Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Zona da Mata Mineira

Felipe Pacheco Silva², Carlos Anthony Heider Martins², Roberto Marques Neto¹, Elver Lonie Nunes de Oliveira², Rodinei de Almeida Fernandes²

¹Prof. Adjunto do Dep. de Geociências e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora. ²Discentes do curso de Geografia na Universidade Federal de Juiz de Fora. *E-mail para correspondência: roberto.marques@ufjf.edu.br (MARQUES NETO, R.)

Artigo recebido em 16/07/2015 e aceito em 28/12/2015

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo divulgar os resultados obtidos com o mapeamento geomorfológico na bacia do ribeirão Santa Bárbara (MG) e elaboração da carta geomorfológica correspondente, editada na escala de 1/50.000, em consonância ao plano metodológico estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O trabalho deu conta de mapear unidades geomorfológicas ordenadas em padrões de formas semelhantes segundo os modelados de dissecação e agradação identificados e seus aspectos morfométricos fundamentais (declividade, profundidade de dissecação e dimensão interfluvial). Em um segundo nível de abordagem, foi empreendida a inserção de símbolos representativos de feições morfológicas e processos atuais (escarpas de falha, ravinas, focos de arenização, capturas), permitindo uma interpretação abrangente do relevo da área de estudo em suas formas e processos, pretéritos e atuais.

Palavras-chave: mapeamento geomorfológico; declividade do terreno; profundidade de dissecação; bacia do ribeirão Santa Bárbara.

Geomorphological Mapping of Ribeirão Santa Bárbara Basin, Zona da Mata Mineira

ABSTRACT

This paper aims on spreading the results obtained with the geomorphological mapping in the ribeirão Santa Bárbara basin (MG) and elaboration of the correspondent geomorphological chart, edited in the scale of 1/50.000 in consonance with the methodological plan established by Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. The work did the mapping of geomorphological unities ordered in patterns of similar forms according to the modeled of dissection and aggradation identified and its fundamental morphometrics aspects (declivity, depth of dissection and interfluvial dimension). In a second level of approach it was engaged the insertion of representative symbols of morphological lineament and recent processes (fault scarps, ravines, sandification focuses, captures), enabling an embracing interpretation of the relief of the area of study in its forms and processes, past and recent.

Keywords: geomorphological mapping; terrain declivity; depth of dissection; ribeirão Santa Bárbara basin.

Introdução

A cartografia do relevo busca a representação gráfica e espacial dos fatos geomórficos em seus aspectos morfométricos (declividade, dissecação, comprimento de rampa), morfológicos (geoformas, padrões de formas), morfodinâmicos (fragilidade ambiental, erodibilidade das coberturas de alteração) e morfocronológicos (idade relativa e absoluta das superfícies

geomórficas e das coberturas superficiais). O mapa geomorfológico consiste na integração de todas estas informações organizadas em um documento cartográfico, que deve conter ainda, se possível, dados morfoestruturais. O mapeamento do relevo carece de uma padronização a partir de um método unificado e compartilhado por toda comunidade científica, sendo que esta falta de unidade está diretamente relacionada à complexidade e variedade dos sistemas

geomorfológicos terrestres, o que impõe diferentes problemas de representação e dificulta o fomento de uma formalização metodológica. No entanto, inúmeros esforços foram empreendidos no intuito de se concretizar um arcabouço metodológico capaz de promover os estudos voltados à representação cartográfica do relevo.

A complexidade inerente à interpretação do relevo terrestre faz com que a sua representação se imponha como um grande desafio para os estudiosos da área, principalmente pelo fato dos sistemas geomorfológicos se encontrarem constantemente expostos à variada gama de processos, endógenos e supérgeos. Nesse sentido, pode-se afirmar que os problemas metodológicos da cartografia geomorfológica são consideráveis, visto que a representação do relevo deve abranger esta rede de processos vinculada à sua gênese, evolução e dinâmica, permitindo construir relações com a estrutura e processos morfogenéticos operantes no presente e no passado. Sobre essas bases é estabelecido o consenso de que o mapa geomorfológico deve dar enfoque à diversidade de atributos que conformam a interface entre a geodinâmica e os processos superficiais, quais sejam: aspectos morfoestruturais, morfométricos, morfográficos, morfodinâmicos e morfocronológicos, estes últimos os de maior limitação no que se refere à obtenção de dados absolutos para idades mais antigas que o Quaternário, o que também limita, por conseguinte, a sua incorporação no mapa. Métodos como a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) tem se mostrado úteis para datar morfologias agradacionais quaternárias como planícies e terraços, ao passo que superfícies mais antigas do Cenozoico Inferior tem se valido de técnicas termocronológicas que se prestam na identificação de eventos de soerguimento e denudação, como a da fissão em apatita, zircão e U-Th/He (Cogné et al., 2011; Karl et al. 2013).

No plano metodológico, o sistema taxonômico proposto por Jean Tricart (Tricart, 1965) foi de extrema importância para a cartografia geomorfológica brasileira, exercendo alguma influência no primeiro sistema metodológico sistemático de mapeamento do relevo executado pela equipe do Projeto RADAMBRASIL a partir da década de 1970. Os níveis taxonômicos adotados não estabelecem congruência plena com o sistema de Jean Tricart (1965), mas, ainda assim, apresentam forte similaridade na concepção dos fatos geomórficos a partir de ordens de grandeza cujas integridades podem ser representadas segundo táxons. Tal avanço

constituiu um marco na cartografia geomorfológica brasileira, uma vez que, com o objetivo de realizar um levantamento sistemático dos recursos naturais do território nacional, foram propostas e executadas investidas em diversos temas, e dentre eles o mapeamento do relevo assumia proeminência, uma vez que concebida a importância de se conhecer as restrições e as potencialidades impostas por este importante atributo da paisagem. O Projeto RADAMBRASIL trouxe inúmeros avanços metodológicos, sendo uma experiência vanguardista que não contou com quaisquer experiências anteriores de mapeamento sistemático do relevo em pequena escala, e ainda assim foi capaz de mapear o relevo de todo o território nacional a partir da interpretação de imagens de radar de visada lateral em 37 folhas ao milionésimo (Marques Neto et al. 2015).

Contemporaneamente ao Projeto RADAMBRASIL, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) elaborou um mapeamento geomorfológico para o estado de São Paulo (Ponçano et al. 1981) na escala de 1/250.000 (publicado na escala de 1/1.000.000), pautado nos aspectos morfométricos dos modelados de dissecação, diferenciando formas em morros, morrotes, colinas e relevo montanhoso conforme o declive das encostas (em porcentagem) e as amplitudes altimétricas, indicadoras da profundidade de entalhamento da drenagem. As morfologias expressas em colinas foram diferenciadas em pequenas, médias e grandes de acordo com a área interfluvial das mesmas (Florenzano, 2008; Marques Neto et al. 2015).

Influenciado pelos postulados teóricos de Walther Penck e pela metodologia desenvolvida e consolidada no âmbito do projeto RADAMBRASIL, Ross (1992) propõe uma classificação do relevo em seis níveis taxonômicos, simplificando o sistema de Tricart (1965). A primeira unidade taxonômica refere-se às *Unidades Morfoestruturais*, definidas pelas grandes estruturas terrestres (escudos cristalinos, bacias sedimentares, cinturões orogênicos ativos). A segunda ordem taxonômica corresponde às *Unidades Morfoesculturais* contidas nas grandes estruturas e emolduradas pela ação climática. A terceira refere-se às *Unidades Morfológicas* ou *Padrões de Formas Semelhantes* ou ainda *Tipos de Relevo*, que devido às suas características genéticas, texturais e altimétricas se apresentam de forma semelhante através da forma dos topos, vertentes e declives predominantes. A quarta unidade taxonômica é definida pelas formas individualizadas de cada *Unidade Morfológica*. O quinto táxon se refere a segmentos de forma

(vertentes e topos segundo suas formas gerais), e, por fim, o sexto táxon é representado pelas pequenas formas de relevo vinculadas aos processos atuais, como ravinas, voçorocas, terraços, assoreamento, depósitos fluviais, cortes e aterros do terreno (Ross, 2006).

O mapa geomorfológico por si só é um instrumento essencial ao planejamento, atendendo a diversos fins, que podem ser de ordem política, ambiental, jurídica, entre outros, visto que a partir da identificação dos compartimentos é possível estabelecer estratégias de gerenciamento do território e proposições por parte do poder público de usos coerentes com as potencialidades de cada contexto geomorfológico. Nesse sentido, é importante que, conjuntamente ao mapa geomorfológico, se tenha uma legenda abrangente que sistematize de forma coerente as relações espaciais das feições geomorfológicas, o que é fundamental para que esse tipo de documento cartográfico seja de fato interessante à gestão territorial.

A proposta do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Nunes et al. 1994) oficializa uma orientação metodológica para a cartografia geomorfológica brasileira (Cunha, 2012), enfaticamente pautada no discernimento dos modelados de dissecação, aplainamento, dissolução e agradação e no estabelecimento de cores segundo o domínio morfoestrutural no qual a área mapeada se encontra. Essa proposta apresenta cinco unidades taxonômicas para o mapeamento do relevo. A primeira se vincula aos aspectos morfoestruturais, ou seja, ao arcabouço geológico e as suas relações com o relevo em âmbito regional. A segunda unidade se refere às feições morfoesculturais, ligadas diretamente à ação do clima atual e pretérito. A terceira unidade refere-se a um conjunto de formas semelhantes definido a partir da altimetria e fisionomia das respectivas formas. Os conjuntos de forma que compõem esse nível são dados por serras, chapadas, patamares, planaltos, tabuleiros, planícies e depressões. O quarto nível taxonômico é dividido em quatro tipos genéticos: modelados de acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação. Por fim, o quinto nível é representado por feições menores que só podem ser cartografadas por símbolos pontuais ou lineares, como escarpas de falha, dunas, meandros abandonados, cicatrizes erosivas, dentre outras geoformas. A morfometria é representada mediante o estabelecimento de índices de dissecação, conforme algumas orientações metodológicas anteriores, como RADAMBRASIL (1983) e Ross (1992).

Cabe destacar os avanços introduzidos por Cunha (2001, 2012) ao realizar mapeamentos comparativos em perspectiva multiescalar empregando as metodologias de Tricart (1965), Nunes et al. (1994) e Argento (1995), o que resultou em mapas geomorfológicos para a porção sul do litoral paulista em escala de 1/250.000 e *zooms* em escala de 1/10.000 (Cunha, 2012), produtos estes obtidos a partir das bases planialtimétricas, imagens orbitais e ortofotocartas, estas últimas empregadas para os mapeamentos em escala de detalhe, sendo este um trabalho de grande contribuição para a cartografia geomorfológica brasileira.

Mesmo contando com diversas propostas de mapeamento do relevo, os mapas geomorfológicos apresentam um grau de complexidade maior que a maioria dos mapas temáticos. Essa complexidade decorre da dificuldade de se apreender e representar uma realidade relativamente abstrata – as formas do relevo –, sua dinâmica e gênese (Ross, 1990). A maior problemática que pode ser traçada, segundo Ross (1990), é a questão relativa à padronização ou uniformização da representação cartográfica, pois ao contrário de outros tipos de mapas temáticos, não se conseguiu chegar a um modelo de representação que satisfaça os diferentes interesses dos estudos geomorfológicos. Diversos outros autores também chamam atenção para este problema, mas devido à complexidade de se mapear o relevo sistematicamente em todos os seus aspectos, cabe refletir se realmente é possível e principalmente conveniente e vantajoso para a cartografia geomorfológica firmar uma uniformização e padronização metodológica oficial aplicável para diferentes sistemas geomorfológicos, em diferentes escalas e a cumprir diferentes objetivos.

Ciente das problemáticas inerentes à cartografia geomorfológica e considerando a importância do seu desenvolvimento metodológico, bem como do mapeamento do relevo para o planejamento do uso da terra e gestão do patrimônio ambiental, o presente trabalho consiste em apresentar o mapeamento geomorfológico levado a efeito para a bacia do ribeirão Santa Bárbara, localizada entre os municípios de Lima Duarte, Santa Bárbara do Monte Verde e Juiz de Fora - MG, em escala de 1/50.000, a partir da perspectiva metodológica de Nunes et al. (1994), incorporando os avanços metodológicos apresentados por Cunha (2012), com algumas adaptações cabíveis, fundamentalmente no que se refere ao uso de Sistemas de Informação Geográfica. A escolha em

se trabalhar com a bacia hidrográfica enquanto unidade de representação se refere ao fato de constituírem unidades territoriais funcionais, sendo a representação de seu sistema geomorfológico de grande valia para as atividades gestoras. Nesse sentido, a bacia hidrográfica é um ente espacial de suma importância para os estudos ambientais, e o aporte da cartografia geomorfológica amplia a interpretação das conexões ocultas vigentes na paisagem, entre as quais aquelas estabelecidas pelas relações entre os subsistemas vertente e canal fluvial e processos superficiais operantes são de alçada mais direta da geomorfologia.

Material e métodos

Como anteriormente citado, o trabalho adotou a proposta metodológica desenvolvida no âmbito do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Nunes et al. 1994), revista e aplicada por Cunha (2012) para o litoral de São Paulo. O método foi empregado em diferentes níveis de abordagem, realizando-se, quando necessário, algumas adaptações. A proposta estabelece consonância ao sistema taxonômico de Tricart (1965), adaptado ao contexto brasileiro por Ross (1992), posto que as unidades geomorfológicas mapeadas foram interpretadas na ordem de grandeza dada pelos *padrões de formas semelhantes*, compatível com a dimensão sub-regional da área de estudo.

O conjunto de procedimentos se deu inicialmente pela interpretação de fontes bibliográficas e cartográficas preexistentes como forma de aprimorar o conhecimento sobre o tema e sobre a área de estudo em seu contexto regional e local. Posteriormente, a rotina de trabalho consistiu em uma compartimentação inicial em imagem de satélite Landsat (bandas 5, 4 e 3) segundo os elementos texturais para o reconhecimento inicial dos modelados de agradação (A) e de dissecação (D). Tais procedimentos se deram sincronicamente a mensuração dos seguintes parâmetros morfométricos: dimensão interfluvial e profundidade de dissecação, executados diretamente nas folhas topográficas em escala de 1/50.000 (Lima Duarte, SF-23-X-C-VI-3, Santa Bárbara do Monte Verde, SF-23-X-C-VI-4 e Valença, SF-23-Z-A-III-2). A incisão vertical foi quantificada a partir do estabelecimento da amplitude altimétrica entre os topos e fundos de vale de referência e para a mensuração da dimensão interfluvial procedeu-se na medição da extensão da faixa divisória verificável entre as linhas de drenagem posicionadas na base de duas

vertentes opostas ou entre duas nascentes, procedimento este que abarcou todas as geoformas denudacionais da bacia. Tais parâmetros foram representados na legenda em quadro a parte conforme a proposta de Nunes et al. (1994), que prescreve a construção de uma matriz de dissecação para os tipos genéticos denudacionais, no qual a dimensão interfluvial é plotada nas colunas e a profundidade de dissecação nas linhas. Para ambas são atribuídos índices de 1 a 5 em conformidade aos valores medidos (sendo que quanto maior o valor, mais acentuado é o potencial morfodinâmico). O cruzamento dos dígitos forma um sistema binário que auxilia a interpretação do quadro de fragilidade vigente a partir de 25 correlações possíveis, nas quais a situação 1/1 é representativa do quadro de fragilidade mais baixa discernível (dimensão interfluvial muito grosseira e entalhe vertical muito fraco); na outra extremidade da matriz a maior fragilidade potencial se materializa no cruzamento 5/5 (dimensão interfluvial muito fina e entalhe vertical muito forte). O trato morfométrico contou ainda com a elaboração da carta de declividade, executada no Software ArcGIS 10.2, por meio da ferramenta *ArcToolBox* a partir de imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). As classes foram definidas em intervalos manuais após a criação do modelo de declividade, desdobrando-se os seguintes intervalos: < 6%; 6 - 15%; 15 - 30%; 30 - 45%; 45 - 75%; > 75%. Em seguida, a declividade foi correlacionada à profundidade de dissecação para definição da nomenclatura dos modelados de dissecação, compatível à proposta de Ponçano et al. (1981).

Sobre os modelados de dissecação polygonizados foram inseridos símbolos alfanuméricos, adotando-se o sistema de letras padrão pelo qual a letra maiúscula diferencia os tipos genéticos em modelados de dissecação (D) e agradação (A), que são sucedidas por letras minúsculas específicas às unidades de relevo mapeadas. Em associação, foram inseridos ao lado das letras os números provenientes da morfometria das morfologias denudacionais previamente quantificadas. Em um segundo nível de abordagem foi empreendido a inserção de símbolos representativos de feições do relevo e de processos sempre que os recursos gráficos disponíveis estabeleceram compatibilidade com a escala de representação. Com isso foi possível representar as principais linhas interfluviais, escarpas de falha, anomalias de drenagem, paleoformas como capturas fluviais e meandros abandonados, e formas e processos atuais, como

ravinas, voçorocas e focos de arenização, feições que remetem ao quarto e quinto táxon de Ross (1992), e que aparecem sobrepostos aos padrões de formas através da simbologia. As curvas de nível mestras das folhas topográficas foram representadas para visualização da altimetria em intervalos de 100 metros, quesito que para os modelados de agradação (fundamentalmente as planícies alúvio-coluvionares) foi remediado com diferenciações tonais conforme a elevação topográfica, diferenciando-se assim as planícies altimontanas das posicionadas nos compartimentos intermontanos.

Como estratégia para a inserção de informações morfoestruturais no mapa, procedeu-se em conformidade a Marques Neto et al. (2015), agrupando-se os litotipos em gamas de cores conforme a friabilidade das rochas e das coberturas de alteração a elas associadas. As tonalidades mais escuras, tendendo ao amarronzado, se referem às estruturas quartzíticas, susceptíveis ao deslocamento e relacionadas a coberturas superficiais arenosas mal desenvolvidas, porém de alta erodibilidade; litologias gnáissico-graníticas que definem modelados de dissecação mais homogênea com mantos de alteração argilosos e mais profundos foram representadas com tonalidades de cantalupo e marron cordovão, a primeira para representar os morros e a última para os morrotes; por fim, as tonalidades amarelas foram utilizadas para representar as morfologias de acumulação, enfaticamente planícies e terraços neoquaternários.

A apreciação dos aspectos estruturais teve como suporte o mapa geológico elaborado para a área de estudo, em escala de 1:50.000, a partir da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape elaborado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (Fonseca et al., 1979), que serviu de base para a elaboração de uma carta com informações litológicas, também editada no ArcGIS. A adequação dos dados obtidos originalmente na escala de 1:1.000.000 para a escala de 1:50.000 se fez exequível, uma vez que, apesar da fonte se encontrar em escala generalizada, o mapeamento empreendido pelo DNPM é fruto de diversos mapeamentos feitos em escala de 1:100.000, sendo que a partir de recursos computacionais do próprio software de geoprocessamento pode-se gerar o mapa geológico para a apresentação final em escala de semidetalhe (1:50.000) buscando se preservar o maior número de informações dos mapeamentos feitos na escala original.

O documento cartográfico final foi editado no software ArcGIS 10.2 (ESRI) a partir das cartas *raster* de Lima Duarte (Folha SF-23-X-C-VI-3), Santa Bárbara do Monte Verde (Folha SF-23-X-C-VI-4) e Valença (Folha SF-23-Z-A-III-2) (IBGE 1973), em escala de 1:50.000. No presente trabalho optou-se por apresentar mapa e legenda em uma única figura, apesar do grande número de informações contido no corpo da legenda, construída por associações de cores, recursos textuais, códigos alfanuméricos e demais simbologias que permitem uma compatibilização entre os níveis taxonômicos e as feições geomórficas que foram mapeadas. Resumidamente, pode-se afirmar que o primeiro procedimento adotado foi georeferenciar a carta *raster* com os compartimentos já definidos, utilizando-se do relevo sombreado com ângulo azimutal de 315°, com transparência de 75%, o que propiciou uma visualização proficiente do relevo da bacia e contribuiu conjuntamente com a carta *raster* e a carta de declividade para as interpretações acerca de seu sistema geomorfológico. A partir dessa base foram criados *shapefiles* dos respectivos compartimentos, mantendo-se a rede de drenagem e as curvas de nível com equidistância de 100 metros. Doravante, foi levada a efeito a inserção de simbologias lineares e pontuais para representar as feições referentes a escarpas, linha de falha, *shutter rides*, depósitos de tálus, arenizações, anomalias de drenagem, entre outras. Alguns fatos geomórficos pontuais de visualização limitada no mapa pelas dimensões que este é apresentado no presente *paper* foram objetos de *zooms* para fins de minimização destas limitações inerentes à cartografia geomorfológica.

Concomitante à sequência de procedimentos cartográficos foram realizadas investidas sistemáticas no campo para reconhecimento e interpretação do relevo, em suas formas e processos operantes, conduta fundamental para calibrar as interpretações levadas a efeito por meio do sensoriamento remoto, análise cartográfica e morfométrica.

Área de Estudo

A bacia do ribeirão Santa Bárbara e Monte Verde (Figura 1) está compreendida entre as coordenadas 21°52'32" e 22°01'20" de latitude sul (S) 43°53'51" e 43°31'59" de longitude oeste (W), encontrando-se no extremo sul da Zona da Mata Mineira, próximo à divisa com o Estado do Rio de Janeiro. A bacia possui uma área de 275 km² e perpassa os municípios de Lima Duarte, Santa

Figura 1. Localização e limite da bacia do ribeirão Santa Bárbara e Monte Verde. Elaborado pelos autores.

Bárbara do Monte Verde e Juiz de Fora.

Geologicamente a bacia é formada por oito unidades (Figura 2) em sua maioria relacionadas à orogenia neoproterozóica Brasiliana-Pan Africana. Com base nos dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (Fonseca, et al., 1979) pode se destacar três associações litológicas compondo a bacia: **a.** micaxisto, xisto aluminoso, anfibolito, homblenda-biotita gnaíse, diatexito, quartzo-metarenito e quartzito com idades neoproterozoicas (1,0 – 0,54 Ga); **b.** charnockito, enderbita, opdalito e tonalitos de idade paleoproterozóica (2,5-1,6 Ga) pertencentes ao Complexo Juiz de Fora; **c.** pode-se destacar o litotipo de menor expressividade na bacia, uma intrusão de leucogranitos com idade neoproterozóica pertencentes a Suíte Pouso Alto. Os litotipos predominantes presentes na bacia são gnaíses, que em boa parte foram metamorfizados em xistos, além da presença de quartzitos e outras rochas metamórficas pré-cambrianas que foram retrabalhadas em eventos tectônicos posteriores, fundamentalmente durante a remobilização mesozoica. Percebe-se também que o relevo é significativamente controlado estruturalmente, verificando-se relações estreitas entre conjuntos de formas e a base geológica, tal como ocorre nas zonas de cisalhamento geomorfologicamente expressas pelas serras quartzíticas de Lima Duarte, bem como a Serra Negra. Tais alinhamentos positivos do relevo encarceram um conjunto de morros e morrotes intermontanos emoldurados em litotipos predominantemente

gnáissicos dissecados por drenagem de tipicidade dendrítica e entremeados por planícies de inundação descontínuas e de desenvolvimento desigual, a indicar o contundente controle estrutural na geomorfogênese da área de estudo (Marques Neto et al. 2015).

Os relevos quartzíticos comportam coberturas pedológicas mal desenvolvidas, notoriamente Cambissolos e Neossolos Litólicos e quartzarênicos, de granulometria predominantemente arenosa e com significativo teor de minerais primários, ao passo que sobre as morfologias mamelonizadas tipificadas em rochas gnáissicas ocorre contundente pedogênese latossólica com textura argilosa a média. Gleissolos indiferenciados e Neossolos Flúvicos perseguem os eixos fluviais e suas planícies de inundação, margeando de forma descontínua os cursos d'água mais expressivos (Marques Neto et al. 2015).

De acordo com a classificação de Köppen, a bacia apresenta dois tipos climáticos diferentes. Nas áreas de serra onde a média altimétrica está acima dos 1000 m, avulta o clima tropical de altitude (*Cwb*), com temperatura média anual abaixo dos 18°C. Nos setores altimetricamente rebaixados entre serras e na parte baixa da bacia, o clima é classificado como tropical típico, com temperaturas médias anuais acima dos 18°C.

A vegetação local, de acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1992), se enquadra no tipo Floresta Estacional Semidecidual Sub-montana e Floresta Estacional Semidecidual Montana nas regiões de menor

altimetria. Já em faixas de maior altimetria ocorrem agrupamentos de Floresta Ombrófila Densa Alto-montana, dominante em segmentos escarpados. Nas serras quartzíticas ocorrem campos rupestres associados à litologia em questão e ao clima tropical de altitude.

O uso da terra na bacia é marcado pela presença da pastagem intercalada a focos de mata

em regeneração, na sua maior parte. Também é muito nítido o uso para plantação de eucalipto, que ocupa uma área considerável da bacia, assumindo presença marcante sobre a Serra Negra, onde se faz influente na composição da estrutura da paisagem e nos processos dinâmicos de vertente na interface com as coberturas de alteração arenosas.

Figura 2. Mapa geológico da bacia do ribeirão Santa Bárbara.

Resultados e discussão

Resultados Cartográficos

Inicialmente é importante destacar a relação do mapa geomorfológico da bacia do ribeirão Santa Bárbara com o mapa de declividade do terreno (Figura 3) gerado anteriormente. As porções de maior declive correspondem às serras de Lima Duarte, Negra e São Bento e também a rampas em zonas de rupturas de declive com depósitos de talus. Os declives intermediários, basicamente os inferiores a 45%, vinculam-se ao conjunto de relevos de dissecação mais homogênea. Os declives mais suaves aparecem rente aos rios, correspondendo às porções deposicionais, principalmente as planícies de aluviais e as rampas de colúvios.

Foram mapeados para a bacia do ribeirão Santa Bárbara (Figura 4) os seguintes tipos genéticos: Modelados de Acumulação (A) – Planície alúvio-coluvionar e terraços (Apact), planície alveolar (Apal), planície aluvial altimontana (Apa) e rampas de colúvios (Arc); Modelados de Dissecação em Controle Estrutural (DE) – Cristas estruturais (DEc), serras rebaixadas (DEsr) e degraus reafeiçoados (DEdr); Modelados de Dissecação Homogênea (D) – Morros (Dm), morrotes (Dmr).

No mapa geomorfológico pode-se evidenciar o predomínio dos modelados de dissecação homogênea, caracterizado pelas feições de morros e morrotes, que juntamente cobrem cerca de 57% da bacia, sendo que somente as feições de morros apresentam uma cobertura 46,74%, com notória concentração na porção centro-leste. Transposta a

área urbana de Santa Bárbara do Monte Verde, já na porção oeste da bacia, essas morfologias encontram-se confinadas entre as zonas de cisalhamento que definem os relevos serranos. Essas morfologias encontram-se diretamente associadas a um contexto litológico mais diversificado, composto substancialmente por xistos, enderbitos e gnaisses, configurando coberturas superficiais argilosas desenvolvidas relacionadas a sistemas pedogenéticos de organização estrutural latossólica associados a Cambissolos. Os morros apresentam profundidade de dissecação variando entre 100 e 300 metros, apresentando os morrotes valores inferiores a 100 metros e dimensão interfluvial não superior a 600 metros; os morros, em contrapartida, apresentam dimensão interfluvial variando de fina a média, apresentando em algumas porções dimensão

interfluvial superior a 800 metros. Na porção oeste da bacia, essas morfologias encontram-se confinadas entre as zonas de cisalhamento que definem os relevos serranos. Cabe-se destacar que na porção da bacia que compreende os modelados de dissecação homogênea os declives variam mais recorrentemente de 15-30%, sendo que as inclinações mais agudas intensificam a geração de depósito de tálus e caos de blocos, conforme ocorre na margem esquerda do ribeirão Santa Bárbara. Na medida em que essas morfologias convexas se aproximam das áreas de relevo submetido a controle estrutural, os topos tendem a formas tabulares e as vertentes aumentam em retinidade, sinalizando a passagem das unidades de dissecação homogênea para as estruturalmente controladas.

Figura 3. Carta de declividade da bacia do ribeirão Santa Bárbara.

Os modelados de dissecação em controle estrutural mapeados para a bacia compreendem cerca 25,73% da sua área, e formam uma unidade litológica dada pelas rochas quartzíticas de coberturas superficiais arenosas. Nesse contexto, é perceptível, sobretudo, nas proximidades das cabeceiras, a intensidade de processos morfodinâmicos no domínio das vertentes. As declividades são geralmente superiores a 30%, e a altitude se posiciona acima de 1200 metros, podendo chegar a 1600 metros nas Serra Negra e de Lima Duarte. A distribuição dos declives ao longo destes alinhamentos de cristas é desigual, sendo que a Serra Negra apresenta uma configuração tendencialmente simétrica, com declives similares pelas duas vertentes, ao passo

que a Serra de Lima Duarte apresenta uma configuração assimétrica dada pelos dobramentos pré-cambrianos e posteriores remobilizações, o que determina maiores declives nas vertentes contrárias ao mergulho. Com relação às métricas observa-se que o contexto serrano apresenta desnível altimétrico entre topo e fundo de vale geralmente superior a 300 metros e dimensão interfluvial variando de média a fina, ou seja, não apresenta dimensão interfluvial superior a 800 metros e inferior a 400 metros.

Os modelados de agradiação mapeados para a bacia correspondem a 17,27% de sua área, sendo que ambos os modelados apresentam declividade inferior a 6%. É notável o predomínio de planícies aluvio-coluvionares associadas a terraços fluviais. Na porção oeste da bacia, perto de seu exutório, a

planície é suprimida respondendo a controle morfotectônico que engendrou deslocamento lateral do divisor e catalisou o entalhe vertical, com aumento associado na energia da corrente (Figura 5). As rampas de colúvios localizam-se nos segmentos mais baixos das vertentes e marcam a passagem do modelado de dissecação para o de acumulação, onde imperam os processos deposicionais. Ainda para os modelados de agradação cabe destacar que as planícies altimontanas encontram-se submetidas ao controle estrutural das porções serranas que definem o interflúvio da bacia, sendo essas formas agradacionais evidências da diversidade de litologias presentes nos respectivos compartimentos. Portanto, pode-se afirmar com base no mapa geológico que essas planícies encontram-se diretamente correlacionadas às intercalações de micaxisto, xisto aluminoso, anfíbolito e hornblenda-biotita-garnet no contexto da Serra de Lima Duarte, cujas cristas são mantidas em litologia quartzítica, mas resistente ao entalhe e ao intemperismo químico. As planícies alveolares, mapeadas em unidades diferenciadas, correspondem a setores de estocagem sedimentar descontínuos, relacionados fundamentalmente aos modelados de dissecação homogênea, entre os quais se encontram embutidas.

Sobre as morfologias mapeadas foram inseridos símbolos lineares e pontuais, o que permitiu evidenciar os processos atuais e apresentar os fatos geomorfológicos em níveis taxonômicos mais detalhados, correspondendo ao quarto e quinto nível taxonômico de Ross (1992). Os símbolos lineares foram aplicados na representação das escarpas de falha, da rede de drenagem, cristas assimétricas e simétricas, assim como depósito de talus. Simbologias de caráter pontual serviram para representar anomalias de drenagem, como meandros abandonados e desvio abrupto de canal fluvial, assim como focos de arenização e processos erosivos, como redes de ravinas. A Figura 5 corresponde aos *zooms* dados para algumas destas feições representadas por simbologias através de imagens do *Google Earth*, procurando no uso desse recurso minimizar as limitações inerentes à publicação de uma figura de mapa geomorfológico, que comporta grande número de informações além daquelas representadas por cores.

O sistema geomorfológico da bacia do ribeirão Santa Bárbara

Inserida no domínio dos “mares de morros” florestados (Ab’Sáber, 2003), a bacia do ribeirão

Santa Bárbara apresenta considerável diversidade geomorfológica que pode ser agrupada em três compartimentos fundamentais, sendo um deles em forte controle estrutural, representado pelas faixas serranas alongadas de topos aguçados a aplainados, um caracterizado por dissecação mais homogênea em relevos mamelonizados, além das planícies aluviais neoquaternárias. Cada um destes compartimentos configura uma unidade de paisagem, posto que se diferenciam também pela litologia, pelos sistemas de transformação pedológica vigentes, pela vegetação nativa e pelas modalidades de uso da terra hodiernas.

As faixas serranas alongadas, representadas pela Serra Negra e pela Serra de Lima Duarte, figuram como os modelados de dissecação em controle estrutural, e apresentam padrões morfométricos que engendram processos morfodinâmicos mais intensos. Preservadas pela resistência do quartzito ao intemperismo químico, as serras quartzíticas constituem os altos topográficos da bacia e as principais faixas interfluviais. São estruturadas em zonas de cisalhamento de significativa expressão espacial, compostas por abruptos rejeitos verticais que foram reafeiçoados tectônica e erosivamente e desalinhados por falhas transcorrentes neotectônicas. Tal configuração geomorfológica, caracterizada por altos declives e entalhe profundo, contribui para uma dinâmica gravitacional que se expressa pela desagregação do material das encostas e por constantes retrabalhamentos nos fundos de vale, processos estes catalisados pela retirada da vegetação nativa para a implantação de pastagens, prática que tem proporcionado um forte aumento dos processos erosivos, mais precisamente a erosão laminar em conjunto a alguns focos de ravinas em considerável densidade que culminam em voçorocas de significativas proporções. Além disso, alguns segmentos das vertentes emolduradas em quartzito encontram-se atacados por uma série de focos de arenização gerados pela exposição e expansão de células arenosas pela ação hídrica e, acessoriamente, eólica, que atuam com mais eficiência nos geoambientes sobre os quais medram fitofisionomias abertas de campos rupestres. Tais coberturas são incoesas, de granulometria francamente arenosa e rica em minerais primários, apresentando alta erodibilidade. Os declives acentuados, a remoção da vegetação em prol das pastagens e os volumes pluviométricos regionais consideráveis favorecem a propagação das células arenosas no sentido montante-jusante, conforme revelado pela Figura 5.a. Por amostragem, uma representação desses

processos morfodinâmicos mais agudos é mostrada na Figura 5.b, pela qual se observa uma voçoroca de considerável extensão linear evoluída em Neossolo Litólico de textura arenosa, bem como um foco de arenização coroando essa rede de ravinas e voçorocamentos cuja gênese se

entrelaça à natureza do substrato e ao uso indevido destas terras pela intensificação do pastoreio.

Legenda

MA	Arc	Apa	Apal	Apact
MDE	DEc	DEsr	DEdr	
MD	Dmr	Dm		

MODELADOS DE AGRADAÇÃO (A):

Arc - Rampas de colúvios - Depósitos neoquaternários com ocorrência em declives suaves no sopé de alinhamentos de cristas e morros, constituição arenosa a argilosa.

Apa - Planície aluvial altimontana- Depósitos neoquaternários descontínuos areno-argilosos.

Apal - Planícies alveolares - Depósitos neoquaternários descontínuos em controle tectono-estrutural, constituição argilosa.

Apact - Planície alúvio-coluvionar e terraços - Depósitos pleistocênicos e holocênicos argilo-arenosos.

MODELADOS DE DISSECAÇÃO EM CONTROLE ESTRUTURAL (DE):

DEc - Cristas estruturais - Alinhamentos quartzíticos alongados com vertentes reafeiçoadas e coberturas superficiais arenosas.

DEsr - Serras rebaixadas - Residuais de alinhamentos vinculados a linhas de falha com coberturas superficiais arenosas.

DEdr - Degraus reafeiçoados - Patamares posicionados nas baixas vertentes das cristas com coberturas areno-argilosas.

MODELADOS DE DISSECAÇÃO HOMOGÊNEA (D):

Dm - Morros - Morfologias mamelonares quaternárias de topos convexos a aplainados e vertentes convexo-retilíneas com coberturas superficiais argilosas. a) topos aguçados; c) topos convexos; t) topos tabulares.

Dmr - Morrotes - Morfologias mamelonares quaternárias rebaixadas de topos convexos e vertentes convexo-retilíneas com coberturas superficiais argilosas.

Símbolos:

▪	Sede Municipal	—	Depósito de Tálus
—	Anomalias	—	Crista Simétrica
SSS	Erosão Linear	—	Crista Assimétrica
—	Meandro Abandonado	—	Escarpa de Falha
—	Captura Fluvial	—	Drenagem
—	Arenização	—	Curvas de Nível

MORFOMETRIA DOS MODELADOS DE DISSECAÇÃO

Dimensão Interfluvial média

Intensidade de entalhe vertical da drenagem	Muito fina (<400 m)	Fina (401 a 600 m)	Media (601 a 800 m)	Grosseira (801 a 1000 m)	Muito grosseira (>1000)
Muito fraca (< 100 m)	51	41	31	21	11
Fraca (101 a 200 m)	52	42	32	22	12
Mediana (201 a 500 m)	53	43	33	23	13
Forte (501 a 1000 m)	54	44	34	24	14
Muito forte (>1000)	55	45	35	25	15

Litologia Quartzítica: Alta Susceptibilidade ao deslocamento, coberturas superficiais arenosas com alta erodibilidade.

Litologias diversas (xistos, charnockitos, gnaisses) com mantos de alteração argilosos e bem desenvolvidos, erodibilidade moderada.

Depósito Quaternários: Sedimentos argilo-arenosos inconsolidados.

Figura 5. Feições representadas por simbologias específicas. **a.** Focos de arenização em quartzito; **b.** Erosão linear: rede de ravinas; **c.** Anomalia de drenagem, onde a planície aluvio-colvionar é suprimida, em decorrência do controle estrutural no exutório da bacia; **d.** Desvio abrupto da drenagem engendrada por controle estrutural e meandros abandonados. Elaborado pelos autores.

Os compartimentos de morros e morrotes, compostos por rochas predominantemente gnáissico-graníticas, apresentam em sua maior parte formas mamelonizadas emolduradas por processos de esfoliação esferoidal, cujos topos são predominantemente convexos, e, acessoriamente, aguçados e tabulares, e as vertentes também convexas. As coberturas de alteração variam conforme a situação topográfica, mas sendo geralmente compostas por mantos regolíticos mais profundos e argilosos, predominando associações entre Latossolos e Cambissolos; acessoriamente, setores restritos apresentam coberturas pedológicas com organização argilúvica. A decomposição muito intensa das litologias granitoides reduz os detritos a frações finas, material este que é evacuado por rastejamento e escoamento difuso, tendendo a se acumular em rampas coluvionares, a partilhar do desenvolvimento de morfologias agradacionais que se interdigitam com alúvios em fundos de vales. O uso da terra se dá de forma mais intensiva nesses compartimentos, fundamentalmente por meio de pastagens, que repercutem em moderada erosão laminar.

A diferenciação elementar dos modelados de dissecação segundo padrões mamelonares emoldurados em litologias predominantemente gnáissicas e padrões em cristas quartzíticas, que constituem os modelados de dissecação em controle estrutural, está ligada à interação estabelecida entre litologia, relevo, solos e os processos físico-químicos inerentes a ambos os compartimentos, que, por conseguinte, contrastam de forma eloquente em sua morfologia e dinâmica.

As morfologias agradacionais na bacia do ribeirão Santa Bárbara são caracterizadas por planícies fluviais descontínuas e de desenvolvimento lateral restrito, apresentando em sua maioria avanço apenas em uma das margens, acompanhando as discontinuidades do relevo. Na baixa bacia também foram encontrados depósitos de tálus acomodados nos sopés das vertentes, sinalizando que os fortes declives impõem uma dinâmica orquestrada por processos gravitacionais intensos. Ao analisar especificamente os materiais do compartimento das planícies, é possível evidenciar que a composição das mesmas revela uma combinação de materiais oriundo das vertentes em conjunto com o material aluvial, possuindo assim uma natureza alúvio-coluvionar. Em grande parte, estas planícies estão associadas a terraços, cuja presença na área indica o forte entalhe vertical favorecido pelo soerguimento regional produto das reativações neotectônicas,

padrão este que se replica em grande medida pela região de relevos tectônicos desenvolvidos nas zonas de cisalhamento periatlânticas, que por sua vez, vinculam-se ao sistema *Rifte* Continental do Sudeste Brasileiro de Riccomini (1989).

A figura 6 ilustra representativamente alguns aspectos do sistema geomorfológico na bacia do ribeirão Santa Bárbara. Em A, uma visada abrangente, referenciada pela sede de Santa Bárbara do Monte Verde, permite a apreensão das características gerais dos modelados de dissecação homogênea, revelando pronunciada convexação dos topos e vertentes, bem como a dinâmica erosiva expressa, fundamentalmente, pela erosão laminar (em primeiro plano), notoriamente vinculada à pastagem em declives acentuados, como sugerem os quase onipresentes terracetes de pisoteio do gado. A parte B da figura 6, por seu turno, denuncia uma densa rede de ravinas formada à jusante de um foco de arenização desenvolvido em litologia quartzítica, descarnando pronunciadamente um degrau reafeiçoado da Serra de Lima Duarte no qual a cobertura vegetal foi removida para a implantação do pastoreio, deveras incompatível com a fragilidade intrínseca a estes geoambientes.

O mapeamento geomorfológico levado a efeito nos termos que aqui foi empregado, além de permitir a identificação e diferenciação das diversas feições geomorfológicas da área, relevou através de investidas a campo e interpretações empreendidas sobre o sistema geomorfológico da bacia em gabinete a atuação de processos morfotectônicos, uma vez que a região vem sendo acometida por esforços neotectônicos que, conjuntamente à ação dos fenômenos climáticos, mostram suas evidências no relevo e, sobretudo, na drenagem. A dinâmica neotectônica regional foi discutida por outros autores (Santos, 1999; Gontijo, 1999; Marques Neto, 2012; Moura et al. 2013), e na área de estudo pode ser evidenciada por afloramentos no sopé de vertentes e terraços, encaixamento excessivo da drenagem e deformação de depósitos cenozoicos com alçamento de Gleissolos, além da presença de facetas trapezoidais em vertentes escarpadas, desalinhamento de cristas e escalonamento de blocos basculados. No contexto da cartografia geomorfológica, a influência da neotectônica pode ser detectada principalmente pelas anomalias de drenagem em função da própria sensibilidade destes elementos da paisagem a efeitos deformacionais ativos, conforme demonstrado na Figura 5.c; nessa porção pode-se visualizar o setor correspondente à foz da bacia, setor no qual o ribeirão Santa Bárbara acentua seu entalhe vertical

em função do basculamento que controla sua afluência no rio do Peixe, suprimindo a planície que o acompanhava até então. Entre as feições morfotectônicas mais recorrentemente observadas inscrevem-se segmentos de canal encaixados anormalmente retilíneos, deflexões abruptas de

cursos d'água com formação de *shutter ridges*, capturas fluviais, vales altimontanos desconectados dos níveis de base locais, exposição de horizontes orgânicos acima do nível de base local, entre outros indicativos.

Figura 6. Aspectos do sistema geomorfológico na bacia do ribeirão Santa Bárbara. A) Morfologia convexa perfazendo os modelados de dissecação homogênea em morros e morrotes; B) Rede de ravinas e foco de arenização na Serra de Lima Duarte.

Considerações Finais

1. A abordagem metodológica empreendida no presente estudo se mostrou exequível na representação dos fatos geomórficos em grandeza sub-regional, e adequou de forma contundente a escala trabalhada (1/50.000) ao propósito de se representar cartograficamente o relevo segundo unidades que se integram em padrões de formas. Ainda, níveis taxonômicos mais detalhados que foram interpretados em campo, nas bases planialtimétricas e produtos de sensoriamento remoto, puderam partilhar do conteúdo do mapa mediante o uso de símbolos, representativos de feições estruturais, morfotectônicas e vinculadas a processos superficiais inerentes à dinâmica atual da paisagem.
2. A representação dos conjuntos morfológicos em famílias de cores possibilitou ainda um vínculo direto da litologia com os diferentes tipos genéticos do modelado, permitindo a incorporação contundente de tais dados na legenda.
3. Ao final obteve-se um documento cartográfico suficientemente abrangente, congregando aspectos morfológicos, morfométricos, morfoestruturais e morfodinâmicos, que foram representados diretamente no mapa. A cronologia, por seu turno, foi o elemento incorporado de forma mais rarefeita, tanto no mapa como na legenda, em função da própria dificuldade

tecnológica em se estimar valores absolutos para a idade do relevo; no entanto, menções acerca de idades relativas dos modelados de dissecação neogênicos e das planícies neoquaternárias foram empregadas para tentativamente suprir o subaproveitamento do parâmetro cronológico.

4. É fato a grande importância que a geomorfologia assume para o contexto de planejamento, uma vez que o estudo das formas e a discussão de suas potencialidades intrínsecas geram informações essenciais para a gestão territorial, apontando áreas mais ou menos aptas para determinadas modalidades de uso; nesse contexto, a carta geomorfológica gerada permitiu evidenciar de modo coerente os condicionantes geomorfológicos ao uso da terra na bacia do ribeirão Santa Bárbara.
5. Nesse sentido, a carta geomorfológica se mostra de grande importância para o planejamento territorial, uma vez que a mesma congrega informações valiosas das fragilidades e potencialidades de cada compartimento da paisagem, sendo fundamental para a compreensão das funções geoecológicas de cada compartimento do relevo na perspectiva de promover um uso coerente que não intervenha de modo danoso nas funções sistêmicas da paisagem e seja capaz de definir usos compatíveis com as características de cada compartimento.

6. Nessa perspectiva, convém ressaltar o valor da cartografia geomorfológica para gestão do território sob a premissa de um planejamento ambiental voltado para o gerenciamento parcimonioso do patrimônio ambiental nos termos de sua bio e geodiversidade, sendo o conhecimento do relevo imprescindível para a compreensão da funcionalidade dos diferentes ambientes naturais e transformados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF pelo auxílio financeiro e pelas bolsas concedidas aos estudantes através da Pró-reitoria de Graduação (PROGRAD) e da Pró-reitoria de Pesquisa (PROPESQ).

Referências

- Argento, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B., 1995. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.
- Gontijo, A. H. F., 1999. Morfotectônica do médio vale do Rio Paraíba do Sul: região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geologia): Rio Claro, UNESP.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1979. Disponível em: <www.cprm.gov.br> Acesso em março de 2015.
- Cogne, N., Gallagher, K. and Cobbold, P.R. 2011. Post-Rift Reactivation of the Onshore Margin of Southeast Brazil: Evidence from Apatite (U-Th)/He and Fission-Track Data. *Earth and Planetary Science Letters* 309, 118-130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2011.06.025>
- Cunha, C. M. L. A, 2001 cartografia a do relevo no contexto da gestão ambiental. Tese (Doutorado em Geociências). Rio Claro, UNESP.
- Cunha, C. M. L. A, 2011. A cartografia a geomorfológica em áreas litorâneas. Tese (Livro Docência em Geografia): Rio Claro, UNESP.
- Cunha, C. M. L., Mendes, I. A., & Sanchez, M. C., 2003. A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas para a Gestão Ambiental. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 1, 1-9.
- Florenzano, T. G., 2008. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Oficina de Textos. São Paulo.
- Finotti, A.R.; Finkler, R.; Silva, M.D.; Cemin, G., 2009. Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas. EDUCS. Caxias do Sul.
- Fonseca, M. J. G., Silva Z. C. G.; Campos D. A., Tosato P, 1979. Mapa e texto explicativo das Folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguapé, na escala de 1:1.000000 (SF23, SF24 e SG230). DNPM. Brasília.
- Gerasimov, J., 1963. Problemas metodológicos de la ecologización de la ciência contemporânea. La sociedad y el medio natural. Moscou.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro.
- Karl, m.; Glasmacher, U. A.; Kollenz, S.; Franco-Magalhães, A. O. B.; Stockli, D. F.; Hackspacher, P. C., 2013. Evolution of the South Atlantic passive continental margin in southern Brazil derived from zircon and apatite (U-Th-Sm)/He and fission-track data. *Tectonophysics*, v. 604.
- Marques Neto, R., 2012. Estudo evolutivo do sistema morfoclimático e morfotectônico da bacia do Rio Verde (MG), sudeste do Brasil. Tese (Doutorado em Geografia): Rio Claro, UNESP.
- Marques Neto, R., Zaidan, R. T., Menor Junior, W. 2015. Mapeamento Geomorfológico do Município de Lima Duarte (Mg). *Revista Brasileira de Geomorfologia* 16, 123-136.
- Moura, T. C.; Marques Neto, R.; Oliveira, T. A.; Reis, A. V. P. 2013. Aplicação do índice RDE na bacia hidrográfica do rio Lourenço Velho (MG) como subsídio à detecção de deformações neotectônicas. *Revista de Geografia (UFJF)* 3, 1-8.
- Mescerjakov, J. P., 1968. Lês concepts de morphostructure et de morphosculture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. *Annales de Géographie*, 77 années. Paris.

- Nunes, B. A.; Ribeiro, M. I. C.; Almeida, V. J.; Natali Filho, T., 1994. Manual técnico de geomorfologia. IBGE, Rio de Janeiro.
- Ponçano, W. L.; Carneiro, C. D. R.; Bistrichi, C. A.; Almeida, F. F. M.; Prandini, F. L., 1981. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. Vol. 1. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Minas e Geologia Aplicada. São Paulo.
- Riccomini, C., 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. Tese (Doutorado em Geociências): São Paulo, USP.
- Ross, J. L. S., 1992. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia. FFLCH-USP. n. 6. São Paulo.
- Ross, J. L. S., 1990. Geomorfologia ambiente e planejamento. Contexto, São Paulo.
- Ross, J. L. S., 2006. Geomorfologia Ambiental. in: Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T (Orgs). Geomorfologia do Brasil. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. pp. 416.
- Santos, M., 1999. Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica. Tese (Doutorado em Geociências): Rio Claro, UNESP.
- Tricart, J., 1965. Principes et méthodes de la géomorphologie. Mason: Paris.