

GEODIVERSIDADE E MORFOPATRIMÔNIOS ASSOCIADOS EM REGIÕES DE RELEVO MONTANHOSO: APLICAÇÕES NA FLORESTA NACIONAL (FLONA) DE PASSA QUATRO (MG) E ENTORNO

Carvalho de Oliveira, H. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA) ; Marques Neto, R. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA) ; Barbosa Ferreira, A.B. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA) ; de Oliveira Santos, L.H. (UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO)

RESUMO

As regiões montanhosas tropicais ostentam considerável geodiversidade dada pela zonação altitudinal dos geossistemas, com modificações significativas em extensões relativamente curtas, bem como uma vasta coletividade de morfopatrimônios. O presente artigo expõe os resultados do levantamento da geodiversidade e morfopatrimônios associados em um quadro geográfico no sul de Minas Gerais tendo a área da Floresta Nacional de Passa Quatro sua figura central. Os maiores valores de geodiversidade foram encontrados em áreas de contato litológico e diversificação de tipos e estilos fluviais, os dois principais elementos engendrados de variações na geodiversidade na área de estudo. Os morfopatrimônios estão estabelecidos em geossítios dos tipos ponto, área e mirante, em localidades onde os valores de geodiversidade não apresentaram destaque, sinalizando que, muitas vezes, importantes morfopatrimônios e geossítios (ou morfossítios) podem estar associados a localidades de geodiversidade baixa.

PALAVRAS CHAVES

Paisagens montanhosas; geossítio; geodiversidade; unidades de conservação; morfopatrimônios.

ABSTRACT

Tropical mountainous regions boast considerable geodiversity given by the altitudinal zonation of geosystems, with significant modifications in relatively short extensions, as well as a vast collection of morphoheritage. This article exposes the results of the survey of geodiversity and associated morphoheritage in a geographic framework in the south of Minas Gerais, with the area of the National Forest of Passa Quatro as its central figure. The highest geodiversity values were found in areas of lithological contact and diversification of river types and styles, the two main elements engendering variations in geodiversity in the study area. The morphoheritages are established in geosites of the point, area and viewpoint types, in locations where the geodiversity values were not highlighted, signaling that, important morphoheritages and geosites (or morphosites) may be associated with low geodiversity locations.

INTRODUÇÃO

O significado da geodiversidade vai além de seu papel de suporte da biodiversidade. A preservação da memória da Terra assume vasta ordem de valores, como científico, educacional, econômico, etc. e, não raro, seus elementos figuram como importantes atrativos locais e regionais. Uma série de espacialidades turísticas, sejam elas espaços protegidos ou não, tem nos elementos abióticos seu principal atrativo, a exemplo de inúmeras unidades de conservação que são francamente demandadas para visitação em função da presença de picos, cânions, cachoeiras, geoformas de exceção e outros fatos geomórficos: Parque Nacional do Itatiaia e o Pico das Agulhas Negras; Parque Nacional do Iguaçu e suas exuberantes cachoeiras; Parque Nacional da Serra dos Órgãos e geoformas distintas e carismáticas como o “dedo de Deus”; Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira e sua coleção de formas e processos cársticos; Parque Nacional do Caparaó, delimitado pelo antiformal que sobreleva o relevo em relação ao entorno, entre outros exemplos. A maior parte dos exemplos acima arrolados correspondem a contextos geomorfológicos montanhosos, notadamente as montanhas tropicais definidas nos grandes escarpamentos do sistema rifte continental do sudeste brasileiro (sensu RICCOMINI, 1989). Estes relevos de gênese tectônica apresentam evolução cenozoica complexa, envolvendo interferências de sucessivas reativações tectônicas (SANTOS,

1999; MORALES, 2005; MARQUES NETO, 2012, SILVA, 2023), bem como imperativos erosivos responsáveis pela retração das escarpas (RESENDE e SALGADO, 2020; PAIXÃO et al. 2020), o que legou numa vasta coleção de geoformas e morfopatrimônios como registros dos processos denudacionais pós-cretáceos e da tectônica neogênica sobreposta. Considerando o valor abiótico na região dos grandes escarpamentos, onde uma série de espaços protegidos formam mosaicos de unidades de conservação, o presente paper tem por objetivo mensurar, classificar e discutir a geodiversidade e os morfopatrimônios associados no âmbito da Floresta Nacional (FLONA) de Passa Quatro (sul de Minas Gerais) e seu entorno. Localizada no ramo meridional da Serra da Mantiqueira, a área de estudo está em importante zona de contato litológico, abrangendo relevos montanhosos talhados em intrusões alcalinas cretáceo-paleocenas de nefelina-sienitos e cristas escarpadas gnáissico-graníticas; também se verifica na área importante contato geomorfológico, estabelecido entre os relevos montanhosos correspondente ao degrau superior da Serra da Mantiqueira e as morrarias intermontanas que se escalonam em direção ao Planalto do Alto Rio Grande.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho, a geodiversidade foi considerada como a diversidade abiótica forjada nos elementos do meio físico, incluindo os componentes litológicos, mineralógicos, conteúdo fóssil, formas de relevo, solos, águas e processos associados (GRAY, 2004). Associadamente, os conceitos-chave de morfopatrimônio (CLAUDINO-SALES, 2018) e geossítio\geomorfossítio (MANSUR, 2018) perfizeram o tripé conceitual que orienta as aplicações e discussões aqui apresentadas. Para realização do mapa de geodiversidade para Floresta Nacional (FLONA) de Passa Quatro (MG), foram utilizados os softwares Qgis 3.16.16 e ArcMap 10.8. Com relação à montagem do banco de dados, foi utilizado o kml disponível no site do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio). Vale ressaltar que foram feitas algumas alterações com relação ao arquivo original para que o mesmo se assemelhasse a área apresentada em seu Plano de Manejo, tendo em vista que os mesmos apresentavam diferenças com relação ao tamanho de suas áreas. O mapeamento da geodiversidade na FLONA Passa Quatro e seu entorno partiu da divisão da área em quadrículas de 500 m x 500 m, totalizando um montante de 87 quadrículas. Tais quadrículas foram geradas com áreas de 500 m², a partir da ferramenta Create Fishnet presente no ArcMap. Subsequentemente adotou-se o procedimento usual da somatória dos parâmetros considerados em cada quadrícula, os quais seguem abaixo elencados. Cumpre frisar que foi atribuído o mesmo valor (1) para cada atributo considerado, assumindo todos eles o mesmo peso na associação final. Elementos hidrográficos: número de canais; número de canais de primeira ordem; tipicidade fluvial (retilíneo, sinuoso, meandrante, anastomosado, entrelaçado); estilos fluviais (sensu BRIERLEY e FLYER, 2005). Elementos geomorfológicos: formas de relevo; rupturas de declive. Elementos pedológicos: tipos de solo. Elementos geológicos: tipos de rocha. Os valores encontrados foram interpolados em software ArcGIS pela rotina IDW do ArcMap, definida pelo inverso do quadrado da distância, gerando-se então dez classes de geodiversidade posteriormente qualificadas nas seguintes categorias: baixa, baixa-média, média, média-alta e alta. A representação cartográfica final foi elaborada na escala de 1\50.000. Dados do relevo e drenagem foram extraídos a partir do modelo digital de elevação proveniente do satélite Alos Palsar, disponível gratuitamente no site Alaska Satellite Facility. Posteriormente, foi feita uma correção no modelo digital de elevação a partir do Qgis por meio da ferramenta Fill Sinks a fim de remover depressões fechadas que interrompam o escoamento na rede de drenagem. A partir do mesmo, foi gerada a rede de drenagem no Qgis e o relevo sombreado no ArcMap, por meio das ferramentas r.watershed e Hillshade, respectivamente. Os dados geológicos, geomorfológicos e pedológicos foram aproveitados dos mapeamentos efetuados para o plano de manejo da Floresta Nacional de Passa Quatro (2009). Tais dados tiveram que ser georreferenciados por meio da ferramenta “Georreferenciamento” disponível no Qgis para posterior vetorização no ArcMap. Já os dados geológicos foram obtidos através da folha geológica Pouso Alto, na escala de 1:100.000, disponibilizado digitalmente pelo Projeto Sul de Minas (SOARES et al. 2003). Por último, foram extraídas as rupturas de declive também no ArcMap, por meio da ferramenta Knickpoints. As expedições de campo foram aproveitadas para a validação do mapa e para a identificação e georreferenciamento dos morfopatrimônios, lançando-se mão de GPS Garmin, modelo Etrex. Os diferentes morfopatrimônios encontrados foram contextualizados a partir dos seus respectivos geossítios, também categorizados e identificados no mapa, gerando-se um produto cartográfico final

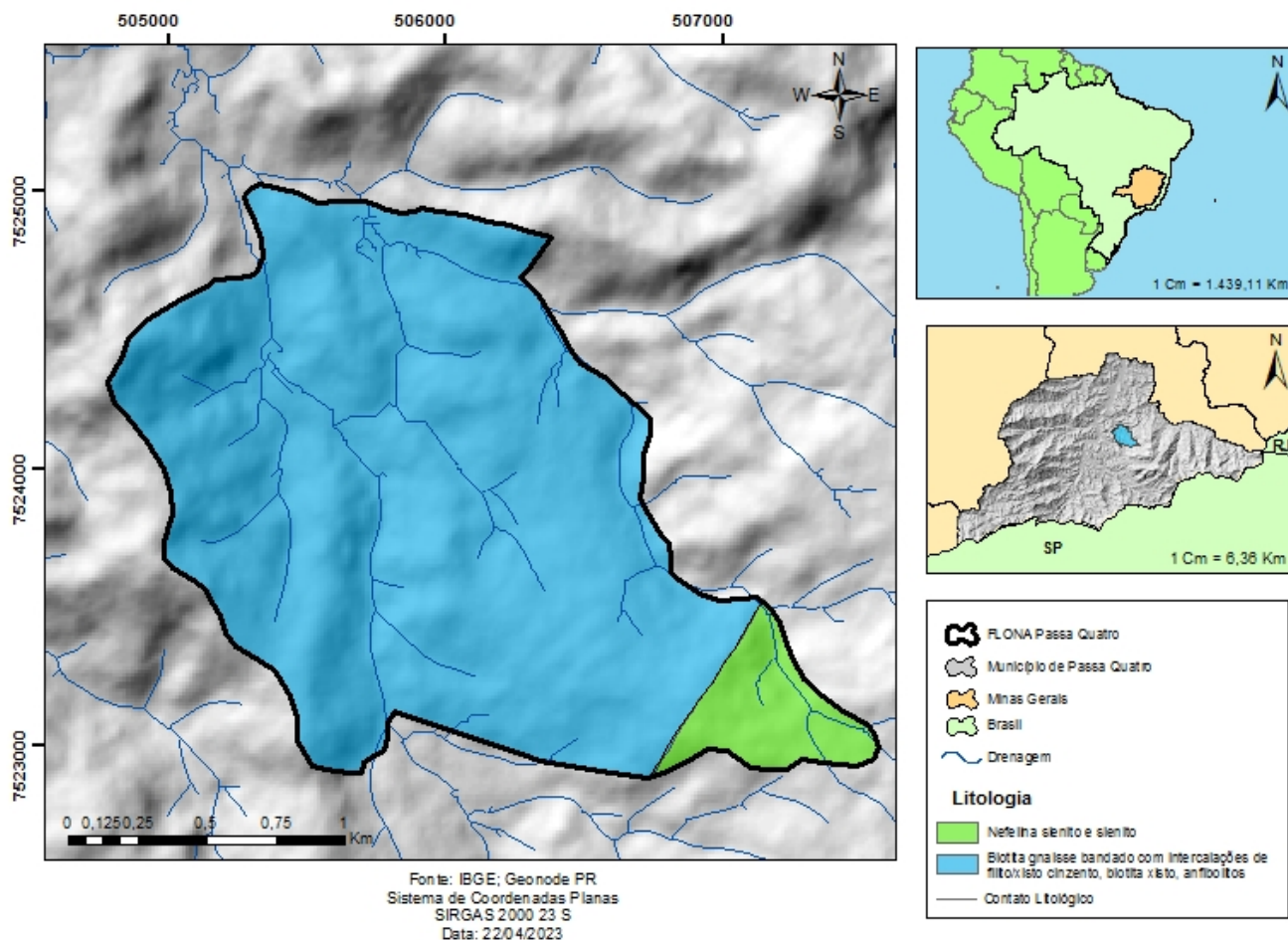
representativo da espacialidade da geodiversidade, dos principais geossítios existentes e dos morfopatrimônios associados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área da FLONA Passa Quatro está contida na bacia do rio Passa Quatro, por sua vez afluenta do rio Verde. Sua posição na paisagem corresponde às bacias hidrográficas de nível hierárquico mais baixo, cujo tronco coletor local é estabelecido no ribeirão da Cachoeira. Regionalmente, a área de estudo está posicionada no contexto da Serra da Mantiqueira, abrangendo tanto compartimentos montanhosos que tipificam o conjunto orográfico mais elevado na região, com altitudes que se aproximam de 2900 metros (Pedra da Mina), como morrarias estruturais intermontanas que definem um modelado mais rebaixado em relação às cristas montanhosas e com padrões geomorfológicos mais convexas. A base geológica da FLONA não apresenta variações significativas, ocorrendo extensões de nefelina-sienitos concernente às intrusões cretáceo-paleocenas de Passa Quatro (CHIESSI, 2004), congêneres ao corpo intrusivo que baliza o maciço do Itatiaia, bem como sequências de plagiognaisses bandados proterozoicos bastante comuns na região (figura 1). As rochas intrusivas alcalinas definem escarpas estruturais que ascendem acima de 2500 metros, que em algumas extensões encontram-se reafeiçoadas em degraus escalonados e dissecadas em canais predominantemente retilíneos que dispersam radialmente a partir das superfícies somitais do maciço. Os litotipos gnáissicos, por seu turno, definem morrarias convexas e alongadas que tipificam as organizações geomorfológicas das áreas intermontanas dos terrenos cristalinos do sudeste brasileiro, concernentes aos “mares de morro” originalmente florestados propostos na conhecida regionalização físico-geográfica de Ab´Sáber (1979; 2003). A compartimentação geomorfológica elementar entre os ambientes escarpados altimontanos e as morrarias policonvexas intermontanas engendra significativas diferenciações nos atributos concernentes à drenagem que foram considerados. O maciço alcalino alberga um número maior de canais de primeira ordem, cujas confluências nas altas vertentes definem uma rede de canais de tipicidade majoritariamente retilínea em estilos fluviais de vales confinados, sinalizando o significativo controle aos quais a rede hidrográfica está submetida. No conjunto das morrarias, os canais fluviais assumem maior sinuosidade e meandros de curvaturas suaves, com vales mais evoluídos lateralmente que diversificam os estilos fluviais com o incremento de tipicidades semiconfinadas e não confinadas. Os altos declives do maciço alcalino, associados a uma condição de homogeneidade litológica, favorecem não apenas uma baixa diversificação das tipicidades e estilos fluviais, mas também dos solos, ocorrendo invariavelmente Neossolo Litólico sem variação do substrato consorciado a afloramentos rochosos. Nos terrenos gnáissicos a variação pedológica é consideravelmente maior, com ocorrência dominante de Cambissolos háplicos, em algumas extensões associados a Latossolo Vermelho-Amarelo, além de faixas de Argissolos Vermelho-Amarelo. De forma geral, as zonas de geodiversidade mais elevada encontradas se devem ao incremento dado por canais de primeira ordem, número de canais fluviais perenes e contatos litológicos (figura 2). Ainda, verifica-se nesses restritos hot spots alguma variação nos estilos fluviais, que em geral se manifestam em estilo de vale confinado nas porções montanhosas onde os canais são distintamente mais controlados, entrincheirados em vales incisos e com morfologia essencialmente retilínea. A espacialidade da geodiversidade na área de estudo aponta maiores valores na porção norte da FLONA e no seu entorno imediato, próximo ao exutório da bacia do ribeirão da Cachoeira. Nesse setor, a litologia gnáissico-granítica está vinculada a um número mais expressivo de canais perenes, e os vales mais abertos incrementam os estilos fluviais locais, por vezes ocorrendo mais de um estilo fluvial na mesma quadrícula. Associadamente a isso, as faixas de contato litológico entre nefelina-sienitos e os litotipos pré-cambrianos, fundamentalmente gnaisses migmatizados, contribui para uma elevação dos valores. A geodiversidade restrita encontrada no maciço alcalino, imposta pela homogeneidade litológica e pelo rígido controle estrutural, é compensada pela ocorrência de importantes morfopatrimônios. As intrusões alcalinas ocorrentes na área correspondem a uma vertente da estrutura conhecida como Serra Fina, cujas cimeiras definem o ponto mais alto do ramo meridional da Serra da Mantiqueira, designado pelo topônimo de Pedra da Mina. Indefectivelmente, a aludida estrutura é objeto de forte identidade por parte da população dos municípios que ladeiam a chamada Serra Fina, figurando como um importante morfopatrimônio compartilhado em âmbito intermunicipal e interestadual, uma vez que marca os limites entre os estados de Minas Gerais e São

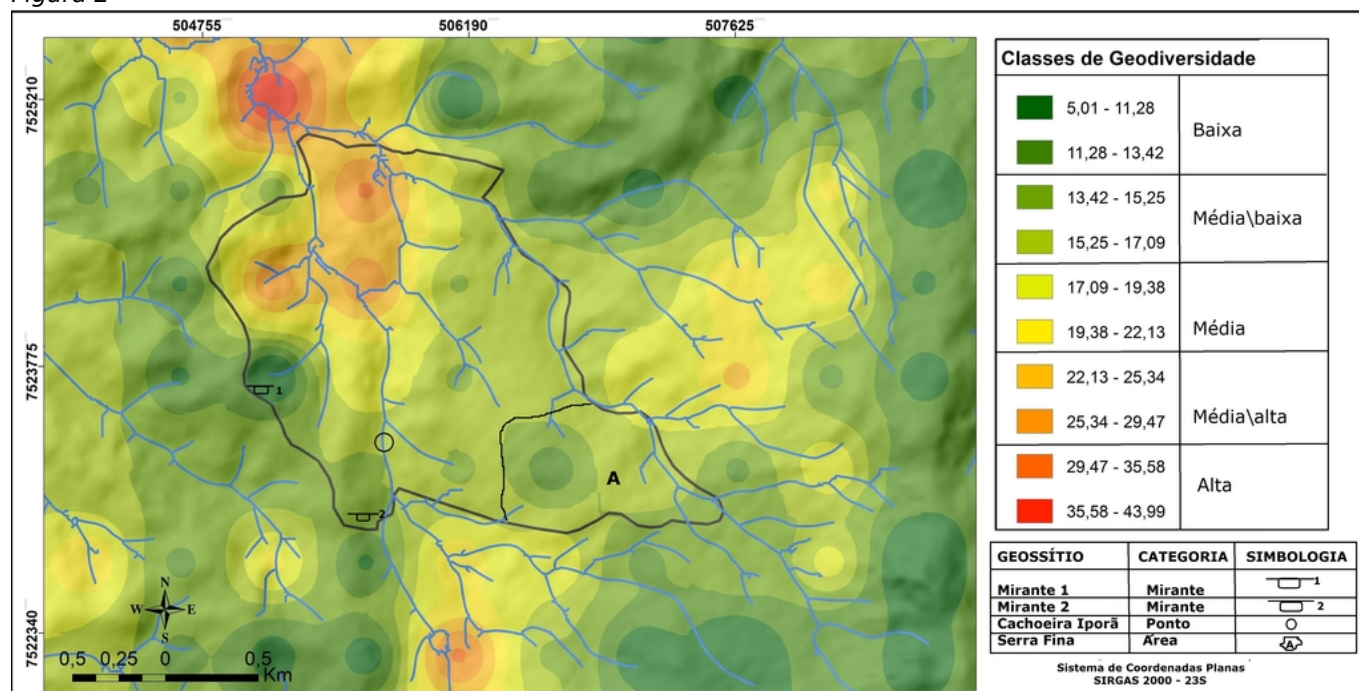
Paulo. Muito além da relação identitária, esse importante segmento da Serra da Mantiqueira sustenta elevado valor ambiental já tratado sob diferentes enfoques (CAVALLINI, 2001; MARQUES NETO, 2018; SANTOS et al. 2021), uma vez que partilha de corredores ecológicos regionais caracterizados por sucessões de geossistemas dadas pela altitude, resguardando tanto variações fitofisionômicas florestais como campos altimontanos e seus endemismos associados. Além disso, a região é bastante atrativa para o turismo pautado no montanhismo e/ou por intermédio de trilhas, inscrevendo-se assim em uma condição de valor econômico regional. As vertentes pertencentes à Serra Fina, domínio das rochas alcalinas, correspondem a um setor específico de um geossítio área, conforme a proposição de Gutiérrez e Martinez (2010, apud Meira, 2020), figurando como um geossítio contínuo que, ainda, agrega geossítios menores ao longo de sua área de abrangência. No presente trabalho, foi representada somente sua extensão adstrita aos limites da FLONA. Entre os aludidos geossítios, na área de estudo ocorre um geossítio ponto, ao qual se associa um morfopatrimônio associado a uma cachoeira que se arranja em soleira rochosa definida pelos knickpoints que ocorrem nas baixas vertentes escarpadas, próximas aos contatos litológicos. Essa categoria de geossítio apresenta manifestação pontual, e sua representação em escala de semidetalhe pode ser sanada pelo uso de símbolos, recurso gráfico bastante usual em outros expedientes cartográficos, como a cartografia geomorfológica. Ainda, a área abrangida no presente estudo apresenta geossítios mirantes. Tais geossítios não estão vinculados diretamente a morfopatrimônios, mas figuram como espacialidades importantes por propiciarem visadas macroscópicas dos geossistemas regionais, servindo tanto a fins contemplativos como científicos e educacionais, uma vez que coadunam a beleza cênica aos arranjos regionais do relevo e das formas de uso da terra e cobertura vegetal remanescente, os atributos passíveis de apreensão a partir dos referidos geossítios. Nesse sentido, é providencial que os geossítios mirante sejam sublinhados na sua propriedade em desvelar conjuntos, podendo ser francamente explorados para a interpretação da paisagem em perspectiva sistêmica. A figura 3 reúne os principais geossítios e morfopatrimônios associados que ocorrem na área de estudo. Distintamente, o quadro geográfico em apreço apresenta notória complexidade, com considerável matéria viva suportada pela base física e geodiversidade associada. A condição geopatrimonial associa a beleza cênica a uma condição de indiscutível importância ambiental, valores identitários e econômicos, uma vez que paisagens carismáticas despertam relações topofílicas nas comunidades locais e interesse de visita nas comunidades exteriores. Como a associação entre áreas de geodiversidade elevada e a ocorrência de morfopatrimônios nem sempre ocorre, é importante que a incorporação dos elementos da geodiversidade no planejamento seja feita com essa clareza, fomentando a incorporação das variáveis abióticas nos planos de manejo e nos variados sistemas de planejamento em escala local e regional.

Figura 1



Floresta Nacional de Passa Quatro (FLONA) e entorno: localização e base geológica.

Figura 2



Floresta Nacional de Passa Quatro (FLONA) e entorno: geodiversidade e morfopatrimônios\geossítios associados.

Figura 3



(A) Geossítio área – Serra Fina (maciço alcalino de Passa Quatro); (B) Geossítio Mirante (Mirante 2); (C) Geossítio ponto – Cachoeira Iporã.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito da área de estudo, os maiores valores de geodiversidade foram computados no âmbito das paisagens regionalmente dominantes das morrarias de significado predominantemente zonal, com topografia mamelonar, mantos de intemperismo argilosos e solos mais bem desenvolvidos e transporte fluvial dado fundamentalmente por materiais finos. Por outro lado, os valores mais baixos se relacionam a uma importante paisagem de exceção dada pela Serra Fina, que junto ao maciço do Itatiaia se destaca de todo o restante dos grandes escarpamentos do Brasil Sudeste e das margens passivas de forma geral. Para o planejador e órgãos executores associados, é fundamental que seja feita a calibração entre a geodiversidade mensurada e cartograficamente representada e os morfopatrimônios ocorrentes em uma dada espacialidade, evitando que áreas importantes para a geoconservação fiquem de fora de pautas conservacionistas por apresentarem baixa geodiversidade. Em unidades de conservação, a incorporação do tema em apreço pode auxiliar sobremaneira os planos de manejo e de visitação, tendo em vista que muitas áreas protegidas são procuradas em função de sua base abiótica, que comumente figuram como os principais atrativos

locais. Seguramente, a FLONA de Passa Quatro se enquadra nessa lógica, e as práticas de geoturismo vigentes são centradas em seus atrativos consubstanciados em fatos geomórficos de destaque, que figuram como as referências principais nos roteiros e programas de visitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AB'SÁBER, A. N. Potencialidades paisagísticas brasileiras. *Geomorfologia*, n. 55, 28p, 1977.

_____. Os domínios de natureza no Brasil. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. *Geomorphology and river management: applications of the River Styles framework*. Blackwell Publishing, 2005. 398p.

CAVALLINI, M. M. Agricultura tradicional, composição paisagística e conservação de biodiversidade na região sul mineira: subsídios ao desenvolvimento rural sustentável. São Carlos, 2001, 205p. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal de São Carlos.

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.

CLAUDINO-SALES, V. Morfopatrimônio, morfodiversidade: pela afirmação do patrimônio geomorfológico strictu sensu. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, v. 20, n. 3, p. 3-12, 2018.

GRAY, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2004. 434p.

MANSUR, K. L. Patrimônio geológico, geoturismo e geoconservação: uma abordagem da geodiversidade pela vertente geológica. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. *Geoturismo, geodiversidade e geoconservação: abordagens geográficas e geológicas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

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.

_____. As regiões montanhosas e o planejamento de suas paisagens: proposta de zoneamento ambiental para a Mantiqueira Meridional mineira, Brasil. *Confins*, n. 35, 2018.

MEIRA, S. A. Subsídios ao planejamento e propostas de promoção do geopatrimônio do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. 330p. Tese (Doutorado em Geografia), Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

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.

PAIXÃO, R. W.; SALGADO, A. A. R.; FREITAS, M. M.; ALMEIDA, J. C. H. Possibilidade de endorreísmo e capturas fluviais na morfogênese da bacia do rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, n. 4, p. 821-834, 2020.

PLANO DE MANEJO DA FLORESTA NACIONAL DE PASSA QUATRO MINAS GERAIS. Sumário Executivo\Floresta Nacional de Passa Quatro – Brasília: ICMBio, 2009. 89p.

REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R. Considerações sobre a gênese do vale suspenso do alto rio Preto na borda da Bacia de Resende. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 40, p. 49-60, 2020.

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

SANTOS, L. H. O.; PINTO, V. P. S.; MARQUES NETO, R. Unidades geo-turísticas de paisagem: uma proposta para o circuito Terras Altas da Mantiqueira, sudeste do Brasil. Revista da ANPEGE, v. 17, n. 33, p. 79-95, 2021.

SANTOS, M. DOS. Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica. Rio Claro, 1999. 134p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

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.

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