

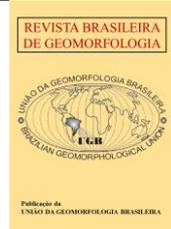


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 26, n° 2 (2025)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v26i2.2628>



Artigo de Pesquisa

As montanhas das margens passivas intertropicais e a sua representação cartográfica: proposta metodológica em diferentes arranjos litoestruturais

Mountains of the intertropical passive margins and their cartographic representation: methodological proposal in different lithostructural arrangements

Roberto Marques Neto¹

¹ Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Geociências, Juiz de Fora, Brasil. roberto.marques@ufjf.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6496-789X>

Recebido: 14/10/2025; Aceito: 19/03/2025; Publicado: 05/05/2025

Resumo: A hipótese nuclear do presente artigo considera que as abordagens metodológicas tangentes à cartografia geomorfológica devem buscar uma standardização a partir de tipos de paisagem. Assim considerado, apresenta-se uma proposta metodológica para a cartografia geomorfológica em paisagens montanhosas, com demonstrações em compartimentos estruturados em três bases litoestruturais distintas localizadas no contexto da Serra da Mantiqueira, a saber: nefelina-sienitos, gnaisse-granitos e quartzitos. Os resultados apontaram uma organização geomorfológica similar para os diferentes compartimentos, admitindo os mesmos caminhos metodológicos e a adoção de uma legenda unificada, uma vez que os fatos geomórficos encontrados foram convergentes, malgrado as diferenças nas bases geológicas entre as áreas. Postula-se que a abordagem metodológica apresentada pode ser aplicada diferentes contextos geomorfológicos localizados nos grandes escarpamentos das margens passivas intertropicais, compatibilizando assim a universalização dos procedimentos interpretativos e técnicos com o caráter também universal das aludidas paisagens.

Palavras-chave: Montanhas tropicais; Grandes escarpamentos; Cartografia geomorfológica.

Abstract: The core hypothesis of this article considers that methodological approaches related to geomorphological cartography must seek standardization based on landscape types. Thus, a methodological proposal for geomorphological cartography in mountainous landscapes is presented, with demonstrations in compartments structured in three distinct lithostructural bases located in the context of Serra da Mantiqueira: nepheline-syenites, gneiss-granites and quartzites. The results showed a similar geomorphological organization for the different compartments, admitting the same methodological approach and the adoption of a unified legend, since the geomorphic facts found were convergent, despite the differences in the geological bases between the areas. It is postulated that the methodological approach presented can be applied to different geomorphological contexts located in the large escarpments of the intertropical passive margins, thus making the universalization of interpretative and technical procedures compatible with the also universal character of this landscapes.

Keywords: Tropical mountains; Great escarpments; Geomorphological cartography.

1. Introdução

As margens passivas dos cinturões intertropicais têm entre os seus traços geomorfológicos mais característicos a ocorrência de grandes escarpamentos posicionados nas faixas litorâneas e perilitorâneas. A presença dessas estruturas geomorfológicas de destaque tem sido explicada por modelos teóricos como o do *Primärrumpf* de Walther Penck (1888-1923) e, mais recentemente, pelos pressupostos inerentes ao modelo do soerguimento termal e isostático (SUMMERFIELD, 1991; GILCHRIST; SUMMERFIELD, 1994; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014). Tais feições tipificam-se em morfologias de escarpas, patamares e morros reafeiçoados, com dissecação tendencialmente profunda, vertentes significativamente declivosas e amplitudes altimétricas locais e regionais consideráveis. Extensões significativas da margem atlântica brasileira e africana apresentam sistemas geomorfológicos com as aludidas características.

Em África, os grandes escarpamentos ocorrem de Angola, ao sul da depressão do rio Congo, e atravessam o território da Namíbia até a parte ocidental da África do Sul. Nessa significativa projeção latitudinal, as serras interceptam faixas quentes e úmidas, desérticas e temperadas, aportando florestas ao longo do território angolano, *schrubs* na parte meridional do continente e uma vegetação esparsa nos cinturões desérticos da Namíbia que ficam ainda mais rarefeitas nas vertentes a sotavento, onde as altitudes regionais ultrapassam 2000 metros.

No contexto da margem atlântica brasileira, os grandes escarpamentos ocorrem em quase toda a região sudeste e em parte da região sul (figura 1). Os alinhamentos escarpados estão vinculados à estrutura concernete ao rifte continental do sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989), e sua zona de influência avança até aproximadamente 300 km continente adentro, faixa que estabelece um contato difuso entre os grandes escarpamentos e os planaltos parcialmente aplainados intracratônicos. A região dos grandes escarpamentos do sudeste brasileiro apresenta um regime tectono-erosivo complexo cujas especificidades não cabem no âmbito da presente exposição, mas que, de maneira geral, associa um forte imperativo denudacional responsável pela retração das escarpas, acompanhado de capturas fluviais (CHEREM et al. 2013; REZENDE et al. 2013; SALGADO et al. 2018) e efeitos neotectônicos pós-miocênicos responsáveis por basculamento e soerguimento de blocos, por forte incisão fluvial, por reafeiçoamento de divisores e facetamento das escarpas, entre outros processos geomórficos. Tais constatações têm sido demonstradas em uma série de trabalhos (SAADI, 1991; RIBEIRO, 1996; SANTOS, 1999; GONTIJO, 1999; SILVA; MELLO, 2011; MARQUES NETO, 2012; SILVA, 2023).

Nesse cenário genético-evolutivo, o escudo atlântico pré-cambriano encontra-se exumado e exposto em altitudes que ultrapassam 2000 metros na Serra do Mar e 2700 metros na Serra da Mantiqueira, o segundo degrau orográfico do Planalto Atlântico brasileiro. Em África, a altitude dos escarpamentos tende a aumentar no sentido Norte-Sul, oscilando entre 1000 e 1200 metros na porção centro-norte de Angola, posicionada na faixa intertropical, conhecendo aumento progressivo nas áreas peridesérticas do sul, por sua vez influenciadas pela corrente de Benguela. Em seguida, demanda os cinturões desérticos da Namíbia, onde as superfícies residuais ultrapassam 2000 metros de altitude, numa distribuição altimétrica de forte conotação climática.

No Brasil, os grandes escarpamentos encontram-se inteiramente em sistemas climáticos úmidos, estando submetidos à intensa denudação geoquímica, e, ainda assim, encontram-se em faixas altimétricas semelhantes aos relevos congêneres africanos, equiparando-se até mesmo aos cinturões desérticos resguardados dos intensos processos denudacionais tangentes à tropicalidade. Tal evidência sugere uma influência tectônica atuante de forma expressiva no Brasil, também averiguada no contexto africano por autores como Marton et al. (2000), Macgregor (2010) e Rosante (2013).

Malgrado as diferenças evolutivas dadas por controle climático e\ou tectono-estrutural observadas entre esses sistemas geomorfológicos intercontinentais de mesmo vínculo genético, eles compartilham importantes

especificidades morfoгенéticas, morfológicas, morfométricas, morfoestruturais e morfocronológicas. Os relevos escarpados foram gerados no bojo da fissão continental, legando tais morfologias nos dois continentes em grande medida embasadas pelas mesmas estruturas proterozoicas. Essa unidade maior herdada da ruptura de Gondwana em termos morfográficos, estruturais e geocronológicos converge diretamente nos interesses metodológicos da cartografia geomorfológica, historicamente envolta com a necessidade aparentemente paradoxal de estandardizar a representação para sistemas geomorfológicos tão distintos dispostos ao longo do orbe.

A discussão aqui proposta reconhece as especificidades geomorfológicas das montanhas tropicais presentes nas margens continentais passivas, bem como as implicações de tais especificidades para a cartografia geomorfológica. Com base nessas premissas, o presente artigo assume o objetivo, a partir de exemplos para o território brasileiro, de apresentar uma proposta de cartografia geomorfológica em paisagens montanhosas de margem passiva com demonstrações para diferentes estruturas geológicas, coadunando os pressupostos metodológicos tangentes à cartografia geomorfológica e as especificidades inerentes aos grandes escarpamentos. As interpretações e esquemas cartográficos associados se deram nos seguintes arranjos morfoestruturais distribuídos nas montanhas tropicais do sudeste brasileiro (figura 1): (1) relevos em intrusões alcalinas (nefelina-sienitos), dados pelo maciço do Itatiaia (MG\RJ\SP); (2) relevos em serras quartzíticas, representados pela Serra do Ibitipoca (MG); (3) relevos gnáissico-graníticos, representados pela estrutura nominada regionalmente por Serra do Papagaio (MG).

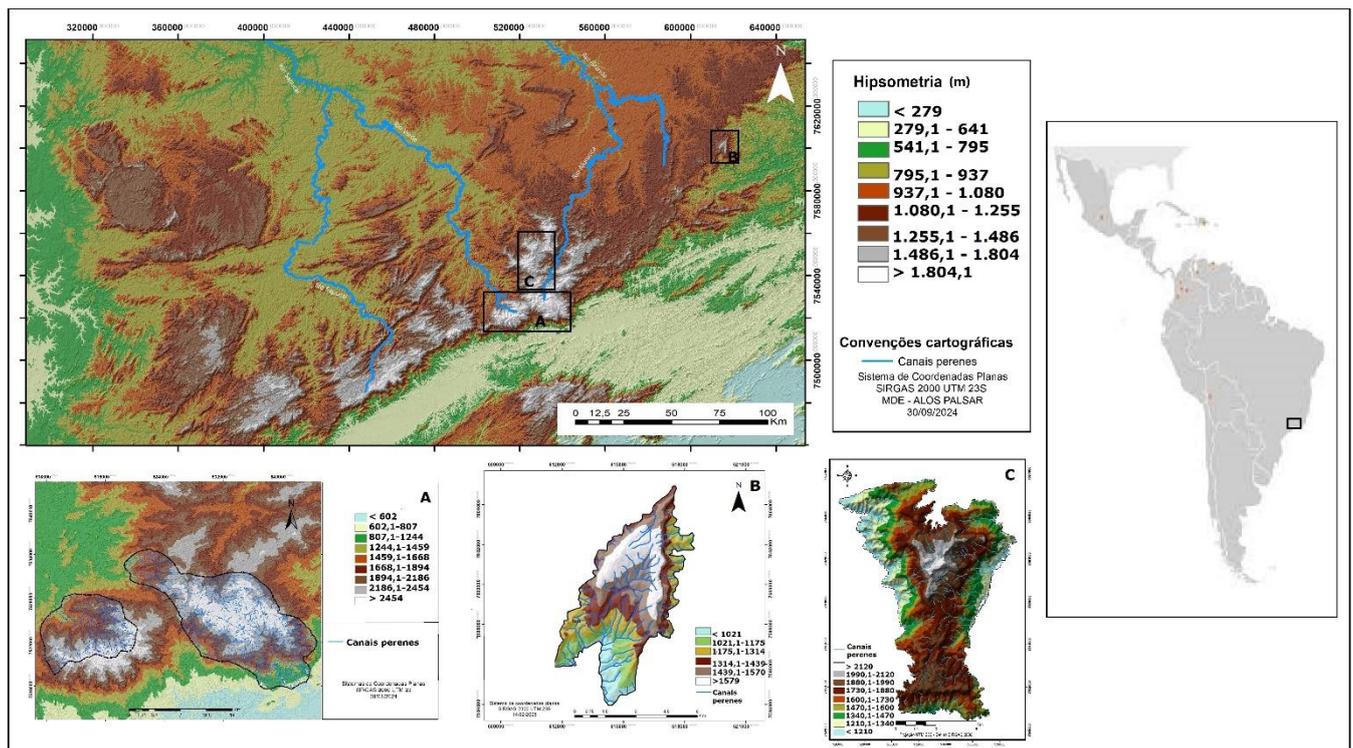


Figura 1. Localização dos compartimentos estudados no contexto regional. (A) Maciço alcalino do Itatiaia (maciço de Passa Quatro delimitado a oeste). (B) Serra do Ibitipoca. (C) Serra do Papagaio.

2. Área de Estudo

Os relevos montanhosos das margens passivas normalmente figuram como montanhas de altura baixa a média, com amplitudes que variam de pouco mais de 300 metros em relação aos níveis de base de referência até contextos que superam 2000 metros de desnível, a exemplo dos tetos orográficos da Mantiqueira Meridional em relação ao Vale do Paraíba do Sul, da Serra do Caparaó em relação às paisagens intermontanas adjacentes e de

setores da Serra do Mar em direção ao nível de base atlântico. Consideramos que são esses sistemas geomorfológicos normalmente alçados acima de 2000 metros do nível do mar que definem altitudes qualificáveis como extremas pelos padrões altimétricos das margens passivas intertropicais.

No Brasil Sudeste, as janelas estruturais pré-cambrianas alçadas em planaltos e serras dificulta, exceção feita aos grábens mais expressivos, um amplo aprisionamento sedimentar Cenozoico. Sabidamente, a principal área de aporte é a fossa tectônica dissecada pelo rio Paraíba do Sul, que encarcera sequências de bacias sedimentares cenozoicas interiores (RICCOMINI, 1989). Em compensação, a proximidade dos escarpamentos com o nível de base oceânico tem promovido contundente retração das escarpas a partir de entradas e recuos erosivos que se diferenciam regionalmente em função dos distintos controles tectono-estruturais regionais, caracterizados por processos copiosos de capturas fluviais e expansão das bacias hidrográficas costeiras, conforme observado por Cherem et al. (2013). O aporte sedimentar em ambiente marinho também tem sido considerável durante o Cenozoico, formando sequências de bacias plataformais.

Formam-se assim ambientes geodinâmicos de natureza subsidente que catalisam o processo de soerguimento isostático flexural da margem costeira adjacente, modelo de evolução do relevo tipicamente de margens passivas (SUMMERFIELD, 1991), cujo resultado é a geração de grandes escarpamentos tendencialmente em retração. Na margem atlântica brasileira, cumpre sublinhar, um significativo imperativo morfotectônico incrementa o conjunto de forças atuantes na geomorfogênese regional, acometida pelos efeitos diastróficos neotectônicos deflagrados a partir do Mioceno Médio com uma primeira fase de reativação do rifte (HASUI, 1990; SILVA; MELLO, 2011) e sustentada por diferentes campos de tensão operantes durante o Quaternário.

As sucessivas reativações operadas em sistemas geomorfológicos de gênese tectônica têm engendrado profundas implicações tectono-erosivas, que se desdobram em diferentes escalas. Regionalmente, projeta-se uma organização geomorfológica formada por níveis de base regionais escalonados que em grande medida marcam os principais níveis planálticos do Brasil Sudeste (MARQUES NETO, 2020). Nas integridades escalares de detalhe e semidetalle, as relações de continuidade e ruptura são definidas a partir de *knickpoints* e níveis de base de expressão local, que se escalonam nas montanhas tropicais do sudeste brasileiro em blocos menores que aprisionam alvéolos de sedimentação em diferentes níveis topográficos dentro de nível planáltico de expressão regional. Tais rupturas são flagrantemente distinguíveis pela diminuição e aumento da distância entre as curvas de nível, e também devido à mudanças texturais nas imagens de satélite. Essas especificidades articulam as escalas regional e local em fatos geomórficos similares, dados pelos escalonamentos e desníveis distribuídos em forte lateralidade. Naturalmente, essa organização tem implicações na cartografia geomorfológica.

3. Materiais e Métodos

3.1. Bases gerais

Considerar o conjunto das montanhas tropicais como uma unidade geomofológica de universalidade bem marcada suscita o desenvolvimento de estratégias metodológicas capazes de coadunar o arcabouço geral da cartografia geomorfológica às singularidades das paisagens montanhosas, e que ao mesmo tempo abarque, em considerável medida, as variações regionais sem comprometer o padrão geral dos procedimentos cartográficos.

Verstappen (1983) defende que a comunicação das informações no mapa geomorfológico deve priorizar a simplicidade para enfatizar os fatos geomórficos mais essenciais e a generalização ou omissão das informações menos importantes, sendo que parte do que se almeja comunicar pode estar contido na legenda e não no mapa em si. O autor propõe ainda que as informações de cunho geomorfológico a serem estimadas podem ser agrupadas a partir de uma ordem hierárquica de importância, a saber: (1) Informações morfográficas/morfogenéticas; (2)

Informações morfo-cronológicas; (3) Dados litológicos e de materiais inconsolidados; (4) Dados morfoestruturais; (5) Características da vertente (declividade, comprimento); (5) Outros dados morfométricos (amplitude de relevo, situação altimétrica).

No caso das montanhas de margem passiva, cumpre primeiramente diferenciar sua gênese (tectônica, estrutural, vulcânica), e, subsequentemente, os diferentes compartimentos geomorfológicos, sua cronologia relativa ou absoluta e os processos morfodinâmicos que operam sobre as coberturas superficiais.

A propósito dos materiais utilizados, os esquemas contaram com as bases planialtimétricas geradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), imagens TM-Landsat-8 (bandas 5, 4 e 3) e produtos de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizadas pela USGS – United States Geological Service (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Os trabalhos foram complementados por campanhas de campo para reconhecimento dos compartimentos, descrição das geoformas, georreferenciamento de pontos específicos, além de coleta de amostras de coberturas superficiais para análises químicas e de granulometria.

3.2. Morfogênese e morfografia

O relevo dos grandes escarpamentos de bordas cratônicas, caso da costa atlântica brasileira, é caracterizado por escalonamento bastante pronunciado, o que se verifica tanto na escala regional como em geoformas integralizáveis em escala de detalhe. Regionalmente, o aludido escalonamento se diferencia a partir de níveis de base regionais vinculados a diferentes níveis planálticos (MARQUES NETO, 2020). Em escala local, de detalhe e semidetalhe, é necessário identificar os níveis de base locais e os principais *knickpoints* contidos na área a ser mapeada, recorrendo-se às bases planialtimétricas para averiguação das mudanças no padrão de espaçamento entre as curvas e aos comportamentos texturais das diferentes unidades geomorfológicas.

Na presente proposta, os diferentes compartimentos geomorfológicos foram identificados a partir das rupturas de declive, normalmente vinculadas a níveis de base locais ou até mesmo regionais, que definem diferentes organizações erosivas e deposicionais distribuídas ao longo dos diferentes compartimentos. A diferenciação das morfologias adstritas em cada compartimento se apoiou em dados morfométricos (declividade e profundidade de dissecação) e na interpretação de produtos de sensoriamento remoto (imagens de radar e satélite) para apreensão de diferentes padrões de forma a partir das respostas texturais identificadas. O resultado intermediário é uma compartimentação topomorfológica-escalonada, que mostra a espacialidade do relevo montanhoso a partir dos diferentes níveis altimétricos, estabelecendo-se um padrão fortemente aderente ao aspecto de escadaria topográfica inerente a esse tipo de organização geomorfológica, formando patamares em sequência que descambam das superfícies somitais e se projetam até os níveis de base locais e regionais.

A compartimentação geomorfológica foi executada a partir dos diferentes tipos genéticos (residuais, denudacionais e agradacionais), organizados na legenda segundo seções que aninham os diferentes níveis topográficos, mostrando a direção dos fluxos de massa e energia em duas projeções. A opção da organização da legenda comandada pelos níveis ao invés dos modelados se justifica pelos processos evolutivos e dinâmicos que se diferenciam segundo os blocos escalonados, uma vez que diferentes níveis de base conferem relativa autonomia erosiva e deposicional para cada compartimento. Embora as montanhas tropicais se caracterizem por fortes conexões laterais em relevo de alta energia, tais organizações geomorfológicas também são marcadas por recorrentes rupturas diferenciando compartimentos com tipicidades próprias. Além disso, tais áreas se encontram tectonicamente deformadas, com recorrente desnivelamento de superfícies cronocorrelatas, sendo assim mais seguro tratar a cronologia das formas segundo os diferentes níveis escalonados, sobretudo quando se trabalha

apenas com as datações relativas, minimizando as insuficiências do critério meramente altimétrico e buscando as aderências com as organizações geomorfológicas que as rupturas abruptas diferenciam.

3.3. Morfodinâmica

É imperioso que cartografia geomorfológica em regiões montanhosas consiga estimar a energia elevada do relevo que caracteriza essas áreas. Nesse sentido, os tipos genéticos foram representados por famílias de cores, que aglutinam, por sua vez, diferentes compartimentos dinâmico-funcionais da paisagem, quais sejam: (1) zonas eluviais de pedogênese progressiva (tipos residuais), correspondente aos topos preservados em diferentes níveis topográficos; (2) zonas erosivas transeluviais a transacumulativas (tipos denudacionais), concernente às vertentes dissecadas; (3) zonas acumulativas (tipos agradacionais), dadas pelas planícies, alvéolos e complexos de rampa. A delimitação de zonas segundo os processos dominantes tem forte dependência da escala, podendo haver enclaves acumulativos em zonas erosivas, por exemplo, não representáveis em escalas regionais e de semidetalhe e observáveis apenas em escalas de detalhe.

Acessoriamente, foram realizadas análises granulométricas e químicas em amostras de coberturas superficiais nos diferentes compartimentos dinâmico-funcionais (eluviais, transeluviais, transacumulativos e acumulativos). Embora os elementos texturais e suas respectivas assinaturas geoquímicas não tenham sido incorporados diretamente nos mapas e na legenda unificada, foram de grande valia para compreender as variações físico-químicas na estrutura superficial da paisagem conforme o substrato, o que tem implicações tanto fisiográficas como morfodinâmicas.

As limitações concernentes à representação de informações morfodinâmicas em escala de semidetalhe podem também ser compensadas pelo uso de símbolos voltados para representar fatos geomórficos que denotam processos, a serem inseridos no mapa a partir de georreferenciamento em campo ou detecção em imagens de satélite.

3.4. Morfocronologia

As informações cronológicas costumam figurar como um dos principais gargalos da cartografia geomorfológica, que normalmente se vale de datações relativas. As técnicas geocronológicas absolutas voltadas para a datação de superfícies geomorfológicas são deveras custosas, e a datação de material sedimentar por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) e Carbono-14 só captam os tipos genéticos agradacionais de idade quaternária, essencialmente neoquaternária.

A presente proposta traz uma cronologia relativa que pode ser lida tanto no plano vertical como horizontal da legenda, organização também adequada para dados cronológicos absolutos. Pela leitura vertical, a idade relativa do relevo decresce das superfícies somitais mais antigas preservadas até o nível geomorfológico mais inferior, atrelado ao nível de base mais rebaixado e mais intensamente dissecado. Também decresce a idade dos modelados de agradação no mesmo sentido, sequenciando-se as planícies altimontanas confinadas nas redomas topográficas preservadas, as rampas colúvias das vertentes reafeiçoadas e as planícies fluviais ativas nos níveis de base mais baixos. O decréscimo da idade relativa também é verificado horizontalmente no interior dos diferentes níveis, onde se escalonam os tetos orográficos residuais paleogênicos em parte preservados por duricrostas, as vertentes dissecadas neogênicas, e os modelados de agradação quaternários, numa conectividade que ocorre entre os níveis e se repete dentro dos níveis específicos.

3.5. Organização da legenda

Na presente proposta, foi organizada uma legenda unificada para os mapas, estruturada segundo uma ordenação vertical e uma ordenação horizontal. As informações dispostas verticalmente se referem às sucessões altitudinais das formas de relevo e seus declives dominantes dentro dos três tipos genéticos discernidos (residuais, denudacionais e agradacionais), onde o nível 1 compreende os setores mais elevados, o nível 2 as extensões intermediárias e o nível 3 os compartimentos mais baixos. A projeção horizontal da legenda, por sua vez, mostra as cronologias relativas dos modelados e os diferentes compartimentos dinâmico-funcionais (eluviais, transeluviais, transacumulativos e acumulativos), agregando informações que se repetem nos diferentes níveis verticalmente dispostos em função dos *knickpoints* bem marcados. Distintamente, na estrutura de legenda as variações verticais e horizontais se entrecruzam e permitem uma leitura nesses dois planos, integrando níveis morfológicos e direção de fluxos.

Complementarmente, fatos geomórficos recorrentes nas montanhas tropicais de margem passiva foram incorporados pelo uso de símbolos, recurso gráfico dos mais recorrentes na cartografia geomorfológica. Embora a legenda tenha apresentado uma coleção de símbolos unificada, tal recurso gráfico pode ser bastante flexível e variar conforme as feições geomorfológicas existentes e a primazia por sua representação.

4. Resultados

4.1. Aspectos gerais: as montanhas tropicais enquanto unidade geomorfológica

As produções cartográficas concebidas suscitam discussões e comparações importantes acerca das organizações geomorfológicas e da estrutura da paisagem em montanhas tropicais de margens passivas. Tais relevos apresentam uma compartimentação sequenciada das superfícies somitais até as rupturas de declive nos sopés montanhosos que, em geral, dispõem três unidades fundamentais na seguinte sequência: *modelados residuais* preservados da dissecação na forma de topos e interflúvios estreitos ou localmente aplainados; *modelados de dissecação* em escarpas e patamares reafeiçoados preenchidos ou não por rampas de colúvio; *modelados agradacionais* na forma de planícies associadas ou não a terraços, posicionados em diferentes níveis morfológicos. Algumas variações podem ser verificadas, com a presença de morros altimontanos ou mesmo morfologias convexas na base das montanhas geradas pela dissecação de degraus e patamares e reafeiçoamento dessas geoformas em morros embutidos. Contudo, o padrão se mantém mesmo diante da variabilidade litológica e dos diferentes níveis de base regionais aos quais tais modelados estão associados.

As montanhas tropicais da margem atlântica brasileira possuem gênese tectônica vinculada ao soerguimento da margem costeira síncrona à abertura do Atlântico Sul, gerando os grandes escarpamentos (RIBEIRO, 1996; ZALAN; OLIVEIRA, 2005). A despeito do recuo de algumas frentes montanhosas com migração de *knickpoints* para o interior do continente, muitas estruturas encontram-se preservadas próximas ao nível de base (MARQUES NETO, 2017). Sucessivas reativações tem reafeiçoado escarpas e gerado vales altimontanos desarticulados dos níveis de base regionais. Dessa forma, as morfologias residuais, denudacionais e agradacionais tendem a se replicar em diferentes níveis do relevo montanhoso, engendrando organizações geomorfológicas controladas pelos níveis de base locais que se formam ao longo das escadarias topográficas.

O padrão geral que se estabelece viabiliza a edição de uma legenda única para todos os contextos geomorfológicos mapeados, e que pode ser expandida ou reduzida de acordo com o número de unidades e com os níveis de detalhamento \ generalização definidos pela escala trabalhada. O uso de legenda única foi debatido e defendido por Gustavsson e Kolstrup (2006) e Gustavsson et al. (2009), que usaram o recurso do zoom para mostrar

a realidade geomorfológica em diferentes escalas, inserindo ou retirando os símbolos conforme o grau de detalhamento \ generalização.

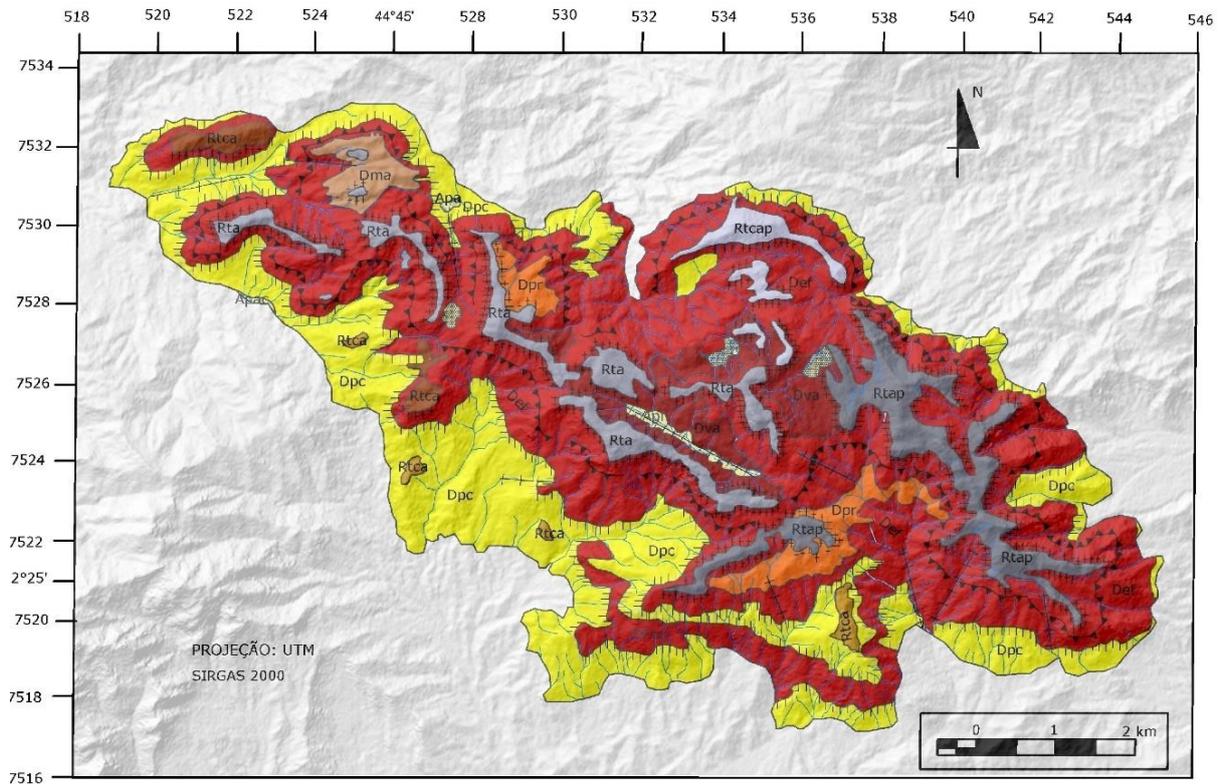
4.2. Relevos montanhosos sieníticos

Intrusões alcalinas do Cretáceo-Paleoceno interceptaram as rochas proterozoicas no âmbito da reativação tectônica ocorrida por ocasião dos esforços deformacionais vinculados à separação entre as placas Africana e Sul-americana, no contexto do sistema rifte continental do sudeste brasileiro (RICCOMINI, 1989; CHIESSI, 2004; ZALAN e OLIVEIRA, 2005). As montanhas tropicais de margem passiva se dispõem na forma de grandes escarpamentos na margem continental, gerados por reativação de estruturas mais antigas, o que repercute em uma estruturação de relevos mais ou menos alinhados que na margem atlântica brasileira assumem a orientação geral NE-SW. Entre os efeitos geotectônicos vinculados às fases sin-rifte e pós-rifte estão as compensações epirogenéticas que provocaram o soerguimento da margem costeira brasileira e formação de relevos montanhosos, vulcanismos basáltico-toleíticos e anorogênicos, além das intrusões alcalinas em batólitos de variados tamanhos, entre os quais o mais expressivo é o maciço alcalino do Itatiaia.

Algumas especificidades diferenciam o relevo vinculado a tais focos intrusivos em relação ao restante do conjunto dos grandes escarpamentos do Brasil Sudeste, tanto no degrau orográfico da Serra do Mar como na Serra da Mantiqueira. Pontua-se uma especificidade genética, uma vez que tais estruturas tem sua gênese vinculada à intrusões alcalinas, e não a soerguimentos relacionados à reativação de falhas. A gênese particular dessas estruturas também repercute em especificidades morfológicas, dadas por uma geometria mais circular que destoa dos grandes alinhamentos de cristas alongadas. Naturalmente, singularidades morfométricas são dadas por maiores elevações e amplitudes locais e regionais, ainda que os padrões de declive sejam semelhantes ao conjunto geral dos grandes escarpamentos. Tal padrão de elevação, que assume níveis extremos no âmbito das margens passivas, se deve também a uma especificidade morfoestrutural dada pelos nefelina-sienitos, litotipos mais resistentes aos processos denudacionais em comparação ao conjunto gnáissico-granítico-migmatítico que é regionalmente majoritário.

A energia do relevo concernente às intrusões alcalinas é deveras exacerbada, e, embora seja semelhante ao conjunto dos grandes escarpamentos, espessas faixas de depósitos coluviais ao redor dos corpos intrusivos indicam um retrabalhamento mais intenso, com profusão de movimentos de massa e inversões granulométricas denunciadoras de transportes rápidos do regolito. As amplitudes mais pronunciadas, portanto, definem uma especificidade morfodinâmica destacada pela intensificação dos processos gravitacionais no domínio das vertentes, com formação de rampas detentoras de depósitos correlativos, que no contexto regional tem se acumulado majoritariamente nos fundos de vale. No domínio das superfícies somitais dos relevos sieníticos, por sua vez, ocorrem processos geocriogênicos destacadamente mais intensos em relação ao contexto das *highlands* do Brasil Sudeste, conforme demonstrado por Modenesi-Gauttieri e Nunes (1998), sem implicações significativas na geração de fatos geomórficos, ao menos no contexto climatérico vigente. À jusante, nas porções dissecadas da paisagem, intensificam-se os processos gravitacionais; nas superfícies de cimeira, definidas nos tipos genéticos residuais, intensificam-se os efeitos do clima tropical de altitude.

O maciço do Itatiaia (figura 2) se inscreve, conforme frisado, em um conjunto orográfico de gênese tectônica, vinculado à reativação de estruturas crustais proterozoicas (CHIESSI, 2004). Morfocronologicamente, portanto, os batólitos alcalinos se alinham ao conjunto de cristas escarpadas da Serra da Mantiqueira, sustentadas por prevalente tectônica cenozoica e expressivas contribuições neotectônicas (SANTOS, 1999; MORALES, 2005; MARQUES NETO, 2012).



	TIPOS GENÉTICOS RESIDUAIS (R)	TIPOS GENÉTICOS DENUDACIONAIS (D)	TIPOS GENÉTICOS AGRADACIONAIS (A)
DIREÇÃO DOS FLUXOS DE MATÉRIA E ENERGIA	NÍVEL 1		
	Topos aguçados sem dissecação ativa (R:a) Topos aguçados a aplainados parcialmente dissecados (Rtaap) PALEÓGENO Declives dominantes < 6%	Morros altimontanos (Dma) Vales estruturais altimontanos (Dva) NEÓGENO Declives - 6 - 30%	Planícies alveolares turfosas (Apt) Planícies fluviais turfosas (Apf) QUATERNÁRIO TARDIO Declives dominantes < 6%
	NÍVEL 2		
Knick point Topos convexos a aguçados, sem dissecação ativa (Rtca) Topos convexos a aplainados, parcialmente dissecados (Rtcap) PALEÓGENO Declives dominantes < 6%	Taludes e escarpas de falha (Dts) Patamares reafeiçoados profundamente dissecados (Dpr) NEÓGENO Declives dominantes > 30%		
NÍVEL 3			
Knick point Topos convexos a aguçados, sem dissecação ativa (Rtca) PALEÓGENO Declives dominantes < 6%	Patamares reafeiçoados com depósitos coluviais (Dprc) NEÓGENO Declives - 6 - 30%	Planície alveolar intermontana (Apa) Planície fluvial (Apf) QUATERNÁRIO TARDIO Declives dominantes < 6%	
ZONAS ELUVIAIS Domínio de pedogênese e formação de duricrostas	ZONAS TRANSELUVIAIS A TRANSACUMULATIVAS Domínio de erosão e movimentos de massa	ZONAS ACUMULATIVAS Domínio de deposição e hidromorfismo	
DIREÇÃO DOS FLUXOS DE MATÉRIA E ENERGIA			
COLEÇÃO DE SÍMBOLOS			
Escarpas de falha 	Rupturas de declive positivas 	Rupturas de declive negativas 	Vales estruturais
			Capturas fluviais e prelúdios de captura

Figura 2. Mapa geomorfológico do maciço alcalino do Itatiaia.

4.3. Relevos montanhosos quartzíticos

No escudo cristalino brasileiro, relevos quartzíticos normalmente estão vinculados a controle estrutural e erosão diferencial, com cristas elevadas sustentadas em função da maior resistência dos quartzitos ao ataque químico (REZENDE, 2018). Estruturas como a Serra do Espinhaço e um profuso conjunto de alinhamentos orográficos do Brasil Centro-oriental são relevos balizados em quartzitos. No âmbito da margem rifte mais próxima à fachada costeira, onde as reativações tem sido mais intensas, os quartzitos são litotipos acessórios e apresentam aspecto grosseiro, o que os distingue do padrão em acamamento plano-paralelo com mergulhos suaves verificado nos contextos metassedimentares de baixo grau relativamente comuns pelas bordas do Cráton do São Francisco.

A estrutura concernente à Serra do Ibitipoca (figura 3) é balizada por quartzitos grosseiros e sacaroidais (ROCHA, 2013), indicando uma gênese de reativação, e não propriamente um metamorfismo em coberturas sedimentares de bordas cratônicas dobradas durante os eventos relacionados ao Ciclo Brasileiro. Seus limites são definidos pela ocorrência dos quartzitos que dominam nas cristas que se elevam na extremidade NE do ramo meridional da Serra da Mantiqueira.

Embora as intrusões sieníticas definam superfícies elevadas, é inegável que os quartzitos sustentam geossistemas bastante resilientes, com transformação precária e, por conseguinte, uma estrutura regolítica superficial rica em minerais primários intercalada a afloramentos rochosos onde medram campos rupestres. O primeiro nível topográfico define extensões localmente aplainadas e vales cuja evolução tem na dissolução química um importante componente, com formação de morfologias cársticas registradas pela ocorrência de cavernas, depressões fechadas e *pipes* mapeáveis em escala de detalhe. Tal como no relevo sienítico, as escarpas definem as conectividades funcionais com o segundo nível mediante discordâncias erosivas no contato entre os quartzitos e litotipos gnáissicos e xistosos dominantes nos vales mais rebaixados e superfícies intermontanas adjacentes.

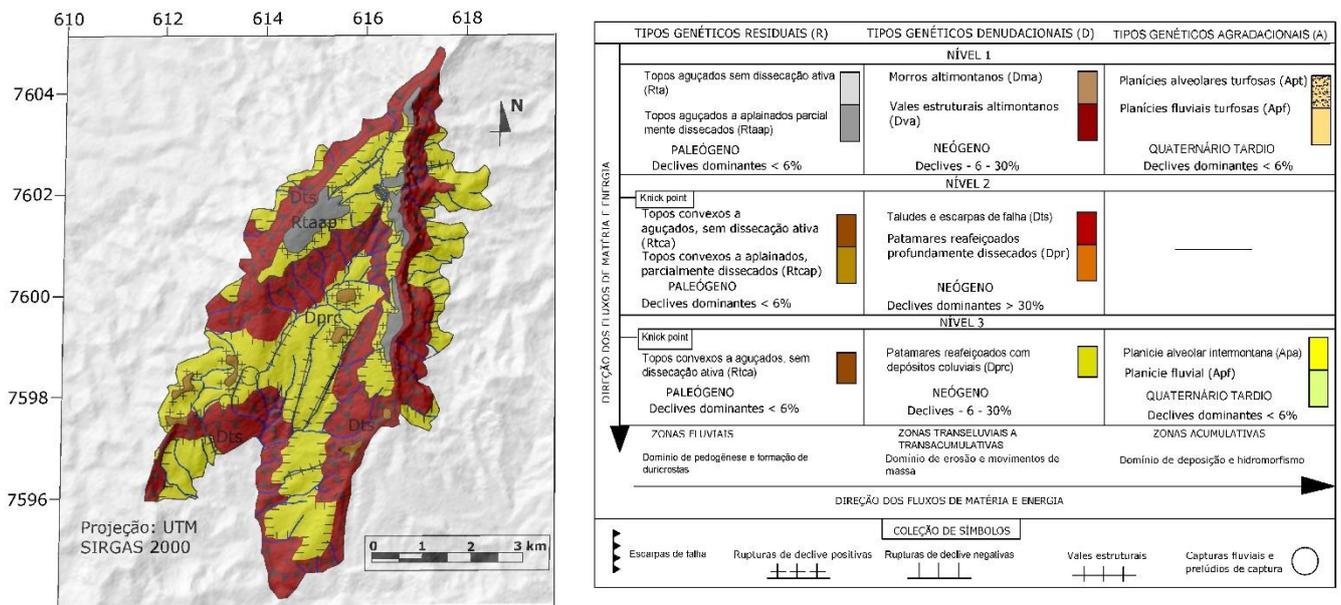


Figura 3. Mapa geomorfológico da Serra do Ibitipoca.

4.4. Relevos montanhosos gnáissico-graníticos

A reativação tectônica que acometeu a fachada atlântica brasileira, conforme frisado, afetou litotipos diversos, incluindo rochas gnáissico-graníticas, bastante comuns no contexto da Serra da Mantiqueira. A Serra do Papagaio também faz parte do chamado degrau superior (SAADI, 1991) ou Geossistema da Alta Mantiqueira (MARQUES NETO, 2020), e o caráter morfotectônico do sistema geomorfológico em questão mantém nas superfícies somitais ortognaisses pré-cambrianos e intrusões graníticas tardi-tectônicas de idade cambro-ordoviciana. Na estrutura em questão, as feições morfotectônicas são bastante conspícuas e diversificadas: escarpas de falha, incisão vertical pronunciada, vales suspensos desarticulados dos níveis de base locais, facetas trapezoidais copiosas, desalinhamento de linhas interfluviais, *shutter ridges* vinculadas à falhas transcorrentes neotectônicas, entre outras.

A organização geomorfológica da Serra do Papagaio conversa estreitamente com as estruturas anteriormente apresentadas, predominando geoformas de vertentes escarpadas caracterizadas por declives acentuados (figura 4), tal como ocorre na Serra do Ibitipoca e no maciço alcalino do Itatiaia. Não obstante, na estrutura em apreço a expressão espacial das escarpas é mais significativa, envolvendo todo o compartimento montanhoso a partir das rupturas de declive com suas superfícies somitais estreitas. Os contrafortes escarpados da Serra do Papagaio interceptam todo o nível 2, dos topos até os sopés tanto nas vertentes pelos lados leste e oeste, dois flancos opostos que imbricam no alinhamento predominantemente N-S definido na linha interfluvial. Pelos dois lados dispõe-se uma drenagem em padrão paralelo a subparalelo na direção das foliações. Nas extremidades norte e sul o paralelismo é mantido, mas a dissecação é mais funcional e as vertentes, por conseguinte, mais reafeiçoadas e com declives um pouco mais suavizados.

Malgrado a exacerbada energia do relevo local, quadro morfodinâmico típico das montanhas dos trópicos úmidos, a capacidade transmissiva da Serra do Papagaio é significativa, havendo assim pouca estocagem sedimentar nos vales confinados e planícies restritas. As geoformas agradacionais se restringem à ocorrência de pequenos alvéolos de cimeira que ficam confinados entre dois níveis escarpados que engendram rupturas nas conectividades contínuas que transitam matéria e energia no sistema. As zonas transacumulativas, por conseguinte, são irrisórias, se restringindo a um setor contínuo na parte nordeste da estrutura. Dessa forma, os pacotes coluviais são restritos comparativamente às duas estruturas apresentadas anteriormente, dominando a transferência do regolito para os domínios mais rebaixados dos patamares escalonados da Serra da Mantiqueira, na retaguarda interior dos grandes escarpamentos.

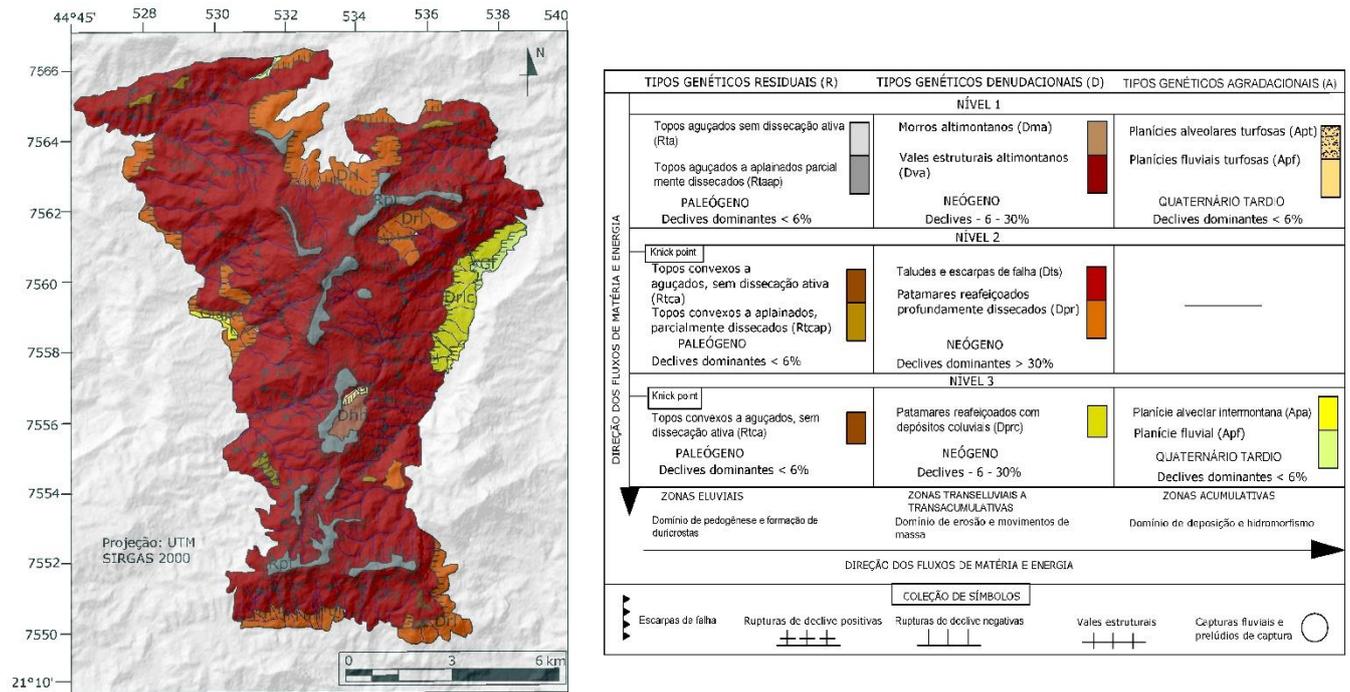


Figura 4. Mapa geomorfológico da Serra do Papagaio.

5. Discussão

As áreas cotejadas pelas aplicações aqui demonstradas evocam uma universalidade para os sistemas geomorfológicos montanhosos de margens passivas, sendo que a aludida universalidade coexiste com as particularidades inerentes a cada uma das áreas estudadas, que se diferenciam entre si frente às suas tipicidades gerais. Tanto os elementos universais como os particulares ficaram realçados na presente proposta para a cartografia geomorfológica dos tipos de paisagem em questão.

A diferenciação geológica entre as três áreas comparadas foi uma premissa, sendo as organizações geomorfológicas encontradas produtos de evoluções processadas sobre cada uma das bases litoestruturais: nefelina-sienitos, quartzitos e gnaisses \ granitos. Os aspectos evolutivos convergentes se alinham aos elementos universais concernentes às montanhas tropicais, e as evoluções divergentes definem suas particularidades.

A principal convergência geomorfológica entre as áreas se refere à disposição em níveis que a legenda propõe, vinculada por sua vez a uma macrocompartimentação caracterizada por escadaria topográfica que dispõe níveis planálticos ladeados e interpostos por depressões interplanálticas de gênese tanto erosiva como tectônica. Controlados por níveis de base regionais bem marcados, os níveis planálticos do Brasil Oriental encerram estruturas montanhosas que, tal como as paisagens regionais, resguardam traços de organizações tectono-erosivas vinculadas a diferentes contextos tectônicos, resultando em uma compartimentação definida em níveis topomorfológicos que tendem ao padrão desvelado na legenda: superfícies somitais residuais, escarpas de falha ou herdadas de falha e níveis reafeiçoados na forma de patamares, rampas, morros e interflúvios locais (figura 5). Tal configuração é convergente, e já fora reconhecida em outros estudos centrados nos sistemas geomorfológicos da margem passiva brasileira (MARQUES NETO, 2017; MARQUES NETO, 2021), definindo padrões morfológicos fundamentais das montanhas tropicais e seus grandes escarpamentos.



Figura 5. Quadros geomorfológicos das montanhas tropicais da margem rifte Sudeste com escalonamento bem marcado. A) Compartimento da Serra do Papagaio. B) Compartimento do maciço de Itatiaia. C) Compartimento da Serra do Ibitipoca.

Cumprе também sublinhar que o padrão aqui aludido se repete em diferentes escalas, tal como mostram os perfis da figura 6, sucessivos zooms que concatenam o contexto regional dos compartimentos analisados às configurações locais. Em todas as visadas a realidade geomorfológica denota o escalonamento de blocos em conectividade separados por níveis de base locais, sugerindo que a organização metodológica aqui apresentada pode ser levada a cabo em diferentes escalas. No campo das geociências, o método zoom se inscreve no rol das abordagens holístico-sistêmicas (FÁVERA, 2001), podendo ser lançado mão tanto nas escalas que apreendem as organizações geomorfológicas, bem como para os tratos estratigráficos até a escala microscópica. Nesse sentido, a

legenda também pode ser objeto de zoom conforme o detalhamento da informação contida no mapa, conforme abordado por autores como Gustavsson e Kolstrup (2006), Otto, Gustavsson e Geihausen (2011) e Jong et al. (2021).

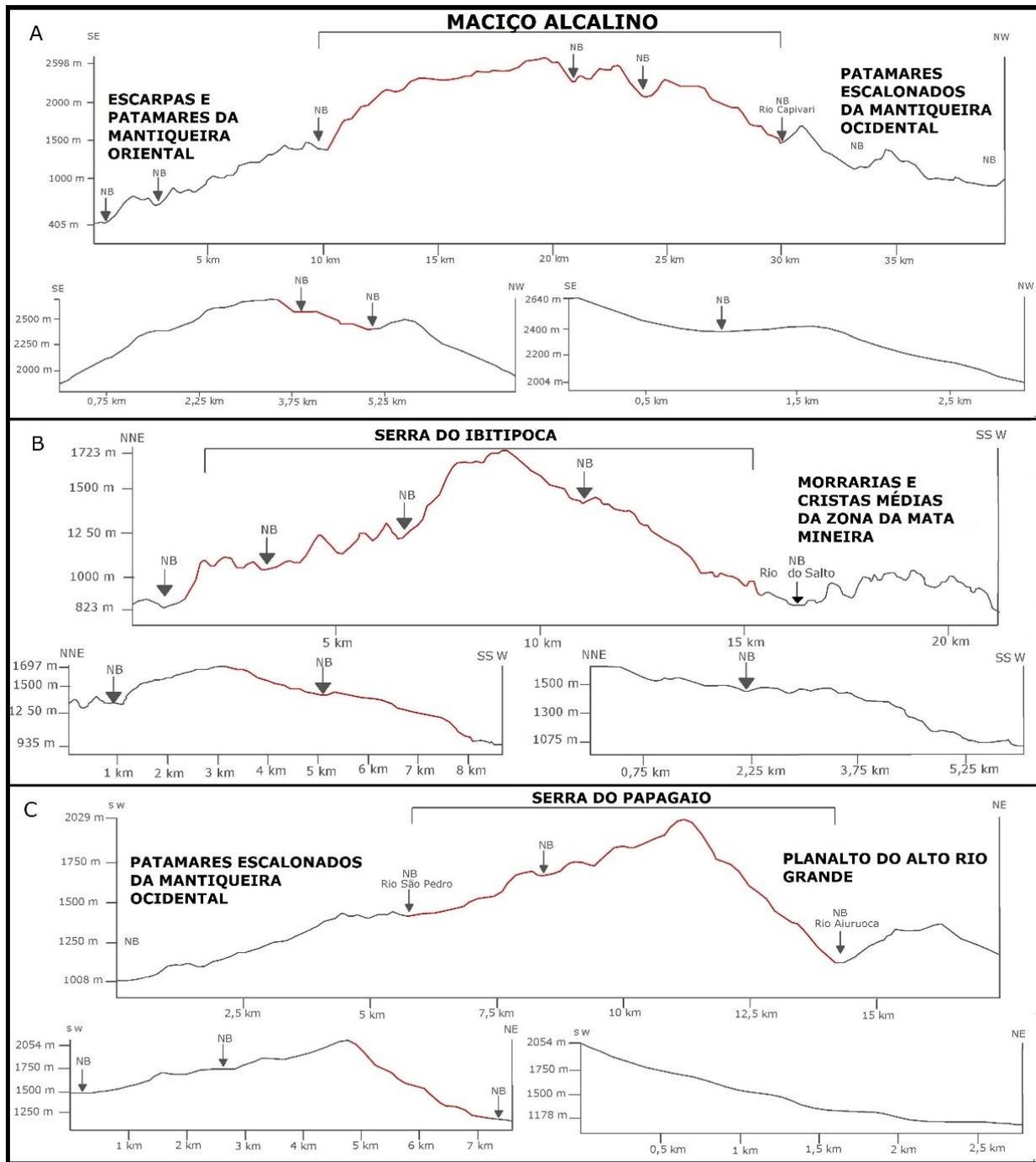


Figura 6. Perfis topográficos das áreas analisadas organizados em zooms do regional ao local. Em vermelho, o traçado correspondente ao zoom mais detalhado do perfil subsequente. A) Maciço do Itatiaia; B) Serra do Ibitipoca; C) Serra do Papagaio. NB – Níveis de base

Nesses escarpamentos, os modelados residuais tem relação estreita com a formação de duricrostas alumínicas, um processo supérgeno absolutamente universal nos cinturões intertropicais, figurando como uma das assinaturas geoquímicas mais típicas da tropicalidade quente e úmida. Tais formações foram registradas nas intrusões sieníticas (SÍGOLO, 1997; MARQUES NETO, 2012) e outras estruturas vinculadas ao rife sudeste, como o maciço

vulcânico de Poços de Caldas (LEONARDI; LADEIRA; SANTOS, 2010), a Serra do Caparaó (SILVA; OLIVEIRA; SOUZA FILHO, 2019) e organizações geomorfológicas diversas (VALENTON; MELFI, 1988; CARMO, 2004). Em geral, tais formações são relativamente datadas do Paleógeno, atestando as altas taxas de CO₂ atmosférico do Eoceno. Na Serra de Ibitipoca, embora tenha sido detectado em campo alguma laterização em quartzitos, considera-se que a sustentação de superfícies somitais elevadas se deve essencialmente à resistência dos quartzitos ao ataque químico.

Além do papel das duricrostas e da erosão diferencial, a tectônica neogênica também tem sido responsável pelo soerguimento de blocos e manutenção de *horsts* gerados durante às reativações tangentes ao sistema rifte Sudeste (MORALES, 2005; ZALAN e OLIVEIRA, 2005). Embora as três estruturas aqui comparadas apresentem evidências de atividade neotectônica no relevo e na drenagem, é na Serra do Papagaio onde tais fatos mais sobejam na paisagem, conforme já fora demonstrado em trabalhos pretéritos (SANTOS, 1999).

As montanhas de gênese tectônica e \ou estrutural sustentam superfícies interfluviais de dimensões variadas, intercalando setores mais aguçados e extensões mais aplainadas. Em geral, tais níveis de cimeira se projetam em escarpas de alto declive, morfologia também onipresente no conjunto das montanhas tropicais. A lateralidade bem marcada entre as superfícies de cimeira e os modelados de dissecação tendencialmente escarpados admite uma representação cartográfica padrão, com a passagem de um compartimento para o outro bem marcada em ruptura de declive representada por símbolo linear que envolve todas as cimeiras preservadas. Em geral, a atenuação dos declives e seu reafeiçoamento em degraus é um padrão regional que permite a marcação com o mesmo recurso gráfico linear, porém invertido.

A unificação da legenda, conforme discutido, se preocupou em realçar a lateralidade têmporo-espaial das montanhas estudadas. Os contatos entre as diferentes unidades geomorfológicas contidas nas montanhas tropicais tendem a se estabelecer mediante *knickpoints* bem marcados, bem como destes com as superfícies intermontanas mais baixas. Tal configuração reverbera na disposição das morfologias agradacionais, uma vez que implica em níveis de base locais que encarceram diferentes níveis altimétricos de depósitos quaternários. Fica definida, dessa forma, uma cronologia pela qual os arquivos sedimentares mais antigos (neopleistocênicos) se encontram nos vales suspensos altimontanos e nos terraços fluviais, e os mais recentes nas planícies ativas dos níveis mais baixos (holocênicos). Coaduna-se também uma sequência cronológica relativa dos depósitos quaternários ao longo dos níveis e lateralmente no âmbito dos próprios níveis.

Os aspectos morfogenéticos, morfológicos e morfocronológicos foram ajustados aos processos morfodinâmicos recentes e atuais a partir das representações simbolizadas. Nesse sentido, os símbolos apresentam função transversal e uso mais flexível, perpassando diferentes níveis morfológicos e cronológicos do relevo e condicionados pela geometria das vertentes, pelo padrão de fraturamento, e pelo clima. Tais controles são universais no âmbito das montanhas tropicais, tipos de paisagem que se unificam nas morfologias declivosas, em significativas densidades de linhas de fraqueza às quais se vinculam densas redes de drenagem, bem como em função dos volumes pluviométricos elevados ao longo do ano, incrementados pelas chuvas orográficas. Tais convergências acabam definindo símbolos para representar os controles vigentes e os processos associados que normalmente tendem a se replicar de forma copiosa no conjunto das montanhas da margem passiva brasileira: escarpas de falha, vales estruturais, capturas, focos de movimentos de massa, etc.

6. Conclusões

A busca de padrões espaciais é um dos motes fundamentais da diferenciação de áreas, uma rota inexorável na interpretação das particularidades em suas relações interescales com as paisagens universais. Nesse sentido, os resultados mostram que, para o conjunto dos grandes escarpamentos de margens passivas, enfaticamente a

parte que abrange as chamadas montanhas tropicais, existe um padrão geomorfológico abrangente que por sua vez reclama e admite uma organização metodológica capaz de prover uma representação eficiente que abarca o padrão geral e as especificidades. Para os elementos mais específicos, a representação simbolizada tão acionada em diferentes sistemas metodológicos de mapeamento do relevo é crucial, sendo o principal recurso de flexibilidade em legendas unificadas.

Sendo a dificuldade em se estabelecer um padrão geral para a cartografia geomorfológica um debate histórico, uma standardização metodológica segundo o tipo de paisagem tem se mostrado eficaz. Além de uma possibilidade mais ampla de combinações e ajustes entre produtos cartográficos gerados para áreas distintas, permite também que as organizações geomorfológicas em apreço sejam interpretadas em perspectiva sistêmica, referenciando o relevo na própria paisagem.

Considerando os resultados obtidos, a possibilidade de aplicação da mesma abordagem metodológica para diferentes compartimentos diferenciados por bases litoestruturais distintas assinala a considerável alçada da presente proposta de cartografia geomorfológica para paisagens de grandes escarpamentos de margens passivas. Ainda, uma vez reconhecidos os padrões gerais de estruturação do relevo a partir da conectividade estabelecida entre os níveis de base escalonados, admite uma aplicação em diferentes escalas, sem que isso implique em prejuízo às lógicas estabelecidas.

Contribuições dos Autores: Concepção, Roberto Marques Neto; metodologia, Roberto Marques Neto; software, Roberto Marques Neto; validação, Roberto Marques Neto; análise formal, Roberto Marques Neto; pesquisa, Roberto Marques Neto; recursos, Roberto Marques Neto e CNPq; preparação de dados, Roberto Marques Neto; escrita do artigo, Roberto Marques Neto; revisão, Roberto Marques Neto; supervisão, Roberto Marques Neto; aquisição de financiamento, Roberto Marques Neto. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Favor acrescentar: Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, número de bolsa 403780/2023-3.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. BIERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. **Key concepts in Geomorphology**. New York: Freeman and Company, 2014. 494p.
2. CARMO, I. O. **Geocronologia do intemperismo cenozoico no sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Geologia), Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. 134p.
3. CHEREM, L. F.; VARAJÃO, C. A.; MAGALHÃES JR. A.; VARAJÃO, A. F. D. C.; SALGADO, A. A. R.; OLIVEIRA, L. A. F.; BERTOLINI, W. Z. O papel das capturas fluviais na morfodinâmica das bordas planálticas do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 299-308, 2013. DOI: 10.20502/rbg.v14i4.325
4. CHIESSI, C. M. **Tectônica Cenozoica no Maciço Alcalino de Passa Quatro (SP-MG-RJ)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
5. FÁVERA, J. C. D. **Fundamentos de estratigrafia moderna**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2001. 263p.
6. GILCHRIST, A. R.; SUMMERFIELD, M. A. (1994) Tectonic models of passive margin evolution and their implications for theorys of long-term landscape development. In: KIRKBY, M. J. (Ed.) **Process models and Theoretical Geomorphology**. Jon Wiley & Sons: p. 55-84.
7. GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do médio vale do Rio Paraíba do Sul: região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1999. 259p.
8. GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E. New geomorphological mapping system used at different scales in a Swedish. **Geomorphology**, n. 110, p. 37-44, 2009.

9. GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E.; SEIJMONSBERGEN, A. C. A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. **Geomorphology**, n. 77, p. 90-111, 2006.
10. HASUI, Y. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. In: 1º WORKSHOP DE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CONTINENTAL CENOZÓICA NO SUDESTE DO BRASIL, 11, 1990, Belo Horizonte. Minas Gerais: **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, 1990. p. 1-31
11. JONG, M. G. G.; STERK, H. P.; SHINNEMAN, S.; SEIJMONSBERGEN, A. C. Hierarchical geomorphological mapping in mountainous areas. **Journal of Maps**, v. 17, n. 2, p. 214-224, 2021.
12. LEONARDI, F. A.; LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M. Perfis bauxíticos do Planalto de Poços de Caldas SP/MG – análise geoquímica e posição na paisagem. **Revista de Geografia**, Recife, v. esp., n. 1, p. 46-60, 2010.
13. MACGREGOR, D. Understanding african and brazilian margin climate, topography and drainage systems, implications for predicting deepwater reservoirs and source rock burial history. On Line Journal for E & P Geoscientists. In: **AAPG International Conference and Exhibition**. Rio de Janeiro, 2010.
14. MARQUES NETO, R. **Estudo evolutivo do sistema morfoclimático e morfotectônico da bacia do Rio Verde (MG), sudeste do Brasil**. 2012. 430p. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.
15. MARQUES NETO, R. O *horst* da Mantiqueira Meridional: proposta de compartimentação morfoestrutural para sua porção mineira. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, p. 561-577, 2017.
16. MARQUES NETO, R. A cartografia geomorfológica segundo o tipo de paisagem: uma proposta para a Mantiqueira Meridional no contexto das regiões montanhosas tropicais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, p. 101-116, 2020.
17. MARQUES NETO, R. Regionalização físico-geográfica em domínio de relevos montanhosos tropicais: geossistemas na região da Mantiqueira Meridional, sudeste do Brasil. **RA'EGA**, v. 50, p. 23-43, 2021.
18. MARTON, L. G.; TARI, G. C.; LEHMAN, C. T. Evolution of the Angola passive margin, West Africa, with emphasis of post-salt structural styles. In: **Geophysical Monograph Series**, 115. American Geophysical Union, 2000.
19. MORALES, N. **Neotectônica em ambiente intraplaca: exemplos da região Sudeste do Brasil**. Tese (Livre Docência em Geologia Estrutural e Geotectônica), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2005. 201p.
20. OTTO, J. C.; GUSTAVSSON, M.; GEIULHAUSEN, M. Cartography: design, symbolization and visualisation of geomorphological maps. **Developments in Earth Surface Processes**, v. 15, p. 253-295, 2011.
21. REZENDE, E. A. **O papel da geodinâmica espaço-temporal da rede hidrográfica na evolução geomorfológica da alta/média bacia do Rio Grande, sudeste brasileiro**. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental e Recursos Naturais), Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. 194p.
22. REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R.; SILVA, J. R.; BOURLÈS, D.; BRAUCHER, R.; LÉANNI, L. Fatores controladores na evolução do relevo no flanco NNW do rif continental do sudeste do Brasil: uma análise baseada na mensuração de processos denudacionais de longo-termo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 2, p. 221-234, 2013.
23. RIBEIRO, L. F. B. **Tectônica ressurgente da borda sul da Serra da Mantiqueira: geologia estrutural e geocronologia por traços de fissão**. 1996. 121f. Dissertação (mestrado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.
24. RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil**. São Paulo, 1989. 256p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
25. ROCHA, G. C. (2013) O meio físico da região de Ibitipoca: características e fragilidade. In: FORZZA, R. C.; MENINI NETO, L.; SALIMENA, F. R. G.; ZAPPI, D. **Flora do Parque Estadual do Ipitipoca**. Juiz de Fora: Editora da UFJF: 27-52

26. ROSANTE, K. T. (116 f.) **Evolução termocronológica do sudoeste de Angola e correlação com o sudeste brasileiro: termocronologia por traços de fissão em apatita**. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2013.
27. SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese**. Belo Horizonte, 1991. 285p. Tese (Professor Titular), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
28. SALGADO, A. A. R.; CHEREM, L. F. S.; SORDI, M. V. Grandes capturas fluviais no Brasil: síntese das novas descobertas. **Estudos do Quaternário**, v. 19, p. 23-31, 2018.
29. SANTOS, M. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica**. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 1999. 134p.
30. SÍGOLO, J. B. Os depósitos de talude de Passa Quatro. In: V SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 1997. **Anais...** Penedo, RJ, v. 1, p. 1-8.
31. SILVA, F. P. **Análise morfotectônica comparativa entre os setores meridional e setentrional da Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. 165p.
32. 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.
33. SILVA, F. S.; OLIVEIRA, F. S.; SOUZA FILHO, C. R. Distribuição e contexto geológico-geomorfológico da bauxita na região de Espera Feliz, Sul da Serra do Caparaó (MG \ ES). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 3, p. 457-473, 2019.
34. SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: an introduction of the study of landforms**. Essex, Longman & Scientific Technical, 1991. 537p.
35. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 21/04/2018.
36. VALETON, I.; MELFI, A. J. Distribution pattern of bauxites in Cataguases area (SE Brazil), in relation to Lower Tertiary paleogeographic and younger tectonics. **Bulletin de la Société Géologique de France**, v. 41, n.1, p. 85-98, 1988.
37. VERSTAPPEN, H. Th. **Applied Geomorphology**. Elsevier: Amsterdam, 1983. 437p.
38. ZALAN, P. V.; OLIVEIRA, J. A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.