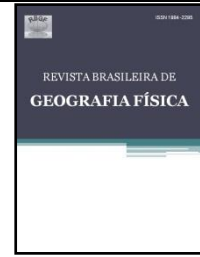




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Análise da Rede de Drenagem na Bacia do Ribeirão dos Rodrigues: Anomalias, Índice RDE e Perfil Longitudinal

André de Oliveira Souza¹, Emerson Martins Arruda²

¹Pós-graduando pelo Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas; E-mail: androsouza@ige.unicamp.br Autor para correspondência

²Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades, Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba; E-mail: emersongeo@ufscar.br

Artigo recebido em 14/05/2014 e aceito em 05/09/2014.

RESUMO

O desenvolvimento do relevo, assim como a espacialização dos cursos fluviais estão condicionados a diferentes fatores, no entanto, aspectos relacionados à litologia e estrutura exercem grande influência no controle de uma bacia hidrográfica. Ao analisar a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica a dinâmica geomorfológica quaternária do relevo pode ser interpretada sob o enfoque da Neotectônica, uma vez que os rios reagem a qualquer alteração no nível de base mesmo aqueles mais tênues característicos de áreas intraplaca. Sendo assim, técnicas de análise morfométricas fornecem importantes subsídios para estudos nesta perspectiva; neste sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar a relação dos valores do índice RDE e dos padrões no Perfil Longitudinal com as anomalias de drenagem encontradas na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Rodrigues, Serra dos Lopes-SP, a fim de entender os controles impostos sobre a drenagem. Foram aplicadas as técnicas mencionadas em três rios da bacia citada, sendo: o Ribeirão dos Rodrigues, o Córrego do Tanquinho e o Córrego do Sítio Velho. Os dois primeiros compreendem a transição entre litologias distintas e são seccionados pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara e apresentaram diversos setores com valores altos do RDE e anomalias do Perfil Longitudinal; o último rio está inteiramente no setor sedimentar da bacia e não tem influência direta da ZCTT, no entanto apresentou valores altos de RDE e anomalias no Perfil Longitudinal. A abordagem sistêmica norteou a integração das variáveis e análise dos resultados obtidos.

Palavras chaves: Neotectônica; Análise Morfométrica; Bacia Hidrográfica; Anomalias de Drenagem

Analysis of Network Drainage on Watershed of Rodrigues River: Anomalies, Stream-Gradient Index and Longitudinal Stream Profile

ABSTRACT

The development of relief, as well as the spatial distribution are conditioned on different factors, however aspects related to lithology and structure have a great influence on the control of a watershed. The Quaternary geomorphological dynamics of relief can be interpreted through concepts of neotectonic, focusing on the study of the waterways in a watershed, since the rivers react to some change in the base level, even the most subtle, characteristic of areas intraplate. Thus, measurement techniques provide important data for studies in this perspective, in this sense, the aim of this study was to analyze the relationship of the Stream Gradient-Index values and standard of Longitudinal Stream Profile with the drainage anomalies found in the Basin of Rodrigues River, Serra dos Lopes-SP, to identify neotectonics dynamics in the area. Were applied such techniques in three rivers in the basin mentioned: Rodrigues river, Tanquinho stream and Sítio Velho stream. The first two comprise the transition between different lithologies and are divided by Shear Zone Taxaquara and presented several sectors with high values of RDE and anomalies of the Longitudinal Stream Profile, the third river is entirely in the sector of sedimentary basin and has no direct influence of ZCTT, nevertheless also has shown high values of stream-gradient index and anomalies in longitudinal stream profile. The systemic approach guided the integration of variables and results analyzed.

Keywords: Neotectonics, Morphometric Analysis; Watershed; Drainage Anomalies

Introdução

No estudo que envolve a dinâmica da paisagem devem ser avaliados diversos elementos que interagem entre si. Dentre estes, a bacia hidrográfica tem papel complexo na modelagem do relevo e conseqüentemente na evolução da paisagem, isto é, por se tratar de um sistema aberto sua dinâmica está condicionada aos inputs e outputs de matéria e energia que ocorrem em diferentes escalas de tempo e espaço. Portanto, ao mesmo tempo em que os rios são responsáveis por esculpirem os vales, interferindo na morfologia do relevo, os mesmos também sofrem interferência dos condicionantes litoestruturais, climáticos, biogeográficos, geomorfológicos e da ação antrópica.

Dentre os vários condicionantes de uma bacia hidrográfica, as características litoestruturais exercem grande influência na espacialização dos cursos fluviais, de modo que os rios respondem rapidamente a qualquer deformação na superfície do terreno, inclusive aquelas mais tênues no âmbito das bacias intraplaca (GUEDES et al., 2007).

A rede de drenagem da bacia do Ribeirão dos Rodrigues apresenta diversas anomalias, que mostram recente reorganização dos rios, uma vez que muitas das anomalias de drenagem encontradas podem ser evidências de controles estruturais

decorrentes de deformações neotectônicas bem como aqueles controles impostos por características litológicas distintas.

Howard (1967) aponta que as anomalias de drenagem ao longo de uma bacia hidrográfica podem ser representadas por trechos em que haja a retinidade de canais fluviais, ocorrência localizada e abrupta de curvas meândricas, trechos de meandros comprimidos, estreitamento e alargamento de fundo de vales com preenchimentos aluviais, represamentos com desenvolvimento de trechos embrejados, curvas e voltas abruptas na drenagem, de modo que a declividade, energia cinética dos rios e a erodibilidade devido às características litológicas se constituem como importantes fatores que podem ser responsáveis pela reorganização fluvial (BISHOP, 1995).

Bishop (1995) aponta que podem ser identificadas três formas de rearranjo da rede de drenagem, chamadas por ele de captura (*piracy*), desvio (*diversion*) e decapitação (*beheading*), que podem estar envolvidos com diversos mecanismos, nos quais incluem desde o tectonismo até eventos catastróficos correspondentes a fluxos de grande magnitude.

Diversos estudos no país têm apontado a relação das anomalias de drenagem com eventos neotectônicos no sudeste brasileiro. Deste modo, Salvador (1994), Salvador e Riccomini (1995), Gontijo (1999), Silva et al. (2006) e Hiruma (2007) identificaram uma

tectônica recente na região do Vale do Paraíba. No Planalto Oeste do estado de São Paulo Etchebehere (2000) e Etchebehere et al. (2004) a partir de parâmetros flúvio-morfométricos identificaram atividade neotectônica na bacia do Rio do Peixe.

Saad (1993) aponta que o termo neotectônica foi introduzido em 1948 pelo geólogo soviético V.A. Obruchev para designar movimentos da crosta ocorridos no fim do Terciário e início do Quaternário, que tiveram papel importante na formação da topografia atual. No entanto, Stewart e Hancock (1994) definem a neotectônica como um ramo dos conhecimentos em tectônica que se preocupa com o entendimento dos movimentos da Terra que ocorreram no passado e ainda continuam no presente. No âmbito desta pesquisa, considera-se como manifestações da neotectônica àquelas que tiveram início no Mioceno Médio, ou seja, as reativações tectônicas Neogênicas e Quaternárias (HASUI, 1990).

Embora as anomalias de drenagem possam ser relacionadas às atividades neotectônicas, é importante ressaltar que as mesmas também refletem controles decorrentes do arcabouço litológico, isto é, a diferença e contato entre litologias variadas pode ser responsável pelo desenvolvimento de feições anômalas que estarão vinculadas a rupturas (*knicks point*) no perfil longitudinal.

Bishop (1985) identificou que algumas das rupturas no perfil longitudinal de rios

analisados no leste da Austrália estavam vinculadas a resistência dos basaltos terciários aos processos erosivos, assim como a atividades tectônicas. Do mesmo modo, Zancopé et al. (2009) apontaram que as estruturas geológicas e distribuição das litologias, além de fatores na dinâmica fluvial, são responsáveis pelas anomalias dos perfis longitudinais ao longo do curso do Rio Mogi Guaçu.

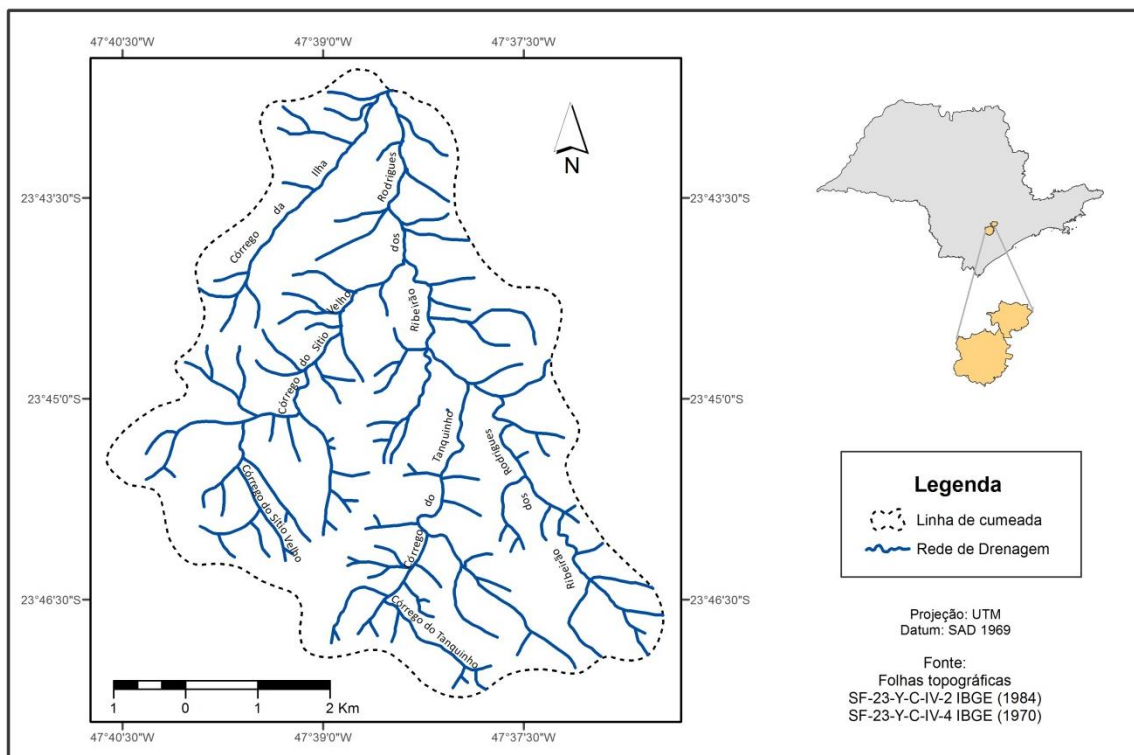
Deste modo, como afirma Zancopé et al. (2009), as atividades tectônicas e estruturas geológicas modificam o gradiente do rio, desenvolvendo convexidades ou concavidades no perfil longitudinal e provocam alterações no transporte e na morfologia do canal nos trechos sobre a estrutura movimentada, tanto quanto a montante e a jusante da zona deformada.

A utilização de índices morfométricos para estudar anomalias presentes na rede de drenagem representa grande importância, tendo em vista as relações dos cursos fluviais com as características do relevo. Sendo assim, os parâmetros fluviais tendem a fornecer informações valiosas referentes aos processos que deram origem a atual compartimentação da bacia e aos controles impostos aos cursos fluviais, principalmente no âmbito das alterações do nível de base e rupturas do relevo (*knicks point*).

Neste trabalho foi aplicado o índice de Relação Declividade-Extensão e analisado o Perfil Longitudinal de três rios da bacia

hidrográfica estudada: o Ribeirão dos Rodrigues, o Córrego do Tanquinho e o Córrego do Sítio Velho, com o objetivo de determinar os condicionantes lito-estruturais e evidências neotectônicas que induziram às anomalias de drenagem encontradas na bacia do Ribeirão dos Rodrigues.

A área estudada refere-se à bacia hidrográfica do Ribeirão dos Rodrigues, localizada nos municípios de Salto de Pirapora e Pilar do Sul, próximas à cidade de Sorocaba, Sul-Sudeste do estado de São Paulo. A bacia insere-se aproximadamente entre as longitudes 47°40'30"W e 47°37'00"W e latitude 23°46'0"S e 23°43'0"S



Localização e caracterização física da área de trabalho (Mapa 1).

Mapa 1: Localização, drenagem e limite da bacia do Ribeirão dos Rodrigues

Na média e baixa bacia ocorrem rochas sedimentares pertencentes ao Grupo Itararé, cuja gênese compreende o Permiano e o Carbonífero, como apontado por Vesely e Assine (2006) e que, de acordo com os autores, estão relacionadas a episódios de glaciações e deglaciações durante o Paleozóico.

As litologias mais frequentes são arenitos com estratificações cruzadas e acanaladas, argilitos, siltitos e diamictito de matriz arenosa (Massoli, 1991). Este último se encontra sobreposto a uma intrusão identificada na rodovia SP-264, que liga Sorocaba a Pilar do Sul. Esta intrusão característica de um diatrema possui

semelhanças a vulcânitos. Segundo o relatório da carta geológica de Salto de Pirapora, elaborado pelo Instituto Geológico da USP (1:50.000), esse diatrema tem correlação com o Morro de Araçoiaba e são atribuídos ao Cretáceo Superior.

O Grupo São Roque está representado na área principalmente pela unidade dos metarritmitos, onde ocorrem numa faixa de direção NE-SW, localizada na porção SE da folha de Salto de Pirapora (São Paulo, 2009), na bacia do Ribeirão dos Rodrigues está localizado na faixa SSE que representa parte da montante. As estruturas tectônicas da área estudada estão diretamente ligadas as Zonas de Cisalhamento Transcorrente de Taxaquara (ZCTT) à montante. No entanto, na jusante da bacia estudada encontra-se ainda a continuação da Zona de Cisalhamento de Moreira (ZCTM). Embora esta não esteja inserida diretamente na referida bacia hidrográfica, sua relação com a drenagem acontece através das falhas secundárias que controlam cursos fluviais, como o Córrego da Ilha. Do ponto de vista geomorfológico, a bacia em questão se insere em dois compartimentos do estado, no Planalto Cristalino e na Depressão Periférica Paulista, observando que em alguns setores a segunda, por conta dos processos erosivos na área de transição, adentra ao setor cristalino. Em relação à morfoestrutura, a bacia foi dividida em duas unidades morfoestruturais (Mapa 2) correspondentes a Bacia Sedimentar do

Paraná e Cinturão Orogênico, ambas com subdivisões. A primeira unidade foi dividida através da altimetria em Patamar 1 (até 620 metros), Patamar 2 (621-660) e Patamar 3 (> 660). Quanto a segunda unidade, esta foi subdividida em Serra dos Lopes 1 e Serra dos Lopes 2. As cabeceiras da alta bacia do Ribeirão dos Rodrigues estão posicionadas na Serra dos Lopes no município de Pilar do Sul, com altitudes que chegam à cota de 850 metros, resultando em uma amplitude altimétrica de 330 metros, uma vez que o setor mais rebaixado possui 580 metros.

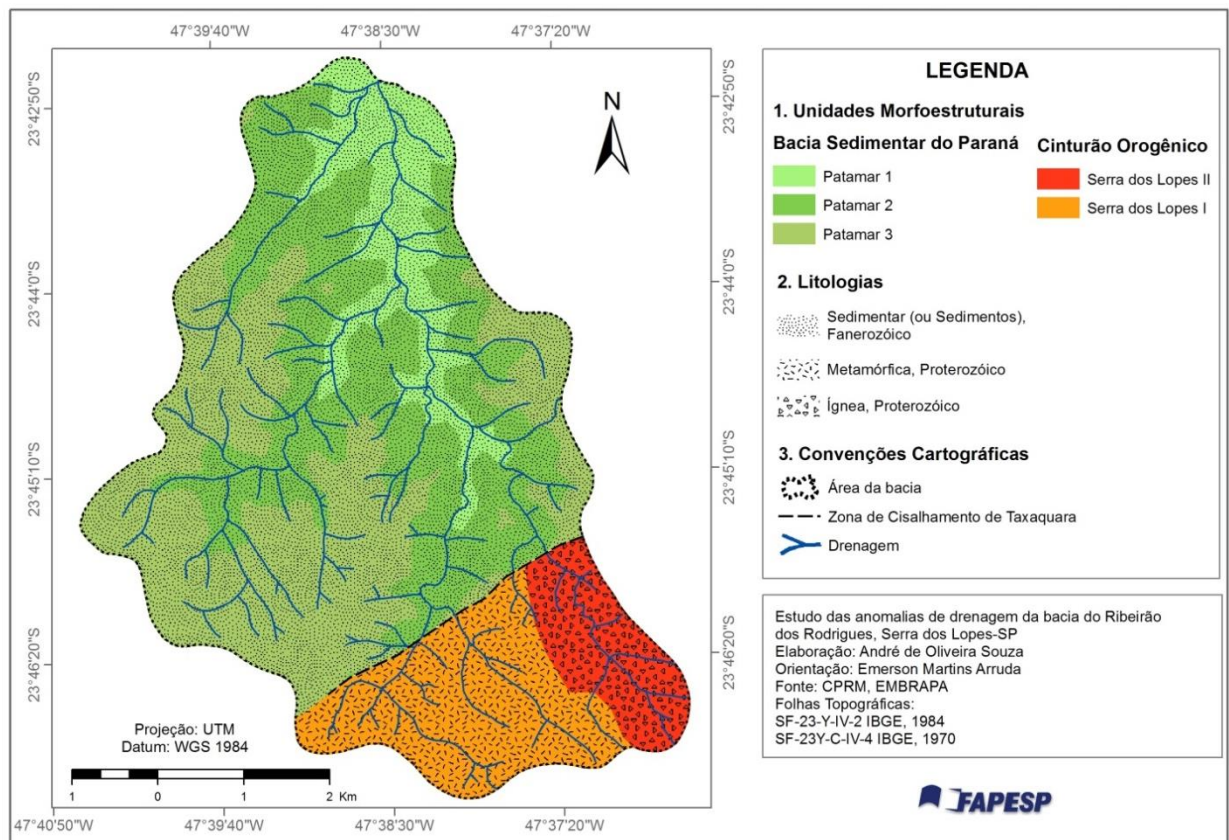
As maiores declividades da área se correlacionam a escarpa da Serra dos Lopes, cujos valores se mostraram entre 23-40%, no entanto, para a média e baixa bacia as classes de declividades se apresentaram no máximo de 16%, com exceção de setores onde o fator estrutural e a mencionada intrusão se apresentam com maior significado.

Material e Método

Neste trabalho é utilizada a abordagem sistêmica como fundamentação teórica, uma vez que o entendimento da bacia hidrográfica como um sistema aberto e complexo denota o inter-relacionamento entre diferentes (sub) sistemas.

Para o estudo das anomalias de drenagem da referida bacia hidrográfica, optou-se pela utilização de parâmetros fluvio-morfométricos correspondentes a Relação Declividade-Extensão e a elaboração do Perfil

Longitudinal de dois tributários e do curso principal.

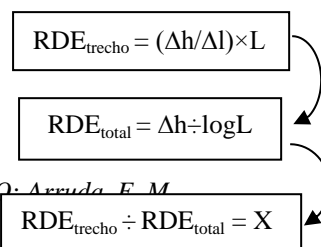


Mapa 2: Compartimentação Morfoestrutural da bacia do Ribeirão dos Rodrigues.

Relação Declividade-Extensão - O

RDE proposto por Hack (1973) constitui-se como uma técnica bastante prática na análise de anomalias na concavidade natural do perfil longitudinal, uma vez que através deste índice é possível a identificação de valores anômalos em cada trecho de um curso fluvial.

Foram aplicadas duas equações, uma correspondente ao RDE de cada trecho do rio e outra referente ao RDE do curso como um todo. Posteriormente dividiu-se o RDE de cada trecho pelo RDE total.



Souza, A. O.; Arruda, E. M.

Os valores resultantes da terceira etapa podem ser classificados entre anomalias de primeira ordem e anomalias de segunda ordem. Neste sentido valores abaixo de 2 significam nenhuma anomalia, entre 2 e 10 significam anomalias de segunda ordem, e acima de 10 significam anomalias de primeira ordem. As anomalias de primeira ordem se correlacionam a anomalias encontradas em terrenos muito íngremes e as anomalias de segunda ordem àqueles terrenos íngremes.

As curvas de nível foram geradas com a equidistâncias de 20 metros, utilizando-se da base SRTM (Shutter Radar Topography (comprimento do trecho), foram realizadas com ferramentas do referido software.

Perfil Longitudinal – A análise do perfil longitudinal proposta por Hack (1973) e utilizada no Brasil por Etchebehere (2000) refere-se a um plano cartesiano, onde no eixo das ordenadas são inseridos os valores da altimetria e no eixo das abcissas os valores referentes ao comprimento dos trechos do rio analisado.

Neste gráfico a condição de equilíbrio de determinado trecho do rio está representado por uma concavidade voltada para cima, seguindo a linha de tendência. Guedes et al. (2006) apontam que quanto mais equilibrado for o curso d'água, mais bem ajustado à função logarítmica estará seu perfil longitudinal. Se no perfil longitudinal algum trecho apresentar concavidade acima da linha de tendência, seria um indicativo da atividade epirogênica positiva. Do mesmo modo, se o gráfico apresentar concavidade abaixo da linha de tendência, seria uma possível subsidência deste setor.

Anomalias de Drenagem – A interpretação das feições anômalas na rede de drenagem foi realizada a partir das proposições de Howard (1967) e Bishop

Mission) e do software ArcGis 10.1. Deste modo as mensurações do Δh (distância entre as curvas), Δl (linha reta entre as curvas), L (1995). Neste sentido, entende-se que as anomalias de drenagem correspondem a trechos de cursos que são discordantes do padrão geral de organização da rede fluvial, e sua gênese está vinculada a diferentes agentes, tanto naturais como antrópicos.

Resultados e Discussões

Ribeirão dos Rodrigues – Na Tabela 1 estão sintetizados os principais valores de RDE em relação às anomalias do perfil longitudinal deste rio. Sendo assim, os maiores valores se relacionam aos trechos que estão localizados nas cotas de 700, 720 e 740 metros.

Na média bacia foi identificado um curso fluvial em formato de parábola localizado na margem direita da bacia, certamente relacionado a falhas secundárias de direção E-W. Um aspecto interessante quanto aos valores de RDE deste setor, refere-se ao fato de que o valor anômalo associado ao trecho do rio que está inserido na cota de 640 metros, abrangendo, portanto, a transição para o segundo patamar morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, também pode ser em decorrência de aspectos distintos da litologia. No entanto, essas características singulares da geologia não foram possíveis de ser identificadas no mapeamento geológico, uma vez que a base de dados utilizada foi a do

CPRM – Serviço Geológico do Brasil na escala de 1:100.000.

Cabe aqui salientar que no Ribeirão dos Rodrigues foi identificado um expressivo lineamento de orientação S-N, que possivelmente está associado a uma falha decorrente dos movimentos transcorrentes da

Zona de Cisalhamento de Taxaquara. Neste âmbito, tal descontinuidade influenciou diretamente o forte dissecamento do referido vale condicionando às anomalias na concavidade do perfil longitudinal deste rio.

Tabela 1: Setores de anomalias e os respectivos valores de RDE no Ribeirão dos Rodrigues

| Altitude (metros) | Litologia principal | Valor do RDE total | Tipo de anomalia encontrada |
|-------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------|
| 740 | Cristalina | 2,08 | Meandros comprimidos |
| 720 | Cristalina/Sedimentar | 2,30 | Inflexões de cursos fluviais |
| 700 | | | |
| 640 | Sedimentar | 2,65 | Curvas anômalas |

No entanto, o maior valor de RDE assim como a principal ruptura no Perfil Longitudinal, está localizado no contato entre as rochas sedimentares da Bacia do Paraná e as cristalinas do Cinturão Orogênico (Serra dos Lopes). Deste modo, acredita-se que a escarpa da referida serra em conjunto com os movimentos transcorrentes foram os principais responsáveis pelas inflexões encontradas nesta porção do relevo.

Neste setor da bacia o Perfil Longitudinal (Figura 1) apresentou uma

expressiva anomalia positiva, tal fato além de associado com os aspectos já mencionados na alta bacia, pode estar vinculado a processos istostáticos decorrentes do alívio de pressão da Serra dos Lopes através da dissecação da mesma. A possibilidade de um soerguimento nessa área é corroborada pela presença de facetas triangulares em estágio de grande degradação pelos processos erosivos, sugerindo certa maturidade no relevo estudado.



Figura 1: Perfil Longitudinal do Ribeirão dos Rodrigues

De modo geral os resultados do RDE para o Ribeirão dos Rodrigues identificaram três valores expressivos localizados nas cotas altimétricas de 740, 720, 700 e 640 metros. Estes setores estão ambos ora relacionados aos principais falhamentos, ora ao contato entre rochas diferentes, sendo as rupturas no Perfil Longitudinal relacionadas aos movimentos transcorrentes, contato entre litologias e processos erosivos atuantes na exumação da área.

Córrego do Tanquinho - No Córrego do Tanquinho localizado na margem esquerda do Ribeirão dos Rodrigues, os valores do índice apresentaram anomalias de primeira ordem (Tabela 2). O valor obtido para a curva de 740 metros (RDE total = 2,4) se relaciona com uma ruptura de declive existente na Serra

dos Lopes, nesta mesma área ainda é possível identificar trechos retilíneos da drenagem do córrego analisado. Outro valor anômalo (RDE total = 3,62) está relacionado com uma inflexão que a drenagem faz nas mediações da cota de 720 metros de altitude, tal cotovelo é responsável pela mudança na direção do córrego, no qual passa de SSE para N. Entretanto a anomalia mais evidente está localizada nas cotas altimétricas de 700 e 600 metros (RDE = 4,37 e RDE = 9,67, respectivamente) que também evidencia a imposição topográfica da escarpa da Serra dos Lopes, bem como da influência da tectônica neste setor. Neste sentido os movimentos transcorrentes podem ter originado formas características de *shutter ridges* que foi responsável pelo desvio do rio neste setor.

Tabela 2: Setores de anomalias e os respectivos valores de RDE no Córrego do Tanquinho

| Altitude (metros) | Litologia principal | Valor do RDE total | Tipo de anomalia encontrada |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 740 | Cristalina | 2,40 | Trechos retilíneos |
| 720 | Cristalina | 3,62 | Inflexão SSE-N |
| 700 | Cristalino/Sedimentar | 4,37 | Cotovelo de desvio |
| 660 | Cristalino/Sedimentar | 9,67 | Inflexões bruscas |

Em relação a essa anomalia, o Córrego do Tanquinho faz um importante desvio para W e em seguida retoma seu traçado para N, contornando uma soleira rochosa que teve sua origem em resposta aos movimentos descritos

acima. No entanto, cabe mencionar o contato entre rochas sedimentares e cristalinas, que deve ter acentuado os valores do referido índice, bem como o *knick point* identificado no perfil longitudinal.

O perfil longitudinal do Córrego do Tanquinho (Figura 2) identificou áreas com anomalias negativas e rupturas que estão vinculadas aos valores altos do índice RDE. No setor do perfil longitudinal entre as cotas

de 740 a 720 metros de altitude foi identificada uma anomalia positiva correlacionada aos valores 2,4 e 3,62 respectivamente, atribuídos aos movimentos de soerguimento da Serra dos Lopes.

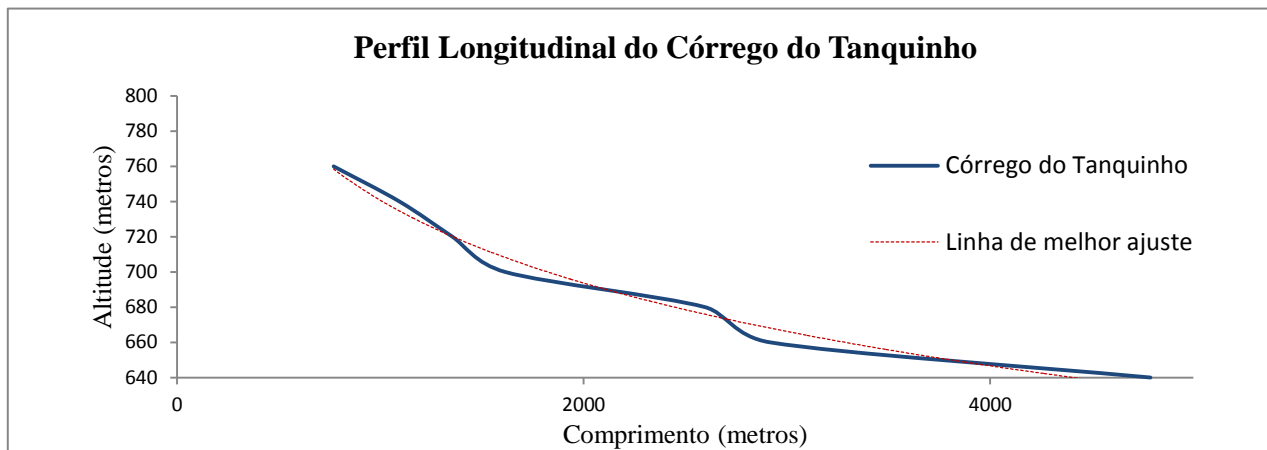


Figura 2: Perfil longitudinal do Córrego do Tanquinho

Entretanto, as variações mais significativas ocorrem entre as cotas altimétricas de 720 e 700 metros, representado por uma ruptura no perfil longitudinal como reflexo das anomalias mencionadas anteriormente. Neste âmbito é possível que tenha havido capturas fluviais, uma vez que a área possui setores com grandes declividades e uma área de possível subsidência. A área compreendida entre cotas altimétricas de 680 a 660 metros, marcada no perfil pela concavidade em relação à linha de tendência, é atribuído a este fato tanto a fatores litológicos como estruturais, deste modo, sendo evidência tanto de um controle estrutural como litológico.

Córrego do Sítio Velho - O Córrego do Sítio Velho é um dos afluentes da margem

esquerda do Ribeirão dos Rodrigues, possui extensão de aproximadamente 5.8 km e uma amplitude altimétrica de 100 metros entre a sua nascente e a foz, sua especificidade se relaciona ao fato de se localizar inteiramente no setor sedimentar da bacia, portanto, não possui a interferência da transição de litologias e nem da escarpa da Serra dos Lopes.

Na análise da Relação Declividade-Extensão, os valores apresentaram algumas anomalias (Tabela 3), que puderam ser relacionadas às rupturas no Perfil Longitudinal. Sendo assim, os valores para as cotas altimétricas entre 700 e 680 metros, 1,91 e 2,85 respectivamente, estão relacionados à linearidade deste trecho do rio, além da inflexão que o mesmo realiza alterando seu traçado de SE para N. Embora o

valor para a cota de 700 metros não seja considerado anômalo, as feições observadas em campo sugerem que o mesmo tenha relação com as anomalias identificadas na cota de 680 metros.

A cota altimétrica de 640 metros apresenta um trecho do rio cuja forma assemelha-se a um arco que possivelmente está vinculada a um alto estrutural, elaborado

a partir de falhamentos secundários de orientação E-W. A feição acima mencionada diz respeito a um canal de 1ª ordem que juntamente com um trecho do córrego do Sítio Velho apresenta o valor de 2,97 e, que no Perfil Longitudinal está representada por uma área de anomalia positiva, possivelmente um área de soerguimento.

Tabela 3: Setores de anomalias e os respectivos valores de RDE no Córrego do Sítio Velho

| Altitude (metros) | Litologia principal | Valor do RDE total | Tipo de anomalia encontrada |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---|
| 700 | Sedimentar | 1,91 | Trecho do rio retilíneo e inflexão de SE para N |
| 680 | Sedimentar | 2,85 | |
| 640 | Sedimentar | 4,68 | Trecho com forma semi-circular, Curvas e inflexões anômalas |
| 620 | Sedimentar | 2,97 | |

Como essa porção da bacia não drena contatos entre litologias distintas, a hipótese para esses valores anômalos seja a interferência do falhamentos secundário supracitado que foram responsáveis pela recente reorganização da drenagem, expressos também na alta densidade de drenagem nesta porção da bacia que também está vinculada às cabeceiras do Córrego da Ilha que apresenta altas declividades e reentrâncias bem delimitadas.

O Perfil longitudinal do Córrego do Sítio Velho (Figura 3), nas cotas entre 700 e 680 metros de altitude observou-se uma anomalia negativa coincidente com os trechos

alinhados e com as inflexões acima mencionadas, deste modo é possível afirma que o controle estrutural dessa área é preponderante na conformação do perfil longitudinal deste córrego.

No setor entre as cotas altimétricas de 660 a 640 metros o perfil longitudinal mostrou uma anomalia positiva que mostra o soerguimento deste setor, possivelmente em decorrência dos aspectos acima mencionados. A epirogênese positiva desse setor pode ter ocasionado a migração de parte do Ribeirão dos Rodrigues que, aproveitando linhas de fraquezas, se alojou na atual posição,

portanto, estando de acordo com o modelo

proposto por Bishop (1995).

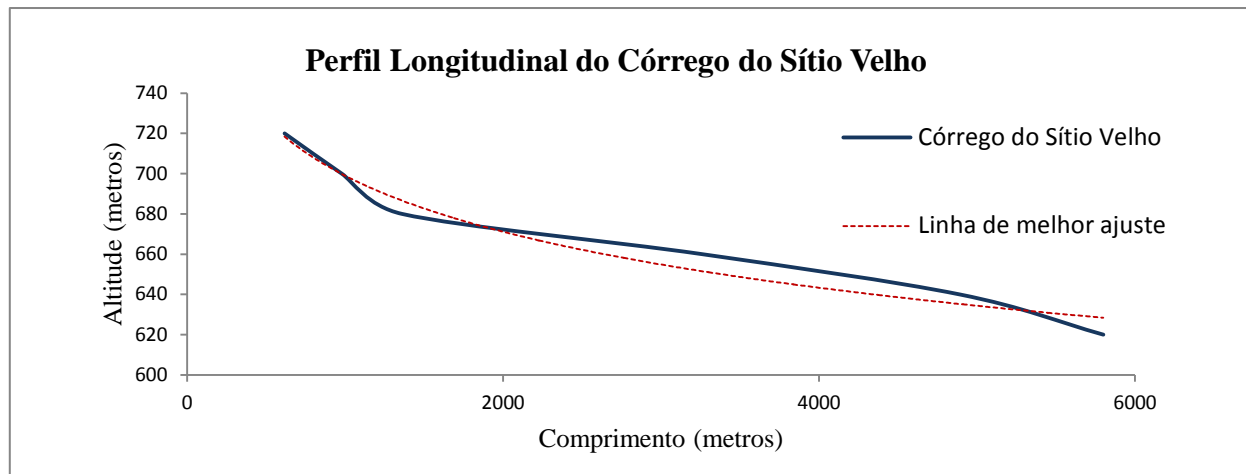


Figura 3: Perfil Longitudinal do Córrego do Sítio Velho

De modo geral, a dinâmica deste curso fluvial está vinculada à gênese de falhas e reativações de estruturas pré-existentes, que foram responsáveis pelo rejuvenescimento do relevo além de processos incipientes de capturas de drenagem entre as cabeceiras do Córrego da Ilha e o Córrego do Sítio Velho. Além disso, como já mencionado, o soerguimento dessa porção do relevo pode ter sido a causa da migração do Ribeirão dos Rodrigues para a atual posição.

Na foto 1 é possível visualizar, ao fundo, a escarpa da Serra dos Lopes que representa os setores mais elevados da bacia, vinculados também ao Planalto Atlântico. Do mesmo modo, verifica-se o contato entre litologias diferentes, sendo o limite entre o setor cristalino, realizado pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara. Como pode ser observado, a Serra dos Lopes encontra-se bastante dissecada, o que possibilita a hipótese de que a última reativação

significativa das principais zonas de cisalhamentos foi anterior à retomada da denudação dessa área, uma vez que a quase inexistência de depósitos sedimentares e a pouca espessura de alguns deles, possibilitam interpretar que os mesmos são recentes. O setor mais plano corresponde à Depressão Periférica Paulista, onde se insere a média e baixa bacia; como apontado, é possível que esse setor esteja em processo de subsidência, em decorrência do equilíbrio isostático, vinculado à denudação da Serra dos Lopes.

No mapa 3 é possível verificar que os principais lineamentos do relevo e drenagem seguem a orientação para o quadrante NNE, que está vinculado aos principais *trends* de falhas no contexto do estado de São Paulo, associados, por exemplo, a Serra do Mar e Vale do Paraíba. Os cursos fluviais também seguem, em sua maioria, tal orientação, o que mostra a superimposição estrutural e topográfica no controle do sistema fluvial.



Foto 1: Serra dos Lopes (fundo) e Depressão Periférica Paulista (primeiro plano). Foto: Souza, 2013

Considerações Finais

Os resultados obtidos demonstraram a relevância da aplicação do índice RDE e da análise do Perfil Longitudinal para o estudo da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Rodrigues, inserida na transição de dois compartimentos geomorfológicos importantes no estado de São Paulo, além de estar localizada no interior da Placa Sul-Americana.

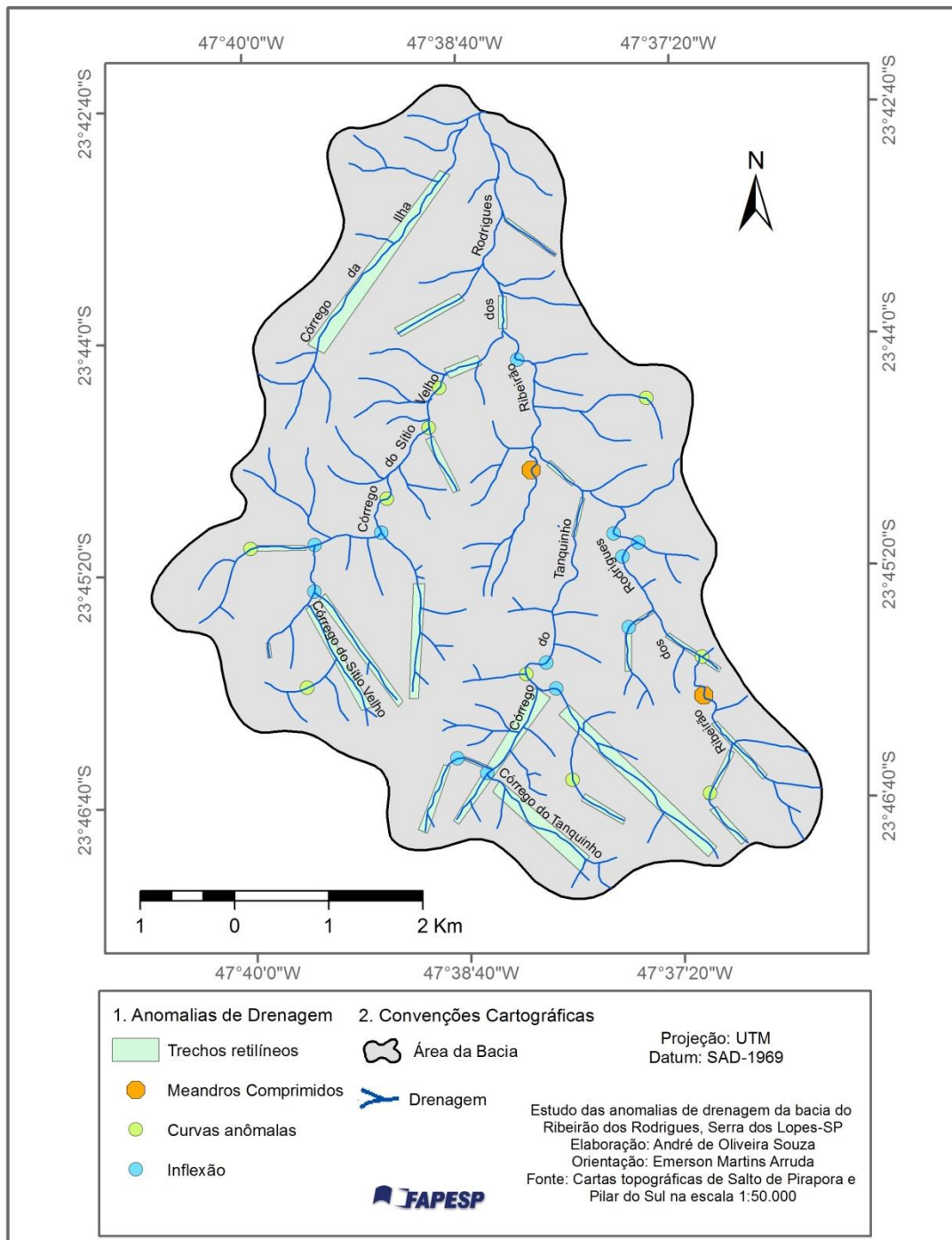
Constatou-se que a organização da rede de drenagem é controlada por sistemas de falhas ressurgentes no Quaternário, relacionados aos movimentos transcorrentes das Zonas de Cisalhamento de Taxaquara e da Zona de Cisalhamento de Moreira. No entanto, os valores de RDE e anomalias no perfil longitudinal dos rios analisados demonstram que a ZCTT tem maior

influência nas anomalias identificadas na bacia.

Em relação aos principais lineamentos, tanto de drenagem quanto do relevo, estes estão de acordo com as direções dos principais falhamentos no estado de São Paulo. No entanto, em alguns setores da Serra dos Lopes, a retinidade dos cursos fluviais está perpendicular ao principal falhamento da bacia e, também em alguns setores os cursos fluviais se aproveitam da orientação da escarpa da Serra dos Lopes.

As anomalias nos perfis longitudinais apontaram para possíveis soerguimentos na alta bacia e subsidências na média e baixa bacia. Essa dinâmica foi associada ao equilíbrio isostático decorrente dos processos erosivos responsáveis pela denudação da Serra dos Lopes, no qual tem em sua escarpa

feições características de facetas triangulares que indicam os processos descritos.



Mapa 3: Anomalias de Drenagem, bacia do Ribeirão dos Rodrigues

Conclui-se então que as anomalias de drenagens da bacia do Ribeirão dos Rodrigues são controladas por fatores litológicos e estruturais, que apresentaram valores de RDE

compatíveis com anomalias de segunda ordem e rupturas nos perfis longitudinais analisados. A análise desses aspectos encontra respaldo em trabalhos já realizados, deste

modo, pode-se afirmar que os resultados apresentados revelam indícios de atividades neotectônicas nessa região.

No contexto do estado de São Paulo, este trabalho corrobora com evidências de reativações das Zonas de Cisalhamentos de Taxaquara e de Moreira, bem como pulsos neotectônicos durante o Quaternário na região de Sorocaba, onde também se encontra o Maciço de Ipanema. Não obstante, na região ainda encontra-se a represa de Itupararanga, responsável pelo abastecimento de vários municípios próximo da área de estudo. Deste modo, a preocupação em investigar estruturas neotectônicas contribui para o entendimento da dinâmica do relevo, de evolução da paisagem e, conseqüentemente, para a viabilização de grandes obras de infraestrutura.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo suporte financeiro e ao Grupo de Estudos do Quaternário da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba.

Referências

Bishop, P. (1995). Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. *Progress in Physical Geography*, 19(4), p. 449-473.

Etchebehere, M.L.C. (2000). Terraços Neoquaternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: Implicações estratigráficas e tectônicas. (Tese de

Doutoramento) IGCE-UNESP, Vol.I, 264 p. e Vol.II, mapas. Rio Claro-SP.

Etchebehere, M. L; Saad, A. R; Fulfaro, V. J; Perinotto, J. A. J. (2004). 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*, v. 4, N. 2, p. 43-56.

Gontijo, A. H. F. (1999). Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Rio Claro (Tese de Doutorado-Geologia/UNESP), 259 p.

Guedes, I. C; Santoni, G. C; Etchebehere, M. L. C; Stevaux, J. C; Morales, N; Saad, A. R. (2007). Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para a detecção de possíveis deformações neotectônicas. *Revista UnG - Geociências*, v. 10, p. 77-104.

Hasui Y. (1990). Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: SBG, Workshop Neotectônica e Sedimentação Continental Cenozóica no Sudeste Brasileiro, Anais, 1-31.

Hack, J. T. (1973). Stream profile analysis and stream gradient index. *Journal Research of U. S. Geological Survey*, v. 1, 421-429.

Hiruma, S.T. (2007). Significado morfotectônico dos planaltos isolados da Bocaina. Instituto de Geociências-USP (Tese de Doutorado), p. 205.

Howard, A. D. (1967). Drainage analysis in geologic interpretation: A summation. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* V 51, p. 2246-59.

Massoli, M. (1991). Relação Entre o Embasamento Cristalino e os Sedimentos Basais do Subgrupo Itararé na Região de Sorocaba-Salto de Pirapora, SP. São Paulo. Dissertação de Mestrado, IG/USP, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, 94 p.

Saad, A. (1993). Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. *GEONOMUS - Revista de Geociências*, Belo Horizonte, V. 1; N° 6, p. 1-15.

Salvador, E. D. (1994). Análise neotectônica da região do vale do rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências-USP, 109 p.

Salvador, E.D; Riccomini C. (1995). Neotectônica da Região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25 (3), p. 151-164.

SÃO PAULO, Secretaria do Meio Ambiente. (2009). Mapeamento geológico da Folha de Salto de Pirapora-SP, 1:50.000: Relatório Técnico. Instituto Geológico-SP, p. 1- 43.

Silva, T. M; Monteiro, H. S; Cruz, M. A; Moura, J. R S. (2006). Anomalias de Drenagem e Evolução da Paisagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP). *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, V. 29 – 2, p. 210-224. ISSN 0101-9759.

Stewart, I. S; Hancock, P. L. (1994). Neotectonics. In: *Continental Deformation* by: Paul L. Hancock. Pergamon Press, p. 370 - 409.

Vesely, F. F; Assine, M. L. (2006). Deglaciation sequences in the Permo-Carboniferous Itararé Group, Paraná Basin, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 22, p. 156-168.