

## ZONAÇÃO ALTITUDINAL E DINÂMICA DA PAISAGEM NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS, RJ: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL EM MONTANHAS TROPICAIS

**Pietro Meirelles Brites**

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Geociências, Juiz de Fora, MG, Brasil  
[pietrombrites@hotmail.com](mailto:pietrombrites@hotmail.com)

**Roberto Marques Neto**

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Geociências, Juiz de Fora, MG, Brasil  
[roberto.marques@ufjf.edu.br](mailto:roberto.marques@ufjf.edu.br)

### RESUMO

Este estudo analisou as interações e processos geossistêmicos nas paisagens montanhosas do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. A pesquisa abordou tanto aspectos estruturais quanto dinâmicos da paisagem, visando compreender as sucessões altitudinais e apoiar o planejamento ambiental. A área de estudo é caracterizada por sua geologia e morfologia distintas do contexto regional, influenciando a drenagem da região. O mapeamento dos geossistemas envolveu a classificação em geomeros e geócoros, delimitando as unidades geossistêmicas com base em elementos paisagísticos. Foram identificadas três classes de fácies, como patamares de cimeira vegetados, cristas escarpadas e fundos de vale florestados e planícies fluviais e fundos de vale sob influência antrópica. Além disso, foram identificados 14 grupos de fácies. A transição entre fitofisionomias nas diferentes altitudes é um aspecto distintivo na paisagem, e a utilização da fragilidade ambiental como aspecto dinâmico dos geossistemas auxilia nas análises das unidades.

**Palavras-chave:** Zonação altitudinal. Montanhas tropicais. Cinturões de altitude. Dinâmica de geossistema.

### ALTITUDINAL ZONATION AND LANDSCAPE DYNAMICS IN THE SERRA DOS ÓRGÃOS NATIONAL PARK, RJ: SUBSIDIES FOR ENVIRONMENTAL PLANNING IN TROPICAL MOUNTAINS

### ABSTRACT

This study examined geosystemic interactions and processes in the mountainous landscapes of the Serra dos Órgãos National Park. The research addressed the structural and dynamic aspects of the landscape, aiming to comprehend altitudinal successions and support environmental planning. The study area is characterized by geology and morphology distinct from the regional context, influencing the drainage patterns of the region. Geosystem mapping involved the classification into geomers and geochores, delimiting the geosystemic units based on landscape elements. Three facies classes were identified, including vegetated summit plateaus, rugged ridges, and forested valley bottoms, as well as river plains and valley bottoms under human influence. Additionally, 14 facies groups were identified. The transition between different plant formations at varying altitudes is a distinctive aspect of the landscape, and the utilization of environmental fragility as a dynamic aspect of geosystems aids in the analysis of these units.

**Keywords:** Altitudinal zoning. Tropical mountains. Altitude belts. Geosystem dynamics.

### INTRODUÇÃO

As paisagens montanhosas dos trópicos úmidos apresentam especificidades complexas e particulares no tocante ao seu planejamento. Nesses tipos de paisagem se consubstanciam as mais significativas interpenetrações entre elementos zonais e azonais na definição de sua estrutura e funcionalidade (FROLOV; CHERKASHIN, 2012; MARQUES NETO, 2018). Desse modo, propostas de planejamento ambiental em escala regional e local devem prescindir estudos que atinem para tais especificidades.

No conjunto das montanhas tropicais presentes na margem rifte do sudeste brasileiro (MARQUES NETO, 2020), o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) figura como espaço protegido

deveras conhecido no contexto das aludidas organizações geomorfológicas. Em razão das dinâmicas de exploração econômica exercidas pela colonização europeia na ocupação das terras brasileiras, que acarretaram degradação em grande escala, sobretudo, das áreas originalmente ocupadas por florestas tropicais atlânticas, as primeiras unidades de conservação do país foram criadas neste bioma (DEAN, 1996). Embora seja categorizado como uma unidade de conservação de proteção integral, o parque é afetado por questões de ocupação irregular, caça, visitação irregular, entre outras que dificultam sua gestão e planejamento (CASTRO, 2008).

A cadeia montanhosa da Serra do Mar (onde está adstrita a Serra dos Órgãos), especialmente dentro do PARNASO, apresenta grande variação altitudinal em uma área relativamente pequena, o que permite a criação de paisagens de exceção ou únicas, como definido por Ab'Sáber (2006), isto é, áreas que se destacam dos tipos de paisagem característicos da zona climática onde estão inseridas. Essa característica, forjada pela elevação topográfica destoante, resulta também em elevada abundância de espécies endêmicas.

A teoria dos geossistemas de Sochava (1971, 1977, 1978a, 1978b) fornece uma base sólida para a compreensão da relação entre os processos e a paisagem, levando em consideração a interação entre os fatores bióticos, abióticos e socioeconômicos. A análise dos processos geossistêmicos enfatiza a interconexão entre sistemas ambientais e influências sociais, para compreender aspectos estruturais e dinâmicos da paisagem em sua diversidade e complexidade.

Essa teoria, atualmente, continua em curso no debate científico e é acionada de maneira recorrente por diversos autores, principalmente em seu quesito metodológico, tanto em âmbito nacional quanto internacional. Isso é evidenciado por várias publicações ao longo dos anos (SUVOROV; KITOV, 2009; KUZMENKO, 2010; LYSANOVA et al., 2011; KHOROSHEV, 2020; CAVALCANTI, 2013; MARQUES NETO, 2018; 2019; 2022;).

O geossistema manifesta-se desde a área homogênea elementar até todo o sistema Terra, incorporando grandezas topológicas, regionais e planetárias (SOCHAVA, 1977). Sua essência multiescalar fornece uma base teórica e metodológica para aprofundar e complexificar a análise da paisagem. A partir do modelo de classificação bilateral dos geossistemas, que se divide em integridades homogêneas (geômeros) e heterogêneas (geócoros), incorporam-se autenticidade e composição aos geossistemas (SOCHAVA, 1978). A representação dos geossistemas em diferentes hierarquias possibilita compreensão da natureza não apenas por meio de seus componentes, mas, principalmente, pelas conexões entre eles. Isso evita a limitação à análise apenas da morfologia da paisagem e suas subdivisões, priorizando a análise da dinâmica do ambiente, de suas conexões e das estruturas funcionais (MARQUES NETO, 2016; MARQUES NETO; DE OLIVEIRA; DIAS, 2016).

A singularidade própria da Serra dos Órgãos e sua grandeza sub-regional foram elementos que conduziram a interpretação dos geossistemas presentes nos níveis topológicos, utilizando grupos de fácies como unidades integradas de interpretação. Essas unidades foram mapeadas na escala de 1/50.000, considerando o grau de generalização adequado. Seguindo o princípio da hierarquização, os grupos de fácies foram agrupados em classes de fácies, pertencentes à série dos geômeros. Além disso, para a região em análise, propôs-se a adoção dela como um topogeócoro. A interpretação começou com a suposição de que, nesta área com forte influência estrutural na atual divisão geomorfológica, o relevo é o principal determinante das unidades de paisagem. Ele influencia de forma significativa os fluxos de matéria e energia, a sucessão de vegetação em diferentes altitudes, as alterações pedológicas ao longo das topossequências e as variações climáticas que ocorrem com a mudança de altitude (MARQUES NETO et al, 2016).

Ao considerar todos esses aspectos, a pesquisa busca responder a seguinte inquietação: “como se estruturam as sucessões altitudinais no Parque Nacional da Serra dos Órgãos e sua zona de amortecimento? Como os princípios da teoria dos geossistemas de Sochava podem ser utilizados para interpretar os padrões de zonação altitudinal da paisagem na área de estudo?” Quais as relações entre a fragilidade ambiental e a dinâmica dos geossistemas? Portanto, o objetivo da pesquisa é interpretar os geossistemas do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, localizado no sudeste do Brasil, a partir dos enfoques estrutural e dinâmico da análise da paisagem, a fim de compreender suas sucessões altitudinais e suas inter-relações, bem como subsidiar o planejamento ambiental de montanhas tropicais.

## **METODOLOGIA**

### ***Procedimentos metodológicos***

A metodologia se divide em três etapas: (1) organização e inventário do banco de dados; (2) elaboração de mapas base; (3) técnicas de agrupamento e síntese dos elementos dos geossistemas.

### ***Organização e inventário do banco de dados***

Para a coleta de informações bibliográficas relevantes e atualizadas sobre o tema foram utilizadas as do Google Acadêmico, Scopus, SciELO e o Portal de Periódicos CAPES. A elaboração do banco de dados cartográfico foi realizada com base no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o Alaska Satellite Facility (ASF) (2011), o WorldClim (2023), o Mapbiomas e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO).

### ***Elaboração de mapas base***

Essa fase consistiu na compilação dos dados geográficos e na elaboração de mapas temáticos, no *software* livre QGIS 3.28 LTR Firenze (2023). A base de dados utilizada para a geração dos mapas foi obtida através da ASF, com imagens da missão Alos Palsar, com resolução de 12.5 m. A partir do MDE foram gerados os mapas de declividade e hipsometria.

Os mapas geológico e pedológico foram elaborados com base nos dados fornecidos pelo Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) e pela CPRM, nas escalas de 1:50.000 e 1:100.000, respectivamente. Os dados foram obtidos das seguintes folhas: Baía de Guanabara SF23-Z-B-IV (VALERIANO, C. M. et al, 2009); Nova Friburgo SF23-Z-B-II (TUPINAMBÁ, M. et al, 2009); Três Rios SF23-Z-B-I (VALLADARES, C. S. et al, 2009). Além disso, o mapeamento pedológico foi realizado com base nos estudos de Souza Martins et al (2007; 2008), na escala de 1:100.000.

O mapa de uso e cobertura da terra foi obtido por meio da plataforma do MapBiomas (2022). O mapeamento das fitofisionomias, por sua vez teve como base o Manual Técnico de Vegetação Brasileira do IBGE (2012) conjugado às informações de Castro (2008).

O mapeamento geomorfológico do PARNASO seguiu os procedimentos metodológicos descritos no Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009). Este estabelece uma taxonomia que hierarquiza os fatos geomorfológicos mapeados, utilizando folhas topográficas na escala de 1:50.000, bem como interpretação de imagens de satélite, mapas de declividade e hipsometria. Além disso, foram aplicados elementos metodológicos propostos por Ross (1992; 1994) para definir padrões de formas semelhantes e calcular morfometria para a matriz de dissecação do relevo. Os cálculos necessários para obter o índice de dissecação do relevo foram realizados de forma automatizada, conforme a proposta de Guimarães et al (2017). Esse índice é calculado a partir da análise do grau de entalhamento dos vales (eixo y) e da dimensão interfluvial média (eixo x).

No que se refere ao clima e suas dinâmicas, os dados foram obtidos a partir da base de dados de reanálise/reclassificação do WorldClim com série histórica de 30 anos completos (1970-2000), em resolução espacial de 1 km<sup>2</sup>.

Para a elaboração da carta de fragilidade potencial, optou-se por selecionar variáveis ambientais, como declividade, pedologia e intensidade pluviométrica, conforme discutido por Ross (1994), Crepani et al. (2001) e Massa e Ross (2012). Essas variáveis foram integradas através da álgebra de mapas, empregando um método ponderado. A determinação dos pesos relativos para as contribuições dos diversos elementos abordados na pesquisa baseou-se nos estudos conduzidos por Massa e Ross (2012), Ross (1994) e Souza et al. (2011). O mapa resultante da fragilidade ambiental foi derivado pela combinação da fragilidade potencial com as categorias de uso e cobertura da terra, as quais foram reclassificadas conforme a metodologia proposta por Ross (1994).

### **Técnicas de agrupamento e síntese dos elementos dos geossistemas**

A condução da cartografia dos geossistemas se fundamentou na análise criteriosa e interpretação dos produtos cartográficos, assim como nas informações adquiridas durante as visitas de campo. O desenvolvimento do mapa de síntese seguiu uma abordagem de classificação bilateral dos geossistemas, englobando tanto os geômeros quanto os geócoros, conforme preconizado por Sochava (1977).

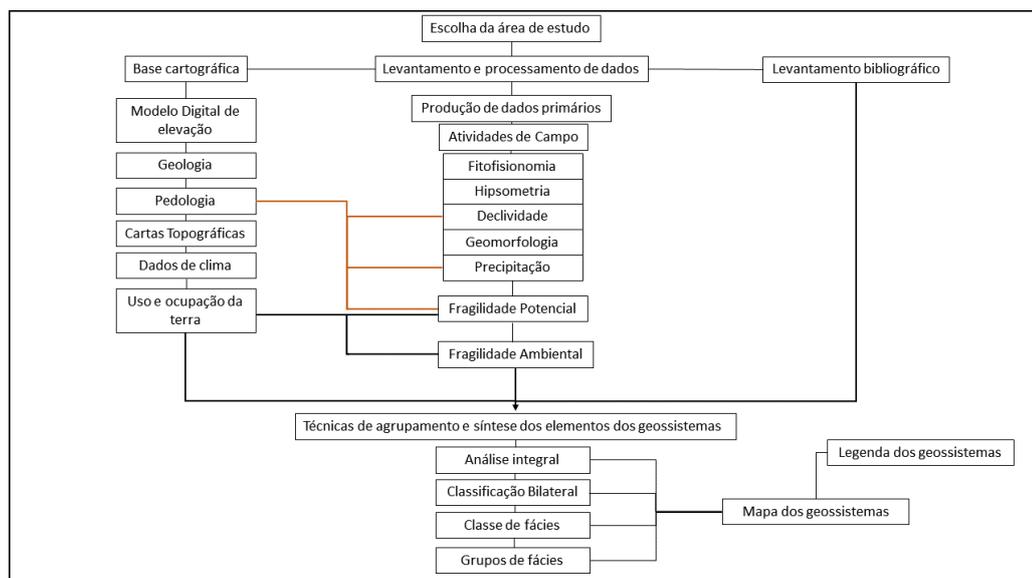
Diante da base teórico-metodológica do presente trabalho, fundamentada nas contribuições da abordagem russa de Sochava (1971; 1977; 1978a; 1978b), juntamente com desdobramentos contemporâneos, particularmente em relação às estratégias metodológicas, é possível observar uma abordagem que busca integrar tanto a perspectiva clássica quanto as evoluções mais recentes no campo. Além das contribuições de Sochava, as estratégias metodológicas adotadas neste estudo aderem às orientações delineadas por outros autores, tais como Cavalcanti (2013; 2014), Marques Neto et al (2016; 2022), Oliveira (2013), e Mateo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2010).

Num estágio inicial da pesquisa, conduziu-se uma análise abrangente dos elementos naturais circunscritos à área em questão, visando aprofundar a compreensão tanto do PARNASO quanto de sua Zona de Amortecimento (ZA). O escopo principal da investigação centrou-se na demarcação topológica dos geossistemas, abarcando distintos grupos e classes de fácies, conforme preconizado por Cavalcanti (2014). A delimitação rigorosa das unidades geossistêmicas materializou-se mediante a sobreposição criteriosa de camadas dos mapas-base, englobando meticulosamente os elementos constituintes. A identificação dos níveis hierárquicos, por sua vez, fundamentou-se nas particularidades estruturais e dinâmicas específicas, conforme orientações metodológicas delineadas por Oliveira (2016).

No que tange à legenda, buscou-se sistematizar a zonalidade altitudinal conforme delineado por Marques Neto et al. (2022). A classificação adotada seguiu a estrutura proposta, compreendendo tipo de relevo, fitofisionomia, maturidade dos solos e influência antrópica. Adicionalmente, houve a necessidade de categorizar os grupos de fácies em conformidade com os cinturões de altitude, designados como Tropicalidade Contínua, Transicionais e Extratropicais. Nesse contexto, a elaboração da legenda fundamentou-se na interpretação abrangente e nas inter-relações entre os elementos que constituem cada unidade, para transmitir uma conexão intrínseca entre os componentes, conforme preconizado por Oliveira (2019).

A síntese da metodologia empregada neste estudo pode ser visualizada na Figura 1, por meio do fluxograma apresentado.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia, 2023



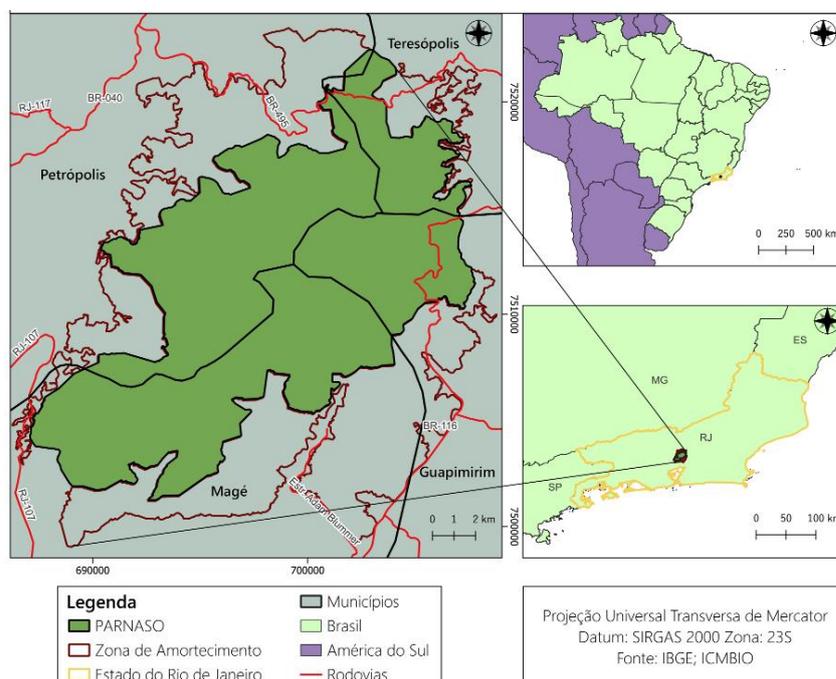
Elaboração: os autores, 2023.

## ÁREA DE ESTUDO

O PARNASO é localizado no estado do Rio de Janeiro (Figura 2), na sua região serrana, e atualmente perfaz uma área de 20.024 hectares, abrangendo quatro municípios: Teresópolis (9,9%), Magé (34,5%), Guapimirim (15,9%) e Petrópolis com 39,5% (ICMBIO, 2007). Os limites do parque estão articulados nas seguintes cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000: Itaipava (SF-23-Z-B-I-4), Teresópolis (SF-23-Z-B-II-3), Petrópolis (SF-23-Z-B-IV-2) e Itaboraí (SF-23-Z-B-V-1).

A estrutura montanhosa da Serra dos Órgãos faz parte do sistema de montanhas do sudeste brasileiro, destacando-se pela feição orográfica da borda atlântica do continente sul-americano, a Serra do Mar. A área de estudo é constituída por um bloco de falhas inclinado para NNW em direção ao rio Paraíba do Sul, apresentando feições demasiadamente escarpadas voltadas para o Atlântico (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998).

Figura 2 - PARNASO e sua ZA (RJ): Localização, 2023



Elaboração: os autores, 2023.

## RESULTADOS

### *Aspectos estruturais dos geossistemas: os invariantes*

O PARNASO é caracterizado por peculiaridades ambientais definidas em um relevo singular de montanhas tropicais. É a região com as maiores altitudes de toda a Serra do Mar, apresentando uma amplitude que varia de 200 m a quase 2.270 m. Sua organização geomorfológica é caracterizada pela ocorrência copiosa de declividades superiores a 45%, sendo os declives mais suaves encontrados apenas nas áreas de fundo de vale e nas superfícies somitais.

Perpassam a área do PARNASO os limites entre as duas principais bacias hidrográficas da região, Paraíba do Sul, na porção da bacia do Piabanha, e bacia da Baía de Guanabara. Os municípios circunvizinhos dependem das águas dos mananciais protegidos. As vertentes voltadas para o sul, em direção ao Oceano Atlântico, deságuam na Baía de Guanabara por meio dos rios Soberbo, Bananal, Sossego, Inhomirim, Santo Aleixo, Iconha, Piabeta, Suruí, do Pico, da Cachoeira e Corujas. Já as vertentes voltadas para o norte, em direção ao continente, deságuam no Paraíba do Sul pelos rios Paquequer, Berto, Poço do Ferreira, Ponte de Ferro, Itamarati, Caxambu, Bonfim, Jacó e Beija-Flor (ICMBIO, 2007).

A base geológica é constituída por um sistema de falhas NE-SW e NW-SE e se divide em cinco unidades, que condiciona o padrão de drenagem (HARTWIG; RICCOMINI, 2010). A Suíte Serra dos Órgãos é composta por gnaíse granítico de granada-hornblenda-biotita e cobre grande parte da bacia, com falhas e diques predominantemente de direção NE-SW, além de alguns afloramentos rochosos. Já a Suíte Nova Friburgo é constituída por granito Teresópolis e Andorinha, biotita-granitos, e representa uma pequena área, com formato de leques no curso médio e alto do rio. O complexo Rio Negro é formado por hornblenda-biotita ortognaisses migmatítico tonalítico a granítico, com poucos afloramentos rochosos. De forma semelhante, a Suíte Cordeiro possui poucos afloramentos rochosos e sua composição é de leucognaíse sienogranítico com granada-muscovita-biotita. Existem ainda depósitos colúvio-aluvionares na planície fluvial, compostos por areias, argilas, cascalhos e restos de matéria orgânica (TUPINAMBÁ et al., 2009; VALERIANO et al., 2009; VALLADARES et al., 2009).

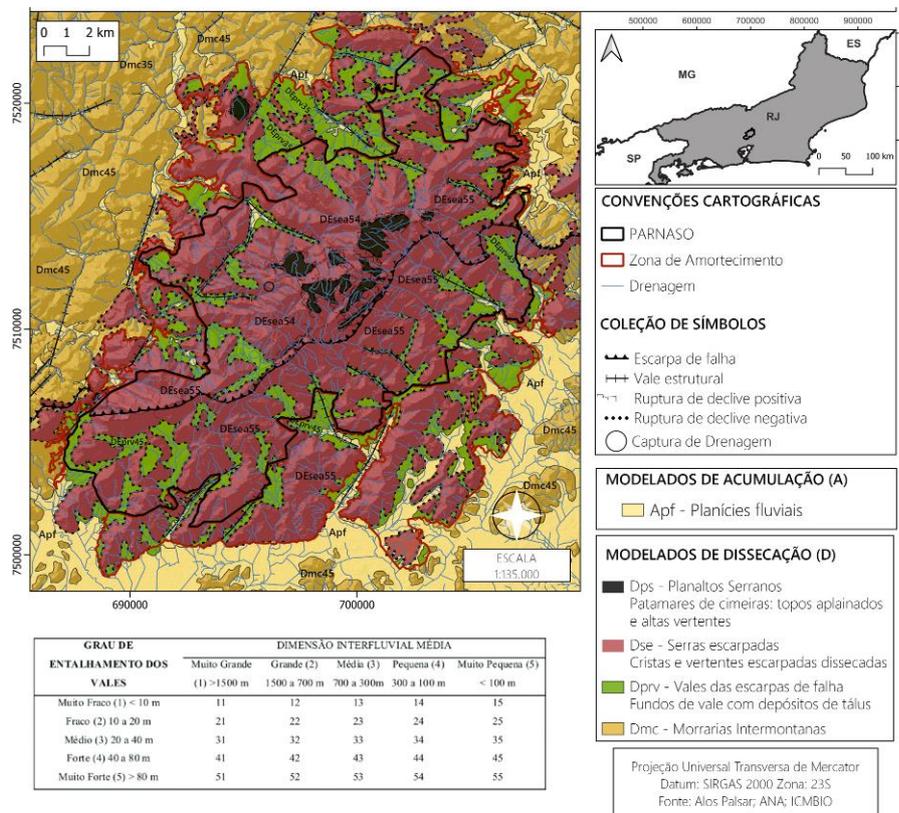
As formas peculiares dos cumes da Serra dos Órgãos são resultadas da erosão diferencial, pelas diferenças de resistência das rochas graníticas e gnaíses (HARTWIG; RICCOMINI, 2010). Os cumes, que originaram o nome da Serra dos Órgãos – Escalavrado, Dedo de Nossa Senhora, Dedo de Deus e Pedra do Sino – são compostos principalmente de granito, com estrutura mais homogênea do que a base que a sustenta, que é formada por gnaíse com uma estrutura planar bem desenvolvida (CASTRO, 2008). É evidente que a água e os processos de denudação gradual exploraram e continuam a aproveitar as discontinuidades, falhas e juntas inerentes ao forte controle estrutural (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998).

O PARNASO está inserido em um contexto de domínio de cinturões móveis com idade Neoproterozoica, e que na área de estudo compreende as escarpas e reversos da Serra do Mar. A Serra dos Órgãos se insere no domínio morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, no domínio morfoescultural das Escarpas Serranas das serras do Couto e dos Órgãos, e nos planaltos residuais do reverso da Serra dos Órgãos (DANTAS et al, 2001).

O PARNASO e sua ZA ostentam três morfologias distintas, evidenciadas por suas características singulares (Figura 3). A primeira delas corresponde aos Patamares de Cimeira, caracterizados por topos aplainados e vertentes elevadas, representando o domínio altimontano dos geossistemas regionais. A formação destes patamares é resultado de processos de erosão diferencial e aplainamentos localizados que ocorreram nas superfícies de cimeira ao longo do Cenozoico.

A segunda morfologia engloba as Cristas e Vertentes Escarpadas Dissecadas em blocos falhados e fraturados. Estas escarpas, originadas por movimentos tectônicos, apresentam uma notável rugosidade pela intensa dissecção. Por último, destacam-se os Fundos de Vale com Depósitos de Tálus, constituídos por plataformas de relevo suavemente onduladas e recobertas por colúvios. Esses fundos de vale são resultados da interação entre processos erosivos e deposicionais, esculpindo essa tipologia específica de paisagem. A elaboração da representação gráfica baseou-se na interpretação integrada e nas relações entre os elementos que configuram cada morfologia, almejando transmitir a interconexão intrínseca entre os componentes, conforme elucidado na obra de referência (Figura 3).

Figura 3 - PARNASO e sua ZA (RJ): Geomorfologia, 2023



Elaboração: os autores, 2023.

### Aspectos dinâmicos dos geossistemas: as variáveis de estado

As variáveis de estado experimentam evoluções e transformações ao longo do tempo, respondendo a diversas circunstâncias, com especial destaque para a evolução global do sistema, incluindo os invariantes que o governam. Os invariantes desempenham papel fundamental, fornecendo condições estruturais sobre as propriedades e restrições do sistema, possibilitando compreensão mais aprofundada de seu comportamento dinâmico. Nesse contexto, a dinâmica não se restringe exclusivamente às variáveis de estado, mas abrange também as relações explícitas com os invariantes, desempenhando uma função crucial na análise e controle do sistema (SOCHAVA, 1978b).

Um fator de relevância preponderante, com impacto direto nos parâmetros climáticos, especialmente no que concerne à temperatura, é a altitude. O gradiente térmico vertical, caracterizado por variações de temperatura ao longo da altimetria, configura-se como uma das principais determinantes das diversas características climáticas observadas em regiões montanhosas (MARQUES NETO et al., 2022).

Essa dinâmica climática influencia diretamente as temperaturas médias no interior do PARNASO. Constatam-se, nessas áreas, temperaturas médias significativamente inferiores em comparação com as médias das localidades circunvizinhas, principalmente na Baixa Fluminense. Destaca-se que, em altitudes superiores a aproximadamente 900 m, a temperatura média anual não ultrapassa os 18°C em todo o parque e sua ZA. Ressalta-se, de igual modo, que, durante o inverno, as temperaturas mínimas atingem 1°C nas zonas mais elevadas (ICMBIO, 2007; WORLDCLIM, 2023).

Na região em apreço, merecem destaque as chuvas orográficas, que resultam nas mais expressivas taxas de precipitação no estado do Rio de Janeiro. A precipitação média anual, por sua vez, manifesta variação, também, conforme a altitude, oscilando entre 1.700 e 3.600 mm, com acréscimo gradual à medida que se ascende em altitude (ICMBIO, 2007; WORLDCLIM, 2023).

As fitofisionomias da área variam consoante a altitude, seguindo o padrão observado nas outras variáveis de estado, abrangendo a Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana (até 500 m), Floresta

Ombrófila Densa Montana (500 m a 1.500 m), Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (1.500 m a 2.000 m) e Campos de Altitude (acima de 2.000 m) (CASTRO, 2008; IBGE, 2012).

No âmbito da análise dos tipos de solos na região de estudo, foram identificadas sete unidades distintas, considerando a escala cartográfica de 1:100.000. Estas unidades abrangem uma diversidade de características, compreendendo desde Afloramentos Rochosos (AR1) até formações mais específicas como o Neossolo Litólico Distro-úmbrico (RLdh1, RLdh2), o Cambissolo Háplico Distrófico (CXbd1, CXbd2, CXbd3) e o Latossolo Amarelo Distrófico (LAd1).

### ***As conexões com a esfera socioeconômica***

Existem 25 comunidades ou bairros localizados nas imediações do PARNASO e sua ZA. Dentre os grupos de interesse atuantes na região, podemos classificar aqueles ligados ao turismo e à visitação do PARNASO, como os turistas, bem como as populações residentes dentro ou nas proximidades da UC (SILVA PITZER; PESSOA, 2019). Além disso, incluem-se concessionárias de serviços públicos e usuários de serviços ambientais, como estradas e captação de água, e entidades representativas, como ONGs ambientalistas e sociais (CASTRO, 2008).

É importante observar que os arredores exibem uma diversidade de características que exercem influência direta ou indireta sobre a preservação do parque. A região próxima ao PARNASO é marcada pela presença de áreas urbanas, como as cidades de Teresópolis, Petrópolis, Guapimirim e Magé, e ainda áreas rurais com atividades agropecuárias.

A agricultura e a pecuária são atividades que têm presença histórica na região. No entanto, é inegável que essas práticas impactam significativamente o fluxo de matéria, energia e informação na área. Além disso, elas têm gerado conflitos relevantes de natureza social, que extrapolam os limites do parque, chegando até as instâncias federais, como evidenciado pelo notório caso do Vale do Bonfim, que culminou em um processo de exclusão de partes do PARNASO (DE MENEZES RIBEIRO, 2023).

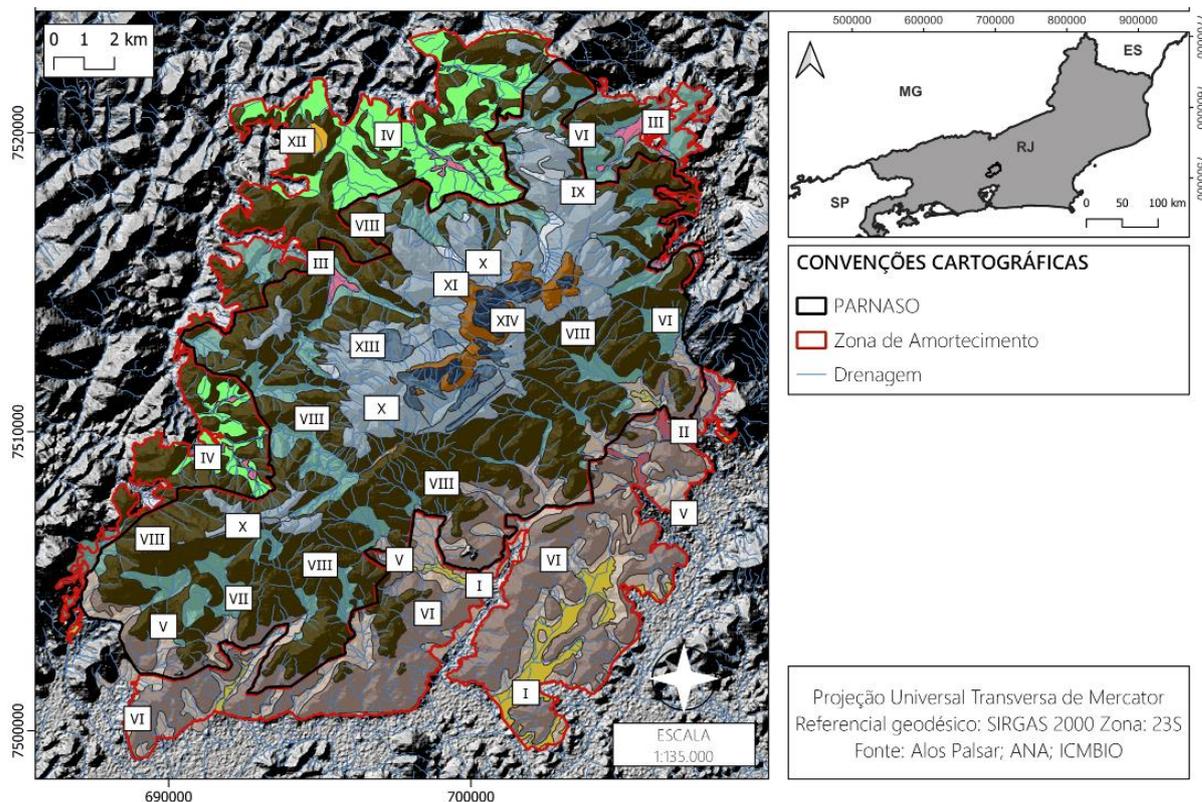
A urbanização da região tem progredido de maneira indiscriminada, alcançando os limites da UC. Esse avanço gera impactos adversos, tais como poluição sonora, do ar e da água, além do aumento da demanda por infraestrutura e serviços. Essa pressão urbana pode resultar na supressão de áreas verdes e na fragmentação da paisagem, constituindo desafios significativos para a preservação do ambiente natural na área.

### ***Geossistemas do PARNASO, sua zona de amortecimento e a dinâmica da paisagem***

Nas Figuras 4, 5 e 6 apresentam-se o mapeamento dos geossistemas, sua respectiva legenda organizada a partir das acepções formuladas em Marques Neto et al (2022) e fotos de campo. Nesse mapeamento, foram utilizados elementos determinantes dos limites para a classificação das unidades geossistêmicas, tais como geomorfologia, fitofisionomias, interpretação da maturidade dos solos e uso e ocupação do solo. Os fatores predominantes para a identificação das unidades geossistêmicas, como sugerido pela literatura contemporânea, são o relevo, a cobertura vegetal e o uso e ocupação da terra. O relevo, juntamente com o uso e cobertura, desempenha papel de destaque na diferenciação dos processos "paisagístico-geocológicos", conforme discutido em diversos estudos, incluindo trabalhos de autores como Marques Neto et al. (2016; 2022) e Miklós et al. (2019). Adotou-se, de acordo com o que tem sido utilizado em outros trabalhos (MARQUES NETO; FERREIRA, 2022; MARQUES NETO et al., 2022), a pedologia, levando em consideração o grau de maturidade, ou seja, o estado da pedogênese, conforme preconizado por Espíndola (2013).

Alinhado à abordagem proposta por Oliveira (2013), o mapeamento engloba, em sua vertente dinâmica, os processos que ocorrem na área de estudo, tendo a fragilidade ambiental como um elemento orientador das relações entre as unidades geossistêmicas, a fim de possibilitar a visualização da dinâmica dessas unidades.

Figura 4 - PARNASO e sua ZA (RJ): Geossistemas, 2023



Elaboração: os autores, 2023.

Figura 5 - PARNASO e sua ZA (RJ): Legenda dos geossistemas, 2023

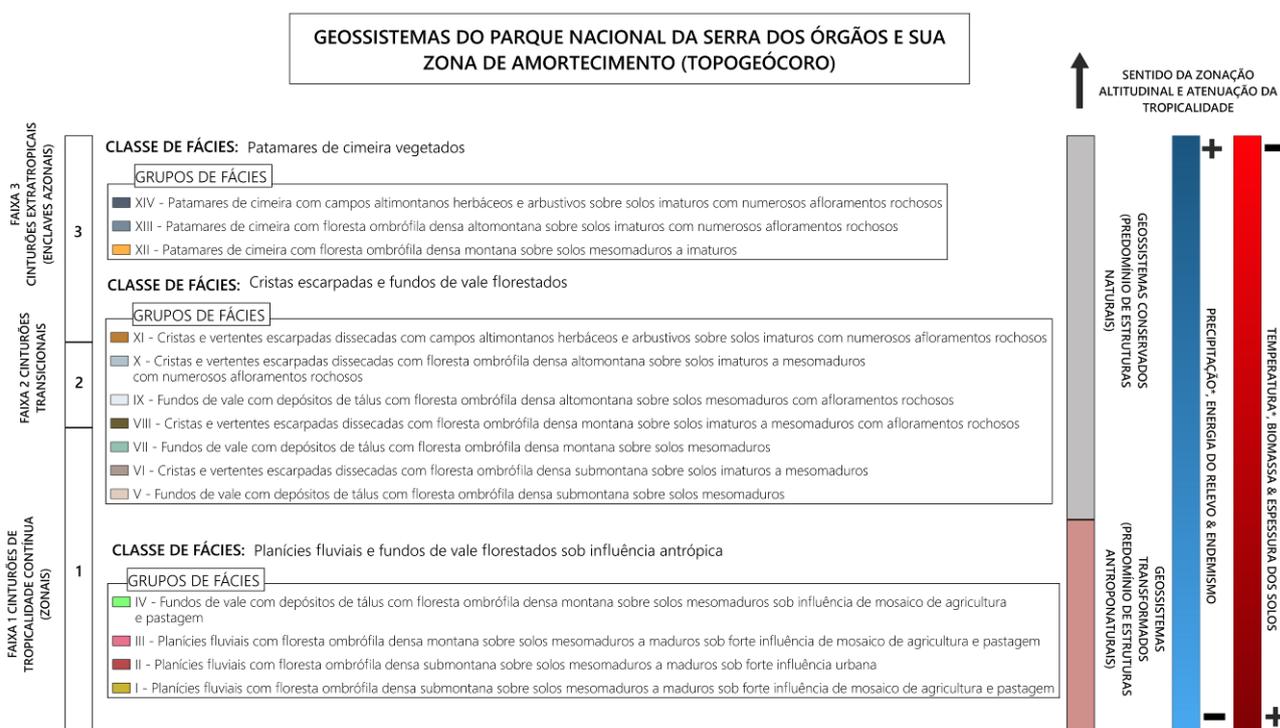


Figura 6 - PARNASO e sua ZA (RJ): Fotos de campo, 2023

CLASSES DE FÁCIES:	GRUPOS DE FÁCIES			
Patamares de cimeira vegetados	 			
Cristas escarpadas e fundos de vale florestados	      			
Planícies fluviais e fundos de vale florestados sob influência antrópica	   			

Elaboração: os autores, 2023.

**Classe de fâcies: planícies fluviais e fundos de vale florestados sob influência antrópica (i)**

A Classe de Fâcies denominada "Planícies Fluviais e Fundos de Vale Florestados sob influência antrópica (I)" encontra-se sujeita a uma forte influência da dinâmica hídrica e gravitacional, uma vez que figura como zona receptora em um relevo de elevada energia.

Esta dinâmica é impactada significativamente pelos cursos d'água da região, incluindo o córrego do Caxambu, o rio Itamarati, o córrego da Ponte de Ferro, o rio do Pico, o córrego do Sertão, o rio da Cachoeira, o rio do Quebra-Frascos e o rio Jacó. A dinâmica gravitacional, por sua vez, está intrinsecamente ligada a essas áreas, uma vez que elas se encontram em altitudes inferiores em relação às áreas circundantes, com as quais estabelecem conectividades diretas. A diferença altimétrica é predominantemente superior a 1.000 metros e, em algumas partes, pode chegar a 2.000 metros. Além disso, essas áreas são caracterizadas por uma declividade montanhosa nas regiões subjacentes.

Predominam os Latossolos Amarelos Distróficos, com a presença ocasional de Cambissolo Háplico Distrófico e Afloramentos Rochosos. A vegetação e o uso e ocupação da terra distinguem os cinco grupos de fâcies, variando em relação à fitofisionomia presente. Essa fitofisionomia varia de floresta ombrófila densa submontana a montana, com diferentes níveis de influência antrópica, coexistindo com as áreas urbanas a mosaicos de agricultura e pastagem. Nas áreas dentro dos limites do PARNASO, a vegetação se mantém conservada, preservando suas respectivas fitofisionomias. No entanto, nas áreas da ZA, pela diversidade de usos e ocupações permitidas, a vegetação original está menos preservada e é encontrada de forma pontual. Conseqüentemente, a fragilidade ambiental identificada para essa classe de fâcies é predominantemente média, com alguns pontos variando de muito baixo a baixo, em virtude da preservação pontual da vegetação original.

A dinâmica do clima na região é bem definida, com a parte oceânica apresentando temperaturas médias anuais de 17°C, enquanto a parte continental registra médias de 22°C. No que diz respeito à

precipitação média anual, a região oceânica recebe cerca de 1.400 mm, enquanto a continental recebe 1.800 mm.

### ***Classe de fácies: cristas escarpadas e fundos de vale florestados (ii)***

A classe é amplamente coberta por diferentes fitofisionomias, incluindo floresta ombrófila densa submontana, montana, altomontana e os campos altimontanos. Há elevada amplitude altimétrica, que varia de aproximadamente 200 metros a mais de 2.000 metros. Portanto, há também essas variadas fitofisionomias. A unidade em apreço é caracterizada pela predominância de estruturas naturais e geossistemas conservados. Isso se deve, em parte, à maior parcela da área estar localizada dentro dos limites do PARNASO, uma Unidade de Conservação de proteção integral que não permite a ocupação humana. Além disso, as altas declividades da região dificultam consideravelmente o uso e a ocupação humana, seja para práticas agrícolas ou urbanas mesmo nas áreas da ZA. Nessa classe, começam a ser observadas interações entre elementos zonais e azonais, marcando transição interessante na estrutura da paisagem e na dinâmica ambiental.

Direcionando a leitura da paisagem das altitudes mais baixas até as mais altas, observamos a presença de Latossolo Amarelo Distrófico, Cambissolo Háplico Distrófico, inúmeros afloramentos rochosos e Neossolo Litólico Distro-úmbrico.

Na porção oceânica e em altitudes mais baixas, a fragilidade varia de muito baixa a baixa. Porém, na porção continental, seja em altitudes baixas ou elevadas, a variação é entre baixa e média. Isso ocorre principalmente pela diferença nas declividades do terreno, à presença mais acentuada de afloramentos e Neossolo Litólico e a quantidade de precipitação na parte continental.

Quanto à precipitação, as chuvas orográficas exercem forte influência na dinâmica continental, com intensidades que podem ultrapassar os 2.000 mm, enquanto na porção oceânica a média anual é de aproximadamente 1.400 mm. A temperatura média anual também varia consideravelmente com a altitude, com uma amplitude térmica de 10°C entre as porções mais baixas (22°C) e mais altas (12°C) dessa classe.

### ***Classe de fácies: patamares de cimeira vegetados (iii)***

A classe de fácies, denominada Patamares de Cimeira Vegetados (III), é caracterizada pela presença de áreas com altitudes consideravelmente elevadas dentro do contexto da região. Essas áreas são marcadas por patamares, que são superfícies planas ou suavemente inclinadas no topo das montanhas. Essas superfícies são cobertas por vegetação, o que confere a elas uma importância significativa em termos de biodiversidade e conservação, de Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana e Campos altimontanos herbáceos e arbustivos.

Esses patamares de cimeira vegetados desempenham papel fundamental na proteção e preservação de ecossistemas de altitude. Em razão da sua localização em altitudes elevadas, eles podem abrigar espécies de plantas e animais adaptadas a condições específicas de temperatura e umidade. Além disso, esses ambientes atuam como importantes áreas de recarga hídrica, uma vez que se localizam nos divisores topográficos das bacias hidrográficas da região, contribuindo para a manutenção dos recursos hídricos na região. É uma unidade sensível que frequentemente sofre com incêndios, sejam eles provocados por seres humanos ou de forma natural.

Nos patamares mais baixos, a fragilidade ambiental é baixa pela presença de floresta ombrófila densa montana e solos mesomaduros a imaturos. Porém, nos patamares com altitudes mais elevadas a variação é entre baixa e média, com predomínio da última. Isso ocorre principalmente pela diferença entre as fitofisionomias presentes nos patamares mais altos, Florestas Ombrófilas Densas Altomontanas e campos altimontanos, à presença mais acentuada de afloramentos e Neossolo Litólico e a quantidade de precipitação média na parte continental.

Além de sua importância para a biodiversidade e os recursos hídricos, os patamares de cimeira vegetados também desempenham papel crucial na regulação do ciclo da água. Eles atuam como esponjas naturais, retendo água da chuva e liberando-a gradualmente, o que ajuda a manter o equilíbrio hídrico na região e reduz o risco de enchentes e deslizamentos de terra.

### **Os grupos de fácies do PARNASO e sua ZA**

Os diversos grupos de fácies que compõem a região exibem a ampla gama de características, refletindo a complexidade e diversidade do ambiente. Partindo dos geossistemas posicionados em altitudes mais baixas, os grupos correspondentes às *Planícies fluviais* destacam-se pela topografia plana a suave, tornando-as propícias para atividades agrícolas e de pastagem. Na transição para áreas com influência urbana, observamos um cenário mais complexo, onde a vegetação é suprimida, e a impermeabilização do solo afeta a recarga hídrica. As planícies fluviais em altitudes intermediárias revelam interação específica com o PARNASO, destacando a presença do mosaico de agricultura e pastagem.

No que tange aos grupos correspondentes aos *Fundos de vale florestados*, tem-se a conectividade mais direta e intensa com os grupos de fácies de *Planícies fluviais*. Zonas de depósitos de tálus são eficientes na transferência de carga detrítica, o que se coaduna com sua fragilidade ambiental de categoria mediana, desafiando a conservação dessas áreas. Já nas faixas mais preservadas a vegetação nativa, naturalmente, contribui para minimizar processos erosivos e gravitacionais.

*Cristas e Vertentes Escarpadas* revelam uma estrutura bastante própria, com destaque para a Floresta Ombrófila Densa Altomontana e Campos Altimontanos, consubstanciando as típicas paisagens de altitude e seu caráter de exceção.

Nos Patamares de Cimeira, as altitudes mais elevadas também sustentam campos altimontanos e matas nebulares sobre solos menos desenvolvidos (mesomaduros a imaturos), figurando como as áreas prioritárias para a conservação.

Os grupos de fácies interpretados, classificados e cartografados são reunidos no Quadro 1, com detalhes específicos de cada grupo. A variabilidade estrutural encontrada reflete uma notória diversidade estrutural da paisagem influenciada pela já aludida zonação altitudinal.

Quadro 1 – PARNASO e sua ZA (RJ): Grupos de fâcies, 2023

	GRUPO DE FÂCIAS	Altitude	Relevo	Fitofisionomia	Solos	Influência Antrópica	Aspectos climáticos (Média Anual)	Fragilidade ambiental	Descrição e Recomendações Gerais
Classe de fâcies: planícies fluviais e fundos de vale florestados sob influência antrópica (i)	I	até 500 m	Planícies fluviais	Floresta Ombrófila Densa Submontana	Mesomaduros a Maduros (Cxbd/LVAd)	Forte Influência de mosaico de agricultura e pastagem	Precipitação - 1400 – 1.500 mm / Temperatura - 22 - 22,6°C	Média	A influência do mosaico de agricultura e pastagem nesse contexto gera interação complexa entre o uso e a ocupação do solo e os geossistemas naturais. Essa influência é observada nas alterações da cobertura do solo e na estrutura da vegetação, resultando em mudanças significativas nos fluxos de matéria e energia, principalmente nos processos erosivos. Essa característica reforça a importância de compreender a dinâmica dessas áreas para promover práticas sustentáveis de manejo, visando a preservação desses ambientes e a minimização dos impactos negativos decorrentes das atividades humanas.
	II	até 500 m	Planícies fluviais	Floresta Ombrófila Densa Submontana	Mesomaduros a Maduros (Cxbd/LVAd)	Forte influência urbana	Precipitação – 1.500 mm / Temperatura - 20,5 - 21,0°C	Média	A forte influência urbana é uma característica marcante, introduzindo modificações significativas na paisagem natural. A presença de ampla impermeabilização do solo pela BR-116 e às ruas vicinais é notável. Essa condição tem implicações significativas na capacidade de recarga hídrica e na umidade do solo. Devido à urbanização, a capacidade de deslocamento dos animais entre os fragmentos de vegetação fica comprometida, resultando em inúmeros atropelamentos de animais silvestres anualmente. Portanto, este grupo de fâcies destaca-se como um cenário onde o gerenciamento sustentável da influência urbana é uma questão fundamental para a conservação dessas áreas.
	III	500 – 1.500 m	Planícies fluviais	Floresta Ombrófila Densa Montana	Solos Mesomaduros a Maduros (Cxbd/LVAd)	Forte Influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem	Precipitação - 1750 - 1800mm / Temperatura - 16,5 - 17,2°C	Média	A presença significativa do mosaico de agricultura e pastagem, por essa proximidade com a UC, estabelece interação particular entre as atividades antrópicas e os geossistemas naturais. Essa influência reflete-se em modificações na cobertura do solo e na estrutura da vegetação, promovendo, conseqüentemente, alterações nos fluxos de matéria e energia, especialmente nos processos erosivos. Essa unidade necessita de uma fiscalização recorrente e medidas educativas ambientais para as comunidades.
	IV	500 – 1.500 m	Fundos de vale com depósitos de tálus	Floresta Ombrófila Densa Montana	Mesomaduros a Maduros (Cxbd/LVAd)	Forte Influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem	Precipitação - 1800mm / Temperatura - 16,5 - 18,0°C	Média	A atividade agrícola e pastoril na região de Caxambu (Petrópolis, RJ) desempenha papel histórico e importante na economia local e na configuração da paisagem. Esta região, caracterizada por seu clima favorável, topografia diversificada e solos férteis, tem sido tradicionalmente utilizada para a agricultura e a criação de gado. A produção inclui uma variedade de culturas, como milho, feijão, hortaliças, frutas e legumes. Além disso, a produção de leite e carne bovina é uma atividade significativa, com pastagens bem estabelecidas nas áreas circundantes. Essas atividades agrícolas e pastoris contribuem para o abastecimento de alimentos na região e geram empregos locais. Essa unidade necessita de uma fiscalização recorrente e medidas educativas ambientais para as comunidades.
Classe de fâcies: cristas escarpadas e fundos de vale florestados (ii)	V	até 500 m	Fundos de vale com depósitos de tálus	Floresta Ombrófila Densa Submontana	Mesomaduros (LVAd)	/	Precipitação - 1500mm - 1600mm / Temperatura - 20 - 21,5°C	Média - Muito Baixa	As características ambientais originais, como a vegetação, a hidrologia e a geomorfologia, são preservadas. A floresta ombrófila densa submontana preservada exerce uma influência significativa na minimização dos processos erosivos dentro desta unidade.
	VI	até 500 m	Cristas e vertentes escarpadas dissecadas	Floresta Ombrófila Densa Submontana	Imaturos a Mesomaduros (Cxbd)	/	Precipitação - 1500mm - 1650mm / Temperatura - 20,5 - 22,7°C	Baixa - média	Possui os maiores índices de biomassa entre as fitofisionomias presentes no PARNASO. Quando há alguma disparidade na densidade da vegetação, provavelmente isso se deve a processos de escorregamentos típicos de relevos montanhosos em climas úmidos.

Classe de fâcies: cristas escarpadas e fundos de vale florestados (ii)	VII	500 – 1.500 m	Fundos de vale com depósitos de tálus	Floresta Ombrófila Densa Montana	Mesomaduros (LVAd)	/	Precipitação - 1700 - 1800mm / Temperatura - 16 - 19,6°C	Muito Baixa - Baixa	Sua amplitude altimétrica implica em variações significativas na temperatura média dentro da unidade, assim como na precipitação média. Possui altos índices de biomassa, topografia pouco acidentada e declividades médias.
	VIII	500 – 1.500 m	Cristas e vertentes escarpadas dissecadas	Floresta Ombrófila Densa Montana	Imaturos a mesomaduros com afloramentos rochosos (Cxbd/AR/RL)	/	Precipitação - 1600 - 1800mm / Temperatura - 15,4 - 19,1°C	Baixo - Média	Destaca-se pela sua marcante morfologia na porção oceânica, apresentando algumas das maiores declividades entre os grupos de fâcies, superando os 70%. Essa configuração única do terreno, aliada à presença da Floresta Ombrófila Densa Montana, cria uma paisagem de notável beleza cênica. Essa combinação de fatores contribui para a singularidade e importância desse grupo de fâcies. O valor estético dessa área é fundamental e deve ser considerado de maneira imprescindível na gestão ambiental.
	IX	1.500 – 2.000 m	Fundos de vale com depósitos de tálus	Floresta Ombrófila Densa Altomontana	Mesomaduros com afloramentos rochosos (LVAd/AR)	/	Precipitação - 1800mm / Temperatura - 13,8 - 14,9°C	Média - Baixa	É extremamente pontual. Sua fitofisionomia distinta não apenas contribui para a preservação dos ecossistemas de altitude, mas também desempenha papel crucial na proteção de espécies adaptadas a essas condições únicas. Sua preservação é essencial para garantir a continuidade desses ecossistemas especiais e para apoiar a sobrevivência de espécies adaptadas às condições extremas que caracterizam essa porção do parque.
	X	1.500 – 2.000 m	Cristas e vertentes escarpadas dissecadas	Floresta Ombrófila Densa Altomontana	Imaturos a Mesomaduros com numerosos afloramentos rochosos (Cxbd/AR/RL)	/	Precipitação - 1750 - 1850mm / Temperatura - 12,4 - 14,0°C	Média	Desempenha papel singular no aporte de energia para o sistema ambiental. Apresenta características paisagísticas, geológicas e geológicas únicas, conferindo-lhe grande importância para a conservação da biodiversidade e dos geossistemas de altitude. A presença de numerosos afloramentos rochosos com estruturas bem demarcadas revela a complexidade do ambiente, criando condições especiais para o desenvolvimento da vida.
	XI	2.000 m <	Cristas e vertentes escarpadas dissecadas	Campos altimontanos herbáceos e arbustivos	Imaturos com numerosos afloramentos rochosos (Cxbd/AR/RL)	/	Precipitação - 1800 - 1900mm / Temperatura - 12 - 12,9°C	Média	A presença de campos altimontanos herbáceos e arbustivos é uma característica marcante dessa unidade, destacando-a como parte dos cinturões extratropicais. Esses campos consistem em vegetação rasteira, adaptada às condições extremas das altas montanhas. Nesse contexto, a presença de enclaves azonais indica que essa unidade geossistêmica se destaca por suas características singulares. São áreas que potencialmente abrigam as maiores quantidades de biodiversidade endêmica e desempenham papel importante na conservação dessas espécies.
Classe de fâcies: patamares de cimeira vegetados (iii)	XII	500 – 1.500 m	Patamares de cimeira	Floresta Ombrófila Densa Montana	Mesomaduros a Imaturos (Cxbd/AR)	/	Precipitação - 1800mm / Temperatura - 18°C	Média	Caracteriza-se por ter sua topografia plana a suavemente ondulada, o que a torna singular em relação a outras áreas adjacentes com características mais acidentadas. A presença de vegetação montana denuncia maior pedogênese em relação aos outros grupos dessa classe. Infelizmente não existem trilhas mapeadas para essa unidade que permitam um trânsito seguro.
	XIII	1.500 – 2.000 m	Patamares de cimeira	Floresta Ombrófila Densa Altomontana	Imaturos com numerosos afloramentos rochosos (Cxbd/AR/RL)	/	Precipitação - 1800 - 1850mm / Temperatura - 12 - 13,1°C	Média	Situa-se na faixa de transição entre os domínios tropicais e os enclaves azonais presentes no PARNASO. A vegetação é comumente denominada como mata nebulosa, pela alta frequência com que está envolta por nuvens. Marcada por muitos afloramentos rochosos que tornam suas características paisagísticas singulares pelo contraponto com sua fitofisionomia.
	XIV	2.000 m <	Patamares de cimeira	Campos altimontanos herbáceos e arbustivos	Imaturos com numerosos afloramentos rochosos (Cxbd/AR/RL)	/	Precipitação - 1900 - 2000mm / Temperatura - 11,5 - 12,2°C	Média	Nessa unidade, a vegetação está adaptada às condições de altitude elevada, baixas temperaturas e altas precipitações. Os campos altimontanos são espaços abertos, onde a vegetação é mais esparsa em comparação com as florestas de altitudes inferiores. Essa desempenha papel importante no contexto do PARNASO, contribuindo para a diversidade de paisagens presentes na região. A compreensão de suas características e vulnerabilidades é essencial para a conservação e manejo adequado desse ambiente único com qualidades azonais.

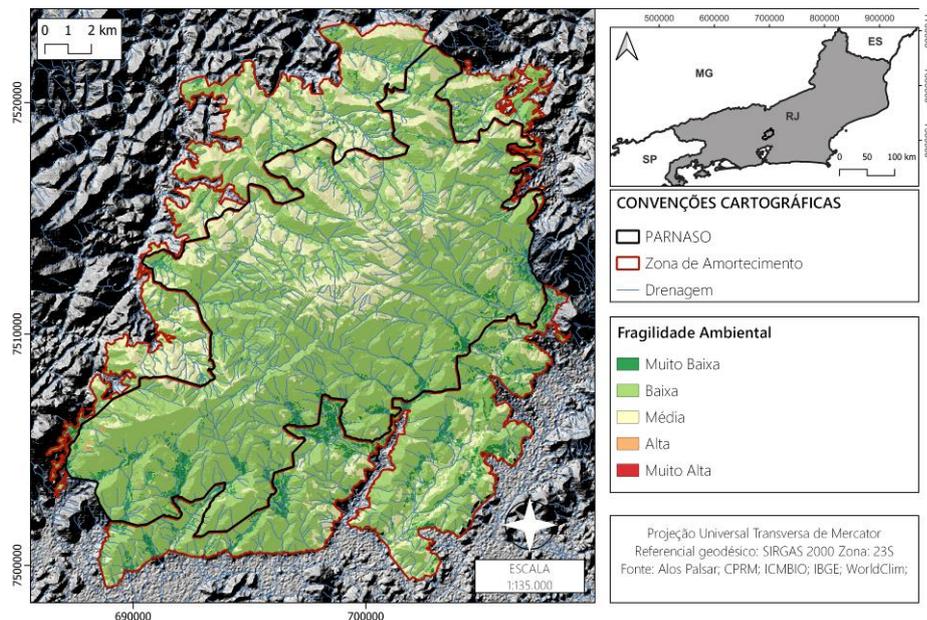
Elaboração: os autores, 2023.

### **A fragilidade ambiental e a dinâmica dos geossistemas**

No PARNASO e sua ZA, as diferentes organizações estruturais encontradas implicam em uma variação no estado dinâmico dos diferentes grupos de fácies. A interpretação da fragilidade ambiental e seu respectivo resultado cartográfico (Figura 7) assinala a aludida variabilidade através das variações de classes, que são respostas sistêmicas derivadas dos processos fomentados pela reorganização de *inputs* e *outputs* no sistema (OLIVEIRA, 2019).

É possível observar que as classes de fragilidade apresentam certa variabilidade espacial. Essa variação demonstra a complexidade e a heterogeneidade dos fatores que influenciam a fragilidade ambiental na área.

Figura 7 - PARNASO e sua ZA (RJ): Fragilidade ambiental, 2023



Elaboração: os autores, 2023.

A fragilidade ambiental, enquanto elemento de avaliação das relações entre os grupos de fácies, ao considerar a integração de dados como declividade, precipitação, uso da terra e solos, permitiu a visualização da dinâmica da paisagem. Essa abordagem possibilitou uma visão mais abrangente e profunda da dinâmica da paisagem, permitindo não apenas a identificação das interações entre os elementos presentes, mas também a compreensão das potenciais vulnerabilidades e impactos associados a esses fatores.

A fragilidade potencial revela uma área complexa, predominantemente classificada como *Alta*, principalmente pelas declividades elevadas e pelos tipos de solo. Em termos gerais, o uso da terra emerge como o fator preponderante que influencia a fragilidade ambiental (DA SILVA ANJINHO et al., 2021) nas unidades geossistêmicas mapeadas, sendo que todos os fatores selecionados atuam como catalisadores dos fluxos energéticos no PARNASO e sua ZA.

A análise da dinâmica da paisagem nessas unidades pode ser realizada por meio do estudo integrado de suas características mais distintas, as quais espelham as alterações nos fluxos de matéria resultantes de novas entradas de energia. Essas mudanças são predominantemente evidenciadas por processos de erosão e deposição, bem como pela transferência variável de águas precipitadas para a circulação subsuperficial. Nesse contexto, a fragilidade ambiental age como um instrumento para examinar a dinâmica geossistêmica (OLIVEIRA, 2019).

Os graus de proteção do solo estão relacionados à capacidade da vegetação e/ou do uso do solo em interceptar a precipitação (ROSS, 1994). As superfícies das folhas retêm as gotículas de água, evitando que elas caiam diretamente no solo ou caiam com menos energia. Assim, a vegetação exerce papel

importante na interceptação da energia da chuva. Portanto, em áreas sem vegetação, a dinâmica da morfologia é mais intensa.

Nas áreas em que a vegetação natural foi substituída por pastagens e cultivos agrícolas, observa-se uma assinalada mudança qualitativa captada pela fragilidade ambiental, um *feedback* a essas alterações. Tanto nas regiões com ocorrência de Cambissolos Háplicos Distróficos quanto nos Latossolos Amarelos Distróficos, os processos erosivos são mais intensos quando em contato com os mosaicos de agricultura e pastagem. Ademais, as áreas com Neossolos Litólicos Distro-úmbricos registraram classes também mais elevadas de fragilidade ambiental na área de estudo.

É possível observar que em áreas onde a vegetação é escassa, a fragilidade ambiental é acentuada, resultando em classes com maior fragilidade. Isso significa que a morfodinâmica é mais intensa, a biomassa é reduzida e a biodiversidade é baixa nessa região. A identificação dessas classes auxilia no processo de planejamento, pois enfatiza a importância da vegetação como ponto crucial de proteção e localização estratégica para ações de fiscalização, entre outras. No entanto, a situação no PARNASO e sua ZA é mais complexa pela sua localização em uma região montanhosa. Nesse cenário, a ausência de vegetação agrava os processos erosivos, que são amplificados de forma sinérgica pela dinâmica pluviométrica local e pelas elevadas declividades do terreno.

Ressalta-se que a fragilidade potencial está relacionada à vulnerabilidade “natural” dos fatores abióticos do ambiente, sem a intervenção humana (MANFRÉ et al., 2013). A fragilidade ambiental considera tanto a fragilidade potencial quanto os tipos de uso da terra praticados e cobertura vegetal (ABRÃO; BACANI, 2018; KAWAKUBO et al., 2005).

Em resumo, a sociedade transforma e modifica as paisagens para atender às suas necessidades, principalmente para fins habitacionais e econômicos (FRANÇA et al., 2022). Com isso, essas alterações contribuem para um funcionamento específico dos sistemas e intensificam os processos de transformação das paisagens (SANTOS, 2015).

Destaca-se que a fragilidade ambiental aqui está sendo analisada no âmbito do enfoque dinâmico dos geossistemas, o que possibilita um conhecimento mais aprofundado dos elementos que contribuem para a vulnerabilidade dos geossistemas e, como resultado, auxilia na implementação de métodos mais eficazes de conservação e manejo sustentável.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento da estrutura e dinâmica da paisagem no PARNASO, a partir de sua zonação altitudinal, desempenha papel crucial para novas perspectivas na gestão e conservação dessa área. O reconhecimento das variações laterais engendradas pela altitude figura como ferramenta bastante eficiente para a interpretação das conectividades e fluxos de matéria e energia associados, permitindo intervenções assertivas no concernente às demandas gestoras.

Ao analisar a estrutura horizontal e vertical da paisagem, foi possível diferenciar os geossistemas em grupos de fácies, de acordo com os cinturões de altitude. Na mesma linha, a distribuição da fragilidade subsidiou, sobremaneira, a interpretação da variação dos estados dinâmicos com a altitude. Nessa seara, as ações de conservação e manejo podem ser adaptadas de acordo com as particularidades de cada faixa altitudinal, levando em consideração as características, os processos e os desafios específicos a cada nível.

Com base nessas análises, é possível refletir sobre a elaboração de novas propostas de ação para o planejamento da paisagem no PARNASO. Essas propostas deverão ser baseadas nas especificidades de paisagens montanhosas e nas acepções dos geossistemas para a gestão ambiental e conservação da área, visando à preservação da biodiversidade e dos recursos naturais, pautada nas emergências desse ambiente complexo. Em resumo, a pesquisa geográfica desempenha papel fundamental na tomada de decisões.

Os resultados da pesquisa também ressaltaram a importância do relevo na identificação das unidades de paisagem. A variação topográfica significativa da região resulta na formação de diversas paisagens com características próprias. A morfologia do terreno influencia diretamente a distribuição da vegetação, a disponibilidade de água, a dinâmica dos solos e a conectividade entre diferentes partes do parque.

Conclui-se que a abordagem do geossistema é uma ferramenta valiosa para o planejamento ambiental em ambientes montanhosos tropicais. Ao fornecer uma compreensão integrada da paisagem, ela pode ajudar a identificar áreas de importância ecológica, avaliar o impacto das atividades humanas e desenvolver estratégias para a conservação e o manejo sustentável. Por exemplo, pode-se usar essa abordagem para desenvolver um novo zoneamento ambiental, que divide a paisagem em zonas com diferentes usos e restrições com base em suas características geossistêmicas peculiares. Por conseguinte, a abordagem geossistêmica se mostrou uma valiosa concepção teórico-metodológica para compreender e gerenciar ambientes montanhosos tropicais, tendo a Serra dos Órgãos e o PARNASO como áreas representativas dessas paisagens.

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), através do Programa de Apoio à Pós-graduação (PAPG). Realizada com a devida autorização do ICMBIO.

## REFERÊNCIAS

- ABRÃO, C. M. R.; BACANI, V. M. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano De Geografia**, v. 38, n. 3, p. 619-645, 2018. <https://doi.org/10.5216/bgg.v38i3.56362>
- AB'SÁBER, A. N. **Brasil: paisagens de exceção**: o litoral e o Pantanal Mato-grossense: patrimônios básicos. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2006, 182p.
- ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Brazilian Journal of Geology**, v. 28, n. 2, p. 135-150, 1998. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1998135150>
- ASF DAAC. **Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center**. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/about-palsar/>, 2011.
- CASTRO, E. B. V. Plano de manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. **Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Portaria ICMBio**, n. 45, 2008.
- CAVALCANTI, L. C. S. **Da descrição de áreas à teoria dos geossistemas: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas**. Tese de doutorado em geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2013.
- CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens – fundamentos**. São Paulo: Oficina de textos, 2014.
- CPRM. 2012. Projeto Geobank. **Banco de dados de Geoinformações** - Serviço Geológico do Brasil, Disponível em: <https://geosgb.sgb.gov.br/>. Acesso em: 23 out. 2023.
- CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.
- DANTAS, M.; SHINZATO, E.; MEDINA, A.I.M.; PIMENTEL, J.; SILVA, C.R.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERANO, S.B.; CARVALHOJÚNIOR, A. **Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília – CPRM, 2001.
- DA SILVA ANJINHO, P. et al. Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: A Brazilian basin case study. **Land Use Policy**, v. 100, p. 104946, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104946>
- DEAN, W. **A ferro e fogo**: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. 1. ed. São Paulo: Cia. das Letras, 2004. 484 p.
- DE MENEZES RIBEIRO, A. B. **Parque Nacional da Serra dos Órgãos: PARNASO-1939**. 1. ed. Brasil: Editora Appris, 2023. <https://doi.org/10.18366/9786525036281>
- ESPÍNDOLA, C. R. **Gênese e evolução das formações superficiais nos trópicos**. São Paulo: Beca, 2013. 364p.

- FRANÇA, L. C. J. et al. Environmental fragility zoning using GIS and AHP modeling: Perspectives for the conservation of natural ecosystems in Brazil. **Conservation**, v. 2, n. 2, p. 349-366, 2022. <https://doi.org/10.3390/conservation2020024>
- FROLOV, A. A.; CHERKASHIN, A. K. Altitudinal gradient as a complex factor for formation of landscape microzonality and geosystem serialness. **Geography and Natural Resources**, v. 33, n. 1, p. 10-18, 2012. <https://doi.org/10.1134/S1875372812010027>
- GUIMARÃES, F. S. et al. Uma proposta para automatização do Índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, 2017. <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i1.1163>
- HARTWIG, M. E.; RICCOMINI, C. Análise morfotectônica da região da Serra dos Órgãos, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 1, p. 11-20, 2010. <https://doi.org/10.20502/rbg.v11i1.137>
- IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Segunda edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2012.
- IBGE. **Malha municipal brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em 20 de out. 2023.
- ICMBIO. Parque Nacional da Serra dos Órgãos: uma visão geral. **Ciência e conservação na Serra dos Órgãos**, p. 11-23, 2007.
- KAWAKUBO, F. S. et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil**, p. 16-21, 2005.
- KHOROSHEV, A. V. Concepts of landscape pattern. In: KHOROSHEV, A.; DYAKONOV, K. N. (Eds.) **Landscape patterns in a range of spatio-temporal scales**. Springer, 2020. p. 3-17 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31185-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31185-8_1)
- KUZMENKO, E. I. Cartographic approach in studying the structure and dynamics of geosystems as exemplified by the middle Ob region. **Geography and Natural Resources**, v. 32, n. 2, p. 184-189, 2010. <https://doi.org/10.1134/S1875372811020144>
- LYSANOVA, G. I.; SEMENOV, Y. M.; SOROKOVOI, A. A. Geosystems of the Upper Yenisei Basin. **Geography and Natural resources**, v. 32, n. 4, p. 357-362, 2011. <https://doi.org/10.1134/S1875372811040093>
- MAPBIOMAS. **MapBiomass – Uso e ocupação: coleção 8**. Brasil: 2022. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 23 de Out de 2023.
- MANFRÉ, L. A. et al. Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region). **Environmental Earth Sciences**, v. 69, p. 947-957, 2013. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1979-2>
- MARQUES NETO, R. Geomorfologia e geossistemas: influências do relevo na definição de unidades de paisagem no Maciço Alcalino do Itatiaia (MG/RJ). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 4, 2016. <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i4.907>
- MARQUES NETO, R.; DE OLIVEIRA, G. C.; DIAS, J.S. Geossistemas em ambientes montanhosos: A revelação da paisagem na Serra do Caparaó (MG/ES). **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 38, p. 269-290, 2016. <https://doi.org/10.5380/raega.v38i0.43740>
- MARQUES NETO, R. As regiões montanhosas e o planejamento de suas paisagens: proposta de zoneamento ambiental para a Mantiqueira meridional mineira. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 35, 2018. <https://doi.org/10.4000/confins.13070>
- MARQUES NETO, R. M. O zonal e o azonal na interpretação e classificação dos geossistemas do município de Lima Duarte, zona da mata mineira. **GEOgraphia**, v. 21, n. 45, p. 86-97, 2019. <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2019.v21i45.a14183>

- 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, 2020. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1640>
- MARQUES NETO, R et al. Cinturões de altitude em relevos montanhosos tropicais e a conjugação entre zonalidade e extrazonalidade nos geossistemas montanhosos. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 12, n. 2, p. 320-344, 2022. <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2022.v12.39737>
- MARQUES NETO, R. M.; FERREIRA, A. B. B. Geossistemas vigentes e geossistemas ancestrais em Andrelândia, sul de Minas Gerais: aproximações metodológicas entre a abordagem geossistêmica e a arqueologia da paisagem. **Revista Entre-Lugar**, v. 13, n. 25, p. 190-216, 2022. <https://doi.org/10.30612/rel.v13i25.15908>
- MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 24, p. 57-79, 2012. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0024.0004>
- MIKLÓS, L. et al. **Landscape as a Geosystem**. Springer International Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94024-3>
- OLIVEIRA, T. A. **A concepção geossistêmica aplicada ao estudo da dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica do rio Lourenço Velho, sul do estado de Minas Gerais-Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 2013.
- OLIVEIRA, C. S. **Estudo dos Geossistemas das Cristas Quartzíticas da Mantiqueira Meridional: A Paisagem em perspectiva multiescalar**. 131f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2016.
- OLIVEIRA, C. S. **Dinâmica e (re) organização espacial dos sistemas ambientais atuantes em bacias hidrográficas do Domínio Tropical Atlântico**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2019.
- QGIS Development Team. **QGIS 3.28.12 – Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2023.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. **Geoeologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3ª ed Fortaleza: edições UFC, 2010, 222p.
- ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo**. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6, p. 17-29, 1992. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>
- SILVA PITZER, L.; PESSOA, F. A. O destino turístico Petrópolis (RJ) na percepção do ecoturista da Travessia Petrópolis–Teresópolis (PARNASO). **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 15, n. 5, 2022. <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2022.v15.12973>
- SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 75-90, 2015. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1402.0005>
- SOCHAVA, V. B. Geography and ecology. **Soviet Geography: review and translation**. New York, v. 12, n. 5, p. 277-293, 1971. <https://doi.org/10.1080/00385417.1971.10770247>
- SOCHAVA, V. B. O Estudo dos Geossistemas. **Métodos em Questão**. Nº 16. USP-IGEO. São Paulo, 1977.
- SOCHAVA, V. B. Por uma Teoria De Classificação dos Geossistemas da Vida Terrestre. **Biogeografia**. São Paulo. Nº 14, 1978a.
- SOCHAVA, V. B. **Introducción a la doctrina sobre los geosistemas**. Novosibirsk: Nauka, filial de Sibéria, 1978b. 318p. (em russo). Tradução de José Manuel Mateo Rodriguez. 41p.
- SOUZA, M. M; DA COSTA, L. H; DE CARVALHO, D. An. S. Utilização de ferramentas de geoprocessamento para mapear as fragilidades ambientais na área de influência direta da UHE de belo monte, no Estado do Pará. **Espaço Plural**, v. 12, n. 25, p. 73-85, 2011.

SOUZA MARTINS, É.; et al. Relação Solo-Relevo Em Vertentes Assimétricas No Parque Nacional Da Serra Dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 1, 2007.  
<https://doi.org/10.20502/rbg.v8i1.85>

SOUZA MARTINS, É.; et al. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do Parque Nacional da Serra dos Órgãos-Parnaso**, Rio de Janeiro, Escala 1: 100.000. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

SUVOROV, E. G.; KITOV, A. D. Landscape structure of the southeastern part of Eastern Sayan. **Geography and Natural Resources**, v. 34, n. 4, p. 371-377, 2013.  
<https://doi.org/10.1134/S1875372813040112>

TROPPEMAIR, H; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

TUPINAMBÁ, M. et al. Geologia e recursos minerais da folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II, Estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. **Belo Horizonte, Programa Geologia do Brasil**, CPRM, 2009.

VALERIANO, C. M. et al. Geologia e recursos minerais da folha Baía de Guanabara SF-23-ZB-IV, Estado do Rio de Janeiro, escala 1: 100.000. **Belo Horizonte, Programa Geologia do Brasil**, CPRM, 2009.

VALLADARES, C. S. et al. Geologia e recursos minerais da folha Três Rios SF23-Z-B-I, Estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. **Belo Horizonte, Programa Geologia do Brasil**, CPRM, 2009.

WORLDCLIM. **Historical climate data**. Disponível em:  
<https://www.worldclim.org/data/downscaling.html>. Acesso em: 24 out. 2023.

---

Recebido em: 10/11/2023  
Aceito para publicação em: 06/03/2024