

REFLEXÕES SOBRE A GÊNESE DA SERRA GERAL E DA DEPRESSÃO PERIFÉRICA PAULISTA:  
O EXEMPLO DA REGIÃO DA SERRA DE SÃO PEDRO E DO BAIXO PIRACICABA, SPMarcos Roberto PINHEIRO  
José Pereira de QUEIROZ NETO

## RESUMO

A gênese da Serra Geral e da Depressão Periférica Paulista consiste em um problema fundamental do relevo paulista e embora seja alvo de estudos desde a década de 20 do século passado, sua resolução ainda permanece longe de qualquer consenso. As pesquisas destacam os condicionantes erosivos e tectônicos na formação dessas áreas, porém algumas das hipóteses levantadas apresentam pouca sustentação frente aos estudos atuais. Este trabalho analisa a pertinência de uma hipótese sobre a gênese da Serra de São Pedro, nome regional da Serra Geral, no contexto da formação da Serra Geral como um todo. Os resultados apontam para a hipótese clássica da origem erosiva da Serra de São Pedro a partir da escavação da Depressão Periférica Paulista pela rede hidrográfica instalada nas grandes linhas estruturais antigas reativadas com a fragmentação gondwânica. O início da escavação da depressão e a formação de uma proto-escarpa da Serra de São Pedro teriam acontecido entre o Paleoceno e o Eoceno num clima úmido, após a deposição da Formação Itaqueri e do estabelecimento da Superfície das Cristas Médias, tendo sido a configuração geomorfológica dessas áreas modificada pela atividade neotectônica. Nesse contexto, estaria confirmada a proposta de Margarida Penteado que, nesse cenário de gênese híbrida entre erosão e tectônica, classificou a área como uma cuesta complexa.

*Palavras-chave:* Serra de São Pedro, Depressão Periférica Paulista, Cuesta, Geomorfologia.

## ABSTRACT

REFLECTIONS ON THE GENESIS OF THE SERRA GERAL AND THE PAULISTA PERIPHERAL DEPRESSION: THE EXAMPLE OF THE REGION OF SÃO PEDRO AND THE LOWER PIRACICABA RIVER, SP. The genesis of the Serra Geral Ridge and Paulista Peripheral Depression has been a fundamental problem regarding the landforms of the State of São Paulo since the 1920s, and a final solution is still far from any consensus. Previous studies highlight erosional and tectonic factors related to the formation of these areas; however current research has shown that several hypotheses are only feebly supported. In this sense, this study presents an hypothesis on the genesis of the São Pedro Ridge, regional name of Serra Geral, and tests the validity of this proposition in the context of the formation of the Serra Geral Ridge as a whole. The results point to the hypothesis of an origin for the São Pedro Ridge by erosion as a consequence of the excavation process of the Paulista Peripheral Depression. This process took place with the establishment of large drainage patterns upon old structural lines that were reactivated during fragmentation of Gondwana. This excavation process and the formation of the proto-escarpment of the São Pedro Ridge must have begun between the Paleocene and Eocene, under a wet climate, after deposition of the Itaqueri Formation and establishment of the Cristas Médias Surface, having the geomorphological configuration of these areas transformed by neotectonic activity. Thus, this research confirms Margarida Penteado's proposition that the São Pedro Ridge had a hybrid erosional/tectonic genesis, which qualifies it as a complex cuesta.

*Keywords:* São Pedro Ridge, Paulista Peripheral Depression, Cuesta, Geomorphology.

## 1 INTRODUÇÃO

A origem das cuestas arenítico-basálticas da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo e a gênese da Depressão Periférica Paulista constituem problemas fundamentais para a compreensão da geomorfologia do Estado de São Paulo. As interpretações mais aceitas para a origem dessas áreas apontam a erosão diferencial como elemento fundamental da gênese do relevo, embora o aspecto geometrizado da Serra Geral, nome genérico da região das cuestas, e o traçado retificado ou com nítidas inflexões das drenagens da Depressão Periférica insinuem um controle tectônico da configuração geomorfológica.

Desde 1927, quando Pierre Denis fez a provável primeira menção às cuestas do contato do Planalto Ocidental – Depressão Periférica Paulista, sucederam-se inúmeros estudos destacando os aspectos erosivos e a influência estrutural na gênese da região. Até meados dos anos 70 do século XX a maior parte dos trabalhos focava sobretudo a importância do sistema fluvial e das variações litológicas na gênese dessas áreas, como os trabalhos de DU TOIT & REED (1927), MORAES REGO (1932), JAMES (1942, 1946), AB’SÁBER (1949, 1965, 1969), ALMEIDA (1949, 1964), SOARES (1973), SOARES & LANDIM (1976), DIAS FERREIRA (1978) e QUEIROZ NETO & JOURNAUX (1978). Destas pesquisas destacam-se as de AB’SÁBER (1949, 1965, 1969), para quem as cuestas constituiriam relevos provenientes da erosão diferencial e a Depressão Periférica seria decorrente de processos de circundesnudação marginal ocorrida em clima úmido pelo trabalho erosivo de grandes linhas de drenagens lineares, com período de maior escavação no Plioceno.

Em contrapartida, muitos outros trabalhos destacaram também o controle estrutural na gênese dessas áreas, como MACK (1947), GUTMANS (1949), FREITAS (1955), FULFARO *et al.* (1967), PENTEADO (1968, 1976), MENDES & FULFARO (1968), BJÖRNBERG *et al.* (1968, 1971), BJÖRNBERG (1969), BARRETO (1970), FREITAS *et al.* (1979), VIEIRA (1982), FULFARO & BARCELOS (1989), MELO (1995), RICCOMINI (1995, 1997), LADEIRA & SANTOS (1996), MELO *et al.* (1997), FACINCANI (2000), NASCIMENTO *et al.* (2003), MORALES (2005), SANTOS & LADEIRA (2006) e PINHEIRO (2014). Dentre estes, destaca-se o trabalho de FREITAS (1955), para quem a Serra Geral constituiria uma verdadeira escarpa de linha de falha que teria sido posteriormente retrabalhada pela erosão. Na visão do autor, a falha seria pré-cretácea e do tipo normal, com bloco baixo no atual topo da Serra Geral, enquanto que o bloco alto comporia a Depressão

Periférica. Essa situação teria sido descaracterizada por um mecanismo de inversão de relevo decorrente da erosão pós-cretácea. Complementando as ideias do autor, VIEIRA (1982) levanta a hipótese de que, no contexto do afundamento da borda nordeste da Bacia do Paraná, a ocorrência dessas falhas de gravidade mergulhando de leste para oeste teria dado origem à Depressão Periférica Paulista.

Na tese de doutoramento do autor principal deste artigo, a qual tratou da morfotectônica da região da Serra de São Pedro (PINHEIRO 2014), nome regional dado à Serra Geral e que constitui um dos trechos mais típicos do relevo de cuesta no Estado de São Paulo, foram apontadas claras evidências de atividade neotectônica na área, que influenciou na configuração geomorfológica da região, sobretudo na rede hidrográfica e na forma como se dá a dissecação do relevo. Embora se trate de uma pesquisa voltada para as evidências de atividade da tectônica moderna (Neógeno-Quaternário), seus resultados suscitaram muitas questões sobre a influência de eventos mais antigos na gênese da região, remetendo a reflexões sobre a origem de toda a Serra Geral e da Depressão Periférica Paulista.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é expor uma hipótese sobre a gênese da Serra de São Pedro e analisar a pertinência dessa proposta no contexto da Serra Geral como um todo, resgatando e discutindo as propostas clássicas apresentadas por AB’SÁBER (1965 e 1969), FREITAS (1955), PENTEADO (1968, 1976) e VIEIRA (1982).

## 2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

A região da Serra de São Pedro está situada na borda nordeste da Bacia do Paraná, que consiste numa extensa área de sedimentação na porção centro-oriental da América do Sul e é composta por mais de 5.000 m de sedimentos depositados em ambientes diversos desde o Neo-Ordoviciano ao Neo-Cretáceo, além de derrames vulcânicos e intrusões de rochas básicas e alcalinas (MILANI & RAMOS 1998).

A região nordeste desta grande unidade geotectônica dentro do território paulista é dividida em duas morfoestruturas (ROSS & MOROZ 1997): Planalto Ocidental e Depressão Periférica Paulista (Figura 1). A primeira consiste numa grande zona de relevo suave composta por colinas, morros baixos e eventuais serras, sendo sustentada por derrames basálticos eocretáceos (RENNE *et al.* 1992, THIEDE & VASCONCELOS 2010) da Formação Serra Geral, arenitos eocretáceos (SCHERER 1998) eólicos finos da Formação Botucatu e arenitos finos a grossos do Grupo Bauru (Cretáceo). Na borda deste planalto, sob os derrames basálticos e os arenitos Botucatu, são encontrados ainda siltitos, folhelhos e arenitos finos

a grossos eventualmente encouraçados por óxidos e hidróxidos de ferro ou sílica, todos atribuídos às formações Itaqueri (ALMEIDA & BARBOSA 1953) e Marília (ALMEIDA *et al* 1981). A altimetria média da borda do planalto é de aproximadamente 900 m, com variações locais, e seria equivalente ao nível da Superfície das Cristas Médias, definida por DE MARTONNE (1940). Este nível seria equivalente à Superfície Sulamericana de KING (1956) e Superfície Japi de ALMEIDA (1964).

A Depressão Periférica Paulista corresponde a uma extensa zona deprimida situada entre o Planalto Ocidental, a oeste, e o Planalto Atlântico

a leste (ROSS & MOROZ 1997), se estendendo desde o Alinhamento do Paranapanema, a sul, na divisa entre os estados de São Paulo e Paraná, até o alinhamento do Rio Grande (VIEIRA 1982), entre São Paulo e Minas Gerais. Ela apresenta um relevo predominantemente colinoso e suave esculpido em rochas sedimentares paleozoicas e eomesozoicas, além de morros e serras isolados associados a intrusões de diabásio e falhas. O nível geral do topo das colinas é de aproximadamente 620 m e corresponderia à Superfície Neogênica (DE MARTONNE 1940), que equivale à Superfície Velhas de KING (1956) e Alto Tietê de ALMEIDA (1964).

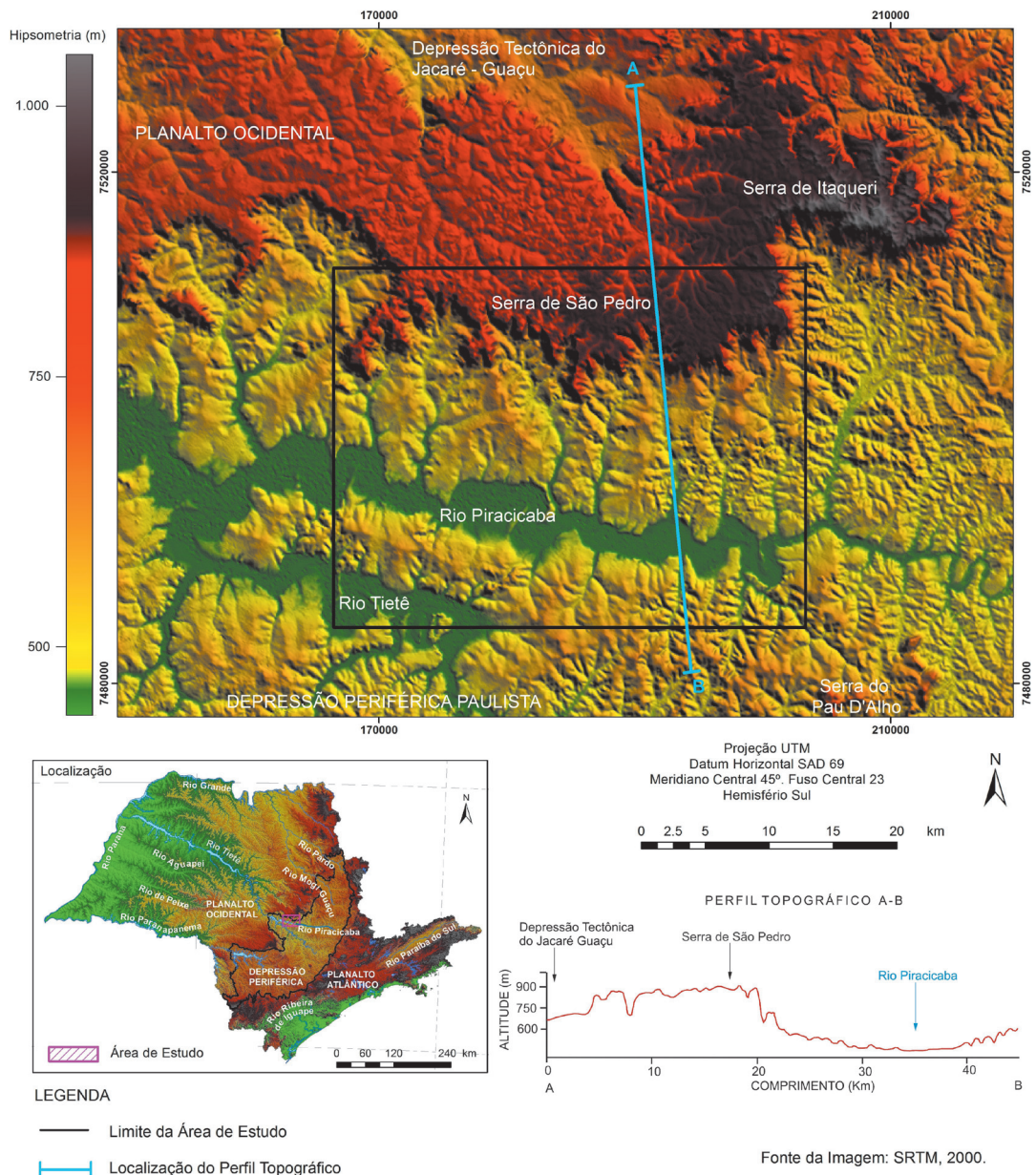


FIGURA 1 – Mapa de localização e perfil topográfico da área de estudo.

Na transição destas duas grandes unidades geomorfológicas, o planalto e a depressão, se forma um relevo dissimétrico constituído por uma vertente íngreme na frente escarpada e uma rampa suave no reverso (perfil topográfico da figura 1), compondo uma feição geomorfológica chamada de relevo de cuestas. Como ressaltado por ALMEIDA (1964), as cuestas da Serra Geral apresentam sua forma mais típica e preservada na região do Parapanema, enquanto na zona do Mogi-Guaçu, no norte do Estado, ela já estaria mais descaracterizada pelo avanço da erosão. As cuestas da zona do Médio Tietê, região central do Estado de São Paulo, estariam num estágio evolutivo intermediário entre essas duas regiões.

A região da Serra de São Pedro apresenta características elucidativas do cenário descrito acima (Figuras 1, 2): o reverso é constituído por um relevo suave de colinas e morrotes sustentados pela Formação Itaqueri e uma delgada camada de depósitos neocenozóicos arenosos a areno-argilosos com linhas de seixos, enquanto a escarpa apresenta declividades elevadas, sobretudo no interior de grandes anfiteatros. A escarpa é sustentada por uma alternância de arenitos da Formação Botucatu, basaltos e eventuais intrusões de diabásio (Formação Serra Geral); apresenta nítida orientação WNW-ESE e W-E, embora sua morfologia seja amplamente festonada em decorrência do entalhe das drenagens afluentes do Rio Piracicaba. À frente da escarpa encontram-se colinas amplas e alongadas chamadas de glaciais (QUEIROZ NETO &

JOURNAUX 1978) desenvolvidas sobre arenitos finos a conglomeráticos da Formação Pirambóia (Triássico) e depósitos neocenozóicos arenosos e sem estrutura que recobrem o topo dos interflúvios. Esses interflúvios são cortados por 7 canais de drenagem que nascem no topo da Serra de São Pedro, descem a escarpa, cruzam as colinas amplas e deságuam no Rio Piracicaba. Este rio obedece à mesma orientação da escarpa e corta a área seguindo um padrão de meandros encaixados nas rochas sedimentares permianas até a desembocadura do Ribeirão Vermelho, a partir do qual se estabelece uma larga planície meândrica com canais divagantes, leitos móveis e pelo menos dois níveis de terraços quaternários principais. Outros prováveis dois níveis de terraços fluviais residuais situam-se na borda do glaciais e testemunham antigos planos aluviais do Rio Piracicaba.

Por fim, com relação aos aspectos tectônicos, salienta-se que a região da Serra de São Pedro é cortada por duas grandes estruturas: o Lineamento Santa Maria Cabreúva (NW-SE), definido por PIRES NETO (1996), e o Alinhamento do Tietê (NW-SE), assinalado por COIMBRA *et al.* (1977) e RICCOMINI (1995). Essas estruturas atingem inclusive o embasamento cristalino e consistem em largas faixas de lineamentos que apresentaram comportamento variado ao longo do tempo geológico, com provável atividade de falhas normais e inversas do Cretáceo ao Paleógeno e predomínio de transcorrências a partir do Neógeno (Neotectônica).



FIGURA 2 – Vista geral da Serra de São Pedro e Depressão Periférica Paulista.

### 3 GÊNESE DA SERRA DE SÃO PEDRO E DEPRESSÃO PERIFÉRICA PAULISTA: TECTÔNICA *VERSUS* EROSÃO

A compreensão do contexto geológico e geotectônico do sudeste do Brasil desde o Eocretáceo é chave para o entendimento da formação da Depressão Periférica Paulista. Nesse sentido, um fenômeno ocorrido no final do Mesozoico e início do Cenozoico assume papel determinante na evolução geomorfológica da região: a ascensão da borda nordeste da Bacia do Paraná e de toda faixa atlântica do estado de São Paulo. Inferida nos estudos pioneiros de ASMUS & FERRARI (1978), VIEIRA (1982), ALMEIDA & CARNEIRO (1998) e confirmada pelas datações por traços de fissão de apatita dos estudos mais recentes (TELLO SAENZ *et al.* 2003, RIBEIRO *et al.* 2005, GODOY *et al.* 2006), a ascensão dessa grande área ocorreu do Neocretáceo ao início do Paleógeno, criando condições para a dissecação das zonas limítrofes da bacia, compostas por rochas sedimentares paleozoicas, e regiões vizinhas sustentadas por rochas cristalinas.

Parte dos sedimentos erodidos dessas áreas foi carregada e depositada na Bacia do Paraná em ambiente de leques aluviais (RICCOMINI 1997), sendo posteriormente cimentados por ferro e sílica,

dando origem à Formação Itaqueri, o que é coerente com os estudos de ALMEIDA & BARBOSA (1953), que verificaram a presença de seixos de folhelhos da Formação Estrada Nova nos depósitos da Itaqueri. Ainda que a idade desta formação não seja um consenso (Neo-Cretáceo: ALMEIDA & BARBOSA 1953; BARCELOS *et al.* 1983; FULFARO *et al.* 1983; Paleoceno: RICCOMINI 1995 e 1997; FULFARO & PERINOTTO 1996; Eoceno: RICCOMINI 1995), sua posição topográfica atual, no topo de vários trechos da Serra Geral, cerca de 300 a 400 m acima do nível atual da Depressão Periférica, constitui um registro do último grande evento deposicional anterior à escavação desta unidade.

Partindo desse cenário e considerando as variações paleoclimáticas globais cenozoicas (Tabela 1) expostas por ZACHOS *et al.* (2001), levanta-se a hipótese de que a primeira fase de escavação da Depressão Periférica teria sido iniciada no Paleógeno, entre o final do Paleoceno e início do Eoceno, pós-sedimentação da Formação Itaqueri e formação da Superfície das Cristas Médias, em um clima mais quente e, segundo SALGADO-LABOURIAU (1994), possivelmente úmido, que teria propiciado a formação dos grandes rios consequentes e um avanço da dissecação da borda NE da Bacia do Paraná.

TABELA 1 – Clima global durante o Cenozóico. Adaptado de ZACHOS *et al.* (2001).

<i>Período</i>	<i>Época</i>	<i>Clima</i>
<i>Paleógeno</i>	Médio Paleoceno (59 Ma) ao Baixo Eoceno ( $\pm 52$ Ma)	Temperatura em elevação. Pico climático entre 52 e 50 Ma
	Baixo ou médio Eoceno (50 a 48 Ma) ao baixo Oligoceno (35 a 34 Ma)	Longa tendência de resfriamento
	Baixo Oligoceno, entre 33 Ma e 27 – 26 Ma	Temperatura baixa, com expansão do gelo antártico.
<i>Paleógeno - Neógeno</i>	Alto Oligoceno ( $\pm 25$ Ma) ao médio Mioceno ( $\pm 15$ Ma)	Aumento da temperatura, exceto em períodos de breves glaciações na transição do Oligoceno para o Mioceno. Ótimo climático entre 17 e 15 Ma
<i>Neógeno</i>	Médio Mioceno ( $\pm 15$ Ma) até o baixo Plioceno.	Tendência de resfriamento com expansão do gelo na Antártida Ocidental e Ártico.
	Baixo Plioceno ao alto Plioceno ( $\pm 3.2$ Ma)	Tendência de aumento da temperatura

As grandes linhas de drenagem consequentes do estado (Parapanema, Tietê, Mogi-Guaçu e Pardo) teriam se estabelecido em grandes alinhamentos tectônicos antigos (pré-cambrianos) reativados devido à fragmentação da Gondwana e abertura do Atlântico Sul, enquanto a partir do baixo Eoceno teriam se formado também as drenagens regionais mais importantes (Piracicaba, Peixe, Paraíba do Sul, Aguapeí, Sapucaí, entre outros) associadas a outras grandes estruturas, formando o arranjo inicial da Serra Geral. Com a instalação de um clima global mais frio (ZACKOS *et al.* 2001) e provavelmente mais seco entre o baixo ou médio Eoceno e o baixo Oligoceno, teria ocorrido uma fase de aplainamento generalizado na área, que durante o alto Oligoceno e médio Mioceno seria novamente dissecada em um clima mais quente e possivelmente mais úmido.

A região da Serra de São Pedro e do baixo Piracicaba constitui um exemplo didático desse quadro geral: é provável que este trecho da Serra Geral tivesse como seu ponto inicial e mais avançado o Rio Piracicaba, cujo trabalho erosivo inicial deu origem a uma proto-escarpa (Figura 3A). Com o avanço da principal fase de dissecção na Depressão Periférica até o Plioceno, tal como defendido por AB'SÁBER (1949, 1965, 1969), a Serra já apresentaria um desnível altimétrico próximo do atual (cerca de 250 m), embora se situasse muito mais próxima do Rio Piracicaba. O recuo da escarpa da Serra ocorreu por ação conjunta de grandes deslizamentos e quedas de blocos em climas mais secos e avanço da dissecção fluvial e alteração das rochas e depósitos nos climas mais úmidos, o que confere à morfologia da Serra de São Pedro um caráter absolutamente poligênico.

Enquanto na margem direita do Rio Piracicaba se encontra a Serra de São Pedro, na margem esquerda o relevo é bastante suave. Essa dissimetria pode ser explicada por uma erosão mais acelerada na margem esquerda, uma vez que ela constitui parte de um interflúvio estreito que separa duas grandes drenagens regionais: o Piracicaba e o Tietê (Figura 1). Quando a incisão do Rio Piracicaba deu origem à proto-escarpa da Serra de São Pedro na margem direita, havia possivelmente uma feição análoga na margem esquerda, que posteriormente foi destruída pelo avanço da dissecção não apenas do Piracicaba e seus afluentes como também do próprio Tietê (Figura 3A, B, C). Não fosse esse avanço maior da dissecção, o interflúvio Piracicaba-Tietê seria hoje um verdadeiro planalto residual com altimetria equivalente à do Planalto Ocidental e possivelmente recoberto pela Formação Itaqueri.

Em detrimento dessa hipótese de gênese erosiva para a Serra de São Pedro, FREITAS (1955) é o único a defender que além desta serra, outros trechos da Serra Geral (Serras de Itaqueri, Botucatu, Cuscuzeiro, Fartura e Avaré) seriam escarpas de linha de falha (falhas normais). Para o autor, essas serras seriam fruto de atividade tectônica pré-cretácea e erosão pós-cretácea. Posteriormente, reforçando a influência das falhas normais na gênese da Depressão Periférica, FREITAS *et al.* (1979) sustentaram que esta surgiria entre o Paleoceno e o Oligoceno, a partir de uma série de grabens que teriam sido entulhados pelos materiais que integram as Formações Rio Claro e Piraçununga.

Essas hipóteses de Freitas e seus colaboradores apresentam muitos problemas frente aos dados atuais. As movimentações verticais das estruturas implicariam em expressivas perturbações da coluna estratigráfica em grande parte da Depressão Periférica, o que não se verificou na região de São Pedro, hipótese, portanto, inviável neste setor (Figura 4). Embora no Mapa Geológico do Estado de São Paulo (ALMEIDA *et al.* 1981) observem-se inúmeras falhas normais na Depressão Periférica, sobretudo nos trechos em que afloram as rochas dos grupos Passa Dois e São Bento, elas não apresentam grande continuidade espacial, não permitindo associá-las de forma direta à formação da Serra Geral, exceto em situações pontuais. Além disso, embora as formações Rio Claro e Piraçununga sejam de fato decorrentes de atividade tectônica que causou o barramento de canais de drenagem e propiciou a sedimentação (MELO 1995, MELO *et al.* 1997), as datações absolutas recentes feitas por termoluminescência (TL) nessas formações mostram que esses materiais não ultrapassam os 750 mil anos AP (FERREIRA & CHANG 2008), situando-os no Pleistoceno, portanto muito depois da idade inferida por FREITAS *et al.* (1979) para essas formações e a tectônica que as teriam gerado.

Em detrimento da hipótese defendida por FREITAS (1955) sobre a atuação de falhas normais, as pesquisas de RICCOMINI (1995, 1997), LADEIRA & SANTOS (1996), FACINCANI (2000) e SANTOS & LADEIRA (2006) destacam a influência da atividade de falhas direcionais na compartimentação geomorfológica da Serra Geral. Essas transcorrências correspondem a reativações de antigas estruturas que deformaram os depósitos da Formação Itaqueri e os testemunhos da Superfície das Cristas Médias, sendo fundamentais na configuração geomorfológica atual do topo das serras de São Pedro e Itaqueri. Contudo, em nossa opinião, não haveria influência direta da atividade

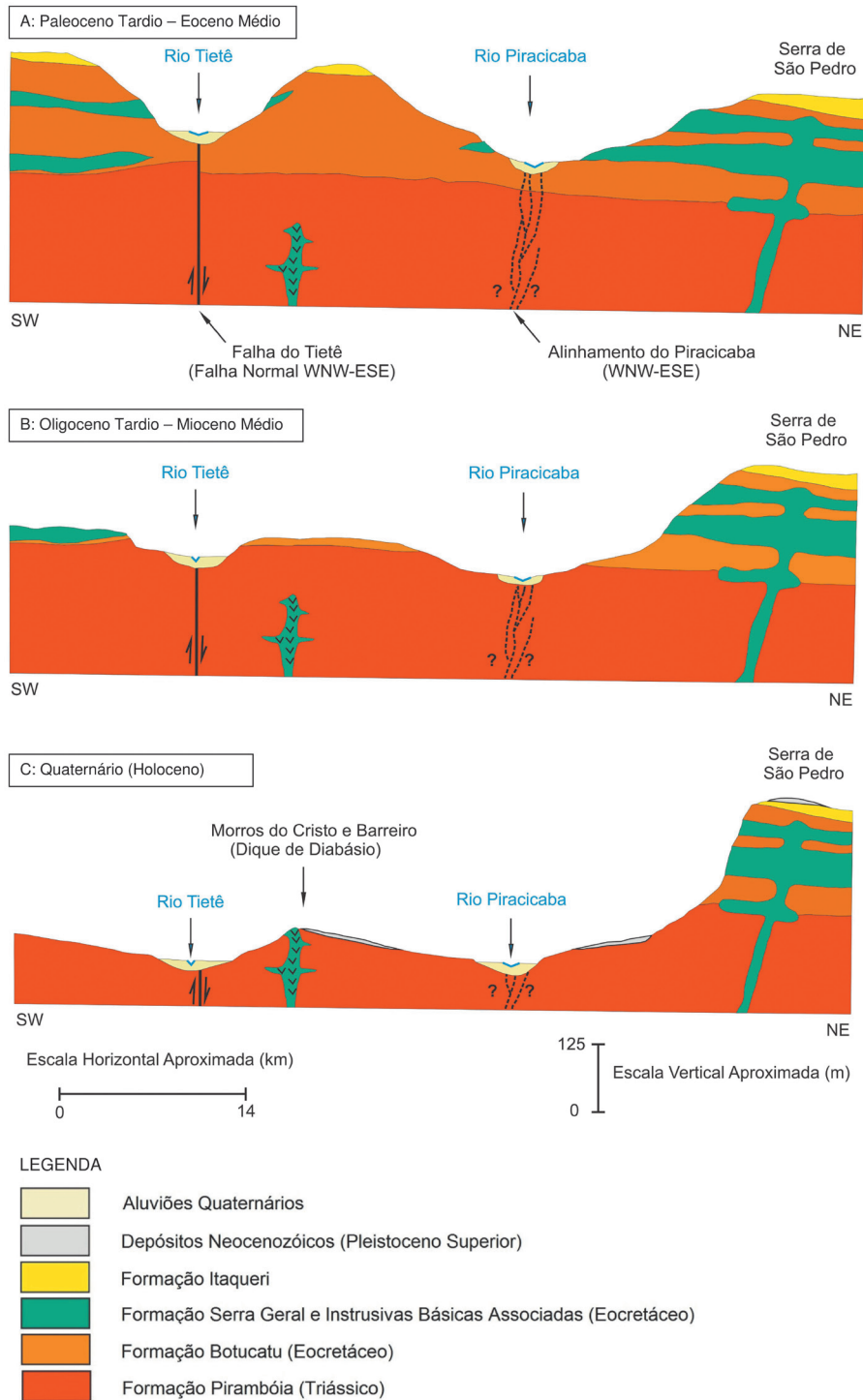


FIGURA 3 – Perfil esquemático (NE-SW) da gênese e evolução da Depressão Periférica e Serra de São Pedro na área de estudo.

dessas falhas no pulso inicial que deu origem à serra, uma vez que a reativação delas teria ocorrido no regime tectônico vigente, provavelmente no Quaternário (RICCOMINI 1997), portanto posterior à formação da Serra Geral. Apesar disso, não há dúvidas de que essas estruturas exerceram influência indireta importante na conformação atual da Serra, uma vez que se comportaram como planos favoráveis à dissecação do relevo da área, e sua atividade moderna teria influenciado na formação do Alto Estrutural de Pitanga (RICCOMINI 1995, SIQUEIRA 2011) e da Bacia de Rio Claro (MELO 1995, MELO *et al.* 1997).

Nesse contexto, a possibilidade aventada de uma origem tectônica para a Serra de São Pedro parece improvável, pois os dados dos levantamentos geofísicos (ARBIETO & YAMAMOTO 2013) e das sondagens profundas utilizadas no levantamento do contorno estrutural da região (Figura 4) não sugerem a presença de uma perturbação na coluna estratigráfica compatível com movimentações verticais, tal como sugeriu FREITAS (1955),

enquanto as transcorrências seriam mais jovens e posteriores à formação do arranjo inicial da serra. As deformações na coluna estratigráfica são apenas pontuais, como nos altos estruturais do Pau D'Alho, Artemis, Jibóia e Anhembi, além da Depressão de São Pedro, sendo provavelmente anteriores à formação da Superfície das Cristas Médias e sedimentação da Formação Itaqueri.

Essas informações são compatíveis com os resultados dos estudos de BJÖRNBERG *et al.* (1971), para os quais as deformações tectônicas ocorridas no NE da Bacia do Paraná a partir do estabelecimento da Superfície das Cristas Médias seriam muito pequenas. Embora estes autores tenham verificado perturbações modernas nas superfícies geomórficas, consideraram que os rejeitos de falha são muito discretos, levando-os a supor que a Depressão Periférica teria se formado por uma ação conjunta de tectônica rígida com ação erosiva da drenagem subsequente.

Não se nega aqui a ação de uma tectônica rígida na configuração da Serra de São Pedro, do bai-

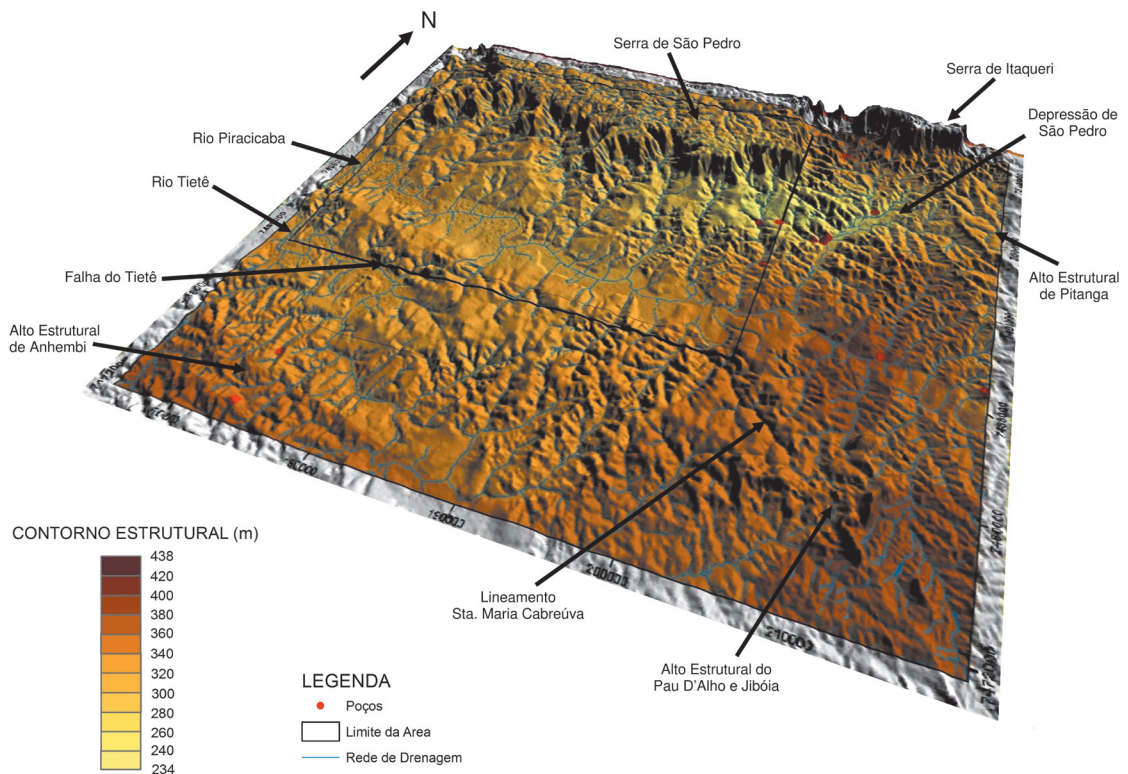


FIGURA 4 – Contorno estrutural do topo da Formação Irati sobreposto à topografia (MDT gerado a partir de dados SRTM/NASA).



xo Piracicaba e na Depressão Periférica como um todo, inclusive porque os resultados dos estudos de PENTEADO (1968, 1976), BJÖRNBERG *et al.* (1971), BJÖRNBERG (1969), BARRETO (1970), RICCOMINI (1995, 1997), PIRES NETO (1996), FACINCANI (2000), SOUSA (2002), MORALES (2005), SANTOS & LADEIRA (2006), PINHEIRO (2014), entre outros, assinalaram os efeitos da neotectônica e de eventos tectônicos mais antigos na área. Entretanto, nessas regiões a tectônica cenozóica foi mais efetiva no controle do relevo apenas na formação e degradação de terraços e no estabelecimento de linhas estruturais que são zonas preferenciais de escoamento da água, alteração das rochas e dissecação do relevo. Basculamentos, ascensão e subsidência de grandes áreas correspondem a situações pontuais e de intensidade reduzida que, excetuando o caso do alto estrutural cenozoico de Pitanga, não produziu grandes modificações na paisagem.

Admitindo-se como verdadeira a hipótese da gênese erosiva para a Serra de São Pedro e a sua posterior perturbação neotectônica, como demonstrado em BJÖRNBERG (1969) e PINHEIRO (2014), estaria confirmada a hipótese levantada por PENTEADO (1968 e 1976), que nesse cenário de gênese híbrida entre erosão e tectônica classificou a área como uma *cuesta complexa*, pois para PENTEADO (1983) as *cuestas "strictu sensu"* são decorrentes apenas da erosão diferencial. Nesse contexto, discordamos apenas dessa classificação de *cuesta complexa* porque entendemos que todas as *cuestas* e outros tipos de relevo apresentam algum nível de influência tectônica, uma vez que esta é um fenômeno absolutamente global (com magnitudes e frequências diferentes), não existindo, portanto, nenhum relevo totalmente livre dos agentes tectônicos. Assim, considerando a ação erosiva como fator inicial e fundamental na gênese da região da Serra de São Pedro, esta constitui verdadeiramente um relevo de *cuestas*, tal como se convencionou chamá-la, ainda que a tectônica moderna tenha imposto modificações suaves na sua arquitetura. Por fim, consideramos que a Depressão Periférica é de fato uma feição denudacional decorrente de processos de circundesnudação periférica a partir do estabelecimento de grandes linhas de drenagem, seguindo as interpretações dos estudos clássicos de AB'SÁBER (1949, 1965, 1969), ALMEIDA (1965) e PENTEADO (1968, 1976).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese da gênese erosiva da Depressão Periférica Paulista e Serra Geral mantém-se como

possibilidade mais provável no atual estágio de conhecimento acerca da história geológica e geomorfológica do sudeste do Brasil, ainda que os estudos realizados desde o final dos anos 60 do século XX venham demonstrando sistematicamente a influência das estruturas na gênese do relevo dessas áreas. Estudos apoiados em geologia de campo, dados geofísicos e novas sondagens podem auxiliar na identificação de grandes perturbações da estratigrafia e no estabelecimento de possíveis relações com o basculamento de blocos e desnivelamentos das superfícies geomórficas. As pesquisas em andamento acerca da gênese das formações superficiais que recobrem os glaciais ou pedimentos à frente da Serra Geral deverão num futuro próximo auxiliar na compreensão da evolução das grandes superfícies de aplainamento, o recuo erosivo da serra e a dinâmica dos materiais.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao geógrafo Marcelo Reis Nakashima, pela revisão do abstract, e aos relatores anônimos, cujas sugestões foram fundamentais para o aprimoramento do trabalho.

#### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A.N. 1949. Regiões de Circundesnudação Pós-Cretácea no Planalto Brasileiro. *Boletim Paulista de Geografia*, 1: 3-21.
- AB'SÁBER, A.N. 1965. Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do Planalto Brasileiro. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Livre-Docência, 180 p.
- AB'SÁBER, A.N. 1969. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 23 p. (Geomorfologia, 18).
- ALMEIDA, F.F.M. 1949. Relevo de Cuesta na bacia sedimentar do Rio Paraná. *Boletim Paulista de Geografia*, 3: 21-33.
- ALMEIDA, F.F.M. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, 41: 167-263.
- ALMEIDA, F.F.M.; BARBOSA, O. 1953. Geologia das quadriculas de Piracicaba e Rio Claro – Estado de São Paulo. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, 143: 1-96.

- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2): 135-150.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S.; BISTRICHI, C.A. 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo (escala 1:500.000). Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 126 p. e mapa.
- ARBIETO, C.C.; YAMAMOTO, J.K. 2013. Estudo das estruturas do embasamento da confluência do Rio Tietê e Piracicaba. Gravimetria terrestre e satélite. In: SBGf, INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 13, Rio de Janeiro, *Anais*, 1-6.
- ASMUS, H.E.; FERRARI, A.L. 1978. Hipótese sobre a causa do tectonismo Cenozóico na região Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro: Petrobrás, p. 75-88. (Série Projeto REMAC, 4).
- BARCELOS, L.H.; SOUZA FILHO, E.E.; FULFARO, V.L.; LANDIM, P.M.B.; COTTAS, L.R.; WU, F.T.; GODOY, A.M. 1983. A Formação Itaqueri: um exemplo de tectofácies. In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, *Atas*, 245-252.
- BARRETO, M.M.R. 1970. Geomorfologia da área de São Pedro (SP). *Notícia Geomorfológica*, 19(10): 47-61.
- BJÖRNBERG, A.J.S. 1969. Contribuição ao estudo do cenozóico paulista: tectônica e sedimentologia. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Tese (Provedimento do cargo de Professor), 128 p.
- BJÖRNBERG, A.J.S.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. 1968. O Controle Tectônico da Serra Geral. In: SBPC, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 20, São Paulo, *Resumo das Comunicações*, v. 20.
- BJÖRNBERG, A.J.S.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. 1971. Basculamentos tectônicos modernos no Estado de São Paulo. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, *Anais*, 2: 159-174.
- COIMBRA, A.M.; BRANDT NETO, M.; PETRI, S. 1977. O alinhamento estrutural do Tietê. In: SBG, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1, São Paulo, *Atas*, 145-152.
- DE MARTONNE, E. 1940. Problemes morphologiques du Bresil tropical atlantique. *Annales de Geographie*, 49: 1-27 e 106-129. Trad. Revista Brasileira de Geografia, 5:523-550, 6:155-178, 1943/1944.
- DIAS FERREIRA, R.P. 1978. Geomorfologia da região da Serra do Limoeiro, SP. Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 152 p.
- DU TOIT, A.L.; REED, F.R.C. 1927. A Geological Comparison of South America with South Africa. Carnegie Institution of Washington, Washington, 157 p
- FACINCANI, E.M. 2000. Morfotectônica da depressão periférica paulista, cuesta basáltica e planalto interior. Regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba-SP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro, Tese de Doutorado, 222 p.
- FERREIRA, S.R.; CHANG, M.R.C. 2008. Datação das formações Rio Claro e Piraçununga por termoluminescência. *Revista da Escola de Minas*, 61(2): 129-134.
- FREITAS, R. O. 1955. Sedimentação, Estratigrafia e Tectônica da Série Bauru (Estado de São Paulo). São Paulo: Geologia, FFCL/USP, 14, 185 p. (Boletim, 194).
- FREITAS, R.O.; MEZZALIRA, S.; ODA, G.H.; VIEIRA, P.C.; TORRES, C.C.; HACHIRO, J.; TOMINAGA, L.K.; DEHIRA, L.; MASSOLI, M.; AZEVEDO, A.A.B.; PRESSINOTI, M. M. N. 1979. Projeto de levantamento geológico de formações superficiais. In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio Claro, *Atas*, 2: 263-277.
- FULFARO, V.J.; BARCELOS, J.H. 1989. Movimentações verticais e evolução da Depressão Periférica e escarpa da Serra Geral em São Paulo. In: SBG, SIMPÓSIO

- DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 1, Rio de Janeiro, *Boletim de Resumos*, 109-110.
- FULFARO, V.J.; PERINOTO, J.A.J. 1996. A Bacia Bauru: estado da arte. In: UNESP, SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO NO BRASIL, 4, 1996, Rio Claro, *Boletim*, 297-303.
- FULFARO, V.J.; LANDIM, P.M.B.; ELLERT, N. 1967. A tectônica das serras de Santana e São Pedro. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21, Curitiba, *Anais*, 198-205.
- FULFARO, V.J.; ANGELI, N.; BARCELOS, J.H. 1983. Os depósitos de cascalhos na bacia hidrográfica do alto Paraná. In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, 1983, São Paulo, *Atas*, 267-273.
- GODOY, D.F.; HACKSPACHER, P.C.; GUEDES, S.; HADLER NETO, J.C. 2006. Reconhecimento da tectônica mesozóica-cenozóica na borda leste da Bacia do Paraná através da aplicação de traços de fissão em apatitas no Domo de Pitanga (Sudoeste de Rio Claro, SP). *Geociências*, 25(1): 151-164.
- GUTMANS, M. 1949. Tectônica da Bacia do Paraná. *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, 14(80): 47-50.
- JAMES, P.E. 1942. Latin America. The Odyssey Press, New York, 908 p.
- JAMES, P.E. 1946. A configuração da superfície do sudeste do Brasil. *Boletim Geográfico*, ano IV, 45: 1105-1121.
- KING, L. 1956. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, 18(2): 147-263.
- LADEIRA, F.S.B.; SANTOS, M. 1996. Ferricrete terciária falhada na Serra de São Pedro (SP): indicação de movimentação neotectônica. *Geociências*, 15: 445-453.
- MAACK, R. 1947. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 2: 66-154.
- MELO, M.S. 1995. A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenozóica na Depressão Periférica Paulista. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 144 p.
- MELO, M.S.; COIMBRA, A.M.; CUCHIERATO, G. 1997. Fácies sedimentares da Formação Rio Claro, Neocenozóico da Depressão Periférica Paulista. *Revista do Instituto Geológico*, 18(1/2): 49-63.
- MENDES, J.C.; FÚLFARO, V.J. 1968. Nova interpretação da tectônica moderna da bacia do Paraná. *Ciência e Cultura*, 20(2): 155.
- MILANI, E.J.; RAMOS, V. 1998. Orogenias paleozóicas no domínio ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(4): 473-484.
- MORAES REGO, L.F. 1932. Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese. IAG, São Paulo, 43 p.
- MORALES, N. 2005. Neotectônica em ambiente intraplaca: exemplos da região sudeste do Brasil. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Livre Docência, 201 p.
- NASCIMENTO, P.S.R.; CORSI, A.C.; GARCIA, G.J. 2003. Análise dos lineamentos da rede de drenagem da sub-bacia do baixo Piracicaba no Estado de São Paulo. In: SBG, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 8, São Pedro, *Boletim de Resumos*, p. 105.
- PENTEADO, M.M. 1968. Implicações tectônicas na gênese das cuestas da bacia de Rio Claro. *Notícia Geomorfológica*, 8(15):19-41.
- PENTEADO, M.M. 1976. Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista. São Paulo: IGEOG/USP, 86 p. (Boletim, 22, Série Teses e Monografias).
- PENTEADO, M.M. 1983. Fundamentos de geomorfologia. Editora IBGE, Rio de Janeiro, 186 p.
- PINHEIRO, M.R. 2014. Estudo morfotectônico da região da Serra de São Pedro e do Baixo Piracicaba/SP. Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 292 p.

- PIRES NETO, A.G. 1996. Estudo Morfotectônico das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá e Áreas Adjacentes no Planalto Atlântico e Depressão Periférica. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Relatório de Pós-Doutoramento, 70 p.
- QUEIROZ NETO, J.P.; JOURNAUX, A. 1978. Carta geomorfológica de São Pedro, SP, Escala 1:50.000. Convênio do Laboratório de Sedimentologia e Pedologia do Departamento de Geografia/FFLCH/USP com o Centre de Géomorphologie du CNRS – CAEN.
- RENNE, P.R.; ERNESTO, M.; PACCA, I.G.; COE, R.S.; GLEN, J.M.; PRÉVOT, M.; PERRIN, M. 1992. The age of Paraná flood volcanism, rifting of Gondwanaland, and the Jurassic-Cretaceous boundary. *Science*, 258: 975-979.
- RIBEIRO, L.F.B.; HACKSPACHER, P.C.; RIBEIRO, M.C.S.; HADLER NETO, J.C.; TELLO, S.C.A.; IUNES, P.J.; FRANCO, A.O.B.; GODOY, D.F. 2005. Thermotectonic and fault dynamic analysis of Precambrian basement and tectonic with Paraná Basin. *Radiation Measurements*, 39: 669-673.
- RICCOMINI, C. 1995. Tectonismo Gerador e Deformador dos Depósitos Sedimentares Pós-Gondvânicos da Porção Centro-Oriental do Estado de São Paulo e Áreas Vizinhas. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Livre-Docência, 100 p.
- RICCOMINI, C. 1997. Considerações sobre a posição estratigráfica e tectonismo deformador da formação Itaqueri na porção centro-leste do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 18: 41-48.
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. 1997. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000. FFLCH/USP e IPT/FAPESP, Mapas e Relatório.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. 1994. História ecológica da Terra. Edgard Blücher, São Paulo, 307 p.
- SANTOS, M.; LADEIRA, F.S.B. 2006. Tectonismo em perfis de alteração na serra da Itaqueri (SP): análise através de indicadores cinemáticos de falhas. *Revista Geociências*, 25(1): 135-149.
- SCHERER, C.M.S. 1998. Análise Estratigráfica e Litológica da Formação Botucatu (Eocretáceo da Bacia do Paraná) no Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 230 p.
- SIQUEIRA, L.F.S. 2011. Tectônica deformadora em sinéclises intracratônicas: a origem do Alto Estrutural de Pitanga, Bacia do Paraná, SP. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 62 p.
- SOARES, P.C. 1973. Nota sobre a tectônica moderna na depressão periférica paulista. *Notícia Geomorfológica*, 13(25): 75-81.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B. 1976. Comparison between the tectonic evolution of the intracratonic and marginal basins in South Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48 (suplemento): 313-324.
- SOUSA, M.O.L. 2002. Evolução tectônica dos Altos Estruturais de Pitanga, Artemis, Pau d'Alho e Jibóia- Centro do Estado de São Paulo. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, Dissertação de Mestrado, 116 p.
- TELLO SÁENZ, C.A.; HACKSPACHER, P.C.; HADLER NETO, J.C.; IUNES, P.J.; GUEDES, S.O.; RIBEIRO, L.F.B.; PAULO, S.R. 2003. Recognition of Cretaceous, Paleocene and Neogene tectonic reactivation through apatite fission track analysis in Precambrian areas of Southeast Brazil: association with the opening of the South Atlantic Ocean. *Journal of South America Earth Science*, 15: 765-774.
- THIEDE, D.S.; VASCONCELOS, P.M. 2010. Paraná flood basalts: rapid extrusion hypothesis confirmed by new <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar results. *Geology*, 38(8): 747-750.
- VIEIRA, P.C. 1982. Hipótese sobre a origem da Depressão Periférica Paulista. *Revista do Instituto Geológico*, 3(2): 61-67.
- ZACHOS, J.; PAGANI, M.; SLOAN, L.; THOMAS, E.; BILLUPS, K. 2001. Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science*, 292: 687-693.

*Endereço dos autores:*

Marcos Roberto Pinheiro e José Pereira de Queiroz Neto – Laboratório de Pedologia, Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, Avenida Prof. Lineu Prestes, 338, Cidade Universitária, Butantã, CEP: 05508-080, Caixa Postal: 72042, São Paulo, SP. *E-mails:* m3279574@usp.br, jpqneto@outlook.com.

*Artigo submetido em 13 de outubro de 2014, aceito em 20 de novembro de 2014.*