hare e Gardner (1985 apud SALAMUNI et al., 2004) permite que se tenha uma ideia do deslocamento lateral do rio principal, podendo este ter sido provocado pela ação de processos fluviais internos ou pela ação tectônica (Figura 3a). Este índice é alcançado por meio da aplicação da equação $FA = 100 \times \frac{A_r}{A_t}$, onde A_r é a área da bacia à direita do rio (em direção à jusante) e A_t é a área total da bacia. Enquanto o Fator de Simetria Topográfica Transversa (FSTT) introduzido por Cox (1994 apud SALAMUNI et al., 2004) corresponde à assimetria do perfil topográfico transversal à bacia, que pode ser caracterizado pela migração preferencial do canal principal. Os valores são obtidos pela equação $T = \frac{D_a}{D_d}$, onde D_a é a distância da linha média do eixo da bacia até a linha média do cinturão do meandro ativo e D_d é a distância da linha média da bacia ao divisor da bacia (Figura 3b). A assimetria será maior quanto mais próximo T for de 1. Ressaltamos que, para uma análise mais detalhada, é recomendável o uso de ambos fatores, pois estes trabalham em escalas de detalhe e medida distintas (tanto areal quanto linear). O FABD, por

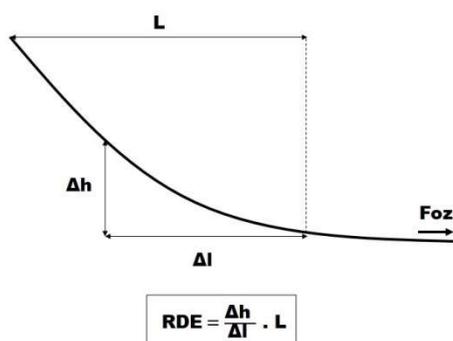


FIGURA 4: Parâmetros utilizados no cálculo do índice RDE para segmento de drenagem (intervalo entre duas isoípsas consecutivas). L = comprimento da drenagem entre a cabeceira e isoípsa jusante. Δh = diferença de altitude entre duas isoípsas subsequentes; Δl = projeção horizontal do comprimento do segmento de drenagem entre duas isoípsas subsequentes. Fonte: Etchebehere et al. (2004).

O cálculo do RDETotal para os rios afluentes da margem direita e da margem esquerda da bacia do rio Guapi-Açu foi realizado por meio da execução dos seguintes passos: cálculo da extensão total do canal fluvial, cálculo do Logaritmo em base 10 do valor de extensão total e o cálculo da diferença (Amplitude) entre o valor da cota da cabeceira menos o valor da cota da foz e, por fim o cálculo do valor de RDE. Este índice foi calculado ainda para segmentos do canal, chamados de RDE por trecho (RDEtrecho), que refere-se a distância entre as curvas de nível, que na escala 1:50.000 corresponde ao cálculo a cada 20 metros (valor equidistância das curvas nesta escala): leitura dos valores das 'Cota Superior' (B) e 'Cota Inferior' (C); diferença entre estas duas cotas (D); valor em metros da distância entre as curvas convertida na escala da carta topográfica (E); valor em metros da distância da curva que se esta sendo medida ao valor da cabeceira (F) convertida na escala da carta topográfica; cálculo do RDEtrecho = D/E×F (G) e RDEtrecho/total (H) – Tabela 1.

TABELA 1

Exemplo de cálculos de RDE para os seis primeiros trechos da bacia do rio Guapi-Açu.

Nome do rio	Trecho	Cota Superior	Cota Inferior	Δ cota	Comp. Trecho	Extensão cabeceira	RDE Trecho (D/E * F)	RDE trecho / total
	A	B	C	D	E	F	G	H
Rio	1	1660	1640	20	50	50	20	0,06
Guapi-Açu	2	1640	1620	20	100	150	30	0,08
(RDE total =	3	1620	1600	20	50	200	80	0,22
1660 -	4	1600	1580	20	50	250	100	0,28
20/ln10(38250) =	5	1580	1560	20	100	350	70	0,2
1640/4.6 =	6	1560	1540	20	80	430	108	0,3
356,5)								

Para a interpretação da relação entre os valores de RDE e os distintos graus de controle estrutural, Seeber e Gornitz (1983) sugerem a seguinte interpretação para os resultados encontrados nos Himalaias, onde foi realizado o trabalho: índices com valores abaixo de dois configuram-se como gradiente ideal (ou seja, o rio encontra-se próximo ao estado de 'equilíbrio'); valores entre dois a dez configuram-se como anomalias de 2ª ordem; e valores acima de dez configuram-se como anomalias de 1ª ordem, que representam no terreno a influência de forte

controle estrutural. No entanto, para a área de estudo, que possui um contexto geológico e geomorfológico bem diferente da realidade das características morfológicas dos Himalaias, buscou-se adaptar a interpretação. Encontramos em Andrades Filho (2010), que realizou seus estudos no nordeste brasileiro, uma outra proposta para classificar e interpretar os dados de RDE. Este autor também considera o valor 2 como limiar do gradiente ideal, e através de um histograma analisa os dados encontrados a fim de realizar o grupamento dos valores e buscar classes mais condizentes com o território brasileiro, além de validá-las em campo.

Andrades Filho (2010) utilizou, portanto, as seguintes classes: índice abaixo de dois corresponderia a rio com gradiente ideal; valores de 2 a 4 configuram-se como anomalias 3ª ordem; valores de 4 a 6 como anomalias 2ª ordem; e valores acima de 6 configuram-se como anomalias 1ª ordem. Partindo-se desta proposta analisamos os dados de RDE através de um histograma (Figura 5) e constatamos que as classes adotadas por este autor são compatíveis com a disposição dos dados encontrados, sendo adotada as mesmas classes para o presente estudo.

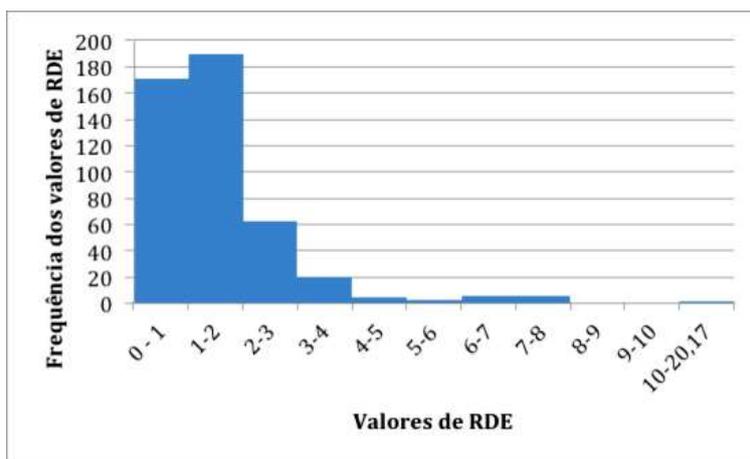


FIGURA 5: Histograma com a frequência dos valores de índice de RDE encontrados para as sub-bacias analisadas.

Além destes parâmetros, as informações registradas de trechos em ascensão como de subsidência dos perfis dos rios, extraídas a partir das 'linhas de melhor ajuste', quanto os dados de RDEs, foram também plotados nos mapas de geologia (DRM, 1983) e geomorfologia (SILVA, 2002) da bacia do rio Guapi-Açu, de modo a facilitar a análise integrada dos dados coligidos.

5. Resultados e Discussões

Como resultado inicial sobre a relação entre o relevo da bacia e os aspectos geológicos, foi realizada a sobreposição do Mapa de Unidades Geomorfológicas de Silva (2002) ao de Litologia e Estruturas Geológicas (DRM, 1983). Desta forma, foi possível constatar que há o predomínio de compartimentos geomorfológicos de serras escarpadas e de planícies, respectivamente com 35,5% e 37,6% da área total da bacia, além da presença das demais feições morfológicas (serras reafeiçoadas e compartimentos de morros e colinas). Em relação à correspondência de feições

Revista de Geografia – PPGEU - UFJF. Juiz de Fora, v.7, n.2, (Jul-Dez) p.107-123, 2017.

morfológicas e falhas mapeadas, pode-se observar que são principalmente as feições de serras que possuem correspondência com a presença de falhas reconhecidas pelos mapeamentos geológicos. Evidenciou-se também a presença de um controle litológico na geomorfologia da área demonstrada pela diferença entre as litologias migmatíticas e gnaissicas e suas respectivas feições morfológicas, mais acentuada e mais suave, respectivamente.

A avaliação dos parâmetros morfométricos auxiliou na análise da influência estrutural na conformação da bacia em estudo. Através dos valores de Densidade Hidrográfica (Dh), pode-se observar a presença de bacias bem hierarquizadas (Tabela 2), onde valores iguais ou próximos a 1 indicam elevado grau de hierarquia fluvial e bacias com capacidade de gerar novos cursos de água (CHRISTOFOLETTI, 1980). Além disso, bacias com formatos mais alongados, como pode ser constatado pelos baixos valores de Índice de Circularidade (IC), indica que a bacia retém com maior eficiência os fluxos hídricos, ou seja, a precipitação que ocorre na bacia tem um percurso maior até que chegue ao exutório.

TABELA 2

Índice de Circularidade e Densidade Hidrográfica para as bacias de drenagem em estudo: 1 a 3 – bacias da margem esquerda; 4 a 8 - bacias da margem direita; 9 – rio principal/coletor.

BACIAS DE DRENAGEM	Dh	IC
1. rio Rabelo	1	0,29
2. rio Duas Barras	1	0,39
3. rio Manoel Alexandre	1	0,56
4. rio Estreito	1	0,45
5. rio Boa Vista	0,92	0,64
6. rio do Anil	0,77	0,38
7. rio Paraíso	0,92	0,47
8. rio Iconha	0,99	0,31
9. rio Guapi-Açu	0,98	0,42

O FABD foi calculado tanto para a bacia principal como para as sub-bacias afluentes do rio Guapi-Açu. Através dos valores obtidos (Tabela 3), foi possível constatar a presença de bacias que possuem grau de basculamento tanto para a esquerda (FABD < 50) quanto para a direita (FABD > 50). Enquanto a bacia do rio Boa-Vista exemplifica muito bem o basculamento para a esquerda, por possuir o maior índice de movimentação nessa direção (FABD = 19). Através da observação do mapa de localização da bacia (Figura 1) pode-se constatar a acentuada migração lateral do rio Guapi-Açu, com deslocamento do canal principal a partir do médio curso em direção ao divisor na altura da confluência dos rios Estreito e Duas Barras. O basculamento da bacia do rio Duas-Barras é o mais significativo (FABD = 78). Já o FSTT, que foi calculado para o alto, médio e baixo cursos das sub-bacias estudadas, e corroborou com a identificação do basculamento das bacias. Este fator fornece subsídios para identificação do basculamento diferencial para os três segmentos da bacia.

Ressalta-se, desta forma que o FABD não deve ser utilizado como único parâmetro de análise, pois este, por ser um parâmetro que analisa a bacia em sua totalidade, atenua alterações

não uniformes ao longo de toda a bacia. Desta forma, ao utilizarmos o FSTT tornou-se mais claro e evidente o comportamento morfológico diferenciado da bacia. Pela tabela 3 é possível verificar que, quando o FABD mostra valor correspondente a bacia em equilíbrio (FABD = 50), como é o caso da bacia do rio Guapi-Açu, o valor de FSTT para o alto curso demonstra a existência de um basculamento acentuado neste setor da bacia, com FSTT = 0,9.

TABELA 3

Parâmetros Morfométricos FABD e FSTT para a bacia do rio Guapi-Açu e sub-bacias em estudo.

BACIAS DE DRENAGEM	FSTT – Alto curso	FSTT – médio curso	FSTT – baixo curso	FABD
1. rio Rabelo	0,63	0,64	0,46	49
2. rio Duas Barras	0,86	0,63	0,45	78
3. rio Manoel Alexandre	0,5	0,58	0,6	68
4. rio Estreito	0,53	0,51	0,07	30
5. rio Boa Vista	0,24	0,91	0,2	10
6. rio do Anil	0,25	0,07	0,25	49
7. rio Paraíso	0,65	0,13	0,63	67
8. rio Iconha	0,81	0,73	0,88	40
9. rio Guapi-Açu	0,9	0,13	0,42	50

Além dos parâmetros morfométricos os perfis longitudinais realizados no rio Guapi-Açu e em seus principais afluentes subsidiaram a identificação de aspectos da dinâmica evolutiva atual, a partir da análise da conformação dos perfis e pela ocorrência de Níveis de Base Locais (NBLs). Por meio dos perfis foi possível à identificação de NBLs, tais como estão ressaltados pelas figuras 6a e 6b. Estas quebras ao longo do perfil longitudinal de um rio podem indicar a presença de controle litológico e/ou estrutural, pois tais aspectos podem se formar pela ação de dois mecanismos: a) desnível produzido pelo soerguimento de um bloco por efeito da tectônica; e b) desnível produzido por processo de erosão diferencial em litologias distintas existentes em uma dada área.

Pode-se observar ainda que as sub-bacias localizadas na margem direita (em direção à jusante) têm uma acentuada concavidade dos perfis se comparado com os perfis da margem esquerda (exceto o perfil do rio Rabelo que mais se assemelha aos da margem direita), como mostrado pela figura 6. Tal fato mostra que os rios situados na margem direita encontram-se em estágio de 'maior equilíbrio' do que os da esquerda. Os níveis de base locais parecem corresponder a atividades de mobilização por efeito da tectônica e/ou de recuo acentuado de litologias distintas.

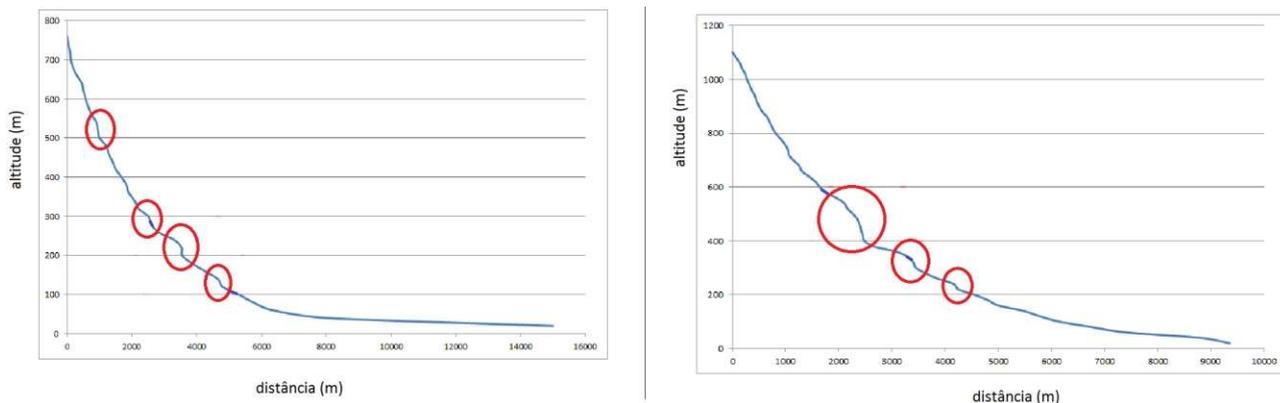


FIGURA 6: Exemplo dos perfis longitudinais – (a) rio Duas Barras, representante da margem direita, com concavidade mais marcada; (b) rio Manoel Alexandre, localizado na margem esquerda, onde está destacada com círculos em vermelho a localização dos NBLs.

Além deste aspecto, que remete ao mecanismo erosivo atual das calhas fluviais das sub-bacias, pode-se notar que há, em geral, uma distinção entre a configuração dos perfis longitudinais da margem direita com os da margem esquerda, que em associação aos resultados dos parâmetros FABD e FSTT, refletindo um basculamento da bacia do rio Guapi-Açu para a direita (Figura 7), demonstrando que há uma significativa influência de controle estrutural para a área de estudo.

Para melhor visualização dos trechos anômalos identificados, foi realizada a ‘linha de melhor ajuste’, como sugerido por Guedes et al. (2006). Neste trabalho, a ‘linha de melhor ajuste’ foi confeccionada para todo perfil longitudinal, sendo possível se notar uma acentuada variabilidade de declive dos perfis realizados. Por meio desta técnica, identificou-se trechos de mudanças bruscas ou ‘quebras’ no perfil, isto é, trechos que estão em ascensão e subsidência, como pode ser visto pela figura 7.

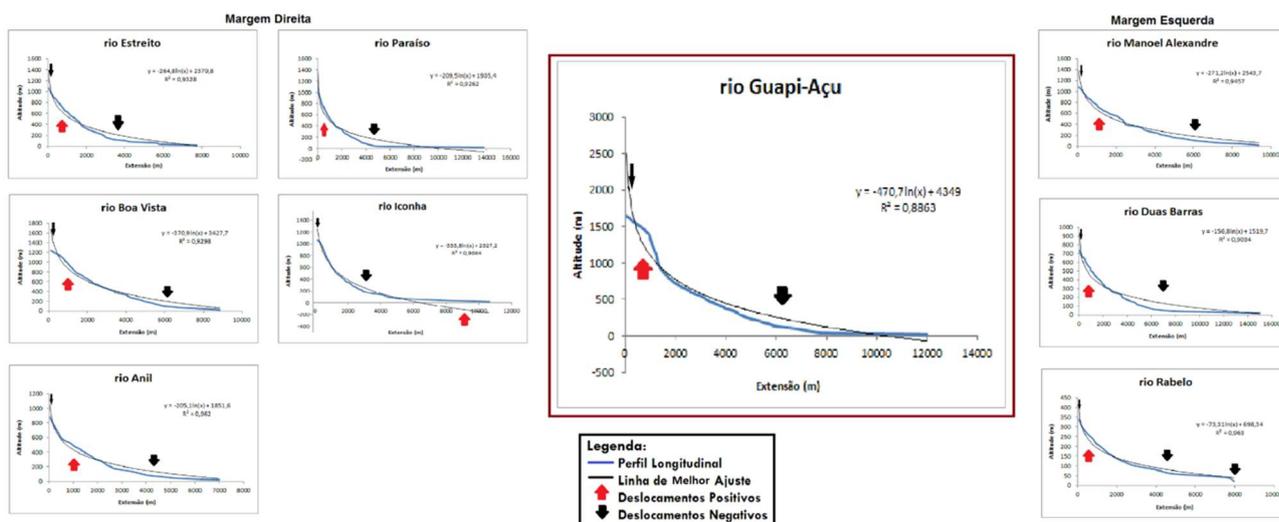


FIGURA 7: Perfis longitudinais e ‘linhas de melhor ajuste’ para os rios Guapi-Açu e os demais canais fluviais que compõe a área de estudo.

Estas informações dos trechos de ascensão e subsidência foram plotadas no mapa da bacia do rio Guapi-Açu, permitindo, assim, se observar com maior clareza o comportamento dos

Revista de Geografia – PPGeo - UFJF. Juiz de Fora, v.7, n.2, (Jul-Dez) p.107-123, 2017.

canais fluviais, no que se refere a deslocamentos positivos e negativos (Figura 8). Observa-se que os trechos em ascensão são encontrados apenas no alto curso das sub-bacias, sugerindo que são nas áreas elevadas, correspondentes às morfologias de serras escarpadas e de transição (Figura 9), onde há a ocorrência de nítidos controles estruturais mais recentes na evolução da paisagem. Em relação aos trechos com deslocamentos negativos, ou seja, que possuem subsidência, correspondem a maior parte das sub-bacias analisadas, demonstrando que a área encontra-se com tendência a sedimentação dos canais fluviais.

Uma observação que deve ser ainda ressaltada é o alinhamento do contato entre trechos com deslocamento distintos (contato entre deslocamento positivo e negativo), representados na figura 8 pela linha tracejada em marrom, e que pode corroborar com a evidência de controles estruturais. Como exemplo deste aspecto tem-se: a) o alinhamento marcado pelas bacias dos rios Iconha, Paraíso e Anil na direção ESE-WNW; b) alinhamento NE-SW para as bacias Boa Vista e Estreito, e c) alinhamento N-S para as bacias dos rios Santa Maria e Rabelo. Todos estes alinhamentos corroboram com a importância do papel do controle estrutural na conformação do relevo local.

Desta forma, estes alinhamentos que foram interpretados através da espacialização das 'Linhas de Melhor Ajuste' mostram ainda uma outra utilidade no uso deste parâmetro morfométrico para a análise da influência estrutural no terreno, e que podem sugerir possíveis lineamentos que não haviam sido reconhecidos no mapeamento geológico existente para a área.

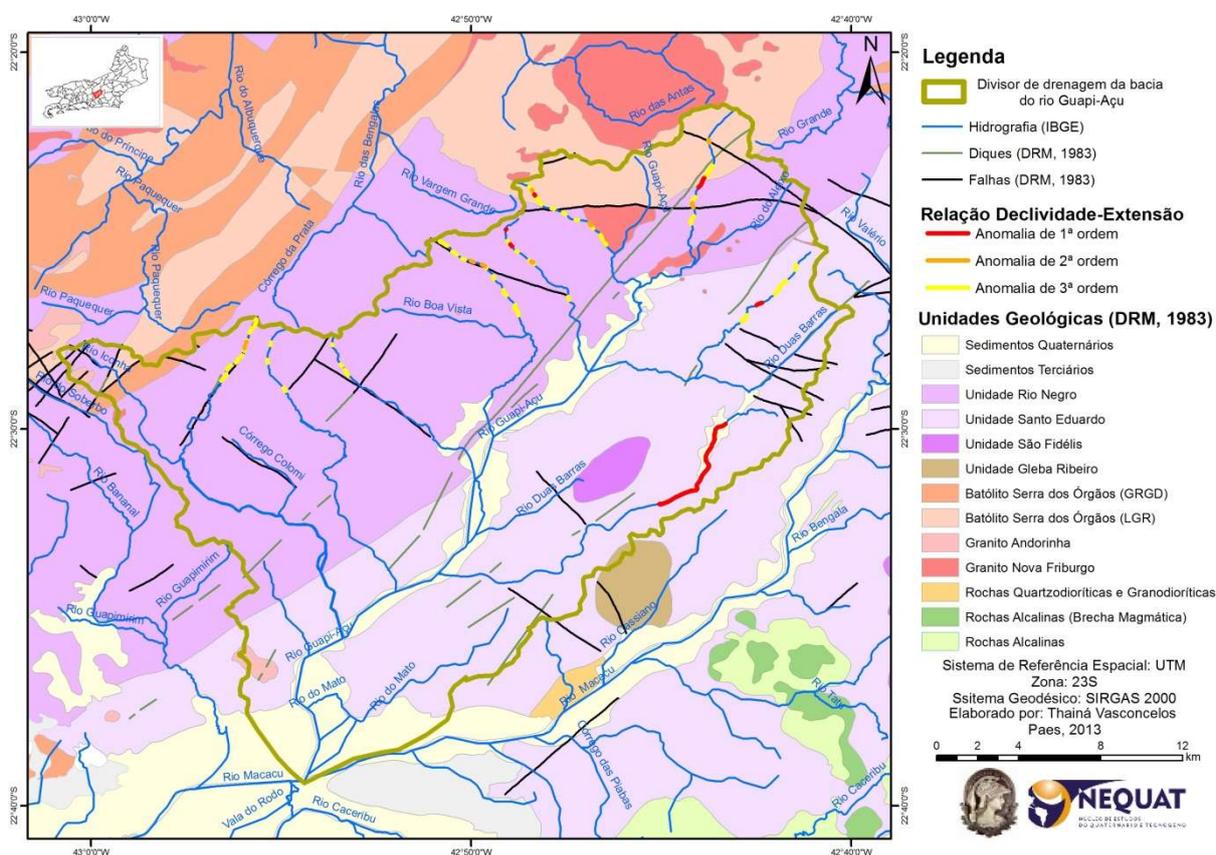


FIGURA 8: Representação das 'linhas de melhor ajuste' (trechos com deslocamentos positivos e negativos) para os canais que compõem o sistema fluvial Guapi-Açu, sobreposto às informações geológicas (DRM, 1983).

A Relação Declividade X Extensão (RDE) foi mais um parâmetro que permitiu avaliar o comportamento do canal fluvial, procurando caracterizar o estágio de 'equilíbrio' dos perfis fluviais. Vale ressaltar que valores < 2 configuram-se como gradiente ideal ou rios próximos ao estado de 'equilíbrio'; valores de 2 a 4 seriam associados a anomalias de 3ª ordem; valores de 4 a 6 seriam associados a anomalias de 2ª ordem; e valores > 6 correspondem a anomalias de 1ª. ordem, com significativa influência de controle estrutural.

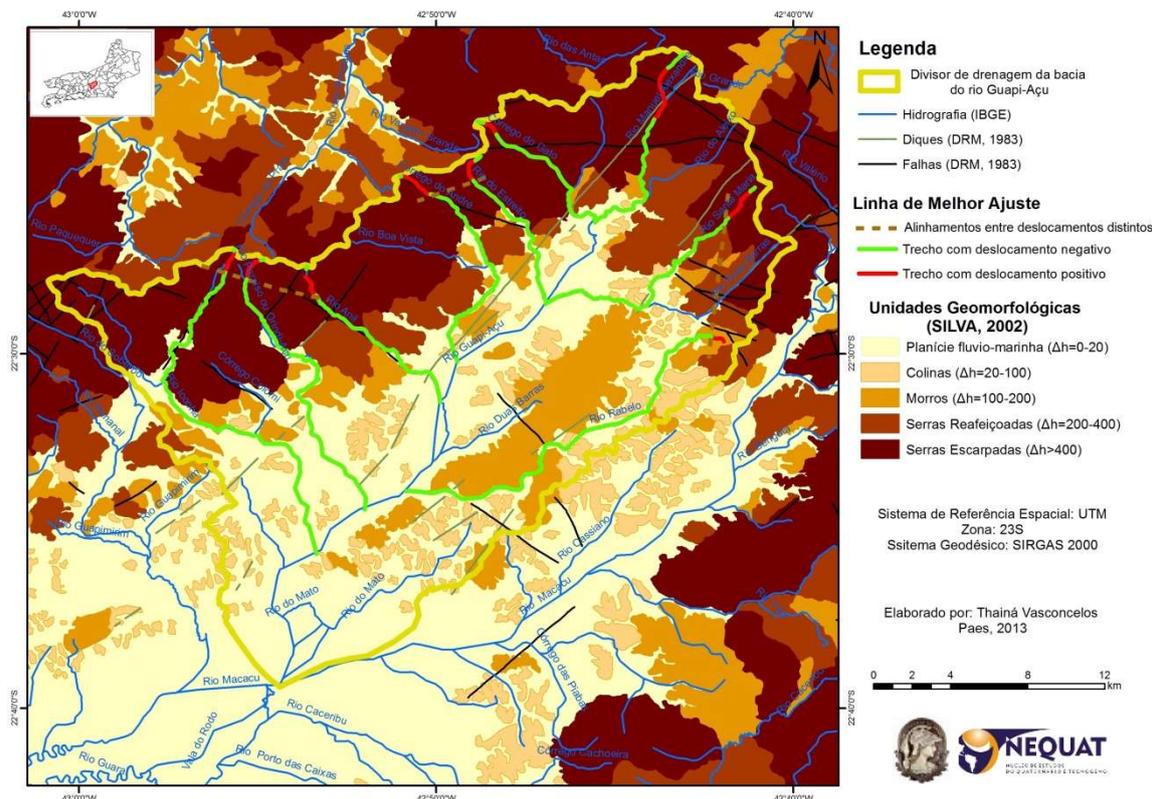


FIGURA 9: Representação das 'linhas de melhor ajuste' (trechos com deslocamentos positivos e negativos) para os canais fluviais que compõem o sistema fluvial Guapi-Açu, sobreposto a compartimentação geomorfológica de Silva (2002).

A maioria dos índices calculados para a bacia em estudo pertence à classe de anomalia de 3ª ordem (56 trechos anômalos), demonstrando que, em geral, o rio Guapi-Açu e seus afluentes podem ser caracterizados por um estado de relativo 'desequilíbrio' (Figura 10). Também há a presença de anomalias de 1ª e 2ª ordem (com 7 e 10 trechos anômalos, respectivamente), tendo a segunda uma abrangência maior do que a primeira. O valor mais elevado de RDE ocorreu no rio Duas Barras entre as curvas de nível de 200m e 180m e onde o valor registrado é de 20,17.

Um exemplo de integração dos perfis longitudinais, e seus respectivos RDEs, às informações geológicas disponibilizadas pelo DRM (1983) corrobora com a existência de movimentações positivas e negativas ao longo do canal fluvial, podendo estar relacionadas a influências de controles litológicos e/ou estruturais. O perfil do rio Manoel Alexandre pode exemplificar a associação entre a anomalia identificada e sua relação com o controle litológico e,

ainda, outra anomalia que está diretamente associada a controle estrutural, pois neste local tem-se uma mesma litologia, no entanto há a presença de falhas e diques.

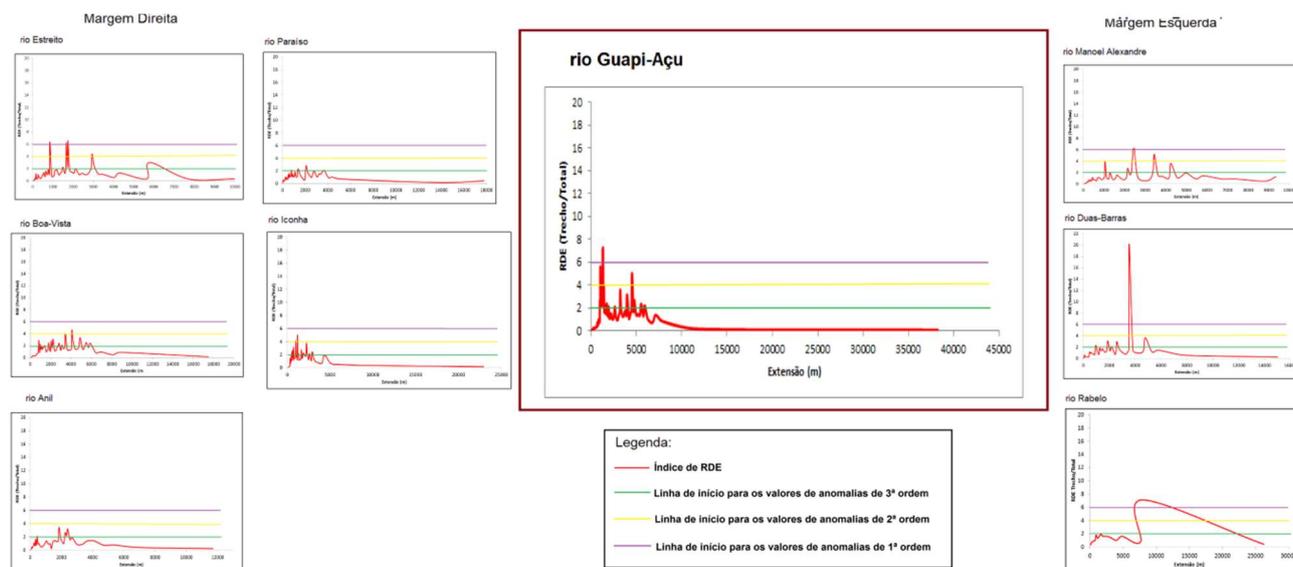


FIGURA 10: Gráficos dos índices RDE para os canais do sistema fluvial em estudo.

6. Conclusões

Os parâmetros morfométricos utilizados no presente trabalho mostraram-se bastante satisfatórios para a investigação de controles litoestruturais na evolução geomorfológica de sistemas de drenagem. Ressalta-se que o uso da análise do perfil longitudinal do canal fluvial é uma ferramenta de fundamental importância na investigação do mecanismo evolutivo da paisagem, pois, a partir de sua conformação, pode-se avaliar se uma bacia encontra-se em estágio mais avançado dos processos erosivos, aproximando-se da forma côncava, ou se possui uma dinâmica mais ativa, caso o perfil fluvial se apresentar com uma variação significativa nos valores de declividade ou nas quebras do mesmo.

O RDE mostrou-se também como um recurso favorável à investigação de anomalias existentes no perfil longitudinal do canal fluvial, constituindo um parâmetro que permite traçar indicativos sobre a influencia de fatores geológicos, de forma a corroborar com a definição de controles litológicos e/ou estruturais na dinâmica evolutiva de perfil fluvial.

Estes parâmetros, em conjunto com os perfis transversais às sub-bacias e os demais parâmetros morfométricos utilizados (FABD, FSTT), permitiram também indicar áreas que possuam maior participação de controles estruturais da bacia, a saber: bacia do rio Duas-Barras, dentre todas, é a que mais se destaca devido aos elevados índices de FABD e FSTT (principalmente no alto curso), assim como pelo fato de apresentar a anomalia do índice RDE mais elevada; bacia do rio Boa Vista, possui proporcionalmente o maior índice de FABD e elevados índices de FSTT (no alto curso), apresentando anomalias de RDE de 2ª e 3ª ordem e o alinhamento identificado, juntamente com o rio do Estreito, de direção NE-SW; além da bacia

principal (do rio Guapi-Açu) que possui o índice de FSTT mais elevado, podendo a migração lateral do rio ser notada através da observação da figura 1.

Em síntese, através da investigação realizada para o sistema fluvial Guapi-Açu, foi possível constatar a presença de significativos controles estruturais no arranjo da rede de drenagem, tais como: a) perfis longitudinais dos canais fluviais que mostram intenso processo de ajuste fluvial, observado pela ocorrência de NBLs que indicam um mecanismo atual por atingir o estado de 'equilíbrio' fluvial; b) presença de blocos basculados, não uniformes, para trechos de alto, médio e baixo cursos, tanto para as sub-bacias localizadas a margem direita quanto aquelas situadas a margem esquerda, demonstrando a influência de nítido controle litológico e/ou tectônico na bacia estudada; c) assimetrias dos vales fluviais que está relacionado a deslocamento lateral dos eixos dos canais fluviais; d) presença de controles litológicos e/ou tectônicos identificados e diferenciados em trechos dos canais fluviais das bacias analisadas; e) presença de alinhamentos no relevo identificados por meio da visualização espacial das informações extraídas pelas 'Linhas de Melhor Ajuste'.

Ressalta-se assim que a bacia tem uma considerável influência de fatores tectônicos e encontra-se em pleno estágio de ajuste fluvial, caracterizando-a como uma área de fragilidade ambiental e que, intervenções locais devem preceder de medidas mitigadoras para o uso racional e conservação de seus recursos naturais, principalmente, ao que se refere às suas águas tão importante para a RMRJ.

Referências

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

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2ª ed., 188 p., 1980.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, v. 1, 312 p., 1981.

D.R.M. - Departamento de Recursos Minerais – RJ. **Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro**. Arquivo em Base Digital, 1983.

ETCHEBEHERE, Mario Lincoln de Carlos; SAAD, Antonio Roberto; FULFARO, Vicente José; PERINOTTO, José Alexandre de Jesus. Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão – RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de Deformações Neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo. v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.

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

TEODORO, Valter Luiz lost; TEXEIRA, Denilson; COSTA, Daniel Jadyr Leite; FULLER, Beatriz Buda. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, Araraquara, n. 20, p. 137-156, 2007.

GUEDES, Ivan Claudio; SANTONI, Giseli de Cássia; ETCHEBEHERE, Mario Lincoln de Carlos; STEVAUX, José Cândido; MORALES, Norberto; SAAD, Antonio Roberto. Análise de perfis longitudinais de drenagens

da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. **Revista Geociências - UNG**, Guarulhos, v. 5, n. 1, p. 75-102, 2006.

HACK, John T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **American Journal of Science**, Bradley, v. 258, p. 80-97, 1960.

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

MARTINEZ, Maurílio. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá. 96 p., 2005.

RICCOMINI, Claudio. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências – USP, 319 p., 1989.

SALAMUNI, Eduardo; EBERT, Hans Dirk; HASUI, Yociteru. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo. v. 34, n. 4, p. 469-478, 2004.

SEEBER, Leonard; GORNITZ, Vivien. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, Amesterdã, v. 92, p. 335-367, 1983.

SILVA, Telma Mendes. **Estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Geografia/ UFRJ. 265 p., 2002.

ⁱ O cálculo do FSTT foi realizado para o ponto médio de cada um dos três segmentos do canal fluvial: alto, médio e baixo cursos, estes que foram subdivididos por três partes do comprimento total do canal fluvial.