

ANÁLISE NEOTECTÔNICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA (SP) MEDIANTE APLICAÇÃO DE PARÂMETROS FLUVIOMORFOMÉTRICOS

Luiz Fernando Ferreira dos SANTOS ¹, Ivan Claudio GUEDES ²,
Mario Lincoln De Carlos ETCHEBEHERE ³

(1) Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Guarulhos – PIBIC-UnG e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – PIBIC-CNPq. Praça Tereza Cristina, 01 – Centro. CEP 07023-070. Guarulhos, SP. Endereço eletrônico: labgeo@ung.br

(2) Faculdades Integradas Torricelli; Secretaria de Educação do Estado de São Paulo; Pós-graduação em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus Rio Claro. Rua do Rosário, 300 – Centro.

CEP 07111-180. Guarulhos, SP. Endereço eletrônico: icguedes@professor.sp.gov.br

(3) Centro de Pós-graduação e Pesquisa, CEPPE, Universidade Guarulhos, UnG; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Praça Tereza Cristina, 01 – Centro. CEP 07023-070. Guarulhos, SP. Endereço eletrônico: metchebehere@ung.br

Introdução
Localização da Área
Contextos Geológico e Geomorfológico
Método de Análise
Resultados Obtidos
Considerações Finais
Referências Bibliográficas

RESUMO – Mediante a aplicação de técnicas de análise flúviomorfológicas disponíveis na literatura especializada, tais como estudo dos perfis longitudinais dos cursos d'água e os índices RDE (Relação Declividade vs. Extensão), buscou-se, neste trabalho, executar uma análise de prováveis deformações neotectônicas na região do Pontal do Paranapanema, extremo oeste do Estado de São Paulo. Dessa forma, a análise dos parâmetros flúvio-morfométricos proposta foi aplicada nas bacias hidrográficas menores que drenam tanto para o rio Paranapanema, ao sul, quanto para o rio Paraná, a oeste. As medidas foram efetuadas, inicialmente, nas drenagens com extensão superior a 8 km, tendo como base topográfica as folhas plani-altimétricas em escala 1:50.000, com equidistância de 20 m, editadas pelo IBGE e pelo IGC, totalizando 22 cartas topográficas. Os dados coletados foram lançados em planilhas Excel para a obtenção dos resultados gráficos e definição das anomalias. Utilizou-se de base geológica em escala 1:500.000 editada pelo IPT (1981), para comparação dos dados flúviomorfológicos com o substrato geológico sulcado pelos cursos d'água. Os trabalhos finais envolveram o cotejamento de todas as informações flúvio-morfométricas e geológicas e a interpretação das anomalias delimitadas. Para tanto se fez necessário elaborar uma base morfoestrutural adequada, que se baseou na análise de imagens de satélite do sistema SRTM, da NASA, com o auxílio do aplicativo Global Mapper. Os dados de morfometria fluvial indicaram a presença de um significativo número de anomalias, com destaque para trechos subsidentes de cursos d'água e também para perfis longitudinais retilíneos de drenagem, que se destacam do padrão logarítmico típico dos rios. Tais trechos foram interpretados como tectonicamente desequilibrados, indicando deformações crustais recentes. As anomalias flúviomorfológicas foram comparadas com áreas de solos espessos, interpretadas em imagens SRTM, e com a trama de lineamentos, confirmando que as áreas mais dissecadas correspondem a trechos com movimentação ascensional, que resulta em solos rasos e presença de anomalias de RDE. Os terrenos com solos mais espessos, por outro lado, abrangem áreas em subsidência, que podem incluir depósitos aluviais mais expressivos. Não-raro, estas áreas são demarcadas por limites estruturais (lineamentos) e/ou por trechos de perfis longitudinais anômalos de drenagens.

Palavras-chave: Pontal do Paranapanema; morfometria fluvial; neotectônica; geomorfologia fluvial.

ABSTRACT – *L.F.F. dos Santos, I.C. Guedes, M.L. De C. Etchebehere - Neotectonic analyses of the Pontal do Paranapanema region, Western State of São Paulo, Southeastern Brazil, using stream morphometric parameters.* By means of the available fluvial morphometric parameters application, such as the study of longitudinal stream profiles and RDE indexes (Relation Declivity versus Extension), plus satellite image interpretation, this paper aims to present an analyses on the neotectonic crustal deformation hypothesis in the region of the Pontal of the Paranapanema, farwest of the State of São Paulo. The fluvial parameter measures had been conducted in the streams with extension bigger than 8 km. Topographical base was constituted by 22 sheets at 1:50.000 scale, with 20 m equidistance. Collected data had been launched in Excel spread sheets for the attainment of the graphical results and definition of the anomalies. As a geological base, it was used the 1:500.000 scale geologic map edited by the IPT (1981). SRTM satellite image was used in order to delimit the thick soil zones and to extract lineament web, performed with Global Mapper applicative. These data collection turns possible to delineate an expressive number of fluvial anomalies that include subsiding or uplifting stretches of the streams, second order RDE anomalies widespread in the area and, surprisingly, some streams with rectilinear longitudinal profile, contrasting to the more common logarithmic standard feature. These anomalous streams were interpreted as representing areas with uplifting behavior. Comparing the fluvial morphometric anomalies with thick soil zones it was possible to delineate areas submitted to dissection (uplifted ones) and areas

preserved from erosion (subsiding areas). Some limits are rectilinear and coincide with lineaments extracted from SRTM image. Also, some alluvial deposits appear to be occurred just in subsiding areas, being preserved from intensive erosion.

Keywords: Pontal do Paranapanema, fluvial morphometry; Neotectonics; fluvial geomorphology.

INTRODUÇÃO

O estudo da Neotectônica em terrenos de interior plataformais, como é o caso do território brasileiro, demanda abordagens diferenciadas daquelas empregadas nas regiões de bordas de placa. Sabe-se que, a despeito do afastamento dos limites de placas tectônicas, existem deformações crustais intraplacas, que incluem flexuras e deslocamentos rúpteis, por vezes valendo-se de descontinuidades pré-existentes (tectônica ressurgente, conforme Hasui, 1990). Algumas vezes, essas deformações são assísmicas, noutras, pode haver geração de sismos, inclusive de magnitudes elevadas, conquanto menos frequentes do que nas bordas de placa.

Tendo em conta o pressuposto de que os cursos d'água representam os elementos mais sensíveis ante deformações crustais, respondendo, de imediato, a processos tectônicos, mesmo àqueles de pequena escala e/ou magnitude, entende-se que constituam objetos apropriados a análises de cunho neotectônico. No âmbito do Planalto Ocidental Paulista, já foram despendidos esforços de avaliação neotectônica, valendo-se de ferramentas tais como as análises baseadas em parâmetros fluviomorfométricos e em dados paleossismológicos. Como exemplos, podem ser citados os estudos de Etchebehere (2000), Etchebehere & Saad (2002), Etchebehere et al. (2004, 2005, 2006), no vale do Rio do Peixe; de Guedes (2008), Guedes & Etchebehere (2006), Guedes et al. (2006, 2008, 2009), no vale do rio Santo Anastácio; de Santos et al. (2007)

e Itri et al. (2007), no vale do Rio Turvo; e, no flanco paranaense da bacia do rio Paranapanema, os estudos de Martinez (2006) no vale do rio Pirapó.

O propósito do presente trabalho é dar continuidade às análises neotectônicas no extremo sudoeste do Planalto Ocidental Paulista, região designada Pontal do Paranapanema, com base em elementos de morfometria fluvial, possibilitando cobrir um trato significativo de terreno do referido Planalto, analisado, assim, sob a ótica da mesma abordagem e dos mesmos parâmetros. O diferencial deste trabalho reside no fato de que as análises pregressas foram realizadas em bacias hidrográficas específicas, tais como os rios Turvo, Santo Anastácio e Peixe, e que, no presente caso, fez uso de pequenos afluentes que se dirigem para o rio Paranapanema ou para o rio Paraná, sem constituir bacias de grande porte. Entende-se que o avanço do conhecimento geológico e neotectônico dessa região deva contribuir para um adequado planejamento territorial, que possa levar em conta, inclusive, o eventual risco sísmico decorrente da confirmação da hipótese de que deformações crustais acham-se em curso nesta parte do território paulista. Vale lembrar que existem, nessa região, diversas obras civis de grande porte, como as hidrelétricas de Rosana, Taquaruçú e Porto Primavera, afora diversas cidades de porte expressivo, que justificam a preocupação com o eventual risco sísmico intrínseco às deformações neotectônicas.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudos compreende a região do Pontal do Paranapanema, aqui entendida como extremo oeste do território paulista, abrangendo as bacias hidrográficas ao sul do vale do rio Santo Anastácio, que fluem para o rio Paraná, e as bacias hidrográficas da margem direita do rio Paranapanema a jusante do Reservatório de

Capivara. Esta área localiza-se aproximadamente entre as coordenadas 21°50' e 22°20' de latitude sul e 51°20' e 53° de longitude oeste (Figura 1). As principais cidades da região são Presidente Prudente, Marabá Paulista, Presidente Epitácio, Mirante do Paranapanema, Rosana, Cuiabá Paulista e Teodoro Sampaio.

CONTEXTOS GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

A região do Pontal do Paranapanema apresenta, como substrato geológico, rochas sedimentares cretáceas dos grupos Caiuá e Bauru, recobertas por espessos mantos regolíticos e por sedimentos cenozóicos inconsolidados, que incluem terraços

fluviais, colúvios e depósitos aluviais recentes (Figura 2). Ao sul da área de estudo, próximo às barrancas do rio Paranapanema, afloram basaltos da Formação Serra Geral (132 Ma), que constituem o substrato das bacias Caiuá e Bauru.

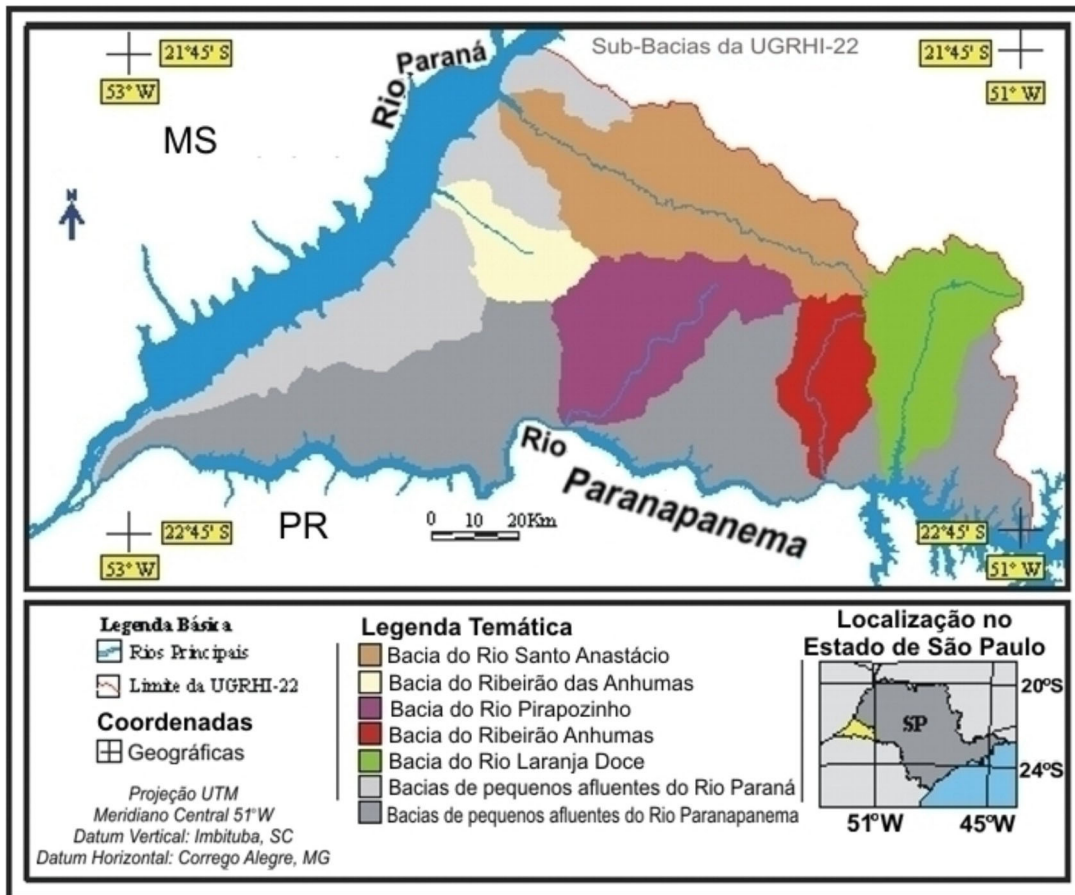


FIGURA 1. Delimitao da área de estudo, com as principais sub-bacias hidrográficas da região.

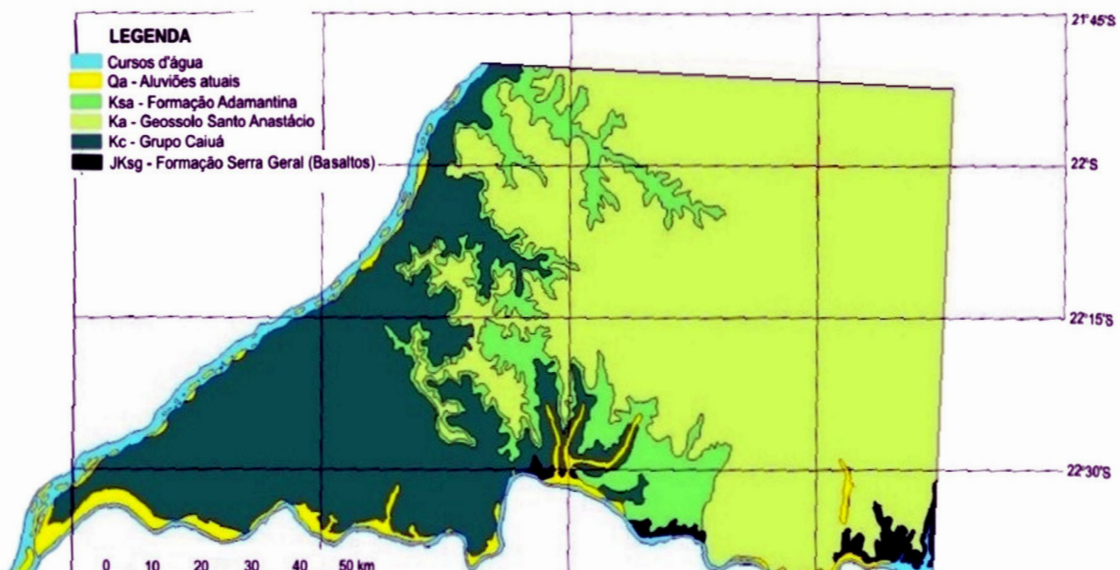


FIGURA 2. Mapa de unidades geológicas da área de estudo (modificado de IPT, 1981).

O Grupo Caiuá é constituído de arenitos finos a médios, de coloração arroxeadada, apresentando estratificações de grande porte; o conteúdo fossilífero é pobre. Sua idade é atribuída ao Cretáceo inferior por Fulfaro et al. (1999 a,b) e Ernesto et al. (2006). A porção superior do Grupo Caiuá mostra evidências de paleopedogênese expressiva, tendo recebido a designação de Geossolo Santo Anastácio conforme considerações de Fulfaro et al. (1999 a).

O Grupo Bauru, por seu turno, encontra-se representado, na área, pela Formação Adamantina ambas interdigitadas e caracterizando um trato de sistema fluvial; existe a possibilidade de parte da Formação Adamantina poder ser atribuída à Formação Araçatuba, tal como já fora considerado na vizinha bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio (Guedes, 2008; Guedes et al., 2009). O Grupo Bauru apresenta rico conteúdo fossilífero (dinossauros, quelônios, crocodilos, peixes, conchas, etc.), indicativo de idade senoniana (88,5 – 65 Ma). A Formação Adamantina é formada por arenitos muito finos a finos, intercalados com lamitos, lamitos arenosos, siltitos e conglomerados intraformacionais, dispostos em bancos de espessuras decimétricas, tabulares a lenticulares, ricos em estruturas sedimentares (estratificação cruzada de pequeno porte, acamamento plano-paralelo, *ripples*, *clay balls*, bioturbação, etc.). As fácies lamíticas, de colorações cinza-esverdeadas, podem ter espessuras métricas e exibir também níveis de carbonatação e

gretas de contração, afora moldes de cristais salinos; elas poderiam corresponder à Formação Araçatuba, de origem lacustre (Etchebehere et al., 2007).

Os depósitos cenozóicos indiferenciados que recobrem o substrato cretáceo retrodescrito carecem de melhor sistematização e cartografia, em especial pelas implicações em termos de uso e ocupação do solo e dos fatores inerentes à dinâmica superficial da paisagem. Esses depósitos mais jovens incluem aluviões recentes, colúvios, depósitos colúvio-aluviais, depósitos pleistocenos de terraço e coberturas indiferenciadas, que gradam entre capeamentos coluvionares e regolitos de natureza eluvionar.

Em termos geomorfológicos, a área exibe relevo de conformação suave, formado por colinas amplas, com vales de pequena amplitude altimétrica e fundo chato, preenchidos por delgados depósitos aluviais. Devido ao acelerado desmatamento a partir da década de 1920 e às formas de agricultura que não respeitaram a capacidade de suporte dos solos, houve grande incidência de processos de erosão acelerada e intenso assoreamento das calhas fluviais. Tais impactos decorreram, obviamente, da suscetibilidade natural dos solos da área, mas também de fatores de ordem neotectônica, como demonstrado por Guedes (2008) no vale do rio Santo Anastácio, onde foram delineados blocos estruturais, com comportamentos neotectônicos diferenciados, condicionando maior ou menor espessura de solos e de depósitos sedimentares jovens.

MÉTODO DE ANÁLISE

A identificação de evidências de atividade neotectônica em terrenos de interior continental, onde o registro sísmico seja pouco conhecido ou as deformações seja assísmicas, demanda a aplicação de técnicas inovadoras e criativas. O estudo de parâmetros fluviomorfométricos (morfometria fluvial) apresenta um potencial relativamente elevado para a detecção e a caracterização de deformações neotectônicas. Trata-se de um conjunto de técnicas simples, baratas, de aplicação rápida que vem sendo empregada com sucesso em diversos tipos de terrenos, tanto no exterior como no território brasileiro. Dois métodos principais são utilizados na análise dos parâmetros fluviomorfométricos de interesse à avaliação de eventual atividade neotectônica na área de estudo, quais sejam: (1) estudo dos perfis longitudinais das drenagens; (2) análise de índices RDE, envolvendo tanto análises regionais (RDEt) quanto por segmentos de drenagem (RDEs), bem como suas correlações. A análise morfométrica baseou-se em 22 cartas topográficas em escala 1:50.000 editadas pelo IBGE e pelo IGG, com equidistância das curvas de nível de 20 m para os mapas

elaborados pela primeira instituição e de 10 m para as folhas editadas pelo segundo órgão; o intervalo adotado no presente trabalho foi de 20 m. As drenagens estudadas são mostradas na Figura 3 e seus dados altimétricos básicos constam dos Quadros 1 e 2, com destaque para a amplitude topográfica e para a extensão de cada trecho medido.

A mensuração de dados fluviomorfométricos foi elaborada da seguinte maneira: (a) selecionou-se, para serem medidos, os cursos d'água com comprimento igual ou superior a 8 km; (b) com o auxílio de um curvímetro digital, foram medidas as extensões dos trechos de drenagem compreendidas entre duas curvas de nível consecutivas (i.c. = 20 m) e anotadas as cotas dos extremos de cada trecho, que foram estimadas no caso da nascente e da foz; (c) os dados coletados foram lançados em planilhas Excel® para efetivação dos cálculos de RDEt e RDEs; (d) com base nesses dados, foram construídos gráficos de coordenadas cartesianas, com abscissa representando o comprimento da drenagem e ordenadas indicando, num primeiro caso, as cotas (gráfico representativo do

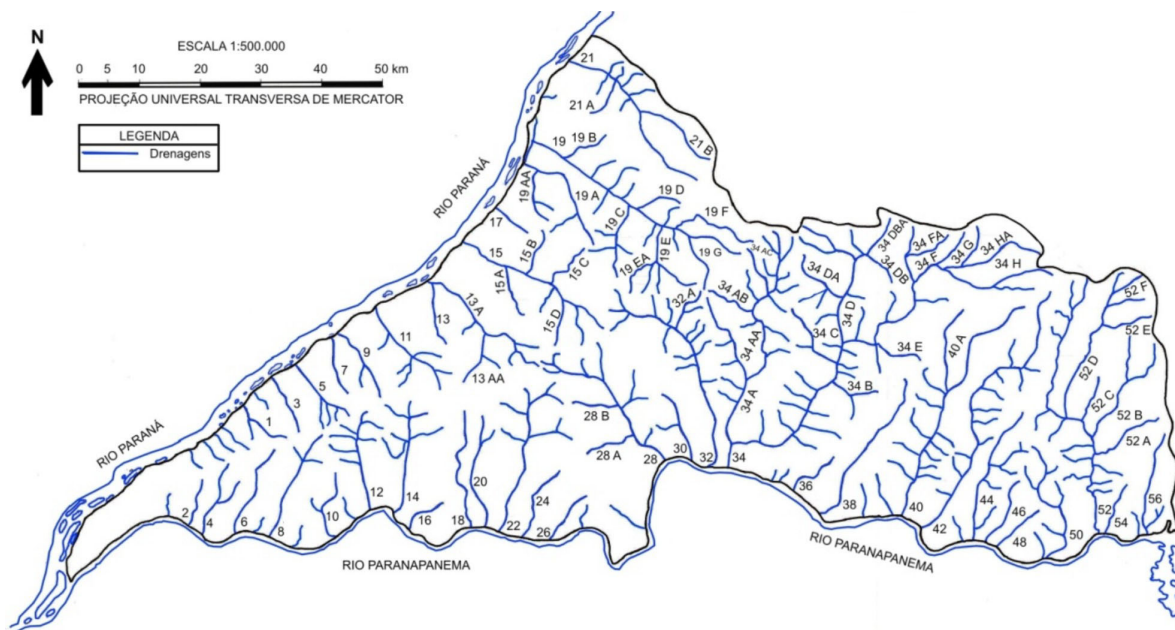


FIGURA 3. Rede de drenagem, com identificação dos cursos d'água mensurados; numeração conforme Quadros 1 e 2.

QUADRO 1. Tributários do rio Paraná.

TRIBUTÁRIOS DO RIO PARANA				
Código da Drenagem	Nome da Drenagem	Cota superior	Cota inferior	Extensão total (km)
1	Córrego da Borboleta	378	235	9
3	Córrego Junqueira	392	235	10.3
5	Córrego do Inseto	358	235	12.6
7	Córrego Guaná	378	235	10.5
9	Córrego Laranjeira	382	235	14.4
11	Córrego Laranja Azeda	405	235	19.7
13	Córrego Areia Branca	357	240	11.4
13 A	Ribeirão das Pedras	430	245	27
13 AA	Córrego da Água da Prata	376	286	9.6
15	Ribeirão da Lagoa ou Água Sumida ou da Cachoeira	440	245	31.8
15 A	Córrego da Lontra	360	265	8.8
15 B	Córrego do Barro Preto	418	275	9.6
15 C	Córrego da Água Limpa	444	290	10.8
15 D	Córrego do Macaco ou São Carlos	377	296	8.8
17	Córrego Santa Fé	395	245	8.5
19	Ribeirão das Anhumas/Córrego do Ouro	466	247	52.2
19 A	Córrego do Arigó	399	245	21.2
19 AA	Córrego Evaristo	414	265	10.2
19 B	Córrego da Jacutinga	400	257	9.5
19 C	Córrego Jataí	438	293	13.2
19 D	Córrego do Coqueiro	418	298	8
19 E	Córrego da Areia Branca	456	313	16.4
19 EA	Córrego das Antas	432	313	9
19 G	Córrego Água do Ourinho	459	328	12
19 F	Córrego da Prata	468	319	21.1
21	Ribeirão da Santa cruz/Córrego da lara	416	245	32.6
21 A	Córrego do Sapo	410	273	9.2
21 B	Córrego São João ou da Prata	443	299	2.1

QUADRO 2. Tributários do rio Paranapanema.

TRIBUTARIOS DO RIO PARANAPANEMA				
Código da Drenagem	Nome da Drenagem	Cota superior	Cota inferior	Extensão total (km)
2	Grota Seca	325	238	10.1
4	Córrego São Francisco	340	238	13.1
6	Córrego da Cachoeirinha	330	238	13.2
8	Rio do Piau/ Riberão do Piau/ Córrego Seco	419	239	22
10	Córrego Santa Rita	360	241	10.1
12	Ribeirão da Anta, Sedoma ou Sedama	378	241	20.5
14	Água Branca ou Pernambi/ Córrego Ponte Branca	340	241	15.3
16	Córrego da Varginha	298	241	10.8
18	Córrego do Engano	343	250	12.8
20	Rib. da Estação ou do Estreito ou córrego Evaristo	390	250	24.6
22	Ribeirão do Estreito ou Bonito ou Rio Bonito	391	250	35.2
24	Córrego do Sopé	370	250	15.8
26	Córrego Sete de Setembro	370	250	13.6
28	Ribeirão Cuiabá	410	250	31.5
28 A	Córrego Lajeado	340	256	9.2
28 B	Córrego Quebra Panela	398	267	9.3
30	Córrego da Lontra	385	250	14.3
32	Ribeirão Nhancá	388	250	42
32 A	Córrego Ravenágora	460	315	9.3
34	Rio Pirapozinho	442	240	115.1
34 A	Ribeirão do Engano ou Santo Antônio	464	250	54.7
34 AA	Ribeirão da Água Sumida	430	277	17.5
34 AB	Córrego do Repouso	448	315	10.4
34 AC	Água da Saúde	464	330	9.7
34 B	Córrego da Arara	418	282	12.6
34 C	Água da Prata ou do Mastro	419	290	14.2
34 D	Ribeirão do Veado ou Costa Machado	449	396	28.5
34 DA	Córrego Cavalto Morto	438	309	12.1
34 DB	Ribeirão Lituânia	378	326	6.9
34 DBA	Córrego Cateto	380	330	9.3
34 E	Córrego Samambaia	438	306	12
34 F	Córrego da Onça	393	332	11.7
34 FA	Córrego Camilo	418	350	9.8
34 G	Córrego Água Clara	422	330	8.4
34 H	Ribeirão do Remanso ou da Estância	440	331	22.5
34 HÁ	Córrego da Ilha Grande	419	335	36.3
36	Ribeirão do Mutum	338	250	10.2
38	Ribeirão Taquaruçu	403	250	31.4
40	Ribeirão do Rebojo	434	258	49.8
40 A	Córrego do Veado	393	317	16.7
42	Ribeirão das Laranjeiras ou do Tombo do Meio	452	262	61.7
44	Ribeirão da Laranjeirinha/ Ribeirão Laranjeirinha	415	262	26.4
46	Água do Siqueira	370	262	12.7
48	Água do Pedregulho	378	262	11
50	Ribeirão do Mosquito	404	262	26.6
52	Ribeirão Anhumas	415	263	61.1
52 A	Córrego do Boi	415	324	13.8
52 B	Ribeirão da Boa Vista	400	324	18.6
52 C	Córrego Mandacaru	415	333	8.7
52 D	Ribeirão da Onça	450	337	31.2
52 E	Córrego do Cambuí	455	369	11.2

perfil longitudinal da drenagem em escala aritmética), e, num segundo caso, a relação RDEs/RDEt, conforme sugerido por Seeber & Gornitz (1983); (e) por fim, os dois gráficos foram combinados em uma única figura, com rodapé contendo as unidades sulcadas pelo talvegue das drenagens, para propiciar a base geológica da interpretação neotectônica.

A delimitação de anomalias seguiu os seguintes critérios: (a) no caso dos perfis longitudinais, para cada gráfico, lançou-se mão da curva de melhor ajuste dos pares ordenados (*best fit line*), calculada com base em função matemática que propiciasse coeficientes de ajuste superiores a 0,8. Comparando-se o perfil longitudinal com a curva de melhor ajuste, pode-se determinar os trechos de maior ou menor afastamento, lembrando que afastamentos positivos podem indicar trechos em ascensão e que afastamentos negativos podem representar trechos em subsidência. Da mesma forma, mudanças bruscas nos afastamentos da curva de melhor ajuste podem ser indícios de que a drenagem esteja cruzando zonas de falhas ativas

(de acordo com Etchebehere, 2000; Guedes et al., 2006). No caso específico do presente trabalho, adotou-se o limiar de 10 m para a definição dos trechos anômalos, seguindo-se a proposta de Guedes (2008) para o caso do vizinho vale do rio Santo Anastácio, autor este que se baseou, por sua vez, em considerações de Guccione (2005) para estimar a amplitude vertical das deformações neotectônicas no vale do rio Mississippi, USA, na região de New Madrid. No caso dos gráficos de RDE (b), adotou-se o critério estabelecido por Seeber & Gornitz (1983), que estabelecem, como anomalias de 2ª ordem, os valores RDEs/RDEt contidos no intervalo > 2 e < 10 ; e, como anomalias de 1ª ordem, os valores iguais ou superiores a 10, respeitando-se, igualmente, as cautelas apontadas por Guedes (2008) no que concerne aos valores referentes aos primeiros 800 m de cada drenagem. Alguns exemplos de interpretação são mostrados nas Figuras 4 a 7, que incluem cursos d'água em equilíbrio e drenagens com anomalias fluviomorfométricas.

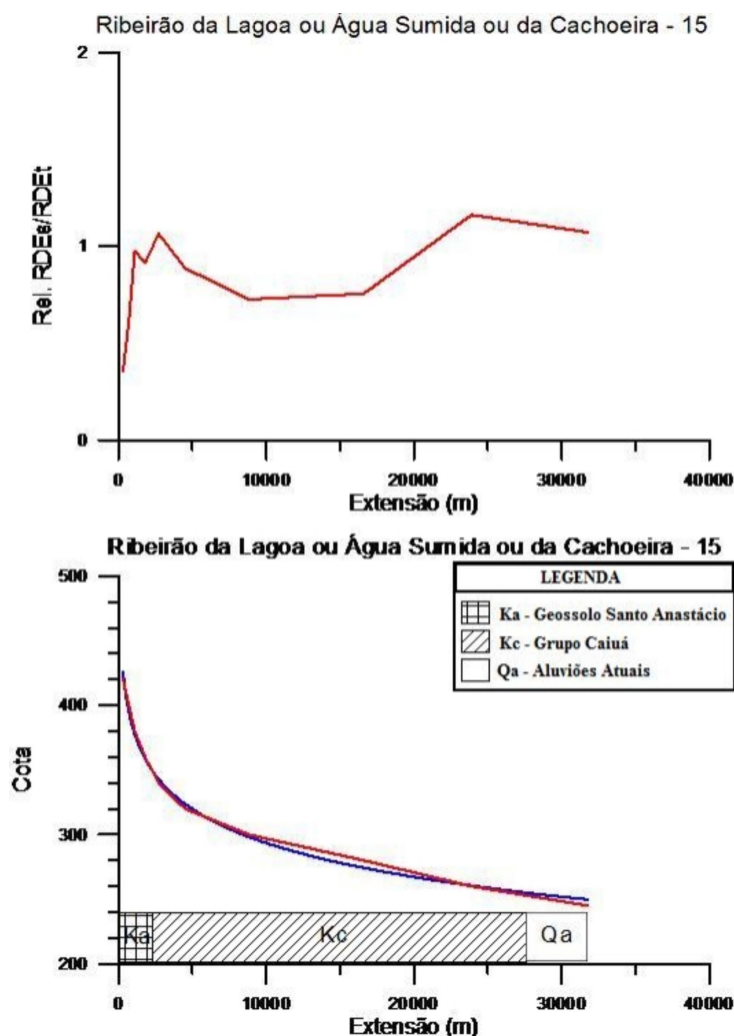


FIGURA 4. Perfil longitudinal do Ribeirão da Lagoa, ou Água Sumida, ou da Cachoeira (15), mostrando-se em equilíbrio.

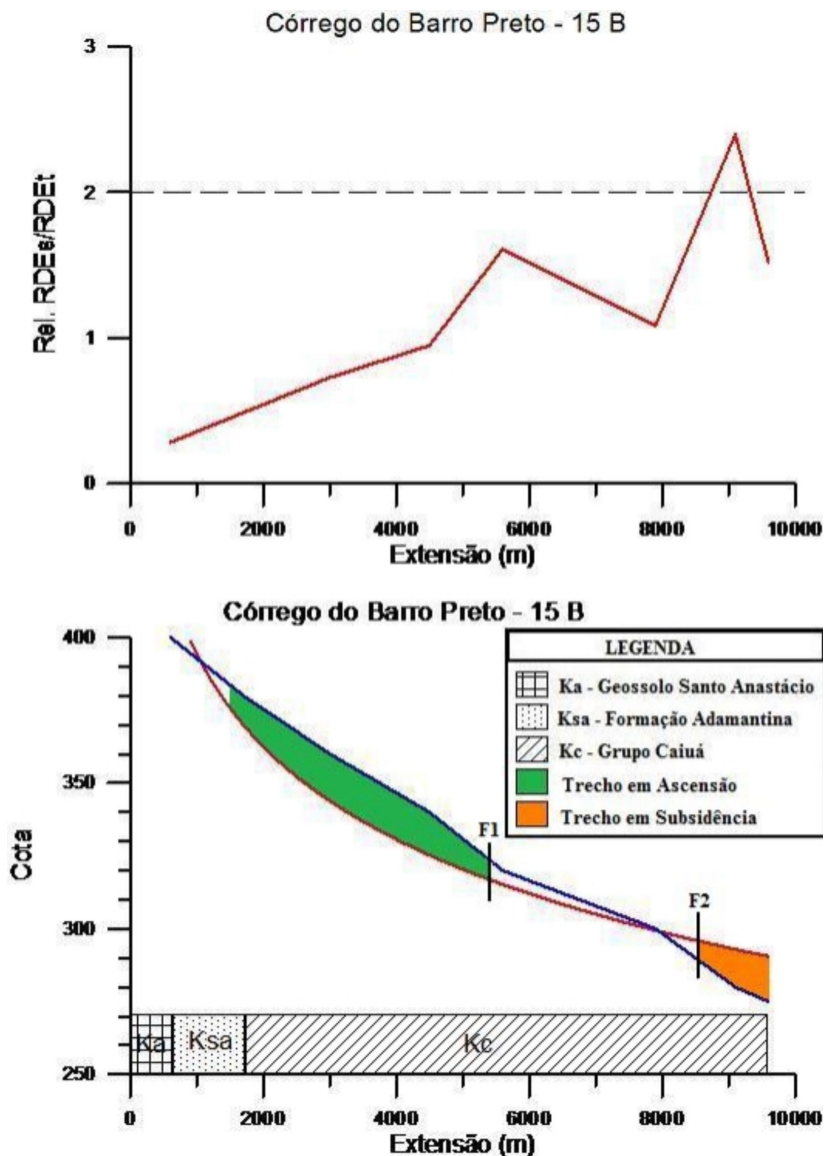


FIGURA 5. Perfil longitudinal do Córrego do Barro Preto (15B) mostrando trechos anômalos.

Levando-se em conta as pequenas escalas dos mapas geológicos disponíveis para a área (IPT, 1981, escala 1:500.000; UNESP, 1982, escala 1:250.000; e Perrota et al., 2005, escala 1:750.000), com escassas anotações relativas a depósitos cenozóicos, salvo aluviões de maior porte, e relativas a dados estruturais, tornou-se necessário elaborar uma base morfoestrutural, baseada em fotointerpretação, para se analisar o quadro fluviomorfométrico levantado. A

fotointerpretação foi elaborada tendo como base imagem de satélite SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), em escala 1:500.000, de livre acesso, apresentada sob a forma de mapa hipsométrico (função *Gradient Shader* do aplicativo Global Mapper®), concentrando-se na extração de traços de lineamentos mais significativos da área de estudo e imediações e na delimitação dos setores com solos mais espessos (> 3,5 m), preservados dos processos

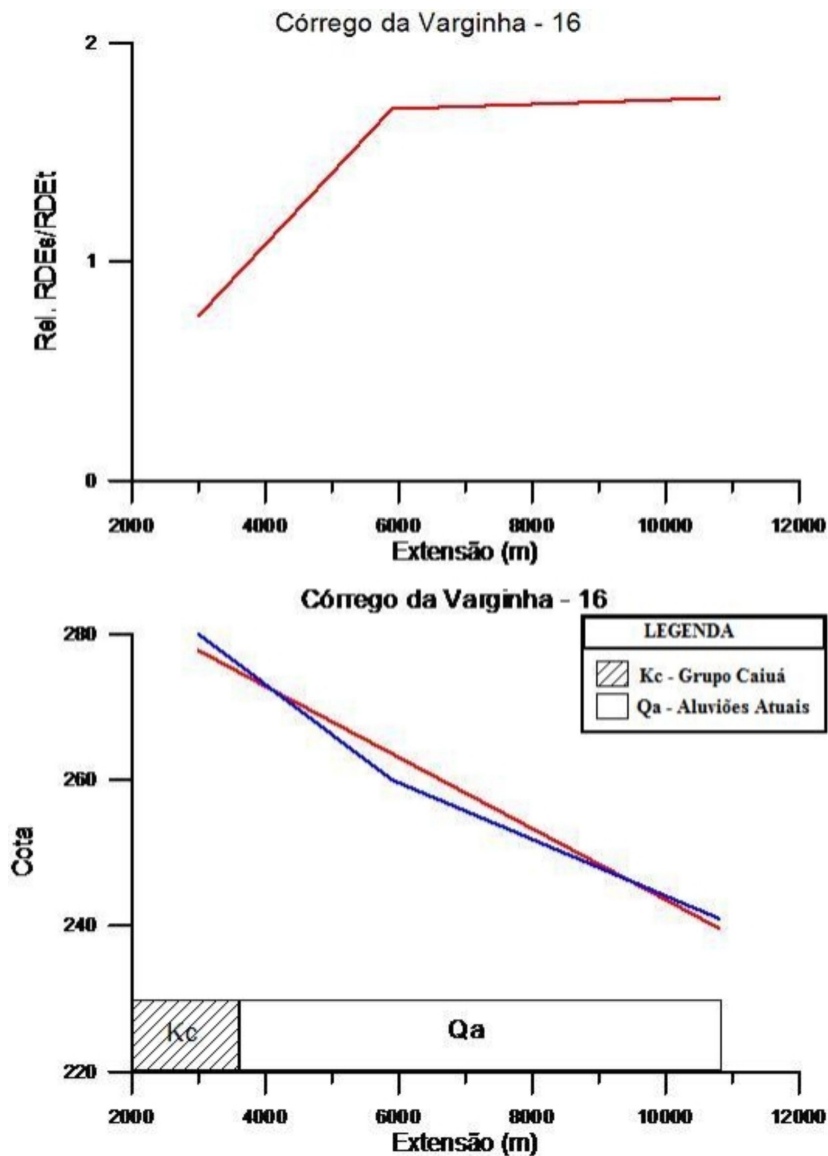


FIGURA 6. Perfil longitudinal do Córrego da Varginha (16) em equilíbrio com a linha de melhor ajuste porém anômalo em termos de conformação.

de dissecação. Vale ressaltar que adotou-se, no presente trabalho, o conceito de **lineamento** proposto por Sabins Jr. (1978), que define tais traços como feições lineares topográficas ou tonais no terreno ou em imagens e mapas, que podem representar zonas de fraqueza estrutural. Regra geral, os lineamentos traçados na área de estudo aqui enfocada referem-se a trechos retilíneos de drenagem, que devem refletir o encaixe dos cursos d'água em descontinuidades

estruturais (feixes de fraturas, falhas etc.). Secundariamente, foram anotados lineamentos referentes a cristas lineares de relevo (feições positivas), que podem representar escarpas de falhas ou mesmo zonas de cimentação mais resistente em feixes de fraturas. As imagens de satélite serviram também de base topográfica para o lançamento das informações flúviomorfométricas e geológicas de interesse aos propósitos do trabalho.

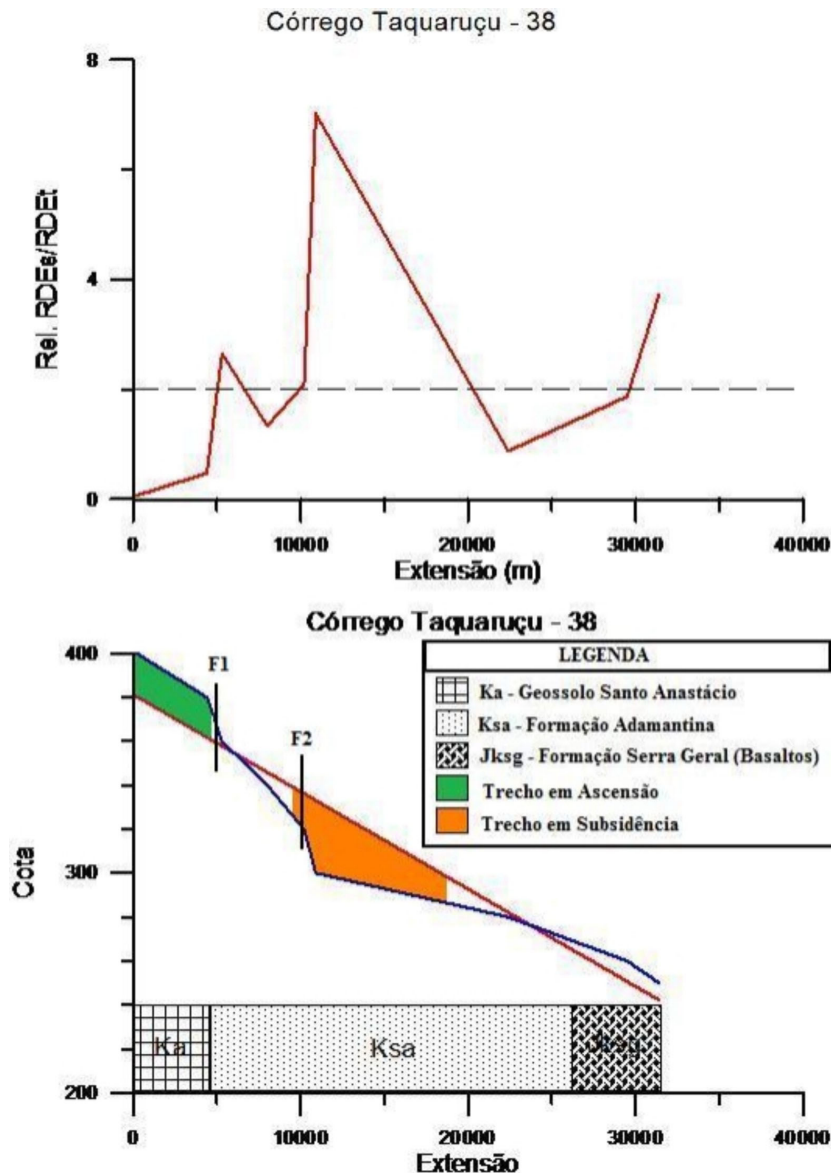


FIGURA 7. Perfil longitudinal do Córrego Taquaruçu (38) mostrando trechos anômalos.

RESULTADOS OBTIDOS

O estudo aqui mostrado abrangeu um total de 84 drenagens com extensão superior a 8 km, numeradas de forma que permitem a sua fácil localização; todas as drenagens que fluem para o rio Paraná receberam números ímpares e, as que fluem para o rio Paranapanema, números pares. A numeração de alguns tributários inclui também letras, para designar a mensuração de afluente que tenha extensão superior a 8 km, i.e., que demande mensuração, com base nos critérios adotados no presente trabalho (Figura 3).

Foram encontradas 73 anomalias de RDE de 2ª ordem, na qual foram feitas as suas devidas interpretações do que poderia ter ocasionado a mesma. Três

possíveis fatores condicionam tais anomalias de RDEs/RDEt, quais sejam: (1) zona de falhas ativas, (2) confluência com drenagens de porte expressivo, e (3) mudança de substrato geológico configurando uma soleira lítica em substrato mais resistente à erosão, como pode ser o caso de ocorrência de basalto, conquanto este último caso possa estar ligado à ação neotectônica conforme orientação de Guedes (2008). O discernimento da razão específica de cada anomalia de RDE demanda, necessariamente, trabalhos de campo. As anomalias constatadas estão na Figura 8. As Figuras 4 a 7 ilustram cursos d'água anômalos e equilibrados, além de incluir um "rodapé" geológico que

facilita o processo de interpretação.

Concernente ao estudo dos perfis longitudinais, foram encontrados 38 trechos em ascensão e 23 em subsidência muitos destes coincidem com as anomalias RDEs/RDEt (Figura 8). Vale destacar que a maior concentração de segmentos em subsidência situam-se próximos à grande alça do rio Paranapanema, onde ocorrem os aluviões mais expressivos da área, cujas formação e preservação estão condicionadas justamente pelo caráter subsidente, que propicia a agradação e freia o processo de dissecação.

Um outro aspecto anômalo constatado neste trabalho refere-se à ocorrência de numerosos cursos d'água com perfis longitudinais retilíneos, diferenciados do perfil logarítmico clássico das drenagens. O Anexo A (no final deste artigo) mostra os 18 perfis que estampam esta conformação, um indicativo de que o curso d'água encontra-se desajustado. A maior parte dessas anomalias concentra-se na margem direita do rio Paranapanema, em especial na porção sudeste da área estudada, coincidindo com terrenos bastante dissecados pela rede de drenagem (Figura 9).

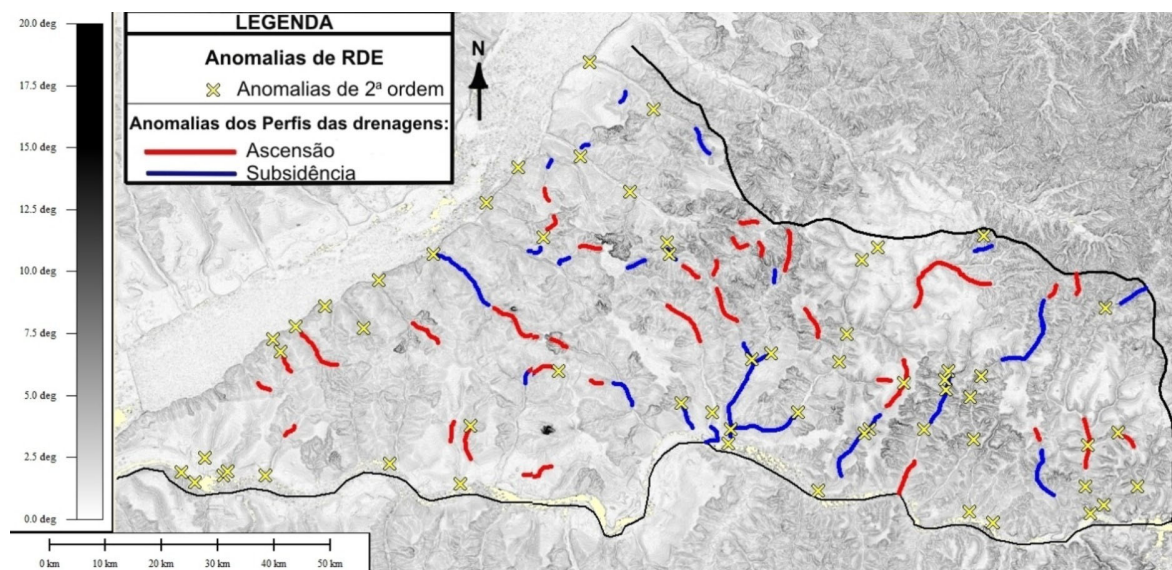


FIGURA 8. Mapa de anomalias fluviomorfológicas.

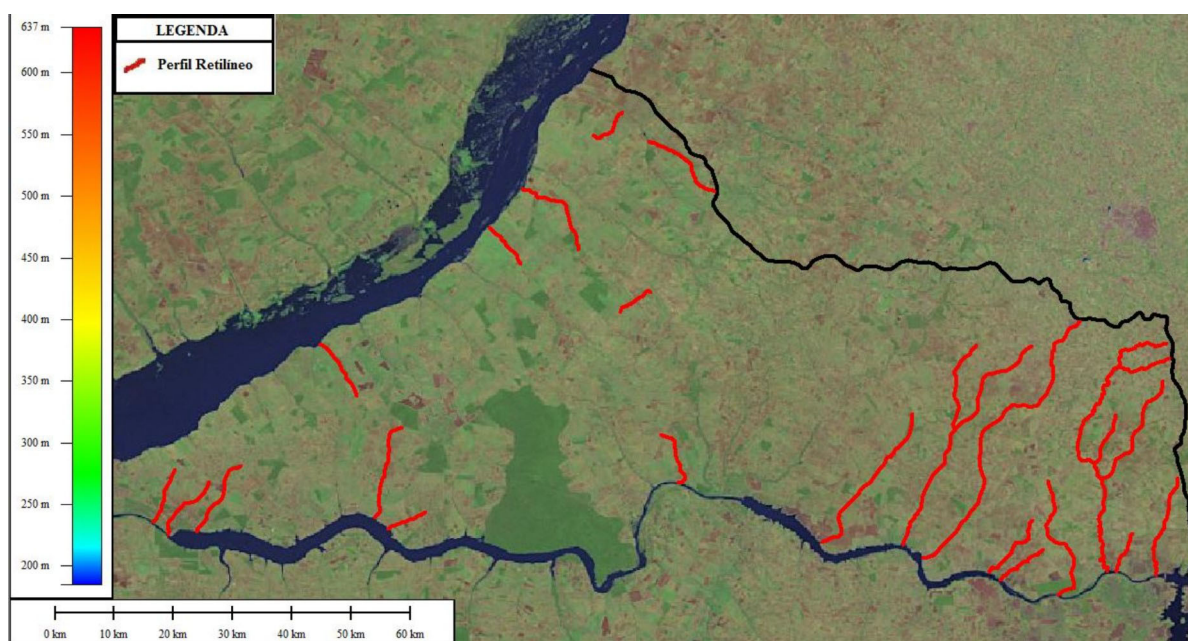


FIGURA 9. Localização das drenagens com perfis longitudinais retilíneos.

Os resultados dos trabalhos de interpretação de imagens de satélite SRTM incluem dois tipos de informação: mapa com destaque para as áreas com solos mais espessos (Figura 10) e mapa de lineamentos (Figura 11), suposto de representar as principais zonas de fraqueza de natureza rúptil na área de estudo.

As áreas de solos mais espessos podem corresponder a remanescentes de pediplanos ou pedimentos, como, por exemplo, o Planalto das Lagoas e partes marginais dos rios Paraná e Paranapanema; ou, alternativamente, a coberturas pedogênicas de blocos tectônicos subsidentes. Este segundo caso inclui, por vezes, a presença de solos espessos em apenas uma das vertentes de bacia de drenagem; não-raro com trecho subsidente de talvegue associado. Corroborar o aspecto neotectônico a presença de anomalias de RDE em bordas das zonas de perfis pedológicos mais desenvolvidos.

Os lineamentos mapeados (Figura 11) incluem traços com comprimentos quilométricos, agrupados nas seguintes famílias: EW, WNW, NW, NNW, NS, NNE e NEE. Em alguns casos, tais famílias de lineamentos encontram-se agrupadas em feixes relativamente persistentes, como as de direções EW e NS; as demais famílias distribuem-se pela área de estudo sem concentrações localizadas. Conforme pode ser visto na Figura 12, a qual corresponde à integração dos dados aqui levantados, as áreas com solos mais espessos mostram menor densidade de traços de lineamentos, mas, por vezes, seus limites são retilíneos e controlados por traços específicos dessas feições lineares. Os cursos d'água de perfis retilíneos, aqui considerados anômalos, que fluem para o rio Paranapanema mostram-se controlados, essencialmente, pelos lineamentos de direção NNE e, secundariamente, pela família de direção NS.

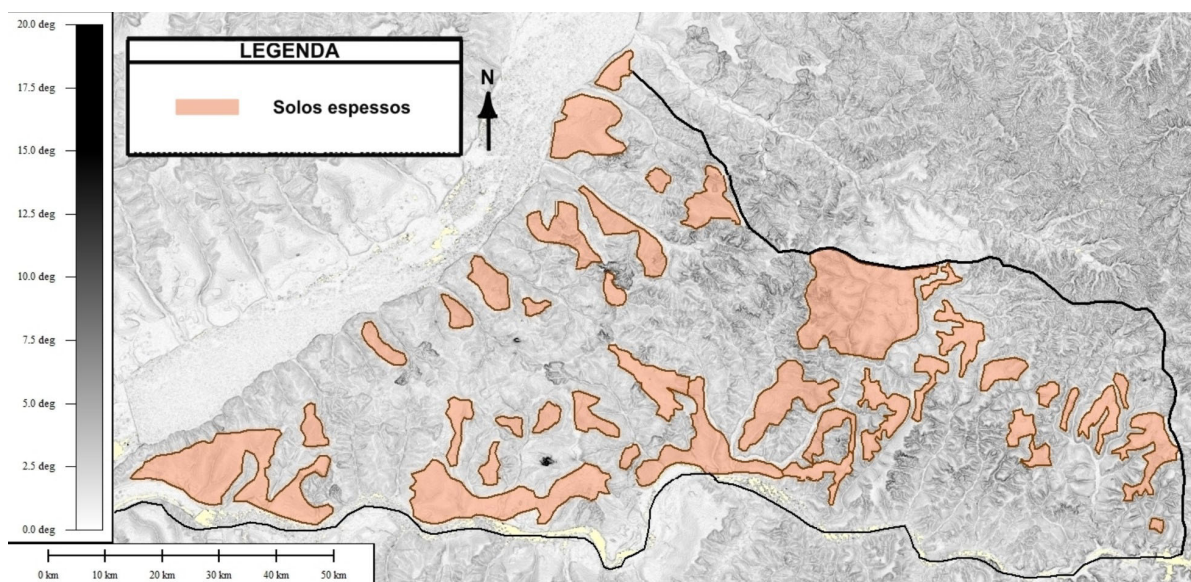


FIGURA 10. Mapa de áreas com solos espessos.

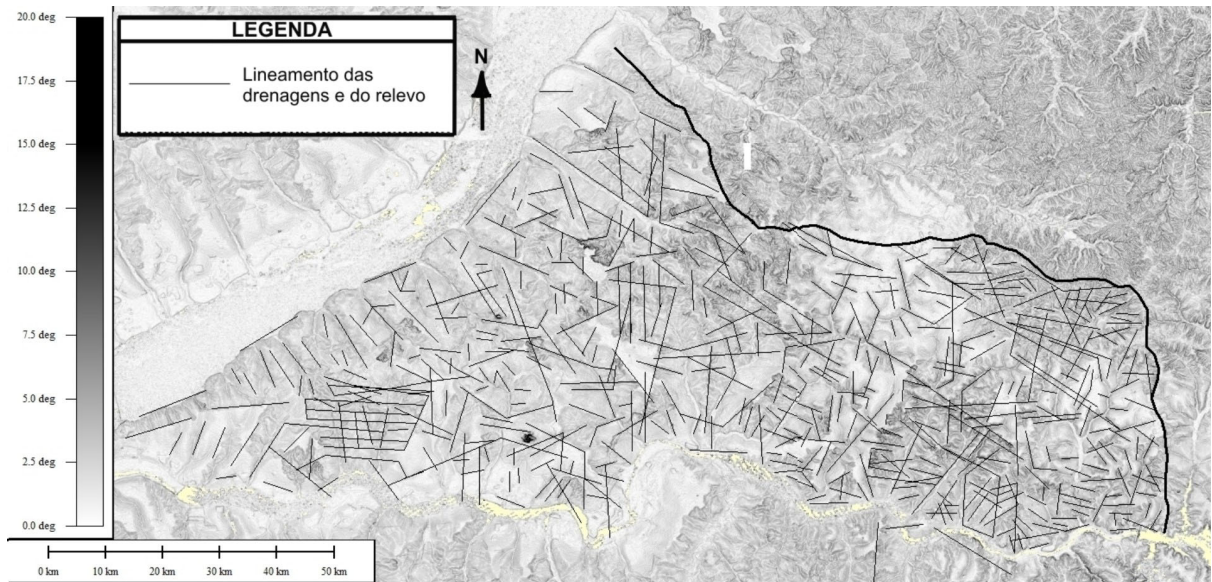


FIGURA 11. Mapa de lineamentos fotointerpretados na área de estudo.

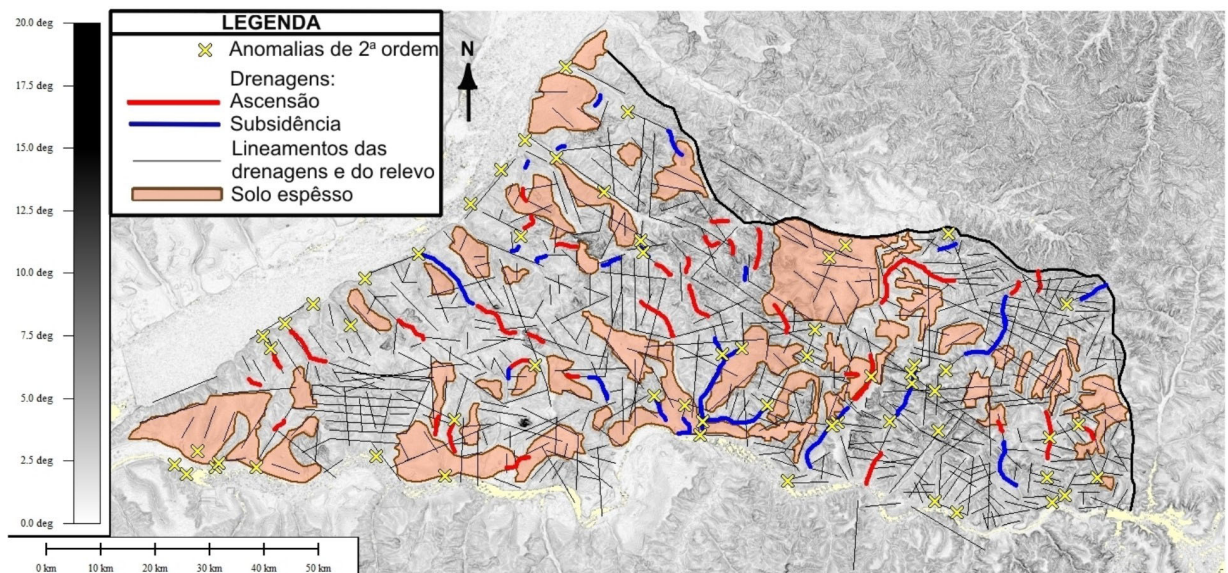


FIGURA 12. Mapa integrado de informações morfotectônicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise morfoestrutural regional aqui encetada, baseada no levantamento sistemático de parâmetros fluviomorfométricos (perfis longitudinais de drenagem e índices RDE) e na fotointerpretação de imagens de satélite (com ênfase na delimitação de zonas de solos mais espessos e na extração da teia de lineamentos) possibilita as seguintes interpretações:

- A ampla distribuição de anomalias de RDE e de trechos de drenagem com talvegues ora indicando subsidência, ora ascensão tectônica indica que os processos neotectônicos encontram-se ativos na área. Uma das áreas de maior destaque corresponde ao setor subsidente situado próximo à grande alça do rio Paranapanema (trecho médio da área de estudo), que congrega depósitos aluviais expressivos e zonas com solos espessos. Um expressivo feixe de lineamentos NS parece ser o elemento rúptil que condicionou o desvio do rio Paranapanema para sul, com bloco subsidente a leste;
- As zonas de solos espessos correspondentes a antigas superfícies planálticas, como é o caso de resquícios pedimentares próximos às margens dos rios Paraná e Paranapanema e do Planalto das Lagoas, indicam que os processos de dissecação não eliminaram por completo tais remanescentes e que o comportamento neotectônico dessas porções pode representar o fator-chave de sua existência. Assim, blocos tectônicos subsidentes tendem a ser menos afetados pela dissecação e podem, inclusive, receber agradação, sob a forma de depósitos aluviais ou coluviais, com sedimentos oriundos de blocos alçados adjacentes;
- Corrobora a hipótese de movimentos verticais diferenciados atuando na conformação do relevo, o fato de que diversas zonas de solos espessos ocorrem em apenas um dos flancos de bacias de drenagem, por vezes associados a talvegues subsidentes e com limites retilíneos demarcados por lineamentos;

- Os perfis retilíneos de drenagem, aqui considerados anômalos por se diferenciarem significativamente dos perfis longitudinais clássicos, tendem a ocorrer concentrados em áreas bastante dissecadas, como é o caso do extremo oriental da área estudada. Estariam, assim, a indicar terrenos submetidos a processos tectônicos ascensionais, onde a chance de preservação de zonas com solos espessos tende a diminuir;
- conjunto de lineamentos extraídos da imagem SRTM indica que a área de estudo encontra-se segmentada em blocos estruturais, ainda que os limites de tais feições não estejam bem delimitados. A presença de áreas com solos espessos contrapondo-se a terrenos bastante dissecados, por vezes com limites retilíneos, seria um primeiro indicador geomórfico de blocos tectônicos subsidentes. Todavia, trabalhos de campo são necessários para se aferir a natureza de tais limites e também para se caracterizar o quadro cinemático das estruturas rúpteis, em especial daquelas sujeitas a movimentos condicionados pelo quadro neotectônico de tensões.

Acredita-se, com base nas observações aqui explanadas, que o Pontal do Paranapanema, da mesma forma do que ocorre com os vales dos rios Santo Anastácio e do Peixe, se encontra sujeito a deformações neotectônicas, traduzidas por comportamentos diferenciados de blocos morfotectônicos. Tais blocos podem ser caracterizados pela presença de coberturas pedogênicas mais espessas do que as de áreas dissecadas e também pela ocorrência de depósitos sedimentares dos tipos aluvial e coluvial, igualmente formados e preservados em decorrência de processos neotectônicos. A complexidade deste quadro morfotectônico demanda investigações adicionais de campo, de modo a se assegurar da intensidade das deformações registradas na paisagem e nos depósitos sedimentares mais jovens e de suas implicações em termos de riscos de caráter geológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ERNESTO, M.; BATEZELLI, A.; SAAD, A.R.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; FULFARO, V.J. Início da sedimentação suprabasáltica na Bacia do Paraná: paleomagnetismo do Grupo Caiuá (oeste de São Paulo e noroeste do Paraná). In: SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL, 7, 2006, Serra Negra. **Boletim...** Serra Negra: Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2006, p. 48.
2. ETCHEBEHERE, M.L.C. **Terraços neoquaternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas**. Rio Claro, 2000. 264 f. 2 v. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
3. ETCHEBEHERE, M.L.C. & SAAD, A.R. Feições de liquefação em sedimentos quaternários no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista: implicações paleossísmicas. **Geociências**, v. 21, n. 1-2, p. 43-56, 2002.
4. ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; CASADO, F. **Análise morfoestrutural aplicada no vale do Rio do Peixe (SP)**

- uma contribuição ao estudo da neotectônica e da morfogênese do Planalto Ocidental Paulista. **Revista Universidade Guarulhos**, Geociências, n. 6, p. 45-62, 2005.
5. ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; FULFARO, V.J. Análise de bacia aplicada à prospecção de água subterrânea no Planalto Ocidental Paulista. **Geociências**, v. 26, n. 3, p. 229-247, 2007.
 6. ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; FULFARO, V.J.; PERINOTO, J.A.J. Aplicação do índice “Relação Declividade - Extensão - RDE” na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Revista Instituto de Geociências - USP**. Série Científica, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.
 7. ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; SANTONI, G.C.; CASADO, F.; FULFARO, V.J. Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade-Extensão) em seguimentos de drenagem. **Geociências**, v. 25, n. 3, p. 271-287, 2006.
 8. FULFARO, V.J.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; PERINOTTO, J.A.J.; SAAD, A.R. Santo Anastácio: um geossolo cretácico na Bacia Caiuá. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, 1999, Serra Negra. **Boletim...** Serra Negra: Universidade Estadual Paulista, 1999, p. 125-130. (a)
 9. FULFARO, V.J.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; PERINOTTO, J.A.J.; SAAD, A.R. Bacia Caiuá: uma nova bacia cretácica na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, 1999, Serra Negra. **Boletim...** Serra Negra: Universidade Estadual Paulista, 1999, p. 439-442. (b)
 10. GUCCIONE, M.J. Late Pleistocene and Holocene paleoseismology of an intraplate seismic zone in a large alluvial valley, the New Madrid Seismic Zone, Central USA. **Tectonophysics**, v. 408, p. 237-264, 2005.
 11. GUEDES, I.C. **Aplicação de análise flúvio-morfométrica na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio - SP para detecção de deformações neotectônicas**. Guarulhos, 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos - UnG.
 12. GUEDES, I.C. & ETCHEBEHERE, M.L.C. Aplicação de análise flúvio-morfométrica na bacia do Rio Santo Anastácio (SP) para detecção de deformações neotectônicas. In: I JORNADA DE ANÁLISE GEOAMBIENTAL, 2006, Guarulhos. Guarulhos: Universidade Guarulhos, 2006.
 13. GUEDES, I.C.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; MORALES, N.; STEVAUX, J.C.; SANTONI, G.C.; Feições de liquefação no vale do rio Santo Anastácio (SP) - Indicativo de atividade sísmica quaternária? **Revista Universidade Guarulhos**, Geociências, v. 7, n. 1, p. 64-77, 2008.
 14. GUEDES, I.C.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; MORALES, N.; STEVAUX, J.C.; SANTONI, G.C. Análise morfotectônica da bacia do rio Santo Anastácio, SP, através de parâmetros flúvio-morfométricos e de registros paleossismológicos. **Geociências**, v. 28, n. 4, p. 345-362, 2009.
 15. GUEDES, I.C.; SANTONI, G.C.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; STEVAUX, J.C.; MORALES, N.; SAAD, A.R. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. **Revista Universidade Guarulhos**, Geociências, v. 5, n. 1, p. 75-102, 2006.
 16. HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1, 1990, Belo Horizonte. **Boletim...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, p. 1-31.
 17. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:250.000. São Paulo: DMGA, 2 v. (IPT, Monografia 5), 1981.
 18. ITRI, S.L.; SANTOS, A.; ETCHEBEHERE, M.L.C. Aplicação do índice “Relação Declividade - Extensão - RDE” na bacia do Rio Turvo (SP) para detecção de deformações neotectônicas. In: ENCONTRO DE PESQUISA E JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2, 2004, Guarulhos. **Resumos...** Guarulhos: UnG, 2004. CD-ROM.
 19. MARTINEZ, M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal**. Maringá, 2004. 146 f. Exame (de Qualificação) - Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá.
 20. MENEGHETTE, A.A.C. **Atlas interativo do pontal do Paranapanema: uma contribuição à educação ambiental**. Presidente Prudente, 2001. 176 f. Tese (Livro-Docência em Cartografia) - Departamento de Cartografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.
 21. PERROTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERRUFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; LACERDA FILHO, J.V. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo - Integração na Escala 1:750.000**. 2 f. São Paulo: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2005.
 22. SABINS JUNIOR, F.F. **Remote sensing principles and interpretation**. San Francisco: W.H. Freeman, 426 p., 1978.
 23. SANTOS, A.; ITRI, S.L.; ETCHEBEHERE, M.L.C. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia hidrográfica do Rio Turvo (SP) para avaliação de deformações neotectônicas. Uma contribuição para o planejamento territorial. In: ENCONTRO DE PESQUISA E JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2, 2004, Guarulhos. **Resumos...** Guarulhos: Universidade de Guarulhos, 2004. CD-ROM.
 24. SEEBER, L. & GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, v. 92, p. 335-367, 1983.
 25. UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:250.000. Rio Claro - SP. Convênio IGCE-UNESP-DAEE, 1982.

*Manuscrito Recebido em: 23 de junho de 2010
Revisado e Aceito em: 1 de julho de 2011*

ANEXO A

