

ASPECTOS MORFOTECTÔNICOS NA BACIA DO RIBEIRÃO DO SALTO (LIMA DUARTE, MG)

Morphotectonic aspects in ribeirão do Salto watershed (Lima Duarte, MG)

Gabriel Mendes Petito

Mestrando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGeo), Brasil.

gabriel.petito@ufff.br

Luciano Eduardo Silva da Cruz

Mestrando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGeo), Brasil.

lucianogeografia1984@gmail.com

Roberto Marques Neto

Docente do departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo).

roberto.marques@ufff.br

Recebido: 20/12/2025

Aceito: 05/01/2026

Resumo

A bacia do ribeirão do Salto localiza-se na porção NE da Mantiqueira Meridional, perfazendo os sistemas de drenagem que não foram invertidos para o interior do continente e que tributam indiretamente o Oceano Atlântico, tendo o rio Paraíba do Sul como principal coletor regional. A aplicação de parâmetros geomorfométricos associados a métodos geocronológicos detectaram uma tectônica ativa, evidenciada por uma série de anomalias de drenagem indicativas de controle morfotectônico, escarpas de falha, vales suspensos com depósitos desarticulados do nível de base, além de terraços neopleistocênicos soerguidos, com horizontes orgânicos alçados acima dos ambientes hidromórficos das planícies de inundação ativas atualmente. Os resultados são conjuntivos às pesquisas em neotectônica levadas a efeito no Brasil Sudeste no contexto dos terrenos sob a influência do rifte continental, detalhando as informações neotectônicas existentes em escala regional e ampliando as perspectivas de correlação.

Palavras-chave: Neotectônica, bacia do ribeirão do Salto; tectônica ativa.

Abstract

The Ribeirão do Salto basin is located in the northeastern portion of the Southern Mantiqueira making up the draining systems which were not inverted to the interior of the continent and which indirectly tribute the Atlantic Ocean that have Paraíba do Sul river as the main regional collector. The application of geomorphometric parameters associated to geochronological methods detected an active tectonic evidenced by a series of draining anomalies indicating morphotectonic control, fault escarpments, suspended valleys with deposits disarticulated from the basis level besides uphill neopleistocenic terraces with organic horizons raising above the hydromorphic environments of the flooding plains currently active. The results are conjunctive to the researches in neotectonics carried out in Southeastern Brazil in the context of the terrains under the influence of the continental

rift detailing the neotectonic informations existing on a regional scale and expanding the correlation perspectives.

Keywords: Neotectonic; ribeirão do Salto basin; active tectonic.

1. INTRODUÇÃO

A morfotectônica da região geomorfológica da Serra da Mantiqueira tem sido estimada tanto em seu ramo meridional (Santos, 1999; Hiruma; Riccomini, 1999; Ribeiro, 2003; Chiessi, 2004; Marques Neto, 2012) como na porção setentrional (Silva; Mello, 2011; Marques Neto *et al.* 2016; Silva, 2023), congregando um conjunto crescente de informações que apontam evidências de efeitos deformacionais neotectônicos e atribuíveis à tectônica vigente, efeitos estes que exercem desdobramentos apuráveis no relevo, na drenagem e nos depósitos, interferindo diretamente na evolução das formas e nos processos operantes. De gênese eminentemente tectônica, as zonas de cisalhamento que compõem o arranjo tectono-estrutural da Serra da Mantiqueira têm figurado como eixos preferenciais de reativação de falhas pré-cambrianas, definindo-se faixas de soerguimento preferencial ao longo do Cenozoico.

A grande região geomorfológica da Serra da Mantiqueira encontra-se compartimentalizada em blocos de comportamentos morfotectônicos distintos, havendo ainda ampla necessidade de interpretações mais específicas e detalhadas. Nesse sentido, a região das altas cristas quartzíticas e das Serranias da Zona da Mata Mineira (*sensu* Gatto *et al.* 1983) figuram entre as áreas nas quais o estudo de seus aspectos morfotectônicos ainda é incipiente. As cristas em questão definem importantes zonas de cisalhamento de orientação geral NNE-SSW (Serra do Ibitipoca) e E-W (Serra Negra e Serra de Lima Duarte), tectonicamente deformadas e repletas de evidências morfológicas e estruturais vinculadas a efeitos diastróficos neotectônicos, entre as quais elencamos: capturas fluviais; formação de minigrábens por abatimento de blocos; migração lateral de canais fluviais; soerguimento de depósitos fluviais e afloramentos em terraços; vales suspensos com colúvios aprisionados; canais anormalmente retilíneos; shutter ridges associadas a falhas transcorrentes, entre outras.

Na mira de um maior detalhamento e conhecimento específico do quadro neotectônico vigente na região da Serra da Mantiqueira, o presente trabalho apresenta uma discussão específica ao contexto morfotectônico da bacia do rio do Salto, localizada no município de Lima Duarte, entre o domínio das altas cristas quartzíticas e os terrenos intermontanos da Zona da Mata Mineira, região ainda não muito aquinhoada com estudos

desta estirpe. Os resultados, além do ganho científico expresso pelo desvelar de aspectos morfotectônicos da área em específico, poderão ampliar as correlações regionais acerca do quadro neotectônico vigente nas regiões dos grandes escarpamentos do Brasil Sudeste.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O conjunto de procedimentos metodológicos acionados para a interpretação do quadro morfotectônico na área de estudo conjuga técnicas geomorfológicas e de análise estrutural, dadas pela interpretação do relevo e da drenagem e pela mensuração de parâmetros geomorfométricos. O trato quantitativo foi associado a métodos geocronológicos expressos pela datação absoluta de depósitos correlacionáveis a controle tectônico. Os parâmetros geomorfométricos estimados no presente estudo de caso tem encontrado emprego crescente na cultura geocientífica brasileira (Hiruma; Riccomini, 1999; Etchebehere, 2000; Ferreira, 2001; Marques Neto; Perez Filho, 2014; Jacques *et al.* 2014; Pinheiro; Queiroz Neto, 2015) e estrangeira (Golts; Rosenthal, 1993; Pike, 2000; Garrote *et al.* 2008; MacMillan; Shary, 2009) em função, fundamentalmente, de um baixo custo de aplicação aliado aos resultados auspiciosos derivados do trato quantitativo. A abordagem geocronológica, por seu turno, é fundamental para a apreensão da idade de materiais cenozoicos tectonicamente deformados, permitindo correlações com campos de tensão recentes.

2.1. Parâmetros morfométricos areolares

Foram considerados na categoria de parâmetros morfométricos areolares aqueles que se estabelecem primordialmente a partir de sua manifestação em área ou tendo uma área como referência, apreensíveis, portanto, em sua projeção horizontal, como áreas de bacias hidrográficas. Foram abordados dialogicamente o Fator Assimetria de Bacias de Drenagem (FABD) e o Fator de Simetria Topográfica Transversal (T), que mensuram processos de migração lateral de canais fluviais presumivelmente vinculados a basculamento de blocos, e que tem como referência fundamental a área e o traçado das bacias.

O FABD foi proposto por Hare e Gardner (1985), e indica a assimetria de bacias hidrográficas a partir de uma relação entre as áreas de ambas as margens, e que se estabelece em função da migração lateral dos canais, sendo dado pela fórmula:

$$FABD = 100 (Ar/At)$$

Onde:

Ar = área da margem direita do curso d'água principal

At = área total da bacia

Pela lógica do cálculo, os valores inferiores a 50 correspondem a uma assimetria da margem direita da bacia, ao passo que valores superiores à meia centena são indicativos de assimetria da margem esquerda (Salamuni, 1998).

O Fator de Simetria Topográfica Transversal (T), técnica desenvolvida por Cox (1994), quantifica a assimetria do perfil transversal do canal em face às suas migrações laterais. Sua aplicação exige o estabelecimento da linha média da bacia e de perfis perpendiculares ao canal principal. Daí tem-se que:

$$FSTT = d/D$$

Onde:

d = distância entre a linha média da bacia e o talvegue

D = distância entre a linha média da bacia e seu divisor

Os valores obtidos podem variar entre 0 (drenagem simétrica, com a linha média da bacia coincidindo com o talvegue) e 1 (drenagem assimétrica, com o canal próximo a linha divisória da bacia em condição de migração bem assinalada). Os cálculos foram levados a efeito a cada quilômetro, da nascente à foz, no intuito de obter dados mais absolutos acerca dos processos de migração diferencial vigentes no espaço intrabacinal.

2.2. Parâmetros morfométricos lineares

Foram tidos como parâmetros morfométricos lineares aqueles que, embora passíveis de representação cartográfica, se manifestam em projeção linear, como perfis longitudinais de canais, linhas de escarpas de falha e de isobases. Foram mensurados, para esta categoria, os seguintes parâmetros: Superfícies de base, índice Sinuosidade da Escarpa Montanhosa (Smf) e Relação Declividade x Extensão do Canal (RDE).

As superfícies de base são compreendidas como uma superfície hipotética determinada pela intersecção entre a rede de drenagem de ordem similar com a

superfície erosiva associada à reorganização da rede hidrográfica, oferecendo assim valiosas informações acerca do quadro tectono-erosivo mais recente (Jain, 1984; Golts; Rosenthal, 1993), sendo representadas cartograficamente por meio de isobases. Anomalias no espaçamento das isobases podem figurar como indícios de controle morfotectônico. Para sua representação cartográfica foram adotados procedimentos similares aos executados por Salvador e Pimentel (2009), que também empregaram técnicas de geoprocessamento pelo uso do software ArcGis, onde se extraiu a rede de drenagem do modelo digital de elevação (MDE) com a hierarquia fluvial, segundo a proposta de Strahler (1952). Em seguida, procedeu-se na seleção dos canais de 2ª ordem, que foram convertidos ao formato raster com valor 1; posteriormente, tal arquivo foi combinado com o MDE através de multiplicação, obtendo-se assim as altimetrias da bacia. O passo seguinte foi a vetorização, gerando um arquivo de pontos cotados que foram gridados através de interpolação pelo protocolo IDW.

O índice Smf foi definido por Bull e Wallace (1985), e pode ser aplicado para abstração de elementos inerentes ao balanço entre as forças erosivas e tectônicas, prevendo que as frentes montanhosas submetidas a soerguimento ativo são relativamente retilíneas, assumindo assim valores baixos; uma vez reduzida ou cessada a epirogênese positiva, os processos erosivos que incidirão sobre a frente montanhosa em questão haverão de torná-la irregular, elevando os valores de Smf. A mensuração do índice é dada pela fórmula abaixo:

$$Smf = Lmf/Ls$$

Onde:

Lmf: comprimento da escarpa montanhosa ao longo do sopé da montanha, na zona de ruptura de declive;

Ls: comprimento da linha retilínea da escarpa montanhosa.

O índice de Hack (1973) ou Relação Declividade x Extensão do Canal (Etchebehere, 2000; 2004) complementa os anteriores na medida em que se volta para a interpretação específica do canal fluvial. Similar à abstração do gradiente hidráulico, o Índice de Hack relaciona a extensão do canal em determinado trecho à diferença altimétrica no segmento dado, permitindo averiguar quantitativamente os diferentes padrões de declividade ao longo do canal fluvial, fornecendo, juntamente ao perfil longitudinal, a percepção das

rupturas de declive, encachoeiramentos, segmentos de baixa energia com estocagem sedimentar, entre outras características.

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

Onde:

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

ΔL = projeção horizontal da extensão do referido segmento;

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

A relação $\Delta H/\Delta L$ corresponde ao gradiente da drenagem no ponto em questão. Os valores mensurados para cada trecho foram relacionados com o RDE total, obtido mediante relação direta entre a amplitude altimétrica total e o logaritmo do comprimento total do vale, de acordo com a fórmula:

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

Os valores derivados de tal relação foram qualificados em consonância a proposição de Seeber & Gornitz (1983), segundo a qual os resultados compreendidos entre 0 e 2 não representam anomalia, aqueles entre 2 e 10 são representativos de anomalias de segunda ordem e os acima de 10 de anomalias de primeira ordem.

2.3. Abordagem geocronológica

Em complemento aos parâmetros morfométricos acionados no presente estudo foi levada a efeito a datação de depósito tectonicamente afetado por meio de Luminescência Opticamente Estimada (LOE), método geocronológico proposto por Huntley *et al.* (1985) cuja aplicação é deveras difundida em estudos do Quaternário brasileiro (Correa *et al.* 2002; Barreto, *et al.* 2004; Sallun, 2007; Sallun *et al.* 2007; Soares, 2007; Tatumi *et al.* 2008; Suguio *et al.* 2010; Souza; Perez Filho, 2018; Marques Neto, 2023) e no exterior (Murray; Olley, 2002; Jacobs; Roberts, 2007; Ikihara; McKeever, 2011).

Foi levada a efeito a datação de material contido em terraço tectonicamente deformado, atualmente desnivelado da planície fluvial ativa. O material em questão

corresponde a antigo Organossolo atualmente posicionado acima dos ambientes de hidromorfia e submetido à lixiviação. Os procedimentos laboratoriais de datação seguiram o protocolo SAR (Single Aliquot Regenerative Doses) em 10 alíquotas, rotina esta executada no laboratório Datação, Comércio e Prestação de Serviços Ltda.

A coleta do material em campo se deu mediante o emprego de tubo PVC de coloração escura para evitar a passagem da luz, uma vez que os procedimentos de datação, conforme sabido, indicam a idade aproximada em que o sedimento foi sepultado por deposição sobreposta e os quartzos e feldspatos isolados do contato com a radiação solar, aprisionando os elétrons em seu retículo cristalino. O tubo foi introduzido no corpo deposicional a 1,05 m de profundidade, tendo suas extremidades vedadas para que não houvesse incidência de radiação; na mesma lógica, foram firmemente embalados em plástico preto e, em seguida, enviados ao laboratório.

Como procedimento acessório, foram realizadas análises laboratoriais de granulometria, matéria orgânica e elementos químicos dominantes do material datado e dos materiais de recobrimento, no intuito de melhor compreender os aspectos geoquímicos do corpo deposicional no tocante à sua composição e o comportamento das substâncias organo-minerais em terraços tectonicamente deformados. Os ensaios foram levados a efeito no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras. A definição das classes texturais se estabeleceu nas seguintes categorias: arenosa (Solo Tipo 1), média (Solo Tipo 2) e argilosa (Solo Tipo 3). A química dos materiais superficiais foi contemplada nos seguintes parâmetros: pH medido em água; matéria orgânica (dag/kg); acidez trocável (extrator cloreto de potássio); acidez potencial ($Al^{3+} + H^+$, em extrator SMP); bases trocáveis, sendo o Ca e o Mg também obtidos pelo extrator KCl e o Na e o K pelo extrator Mehlich; capacidade de troca catiônica (CTC), dada pela somatória da acidez potencial e das bases trocáveis, calculada em condições de pH 7,0; saturação por alumínio (m), definida pela divisão do alumínio trocável pela soma desse valor ao de bases multiplicado por 100.

As análises laboratoriais subsidiaram uma divisão do depósito segundo as fácies ocorrentes, categorizadas em adaptação ao sistema metodológico de Miall (1984, 1985, 1986). Por essas bases, as fácies encontradas foram representadas por uma letra maiúscula indicativa da fração granulométrica dominante, seguida de uma ou duas letras minúsculas que sinalizam granulometrias acessórias e/ou traços específicos, como horizontes orgânicos e assinaturas estratigráficas preservadas. Predomínio de materiais

finos (silte e argila) foram representados pela letra F (fine), as areias pela letra S (sand) e os materiais clásticos pela letra G (gravel).

3. A ÁREA DE ESTUDO

A bacia do ribeirão do Salto está toda adstrita ao município de Lima Duarte, Zona da Mata Mineira (figura 1), e disseca relevo declivoso e escarpado correspondente aos últimos controles da Mantiqueira Meridional (sensu Gatto *et al.* 1983), transpondo a Serra do Ibitipoca em sucessivos encachoeiramentos e corredeiras ao longo das rochas quartzíticas da referida estrutura, até o contato com litotipos gnáissico-migmatíticos, ambos pertencentes à Megassequência Andrelândia (Heilbron *et al.* 2004). O contato litológico marca a passagem de um relevo emoldurado em escarpas de falha correspondente à crista quartzítica que abriga a alta/média bacia para um conjunto de morros de topos convexos a aplainados e vertentes majoritariamente convexo-retilíneas que tipificam os compartimentos intermontanos da Zona da Mata Mineira.

O acentuado desnível que caracteriza a bacia do ribeirão do Salto engendra zonação altitudinal bem marcada, com sucessões mais ou menos nítidas dos elementos da paisagem, em grande medida vinculadas a passagem do tipo climático tropical típico para um contexto de clima tropical de altitude, com atenuação das temperaturas médias anuais e aumento da amplitude térmica diária. Por esta perspectiva, as copiosas associações de Latossolos e Cambissolos de textura argilosa a média que caracterizam os ambientes intermontanos dão passagem a solos precariamente intemperizados nos terrenos em quartzito, onde são recorrentes sistemas de transformação imaturos como Neossolo Litólico e Regolítico. Da mesma forma, verifica-se franca sucessão altitudinal da vegetação, pela qual a Floresta Estacional Semidecidual dá passagem a fitofisionomias em Floresta Ombrófila Densa Alto-montana ao longo das escarpas escalonadas e aos campos rupestres em quartzito, que eclodem nas áreas altimontanas em agrupamentos fitofisionômicos herbáceos, arbustivos, ou em arranjos complexos de nanoflorestas nebulares e skrubs com dominância de candeias (*Eremanthus* sp).

Nos terrenos altimontanos e ao longo das altas vertentes escarpadas a vegetação nativa encontra-se, em grande medida, mantida como atributo marcante e com projeção contínua na paisagem, potencializado pelo quadro geomorfológico restritivo a usos intensivos e pela presença de paisagens de exceção nas altas cristas, o que justifica a existência de uma unidade de conservação de proteção integral (Parque Estadual do Ibitipoca). Nos terrenos intermontanos o uso da terra é mais intensivo e se estabelece

dominantemente pela pastagem, além de algumas frentes de silvicultura de Eucalyptus, que avançam por este setor meridional da Zona da Mata Mineira, forças estas que conferem caráter fragmentário às florestas semidecíduas.

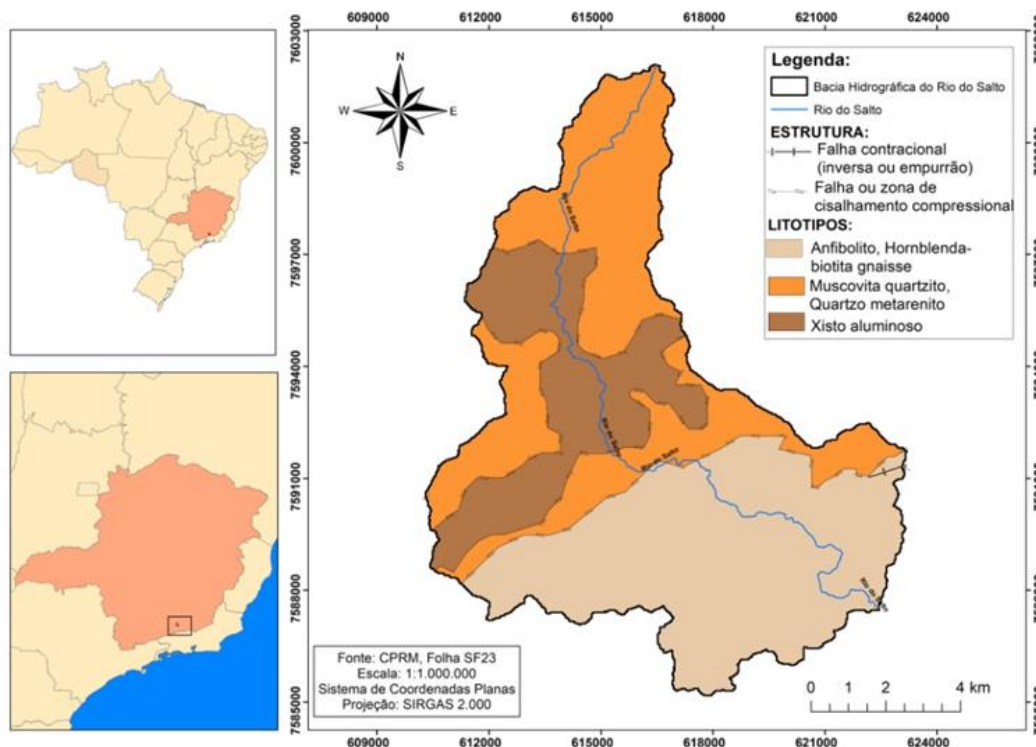


Figura 1 - Localização e esboço geológico da bacia do rio do Salto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Os aspectos morfométricos e suas relações com o quadro tectono-estrutural

O rio do Salto faz jus ao topônimo que lhe é atribuído. O principal “salto”, e que possivelmente forjou sua denominação, corresponde a uma escarpa de falha existente a jusante do Distrito de Conceição do Ibitipoca, dissecada por uma rede de canais paralelos que afluem no coletor principal, majoritariamente pela margem esquerda.

A rede de drenagem do rio do Salto apresenta padrão essencialmente paralelo a subparalelo nos blocos altos quartzíticos e dendrítico a subdendrítico nos litotipos gnáissicos que emolduram os relevos convexos rebaixados do médio e baixo curso. O coletor principal apresenta orientação dominante N-S no alto e médio curso, ao passo que no baixo curso a tendência se estabelece na direção NW-SE, ainda que uma série de curvas anômalas impeça a manutenção de um padrão bem marcado de orientação em todos os segmentos do canal. Ainda assim, esta orientação mais geral (NW-SE) é compartilhada por outros importantes rios que partilham do contexto hidrográfico regional,

como o rio Grão Mogol, da Cata e Paraibuna, entre outros, todos eles tendo o rio do Peixe como nível de base regional. Tal orientação corresponde à primeira fase de reativação do rifte continental do sudeste do Brasil, de idade neogênica, com distensão NW-SE e transcorrência sinistral E-W (Riccomini, 1989; Silva; Mello, 2011), quando tais sistemas de drenagem de mais baixo nível hierárquico devem ter se instalado em demanda à depressão tectônica do Paraíba do Sul, que já no Paleógeno impunha um nível de base regional.

Os contrastes litoestruturais dos terrenos que o ribeirão do Salto disseca são bem apontados no perfil longitudinal (figura 2), e correspondem a valores anômalos de RDE, computados por trecho em 45 pontos, da nascente à foz, com treze anomalias de 2° ordem e doze de 1° ordem, em grande medida de significado morfotectônico. A forma que o perfil longitudinal assume é muito congruente à distribuição dos litotipos (vide figura 1), e indica uma erosão diferencial bem marcada no contato quartzito-gnaiss e quartzito-xisto. A princípio, uma soleira emoldurada em contato erosivo não seria aqui considerada uma anomalia, cabendo discutir se tais valores, geomorfologicamente expressos por escarpas funcionais, têm de fato significado morfotectônico.

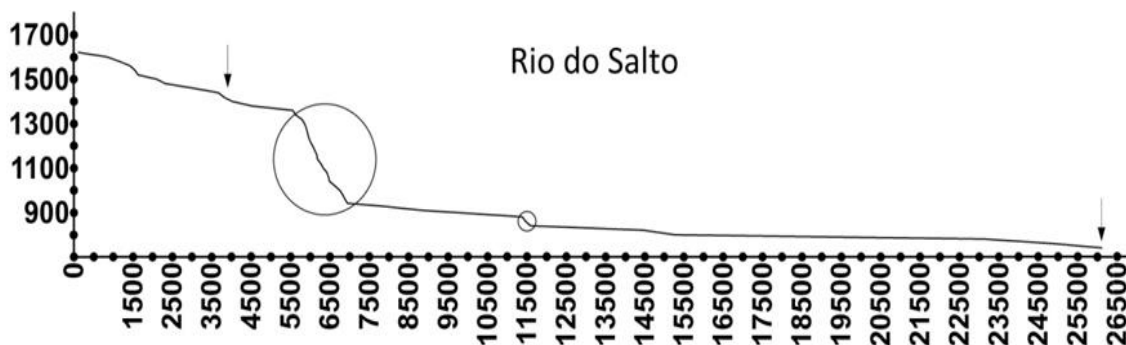


Figura 2 - Perfil longitudinal do rio do Salto, com indicação das principais anomalias (setas) e zonas de anomalias (círculos).

Pouco acima de 1400 metros o rio do Salto sofre encaixamento abrupto à montante de um alvéolo altimontano, coincidindo com a presença de uma soleira (indicada pela seta), definindo a passagem de um padrão dendrítico para um conjunto subparalelo a contorcido.

Um desnível vertiginoso de aproximadamente 350 metros, entre 1300 e 950 metros de altitude, avulta quando o rio do Salto transpõe escarpa de falha, e compreende um segmento em declive extremo no qual os valores anômalos se concentram; tratando-se de escarpas de falha, o controle tectônico é muito verossímil. Na faixa de 860 metros, o rio do Salto apresenta encaixamento abrupto à jusante de alvéolos descontínuos de

retenção sedimentar formados com a transposição da escarpa de falha a partir de 900 metros. Nesse setor o canal se encaixa dissecando um patamar escarpado mais baixo, que estabelece contato com os terrenos intermontanos de dissecção homogênea onde as morfologias denudacionais são tendencialmente convexas e as planícies são mais contínuas e desenvolvidas. Próximo à confluência com o rio do Peixe, a aproximadamente 720 metros de altitude, o curso d'água em apreço sofre estreitamento e desnivelamento da planície, fenômeno este visivelmente ligado a uma shutter ridge bem marcada por falha transcorrente, o que reflete numa anomalia de 2° ordem visualizável no perfil longitudinal.

Os comportamentos anômalos apresentam significado majoritariamente morfotectônico, e se vinculam a escarpas de falha, talhadas em estruturas antigas, porém sucessivamente reativadas, ou a movimentações operantes nas faixas cisalhantes que o rio intercepta. Vertentes emolduradas em taludes retilíneos a incipientemente facetados em trapézios angulosos, com surgências hídricas abaixo dos altos flancos, reforçam o caráter ativo destes blocos. Em grande medida, tais fenômenos coincidem com mudanças na hierarquia fluvial, conforme pode ser visualizado no mapa de superfícies de base (figura 3), que permite, entre outras deduções diretas, reconhecer um bloco tectônico em soerguimento definido pelo horst da Serra do Ibitipoca (Bloco A) e um bloco intermontano (Bloco B) que se amplia na passagem do rio do Peixe, e que, embora apresente evidências de reativação, num contexto regional comporta uma série de minigrábens.

Os dois compartimentos identificados têm significado morfoestrutural e morfotectônico: (A) podem ser diferenciados por contato litológico entre quartzitos e xistos intercalados com litotipos majoritariamente gnáissicos, (B) bem como pelas evidências mais abundantes de esforços deformacionais neotectônicos no compartimento altimontano. Estes blocos são delimitados pelos escarpamentos da Serra do Ibitipoca, que, em seu conjunto, apresentaram um valor de Smf de 2,44 para as frentes escarpadas orientadas para leste, onde parte das cabeceiras do rio do Salto encontra-se alojada, e onde as escarpas estão mais preservadas. Os padrões de retilinidade/sinuosidade se mostraram variáveis ao longo da escarpa, com entrada erosiva agressiva do rio do Salto e seus afluentes, que demandam um nível de base estabelecido na faixa altimétrica de 700 m, logo, em um desnível superior a 800 metros em relação aos patamares mais elevados da bacia. É um valor considerado elevado para os padrões aferidos na Mantiqueira Meridional por Marques Neto (2012), e refletem a abertura do nível de base em demanda ao Oceano Atlântico comandado pelo rio Preto, o que, associado à formação de níveis de

base locais devidos ao controle ativo, catalisa sobremaneira a atividade de dissecação e o consequente retrabalhamento de frentes escarpadas.

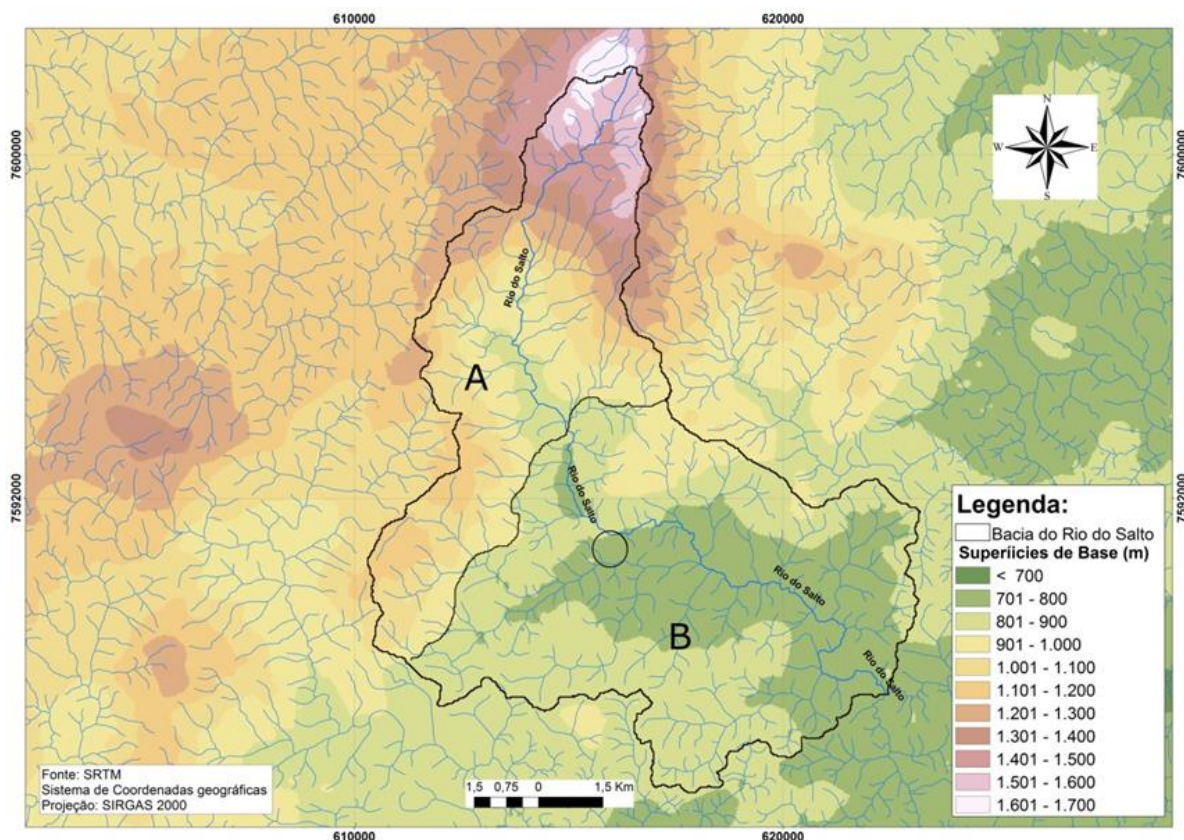


Figura 3 - Superfícies de base mensuradas para a bacia do rio do Salto e adjacências (captura do rio do Salto marcada com o círculo). (A) Bloco alto em soerguimento; (B) Bloco intermontano reativado.

Olhando o mapa de superfícies de base comparativamente ao perfil longitudinal, percebe-se que os sucessivos knickpoints de cimeira, posicionados nas faixas de 1500, 1400 e 1300 metros, bem marcados no perfil e com valores anômalos apontados pelo RDE, se ajustam a mudanças de classes de superfícies de base, com aproximação pronunciada das isobases em correspondência ao grande escarpamento que marca a passagem para o médio curso. É no domínio altimontano, concernente ao Bloco A, que as evidências de efeitos deformacionais neotectônicos são mais abundantes, e são dadas por anomalias de drenagem, capturas fluviais, vales encaixados e retilíneos, terraços soerguidos e retrabalhamento de depósitos, entre outras.

O bloco altimontano comporta importante estoque litológico quartzítico nesse ramo NE da Mantiqueira Meridional, e que na área de estudo apresenta mergulhos fracos a médios para NW e SE (figura 4). Afloramentos em extensas bancadas registram sistemas de juntas em orientação NE-SW, N-S e E-W, sugestivamente ligadas a campos de tensão neotectônicos, podendo se referir aos esforços transcorrentes dextrais E-W do

Pleistoceno-Holoceno e à compressão E-W do Holoceno, com geração de juntas ENE, conforme apontado por Silva e Mello (2011).



Figura 4 - Terrenos litólicos em quartzito de acamamento plano-paralelo e diaclasado por juntas perpendiculares e diagonais.

A passagem para o baixo curso, estabelecida a partir de um nível escarpado inferior, em torno de 800 metros de altitude, também é assinalada no mapa de superfícies de base, uma vez que também repercute em passagem de classe, e que coincide, por sinal, com a mudança de direção do rio do Salto. Esta reorientação abrupta está vinculada a uma captura levada a efeito por aflente da margem esquerda em função da expansão da drenagem a ele vinculada; a presença de vale cego (wind gap) de aproximadamente 300 metros de extensão e a posição altimétrica parelha à ocupada pelo córrego dos Lopes revela que o rio do Salto outrora se conectava ao canal retrocitado, rebaixado então à aflente da margem direita quando parte de seu curso foi capturado e se ajustou ao curso atual do rio do Salto. A própria bifurcação entre os dois canais que ocorre à jusante do ponto de captura mostra que a continuidade à montante do córrego dos Lopes se estabelece mediante ângulo mais aberto, sugerindo a continuidade pré-captura do canal principal. A área onde teria ocorrido o pirateamento das águas, logo à montante do wind gap, corresponde à passagem do canal por uma escarpa de falha normal, e o efeito de sua reativação na re-hierarquização da drenagem e expansão dos processos de captura é algo assaz plausível, até mesmo pela ocorrência de outros pontos de captura nesta estrutura reativada localizados além do perímetro da bacia.

A mudança de direção mencionada implica em sensível assimetria da margem esquerda para a bacia do rio do Salto (FABD = 60,77). Corresponde a um desvio abrupto

da direção NW-SE para um restrito segmento E-W que joga o canal mais próximo ao divisor da margem direita, e coincide com contato litológico entre quartzitos grosseiros e biotita-gnaisses, contexto interpretado por Heinek (1991) como uma zona de cisalhamento dúctil contracional de baixo ângulo. Ainda assim, a migração não é pronunciada, elevando sensivelmente os valores de FSTT, que, em geral, são baixos (quadro 1). O maior valor foi encontrado no alto curso, onde a migração em direção à margem direita é acentuada

Quadro 1: Valores de FSTT calculados para a bacia do rio do Salto.

Ponto de mensuração	D	D	FSTT
1	0,01	1,25	0,088
2	1,01	1,61	0,627
3	0,21	1,97	0,106
4	0,61	2,81	0,217
5	0,39	2,74	0,142
6	0,25	2,82	0,088
7	0,25	4,24	0,058
8	0,66	3,21	0,205
9	0,44	3,16	0,139
10	0,6	3,11	0,192

4.2. Os depósitos e suas relações com a tectônica recente

O rio do Salto intercala segmentos de canal encaixado com extensões de desenvolvimento de planície de inundação, interceptando blocos em movimento ascensional, bem como blocos em subsidência. Os encaixamentos ocorrem tanto por influência de falhas normais como transcorrentes, num padrão de expressão regional, e que, pelo menos no contexto da bacia do rio do Peixe, é praticamente onipresente. Com isso, os registros deposicionais em terraços são descontínuos, com fácies semelhantes, porém com uma tendência de frações arenosas mais significativas nos litotipos quartzíticos e coluvionamento mais intenso nos terrenos intermontanos. Regionalmente, a presença de minigrabens relacionados a blocos subsidentes tem propiciado algum aprisionamento sedimentar, mas que mantém o padrão descontínuo.

Em essência, os relevos tectônicos referentes aos grandes escarpamentos do Brasil Sudeste são domínios de forte denudação, o que não favorece a retenção sedimentar. Ainda assim, os movimentos ascencionais e as modificações nos níveis de base associadas tem levado a efeito a formação de terraços que preservam algum registro de processos mais recentes. Na área de estudo tais feições ocorrem em interessantes

manifestações nos compartimentos altimontanos, onde foram encontrados terraços abandonados por incisão fluvial com exposição de solos orgânicos.

O material de um desses terraços, concernente ao horizonte orgânico preservado, foi datado por Luminescência Opticamente Estimulada em 23.000 anos (\pm 3.440), indicando formação neopleistocênica (Marques Neto, 2023). No trecho em questão o rio do Salto se aproxima do divisor da margem direita, sugerindo o basculamento da margem oposta onde se localizam os terraços. Marques Neto (2023) interpretou que a gênese do terraço em questão está vinculada a uma captura ocorrida no alto curso do rio da Conceição, que drenava para a bacia do rio Grande, mas que foi abduzido por uma bacia captora pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul cujo nível de base de referência está quase 500 metros mais baixo, estabelecido na passagem do rio do Peixe. Esse rearranjo favoreceu o entrincheiramento do canal e o abandono dos horizontes orgânicos gerados no neopleistoceno nos níveis atuais, dinamizando o recuo das escarpas pelo remonte erosivo dos canais que demandam indiretamente o rio Paraíba do Sul.

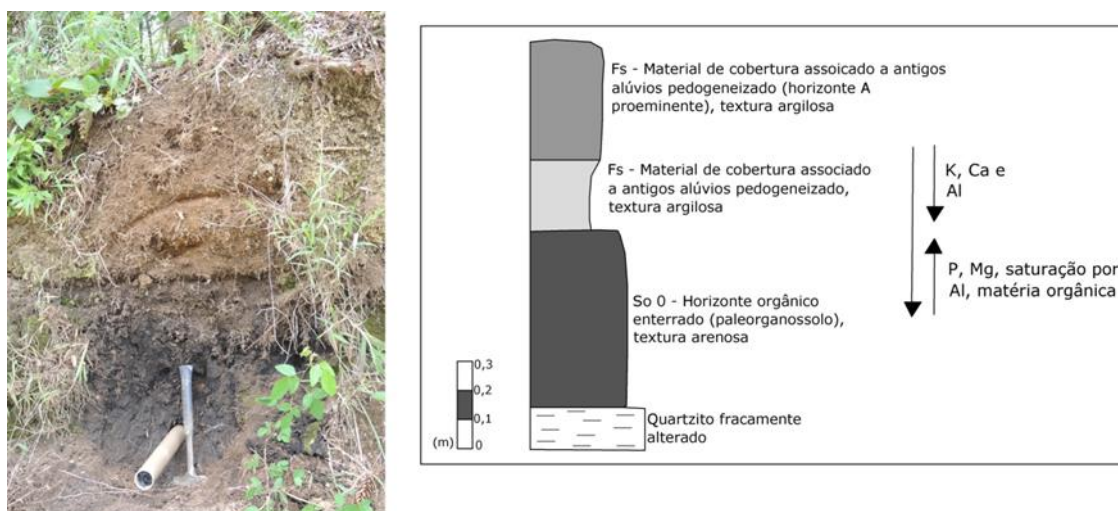


Figura 5 - Horizonte orgânico em terraço fluvial desnivelado da planície ativa inumado por material de cobertura. UTM: 611577/7598353. Altimetria: 1197 m.

O terraço se desenvolve descontinuamente e se encontra mais preservado na margem esquerda, uma vez que os depósitos foram mais intensamente retrabalhados na margem oposta, para a qual o canal migra nessa extensão do alto curso. Os horizontes orgânicos marcam paleosuperfícies planas neopleistocênicas, capeados por material de natureza alocíclica em parte oriundo de contribuição coluvionar, em parte por efeito de pedogênese sobreposta aos paleossolos, formando-se, sobre os mesmos, massas pedogeneizadas com teores consideráveis de matéria orgânica. O depósito apresenta três fácies distintas em parte já evoluindo para horizontes pedológicos em função da

pedogênese bem marcada nos materiais de cobertura, apresentando uma fácies superior pedogeneizada em material argiloso com significativo teor de matéria orgânica, evoluindo um horizonte A húmico sobreposto a um horizonte B pouco evoluído (fácies intermediária), com quantidades menores de matéria orgânica e macronutrientes. Na base do perfil, o horizonte orgânico enterrado estabelece contato abrupto e truncado com o material de recobrimento, com quantidades de fração arenosa e matéria orgânica distintamente superiores.

Como padrão geral, ocorre um aumento do teor de matéria orgânica do topo à base do perfil, acompanhado do aumento nos teores de fósforo e magnésio e de um sensível aumento do pH; na contramão, as quantidades de potássio, cálcio e alumínio são mais avantajadas na parte superior do perfil. A fácies intermediária, que corresponde a um horizonte B em formação inicial no contexto da transformação pedológica sobre o terraço, é a que apresenta as menores taxas de macronutrientes (exceção feita ao K) e de matéria orgânica, indicando uma zona de perda de elementos minerais e de ganho de material orgânico da fácies subjacente, uma vez que as taxas, embora menores entre as três fácies, não são desprezíveis. O teor de Fe é decrescente, com concentrações significativas na fácies emergente, revelando um ambiente atualmente oxidante e uma tendência à pedogênese latossólica sobre o terraço.

Quanto à granulometria dos materiais, os teores de argila decaem do topo à base, comportamento que é compensado pelo aumento da fração arenosa. Ainda assim, os teores de argila são significativos em todas as sequências deposicionais, sugerindo aloctonia para as coberturas deposicionais, uma vez que o substrato é dado por quartzito, cuja alteração resulta em materiais eminentemente arenosos. Corpos deposicionais foram provavelmente formados em ambiente de planície de inundação, onde evoluiu o horizonte orgânico, posteriormente pedogeneizado na medida em que os pacotes hidromorfizados foram sendo alçados acima de um nível de base em progressivo desnivelamento.

Sobre os terraços ainda ficaram preservados bolsões de matéria orgânica dispostos discordantemente sobre o quartzito alterado, com pouca interferência pedogenética, e que correspondem a prováveis paleoturfeiras formadas ao final do último estágio glacial, quando as condições térmicas mais frias devem ter favorecido a conservação da matéria orgânica, sobretudo nos terrenos altimontanos. O regime de soerguimento vigente nessas zonas de cisalhamento acelera o entalhe vertical e implica em reafeiçoamento desses terraços, muitos deles com afloramentos rochosos ou mesmo submetidos a processos de vertente. Depósitos com estas características são muito copiosos nas terras altas do

Brasil Sudeste, fundamentalmente nos horsts sob a influência do rifte continental, e idades semelhantes foram encontradas na região por Marques Neto (2012; 2023). Registram uma importante fase deformacional nos terrenos sob a influência do sistema rifte continental, cronologicamente posicionada entre o final do Pleistoceno e início do Holoceno, conforme defendido por Riccomini *et al.* (2004) e Silva e Mello (2011), marcada por transcorrência dextral E-W e compressão NW-SE.

Embora não tenham sido encontrados horizontes orgânicos nos compartimentos de litologias gnáissico-migmatíticas e xistosas, o entalhe vertical se mostra agressivo nesses terrenos, com exposição de diques e abrasão dos sedimentos outrora depositados e atualmente expostos pelos esforços epirogenéticos regionais. Além disso, ainda no contexto regional e para além da área de estudo, Gleissolos e Organossolos soerguidos similares aos datados para a bacia do rio do Salto são conspícuos nos compartimentos rebaixados de morrarias mamelonares, revelando efeitos diastróficos além dos terrenos altimontanos definidos pelas principais zonas de cisalhamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A respeito das respostas obtidas pela aplicação dos recursos metodológicos acionados, conclui-se que o conjunto dos resultados gerou informações de base de valiosa importância para a interpretação do quadro morfotectônico e do papel da tectônica cenozoica na evolução do relevo. Os parâmetros apresentados e discutidos são passíveis de representação cartográfica, fundamentalmente por procedimentos de interpolação, conforme o mapa de superfícies de base apresentado, contribuindo para a espacialização dos efeitos diastróficos neotectônicos e subsidiando as campanhas prospectivas voltadas para a análise de falhas e juntas em campo.

Inequivocamente, a bacia do rio do Salto é fortemente representativa de um quadro geodinâmico regional que se estabelece nas faixas móveis das bordas cratônicas. Padrões como a intercalação de trechos encaixados e tendencialmente retilíneos e extensões de vales mais abertos, com formação de modelados de agradação e paleoformas em meandros abandonados, normalmente correspondem, respectivamente, a blocos em soerguimento e subsidência, e perfazem um arranjo de grande tipicidade regional, aderida pelo rio do Peixe e deveras copiosa nas faixas submetidas a um maior controle estrutural do Sul de Minas e da Zona da Mata Mineira. Em última instância, a interpretação do relevo e da drenagem em espacialidades específicas assume a mesma ordem de valia das interpretações de cunho regional, revelando grande eficiência na

geração de informações mais detalhadas e pontuais do quadro neotectônico vigente, especificamente nas áreas sob a influência do rifte sudeste.

Cada vez mais se faz imperiosa a necessidade de dados absolutos para interpretações mais detalhadas do quadro neotectônico e para o estabelecimento de correlações regionais coerentes, colocando em relevo a importância da geocronologia para estudos nessa linha. Tal expediente, aplicado ao presente estudo de caso, abriu duas visadas complementares: (1) a interpretação de aspectos da cronologia da neotectônica local a partir de correlações com campos de tensão definidos na pesquisa e literatura; (2) o estabelecimento de correlações com datações regionais a suprarregionais, acrescentando dados de forma congruente à cronologia dos terraços nos terrenos intracratônicos intertropicais.

Por fim, a bacia do rio do Salto é representativa do contexto regional, apresentando características geomorfométricas similares às bacias de baixa ordem da Mantiqueira Meridional, ainda que esteja posicionada nos terrenos limítrofes entre o ramo Meridional e o Setentrional. Embora pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul, seu baixo nível hierárquico define aspectos morfológicos, morfométricos e morfotectônicos que se afiliam aqueles concernentes às bacias de baixa ordem da Mantiqueira Meridional.

REFERÊNCIAS

BARRETO, A. M. F.; BEZERRA, F. H. R.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; GIANINNI, P. C. F. Geologia e geomorfologia do Quaternário costeiro do estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2004.

BULL, W. B.; WALLACE, R. E. Tectonic geomorphology. **Geology**, Penrose Conference Report, 1985. 216p.

CORRÊA, A. C. B.; ESPÍNDOLA, C. R. MENDES, I. A. Avaliação da dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, nordeste do Brasil, com base no método de datação da luminescência opticamente estimulada (LOE). In: GERARDI, L. H. O.; MENDES, I. A. (Org.) **Do natural, do social e de suas interações**: visões geográficas. Rio Claro: UNESP, AGETEO, p. 41-57, 2002.

COX, R. T. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. **Geological Society of America Bulletin**, v. 106, n. 5, p. 571-581, mai. 1994.

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

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

GARROTE, J.; HEYDT, G. G.; COX, R. T. Multi-stream order analyses in basin asymmetry: a tool to discriminate the influence of neotectonics in fluvial landscape development (Madrid basin, Central Spain). **Geomorphology**, v. 102, n. 1, p. 130-144, 2008.

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

GOLTS, S.; ROSENTHAL, E. A morphotectonic map of the northern Arava in Israel, derived from isobase lines. **Geomorphology**, v. 7, p. 305-315, 1993.

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

HARE, P. W.; GARDNER, I. W. **Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins**. In: Annual Binghamton Geomorphology Symposium. Boston, 1985.

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

HIRUMA, S. T.; RICCOMINI, C. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, USP, v. 20, n. 1/2, p. 5-19, 1999.

IKIHARA, E. G.; McKEEVER, S. W. S. **Optically Simulated Luminescence: fundamentals and applications**. John Wiley & Sons, 2011.

JACOBS, Z.; ROBERTS, R. G. Advances in optically stimulated luminescence dating of individual grains of quartz from archeological deposits. **Evolutionary Anthropology**, v. 1, n. 6, p. 210-223, 2007.

JACQUES, P. D.; SALVADOR, E. D.; MACHADO, R.; GROHMANN, C. H.; NUMMER, A. R., Application of morphometry in neotectonic studies at the eastern edge of the Paraná Basin, Santa Catarina State, Brazil. **Geomorphology**. v. 213, n. 10, 2014.

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

MacMILLAN, R. A.; SHARY, P. A. Landforms and landform elements in geomorphometry. **Developments in Soil Science**, v. 33, p. 227-254, 2009.

MARQUES NETO, R. **Estudo evolutivo do sistema morfoclimático e morfotectônico da bacia do Rio Verde (MG), sudeste do Brasil**. 2012. 430 f. Tese (Doutorado em

Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

MARQUES NETO, R. Terraces and fluvial incision in great passive margin escarpments: genetic and geochronological aspects. **Geosp**, v. 27, n. 3, p. 1-26, 2023.

MIALL, A. D. **Principles of sedimentary basin analysis**. New York, Springer Verlag, 1984.

_____. Architectural element analysis: a new method of fácies analysis applied to fluvial deposits. **Earth Science Reviews**, Amsterdã, v. 22, n. 4, p. 261-308, 1985.

_____. **Analysis of fluvial depositional systems**. 2° ed. Bookstore: Oklahoma, 1986.

MURRAY, A. S.; OLLEY, J. M. Precision and accuracy in the optically stimulated luminescence dating of sedimentary quartz: a status review. **Geochronometria**, v. 21, p. 1-16, 2002.

PIKE, R. J. Geomorphometry: diversity in quantitative surface analysis. **Progress in Physical Geography**, v. 24, n. 1, p. 1-20, 2000.

PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. Neotectônica e evolução do relevo na região da Serra de São Pedro e do baixo rio Piracicaba/sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 4, p. 593-613, 2015.

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

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

SALLUN, A. E. M. **Aloformação Paranavaí**: depósitos coluviais quaternários da bacia hidrográfica do alto Rio Paraná (SP, PR e MS). São Paulo, 2007. 176 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

_____; SUGUIO, K.; STEVAUX, J. C. Proposição formal do Alogruppo Alto Rio Paraná (SP, PR e MS). **Revista do Instituto de Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 49-70, 2007.

_____; SUGUIO, K.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; SANTOS, J.; BARRETO, A. M. F. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 37, n. 2, p. 402-413, 2007.

SALVADOR, E. D; PIMENTEL, J. Avaliação da neotectônica no município de Angra dos Reis, setor sul-fluminense da Serra do Mar, com base em mapas morfométricos gerados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 3347-3354.

SEEBER, L; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, v. 2, p. 335-367, 1983.

SILVA, F. P. **Análise morfotectônica comparativa entre os setores meridional e setentrional da Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil**. 2023. 165 f. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

SILVA, T. P.; MELLO, C. L. Reativações neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (sudeste do Brasil). **Revista do Instituto de Geociências**, v. 11, n. 1, p. 95-111, 2011.

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

SOARES, E. A. A. **Depósitos pleistocênicos na região de confluência dos rios Negro e Solimões, Amazonas**. 2007. 205 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SOUZA, A. O.; PEREZ FILHO, A. Processos, ambientes deposicionais e geocronologias das coberturas superficiais sobre aplainamentos neogênicos e terraços fluviais na bacia do ribeirão Araquá, Depressão Periférica Paulista. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 107-126, 2018.

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

SUGUIO, K.; RICCOMINI, C.; SALLUN, A. E. M.; SALLUN FILHO, W.; ARONCHI NETO, P. Provável significado de idades LOE (Luminescência Opticamente Estimulada) da Formação Itaquaquecetuba, SP. **Revista do Instituto de Geociências**. São Paulo, v. 10, n. 3, p. 49-53, 2010.

TATUMI, S. H.; SILVA, L. P.; PIRES, E. L.; ROSSETI, D. F.; GOES, A. M.; MUNITA, C. S. Datação de sedimentos pós-Barreiras no Norte do Brasil: implicações paleogeográficas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 3, p. 514-524, 2008.

Recebido: 20/12/2025

Aceito: 05/01/2026