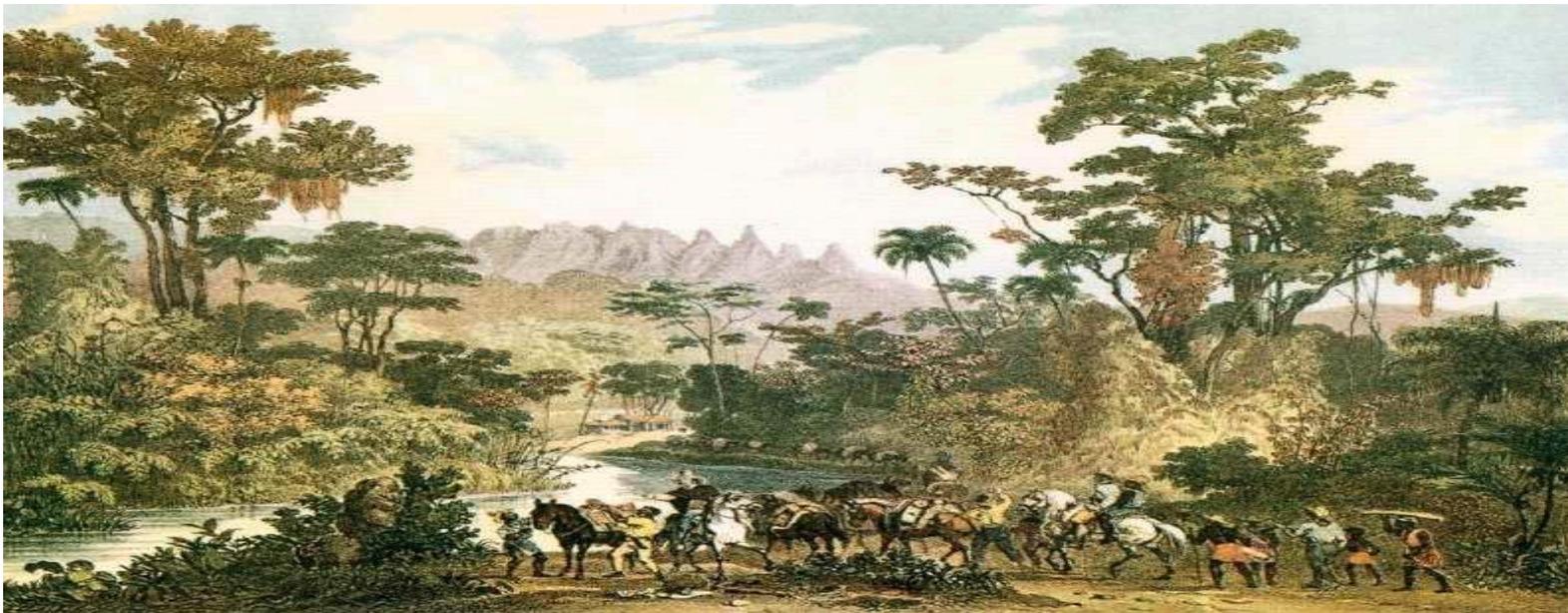


UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

PIETRO MEIRELLES BRITES

**Zonação altitudinal e dinâmica da paisagem no Parque Nacional da Serra dos
Órgãos, RJ: subsídios para o planejamento ambiental em montanhas tropicais**



JUIZ DE FORA

2023

PIETRO MEIRELLES BRITES

**Zonação altitudinal e dinâmica da paisagem no Parque Nacional da Serra dos
Órgãos, RJ: subsídios para o planejamento ambiental em montanhas tropicais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Dinâmicas socioambientais

Orientador: Prof. Dr. Roberto Marques Neto

JUIZ DE FORA

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Meirelles Brites, Pietro.

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. -- 2023.

229 p. : il.

Orientador: Roberto Marques Neto

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2023.

1. Zonação altitudinal. 2. Montanhas tropicais. 3. Cinturões de altitude. 4. Dinâmica de geossistema. I. Marques Neto, Roberto, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Queridos pais, Rodrigo da Costa Brites e Gabriela Meirelles Brites,

A vocês, que desde o início da minha jornada acadêmica demonstraram apoio incondicional, quero expressar minha mais profunda gratidão. Foram vocês que, com amor e dedicação, me inspiraram a seguir meus sonhos e enfrentar os desafios do caminho. Cada sacrifício que fizeram, cada palavra de encorajamento que me ofereceram, permanecerá gravada em meu coração para sempre. Obrigado por serem os pilares da minha vida e por estarem ao meu lado em cada etapa dessa jornada.

Querido Gael,

Quero agradecer por encher os meus dias de alegria e risadas. Sua energia contagiante ilumina meu mundo e torna cada momento mais especial. Mesmo com seus 4 anos, você já é uma fonte incrível de amor e felicidade na minha vida. Obrigado por ser o melhor irmãozinho do mundo!

Minha querida madrinha Sônia Maria Machado Meirelles,

Seu apoio e carinho foram fundamentais ao longo da minha trajetória acadêmica. Sua presença e incentivo fizeram toda a diferença. Agradeço do fundo do meu coração por estar sempre presente, por compartilhar seu conhecimento e por ser um farol de inspiração na minha vida.

Minha querida bisavó Elvira,

Agradeço por todos os valores que você me transmitiu. Sinto-me abençoado por ter tido você na minha vida.

Meus queridos avós, Iranir e Elson,

Agradeço com todo meu coração por todo o amor, carinho e sabedoria que sempre compartilharam comigo. São verdadeiras fontes de inspiração para minha vida.

Minha amada namorada Kayleigh Freire Lima,

Sua paciência, compreensão e apoio inabalável foram meu refúgio nos momentos desafiadores. Sua presença trouxe luz aos meus dias e força ao meu coração. Obrigado por ser minha companheira e por compartilhar essa jornada comigo.

Meu grande amigo Vitor Habib Santos,

Nossas conversas, nossos insights e nossa amizade foram bálsamo para minha alma. Agradeço por cada momento compartilhado e por ser alguém em quem confiar. Sua amizade é um tesouro que valorizo imensamente.

Meu orientador, Professor Doutor Roberto Marques Neto,

Sua orientação, sabedoria e comprometimento foram fundamentais na minha trajetória acadêmica. Sua mentoria foi a luz que iluminou o caminho, e sua expertise enriqueceu meu trabalho de maneiras que palavras não podem expressar. Agradeço por sua paciência, orientação e pela oportunidade de aprender com um mestre tão dedicado.

Aos colegas que conheci ao longo dessa trajetória,

Vocês foram mais do que meros companheiros de estudo; tornaram-se amigos e cúmplices nessa jornada desafiadora. Agradeço por compartilharem risos, dúvidas e conquistas, e por fazerem parte das memórias preciosas que levo comigo.

A todos vocês, minha gratidão é eterna. Cada gesto de apoio, cada palavra de encorajamento, e cada momento compartilhado enriqueceram minha jornada acadêmica e a transformaram em uma experiência inesquecível. A dedicação de vocês fez toda a diferença, e por isso serei eternamente grato.

Agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora pelo acolhimento nesta longa jornada acadêmica, e também à FAPEMIG pelo financiamento da pesquisa.

Com carinho e agradecimento sincero,

Pietro Meirelles Brites

RESUMO

Este estudo foi realizado buscando compreender as interações e os processos geossistêmicos presentes na organização espacial das paisagens montanhosas do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, a partir dos enfoques estrutural e dinâmico da análise da paisagem, a fim de interpretar suas sucessões altitudinais e suas inter-relações, bem como para apoiar o planejamento ambiental. Está inserido em um contexto de domínio de cinturões móveis, região de escarpas e reversos da Serra do Mar. Sua unidade é a Serra dos Órgãos, e sua categoria estrutural é aguçada, refletida a partir de sua localização em uma zona de cisalhamento. A área apresenta três distintas morfologias: os patamares de cimeira, que se caracterizam por topos aplainados e altas vertentes; as cristas e vertentes escarpadas dissecadas; os fundos de vale com depósitos de tálus. O contexto estrutural condiciona o padrão da drenagem na região em treliça e paralelo. Por meio da análise, interpretação dos produtos cartográficos, correlação das informações e visitas a campo, realizou-se o mapeamento dos geossistemas apoiado na classificação bilateral, dividida em geômeros e geócoros. A interpretação dos seus limites foi feita por meio da intersecção de todos os mapas-base, e as unidades geossistêmicas foram delimitadas através da sobreposição de camadas, que abrangem os elementos que compõem o geossistema. No mapeamento dos geossistemas que compõem o topogeócoro, foram verificadas três classes de fácies organizadas em: Patamares de cimeira vegetados, Cristas escarpadas e fundos de vale florestados e Planícies fluviais e fundos de vale florestados sob influência antrópica. Além disso, foram identificados 14 grupos de fácies, sendo alguns deles: patamares de cimeira com campos altimontanos herbáceos e arbustivos sobre solos mesomaduros a imaturos; cristas e vertentes escarpadas dissecadas com floresta ombrófila densa altomontana sobre solos imaturos a mesomaduros com numerosos afloramentos rochosos; fundos de vale com depósitos de tálus com floresta ombrófila densa montana sobre solos mesomaduros sob influência de mosaico de agricultura e pastagem; cristas e vertentes escarpadas dissecadas com floresta ombrófila densa submontana sobre solos imaturos a mesomaduros; planícies fluviais com floresta ombrófila densa submontana sobre solos mesomaduros a maduros sob forte influência urbana; planícies fluviais com floresta ombrófila densa submontana sobre solos mesomaduros a maduros sob forte influência de mosaico de agricultura e pastagem. A zonação altitudinal na paisagem é distinguida pela transição particular entre as diferentes fitofisionomias, bem como suas associações com os demais elementos do geossistema.

Palavras-chave: zonação altitudinal; montanhas tropicais; cinturões de altitude; dinâmica de geossistema;

ABSTRACT

This study was conducted to understand the interactions and geosystem processes present in the spatial organization of the mountain landscapes of Serra dos Órgãos National Park, based on the structural and dynamic approaches of landscape analysis, in order to interpret its altitudinal successions and interrelationships, as well as to support environmental planning. It is inserted in a context of mobile belt domains, a region of scarps and reverses of the Serra do Mar. Its unit is Serra dos Órgãos, and its structural category is sharp, reflected by its location in a shear zone. The area presents three distinct morphologies: summit plateaus, characterized by flattened tops and high slopes; dissected ridges and steep slopes; valley bottoms with talus deposits. The structural context conditions the drainage pattern in the region, forming a trellis and parallel pattern. Through analysis, interpretation of cartographic products, correlation of information, and field visits, a mapping of geosystems was carried out, supported by bilateral classification, divided into geomers and geochors. The interpretation of their boundaries was made by intersecting all the base maps, and the geosystem units were delimited through layer overlay, encompassing the elements that compose the geosystem. In the mapping of geosystems that make up the topogeochoch, three classes of facies were identified: Vegetated summit plateaus, Dissected ridges and forested valley bottoms, and Fluvial plains and forested valley bottoms under anthropic influence. In addition, 16 groups of facies were identified, including: summit plateaus with herbaceous and shrubby altimontane fields on mesomature to immature soils; dissected ridges and steep slopes with dense montane rainforest on immature to mesomature soils with numerous rocky outcrops; valley bottoms with talus deposits and montane dense rainforest on mesomature soils under the influence of agriculture and pasture mosaic; dissected ridges and steep slopes with submontane dense rainforest on immature to mesomature soils; fluvial plains with submontane dense rainforest on mesomature to mature soils under strong urban influence; fluvial plains with submontane dense rainforest on mesomature to mature soils under the influence of agriculture and pasture mosaic. The altitudinal zoning in the landscape is distinguished by the particular transition between different phytophysiognomies, as well as their associations with other elements of the geosystem.

Keywords: altitudinal zoning; tropical mountains; altitude belts; geosystem dynamics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Anel tetralógico de Edgar Morin

Figura 2 – A Naturgemälde de Humboldt, retratando o Monte Chimborazo e sua vegetação no Equador.

Figura 3 - Segundo modelo de paisagem de Berg

Figura 4 – Esboço de uma definição teórica de geossistemas por Bertrand

Figura 5 – Modelo esquemático dos geossistemas de Sochava

Figura 6 – Divisão taxonômica dos geossistemas

Quadro 1 – Organização do banco de dados

Quadro 2 – Domínios fitofisionômicos do PARNASO

Figura 7 - Classes de vulnerabilidade ambiental dos solos

Figura 8 – Planejamento de campo com trilhas selecionadas

Quadro 3 – Organização de campo

Figura 9 - Mapa de localização do PARNASO

Figura 10 – Mapa hipsométrico do PARNASO e sua ZA

Figura 11 – Mapa de declividade do PARNASO e sua ZA

Figura 12 – Mapa das bacias hidrográficas do PARNASO e sua ZA

Figura 13 – Mapa da hidrografia do PARNASO e sua ZA

Figura 14 – Mapa das litologias do PARNASO e sua ZA

Figura 15 – Seção geológica esquemática da Serra dos Órgãos

Figura 16 – Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro

Figura 17 – Mapa geomorfológico do PARNASO e sua ZA

Figura 18 – Mapa da precipitação média mensal do PARNASO e sua ZA

Figura 19 – Mapa da temperatura média mensal do PARNASO e sua ZA

Figura 20 – Mapa de fitofisionomias do PARNASO e sua ZA

Figura 21 – Mapa dos tipos de solo aferidos do PARNASO e sua ZA

Figura 23 – Mapa de uso e ocupação do PARNASO e sua ZA (2021)

Figura 22 – Mapa dos bairros ou comunidades limítrofes com o PARNASO e sua ZA

Figura 24 – Mapa de geossistemas do PARNASO e sua ZA

Figura 25 – Legenda do mapa de geossistemas do PARNASO e sua ZA

Figura 26 – Planície com Floresta submontana sob forte influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem

Figura 27 – Planície com Floresta submontana sob forte influência urbana

Figura 28 – Planície com Floresta Montana sob forte de Mosaico de Agricultura e Pastagem

Figura 29 – Fundo de Vale com Floresta montana sob influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem

Figura 30 – Planícies e morrarias do Fundo de Vale com Floresta submontana em segundo plano

Figura 31 – Planícies com influência urbana em primeiro plano e em segundo plano as cristas vegetadas

Figura 32 – Fundos de vale com floresta montana em e cristas vegetadas com afloramentos rochosos

Figura 33 – Cristas com floresta montana e afloramentos rochosos

Figura 34 – Visão do Mirante da Pedra do Carneiro na esquerda os vales com floresta altomontana

Figura 35 – Cristas e vertentes escarpadas com floresta altomontana em 1º plano

Figura 36 – Passagem da floresta altomontana para os campos altimontanos herbáceos e abortivos

Figura 37 – Vestígios de incêndio florestal em tronco

Figura 38 – Imagem de satélite dos patamares com floresta montana

Figura 39 – Patamares de cimeira com floresta altomontana e presença de nuvens

Figura 40 – Patamares de cimeira com campos altimontanos e afloramentos rochosos

Figura 41 - Classificação de fragilidade dos elementos abióticos

Figura 42 - Mapa de fragilidade potencial do PARNASO e sua ZA

Figura 43 - Mapa de fragilidade ambiental do PARNASO e sua ZA

Figura 44 - Mapa de fragilidade ambiental do PARNASO, sua ZA e o buffer de 3 km

Figura 45 - Mapa de risco de incêndio no PARNASO e sua ZA

Figura 46 - Mapa de frequência do fogo PARNASO e ZA

Figura 47 – Mapa dos perfis topográficos no PARNASO e sua ZA

Figura 48 – Perfil Geocológico da Trilha do Morro do Açú

Figura 49 – 1A: Morro do Açú

Figura 50 – 2A: Morro do Açú

Figura 51 – 3A: Morro do Açú

Figura 52 – 4A: Morro do Açú

Figura 53 – 5A: Morro do Açú

Figura 54 – 6A: Morro do Açú

Figura 55 – 7A: Morro do Açú

Figura 56 – 8A: Morro do Açú

Figura 57 – 9A: Morro do Açú

Figura 58 – 10A: Morro do Açú

Figura 59 – Perfil Geocológico da Trilha da Pedra do Sino

Figura 60 – 1B: Pedra do Sino

Figura 61 – 2B: Pedra do Sino

Figura 62 – 3B: Pedra do Sino

Figura 63 – 4B: Pedra do Sino

Figura 64 – 5B: Pedra do Sino

Figura 65 – 6B: Pedra do Sino

Figura 66 – 7B: Pedra do Sino

Figura 67 – 8B: Pedra do Sino

Figura 68 – 9B: Pedra do Sino

Figura 69 – 10B: Pedra do Sino

Figura 70 – Casa e afloramento rochoso em Caxambú

Figura 71 – Captação de água no rio Itamarati

Figura 72 – Perfil Geocológico da Trilha do Ventania

Figura 73 – 1C: Ventania

Figura 74 – 2C: Ventania

Figura 75 – 3C: Ventania

Figura 76 – 4C: Ventania

Figura 77 – 5C: Ventania

Figura 78 – Mata burro na trilha do Ventania

Figura 79 – Fezes de bovinos na trilha do Ventania

Figura 80 – 6C: Ventania

Figura 81 – 7C: Ventania

Figura 82 – 8C: Ventania

Figura 83 – 9C: Ventania

Figura 84 – 10C: Ventania

Figura 85 – 11C: Ventania

Figura 86 – 12C: Ventania

Figura 87 – Vale e linhas de transmissão no Ventania

Figura 88 – Área de movimento de massa

Figura 89 – Ponte Caminho do Ouro

Figura 90 – Floresta submontana sob construção humana

Figura 91 – Perfil Geoecológico da Trilha do Caminho do Ouro

Figura 92 – Mangueiras de passagem de água captada

Figura 93 – 1D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 94 – 2D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 95 – 3D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 96 – 4D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 97 – Rio de leito rochoso com vegetação adjacente

Figura 98 – 5D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 99 – 6D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 100 – 7D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 101 – 8D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 102 – Bloco de rocha na faixa de transição das fitofisionomias

Figura 103 – 9D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 104 – 10D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 105 – 11D: Trilha Caminho do Ouro

Figura 106 – Visão geral do zoneamento ambiental do PARNASO

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias Hierárquicas das Classes de Declividade

Tabela 2 - Classes de Fragilidade dos Solos

Tabela 3 – Níveis Hierárquicos dos Comportamentos Pluviométricos

Tabela 4 – Graus de proteção do solo em função dos Tipos de Cobertura Vegetal

Tabela 5 – Níveis Hierárquicos dos Comportamentos Climáticos

Tabela 6 – Graus de risco à incêndio em função do uso e ocupação e tipos de Cobertura Vegetal

Tabela 7 – Níveis Hierárquicos da orientação das vertentes

Tabela 8 – Escala fundamental de números absolutos

Tabela 9 – Escala de pesos e taxa de consistência

Tabela 10 – Área em km² de fragilidade potencial no PARNASO e ZA

Tabela 11 – Área em km² de fragilidade ambiental no PARNASO e ZA

Tabela 12 – Área em km² de fragilidade ambiental no PARNASO e buffer 3 km

Tabela 13 – Estatísticas zonais das áreas de risco à incêndios do PARNASO e ZA

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

AGEVAP	Agência de Bacia do Rio Paraíba do Sul
ASF	Alaska Satellite Facility
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DRM-RJ	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro
GEV	Grau de Entalhamento do Vale
GPS	Global Positionning System
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LeCos	Landscape Ecology
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
PARNASO	Parque Nacional da Serra dos Órgãos
QGIS	Quantum Geographic Information System
UC	Unidade de Conservação
UFC	Universidade Federal do Ceará
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
ZA	Zona de Amortecimento

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – ASPECTOS INTRODUTÓRIOS.....	17
1.1 Considerações iniciais.....	17
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Objetivo geral.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	21
1.3 Revisão bibliográfica.....	21
1.4 Justificativa.....	26
CAPÍTULO II - A ABORDAGEM SISTÊMICA E A COMPLEXIDADE: SUPORTES A TEORIA DOS GEOSISTEMAS.....	29
2.1 Introdução.....	30
2.2 Concepções holístico-sistêmicas: uma base teórica para a geografia física.....	35
2.3 A revolução da ciência da paisagem e a estrutura metodológica dos geossistemas.....	42
2.4 A geoecologia, o geossistemas e os enfoques de análise da paisagem.....	50
2.5 A abordagem geossistêmica e o planejamento ambiental.....	53
CAPÍTULO III - ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS: MATERIAIS E TÉCNICAS EM MODELAGEM CARTOGRÁFICA DOS GEOSISTEMAS EM AMBIENTES MONTANHOSOS.....	57
3.1 Fase de organização e inventário do banco de dados.....	58
3.2 Elaboração de mapas base e técnicas de agrupamento e síntese dos elementos dos geossistemas.....	61
3.2.1 Drenagem e hidrografia.....	61
3.2.2 Declividade e hipsometria.....	61
3.2.3 Pedológico e geológico.....	62
3.2.4 Vegetação e uso da terra.....	62
3.2.5 Geomorfológico.....	63

3.2.6 Precipitação, temperatura, ventos e radiação solar.....	65
3.2.7 Orientação das vertentes.....	65
3.2.8 Perfis geoecológicos.....	66
3.2.9 Fragilidade ambiental.....	66
3.2.10 Risco de incêndios.....	70
3.2.11 Métricas de paisagens	74
3.2.12 Geossistemas.....	75
3.2.13 Organização da legenda.....	77
3.3 Planejamento de campo: estratégias e considerações.....	77
CAPÍTULO IV - A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS.....	82
4.1 O Parque Nacional da Serra dos Órgãos: um panorama físico da área.....	83
4.2 Aspectos estruturais dos Geossistemas: Os invariantes.....	85
4.2.1 Hidrografia.....	89
4.2.2 Geologia.....	90
4.2.3 Sistema geomorfológico.....	93
4.3 Aspectos dinâmicos dos Geossistemas: As variáveis de estado.....	96
4.3.1 Arranjo fitosionômico.....	100
4.3.2 Composição pedológica.....	100
4.4 As conexões com a esfera socioeconômica.....	103
CAPÍTULO V - A PAISAGEM ENQUANTO GEOSSISTEMAS: ASPECTOS ESTRUTURAIS E DINÂMICOS NA CONFIGURAÇÃO DO PARNASO E SUA ZA.....	106
5.1 Geossistemas do parnaso e sua zona de amortecimento e a dinâmica da paisagem.....	107
5.1.1 Classe de fácies: planícies fluviais e fundos de vale florestados sob influência antrópica (i).....	110

5.1.2 Classe de fácies: cristas escarpadas e fundos de vale florestados (ii).....	116
5.1.3 Classe de fácies: patamares de cimeira vegetados (iii).....	126
5.2 A fragilidade ambiental e a dinâmica dos geossistemas.....	131
5.2.1 Fragilidade ambiental no Parque Nacional da Serra dos Órgãos.....	133
5.2.2 Risco de incêndios no PARNASO e sua ZA.....	141
5.3 Perfis geoecológicos das trilhas selecionadas.....	148
5.3.1 Trilha do Morro do Açú.....	149
5.3.2 Trilha da Pedra do Sino.....	159
5.3.3 Trilha do Ventania.....	170
5.3.4 Trilha do Caminho do Ouro.....	185
CAPÍTULO VI – REFLEXÕES FINAIS.....	198
6.1 Considerações finais.....	199
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	211
ANEXOS.....	219

Capítulo 1

Aspectos introdutórios

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A compreensão da relação entre os processos geográficos e a paisagem é fundamental para a pesquisa em Geografia e meio ambiente no contexto de valorização dos serviços ecossistêmicos. No Parque Nacional da Serra dos Órgãos, as sucessões altitudinais são resultado da interação entre diversos processos geográficos, como erosão, sedimentação, deposição, intemperismo, formação de solos, interação entre organismos vivos e o meio ambiente, clima, vegetação entre outros. Esses processos também influenciam a zonação da paisagem, determinando a formação de diferentes tipos de vegetação e ecossistemas em diferentes altitudes. São, ainda, fundamentais para entender a dinâmica da paisagem e os padrões de zonação da paisagem no Parque Nacional da Serra dos Órgãos. A presente pesquisa busca integrar esses aspectos e contribuir para o conhecimento sobre o papel dos processos geográficos na criação, manutenção e transformação das sucessões altitudinais na região. Além de explorar a importância de estudos integrados em montanhas tropicais, dado valor ambiental estratégico, diferenciado e singular de tais espacialidades.

As paisagens montanhosas dos trópicos úmidos apresentam-se, sem dúvida, dotadas de especificidades complexas no tocante ao seu planejamento. Nelas é onde desencadeiam-se as mais significativas “interpenetrações entre elementos zonais e azonais na definição de sua estrutura e funcionalidade” (MARQUES NETO, 2018, p.1). De modo que propostas de planejamento ambiental em escala regional e local precisam, sobretudo, iniciar-se a partir de um especializado estudo integrado destas paisagens para atender todas as aptidões e restrições de uso.

Nesse contexto, é crucial prestar atenção no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). Esse ambiente montanhoso tropical com altitudes que variam de 200m a 2.270m é dotado de uma grande diversidade faunística e florística, incluindo a maior diversidade de aves endêmicas da Mata Atlântica. Além disso, o parque é afetado por questões sociais, como a ocupação irregular, construções, caça, coleta, animais domésticos e visitação irregular, que dificultam sua gestão e planejamento. Essas questões, juntamente com o contexto montanhoso complexo do parque, tornam necessários estudos integrados de suas paisagens para sua conserva o. (CASTRO, 2008).

O PARNASO foi a terceira Unidade de Conservação Federal (SNUC, 2000) criada no país. Sua criação se deu no ano de 1939, sendo precedido apenas o Parque Nacional do Itatiaia e o Parque Nacional do Iguaçu. Está inserido no bioma Mata Atlântica, e devido às dinâmicas de exploração econômica exercidas pela colonização europeia na ocupação das terras brasileiras, que acarretaram degradação em grande escala, sobretudo, da Mata Atlântica, as primeiras Unidades de Conservação do país foram criadas neste bioma (DEAN, 1996). Este protege um dos cinco *hotspots* de biodiversidade mais ameaçados do planeta (MYERS et al, 2000) e de importância reconhecida internacionalmente através da Reserva da Biosfera (RBMA, 1996), programa de monitoramento, pesquisa e educação ambiental, criado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 1991 (CASTRO, 2008). Pode-se dizer que a criação do PARNASO foi, portanto, um dos marcos iniciais da política nacional de proteção do meio ambiente, e a sua manutenção exige cuidados especiais.

As cadeias montanhosas da Serra dos Órgãos, especialmente dentro do PARNASO, apresentam grande variação altitudinal em uma área relativamente pequena, o que permite a criação de paisagens de exceção ou únicas, como definido por Ab'Saber (2006), isto é, áreas que se destacam dos tipos de paisagem característicos da zona climática em que estão inseridas. Essa característica resulta também em uma elevada abundância de espécies endêmicas.

É importante, portanto, entender como o clima influencia a formação da paisagem e as sucessões altitudinais no PARNASO. A área de estudo se localiza na região montanhosa do Estado do Rio de Janeiro, no Brasil, e é influenciada por diferentes fatores climáticos, como a altitude, a latitude e a distribuição das massas de ar. Esses fatores determinam as condições climáticas e microclimáticas da região, influenciando o tipo de vegetação presente em diferentes altitudes.

Em geral, as paisagens montanhosas, como as do PARNASO, possuem um enorme papel no que tange os fluxos de matéria e energia, à proteção dos mananciais de abastecimento d'água para a população da região e na estabilidade climática, desempenhando importante função e beneficiando os municípios ao entorno. Portanto, o Ministério do Meio Ambiente reconheceu a Serra dos Órgãos como área prioritária para conservação. Foi apontada ainda que a mesma é exposta à altíssima pressão antrópica, indicando a necessidade de conceber estratégias condizentes às peculiaridades das paisagens montanhosas entrepostas. É preciso atentar-se para esse contexto porque, como bem colocado por Marques Neto (2018, p. 7), a “inobservância pode incorrer em impactos ambientais de elevada magnitude e comportamentos sinérgicos dos mais intensos”.

A abordagem geossistêmica, geograficamente, privilegia o estudo e a observação dos sistemas ambientais e as suas conexões com a esfera socioeconômica, as interferências das atividades humanas são fatores pertencentes às características dos fluxos de matéria e energia, são, portanto, fortes influenciadores das dinâmicas dos geossistemas (CHRISTOFOLETTI, 1999). Nessa perspectiva conhecer a organização físico-geográfica em sua complexidade e heterogeneidade espacial e suas correlações multiescalares, é necessário.

A teoria dos geossistemas de Sochava (1971, 1977, 1978, 1978^a) fornece uma base para a compreensão da relação entre os processos geográficos e a paisagem, levando em consideração a interação entre o clima, a biologia e o solo. A presente pesquisa visa 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 subsídio ao planejamento ambiental de montanhas tropicais.

A complexidade do planejamento ambiental no Brasil envolve questões tanto ambientais quanto sociais. As dificuldades encontradas na gestão ambiental do país resultam de um amplo contexto histórico, econômico, político e social. Ao longo dos últimos anos, o Brasil tem avançado na construção de uma teoria sólida de planejamento ambiental, em parte devido ao aumento dos conflitos relacionados a questões como terras, água e exploração biológica (DOS SANTOS, 2007).

A análise dos processos geossistêmicos enfatiza a interconexão entre sistemas ambientais e influências sociais, buscando compreender as dinâmicas da paisagem em sua diversidade e complexidade. Os ambientes montanhosos do PARNASO requerem trabalhos complexos que considerem as intrínsecas relações, dependências e sobreposições de sistemas naturais, considerando aspectos biológicos, físicos e também sociais, que ditam as paisagens em diferentes escalas de análise (OLIVEIRA, 2016).

Ao considerar todos esses aspectos, a pesquisa busca responder ao **problema de pesquisa** “Como se dá a criação, manutenção e transformação das 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?”, compreendendo a relação entre os processos geográficos e a paisagem nesse importante local.

A partir do que foi exposto, é importante que algumas questões indispensáveis sejam extraídas dentre elas:

- (A) Como a abordagem metodológica do geossistema subsidia a compreensão das sucessões altitudinais da paisagem e suas dinâmicas funcionais, bem como o planejamento ambiental em ambiente montanhoso tropical?
- (B) Quais são os principais aspectos geoambientais que influenciam a criação, manutenção e transformação das sucessões altitudinais na área de estudo?
- (C) De que forma os cinturões de altitude influenciam na variação estrutural, nos aspectos dinâmicos e na composição da paisagem?
- (D) Quais são as principais fitofisionomias presentes nas sucessões altitudinais e como elas respondem aos processos geográficos?
- (E) De que forma o gradiente altitudinal interfere nas variáveis de estado e nos processos geográficos?
- (F) Como os padrões de uso e ocupação da terra influenciam os processos geográficos e as sucessões altitudinais no parque nacional da Serra dos Órgãos?
- (G) Quais medidas de conservação da paisagem são adequadas para preservar e manter as sucessões altitudinais na área?

Ao responder a essas perguntas, a pesquisa pode fornecer informações valiosas para o planejamento da paisagem na área, destacando a importância da compreensão dos processos geográficos e da teoria dos geossistemas para a preservação das sucessões altitudinais na região.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

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.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diferenciar os geossistemas segundo os cinturões de altitude mediante a análise da estrutura horizontal e vertical da paisagem;
- Investigar as conexões entre os sistemas ambientais e as influências socioeconômicas;
- Avaliar a fragilidade ambiental no PARNASO para interpretação e reconhecimento dos diferentes estados funcionais e dinâmicos das unidades geossistêmicas;
- Avaliar as interações e conexões funcionais e potenciais do PARNASO com seu entorno definido pela zona de amortecimento;
- Elaborar propostas de ação do planejamento da paisagem no PARNASO segundo as especificidades das paisagens montanhosas tropicais;

1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos é parte de uma região geomorfológica com variações topográficas significativas, o que resulta na formação de diversas paisagens com suas próprias características e habitats. A geomorfologia desempenha um papel importante na descrição das unidades de paisagem, especialmente em ambientes montanhosos, agindo como um fator integrador nesse processo. É vista como um fator crucial na determinação da heterogeneidade espacial em áreas de topografia acidentada, pois as características do terreno afetam a distribuição de fatores como temperatura, umidade, exposição ao vento, vegetação, entre outros (DE OLIVEIRA et al, 2007; MARQUES NETO, 2016; 2018; MARQUES NETO et al, 2016).

De Oliveira et al (2007) destaca o papel da Geomorfologia na identificação de unidades de paisagem no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). No estudo, são encontradas duas unidades de paisagem na escala regional: Escarpa Serrana e Planalto Serrano. A primeira é caracterizada por uma alta dinâmica superficial devido ao gradiente topográfico e às intensas precipitações orográficas, possui ainda uma amplitude altimétrica de 2063 metros. Já a segunda, localizada no reverso da Escarpa Serrana e formada por granitos, biotita granodioritos gnaissicos e migmatitos, resultado da evolução a partir de sistemas de falhas com direções sudeste-noroeste e sudoeste-nordeste. No estudo, também são identificadas seis unidades de paisagem na escala dos geossistemas, mas é importante destacar que a pesquisa possui um caráter descritivo e

caracterizador, e não aborda a realidade do PARNASO de forma sistêmica. Além disso, a utilização das concepções de Bertrand (1968) como suporte teórico-metodológico implica a definição de uma escala para os geossistemas. No entanto, é importante observar que Bertrand reconheceu posteriormente que a concepção de Sochava (1977, 1978) é mais adequada. Ele também enfatizou que o conceito de geossistemas não é algo com uma escala bem definida.

Em Pessoa (2019), é feita uma tentativa de integrar os conceitos de geossistema e geodiversidade no contexto da trilha entre Teresópolis e Petrópolis no PARNASO. Em vez de se concentrar em um mapeamento rigoroso desses conceitos, o autor apresenta uma extensa descrição da travessia. Essa descrição destaca a relação sistêmica entre os elementos ambientais e a atribuição de valor científico, educativo e turístico à geodiversidade em determinados pontos da trilha. A descrição da travessia apresenta, em suma, uma propriedade detalhada do percurso dividido por dias, destacando elementos bióticos e abióticos conforme o trânsito pelas unidades da paisagem definidas no estudo mencionado anteriormente. Porém, não explora significativamente os geossistemas, apenas citando de maneira rasa para embasar o argumento de relação sistêmica dos elementos ambientais.

O trabalho de Marques Neto (2016) utiliza as concepções teóricas e metodológicas de Sochava (1971, 1977, 1978, 1978a) e Isachenko (1973) para atribuir à realidade o caráter sistêmico que é inerente. A partir da interpretação genético-estrutural baseada no sistema bilateral de classificação dos geossistemas e nos princípios da zonalidade e azonalidade, o autor revela a relação intrínseca entre a geomorfologia e os geossistemas. Os resultados apresentados encontraram diversas correlações entre os compartimentos de relevo, epiderme da paisagem, e as unidades geossistêmicas, evidenciando "a forte influência dos condicionantes geomorfológicos na composição dos arranjos fisionômicos e nos fluxos de matéria e energia" (MARQUES NETO, 2016, p.735). Ao comparar os mapas de geossistemas e unidades topomorfológicas, fica explícita a relação entre os compartimentos, que possuem um caráter específico na definição dos limites das classes de fácies e grupos de fácies.

O paradigma dos geossistemas (FROLOVA, 2019), que norteia a elaboração deste trabalho, é uma proposição elaborada em meio a renovação da ciência da paisagem, na União Soviética, na década de 1960, por Viktor B. Sochava (1963), a partir da iluminação, sobretudo, da Teoria Geral dos Sistemas, de Ludwing Von Bertalanffy, que se baseava na premissa de que o todo é mais que apenas a junção de suas partes é, também, a interrelação sistêmica das mesmas entre si

(BERTALANFFY, 1977). E claro, com origens que remontam à formulação da própria paisagem (*Landshaft*) como categoria de análise, por Humboldt, e sua internalização pela academia russa, do século XIX, e também a Dokuchaev a partir dos seus estudos de solos com características holísticas, conforme observava-o como reflexo das interações dos elementos bióticos e abióticos da paisagem (GONÇALVES & DOS PASSOS, 2020). Divulgada em diversas publicações (SOCHAVA 1971; 1977; 1978), o geossistema foi formulado como ferramenta para o entendimento dos mecanismos que regulam a organização das funções, estruturas e dinâmicas das paisagens. O objeto do paradigma dos geossistemas é definido por Sochava como:

(...) não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc. (SOCHAVA 1977, p.2)

A teoria do geossistemas foi uma contribuição soviética para o estudo geocológico das paisagens, dos recursos ambientais e territoriais (FROLOVA, 2019). O geossistema, um sistema de elementos naturais espacialmente localizados, é uma classe de sistemas abertos, hierarquicamente organizados, que se consolida em diferentes escalas tempo-espaciais, estabelecendo relações com fatores socioeconômicos que influenciam em sua forma, estrutura e dinâmica, foi proposto, na década de 60, em decorrência da busca por respostas aos problemas metodológicos encontrados na ciência da paisagem soviética. Baseia-se na análise integrativa do meio ambiente, a partir dos estudos espaciais das conexões entre fatores bióticos, abióticos e sociais (SOCHAVA, 1977; 1978; TROPPEMAIR & GALINA, 2006).

O caráter hierárquico dos geossistemas é fundamental para o entendimento de seu valor como paradigma, sobretudo na Geografia Física, porque sua essência multiescalar oferece aprofundamento e complexidade para os estudos de paisagem. Ademais, Viktor B. Sochava introduz o modelo para a classificação dos geossistemas a partir de um sistema bilateral, que reúne integridades homogêneas (geômeros) e heterogêneas (geócoros), divididos em indivíduos geográficos e tipos de paisagem existentes (SOCHAVA, 1977; 1978; MARQUES NETO et al, 2016). Essa classificação sintetiza, por tanto, a combinação de dois tipos de ordem: as unidades naturais e os tipos de unidade (CALVALCANTI, 2013).

É preciso salientar, conjuntamente ao explicitado anteriormente, que as unidades geossistêmicas possuem um caráter temporal, sua existência depende de uma determinada particularidade dinâmica-estrutural. Diante disso, Sochava (1978) assinala a dificuldade de

classificação de geossistemas quanto à questão da temporalidade, ou seja, por quanto tempo a dinâmica e estrutura permanecerão as mesmas da classificação do geossistema presente. Em suma, a proposta teórico-metodológica de Sochava buscava o desenvolvimento de algo que fosse integrador, e não superespecializada, abarcando soluções metodológicas aos mapeamentos da paisagem e suas conexões.

Os geossistemas se organizam em três níveis escalares, os topológicos, os regionais e os planetários que, ainda, se subdividem em outras subcategorias, cada categoria representa uma unidade espacial (MARQUES NETO et al, 2016).

Além disso, o estudo dos geossistemas, também, envolve o conceito de fácies físico-geográfica. Existem, portanto, na abordagem de Sochava as fácies e a combinação dessas em grupos são os chamados grupo de fácies, e, também, a combinação desses em classes, isto é para a dimensão local. Há também os conjuntos para a dimensão regional e planetária. Segundo Isachenko (1991) apud Cavalcanti (2013, p.82), uma fácies é definida como “um segmento de relevo, é caracterizada pela uniformidade da rocha-mãe, microclima, regime de drenagem e umedecimento, migração geoquímica, pédon e localização dentro de uma comunidade ecológica”. Ou seja, segmento da paisagem definido por formas de relevo e declives semelhantes, mesmo tipo de solo, exploração biológica, regime hidrológico, processos geográficos, segmento de canal fluvial semelhantes e transformação antrópica.

Um dos fatores que possui a maior influência sobre as mudanças em todos os componentes dos sistemas geográficos, e sobre a transformação de todo o complexo natural, é a altitude. Ela determina a energia potencial de um local, a intensidade dos processos geomorfológicos, hidrológicos e dos processos de formação de solo, ou seja, a estrutura e dinâmica dos geossistemas possui grande influência da altitude, pois condiciona a formação de uma sucessão altitudinal de microclimas, das fitofisionomias e dos sistemas de transformação supracitados, posto, então, que a definição dos geossistemas que ocorrem possuem grande influência do relevo (FROLOV, CHERKASHIN, 2012).

No território nacional, não existe um debate amplo que demonstre como o geossistema tem sido operacionalizado nos estudos que articulam a sociedade com a natureza. Nesse contexto, o objetivo geral do estudo de Neves e Passos (2022) foi o de analisar o uso do conceito de geossistemas pela pós-graduação em Geografia no Brasil, considerando as suas trajetórias e

tendências no contexto dos estudos ambientais e paisagísticos, a partir da análise de cerca de mil pesquisas de 52 programas realizados entre 1971 e 2015.

Alguns dos resultados obtidos demonstram que, apesar dos vários avanços teórico-metodológicos, existe uma dissonância entre a trajetória e o rigor epistemológico dos legados internacionais e muitas das aplicações do conceito de geossistema realizadas no Brasil. E ainda, foi constatada uma utilização majoritariamente prática do conceito, como apoio a outros conceitos, sem considerar plenamente o seu potencial teórico-metodológico para enfrentar os desafios geográficos atuais.

Diante disso, os autores citam que é necessário promover um debate mais amplo e profundo sobre o conceito de geossistema no contexto da Geografia brasileira, de modo a explorar seu potencial teórico-metodológico e sua aplicabilidade prática, contribuindo assim para o avanço dos estudos que articulam sociedade e natureza. Enfatizando, portanto, a necessidade de aprofundamento nas discussões e pesquisas em torno deste tema (NEVES & PASSOS, 2022).

Em seu trabalho, Marques Neto (2018) baseou-se nas concepções teóricas e metodológicas delineadas por Sochava (1971, 1978, 1978a) e Isachenko (1973) para realizar um estudo sobre geossistemas em uma região montanhosa. Ele adotou o conceito de geossistema como uma unidade espacial claramente definida, aplicando-o em um contexto regional. Seu objetivo explícito era compreender a organização da paisagem por meio de seus mosaicos e investigar a dinâmica estrutural e funcional desses mosaicos. Esse enfoque central permitiu identificar as potencialidades, restrições de uso e necessidades de manejo da região.

Sochava (1978) introduziu o conceito de macrogeócoros como uma unidade que encapsula a própria ideia de paisagem. Essa unidade compreende uma ampla gama de indivíduos geográficos, que varia desde a menor unidade de dimensão regional até a maior unidade de nível local. Ela reúne esses indivíduos, que são intrinsecamente heterogêneos, formando mosaicos. Portanto, os macrogeócoros desempenham um papel fundamental no planejamento da paisagem, juntamente com sua contraparte, os geômeros, que são usados para representar as áreas de homogeneidade na paisagem.

A proposição de Marques Neto (2018), somou ao geossistema, ainda, conceitos e categorias que auxiliaram, profundamente, na proposta de zoneamento ambiental em ambiente montanhoso, tal qual a diferenciação dos geossistemas segundo o grau de transformação (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI 2010), incorporou o conceito de geodiversidade (SILVA et al. 2008), e também

paisagens de exceção (AB'SÁBER, 2006), para a sua proposta de zoneamento ambiental para a Mantiqueira meridional mineira. O autor aponta, ainda, para direção a qual os estudos dos geossistemas deveriam seguir, principalmente aqueles em ambientes montanhosos. A própria proposta de zoneamento ambiental, pautada, principalmente, em uma abordagem regional, compatível com o enfoque evolutivo e estrutural proposto pelo trabalho, despertou visões acerca das mais essenciais premissas de estudos em ambientes montanhosos, as dinâmicas internas dos geossistemas regionais, avançando no sentido a abordagens multiescalares, o que poderia ampliar o contexto de estudos dos geossistemas, e aprofundar-se em suas principais características.

1.4 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a interpretação do conceito de geossistema é utilizado, particularmente, em pesquisas acerca da transformação e fragmentação de paisagens em escala local e regional (FROLOVA 2019). Todavia, no país, ainda há uma lacuna considerável em relação à identificação de processos, conexões e conectividades que influenciam a forma e a organização dos geossistemas em diversas escalas temporais e espaciais. Além disso, é necessário investigar como esses fatores se relacionam com a zonalidade altitudinal nas regiões montanhosas dos trópicos úmidos do país. Nas paisagens montanhosas dos trópicos úmidos, do sudeste brasileiro, circunstanciadamente a Serra dos Órgãos, essa qualidade de pesquisa é inexistente. Doravante, os estudos realizam levantamentos de dados com enfoques biológicos, físicos ou sociais, os quais são, individualizados, sem ponderar as intrínsecas relações, dependências e sobreposições que ditam as paisagens em suas múltiplas escalas de análise (DE OLIVERIA 2016).

A perspectiva geossistêmica reconhece a interconexão e conectividade dos muitos elementos presentes em um sistema geográfico. Essa visão enfatiza a possibilidade de compreender processos e interações geoecológicas entre os componentes físicos, biológicos e humanos de um local específico, oferecendo uma imagem completa e integrada do seu funcionamento. Nesse sentido, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos destaca-se como um modelo, devido à sua importância ambiental. Localizado no estado brasileiro do Rio de Janeiro, o PARNASO abriga uma diversidade de paisagens, vegetação e animais, incluindo espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (CASTRO, 2008).

Além disso, o parque desempenha um papel crucial na proteção dos recursos hídricos da região, atuando como um regulador climático. É provedor de serviços ecossistêmicos favorecendo

a conexão entre as áreas de proteção ambiental da região, além de estar próximo a importantes centros urbanos como o Rio de Janeiro e Niterói. E no gerenciamento do ciclo da água e na manutenção da qualidade do ar. O conceito de geossistemas é uma ferramenta essencial para compreender e gerenciar o PARNASO, permitindo uma abordagem holística que leva em consideração as complexas interações entre os diversos elementos presentes.

Os aspectos geoambientais têm função essencial na criação, manutenção e transformação das sucessões altitudinais em áreas montanhosas. No entanto, ainda são escassos os estudos que abordam essa temática de maneira aprofundada, especialmente no que concerne à sua relação com a teoria dos geossistemas de Sochava. Nesse contexto, torna-se imperativo investigar o impacto desses processos em áreas montanhosas, especialmente aquelas com importante valor ecológico, como é o caso do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

A falta de estudos sobre essa temática na região realça a relevância da pesquisa e justifica a escolha do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) como área de estudo. Além disso, o PARNASO está inserido no contexto da Mata Atlântica, um dos biomas mais ameaçados do Brasil. Diante dessas circunstâncias, é crítico conduzir estudos nessa área, principalmente no que diz respeito à sua dinâmica geográfica e aos padrões de zonação da paisagem. A compreensão desses fatores, de forma inter-relacionada, nos permitirá interpretar as transições altitudinais, considerando influências como as condições climáticas, topográficas, geológicas, pedológicas e os padrões de uso e ocupação que impactam na distribuição da vegetação. Essa interpretação desempenha um papel fundamental na gestão ambiental e conservação da área, pois nos ajuda a identificar as condições necessárias para preservar a biodiversidade e os recursos naturais do PARNASO.

Deste modo, a pesquisa busca contribuir para o contexto teórico e metodológico da Geografia brasileira, analisando as intrínsecas relações das características bióticas, abióticas e sociais dos geossistemas em múltiplas escalas tempo-espaciais como subsídio ao planejamento ambiental em espaço protegido, enfaticamente aquele localizado em ambiente montanhoso, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos. A pesquisa pretende fornecer elementos para auxiliar no preenchimento da lacuna existente no estudo integrativo da paisagem, particularmente no que diz respeito às dinâmicas agudas especiais em ambientes montanhosos. Essas dinâmicas referem-se a processos intensos e súbitos desencadeados por condições específicas dessas áreas, que são os mais vulneráveis frente às mudanças climáticas (DE ASSIS et al, 2018). As espécies da fauna e flora

processos intensos e súbitos desencadeados por condições específicas dessas áreas, que são os mais vulneráveis frente às mudanças climáticas (DE ASSIS et al, 2018). As espécies da fauna e flora requerem certa regularidade das condições físicas do meio. Aquelas que habitam as montanhas passaram por um longo processo evolutivo de adaptação às condições ambientais peculiares desse ambiente. Portanto, as mudanças climáticas globais, que modificam as dinâmicas dos ambientes, são ainda mais incisivas nas montanhas (FERNANDES et al, 2016).

Em ambientes montanhosos, os processos geográficos são intensos e sinérgicos, com grande magnitude potencial. Isso ocorre devido a fatores como a variação de altitude, a exposição a condições climáticas adversas, e a presença de diferentes tipos de solos e vegetação. Estes processos incluem erosão, movimentos de massa, entre outros. Além disso, a interação entre estes elementos aumenta a complexidade da dinâmica do ambiente montanhoso. A compreensão destes fatores é fundamental para garantir a preservação destas paisagens únicas e importantes, tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico. A Serra dos Órgãos é uma região montanhosa de grande relevância econômica, social e ambiental. Diante disso, torna-se fundamental entender como os aspectos geoambientais interagem entre si para influenciar a sucessão de espécies e a zonação altitudinal e formação das paisagens.

Ademais, no PARNASO existem diversas áreas previamente mapeadas, o que facilitou o trânsito em campo e agilizando a obtenção de informações. O centro de pesquisa do parque conta com pesquisas previamente realizadas e em andamento, o que auxiliaram o presente trabalho no que tange a obtenção de informações específicas.

2

A ABORDAGEM

SISTÊMICA E A COMPLEXIDADE:

SUPORTES A TEORIA DOS GEOSISTEMAS

“Pedimos legitimamente ao pensamento que dissipe as brumas e as trevas, que ponha ordem e clareza no real, que revele as leis que o governam” (MORIN, 2007, p.5).

Fonte: Guilherme Buzzo, S/A¹

¹Disponível em: <https://www.canva.com/photos/MADZrp_debU-organs-saw/>. Acesso em: 10 out. 2022

Capítulo 2

A abordagem sistêmica e a complexidade: Suportes a teoria dos geossistemas

2.1 INTRODUÇÃO

O pensamento sistêmico se fortalece alicerçado na perspectiva holística, no século XX, a começar de 1937 com a elaboração da Teoria Geral dos Sistemas, de Ludwing Von Bertalanffy. Sua concepção se baseava na premissa de que o todo é mais que apenas a junção de suas partes é, também, a interrelação sistêmica das mesmas entre si (BERTALANFFY, 1977; VITTE & GUERRA, 2004). Esse foi um marco para a passagem de um pensamento científico reducionista para um pensamento holístico/sistêmico. É a passagem de um entendimento de sistema complexo para além de suas partes, e seu todo, mas agora esse é composto por enorme quantidade de elementos interatuantes, os quais relacionam-se intercambiando informações (CHRISTOFOLETTI, 1999; GUERRA & MARÇAL, 2006).

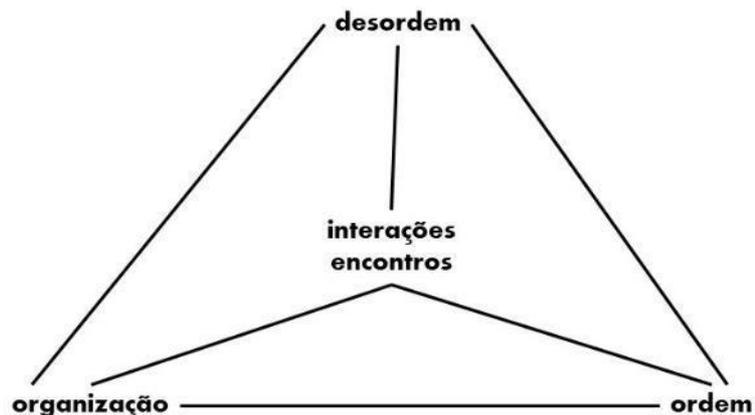
No entanto, é relevante trazer à tona o debate proposto por Christofolletti (1999) quando o mesmo defende que é inadequado excluir qualquer perspectiva, seja ela reducionista ou holística, da análise da realidade, pois essas não se opõem, mas, na verdade, se complementam em meio à análise de qualquer disciplina científica. Em se tratando de sistemas complexos estruturados em hierarquias, a perspectiva reducionista enfocaria os elementos componentes em cada nível hierárquico, mas também os compreenderia como um todo. Não se limitaria a somar as partes estudadas apenas levando em conta cada nível hierárquico.

Embora ambos, Edgar Morin e Ludwig Bertalanffy, estivessem em busca da convergência dos campos científicos, e a não fragmentação do saber, não a entendiam da mesma forma. A estrutura sistêmica de Bertalanffy, ainda que inovadora para a época, partiu da concretude, do organismo vivo, e não se permitiu aprofundar em seu próprio princípio, o conceito de sistema (MORIN, 1977). Sua formulação da Teoria Geral dos Sistemas trouxe elementos transformadores para a concepção de organização. Ainda, a ideia de sistema aberto, transitável de energia e informação com o externo, trazia componentes biocêntricos quanto a alimentação, regeneração ao extrair do externo a matéria de que precisa. Diferentemente de Edgar Morin, o biólogo Ludwig entendia a análise dos fenômenos a partir de um “input” um armazenamento e transformação e, por fim, um “output” (BERTALANFFY, 1977; MORIN, 2005).

A ordem, desordem, organização e interações no jogo da análise dos fenômenos do universo. Essa é a téttrade formulada por Edgar Morin (1977). Chamado de anel tetralógico (**figura 1**), coaduna ordem, desordem, organização e interações, este concebe em conjunto simultaneamente, elementos, ora complementares, concorrentes e antagônicos para o entendimento da realidade.

O autor ainda argumenta que todos os fatores atuam codependentemente, ou seja, se algum desses elementos se reorganizar, os demais também se reorganizam em uma relação complexa. Ademais, é importante salientar, ainda, a necessidade do fator interação para o esclarecimento da dinâmica do real, porque nada existe se não por meio da interação. É nesse ponto, principalmente, que a teoria do geossistema e o anel tetralógico, de Morin, convergem para o ponto central do esclarecimento do mundo: as conexões.

Figura 1 – Anel tetralógico de Edgar Morin.



Fonte: Morin, 1977.

A partir da acepção sobre o pensamento complexo de Morin (2007), traduzidos aqui como forma de interpretação da realidade, entende-se que modos simplificadores de representar o real, fragmentam mais do que demonstram os fenômenos de que se pretende tratar. Então, o lidar para com a realidade, clama por um pensamento, ou modo de análise, que seja complexo, não entendido aqui como algo difícil, mas sim como algo que possa dialogar com o real.

É claro, o pensamento complexo não excluiu modos simplificadores, mas não dialoga somente a partir deles, redutores e unidimensionais. Este pensamento objetiva conseguir tratar

das conexões entre campos disciplinares, um conhecimento que seja multidimensional, “mas ele sabe desde o começo que o conhecimento completo é impossível” (MORIN, 2007, p.6). Trata-se da busca por um conhecimento que não seja fragmentado.

Ademais, a complexidade em si, é um tecido, para Morin (2007), é o próprio paradoxo do uno e do múltiplo. Já o modo simplificador, é inepto a figurar essa premissa paradoxal de algo que seja uno e múltiplo. É preciso atentar-se para a questão de ordenar, classificar, tipificar etc, para que estes não sejam frutos de um pensamento simples, mas sim complexo, que possa espantar as incertezas e hierarquizar os fenômenos. Cabe ressaltar, ainda, que a entropia do universo real é ao mesmo tempo ordem e caos. No caminho da compreensão da realidade, é indispensável se debruçar sobre a interpretação do real através de premissas antagônicas a princípio.

A Teoria da Complexidade, utilizada em conjunto com a Teoria dos Geossistemas, destaca principalmente as propriedades organizacionais dos sistemas naturais, além de promover reflexões acerca do dualismo do particular e do universal. Gomez e Vitte (2018), ao abordar a complexidade, afirmam que esta traz um sentido de complementaridade entre o dualismo mencionado anteriormente. Não se consideram apenas os fatores exógenos e universais como determinantes do local, mas também se atribui importância na observação dos mecanismos endógenos, os quais são responsáveis, a partir de interações locais, pelas emergências de níveis organizacionais (GOMEZ & VITTE, 2018, p.16). Então, essa perspectiva destaca as relações internas, a evolução dos sistemas dinâmicos da natureza, bem como as autonomias na dinâmica de configuração.

É visto que os princípios da Teoria da Complexidade caminham juntos aos da visão sistêmica, holística e dialética de análise do real. Por isso, muito tem a se utilizar dessas concepções em conjunto as bases teórico-metodológicas dos geossistemas, para que seja possível uma exploração complexa, aqui, das paisagens montanhosas no Parque Nacional da Serra dos órgãos (PARNASO) (MORIN, 2007; RODRIGUEZ & DA SILVA, 2016).

Portanto, pode-se inferir aos geossistemas como sistemas dinâmicos complexos. Esses possuem enorme quantidade de partes relacionadas, trocas de informação e de matéria e energia com seu entorno, que o condiciona, e também, afeta sua capacidade de resiliência. Além, também, que sua resposta a determinada condição aferida não é obrigatoriamente proporcional a essa aferição, isto é, as intensidades não são iguais (CHRISTOFOLETTI, 2004). Desta maneira, fica clara a dificuldade de estudos desses sistemas complexos à luz de teorias reducionistas, e até mesmo teorias que desprezem o fator caótico.

Gomez e Vitte (2018, p.24) trazem importantes apontamentos no que diz respeito ao sentido de continuum trazido à luz através da complexidade:

O continuum trazido pelo contexto da Complexidade entre o que é sistema naturale o que é sistema humano traz novas reflexões sobre a definição e classificação destas unidades mínimas de análise. As totalidades, na leitura da Complexidade, além de não permitir mais ‘unidades concretas’ torna a distinção entre humano e natural, simbólico e causal, arbitária em relação à complexa gama de interações que compõe o Geossistema.

Por fim os autores dão um exemplo do que vem sendo discutido:

Neste sentido, uma região florestada passa de fenômeno físico (vegetação) à humana (Fronteira Agrícola, ou Área de Proteção Ambiental) de acordo com o ponto de vista da problemática da pesquisa. As unidades mínimas não precisam, assim dizer respeito somente aos sistemas naturais, mais podem também referir-se às manifestações humanas como definidoras dos geohorizontes, ou geomos, e dos geofáceis, ou geócoros.

Ou seja, essa reflexão potencializa a discussão acerca do dualismo entre Homem e Natureza, atribuindo ao Homem não o papel de fator, mas sim de elemento influente nos sistemas naturais. Dessa forma, as pesquisas de cunho ambiental modernas adquirem um caráter mais adequado, retratando a humanidade não como algo externo aos sistemas ambientais, mas sim como parte integrante desse continuum dinâmico.

A teoria da complexidade somada a teoria dos geossistemas os atribui não mais a categoria de fenômeno natural, mas inclui-se, inevitavelmente, o pesquisador como agente fundador da delimitação dos mesmos. Então, necessita ser ressaltado o principal argumento da complexidade trazido por Morin, que deflagra a “semiplenitude” de toda e qualquer pesquisa, pois a integridade da realidade é intangível através dos artifícios científicos e não-científicos. Porém, potencialmente se pode conceber cada vez mais o real por meio de avanços em teoria e metodologias, as quais permitam interlocuções entre campos do saber (GOMES & VITTE, 2017).

Na geografia, a escala e a hierarquização, entre elas, são importantes pilares para figurar fenômenos naturais. Entretanto, ao optar pela utilização da base teórica complexa, nos estudos geográficos, Gomes & Vitte (2017) argumentam favoravelmente acerca do abandono de limites rígidos hierárquicos entre escalas. Torna-se em maior grau, então, base dinâmica, não mais estática, mas entendida por meio das relações, ainda separadas em classes, sub-classes, ou geômeros e geócoros, contudo despertando-se das “emergências” da área de estudo e do pesquisador. Portanto, “(...) as relações focadas pelo problema da pesquisa não necessariamente precisa destacar todas as emergências; e sim as relações e emergências pertinentes para aquele problema” (GOMES &

VITTE, 2017, p. 153). A importância da escala como acesso ao entendimento do nível de ação, e não essencialmente a generalização de objetos com sólidos limites. Entretanto, cabe ressaltar que as relações escalares não são meramente hierárquicas, mas de interpenetração, movimento e reciprocidade.

Para Sochava (1977), a hierarquia é um dos mais importantes pilares da teoria dos geossistemas, mas é necessário antever a omissão quanto ao aprofundamento de discussão concernente as interrelações entre os níveis escalares. Para a teoria da complexidade esse seria o mais significativo artifício a detalhar, porque a escalaridade deve ser um recurso de organização do entendimento perante ao real, e não inerte, regular e determinada por leis gerais de entendimento dos fenômenos, destacando novamente a ideia de emergência clamada pelo objeto.

Conforme Seabra, Vicens e Cruz (2013), para análises mais coerentes acerca da distribuição espacial dos elementos da paisagem, é imprescindível o uso correto dos conceitos de escala cartográfica, escala temporal, erro cartográfico, generalização geométrica e resolução espacial. Além disso, a assertividade no uso desses conceitos auxilia na tomada de decisões na gestão e no planejamento da paisagem e do meio ambiente.

É impossível, então, promover algo que seja homogêneo como método para todo e qualquer problema de pesquisa, mesmo tratando acerca de algo específico como ambientes montanhosos tropicais do sudeste brasileiro, diferentes áreas exigem diferentes abordagens. A realidade deveria ditar o método, e não o método ditar a realidade. Por isso, não se trata de configurar leis, mas de avançar em possibilidades.

Prigogine e Driebe (1997) solidificaram o argumento acerca da necessária mudança de perspectiva para a ciência a partir do entendimento de classes sistêmicas, considerando a multiplicidade de estados, transições abruptas e o movimento aparentemente errático. Esse último, sendo a principal característica, apresenta uma certa imprevisibilidade, sendo identificado como caos. Para além da ciência clássica fundamentada na estabilidade e no equilíbrio, entra em voga a interpretação dos fenômenos naturais, primeiramente considerando-os fora dessas premissas. Nessa alternativa ferramental de interpretação, o tempo desempenha uma das funções essenciais para a compreensão dos processos.

Portanto, ao espaço é atribuída a ideia absoluta de um conjunto estruturado de elementos, em que estes interrelacionam-se estrutural e funcionalmente, despertando o sentido de plenitude, sem o qual não seria possível quando desagradado ou reduzido (VITTE, 2007).

É abordado recorrentemente pelos diversos autores a importância de se compreender as relações entre as partes de um sistema em um mesmo nível taxonômico para uma análise sistêmica completa (MARQUES NETO, 2022; OLIVEIRA & MARQUES NETO, 2020; RODRIGUEZ & SILVA, 2015; RODRIGUEZ et al, 2010). O conceito de sistema pressupõe a existência de um todo complexo, composto por partes inter-relacionadas, cujas propriedades emergentes diferem da soma das partes isoladas. Essas propriedades emergentes são essenciais para a compreensão do comportamento do sistema como um todo e devem ser consideradas. Em resumo, destacam a necessidade de se investigar as relações entre as partes de um sistema e compreender suas propriedades emergentes para uma análise completa e precisa do sistema em questão.

É evidente, grande parte dos fenômenos naturais e sociais não são lineares, são complexos, dinâmicos e caóticos. A Teoria do Caos é onde, também, se assenta o ferramental para analisar tais sistemas. A geografia, aliada a essa concepção teórica, se beneficia ao aprofundar-se na discussão da não aleatoriedade de fenômenos. A possibilidade da descoberta de ordem, organização e desordem sob o prisma do caos. A interpretação verticalizada a partir desses conceitos, permite que a realidade se torne potencialmente mais tangível aos papéis da pesquisa, aqui como auxiliares para o entendimento da dinâmica das paisagens montanhosas do PARNASO.

2.2 CONCEPÇÕES HOLÍSTICO-SISTÊMICAS: UMA BASE TEÓRICA PARA A GEOGRAFIA FÍSICA

O conceito de paisagem, da Geografia, é polissêmico, mas especialmente se tratando da física amplia o conjunto de ferramentas para solucionar problemas que permeiam diversas disciplinas, enfatizando a interação entre a natureza e a sociedade (BRAZ et al., 2019). Deste modo, amplia-se o horizonte de estudos, porém, também aumentam os debates acerca do conceito de paisagem, o qual envolve uma grande diversidade de olhares e significados. Cabe ressaltar que este possui um extenso contexto para além da Geografia Física, mas não cabe ao presente trabalho detalhá-lo. Contudo, é importante destacar que a própria flexibilidade do conceito demonstra a sua complexidade, e por ter esse caráter que permeia as diversas correntes na geografia, cada uma com seu contexto histórico e cultural, é atribuída a propriedade de paradigma por diversos autores, termo utilizado aqui em consonância com Thomas Kuhn (1970) (BRAZ et al, 2019; FROLOVA, 2007; FROLOVA, 2019; VITTE, 2007). Além disso, desencadeia um conjunto de outros desdobramentos

epistemológicos em ampla escala, com repercussões que ultrapassam a ordem pontual da Geografia e se ampliam até mesmo na vida prática.

No século XIX, a partir da elaboração por Alexander von Humboldt, do conceito de paisagem (Landschaft), a Geografia começa a conceber a paisagem como categoria de análise. A formulação da teoria humboldtiana tem bases holísticas na observação da natureza. Contudo, para Alexander “a paisagem eram todas as feições físico-naturais visíveis e as similitudes ou diferenças na sua localização espacial eram explicadas pelas leis gerais da natureza” (VICENS, RODRIGUEZ & CRONEMBERGER, 2019, p.203).

A influência dos estudos de Humboldt, sua visão holística da natureza, auxiliou a ciência geográfica a firmar suportes para entender a paisagem como uma unidade organizada, fruto da combinação complexa de elementos naturais como o clima, geologia, solos, biota, relevo e hidrografia. A zonalidade geográfica é produto de diversos ensaios e pesquisas ao longo de suas viagens pelo mundo, sobretudo na América Latina. Os conceitos de zonalidade latitudinal e zonalidade altitudinal nascem com Humboldt, preceito com intrínseca relação com a presente pesquisa ao se tratar de um ambiente montanhoso com grande amplitude altitudinal, o PARNASO. É na sua expedição ao vulcão Chimborazo, localizado no Equador, que o mesmo estabelece seus primeiros esboços no trato para com a zonalidade altitudinal (**figura 2**), diferenciando os limites da vegetação conforme a sua subida (VICENS, RODRIGUEZ & CRONEMBERGER, 2019). Na obra “Ensaio sobre a geografia das plantas” Humboldt, estabeleceu correlações entre o clima, solo e a aparição de certas espécies da flora, sua zonação pautada na relação entre fatores climáticos como a temperatura e pressão, a altitude e as formações vegetais. Portanto, havia em Humboldt a preocupação com os dados altimétricos e sua relação com os elementos naturais (CAVALCANTI, 2013; SPRINGER, 2009).

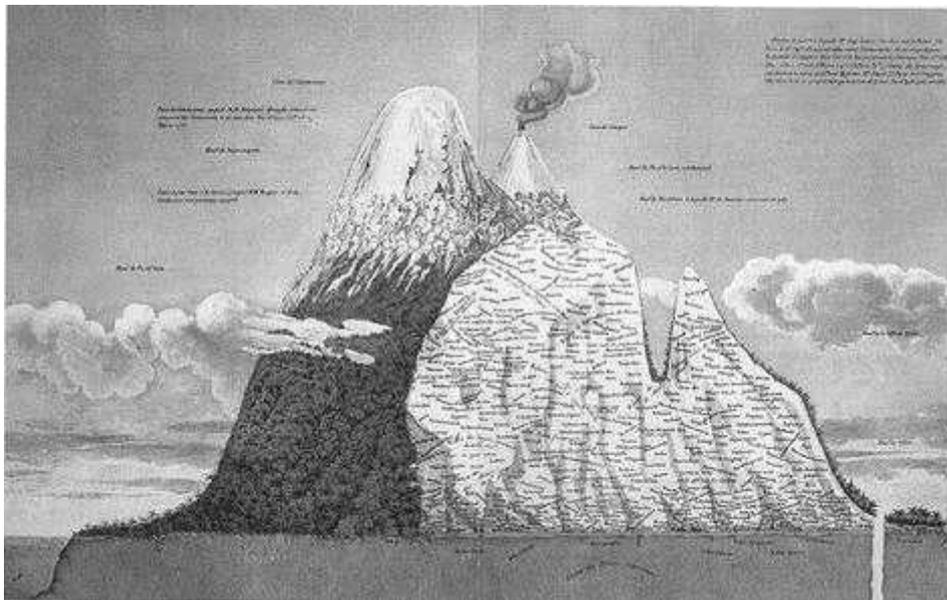
Aqui é necessário extrair das bases holísticas sua essência, singularmente, no que tange ao meio ambiente. Isto é, não poderá existir meio ambiente, se não dependente do ser humano, ambos são indivisíveis e partes formantes de um todo e de um particular em simultâneo (RODRIGUEZ & DA SILVA, 2016).

É possível destacar Humboldt como um dos fundadores da ciência da paisagem, seus avanços na ciência cartográfica, possibilitaram uma nova representação da natureza, este mapeamento da paisagem é base das visões holísticas da natureza pela Geografia. Sua visão

integradora de aspectos climáticos, biogeográficos e pedológicos da natureza permitiu avanços significativos para a ciência geográfica, e o tornaram um dos pilares da Geografia Física.

Ademais, em Humboldt a “descrição física do universo” é sua chave para o entendimento da natureza, a partir da observação e descrição que seu método de investigação é fundamentado, chamado de “empirismo racional”. A proposta de sua síntese naturalista, emerge nutrida de preceitos Iluministas, influenciado sobretudo por Immanuel Kant, o estudo da natureza passa a conceber-se como diferenciação de áreas pelos seus tipos e em uma concepção sistêmica. O conceito de *Landshaft* conserva a paisagem como unidade concernente a distribuição complexa dos fatores bióticos e abióticos, é Humboldt que dissemina a categoria de paisagens zonais e azonais. É importante enfatizar a importância da visão holística do planeta de Humboldt, porque a partir das suas formulações a altitude e a latitude começam a ganhar espaço no âmbito científico, sobretudo acerca na determinação de padrões regionais e globais de ambientes naturais. Seus conceitos de análise da natureza, a ideia de zonação, e sua base holística, influenciaram autores como Ludwig von Bertalanffy em sua formulação da Teoria Geral dos Sistemas, Viktor B. Sochava e os geossistemas entre outros (DE OLIVERIA, 2016; CAVALCANTI, 2013).

Figura 2 - A *Naturgemälde* de Humboldt, retratando o Monte Chimborazo e sua vegetação no Equador.



Fonte: Wulf, Andrea, and Renato LR Marques. *A invenção da natureza: a vida e as descobertas de Alexander Von Humboldt*. Planeta, 2016.

Em meados do século XIX, o geógrafo russo na Rússia czarista, Vasily V. Dokuchaev, introduziu no debate da ciência da paisagem sua teoria das zonas naturais, estabelecendo um modelo explicativo para a formação e classificação dos solos a partir de uma visão sistêmica dos elementos. O geógrafo é, assim como Humboldt, um dos pilares fundamentais da Geografia Física, sobretudo da Pedologia. Os solos passam a ser analisados não apenas em relação ao substrato das rochas, mas também como reflexo dos fatores climáticos e topográficos (VICENS, RODRIGUEZ & CRONEMBERGER, 2019). A ciência da paisagem russa adquire base a partir da sua publicação da teoria das zonas naturais, onde Dokuchaev propõe zonas naturais diferenciadas segundo fatores climáticos, topográficos, pedológicos e biogeográficos, sua preocupação era interpretar as variações dos padrões geográficos fundamentados na latitude, zona horizontal, e a altitude, zona vertical. A formulação do conceito de zonas naturais, como unidade com relações sistêmicas entre os elementos da natureza, é que propiciou o aparecimento da ciência da paisagem, os geossistemas, geocologia etc (CAVALCANTI, 2013; FROLOVA, 2006; FROLOVA, 2007; ISACHENKO, 1973). Assim, a compreensão de que a superfície terrestre é resultado da interação entre as forças endógenas e exógenas traz consigo a ideia da relação entre as zonas climáticas e os tipos de relevo, por exemplo. Fica evidente que as propostas de Humboldt e Dokuchaev convergem para uma visão integrada do mundo, na qual os fenômenos naturais são entendidos como elementos inter-relacionados (BRAZ et al., 2019). Não mais como elementos estáticos, mas sim vinculados por processos que trazem a ideia de continuidade do meio, torna-se, portanto, a tradução da interdependência entre os elementos em fluxos de matéria e energia.

O alemão Humboldt e o russo Vasily Vasilievich Dokuchaev fizeram, então, as primeiras formulações que abordavam a inter-relação dos fenômenos naturais no espaço geográfico. Estas formulações foram consideradas como as primeiras sob a perspectiva integrada de tais fenômenos, e foram importantes para a criação da ciência da paisagem Russo-Soviética, que desencadearia mais tardiamente na elaboração da Teoria dos Geossistemas. (BRAZ et al, 2019). Além disso, a necessidade de desenvolver uma estrutura teórico-metodológica para estudar os vastos territórios da Rússia levou à criação da ciência da paisagem no país. Este desenvolvimento foi influenciado pelo contexto político, bem como pelas ideologias marxistas durante o século XX. O período de transição abrupta na Rússia, com a libertação dos escravos por Alexandre II, resultou em reformas agrárias e, conseqüentemente, investigações relacionadas à prática agrícola. Nesse contexto, havia

uma necessidade crescente de inventar novos métodos para estudar o território russo (FROLOVA, 2007).

Ademais, Dokuchaev traz consigo a fundamentação geográfica os conceitos de zonalidade e azonalidade. Os elementos naturais variantes conforme o regime da radiação solar no globo, a dinâmica climática e a formação de relevo e solos por processo exógenos na superfície terrestre, zonalidade latitudinal. Já a azonalidade diz respeito a fatores morfoestruturais do relevo, a litologia, enfatizando aqui o aspecto topográfico, a altitude, zonalidade altitudinal. O autor teve importantíssima relação com o desenvolvimento da teoria de diferenciação de áreas para União Soviética, e suas formulações, sobretudo acerca dos conceitos de zonalidade, de certa forma auxiliaram a fundamentação teórica da Ciência da Paisagem na antiga Rússia. A paisagem natural, por sua vez é definida por fatores zonais e azonais em uma relação sistêmica para a evolução dos complexos naturais. Um dos fatores mais influentes na distribuição dos elementos naturais, como temperatura, umidade e a quantidade de sombra ou radiação solar em uma determinada área, é o relevo. O aspecto geomorfológico determina os padrões e a distribuição de energia, e assim ditam como se dará a interrelação entre os fatores zonais e azonais, na formação de paisagem (CAVALCANTI, 2013; VICENS, RODRIGUEZ & CRONEMBERGER, 2019).

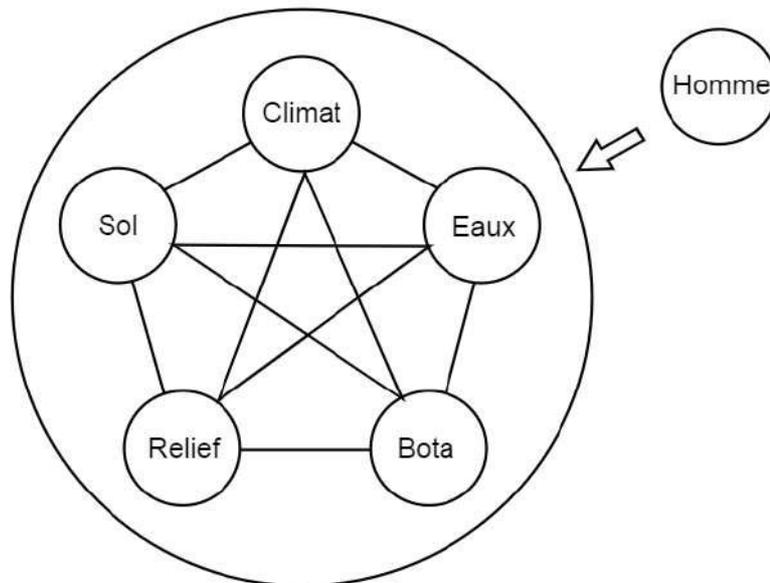
Outro expoente, importante quanto aos conceitos de zonalidade e azonalidade, é Isachenko (1973). O autor discorre acerca desses fatores, os quais indica sua incidência em todas as paisagens no envelope geográfico. Deixa clara sua afirmação quanto a não existência de paisagens estritamente zonais ou azonais. Em sua crítica, admite a transitabilidade desses fatores nas mais diversas paisagens, simultaneamente, como forma a constituir as dinâmicas oportunas para sua formação. Assim, elaborando, duras críticas aos seus pares, quanto suas elucubrações de elementos exclusivamente azonais ou zonais, como exemplo se utiliza da formulação de solos azonais por seus contemporâneos.

A zonalidade descreve a organização sistemática de organismos em resposta às condições climáticas e geográficas predominantes em uma região específica. Fatores como temperatura, precipitação, altitude e latitude influenciam essa organização, levando à formação de ecossistemas distintos em zonas específicas. Em contraste, a azonalidade se refere às áreas que desviam dos padrões de distribuição regulares, geralmente devido a condições ambientais incomuns ou características geográficas únicas.

Lev Semyonovich Berg, discípulo de Dokuchaev, é reconhecido como o fundador da ciência da paisagem russa, tendo suas contribuições elevado a geografia soviética e o estudo das paisagens a um novo patamar. É em seu artigo “Ensaio da divisão da Sibéria e do Turcomenistão em regiões pitorescas e morfológicas” em 1913, que surge sua primeira noção científica de paisagem. A primeira definição de paisagem dele é: “uma região na qual as particularidades do relevo, do clima, das águas, do solo, da vegetação e da atividade antrópica são organizadas num conjunto geográfico harmonioso, de acordo com um modo que pode repetir-se dentro de uma mesma zona geográfica” (FROLOVA, 2007, p. 163), expandindo a noção de inter-relação dos elementos que compõem as paisagens. O mesmo percebe que a geografia deveria se preocupar com complexos naturais ou paisagens, em vez de componentes individuais do ambiente. (BRAZ et al, 2019; FROLOVA, 2007; FROLOVA, 2019)

Nesta primeira elaboração destacam-se três elementos importantes: a paisagem como unidade homogênea; a similaridade na composição revela a identidade entre paisagens distintas; A paisagem abarca tanto os componentes naturais do ecossistema como também as atividades humanas. Em sua segunda elaboração, **figura 3**, o elemento homem deixa de ser parte integrante da paisagem, e passa a ser influenciador da mesma (FROLOVA, 2007).

Figura 3 – Segundo modelo de paisagem de Berg



Fonte – Frolova, 2007

Em consonância às ideias supracitas, Bertrand & Bertrand (2007) tecem iluminações importantes para estudos em áreas montanhosas. Os autores verticalizam sobremaneira a discussão acerca da zonalidade e azonalidade ao abordarem os efeitos topoclimático, de localização e do gradiente geral.

O efeito topoclimático, descrito pelos autores, é determinado pela incidência dos raios solares na inclinação das vertentes, que por sua vez é influenciada pela latitude. Além disso, a exposição de uma vertente a um determinado quadrante solar pode afetar significativamente o fotoperíodo, tanto em termos sazonais quanto anuais, e, conseqüentemente, influenciar na capacidade de fixação de determinados grupos de indivíduos da fauna e flora. Essa relação entre a orientação das vertentes e a incidência dos raios solares, que é influenciada pela latitude, é o efeito topoclimático. Portanto, o efeito topoclimático pode explicar a presença de diferentes estágios e tipos de vegetação na mesma altitude e montanha, de acordo com as variações microclimáticas criadas pela exposição solar. Ou seja, a ideia aqui é diferenciar a orientação das faces iluminadas, bem como as sombreadas.

O efeito de localização dialoga com a zonalidade (latitude) e a posição de determinada cadeia montanhosa e sua orientação em relação às massas de ar correntes. Os autores falam ainda em “estoque biológico”, que seria a diversidade de espécies florísticas e faunísticas atrelada a esse critério, diferenciando e classificando as cadeias montanhosas segundo a quantidade de zonas latitudinais e suas associações com as massas de ar.

O efeito gradiente geral seria composto dos gradientes térmicos, pluviométricos e biogeográficos, o que para os autores poderia determinar os níveis do conjunto de paisagens.

O relevo e a geologia são constantemente clamados como pilares da diferenciação de paisagens montanhosas, porém, fatores indispensáveis, não muito explorados, são a vegetação, o regime de insolação, latitude, exposição do declive, largura dos vales e o grau de dissecação das vertentes (RETEYUM 1977 apud FROLOVA, 2019).

O gradiente altitudinal é fator complexo e contribuinte às formações de microzonalidade da paisagem e a serialidade do geossistemas. Ou seja, todos os elementos, que constituem o sistema ambiental, sofrem influência conforme a variabilidade altitudinal. É determinante quanto a energia potencial, a intensidade dos processos geomorfológicos, e de toda a dinâmica e estrutura do meio ambiente, a altitude, sobretudo, concerne-se como fator importante para a definição dos geossistemas (FROLOV, CHERKASHIN, 2012).

O clima, inserido nos estudos de geossistemas de forma reduzida, deveria ser outro plano focal, “não por ser julgado o núcleo do sistema, mas por ser o ambiente insumidor da energia que movimentava o sistema” (MONTEIRO, 2000, p.56).

Perfis topográficos, baseados em transectos, os quais exploram as principais características bióticas e abióticas do meio ambiente, são reveladores das relações funcionais entre unidades (MONTEIRO, 2000).

Nas abordagens desses e de outros autores, fica evidente a tentativa de ilustrar a existência de uma organização natural, que se manifesta por meio de fluxos de matéria e energia e suas interrelações entre elementos. Por adequação as premissas desse presente trabalho deverão se firmar na Teoria do Geossistemas e nas acepções a ela pertinentes, os conhecimentos do real, por escolha ao que possa oferecer como tradutora da realidade. Sistematizando o estudo das conexões complexas dos fatores bióticos e abióticos, aqui em ambiente montanhoso, classificando suas unidades geossistêmicas, a partir do auxílio do que suas particularidades clamam.

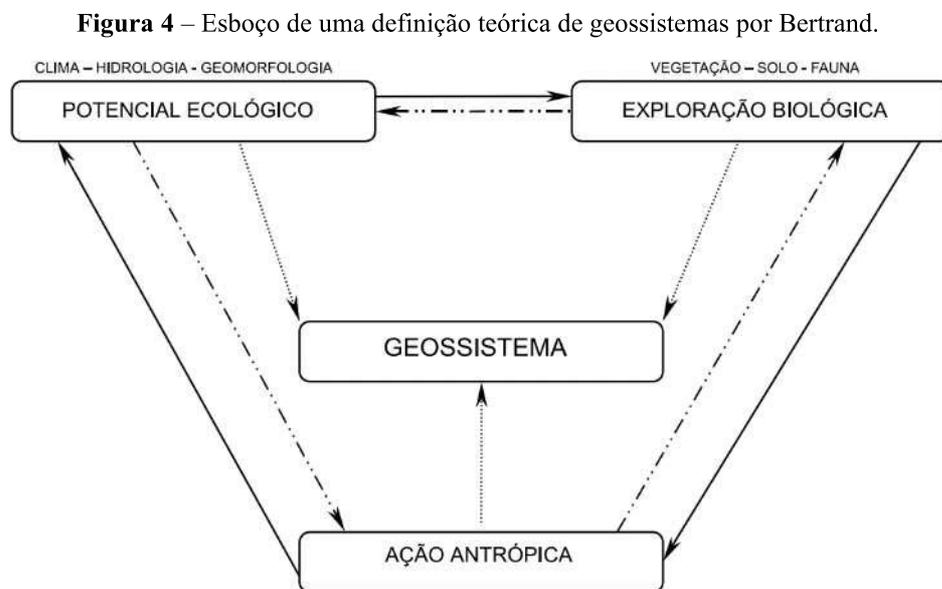
2.3 A REVOLUÇÃO DA CIÊNCIA DA PAISAGEM E A ESTRUTURA METODOLÓGICA DOS GEOSISTEMAS

As duas principais identidades referentes ao paradigma dos geossistemas advém da Rússia e da França, de Sochava (1971; 1977; 1978) e Bertrand (1972), respectivamente. Diferentemente da conceituação proposta por Sochava, na qual o geossistema possui diferentes dimensões espaciais na superfície planetária, indo desde a fácies físico-geográficas até toda superfície terrestre, Bertrand em sua primeira interpretação possui uma escala espaço-temporal bem definida, em que abrange a 4ª e 5ª ordem de grandeza na classificação de Cailleux e Tricart, com escalas espaciais de 10 a 10² e escalas temporais de 10⁶ a 10⁷ anos. A base teórico-metodológica de Tricart permitiu a Bertrand compreender os geossistemas como unidades com áreas específicas, as quais ele considerava como tendo dimensões bem definidas.

Bertrand compreendia-o como o resultado da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, que constituíam o potencial ecológico do geossistema. Além disso, ele considerava os tipos de exploração biológica do espaço, ou seja, a interação entre a vegetação, o solo e a fauna. Ambos possuindo relações intrínsecas entre si e com o fator antrópico (**figura 4**), compreendido aqui como fator organizador do espaço, como mostra esta passagem citada a seguir

como exemplo de geossistemas mediterrâneo da Baixa Liebana e do geossistema hiperocenânico das Sierras Planas, em Bertrand (1972, p.148):

(...) A situação é agravada pelo sistema de valorização antrópica que multiplica os desmatamentos, os incêndios e a degradação das florestas claras, dos “maquis” e das “garrigues” (...) os pastores asturianos destruíram a floresta para aumentar as áreas de pastoreio. Eles desencadearam uma cascata de processos pedológicos (...) botânicos (...) e às vezes mesmo geomorfológicos.



Fonte: Bertrand, 1972.

Contudo, posteriormente, Bertrand, percebe que sua conceituação de geossistema, como categoria taxo-corológica, era menos coerente do que aquela proposta por Sochava, e muda sua concepção, agora entendendo-o como uma entidade natural formada pelas relações entre os componentes da natureza e impactada pela ação da sociedade, essa nova concepção deu origem a formulação do seu modelo Geossistema-Território-Paisagem (GTP) (BERTRAND & BERTRAND, 2007; CAVALCANTI, 2013; OLIVEIRA & MARQUES NETO, 2020). Essa nova roupagem elaborada por Bertrand, entendia que o funcionamento do meio ambiente poderia ser

traduzido a partir dessa formulação multiconceitual. Portanto, esses três conceitos associados formam o sistema GTP, o qual abarca os fenômenos naturais (geossistema), os políticos e socioeconômicos (território), e culturais (paisagem).

No Brasil a inserção do “geossistemas”, se deu a partir do trabalho traduzido, de Bertrand, por Olga Cruz, em 1972. Primeiramente, então, a concepção francesa tomou a frente dos debates no país, porque a aproximação da academia brasileira e a francesa faz parte do processo de formação da ciência geográfica do Brasil. Porém, o responsável por introduzir o conceito de geossistemas com base soviética, foi Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, depois da sua participação no 24º Congresso Geográfico Internacional, realizado na União Soviética (CAVALCANTI & CORRÊA, 2016; OLIVEIRA & MARQUES NETO, 2020; RODRIGUES, 2001). A solidificação da base geossistêmica no país, ainda caminha em direção ao seu desejável entendimento. Sua importância enquanto identidade para a Geografia Física, bem como nos avanços para o entendimento da paisagem acarretam na proliferação cada vez mais incisiva de trabalhos fundamentados na teoria dos geossistemas. Contudo, alguns artigos brasileiros confundem as propostas de Bertrand e de Sochava, considerando-os como sinônimos, e ainda se encontram pesquisas utilizando como suporte o Bertrand em sua primeira formulação dos geossistemas.

As dissonâncias entre as duas concepções, a russa e a francesa, dizem respeito a diversos fatores fundamentais, como: as divergências quanto a classificação e mapeamento; a dimensão e hierarquização de classes; o caráter de identificação das unidades; o fator antrópico como influência ou princípio organizador. Então, os autores Oliveira & Marques Neto (2020, p. 17-18) sintetizam bem essas diferenças:

- 1) Escola francesa: a ênfase no estudo dos geossistemas foi nas relações entre potencial ecológico + exploração biológica + ação antrópica, com destaque para o homem como elemento organizador do geossistema (...) análise fisionômica e qualitativa do complexo territorial natural.
- 2) Escola russa: a ênfase é dada ao estudo da dinâmica e evolução dos sistemas naturais (...) as atividades humanas influenciam a estrutura do geossistemas, ou seja, os fatores econômicos estabelecem conexão com o geossistema, sobretudo no que se refere as paisagens transformadas pelo homem (...) análise sistêmica e cibernética.

O prisma teórico-metodológico advindo dessa base holística mais solidificada a partir de Humboldt, Dokuchaev, Berg e Bertalanffy, culminou no que teóricos dizem ser a renovação da

ciência da paisagem soviética, na década de 1960, a partir da teoria do geossistemas idealizada por Sochava (1971; 1977; 1978). A perspectiva biofísica dos dois primeiros autores supracitados concebeu-se como ponto fundador da geografia alemã e russa (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI 2010). Este é um dos fundadores da base geográfica na Sibéria, tem sua formação multidisciplinar, na geografia e botânica. Participou em diversas expedições pela Rússia, e a partir da sua formação interdisciplinar concentrou seus esforços na análise integrada do meio ambiente estabelecendo seu método e teoria para o estudo da paisagem e dos recursos ambientais, na antiga União Soviética (FROLOVA, 2019; RODRIGUES, 2001).

Fica bem claro que o geossistema e sua análise é uma tentativa de melhoria na investigação da Geografia Física (...) a modelização dos geossistemas à base de sua dinâmica espontânea e antropogênica e do regime natural a elas correspondente visa, acima de tudo promover uma maior integração entre o natural e o humano. (MONTEIRO, 2000, p.47)

O geógrafo soviético Victor Borisovich Sochava é mundialmente reconhecido por ter introduzido o conceito de geossistema à ciência geográfica. Apesar de sua contribuição revolucionária, não existem traduções completas de sua obra, especialmente de seu último livro, "Introdução à Doutrina dos Geossistemas", publicado em russo em 1978, onde as bases de sua teoria são solidificadas. Além disso, não há consenso nas interpretações de suas ideias na história do pensamento geográfico. Vale ressaltar que Sochava teve formação inicial como biólogo ligado à agricultura em Leningrado, tendo doutorado em Ciências Biológicas e em Ciências. Sempre esteve vinculado à Geobotânica e Biogeografia, o que pode explicar seu vínculo com a Geografia (RODRIGUEZ, SILVA & VICENS, 2015).

É curioso observar que a formulação mais reconhecida de Sochava não tenha um enfoque biocêntrico, tendo em vista sua formação acadêmica como biólogo. Entretanto, a Teoria dos Geossistemas, que é policêntrica, trouxe uma renovação significativa para a ciência da paisagem em meio a mudanças político-ideológicas complexas na antiga URSS. A ousadia de suas contribuições iluminou o campo geográfico e teve grande impacto na área.

Sochava estabeleceu três tipos de sistemas espaciais como objeto de análise: os geossistemas (sistemas naturais), os sistemas produtivos e os sistemas da população. Enfatiza a inter-relação dialética entre as três categorias, considerando a natureza e a sociedade como contrários dialéticos. Portanto, sua teoria não dialoga com as bases da Geografia russa atual, que assume a existência de sistemas antroponaturais, elaborados pela interação de fatores naturais e antrópicos. O autor discute, de forma particular, as modificações e transformações espontâneas ou

causadas pela atividade humana nos geossistemas naturais (RODRIGUEZ, SILVA & VICENS, 2015).

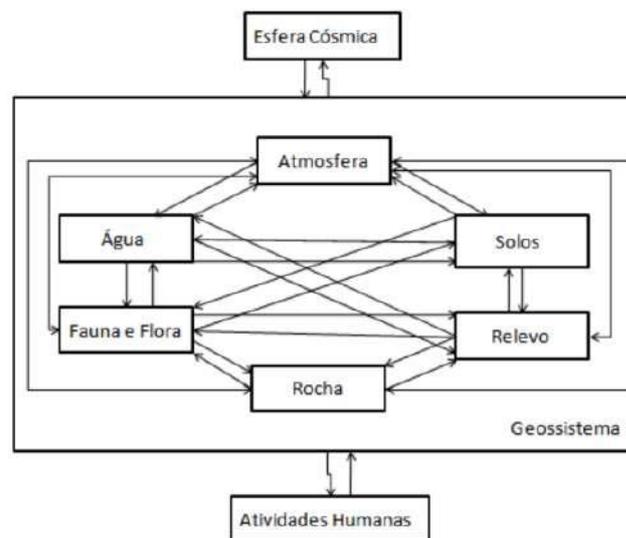
A proposta do soviético em questão consistia em utilizar estudos detalhados dos geossistemas como base para a elaboração de prognósticos geográficos, os quais seriam capazes de analisar as mudanças ocorridas nos componentes, estrutura, dinâmica e funcionamento da natureza como um todo, principalmente mediante aos impactos ambientais. Esse posicionamento de Sochava é elucidado por Rodriguez, Silva e Vicens (2015, p.227):

(...) tem muito a ver com sua pretensão em defender a natureza, especialmente os espaços naturais da Sibéria (...) um partidário da chamada Geografia Aplicada, que no seu entendimento deveria atuar de maneira ativa nos projetos, na execução e na perícia de qualquer atividade humana que impactasse a natureza.

Definido na década de 1960, o geossistema, **figura 5**, é um sistema de elementos naturais espacialmente localizados, é uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos, hierarquicamente organizados, que se consolida em diferentes escalas tempo-espaciais, firmando relações com aspectos socioeconômicos, o qual influenciam em sua estrutura, dinâmica e forma. Sua base se consolida na análise integral da paisagem, a partir das conexões dos elementos bióticos, abióticos e sociais, os quais são individuais da natureza e estão em conexão entre eles com uma totalidade definida. Surge com o objetivo de resolver os problemas metodológicos da ciência da paisagem até então ligados à investigação e métodos pragmáticos de análise e identificação com caráter sistêmico (FROLOVA, 2019; SOCHAVA, 1977; 1978; TROPPEMAIR & GALINA, 2006).

Hierarquia de construção é a mais importante feição dos geossistemas. Devido a isso, tanto a área elementar da superfície da Terra, quanto o geossistemas planetário (...), ou as subdivisões intermediárias do meio natural, representam (...) uma unidade dinâmica, com uma organização geográfica a ela inerente. A última manifesta-se em espaço que permite a distribuição de todos os componentes de um geossistema, assegurando sua integridade funcional (...) as unidades espaciais acham-se na dependência da organização geográfica. (SOCHAVA, 1977, p.9)

Figura 5 – Modelo esquemático dos geossistemas de Sochava.



Fonte – Oliveira & Marques Neto, 2020.

O paradigma do geossistemas fundamentalmente contribuiu aos estudos de paisagens através, também, do seu caráter hierárquico. Com sua essência multiescalar disponibiliza ferramental teórico e metodológico para verticalizar e complexificar a análise de paisagem. É, a partir, do modelo de classificação bilateral dos geossistemas (**figura 6**), dividido em homogeneidades (geômeros) e heterogeneidades (geócoros), que incorpora autenticidade e composição dos geossistemas. A representação dos geossistemas em diferentes hierarquias permite compreender a natureza não somente por seus componentes, mas sobretudo pelas conexões entre eles. Isso evita a limitação apenas em análise da morfologia da paisagem e suas subdivisões e prioriza a análise da dinâmica do ambiente, das suas conexões e estruturas funcionais (BRAZ et al, 2019; MARQUES NETO et al, 2016; SOCHAVA, 1977; 1978; 1978a).

A homogeneidade nessa perspectiva de classificação é a primeira analisada e parece ser também a mais influente. Conforme Gomez e Vitte (2018) essa possui característica ontológica, sobre o objeto em si, e epistemológica, sobre o conhecer mais exacerbado do que a heterogeneidade, aqui em certo grau sua derivada.

Nesta perspectiva de classificação supracitada, a homogeneidade é o primeiro aspecto analisado e parece ser também o mais influente. De acordo com Gomes e Vitte (2018), ela possui uma característica ontológica, sobre o objeto em si, bem como uma característica epistemológica, que se refere ao conhecer, mais aprofundado do que a heterogeneidade, que, neste caso, é considerada em certo grau uma derivada da homogeneidade. Essa reflexão vai ao encontro com Sochava (1978) que afirma que a área homogênea é o ponto inicial para a classificação, como

apontam os próprios autores. Os autores concluem, portanto, que em uma perspectiva da complexidade não basta encontrar a “lei” do sistema ambiental, pois a mesma não é uma, tampouco existe. A preocupação é conhecer as conexões internas que deflagram a homogeneidade em processo de diferenciação. É fundamental conceber a relação dialógica entre os processos exógenos e endógenos a partir de suas interações dinâmicas.

Como ferramenta hierárquica o sistema bilateral possui sua sistematização, os geócoros assim como o geômeros são uma fileira particular, e ambas se relacionam. Os elementos são cada um polissistema, ou seja, nele são incluídos geócoros subordinados a ele, e esses são representados por múltiplos de geômeros combinados regulamentemente. É visto então que esse sistema se autocorrige, a classificação dos geômeros serve para disciplinar a classificação da fileira oposta, os geócoros. A nível local, os geócoros consideram os geômeros, que representam as unidades primárias do sistema geográfico, as biogeocenoses e as divisões relacionadas aos estados modificados do ambiente. Esse sistema é caracterizado por sua natureza dinâmica e estrutural, e é importante destacar que não exclui as concepções de zonalidade e azonalidade, mas as integra (MARQUES NETO, 2019; SOCHAVA, 1978a).

Entretanto, o autor expressa sua preocupação com a classificação dos geócoros em um nível topológico. Ele atribui a essa tarefa um caráter especial e fundamental, que só é possível realizar por meio de métodos singulares, que se baseiam principalmente em pesquisas de campo. Outra característica notável dessa classificação está relacionada à categoria dos geócoros, conhecida como macrogeócoro. Resumidamente, essa categoria busca esclarecer o mosaico espacial dos topogeócoros e a transição da escala local para a regional. Ela representa a menor categoria em termos regionais e a maior em termos locais, abrangendo todas as subdivisões topológicas (SOCHAVA, 1978a).

Figura 6 – Divisão taxonômica dos geossistemas.

Fileira de Geômeros	Ordem Dimensional	Fileira dos Geócoros	
Perspectivas dos Tipos de Meio Natural	Planetária	Zona Físico-geográfica	
Tipos de Meio Natural		Grupo de Regiões Físico Geográficas	
Classe dos Geomas		Subcontinentes	
Grupo dos Geomas	Regional	Regiões Físico-Geográficas	
Subgrupos dos Geomas		Com Latitudes Zonais	Com Zoneamento Vertical
		Subzona Natural	Provincia
Geomas		Provincia	
Classe dos Fácies	Topológica (local)	Macrogeócoro (Distrito)	
Grupo dos Fácies		Topogeócoro	
Fácies		Mesogeócoro	
Áreas Homogêneas elementares (Biogeocenoses)		Microgeócoro	
		Áreas Elementares Diversificadas	

Fonte: Sochava, 1978.

Gomez e Vitte (2018) destacam um interessante aspecto do sistema bilateral de classificação, que é a sua arbitrariedade em função da escala adotada. Isso significa que uma mesma área pode ser classificada como homogênea, ou seja, um conjunto com elementos da paisagem (geômeros) que interagem entre si, ou como heterogênea, ou seja, um conjunto que se diferencia dos demais conjuntos subjacentes (geócoros). Dessa forma, ao aumentar ou diminuir a escala de análise, a homogeneidade ou heterogeneidade é identificada e interpretada como "grupos homogêneos que também apresentam suas heterogeneidades internas de indivíduos" (GOMES & VITTE, 2018, p.19).

A situação, também, especial dos macrogeócoros é explanada por possuir um papel organizador, em relação aos topogeossistemas, isto é o meio natural se diferenciado em topogeossistemas, mas entendido através da sua integração. O autor diz ainda se tratar aqui da correlação filosófica “da parte e do todo”, portanto se embrenha de forma singular na Geografia teórica, além de sua obviedade prática. Representa o complexo de condições que devem ser levadas em consideração na organização do território. Na passagem a seguir Sochava aborda a

característica do macrogeócoro em relação a influência socioeconômica, e como o mesmo é fundamental para o planejamento territorial, podendo assegurar através de cálculos as parcelas ideais da terra para cada um dos elementos citados, ou seja, a passagem de “substâncias”, aqui enfaticamente o trabalho, de uma área mais concentrada para uma menos concentrada.

En los límites del macro geocoro se puede aplicar un sistema unificado de uso de la tierra, o sea, o sea el macro geocoro puede considerarse como un “campo de disusión” de las fuerzas productivas. En los límites de este “campo” es posible el cálculo del aseguramiento óptimo de parcelas de tierra para la economía, de fuerza de trabajo y del fondo principal (SOCHAVA, 1978a, p. 31).

O macrogeócoro é, então, a unidade dos limites observados na natureza, dos grupos vegetais, das variedades de solo e das áreas do território caracterizadas por um clima do mesmo tipo, essencialmente coincide com os limites das subdivisões geomorfológicas (MARQUES NETO, 2016; SOCHAVA, 1978a).

Ainda acerca dessa unidade, a mesma é correlacionada ao termo “landshaft”, o próprio Sochava identifica igualdade entre eles. Em meados de 1950 A. A. Grigoriev, importante geógrafo da antiga URSS e com uma produção científica em Geografia Física considerável, manifesta que “El landshaft, según su última formulación, es el espacio natural mínimo de acuerdo a su extensión, poseyendo todas las peculiaridades fundamentales de la zona dada; el landshaft se distingue por su indivisibilidad relativa, siendo una división ulterior del mismo su” (GRIGORIEV, 1957, p.7 apud SOCHAVA, 1978a, p. 32). Deve, portanto, ser grande o suficiente para conseguir refletir a estruturação do meio geográfico, ou seja, sendo um indivíduo geográfico.

Porém, é visto que landshaft dentro da Teoria dos Geossistemas não é recorrentemente utilizado, apenas em casos específicos, por exemplo na toponímia quando aborda um macrogeócoro específico de um território, o que deverá obter um nome particular como o exemplo dado no texto “landshaft da depressão de Charsk, a estepe de Oni-Argunsk, as florestas de Sugursk” (SOCHAVA, 1978a, p. 97).

2.4 A GEOECOLOGIA, O GEOSISTEMAS E OS ENFOQUES DE ANÁLISE DA PAISAGEM

Na seara dos estudos de paisagem é fundamental citar Carl Troll, e sua formulação concernente à geoecologia, que estuda as unidades naturais e as suas relações com a biota na paisagem. Porém, devido ao texto original ser de difícil aquisição, utiliza-se aqui apud, que se

acredita transmitirem bem as ideias do autor. Sua principal contribuição foi imputar uma dimensão espacial na pesquisa ecológica. A Ecologia da Paisagem se estrutura na premissa das relações entre os fatores bióticos e ambientais (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI 2010).

Existem duas principais abordagens na geocologia, conforme destacado por Troll (1966, citado por VICENS, RODRIGUEZ & CRONEMBERGER, 2019). A primeira trata da distribuição e diferenciação espacial dos elementos naturais, ou seja, é focada no estudo da paisagem. A segunda abordagem concentra-se nas conexões funcionais do sistema natural e se desenvolveu paralelamente à teoria dos geossistemas. Embora essas duas abordagens compartilhem algumas similaridades, cada uma delas possui suas particularidades distintas. A teoria dos geossistemas desempenhou um papel significativo no estudo geocológico integrativo, ao fornecer uma estrutura teórica e metodológica para a interpretação da paisagem, unindo as perspectivas espaciais e funcionais (FROLOVA, 2019; GUERRA & MARÇAL, 2006; RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI 2010).

A explanação e exploração das bases fundamentais da teoria dos geossistemas por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2010), é uma obra científica brasileira com êxito na proposta de uma sistematização quanto a análise geocológica integrada da paisagem, produzida no cerne da Universidade Federal do Ceará (UFC). Caracteriza-se como uma resposta digna à complexidade vigente do real, contribuindo como suporte conceitual e metodológico para o planejamento e gestão ambiental (DOS SANTOS & SOUSA, 2018; TEXEIRA; DA SILVA; FARIAS, 2017).

A revolução conceitual advinda com a introdução da palavra geossistema, na geografia soviética, se deu a partir da incorporação da visão sistêmica, princípios dinâmicos, da cibernética e da complexidade. Esses agora empregados na análise da paisagem, integrando informações advindas de diferentes áreas do conhecimento. Doravante as unidades de paisagem são debatidas como complexos dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados, o que demandou novas metodologias com o objetivo constituído na interpretação integrada. Portanto, essa integração, paradoxalmente se dividiu em quatro enfoques principais de pesquisa: a genético-estrutural, dinâmico-funcional, evolutivo e antropogênico (CAVALCANTI & CORREA, 2016).

Esses quatro enfoques são taxativamente retratados na obra de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2010), desdobrando-se nos seguintes: estrutural, funcional, evolutivo-dinâmico, histórico-antropogênico e integrativo da estabilidade e sustentabilidade da paisagem. Sendo assim a explanação dos objetivos desses segue:

- Enfoque estrutural – entender como se combinam os componentes da paisagem formando algo integral e como se dá a organização estrutural do sistema. A estrutura é o conteúdo de elementos de um sistema e a relação entre esses, como parte dos componentes estão a estrutura vertical, horizontal e vetorial.
- Enfoque funcional – compreender quais são as relações funcionais dos elementos da paisagem, suas relações genéticas e quais suas funções naturais e sociais. Define-se aqui que os elementos atuam em funções e de forma particular no processo de gênese.
- Enfoque evolutivo-dinâmico – explicar as normas e organizações do desenvolvimento do território. A dinâmica da paisagem, variante, são modificações do sistema que acontece em meio a uma invariante, e que não a transforme qualitativamente.
- Enfoque histórico-antropogênico – elucidar as questões relacionadas à alteração e transformação das paisagens, incluindo sua classificação e características, os efeitos geocológicos resultantes e a dinâmica antrópica envolvida no processo.
- Enfoque integrativo da estabilidade e sustentabilidade da paisagem – esclarecer o nível de funcionamento do geossistema para garantir a reprodução de recursos e outras funções vitais, além de estabelecer limites para evitar desvios indesejáveis na utilização da Natureza. Sendo a sustentabilidade das paisagens um atributo sintético que engloba estabilidade e solidez, é para determinar os indicadores do modelo de desenvolvimento implantado ou desejado.

Desse modo, a análise da paisagem de caráter sistêmico integra variados métodos e temas com objetivo geral de assimilar o funcionamento dos sistemas ambientais, mediante até a interação com a sociedade. É a partir dos diferentes enfoques supracitados, que é possível uma análise integrada da paisagem. Dito isto, a Teoria dos Geossistemas, ou seja, a revolução da teoria da paisagem, é a constrição do diálogo entre as diversas disciplinas da geografia física, sendo uma

importante identidade para a Geografia Física (CAVALCANTI & CORREA, 2016). Essa identidade é unificadora enquanto método e teoria para a investigação dos sistemas ambientais. Ou seja, potencializa a compreensão das particularidades e funcionamento dos sistemas do meio ambiente e sinaliza que a introduções de algumas ações provocam rupturas no equilíbrio (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os geossistemas abrangem complexos biológicos, não é biocêntrico como os ecossistemas, possuem uma organização de sistemas complexa, e é policêntrico. A escala espacial dos geossistemas engloba as mais determinísticas relações entre os fatores bióticos, abióticos e sociais da paisagem, e por isso o planejamento e a gestão ambiental se beneficiam sobremaneira dessa abordagem teórico-metodológica (FROLOVA, 2010). Portanto, o paradigma dos geossistemas é uma abordagem, a qual converge as diferentes áreas da geografia física, sobretudo para o estudo de paisagem (CAVALCANTI & CORREA, 2016).

O autor Sochava (1978a, p.40) aborda os termos utilizados na Teoria dos Geossistemas, visando esclarecer potenciais discrepâncias na sua aplicação em contextos diferentes dos considerados pela teoria:

A **dinâmica do geossistema** refere-se ao movimento de seus estados variáveis, que dependem de um invariante específico, e geralmente são reversíveis.

As **variáveis de estado** abrangem os processos ecológicos, hídricos, pedoedáficos e atmosféricos que manifestam dinamicamente o funcionamento do geossistema, apresentando variações rápidas. Entre essas variáveis, o clima se destaca como o mais suscetível a mudanças têmporo-espaciais, podendo manifestar contrastes significativos de temperatura e umidade ao longo dos ciclos diurnos e noturnos (Caetano, 2016; Marques Neto, 2022).

Os **invariantes do geossistema** são características inerentes ao sistema que permanecem constantes à medida que diferentes componentes do mesmo passam por transformações. Essas propriedades invariantes são essencialmente imutáveis e experimentam variações mínimas no decorrer do processo de transformação do sistema, seja devido a influências internas ou externas. Cada um desses invariantes, em última instância, sofre transformações no contexto dos processos de desenvolvimento evolutivo do ambiente natural, em vez de processos puramente dinâmicos.

A **evolução do geossistema** se caracteriza por mudanças graduais nos invariantes, que ocorrem de maneira simultânea e paralela aos estados derivados. Essas mudanças evolutivas costumam ser irreversíveis e são calculadas em escalas de tempo geológicas.

Os estados derivados do geossistema representam diferentes modificações na estrutura fundamental das fácies dos geômeros, que culminam em estados equifinais durante a dinâmica natural do sistema. Vale ressaltar que os estados derivados que surgem devido à influência humana são considerados como parte dos geossistemas produzidos.

Os **geossistemas produzidos**, também conhecidos como antropizados, representam os diversos estados derivados do geossistema resultantes da intervenção humana, assim como de eventos naturais como incêndios e movimentos de massa, entre outros. É importante destacar que nem todos os estados derivados se enquadram na categoria de geossistemas produzidos.

Em contrapartida, os **estados equifinais do geossistema** exemplificam um equilíbrio de estabilidade dinâmica. É relevante destacar que, na Teoria dos Geossistemas, o conceito "estado equifinal" assume preeminência sobre a ideia de "clímax", por que retrata o geossistema em sua totalidade.

2.5 A ABORDAGEM GEOSISTÊMICA E O PLANEJAMENTO AMBIENTAL

No Brasil, abordagem do geossistemas é utilizada sobretudo em estudos de paisagens em escala local e regional, e mapeamento de paisagens em unidades territoriais, em particular de bacias hidrográficas, essas que são o assento da maior parte das políticas públicas de planejamento e gestão ambiental (FROLOVA, 2019).

A visão sistêmica aplicada, sobretudo, ao planejamento e gestão ambiental é fruto da necessidade de se conceber os fenômenos de maneira complexa. Os processos e dinâmicas atuantes na paisagem são sinérgicas, e podem ser intensificadas ou minguadas por diversos fatores, entre eles está o humano. A resiliência dos sistemas ambientais às mazelas depende de suas próprias conexões e elementos, que constituem a paisagem.

Os impactos exercidos pelas dinâmicas socioeconômicas ao meio ambiente são tratados de maneira simples e fragmentada, o que não reflete, ou pelo menos tenta refletir a complexidade do real. A identificação de geossistemas, bem como sua classificação, pode traduzir do simples ao complexo, anexando à sua classificação parâmetros indispensáveis para se pensar o planejamento e gestão ambiental.

O geossistema considerado como uma noção de gênero pode ser definido como o espaço em todas as dimensões, em que os componentes individuais da natureza estão em uma relação sistêmica entre si e como uma certa integridade interagem com as esferas cósmica e a sociedade humana. O geossistema é, por tanto, um todo dialético, com uma multiplicidade de relações e contradições. (RODRIGUEZ & DA SILVA, 2016, p.92-93)

Ou seja, o planejamento ambiental suportado pela abordagem teórico-metodológica dos geossistemas tem, sobretudo, uma estruturação ímpar. Sendo assim, é a partir de cada unidade geossistêmica identificada, que se dá à análise do planejamento. E essa análise/interpretação é feita sobre os olhares do planejamento da paisagem (RODRIGUEZ & DA SILVA, 2016).

O planejamento ambiental é entendido aqui como o estudo que objetiva a adequação dos usos, controle e proteção do meio ambiente, por meio da análise de sua organização. É um instrumento da política ambiental, vinculado ao processo de gestão, que visa delinear as diretrizes e programas de uso do território e paisagens, conciliando as ações socioeconômicas e os sistemas ambientais. Sendo assim, está intimamente relacionado aos conceitos de desenvolvimento sustentável e multidisciplinaridade, pois exige uma abordagem sistêmica para o entendimento do complexo sistema dinâmico, considerando elementos bióticos, abióticos e socioeconômicos. Neste trabalho, a abordagem do planejamento ambiental adotada é a geocológica, que busca analisar as potencialidades, limitações e estados das unidades geocológicas (TEIXEIRA, DA SILVA & FARIAS, 2017).

Busca-se, portanto, uma visão dialética e integrada dos elementos naturais baseada na teoria dos geossistemas e na geocologia da paisagem. Santos e Souza (2017, p. 53) cravam ao dizer que:

(...) leva os estudos que utilizam como método da Geocologia da Paisagem a contribuição de respostas complexas a problemas complexos do mundo contemporâneo, com o entendimento do todo, afastando-se das análises setoriais, com objetivo claro de planejamento e gestão da paisagem de forma integrada e interdisciplinar

Todo e qualquer planejamento deve ser respaldado pela produção e organização de dados, pois é impossível planejar sem as informações necessárias. É fundamental compreender a configuração espacial na qual o planejamento será desenvolvido, entendendo o que será organizado, como será organizado e de que maneira. Todo planejamento é orientado pela intencionalidade, o que molda o método e as escolhas teóricas pertinentes. Dito isso, o planejamento ambiental pode se beneficiar da integração dos três principais enfoques de análise desta pesquisa: estrutural, funcional e evolutivo-dinâmico. Essa integração permite a compreensão da organização e combinação dos componentes da paisagem, revelando sua estrutura vertical, horizontal e vetorial. Além disso, destaca a importância das relações funcionais entre os elementos da paisagem, explorando suas funções naturais e sociais. Reconhece-se que esses elementos desempenham papéis específicos na gênese do sistema. Por fim, o foco recai sobre as normas e

processos que moldam o desenvolvimento do território, considerando a dinâmica da paisagem como modificações dentro de uma invariante. A integração desses enfoques possibilita um planejamento ambiental mais abrangente e informado.

Existem escalas de trabalho a serem especificadas, até mesmo a partir de uma visão holística, pois estas constituem-se da base material do processo de obtenção das informações ao planejamento e gestão ambiental. É a partir delas, que o nível de generalização é descoberto, e desse modo empregado no processo de classificação e interpretação dos geossistemas. Por exemplo, este trabalho pretende explorar o plano local de trabalho, definido por muitos autores alicerçado em escalas que variam de 1:10.000, baseado, principalmente, nos fâcies, à 1:50.000, o qual permite um nível de detalhamento interessante para uma abordagem geocológica da paisagem. Cabe ressaltar, ainda, que essa definição não é estanque, mas sugestões metodológicas para uma possível unificação de uma cartografia de paisagens e os processos, em referência, a implementação legislativa para planejamento ambiental. Pois não existe base legal para a execução de planejamento da paisagem no Brasil, as paisagens não são sequer citadas. (CAVALCANTI, 2013; 2014; DOS SANTOS, 2007; RODRIGUEZ & DA SILVA, 2016; RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI 2010).

A partir, então, dessa abordagem são adquiridas novas informações, que antes ficavam na penumbra do conhecimento do real. Trata-se, portanto, de novas características adquiridas para o cuidado com o meio ambiente, outras formas de conceber o “mitigar problemas”. Para além, disso, Rodriguez & Da Silva (2016, p. 326) argumenta que “Deve ser dada atenção a estrutura funcional, a eficiência do uso, a expressão visual e estética da paisagem, a identidade da paisagem cultural, como base para determinar a viabilidade ambiental”.

O planejamento da paisagem é, então, fonte inspiradora desse presente trabalho como abordagem teórico-metodológica, porque se utiliza de uma categoria de análise, a paisagem, sendo complexa e dialética alude a totalidade e as partes interrelacionadas. Transferindo-se, aqui, a redescoberta do real sob o paradigma do geossistemas. Portanto, a interpretação da paisagem não deve ser feita como algo sem movimento, mas deverá abranger a continuidade dos processos em fluxos dinâmicos e complexos (DOS SANTOS, 2007; RODRIGUEZ & DA SILVA, 2016).

3

ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS:
MATERIAIS E TÉCNICAS EM

MODELAGEM CARTOGRÁFICA DOS GEOSSISTEMAS

EM AMBIENTES MONTANHOSOS

Fonte: Steffen Huebner, S/A¹

¹Disponível em: <<https://www.canva.com/photos/MAEEswqXSok-geological-map/>>. Acesso em: 30 out. 2022

Capítulo 3

Orientações metodológicas: Materiais e técnicas em modelagem cartográfica dos geossistemas em ambientes montanhosos

3.1 FASE DE ORGANIZAÇÃO E INVENTÁRIO DO BANCO DE DADOS

Essa etapa é fundamental para o sucesso da pesquisa, uma vez que permite estabelecer uma base sólida e organizada para as etapas subsequentes do processo de investigação. A metodologia adotada nesta pesquisa requer, em primeiro lugar, o levantamento das fontes cartográficas e bibliográficas relacionadas à temática em questão, bem como à área de estudo e à região onde o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) está localizado. Além disso, é preciso considerar a legislação intrínseca à área, seguindo os conceitos e categorias pertinentes à pesquisa.

Para a coleta de informações bibliográficas relevantes e atualizadas sobre o tema em estudo, dentre as diversas ferramentas disponíveis para esse fim, destacou-se o Google Acadêmico, que é uma plataforma gratuita e de fácil acesso que permite a busca por artigos científicos, teses, dissertações e outros tipos de publicações acadêmicas. No entanto, é importante ressaltar que existem outras ferramentas de busca de fontes bibliográficas acadêmicas utilizadas na pesquisa, tais como: Scopus, SciELO e o Portal de Periódicos CAPES.

A elaboração do banco de dados cartográfico foi realizada com base em instituições confiáveis, tais como o 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 United States Geological Survey (USGS), o Alaska Satellite Facility (ASF), o WorldClim, o Mapbiomas e o ICMBIO. Essas fontes de informação foram selecionadas (**quadro 1**) e avaliadas com o objetivo de garantir a qualidade e a confiabilidade dos dados utilizados na pesquisa.

Quadro 1 – Organização do banco de dados

Documento	Escala/ Resolução	Instituição Fonte	Identificação
Mapa de Uso e Ocupação	30 metros	Mapbiomas	2021/2015
Imagem de Satélite	2 metros	Inpe	CBEARS 04A, 2020
Cartas Topográficas	1:50.000	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Diretoria de Serviços Geográficos - Ministério do Exército (DSG)	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)
Cartas Geológicas	1:100.000	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)	Folha Baía de Guanabara SF23-Z-B-IV, Folha Nova Friburgo SF23-Z-B-II, Folha Três Rios SF23-Z-B-I, Folha Itaboraí SF23-Z-B-V (Indisponível)
Cartas Geológicas	1:50.000	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (<i>DRM-RJ</i>)	Folha Teresópolis SF-23-Z-B-II-3, Folha Petrópolis SF-23-Z-B-IV-2, Folha Itaipava SF-23-Z-B-I-4, Folha Itaboraí SF-23-Z-B-V-1
Mapa de Vegetação	1:250.000	Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA - IBGE)	1997-2017
Mapa de Geomorfologia	1:250.000	-	
Mapa de pedologia	1:250.000	Projeto RADAMBRASIL (IBGE - Sistema Brasileiro de Classificação dos solos) – Banco de dados de informações ambientais (BDIA)	1970-1985/2018
Hidrografia	1:50.000	Agência de Bacia do Rio Paraíba do Sul - AGEVAP	2022

Precipitação	1km ²	WorldClim	1970-2000
Temperatura Máxima	-	-	-
Temperatura Média	-	-	-
Temperatura Mínima	-	-	-
Velocidade do Vento	-	-	-
Radiação Solar	-	-	-
Imagem de Radar	12,5m	Alaska Satellite Facility – ASF	ALOS PALSAR, 2011
Limites Municipais	Não se aplica	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	2021
Limites Estaduais	-	-	-
Arruamento	-	-	-
Trechos Rodoviários	-	-	-
Limites da Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento	Não se aplica	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO)	Mais recente
Trihas	Não se aplica	Wikiloc	Variadas

3.2 ELABORAÇÃO DE MAPAS BASE E TÉCNICAS DE AGRUPAMENTO E SÍNTESE DOS ELEMENTOS DOS GEOSISTEMAS

Com base no banco de dados organizado, a fase seguinte consistiu na compilação dos dados geográficos e na elaboração de mapas temáticos, que foram realizados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), mais especificamente no software livre QGIS. Todos os mapas gerados seguiram como base os limites da Unidade de Conservação Federal e sua zona de amortecimento, o PARNASO, obtidos através do ICMBIO. Houve um esforço em se tratando de elementos naturais, mesmo que percebidos por equipamentos limitados a certas resoluções, de deixá-los com as classes de intervalos com quebras naturais, visando estar alinhado à perspectiva das emergências do ambiente.

3.2.1. DRENAGEM E HIDROGRAFIA

Os mapas de drenagem e hidrografia foram elaborados com base nos dados fornecidos pela AGEVAP, que possui um mapeamento dos cursos d'água das bacias hidrográficas em que o PARNASO está inserido, a saber, a bacia do Piabanha e da Baía de Guanabara, na escala de 1:50.000.

3.2.2. DECLIVIDADE E HIPSOMETRIA

A base de dados utilizada para a geração dos mapas foi obtida através da Alaska Satellite Facility (ASF), com imagens da missão Alos Palsar, com resolução de 12.5m. Após a importação da imagem no QGIS, foram realizados processamentos para a geração dos mapas, como a correção do Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual também foi reprojetoado para SIRGAS2000 UTM 23S. A partir do MDE, foram gerados os mapas de declividade e hipsometria utilizando as ferramentas disponíveis no software. Para a declividade, foi utilizado o algoritmo *gdal:slope*, que calcula a inclinação da superfície em relação ao plano horizontal associado ao desnível topográfico, selecionada a opção de gerar as classes em porcentagem com intervalos de 0 – 6, 6.1 – 15, 15.1 – 30, 30.1 – 45, 45.1 – 75, 75.1 <. Já para a hipsometria, foi utilizado o algoritmo de classificação de intervalos, que permite a divisão da área em classes de altitude.

3.2.3. PEDOLÓGICO E GEOLÓGICO

Os mapas geológico e pedológico seguiram as nomenclaturas e simbologias dos mapas e dos dados vetoriais produzidos pelas próprias fontes dos dados, o Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (*DRM-RJ*), Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nas escalas de 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 respectivamente. Devido à incompatibilidade entre as escalas, as idas a campo confirmaram a ocorrência dos fatos em questão. As informações na escala de 1:50.000 tiveram que ser vetorizadas manualmente para a área de interesse, pois o produto fornecido se deu em formato de imagem. Além disso, o mapeamento pedológico seguiu fundamentado pelos trabalhos de Souza Martins et al (2007; 2008), os quais produziram um mapeamento de reconhecimento de média intensidade dos solos, em escala de 1:100.000, na região do PARNASO. Optou-se por considerar apenas os tipos principais, excluindo suas variações.

3.2.4. VEGETAÇÃO E USO DA TERRA

O mapa de uso e cobertura da terra foi obtido por meio da plataforma do MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>), a qual utiliza imagens de satélite da coleção Landsat, com resolução de 30 m. Todo o processo é realizado por meio do método de classificação digital supervisionada pixel a pixel, empregando machine learning na plataforma Google Earth Engine. Já para o mapeamento das fitofisionomias da cobertura vegetal teve como base o Manual Técnico de Vegetação Brasileira do IBGE (2012) e informações de CASTRO (2008) associados a manipulação dos dados hipsométricos e classificando os intervalos descritos nas bibliografias supracitadas conforme o **quadro 2**.

Quadro 2 – Domínios fitofisionômicos do PARNASO

FITOFISIONOMIA	ALTITUDE	CARACTERÍSTICAS
Floresta Ombrófila Densa Submontana/Baixo Montana	até 500 m	É caracterizada por solos profundos e bem drenados, pouca umidade e árvores. que chegam a 15-20m. Há uma densidade de árvores menor que na floresta montana e poucas epífitas. Esta fisionomia vegetal apresenta normalmente apenas o estrato arbóreo, com o interior da mata composto por uma densa vegetação, mas sem estratos definidos.

Floresta Ombrófila Densa Montana	500 - 1500 m	Nesta formação florestal geralmente há uma espessa camada de serrapilheira. Este componente possui importante papel na dinâmica hidrológica e erosiva dos solos.
Floresta Ombrófila Densa Alto Montana	1500 - 2000 m	É uma típica mata úmida, localizada nas partes altas, que freqüentemente é envolta por densas nuvens durante longos períodos, também conhecida como mata nebulosa. A formação vegetal é dominada por espécies de pequeno porte com, altura entre 5 e 10 metros. As árvores possuem troncos tortuosos e cobertos por camada de musgos e epífitas.
Campos de Altitude	2000 m <	São caracterizados por vegetação baixa (herbáceas, briófitas) e mais aberta, dominada por vegetação herbáceoarbustiva que se desenvolve sobre os afloramentos rochosos.

Fonte – Adaptado de CASTRO (2008)

3.2.5. GEOMORFOLÓGICO

O mapeamento geomorfológico do PARNASO seguiu os procedimentos metodológicos descritos no Manual Técnico de Geomorfologia (NUNES et al, 1994), desenvolvido pelo IBGE. Este manual 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). Para tornar o processo mais acessível, adaptou-se essa metodologia ao software livre QGIS. Esse índice é calculado a partir da análise do grau de entalhamento dos vales (eixo y) e da dimensão interfluvial média (eixo x).

A correção do MDE foi realizada através da correção dos pixels sem dados usando a ferramenta *r.fill.dir*. Em seguida, é efetuada a inversão do relevo, trazendo as bases para o topo,

multiplicando o MDE tratado por -1. A partir deste novo modelo invertido, é aplicada a ferramenta *r.fill.dir* para gerar a direção do fluxo.

Após isso, são preenchidas as áreas sem dados deste produto gerado através da função de preencher sem dados. Com esse produto preenchido, utiliza-se o algoritmo *r.watershed*, onde é especificado o tamanho mínimo da área exterior da bacia hidrográfica, que foi definido como 300. O objetivo desta etapa é gerar as meias-bacias.

O raster gerado é então vetorizado através da conversão com a ferramenta *r.to.vect*. Em seguida, são atribuídas aos dados vetoriais as informações de altimetria do MDE corrigido, obtidas através da ferramenta de estatísticas zonais. A informação extraída refere-se ao intervalo altimétrico, que já representa a informação de dissecação vertical ou amplitude altimétrica.

O cálculo da dissecação horizontal foi realizado na calculadora de campo, utilizando o arquivo vetorial preenchido anteriormente com as informações de amplitude altimétrica. Primeiramente, calculou-se a área ($\text{\$area}$) das meias-bacias em metros quadrados (m^2) e, em seguida, o perímetro ($\text{\$perimeter}$). Para determinar o comprimento da bacia, criou-se um novo campo e dividiu-se o valor do perímetro por 2. Para calcular a largura média da bacia, dividiu-se a área pelo comprimento da bacia.

Assim, obtiveram-se os valores de dissecação vertical (DV) e dissecação horizontal (DH). Em seguida, realizou-se a classificação conforme Ross (1994), transformando as variáveis contínuas em variáveis categóricas. Para isso, foram inseridas duas regras básicas na calculadora de campo:

A classificação da DV utilizou os seguintes valores: 0 a 20 m (10); 20 a 40 m (20); 40 a 80 m (30); 80 a 160 m (40); > 160 m (50).

A classificação da DH utilizou os seguintes valores: 0 a 250 m (5); 250 a 750 m (4); 750 a 1750 m (3); 1750 a 3750 m (2); > 3750 m (1).

Após a classificação, realizou-se a soma das duas variáveis para obter o Índice de Dissecação Relativa (IDR) segundo Ross. O vetor foi então rasterizado utilizando o IDR como base, com unidades de tamanho de saída georreferenciadas e uma resolução horizontal e vertical de 12,5 metros.

Posteriormente, o raster foi reclassificado com valores únicos, seguindo as cores estipuladas por Ross (1994), de acordo com o padrão estabelecido.

3.2.6. PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA, VENTOS E RADIAÇÃO SOLAR

No que se refere ao clima e suas dinâmicas, os dados de temperatura (média, máxima e mínima), precipitação e velocidade dos ventos foram obtidos a partir da base de dados de reanálise/reclassificação do WorldClim com série histórica de 30 anos completos, em resolução espacial de 1 km². Os dados foram compilados em mapas mensais para cada uma dessas informações, levando em consideração as dinâmicas semelhantes entre os meses e seus períodos de transição correspondentes. Além disso, todos os *rasters* passaram por uma reamostragem bilinear e uma classificação dos intervalos de acordo com os dados de referência. As diferentes informações obtiveram paletas de cor distintas, o que possibilitou a suavização dos pixels e o aumento da fluidez na visualização das informações.

3.2.7. ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES

Para criar um mapa de orientação de vertentes no software QGIS, foi necessário utilizar um MDE da área de interesse, uma imagem ALOS PALSAR. Com o MDE carregado no QGIS, utilizou-se a ferramenta "Orientação de Vertentes" para gerar um mapa que represente a direção das vertentes em cada pixel da imagem. Essa ferramenta utiliza o algoritmo de análise de terreno SAGA para calcular a direção das vertentes em graus.

Após a obtenção do mapa de orientação de vertentes, é possível realizar a reclassificação por tabela dos valores em graus para um número digital correspondente. Por exemplo, atribuir valor 0 para as áreas planas, valor 1 para as áreas do Norte (0,001 - 22,5 e 337,5 - 360), valor 2 para as áreas Nordeste (22,5 a 67,5), valor 3 para as áreas Leste (67,5 a 112,5), valor 4 para as áreas Sudeste (112,5 a 157,5), valor 5 para as áreas Sul (157,5 a 202,5), valor 6 para as áreas Sudoeste (202,5 a 247,5), valor 7 para as áreas Oeste (247,5 a 292,5) e valor 8 para as áreas Noroeste (292,5 a 337,5).

Para facilitar a visualização da informação, foi usada uma paleta de cores que destaque as direções mais predominantes na área de estudo. Foram escolhidas cores que estivessem no extremo oposto do espectro para as direções opostas. Por exemplo, utilizou-se a cor vermelha para representar as áreas com direção predominante para Norte e a cor ciano para representar as áreas com direção predominante para Sul. Dessa forma, a informação do mapa pode ser facilmente interpretada.

3.2.8. PERFIS GEOECOLÓGICOS

A criação de perfis topográficos foi realizada por meio do software QGIS, utilizando-se o Modelo Digital de Elevação proveniente da fonte recorrentemente citada ao longo do presente trabalho. Foram criadas linhas representando os trechos nos quais se desejava gerar os perfis topográficos, com base em análises preliminares das informações ambientais do PARNASO. Como resultado, foram gerados quatro perfis: Trilha da Pedra do Sino; Trilha Morro do Açú; Trilha Ventania; Trilha Caminho do Ouro.

Posteriormente, a linha criada foi selecionada como entrada para o plugin "Profile Tool", que pode ser encontrado na aba "Plugins" do software QGIS. Em seguida, foi selecionada a opção "Gerar perfil" para a obtenção do perfil topográfico. O plugin permitiu a customização do perfil, como a alteração de cores.

A elaboração dos perfis geoecológicos ocorreu a partir da análise de produtos cartográficos e de idas a campo. Para a categorização dos perfis, foram considerados seus elementos funcionais, isto é, emissor, transmissor e receptor. Dessa forma, foram identificadas zonas que garantem o fluxo de matéria e energia para o restante do sistema, aquelas que transportam energia, matéria e informação, controlando a dinâmica e a evolução do sistema, e, por último, as que armazenam, absorvem e amortecem os fluxos transmitidos (VIDAL et al., 2014).

A representação cartográfica dos perfis seguiu as simbologias e significações sistêmicas de trabalhos recentes sobre a temática em questão (VIDAL & MASCARENHAS, 2019; VIDAL, SILVA & MASCARENHAS, 2022).

No entanto, para inserir as informações necessárias e complementar o produto gráfico de análise, foi necessário recorrer as ferramentas de edição, como o aqui utilizado QGIS. A ideia de criar perfis para essas trilhas visa demonstrar a complexidade presente, acrescentando informações geológicas, pedológicas, climatológicas, geomorfológicas, de fragilidade e de geossistemas ao produto gráfico.

3.2.9. FRAGILIDADE AMBIENTAL

Para elaboração da carta de fragilidade potencial foram selecionadas variáveis ambientais como declividade, pedologia, intensidade pluviométrica (CREPANI et al, 2001; MASSA & ROSS, 2012; ROSS, 1994), as quais tiveram seus dados cruzados de maneira ponderada. Os produtos cartográficos intermediários foram gerados a partir do MDE do banco de dados da *Alaska Satellite*

Facility – ASF (<https://search.asf.alaska.edu/>), imagens da missão Alos Palsar com resolução de 12.5m por pixel.

Para a ponderação dos valores de contribuição dos diversos elementos envolvidos no estudo foram utilizados os trabalhos de Massa & Ross (2012), Ross (1994) e Souza et al (2011). Foi necessária uma análise pretérita da área de estudo para assegurar-se do grau de importância desses fatores, ou seja, entender as classes de hierarquia de cada componente definido afim de organizá-los por ordem de prioridade em relação a sua propensão a entabular dado fenômeno. Esses deliberados por esse trabalho como a fragilidade potencial e ambiental.

A declividade teve seus valores definidos em porcentagem e foi reclassificada alinhando-se a proposta de Ross (1994), conforme a **tabela 1**.

Tabela 1 – Categorias Hierárquicas das Classes de Declividade

Categorias Hierárquicas	Classes de Declividades
1 -Muito Fraca	até 6 %
2-Fraca	de 6,01 – 12 %
3 –Média	de 12,01 – 20 %
4 –Forte	de 20,01 – 30 %
5 -Muito Forte	Acima de 30 %

Fonte: ROSS (1994)

A variável solo em formato vetorial foi convertida em formato raster e reclassificada conforme Ross (1994) e Souza (2011), seguindo os pesos de fragilidade dos solos (**tabela 2**) (**figura 2**).

Tabela 2 – Classes de Fragilidade dos Solos

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
1 - Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo textura argilosa
2 - Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/argilosa
3 - Média	Latossolo Vermelho amarelo, Terra roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa
4 - Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos
5 - Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.

Fonte: ROSS (1994)

Figura 7: Classes de vulnerabilidade ambiental dos solos

Classes	Fragilidade	Classe de solos
1	Muito Baixa	Latossolo Amarelo Aluminico - LAa1, Latossolo Amarelo Aluminico Típico - LAa2
2	Baixa	Nitossolo Vermelho Eutrófico Típico - NVe., Latossolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico LAa1, Latossolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico -LAa2
3	Média	Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico - PVAa1, Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico -PVAa2, Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico - PVAa4; Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico -PVAa5; Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico -PVAa6; Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico -PVAa7, Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico -PVAa8, Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico -PVAa9; Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico- PVAa10, Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico Típico -PVAa11; Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico - PVAe; Argissolo Amarelo Aluminico Típico - PAa1, Argissolo Amarelo Aluminico Típico - PAa2, Argissolo Amarelo Aluminico Típico - PAa3, Argissolo Amarelo Aluminico Típico - PAa4, Argissolo Amarelo Aluminico Típico -PAa5, Argissolo Amarelo Aluminico Típico- PAa7; Argissolo Amarelo Aluminico Típico -PAa9; Neossolo Quartzarênico Órtico Aluminico Típico - RQoa; Nitossolo Háptico Eutrófico Típico- NXe, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Típico - RQga, Espodossolo Cárbico Hiperessposos Típico - EKu;
4	Alta	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico Típico CXbe, Cambissolo Háptico Tb Distrófico Típico - CXb1; Cambissolo Háptico Tb Distrófico Típico -CXbd2; Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico - PVAa7; Argissolo Acinzentado Aluminico Plintico - PACa; Neossolo Flúvico Tb Distrófico Típico - RUbd; Plintossolo Háptico Aluminico Típico - FXa4, Plintossolo Háptico Aluminico Típico - FXa, Plintossolo Pétrico Concrecionário Aluminico Típico - FFca;
5	Muito Alta	Neossolo Litólico Distrófico Típico - RLd1; Neossolo Litólico Distrófico Típico - RLd2; Neossolo Litólico Distrófico Típico - RLd3; Neossolo Litólico Distrófico Típico - RLd4; Planossolo Hidromórfico Distrófico Típico - SCd; - Afloramento de rochas relevo montanhoso e forte ondulado - AR1; Afloramento De Rochas ÷ Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Aluminico AR2, Cleissolo Háptico Tb Aluminico Típico CXba1, Gleissolo Háptico Tb Aluminico Típico -CXba2.

Fonte: Souza et al, 2011

Para o parâmetro da pluviosidade utilizou-se como fonte de dados o Worldclim (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>), banco de dados com alta resolução global sobre o clima, com série histórica de 30 anos completos, em resolução espacial de 1km². Quanto aos níveis hierárquicos foram aplicados os preconizados por Massa & Ross (2012) (**tabela 3**).

Tabela 3 – Níveis Hierárquicos dos Comportamentos Pluviométricos

Níveis Hierárquicos	Características Pluviométricas
1 - Muito baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ ano.

2 - Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ ano.
3 - Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
4 - Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.
5 - Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido).

Fonte: ROSS (2012)

A geração do mapa de fragilidade potencial consistiu na manipulação dos dados supracitados com seus devidos pesos e transformados em formato raster, em calculadora raster para a realização da álgebra de mapas.

O mapa de fragilidade ambiental apoiou-se na soma da fragilidade potencial com o uso e cobertura vegetal. O mapa de uso e cobertura da terra foi obtido através da plataforma do MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>), o qual utiliza-se de imagens de satélite da coleção Landsat, com resolução de 30 m. E o mapeamento das fitofisionomias da cobertura vegetal teve como base o manual técnico de vegetação brasileira do IBGE (2012) e informações do ICMBIO (2007). Esses parâmetros, que consideram o grau de proteção dos solos com base na cobertura vegetal e nos tipos de uso da terra, foram reclassificados de acordo com a metodologia de Ross (1994), conforme apresentado na **tabela 4**.

Tabela 4 – Graus de proteção do solo em função dos Tipos de Cobertura Vegetal

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1 - Muito alta	Florestas; Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade
2 - Alta	Formações arbustivas naturais com extrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado denso, Capoeira densa). Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
3 - Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/ terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas), pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucalíptos com sub-bosque de nativas.
4 - Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/ terraceamento).

5 - Muito Baixa à Nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.
------------------------	--

Fonte: ROSS (1994)

Por fim, após os procedimentos de identificação e mapeamento dos elementos supracitados, o segundo foi convertido para o formato raster e posteriormente realizou-se a álgebra de mapas a fim de se obter o resultado de fragilidade ambiental. E para o cálculo de áreas das classes foi utilizado o plugin Landscape Ecology (LeCos) no software QGIS, o qual realiza o contabilização da quantidade de pixels e suas determinadas áreas para cada classe definida anteriormente.

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.

3.2.10 RISCO DE INCÊNDIOS

A avaliação do risco de incêndios florestais foi realizada por meio da aplicação da metodologia de avaliação multicritério, utilizando a álgebra de mapas. A análise foi realizada em um SIG, que permitiu integrar dados de diversas fontes em um único ambiente de análise. Os critérios utilizados para avaliar o risco de incêndios incluíram: declividade, precipitação média no quarto mais seco, orientação das vertentes, proximidade com rodovias, proximidade de postos de gasolina, uso do solo, velocidade média dos ventos e temperatura média durante o mesmo período. Esses critérios foram selecionados com base na revisão da literatura sobre os fatores que influenciam a ocorrência de incêndios florestais.

Para todos os fatores, foi realizada uma reclassificação de acordo com a susceptibilidade ao fogo, na qual cada elemento recebeu um coeficiente entre 1 (branco) e 5 (preto), sendo 1 para muito baixa, 2 para baixa, 3 para moderada, 4 para alta e 5 para muito alta susceptibilidade (**figura 2**).

A declividade foi definida em porcentagem e reclassificada conforme a proposta de Ross (1994). É importante mencionar que outros estudos utilizam as classes de acordo com o sistema de classificação do EMBRAPA, mas neste estudo optou-se pela utilização da classificação de acordo com Ross (1994), o que se justifica pelo fato de que a declividade é um dos principais fatores que influenciam na erosão do solo e na instabilidade das encostas, e a proposta utilizada permite identificar áreas com maior propensão à erosão, possibilitando a adoção de medidas de manejo e

conservação do solo para minimizar os impactos negativos no meio ambiente. No entanto, essa classificação também pode ser aplicada em estudos de risco de incêndios. Áreas com declividades mais acentuadas tendem a apresentar maior dificuldade de acesso para combate ao fogo, além de favorecer a rápida propagação do fogo devido à inclinação do terreno. Além disso, a classificação de Ross permite identificar áreas com maior suscetibilidade à erosão, o que pode influenciar na capacidade de recuperação da vegetação após um incêndio, uma vez que a erosão pode levar à perda de nutrientes e à compactação do solo, dificultando a regeneração da vegetação.

Quanto aos níveis hierárquicos para os dados climáticos do quarto mais seco do ano, foram aplicados conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Níveis Hierárquicos dos Comportamentos Climáticos

Níveis Hierárquicos	Características Climáticas
1 - Muito baixa	160.1mm < / >= 10C° / >= 1.6 M/s
2 - Baixa	140.1 – 160mm. / 10.1 a 12C° / 2.0 a 2.4 M/s
3 - Média	120.1 – 140mm. / 12.1 a 14C° / 2.41 a 2.8 M/s
4 - Forte	100.1 – 120mm. / 14.1 a 16C° / 2.81 a 3.2 M/s
5 - Muito Forte	>= 100 mm. / 16.1C° < / 3.2 M/s <

Fonte: Elaboração própria.

Agora, em relação ao grau de risco de incêndios, com base na cobertura vegetal e nos tipos de uso da terra, foram reclassificados de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 – Graus de risco à incêndio em função do uso e ocupação e tipos de Cobertura Vegetal

Graus de Risco	Tipos de Cobertura Vegetal
1 - Muito Baixo	Florestas Ombrófilas Densas (submontanas, montanas e alto montanas).
2 - Baixo	Formações arbustivas e arborícolas esparsadas.
3 - Média	Afloramento rochoso.
4 - Alto	campos de altitude, pastagem extensiva e agricultura.
5 - Muito Alto	Uso urbano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, as vertentes foram reclassificadas de acordo com os graus e direções. É importante ressaltar que, devido ao movimento aparente do Sol e à inclinação da Terra, no hemisfério sul, as encostas voltadas para o quadrante Norte recebem uma maior incidência de radiação solar, enquanto as encostas voltadas para o quadrante Sul recebem uma menor incidência. Portanto, as encostas localizadas no quadrante Sul são menos favorecidas em termos de exposição ao sol e tendem a ser mais úmidas (HENZ et al., 2003). Assim, a classificação da orientação das encostas seguiu os níveis hierárquicos descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Níveis Hierárquicos da orientação das vertentes

Níveis Hierárquicos	Orientação das Vertentes
1 - Muito baixa	Plano (-1°), Sul (157,5 a 202,5°), sudoeste (202,5 a 247,5°)
2 - Baixa	Sudeste (112,5 a 157,5°)
3 - Média	Leste (67,5 a 112,5°), Oeste (247,5 a 292,5°)
4 - Forte	Nordeste (22,5 a 67,5°)
5 - Muito Forte	Norte (337,5 a 359,7°), Noroeste (292,5 a 337,5°)

Fonte: Elaboração própria.

Os dados referentes à rodovia utilizada neste estudo foram obtidos no IBGE, por meio do link ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc25/rj/versao2018/. Já a localização do posto a coleta foi obtida manualmente, através da observação do Google Earth Pro. Com isso, foi possível obter as coordenadas geográficas exatas do local.

Os mapas de proximidade foram gerados utilizando a ferramenta R.grow.distance, disponível no software QGIS. Em seguida, os mapas foram reclassificados de acordo com as distâncias de interesse - 100m (5), 100 – 500m (4), 500m - 1000m (3), 1000m- 1500m (2) e 1500m < (1).

Por fim, para ponderar os valores de contribuição dos vários elementos envolvidos no estudo, foram utilizados os trabalhos de LACERDA et al. (2022) e LADISLAU (2021), além do uso da Análise Hierárquica de Processos (AHP) como método para atribuir pesos a cada variável selecionada e realizar a álgebra de mapas. Para isso, foi necessária uma análise prévia da área de estudo para garantir o grau de importância dos fatores. Em outras palavras, é preciso compreender as classes de hierarquia de cada componente definido para organizá-los em ordem de prioridade em relação à sua propensão de contribuir para o fenômeno em questão, que são os incêndios. Essa

análise foi pautada principalmente nos produtos preliminares e trabalhos realizados no local ou áreas similares (CASTRO, 2008; CRONEMBERGER et al., 2007).

O estudo geoespacial utilizou o método AHP, que consistiu em três etapas: a definição dos critérios por meio de mapas temáticos, a construção de um conjunto de matrizes de comparação pareada com os atributos selecionados e a atribuição de pesos aos critérios previamente definidos (SAATY, 2008). Para realizar as comparações, foi fundamental dispor de uma escala numérica que permitisse avaliar a importância ou a dominação de um elemento em relação a outro, considerando o critério ou a propriedade em que estão sendo comparados, conforme recomendado por SAATY (2008) e demonstrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Escala fundamental de números absolutos

VALOR DO PESO OU DA IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO DO PESO OU DA IMPORTÂNCIA
1	IGUAL
2	POUCO MELHOR
3	ALGO MELHOR
4	MODERADAMENTE MELHOR
5	MELHOR
6	BEM MELHOR
7	MUITO MELHOR
8	CRITICAMENTE MELHOR
9	ABSOLUTAMENTE MELHOR

Fonte – Adaptado de Saaty (2008)

Os pesos são determinados por meio da comparação dos números absolutos mencionados anteriormente, seguindo uma lógica que envolve a matriz de comparação de critérios. Após essa etapa, procede-se aos cálculos para obter o valor do vetor de consistência e a taxa de consistência, cujos resultados estão apresentados na Tabela 9. Ao avaliar os valores finais dos pesos, conclui-se

que eles estão adequados e estatisticamente aceitáveis, uma vez que a taxa de consistência é menor que 0,10.

Tabela 9 – Escala de pesos e taxa de consistência

VARIÁVEIS	PESOS ASSOCIADOS	TAXA DE CONSISTÊNCIA
Declividade	0,187334705	0,052672553
Precipitação	0,043197179	
Proximidade com estradas	0,199823685	
Proximidade com posto de gasolina	0,199823685	
Uso e ocupação	0,199823685	
Orientação das vertentes	0,09858948	
Velocidade dos ventos	0,035703791	
Temperatura média	0,035703791	

Fonte – Elaboração própria

3.2.11. MÉTRICAS DE PAISAGENS

A avaliação quantitativa dos diferentes aspectos das unidades, classes e grupos foi realizada por meio das métricas de paisagem. Essas métricas permitiram avaliar a forma, tamanho, diversidade e conectividade. Para isso, foi utilizado o *plugin* LeCos, uma ferramenta disponível para o software QGIS, que possibilita a aplicação de diversas métricas de paisagem em ambiente SIG.

Os dados utilizados como base para essa avaliação foram obtidos a partir da síntese dos produtos cartográficos e análises previamente citados. Para utilizá-los no *plugin* mencionado, foi necessária a conversão de todos os arquivos para o formato raster. O cálculo das métricas foi realizado para cada nível hierárquico estabelecido pelo sistema bilateral de classificação dos geossistemas. Os critérios selecionados para a avaliação do PARNASO e sua ZA estão dispostos no quadro 3.

Quadro 3 – Organização das Métricas de Paisagem

MÉTRICAS DE ÁREA	
Área da Unidade	Total da área ocupada por uma unidade.
MÉTRICAS DE DIVERSIDADE	
Riqueza de Unidades	Número de tipos de unidades presentes no nível hierárquico.

Fonte: Adaptado de BATISTA (2014)

Com a aplicação das métricas selecionadas, foi gerado um conjunto de informações sobre a paisagem estudada, as quais foram utilizadas para análises subjacentes pautadas no planejamento ambiental, conservação ambiental, gestão de recursos naturais e manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Além disso, por meio do cálculo da área das diferentes classes de informação, foram estabelecidas quantitativamente as categorias de dominância da paisagem para cada unidade geossistêmica, ampliando o nível de análise e assegurando de maneira mais assertiva a veracidade das análises. A noção de dominância paisagística estabelecida aqui foi categorizada segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2010), ou seja, paisagem dominante, subdominante, rara e única, além de dominada, bidominante e em mosaico.

3.2.12 GEOSSISTEMAS

Através da análise e interpretação dos produtos cartográficos, bem como das informações coletadas durante as visitas de campo, foi possível realizar o mapeamento dos geossistemas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica.

Por se tratar de um mapeamento bilateral, as características homogêneas (geômeros) e heterogêneas (geócoros) foram mapeadas seguindo os pressupostos de Sochava (1977). Conforme Marques Neto (p.126, 2022) em seu livro que reúne diversos aspectos teóricos, metodológicos e aplicados sobre paisagem e geossistemas:

A cartografia dos geossistemas é ampla e aberta a diversas capilaridades e configurações cartográficas de organização e apresentação da informação, tanto no mapa como na legenda. Nessa toada, os geossistemas podem ser representados por meio de mapas de geômeros, géócoros ou até mesmo em documentos cartográficos de organização bilateral.

Ou seja, como forma de representação coadunada dos aspectos homogêneos e heterogêneos dos geossistemas, levando em consideração as diferentes características e estruturas presentes na área de estudo.

A princípio, foi realizada uma análise abrangente dos elementos naturais presentes na área, a fim de compreender a realidade do PARNASO e sua Zona de Amortecimento. Os mapas-base elaborados durante essa fase serviram de suporte para essas análises. Utilizando esses suportes, buscou-se delimitar os limites dos geossistemas de nível topológico, como fácies, grupos de fácies e classes de fácies (CAVALCANTI, 2014). A interpretação desses limites foi feita por meio da intersecção de todos os mapas-base, que já haviam passado por tratamento e correção de suas tabelas de atributos. Em outras palavras, as unidades geossistêmicas complexas foram delimitadas através da sobreposição de camadas dos mapas-base, que abrangem os elementos que compõem o geossistema.

Este estudo se concentrou principalmente no mapeamento na fileira dos geômeros, integrando grupos e classes de fácies. Além disso, a área de estudo é definida como um topogeócoro. É relevante ressaltar que a classificação das fácies, inscritas na fileira dos geômeros, foi realizada de forma pontual. Essa classificação foi baseada nas observações em campo e ilustrada por meio de fotografias.

Com base na análise dos resultados dessa intersecção, procedeu-se à elaboração manual dos polígonos correspondentes a cada classe, grupo de fácies. Essa etapa teve como finalidade a remoção de ruídos no arquivo shape, conforme destacado por Oliveira (2019).

Para realizar a identificação das características dos geossistemas, bem como a sua hierarquia do nível local ao topológico foi utilizado o método que possui em seu arcabouço a interpretação conjunta de mapas temáticos, simultaneamente à investigação da paisagem em campo. Os níveis hierárquicos foram identificados com base em suas particularidades estruturais e

dinâmicas, as quais se modificam em cada escala abordada, conforme enfatizado por Oliveira (2016). A análise do mapeamento dos geossistemas realizada parte da identificação e agrupamento de componentes que compartilham características semelhantes.

3.2.13 Organização da legenda

A legenda buscou ordenar a zonação altitudinal conforme descrito em Marques Neto et al (2022). O passo metodológico seguiu ao ordenar a disposição dos elementos em: tipo de relevo, fitofisionomia, maturidade dos solos e influência antrópica. Além disso, foi necessário classificar os grupos de fácies segundo os cinturões de altitude como de Tropicalidade Contínua, Transicionais e Extratropicais. Realizou-se também a diferenciação entre os geossistemas transformados e os geossistemas conservados. Foram construídas duas réguas com progressão das cores para ilustrar o aumento de precipitação, energia e endemismo conforme as unidades geossistêmicas se localizam mais perto dos cinturões extrazonais, bem como a temperatura, biomassa e espessura dos solos aumentam conforme as unidades geossistêmicas se localizam mais próximas dos cinturões de tropicalidade contínua. Ou seja, a construção realizada foi baseada em toda a interpretação e nas interrelações entre os elementos que compõem cada unidade visando transmitir uma conexão particular entre os elementos componentes (OLIVEIRA, 2019)

3.3 PLANEJAMENTO DE CAMPO: ESTRATÉGIAS E CONSIDERAÇÕES

Devido à extensão da área e à complexidade das paisagens presentes, é importante reconhecer que uma pesquisa de curta duração não é capaz de explorar todos os aspectos de forma detalhada.

Nesse sentido, foi necessário realizar um planejamento cuidadoso e estratégico, a fim de otimizar o uso do tempo e dos recursos disponíveis, focando nos aspectos mais relevantes e prioritários para a pesquisa em questão. Além disso, foi importante estabelecer parcerias e colaborações com o ICMBIO e outros pesquisadores, de forma a maximizar os recursos e conhecimentos disponíveis e aprimorar a qualidade e a relevância dos resultados obtidos.

Uma das principais etapas do planejamento de campo foi a seleção de trilhas que abrangessem o elemento mais fundamental para a pesquisa em questão, a zonação altitudinal da paisagem. Foram escolhidas cinco trilhas em diferentes áreas estratégicas, que percorrem desde as

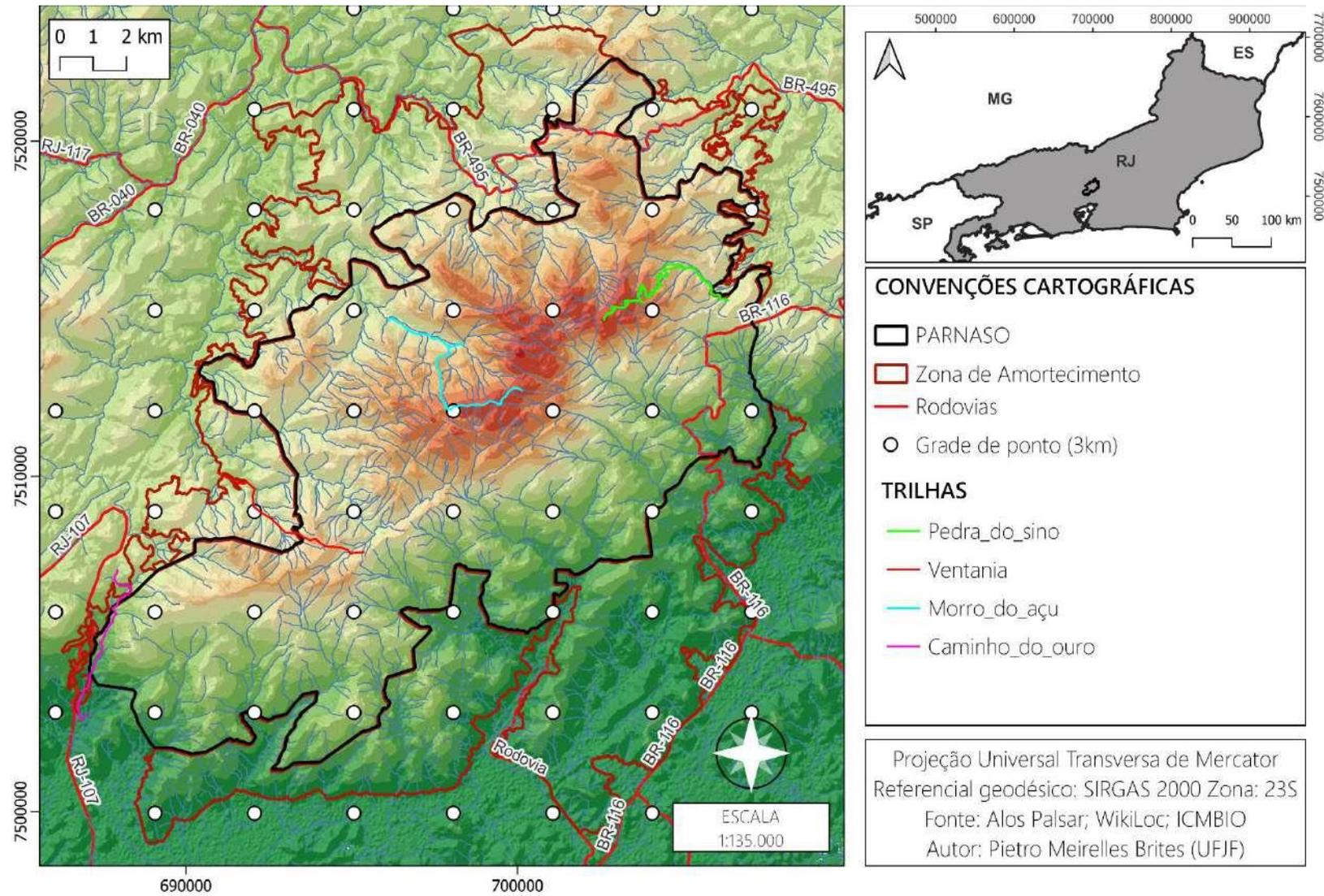
zonas mais altas até as mais baixas do parque. Essa seleção permitiu abranger uma maior diversidade, de forma a maximizar a representatividade da amostragem.

Além da seleção das trilhas, também foi feita uma grade de pontos com distância de 3 quilômetros entre eles, a fim de garantir que as áreas mais importantes para a pesquisa estivessem contempladas. Dessa forma, é possível assegurar que os dados coletados fossem representativos da área estudada.

Foram selecionados, também, dois trechos rodoviários, a BR-116 e a BR-495, que perpassam por áreas estratégicas para a observação in locu. Essa escolha permitiu que fossem realizadas observações em áreas que não estavam diretamente acessíveis por trilhas, complementando assim a amostragem.

Conforme demonstra a **figura 8**, a seleção das trilhas foi baseada em critérios objetivos e estratégicos, de forma a contemplar as áreas mais relevantes para a pesquisa. A partir da análise do mapa, é possível compreender como a seleção das trilhas foi cuidadosamente planejada, de forma a garantir a representatividade da amostragem e a eficiência na coleta de dados.

Figura 8 – Planejamento de campo com trilhas selecionadas



Fonte - Elaboração própria

Para a realização do trabalho de campo, foram utilizados instrumentos e equipamentos específicos para a coleta de dados. Dentre os principais instrumentos, destacam-se o GPS, a caderneta de campo, a bússola, quadro de organização de campo (**quadro 4**) e o smartphone para fotos, no caso, um iPhone 11.

Quadro 4 – Organização de campo

PRÉ-CAMPO				
Quais os tipos de solo predominantes?				
Quais os tipos de rocha predominantes?				
Quais as principais formas de relevo?				
CAMPO				
PONTO	DATA / HORA	ALTITUDE (m)	ORIENTAÇÃO	COORDENADAS (GPS)

Fonte – Elaboração própria.

Além das observações de campo, algumas perguntas predefinidas desempenham um papel crucial na coleta de informações. Essas perguntas orientaram a coleta de dados e foram constantemente revisitadas durante as idas à campo, fornecendo uma estrutura para as observações. Essas questões foram formuladas com base nos princípios da Geoecologia das paisagens (RODRIGUEZ; SILVA; CALVACANTI, 2010).

- Quais são as características visuais da paisagem nesta altitude?
- É possível identificar diferenças visuais nas paisagens em diferentes altitudes?
- Quais são os tipos de vegetação encontrados em cada zona altitudinal observada?
- Qual é a altitude máxima e mínima da trilha em questão?
- Existem áreas de transição entre as zonas altitudinais? Como elas se apresentam?

E outras também:

- Como a vegetação varia em relação à altitude? Existem diferentes formações vegetais em diferentes altitudes?
- Como os elementos geomorfológicos, geológicos, climáticos e pedológicos afetam a distribuição da vegetação e os processos geográficos presentes?
- Existem evidências de perturbações humanas na vegetação, como desmatamento ou queimadas? Se sim, em que grau isso afetou a composição da vegetação?
- Como a paisagem é influenciada pela altitude?

Esta etapa tem como objetivo também alinhar as informações obtidas em campo com aquelas levantadas nos mapeamentos preliminares para a elaboração do mapa de geossistemas vislumbrado. A partir da revisão do mapa de geossistemas elaborado em ambiente de escritório, foi realizada a caracterização das unidades identificadas, e também a correção dos traçados dos limites, utilizando-se das informações obtidas em campo (CAVALCANTI, 2014; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2010). Em campo tornou-se viável a coleta de materiais para posterior análise em laboratório, bem como o registro fotográfico, anotações detalhadas e o georreferenciamento de feições específicas. Buscou-se obter dados referentes às formas de uso atuais e a identificação de fácies, bem como verificar a veracidade das informações obtidas na primeira fase, as formas de relevo, classes de solos predominantes e tipos de vegetação. Além disso, delimitaram-se unidades amostrais ao longo de cada trilha percorrida, a cada aproximadamente 300 metros de altitude, com o objetivo de compreender a configuração da dinâmica e, assim, demonstrar a dinâmica funcional. Realizou-se de forma mais minuciosa as observações e descrições da paisagem, bem como a coleta superficial do solo a cerca de cinco metros da trilha principal para análise granulométrica, PH e fertilidade visando a posterior interpretação das topossequências.

4

A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DO

PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS

Fonte: Mauro Silva, S/A²

²Disponível em: <<https://www.canva.com/photos/MAD3yE7DISE-serra-dos-rg-os-rj-brazil//>>. Acesso em: 10 out. 2022.

Capítulo 4

A organização espacial do Parque Nacional da Serra dos Órgãos

4.1 O PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS: UM PANORAMA FÍSICO DA ÁREA

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) é localizado no estado do Rio de Janeiro (**figura 9**), na sua região serrana, representa atualmente uma área de 20.024 hectares, abrangendo quatro municípios: Teresópolis (9,9%), Magé (34,5%), Guapimirim (15,9%) e Petrópolis com 39,5% da área (ICMBIO, 2007). O parque é composto pelas seguintes cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (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).

Este 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. Trata-se de um complexo sistema de escarpas esculpidas, com aproximadamente 1.000 km de extensão. Na área de estudo em questão, região centro-oriental do Rio de Janeiro, a Serra do Mar é constituída por um bloco de falhas inclinado para nor-noroeste em direção ao rio Paraíba do Sul, apresentando feições demasiadamente escarpadas voltadas para o Atlântico (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

Um dos marcos mais importantes na história da área do PARNASO, sem dúvida, é a conquista do Dedo de Deus, monumento geológico tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), considerado Patrimônio Natural do Brasil. Esse monumento está presente na bandeira do estado do Rio de Janeiro devido à sua imensa importância para o contexto estadual. Sua conquista ocorreu em 1912 por brasileiros e foi comemorada como um "grande feito patriótico", devido às falhas nas expedições estrangeiras que tentaram escalá-lo. Muitos europeus visitavam a região da Serra dos Órgãos na época (CASTRO, 2008).

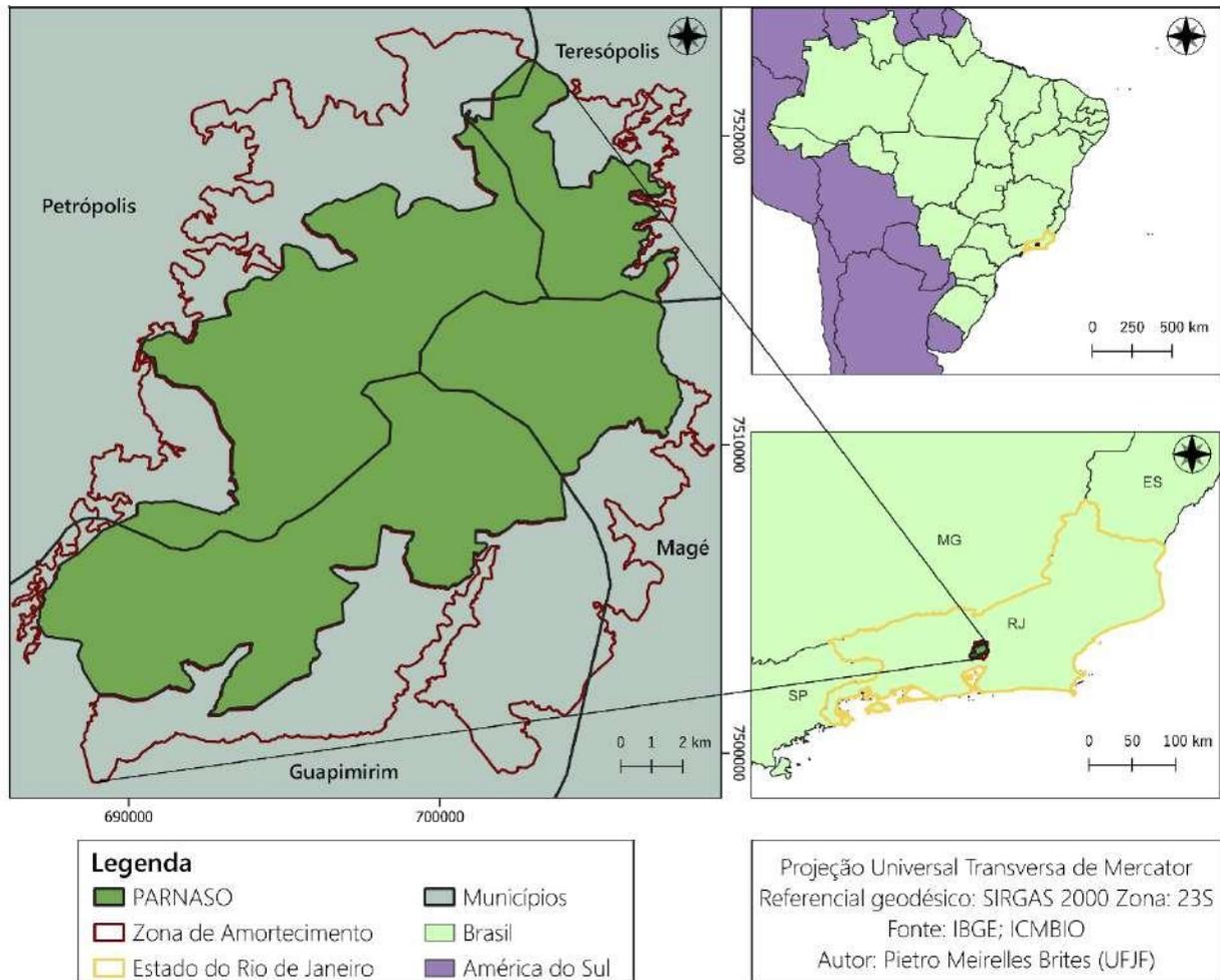
O PARNASO foi a terceira Unidade de Conservação (UC) Federal (SNUC, 2000) criada no país, sua criação se deu no ano de 1939, antes dele apenas o Parque Nacional do Itatiaia e o Parque Nacional do Iguçu. Está inserido no bioma Mata Atlântica, e devido às dinâmicas de exploração econômica exercidas pela colonização europeia na ocupação das terras brasileiras, que

acarretaram degradação em grande escala, sobretudo, da Mata Atlântica, as primeiras Unidades de Conservação do país foram criadas neste bioma (DEAN, 1996). Este protege um dos cinco *hotspots* de biodiversidade mais ameaçados do planeta (MYERS et al, 2000) e de importância reconhecida internacionalmente através da Reserva da Biosfera (RBMA, 1996), programa de monitoramento, pesquisa e educação ambiental, criado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 1991 (CASTRO, 2008). Pode-se dizer que a criação do PARNASO foi, portanto, um dos marcos iniciais da política nacional de proteção do meio ambiente, e a sua manutenção exige cuidados especiais. Salienta-se que é a Unidade de Conservação Federal com o maior número de pesquisas científicas autorizadas no país, segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO).

Portanto, foram diversos os motivos para a criação do PARNASO e a posterior delimitação de seus limites, entre os mais relevantes estavam "a beleza cênica dos seus maciços rochosos, a proteção de mata primária e floresta pluvial montana, a riqueza da flora e da fauna e a contribuição para a manutenção climática regional" (ICMBIO, 2007, p. 14).

As leis ambientais no Brasil, sobretudo aquelas diretamente ligadas à criação de Unidades de Conservação, expressam um percurso conturbado de ordem legal, ambiental e social. No PARNASO, essa turbulência não foi exceção, pois, apesar de sua criação ter sido decretada em 1939, somente em 1984 foram decretados os limites geográficos da UC, o que acarretou em mazelas de cunho social que perduram até os dias atuais. Devido a décadas sem a definição de limites específicos, os problemas com ocupações humanas se intensificaram, gerando questões delicadas em torno das localidades de Guapimirim e Petrópolis, onde existem trâmites legais em andamento na Câmara dos Deputados com o Projeto de Lei 8823/17, do deputado Hugo Leal (PSD-RJ). Este projeto tem como objetivo retirar do limite do PARNASO as áreas do Vale do Bonfim, no município de Petrópolis, e o bairro Barreiras, no município de Guapimirim. Em 20 de dezembro de 2022, o Plenário do Senado aprovou este projeto que altera os limites do PARNASO.

Figura 9 – Mapa de localização do PARNASO.



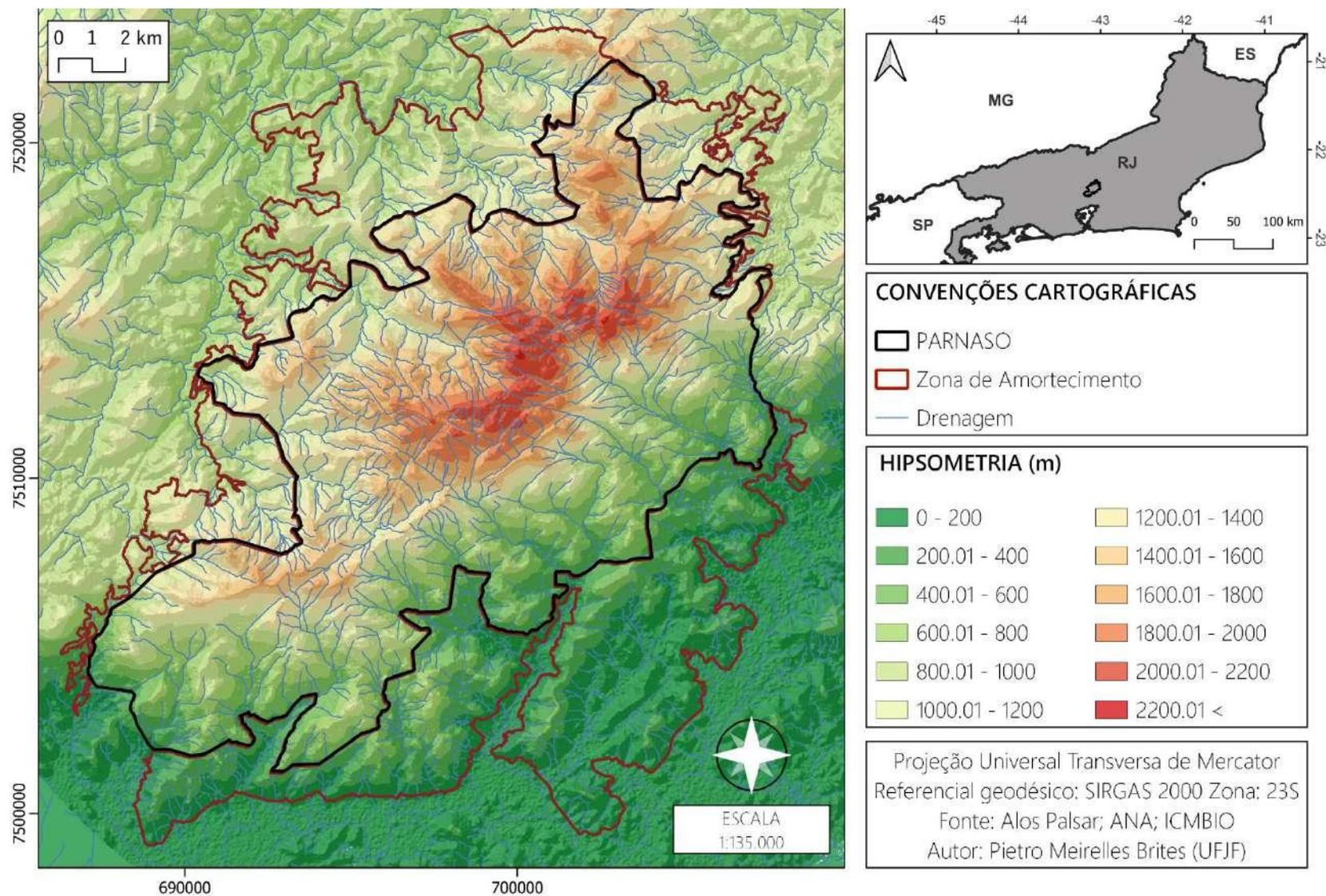
Fonte: Elaboração do autor.

4.2 ASPECTOS ESTRUTURAIS DOS GEOSISTEMAS: OS INVARIANTES

O parque é caracterizado por peculiaridades ambientais, com um relevo singular de montanhas tropicais. É a região com as maiores altitudes de toda a Serra do Mar, apresentando uma amplitude altitudinal que varia de 200m a quase 2.270m (**figura 10**). A paisagem íngreme do PARNASO é composta principalmente por declividades superiores a 45%, sendo os declives mais suaves encontrados apenas nas áreas de fundo de vale e planaltos da região (**figura 11**). Além disso, o parque abriga uma grande diversidade de espécies da fauna e flora, sendo o lar da maior variedade de aves endêmicas da Mata Atlântica. A expansão urbana dos municípios vizinhos, seja por construções de baixa ou alta renda, tem intensificado os problemas relacionados à caça, coleta,

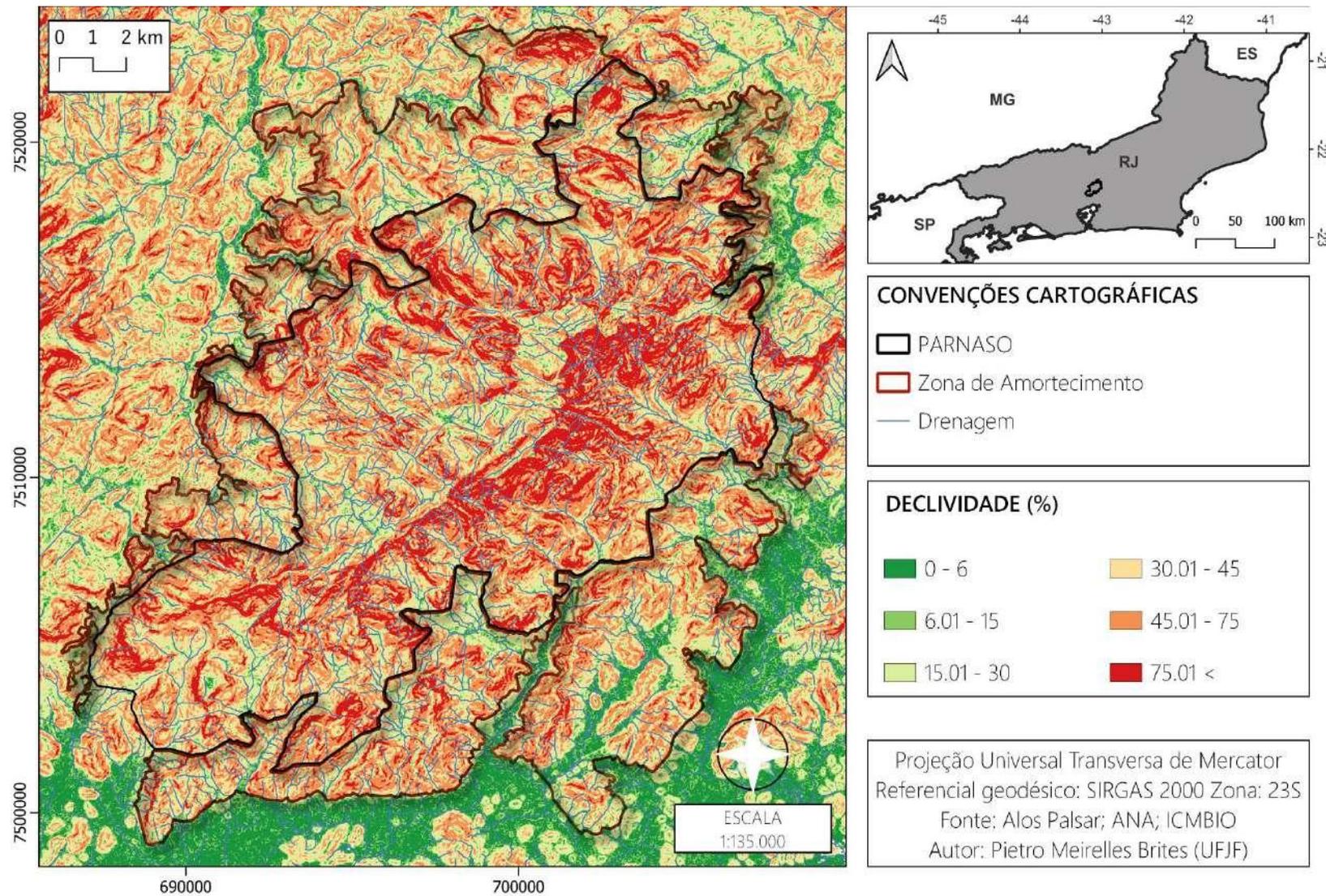
animais domésticos e visitação irregular, o que dificulta sua gestão e planejamento, bem como o seu principal objetivo de conservação (CASTRO, 2008).

Figura 10 – Mapa hipsométrico do PARNASO e sua ZA.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 11 – Mapa de declividade do PARNASO e sua ZA.

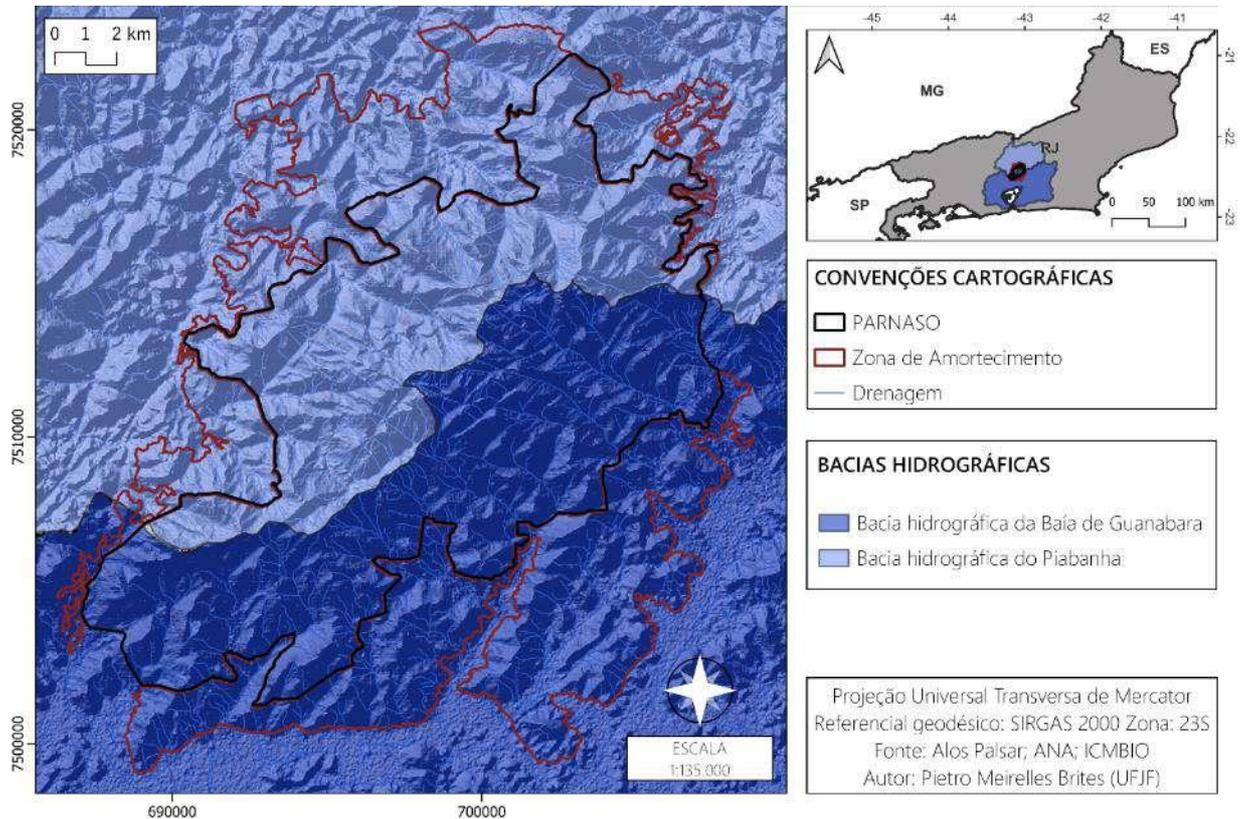


Fonte: Elaboração do autor.

4.2.1 HIDROGRAFIA

Suas faixas mais altas dividem as duas principais bacias hidrográficas da região, Paraíba do Sul, na porção da bacia do Piabanha, e Baía de Guanabara, na porção mais central da UC (**figura 12**).

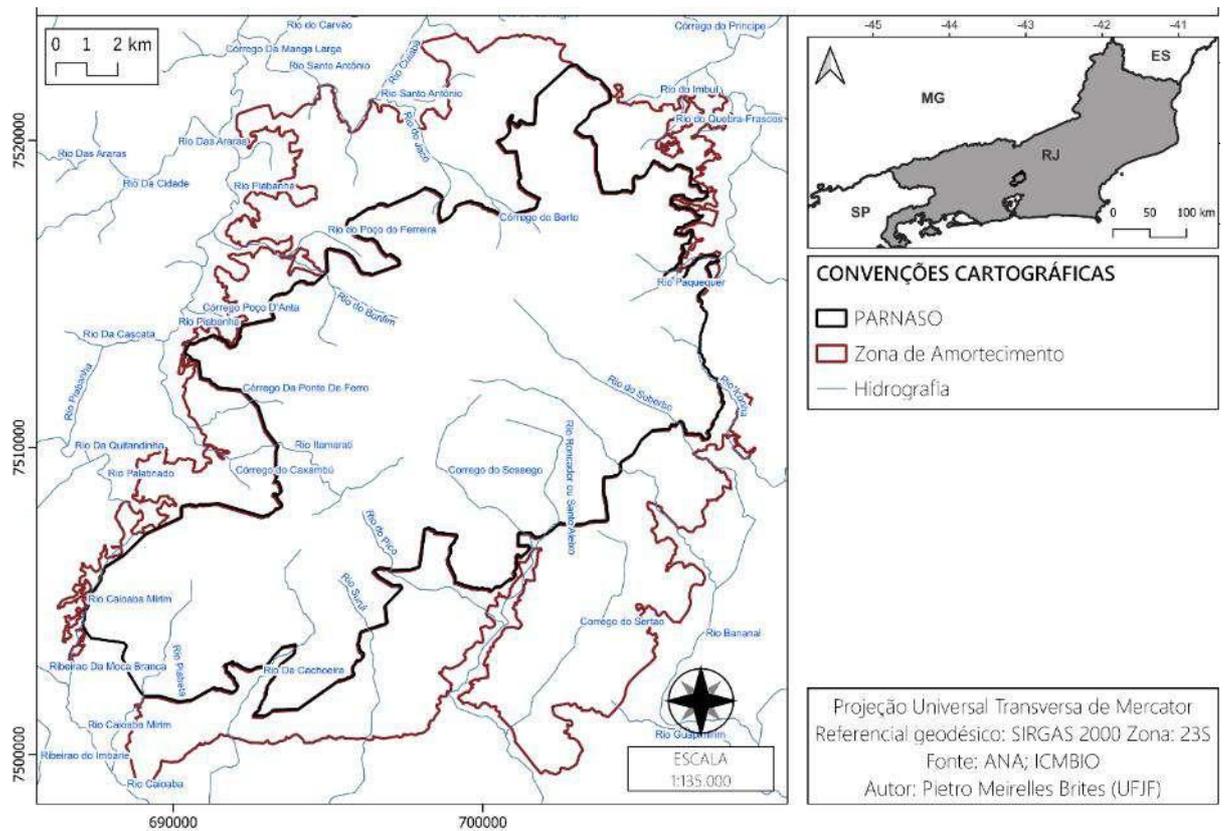
Figura 12 – Mapa das bacias hidrográficas do PARNASO e sua ZA.



Fonte: Elaboração do autor.

Os municípios circunvizinhos ao PARNASO dependem das águas dos mananciais protegidos pela UC de proteção integral. 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, Caxambú, Bonfim, Jacó e Beija-Flor (**figura 13**). Além disso, durante períodos de alta precipitação, há a formação de rios temporários e, conseqüentemente, o volume dos rios perenes aumenta (ICMBIO, 2007).

Figura 13 – Mapa da hidrografia do PARNASO e sua ZA.

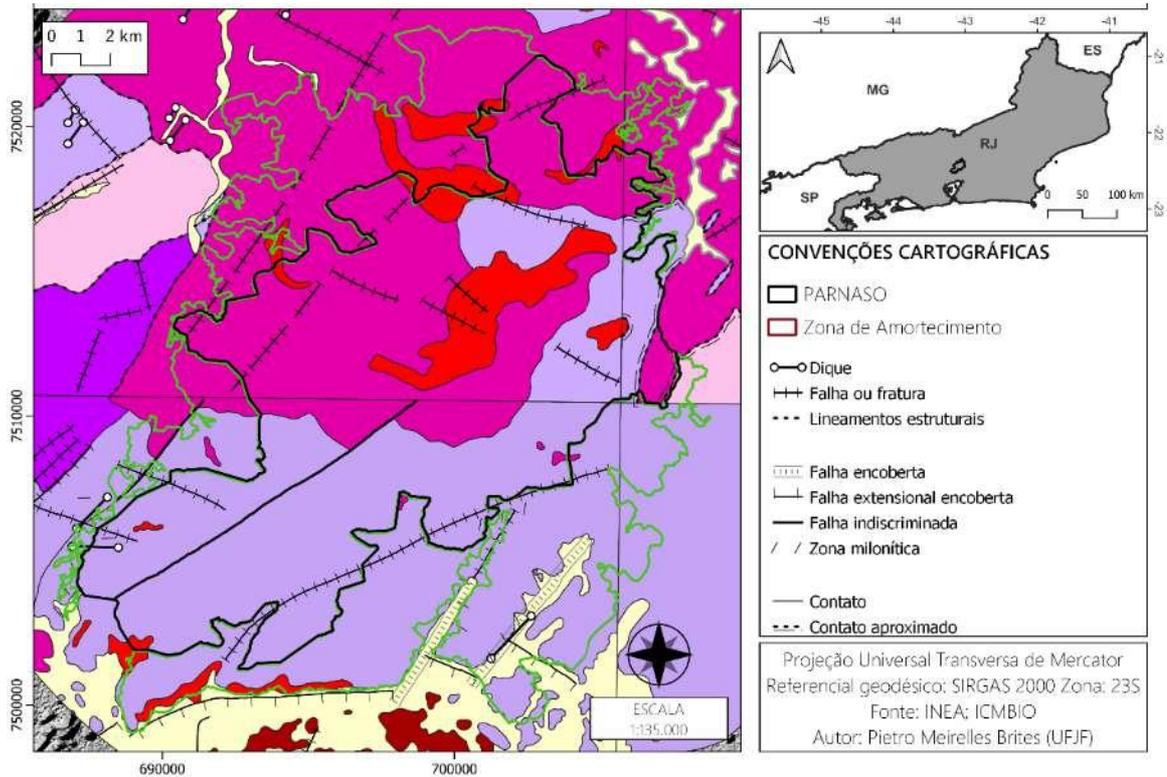


Fonte: Elaboração do autor.

4.2.2 GEOLOGIA

A geologia, na escala de 1:100.000 (Folha Baía de Guanabara SF23-Z-B-IV; Folha Nova Friburgo SF23-Z-B-II; Folha Três Rios SF23-Z-B-I; Folha Itaboraí SF23-Z-B-V), é constituída por um sistema de falhas NE-SW e NW-SE, que condiciona o padrão de drenagem em cinco unidades (**figura 14**). A Suíte Serra dos Órgãos é composta por gnaisse 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, o Suíte Cordeiro possui poucos afloramentos rochosos e sua composição é de leucognaisse sienogranítico com granada-muscovita-biotita. Existem ainda depósitos colúvio-aluvionares na planície fluvial, compostos por areias, argilas, cascalhos e restos de matéria orgânica.

Figura 14 – Mapa das litologias do PARNASO e sua ZA.



LITOTIPOS

- SUÍTE NOVA FRIBURGO - Granito Andorinha: biotita-granitos finos, por vezes, porfíricos médios, cinzentos, leucocráticos, de composições monzograníticas, com enclaves de composição andesítica e quartzo andesítica. Granito Teresópolis: granito porfírico, leucogranito equigranular.
- COMPLEXO RIO NEGRO - Unidade Bingen: granada-hornblenda-biotitagnaises monzo a sienograníticos, homogêneos, pouco ou não foliados, de granulação média à fina de cor clara.
- SUÍTE CORDEIRO: granada-muscovita-biotita leucognaisse sienogranítico a granodiorítico, foliado a isotrópico, de granulação média à grossa, homogêneo, com predomínio de textura equigranular granoblástica.
- DEPÓSITO COLÚVIO-ALUVIONAR: depósitos aluvionares recentes: areias com intercalações de argila, cascalho e restos de matéria orgânica.
- SUÍTE SERRA DOS ÓRGÃOS: granada-hornblenda-biotita gnaisse granítico a tonalítico, de granulação grossa, equigranulares e foliação descontínua, dada por aglomerados centimétricos de biotita e hornblenda.
- COMPLEXO RIO NEGRO: hornblenda-biotita ortognaises migmatítico tonalítico a granítico, com texturas porfíroides, e enclaves dioríticos nas variedades tonalíticas.
- Depósitos gravitacionais (Talús): Matações angulosos a arredondados em matriz argilo-arenosa intensamente pedogenizada na no topo do depósito
- SUÍTE SURUÍ - Suruí: Biotita granito de textura megaporfírica, dada por cristais tabulares euédricos de microclina de até 4cms, em matriz quartzo diorítica de grão médio, com foliação leve ou forte; localmente com estrutura difusa.

Fonte: Elaboração do autor.

A orientação da Serra do Mar é SO-NE, e suas falhas, fraturas e zonas de cisalhamento condicionam importantes lineamentos e parte da rede de drenagem. As rochas resistentes mantêm os planaltos e as escarpas. Ao longo de seu processo de evolução, a serra retrocedeu cerca de quatro dezenas de quilômetros ao longo do Cenozoico, resultante da erosão dos rios, do mar e dos movimentos de massa, abandonando ilhas próximas à costa atual (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

As formas peculiares dos cumes da Serra dos Órgãos são resultado da erosão diferencial, devido às diferenças de resistência das rochas graníticas e gnaisses. 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 gnaisses com uma estrutura planar bem desenvolvida (**figura 15**).

Figura 15 – Seção geológica esquemática da Serra dos Órgãos.

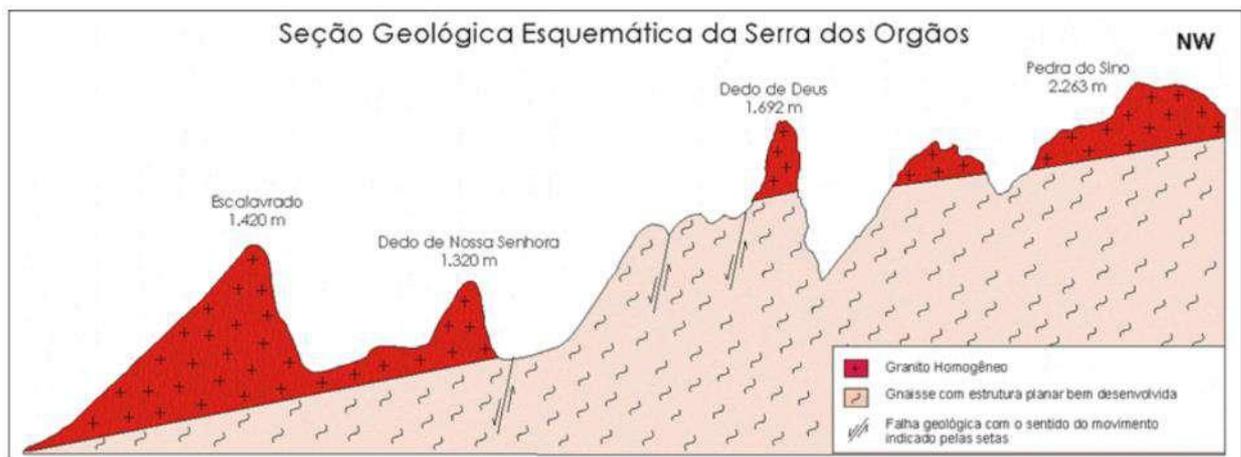


Figura 3.14: Seção Geológica Esquemática da Serra dos Órgãos. Extraído de DRM, 2005.
Fonte: ICMBIO, 2007 apud DRM, 2005.

É evidente que a água e os processos de denudação gradual exploraram e continuam a aproveitar as discontinuidades, falhas e juntas inerentes dessa formação com forte controle estrutural. A porção da Serra dos Órgãos é composta por um batólito com aproximadamente 100 km de extensão de rochas graníticas sintectônicas, ou seja, fruto de ajuntamento tectônico, que datam do Pré-Cambriano e ainda foram intrudidos por granitos pós-tectônicos eopaleozoicos. O complexo arranjo de rochas com diferentes graus de resistência deflagra um relevo traduzido da erosão diferencial regressiva, que se adaptou ainda à profusão de estruturas geológicas da área. Essa particularidade da região costeira atlântica exprimiu um relevo especial, e a Serra dos Órgãos

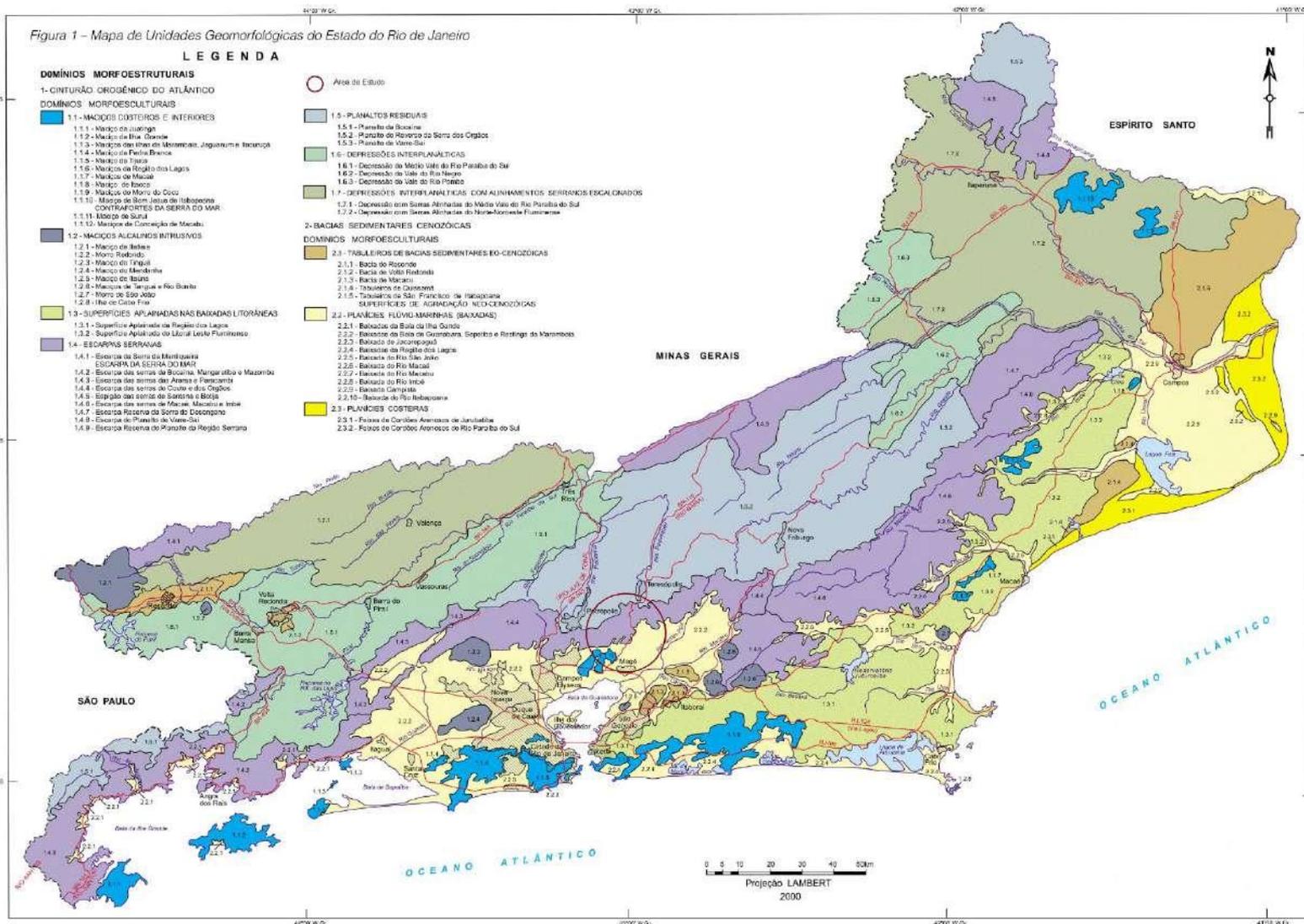
deslocou-se para o interior, estabelecendo-se na borda norte do gráben da Guanabara (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

4.1.3 SISTEMA GEOMORFOLÓGICO

O PARNASO está inserido em um contexto de domínio de cinturões Móveis com idade Neoproterozóicos, região de escarpas e reversos da Serra do Mar. Sua unidade é a Serra dos Órgãos, e sua categoria estrutural é aguçada, refletida a partir de sua localização em uma zona de cisalhamento acentuada. De acordo com Dantas et al. (2001), 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 (**figura 16**).

A Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira formam esta unidade morfoescultural de escarpas serranas, composta por uma série de escarpas montanhosas festonadas firmemente orientadas no sentido Oeste-Sudoeste a Leste-Nordeste. O escarpamento da Serra do Mar abrange grande parte da área do estado do Rio de Janeiro. Os escarpamentos das serras do Mar e da Mantiqueira são consequência do soerguimento e inclinação no sentido Oeste-Sudoeste a Leste-Nordeste de blocos escalonados frutos da fase convergente do Ciclo Brasileiro – Pan Africano. Ademais, o trabalho de Almeida e Carneiro (1998) confirma o escarpamento da Serra do Mar como consequência do recuo erosivo substancial de uma escarpa de falha do Paleoceno que começou perto da Falha de Santos. As configurações morfológicas das escarpas são altamente variáveis, devido principalmente às propriedades litológicas e estruturais. Como resultado de processos tectônicos e erosivos que ocorreram ao longo do Cenozoico, é possível observar tanto uma imponente parede de montanhas quanto uma escarpa mais erodida.

Figura 16 – Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: DANTAS et al (2001).

O escarpamento da Serra do Mar é composto por um grupo diversificado de alinhamentos montanhosos e degraus na borda do planalto, com várias configurações morfológicas, sendo uma delas a Serra dos Órgãos. Ela é composta por uma parede montanhosa tectônica que delimita a região ao redor da Baía de Guanabara. Suas maiores elevações estão nas faixas que conduzem os divisores topográficos das bacias hidrográficas, que também são as linhas que dividem os municípios de Teresópolis, Petrópolis, Magé, Guapimirim e Nova Friburgo, no contexto aproximado do PARNASO.

Esse escarpamento se destaca como um relevo de transição entre as terras planas e alturas isoladas dos arredores da Baía de Guanabara e a zona montanhosa do planalto reverso da Região Serrana. É uma barreira orográfica magnífica e íngreme alinhada no sentido Oeste-Sudoeste a Leste-Nordeste. Esse planalto elevado, com altitudes que ultrapassam 2.000 metros, contrasta nitidamente com os Escarpamentos Serranos, que possuem terreno excepcionalmente acidentado, com encostas íngremes e topos aguçados (DANTAS et al, 2001).

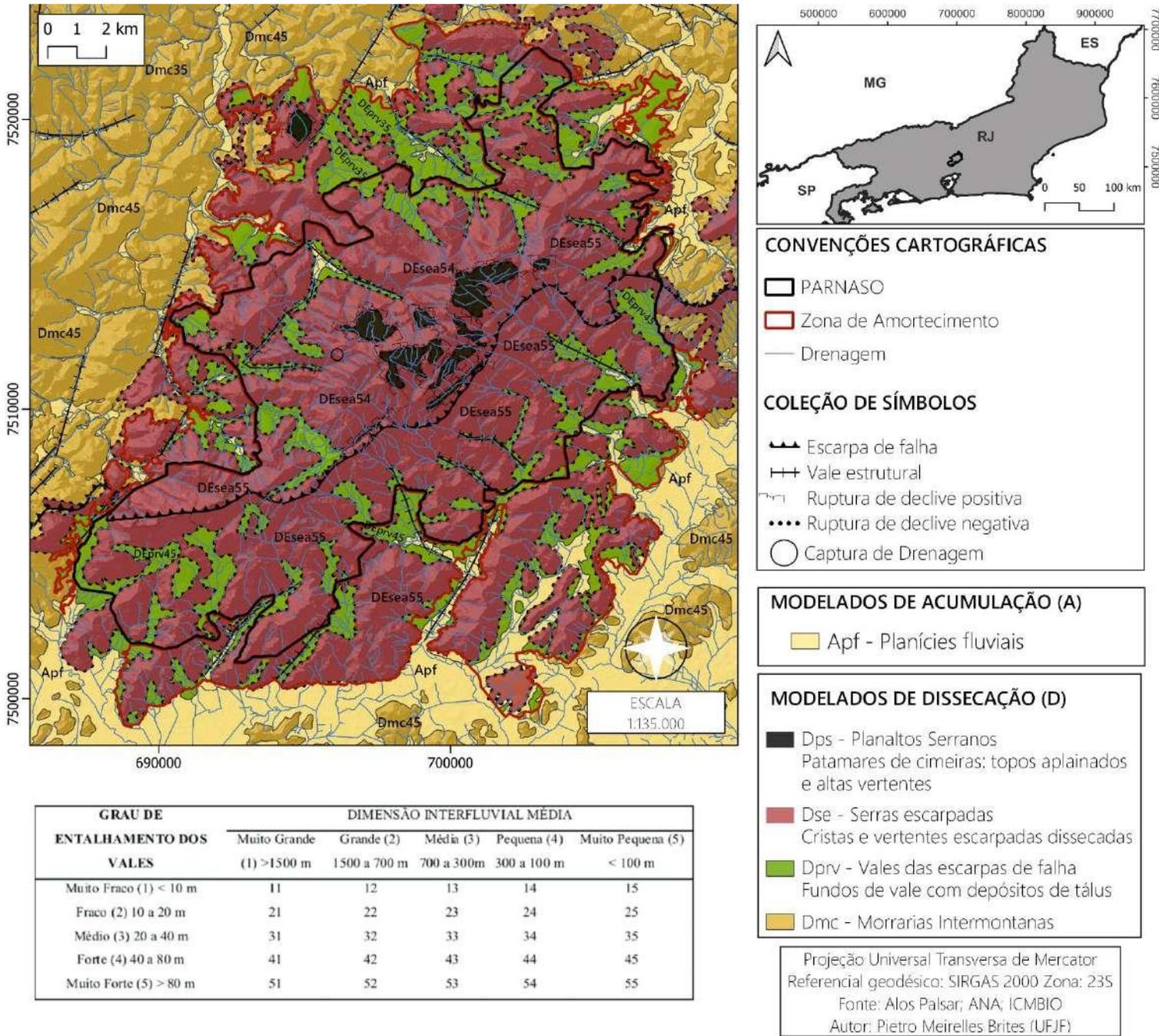
O Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) e sua Zona de Amortecimento (ZA) apresentam três principais morfologias distintas, que se destacam pelas suas particularidades (**figura 17**). A primeira delas são os Patamares de Cimeira, que se caracterizam por topos aplainados e altas vertentes, conferindo uma paisagem marcante. Esses patamares são resultado de processos de erosão e sedimentação ao longo de milhões de anos, moldando uma superfície plana no topo das montanhas.

A segunda morfologia são as Cristas e Vertentes Escarpadas Dissecadas em blocos falhados e fraturados. Essas escarpas, formadas por movimentos tectônicos, e profundamente dissecadas apresentam um aspecto de rugosidade singular.

Por fim, temos os Fundos de Vale com Depósitos de Tálus, que são plataformas de relevo suavemente onduladas e cobertas por depósitos de colúvios. Esses patamares são o resultado da ação conjunta de processos erosivos e deposicionais, que moldaram essa tipologia de paisagem.

E ainda, o forte contexto estrutural condiciona o padrão da drenagem na região, que pode ser classificado em diferentes tipos e subtipos. Os principais padrões observados são o padrão de treliça e o padrão paralelo. Esses diferentes padrões de drenagem são influenciados pelas características estruturais da área, demonstrando a estreita relação entre a geologia e a configuração dos cursos d'água.

Figura 17 – Mapa geomorfológico do PARNASO e sua ZA.



Fonte: Elaboração do autor.

4.3 ASPECTOS DINÂMICOS DOS GEOSISTEMAS: AS VARIÁVEIS DE ESTADO

As variáveis de estado evoluem e se transformam ao longo do tempo em resposta a inúmeras circunstâncias, com destaque para a evolução do sistema como um todo, incluindo os invariantes que o governam. No entanto, é importante destacar que essas variáveis de estado possuem relações

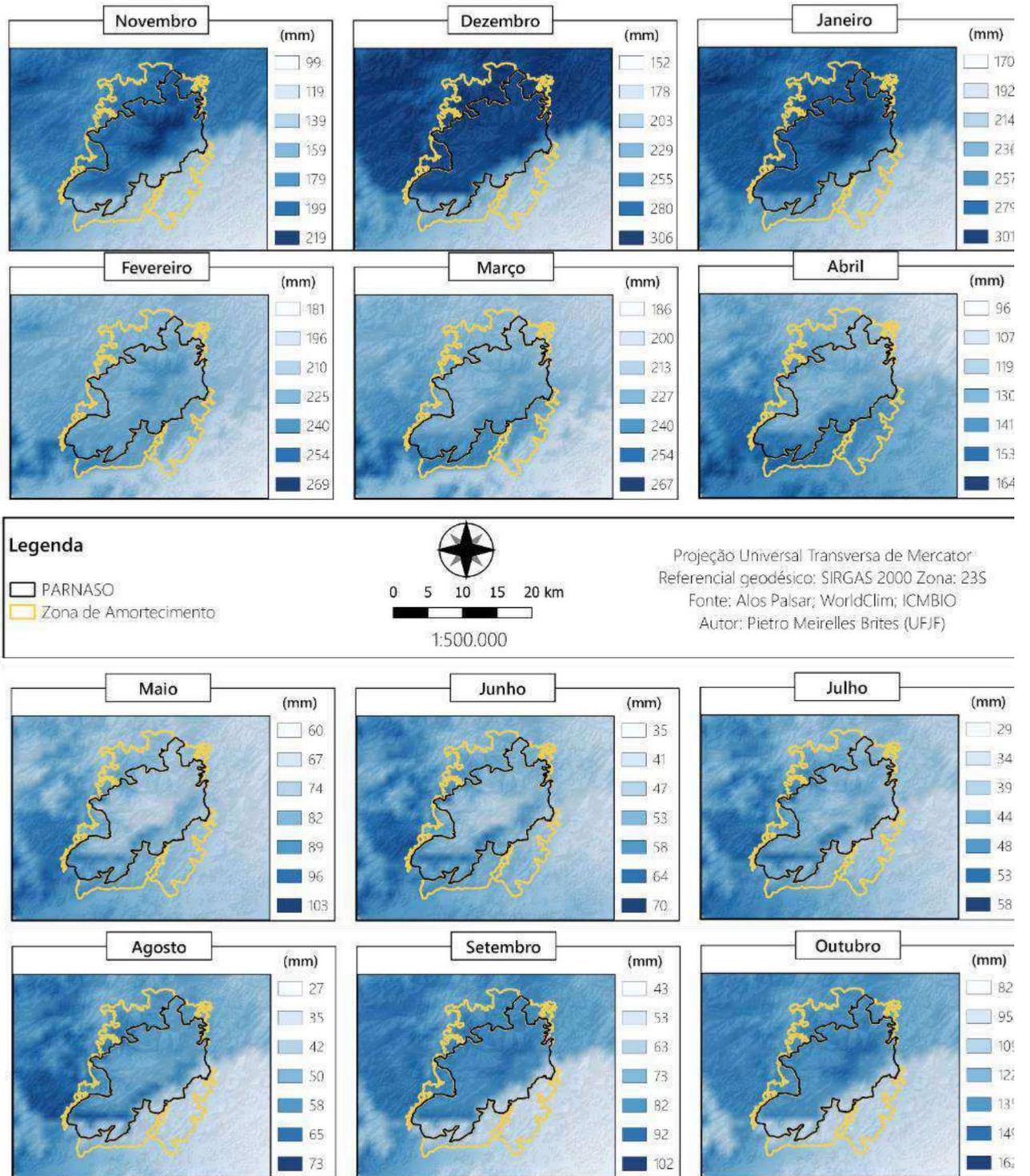
explícitas com os invariantes, que são grandezas de comportamento estável no sistema. Os invariantes fornecem as condições estruturais sobre as propriedades e restrições do sistema, permitindo uma compreensão mais profunda de seu comportamento dinâmico. Assim, a dinâmica não se limita apenas às variáveis de estado, mas também incorpora as relações explícitas com os invariantes, que desempenham um papel crucial na análise e controle do sistema.

O sistema de montanhas mais destacado na borda atlântica do continente sul-americano é a Serra do Mar, especificamente na região da Serra dos Órgãos, onde ocorrem chuvas orográficas, resultando nas maiores taxas de precipitação no estado do Rio de Janeiro. A precipitação média anual varia de acordo com a altitude, variando de 1.700 a 3.600mm e aumentando gradualmente com a altitude (ICMBIO, 2007). Além disso, a precipitação apresenta uma distribuição sazonal, com concentrações de chuva no verão, de dezembro a março, e um período seco no inverno, de junho a agosto (**figura 18**).

Um aspecto significativo que afeta diretamente os parâmetros climáticos, como a temperatura, é mais uma vez a altitude. À medida que a altitude aumenta, a pressão do ar diminui, o que faz com que a temperatura também diminua. O gradiente térmico vertical, que envolve variações de temperatura ao longo da altimetria, é uma das principais causas das diferentes características climáticas encontradas em áreas montanhosas. Como forma de melhor demonstrar os parâmetros seguintes esses foram agrupados primeiramente pelos meses quentes e depois os meses frios.

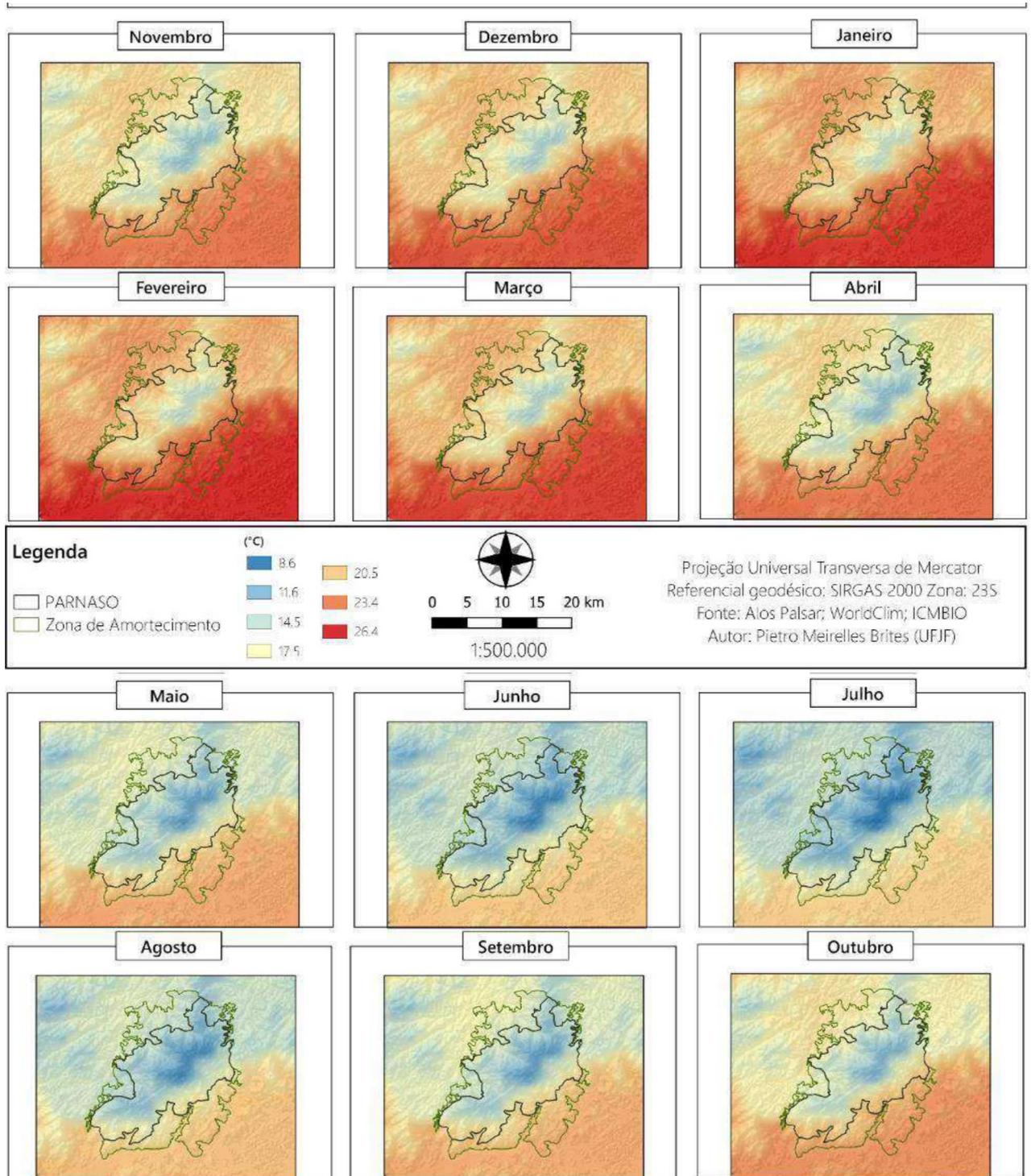
A temperatura média também sofre variações graduais de acordo com a altitude. A observação mensal permite aferir com precisão essa afirmação, conforme mostrado na **figura 19**. As temperaturas médias dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) são significativamente inferiores em relação às temperaturas médias das localidades em seus arredores. 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 Zona de Amortecimento (ZA), variando dos 13°C aos 23°C. É importante ressaltar que, no inverno, as temperaturas mínimas chegam a 1°C, e facilmente temperaturas abaixo de 0°C são registradas nas zonas mais altas durante esse período (ICMBIO, 2007).

Figura 18 – Mapa da precipitação média mensal do PARNASO e sua ZA.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 19 – Mapa da temperatura média mensal do PARNASO e sua ZA.



Fonte: Elaboração do autor.

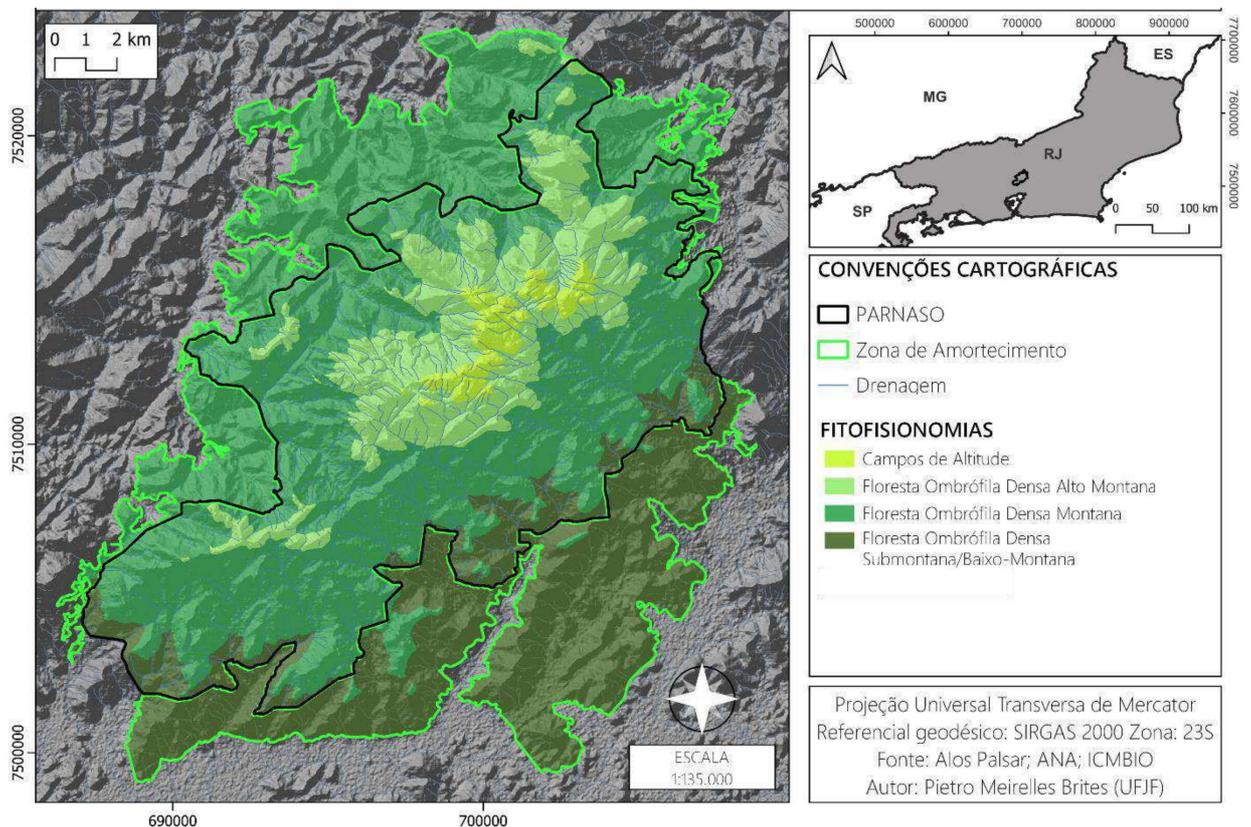
A temperatura média varia significativamente na região do PARNASO em relação à altitude. Isso indica que o clima pode ser muito diferente em altitudes mais elevadas, o que pode

afetar a flora e a fauna local. Para compreender o clima de uma determinada região e organizar atividades de turismo de maneira segura e responsável, é crucial entender como a altitude afeta os componentes climáticos.

4.3.1 ARRANJO FITOSIONÔMICO

As fitofisionomias do PARNASO também variam com a altitude (**figura 20**), sendo elas a Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana (até 500 m), Floresta Ombrófila Densa Montana (de 500 m a 1.500 m), Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (de 1.500 m a 2.000 m) e Campos de Altitude (acima de 2.000 m), segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) (CASTRO, 2008; CRONEMBERGER et al., 2007).

Figura 20 – Mapa de fitofisionomias do PARNASO e sua ZA.



Fonte: Elaboração do autor.

4.3.2 COMPOSIÇÃO PEDOLÓGICA

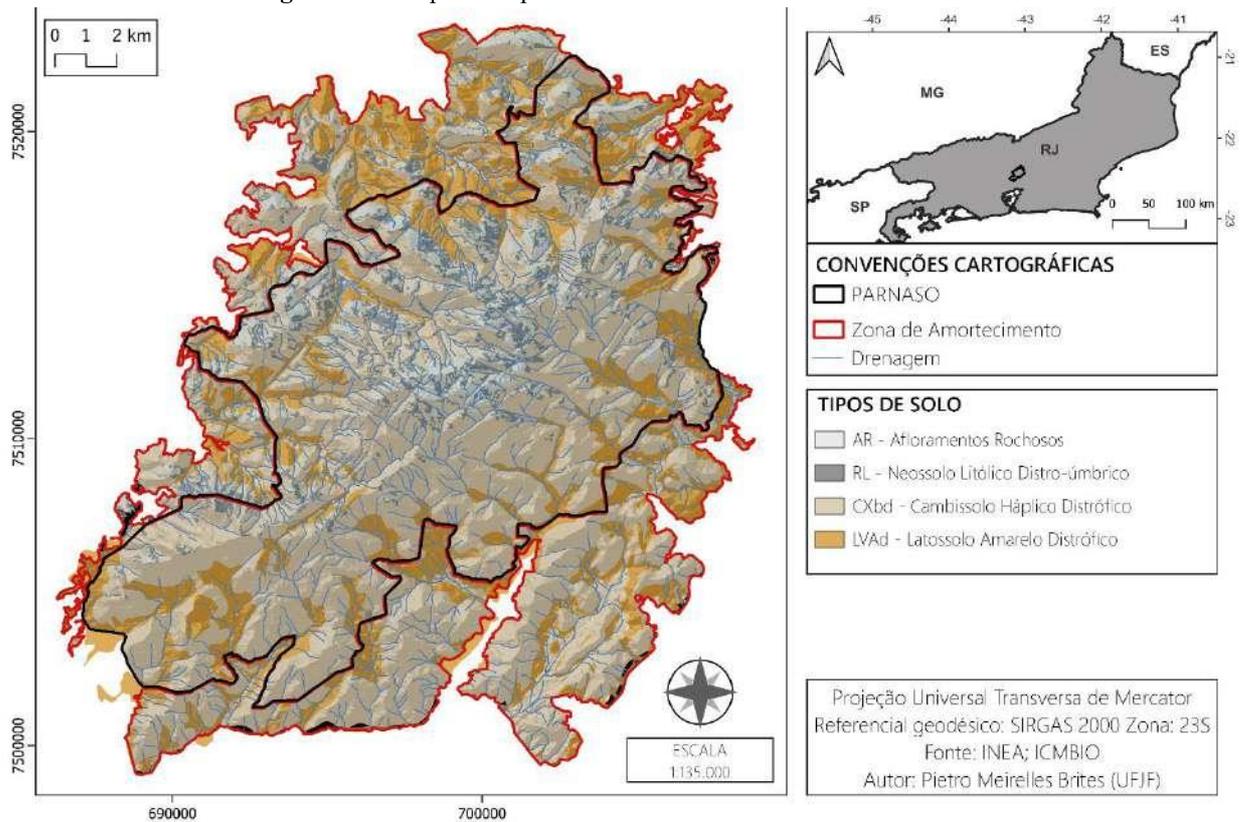
Infelizmente, os levantamentos de solos que abrangem toda a área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e sua Zona de Amortecimento não são detalhados. As instituições responsáveis

pelo mapeamento deste elemento produziram mapas em escalas de 1:500.000 e 1:250.000, que não permitem a identificação da diferenciação dos diversos tipos de solo presentes no parque nacional, como pode ser observado no **Anexo V**, que utiliza dados generalizados na escala de 1:250.000 para a proposta do atual trabalho.

É evidente que a complexidade ambiental da área de estudo sugeriria uma maior diversidade de tipos de solos, especialmente devido à influência das várias formas de relevo e diferentes declividades. No entanto, o mapa base anteriormente apresentado foi na escala de 1:250.000, o que está consideravelmente distante do nível de detalhamento necessário, conforme especificado como erro gráfico aceitável na escolha do mapeamento dos geossistemas do PARNASO, que é de 1:50.000. Portanto, a partir da interpretação dos produtos cartográficos relacionados à geologia, declividade e uso e ocupação da terra, foi necessário inferir informações sobre os solos no PARNASO e sua ZA, incluindo a identificação do Neossolo Litólico e a revisão das demarcações para os demais tipos de solos - Cambissolos Háplicos Distróficos, Latossolos Amarelos Distróficos – e dos afloramentos rochosos (**Figura 21**).

A presente proposta de mapeamento dos tipos de solos foi realizada com base nas informações mencionadas e teve como fundamento os trabalhos de Souza Martins et al. (2007; 2008), nos quais foi elaborado um mapeamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do PARNASO. Esse novo mapeamento demonstrou um significativo avanço em termos de detalhamento quando comparado ao mapa anterior, o que se reflete em uma melhor qualidade para as interpretações subsequentes. No referido trabalho, os autores correlacionaram fatores pedológicos, geomorfológicos e geológicos, resultando em um mapeamento que, conforme apresentado no **Anexo VI**, revelou sete unidades representativas na escala de mapeamento de 1:100.000: Afloramentos Rochosos (RA1); Neossolo Litólico Distro-úmbrico (RLdh1, RLdh2); Cambissolo Háplico Distrófico (CXbd1, CXbd2, CXbd3) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd1).

Figura 21 – Mapa dos tipos de solo aferidos do PARNASO e sua ZA.



Fonte: Elaboração do autor.

Para o presente estudo, optou-se por considerar apenas os tipos principais, excluindo suas variações. Essa escolha se justifica pelo fato de que, ao utilizar o mapeamento na avaliação da fragilidade ambiental local, os subtipos não refletiriam adequadamente o peso das classes, uma vez que as sobreposições eram, em sua maioria, inferiores a 20% da classe principal. Por exemplo, no caso de CXbd1, observa-se a presença de Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, porém, em apenas 5% da unidade, e sem uma espacialidade claramente definida. Portanto, decidiu-se adotar somente os tipos principais e expandir o mapeamento realizado pelos referidos autores até os limites atuais do PARNASO e sua Zona de Amortecimento.

Os Afloramentos Rochosos foram identificados nas regiões limítrofes entre a vertente continental e a vertente oceânica, correlacionados com a escarpa de falha SO-NE. Adicionalmente, sua ocorrência também se verificou em áreas com as maiores declividades e altitudes. Por outro lado, os Neossolos Litólicos Distro-úmbricos de textura arenosa foram demarcados principalmente pela associação com campos de altitude e afloramentos rochosos. Suas localizações são claramente evidentes em áreas de elevada altitude na porção continental da escarpa de falha.

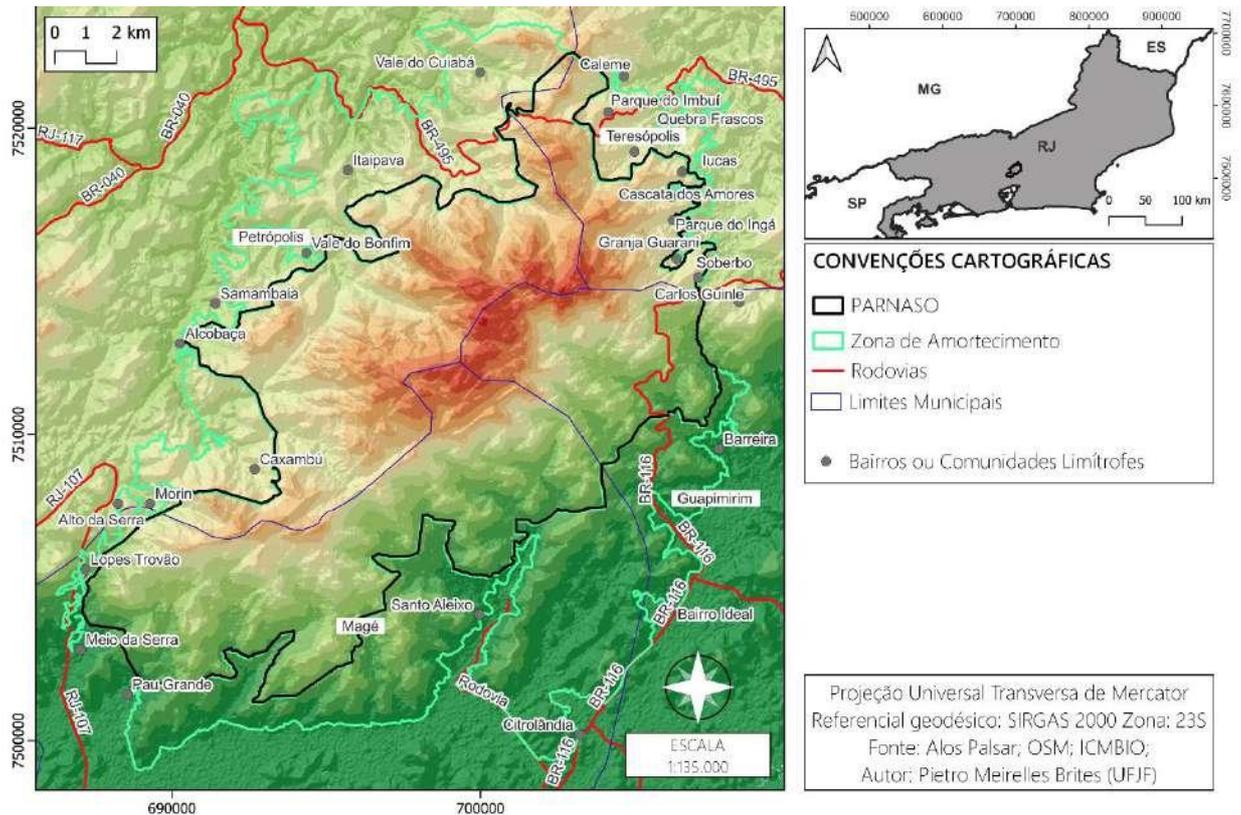
A unidade mais predominante na região de estudo, sem sombra de dúvidas, é o Cambissolo Háplico Distrófico de textura média, que se encontra associado a rochas de estrutura gnáissica. Essa ocorrência abrange declividades em sua maioria médias a elevadas, tanto na vertente oceânica quanto na continental. Esta unidade assume um papel de destaque na paisagem, devido à sua ampla distribuição e ao fato de apresentar características que a tornam especialmente relevante para a compreensão da dinâmica e da fragilidade ambiental da região, com argila de alta atividade e pH 4 a 5 indicando presença de alumínio trocável, tornando-a um elemento chave nas análises e interpretações relacionadas ao PARNASO e sua Zona de Amortecimento (SOUZA MARTINS ET AL, 2007; 2008)

Os Latossolos Amarelo Distrófico ocorrem em ambientes de vales encaixados de baixa declividade, que foram formados devido a depósitos espessos de sedimentos resultantes de escorregamentos em períodos anteriores. Esses solos apresentam uma textura média e são caracterizados por substratos de Migmatitos e Biotita Granitos Granodioritos Gnáissicos. Além disso, observa-se associação com outros tipos de solo, tais como Argissolos Bruno-Acinzentados alíticos, Argissolos Amarelos distróficos e Chernossolos (SOUZA MARTINS ET AL, 2007; 2008).

4.4 AS CONEXÕES COM A ESFERA SOCIOECONÔMICA

Existem 25 comunidades ou bairros localizados nas imediações do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e sua Zona de Amortecimento (**Figura 22**). Em Teresópolis, a unidade de conservação está praticamente inserida na zona urbana da cidade, fazendo divisa com diversos bairros, tais como Granja Guarani, Parque do Ingá, Lucas, Quebra Frascos, Caleme, Parque do Imbuí, Cascata dos Amores, Soberbo e Carlos Guinle. Em Petrópolis, predominam comunidades rurais nas áreas adjacentes, como o Vale do Cuiabá, Itaipava, Vale do Bonfim, Samambaia, Alcobaça, Caxambú, Morin e Alto da Serra. Já em Magé, apenas as localidades de Santo Aleixo, Lopes Trovão, Meio da Serra, Pau Grande e Citrolândia têm assentamentos humanos próximos ao PARNASO. Guapimirim conta com as comunidades de Barreira e Bairro Ideal nas imediações ou dentro da UC.

Figura 22 – Mapa dos bairros ou comunidades limítrofes com o PARNASO e sua ZA.

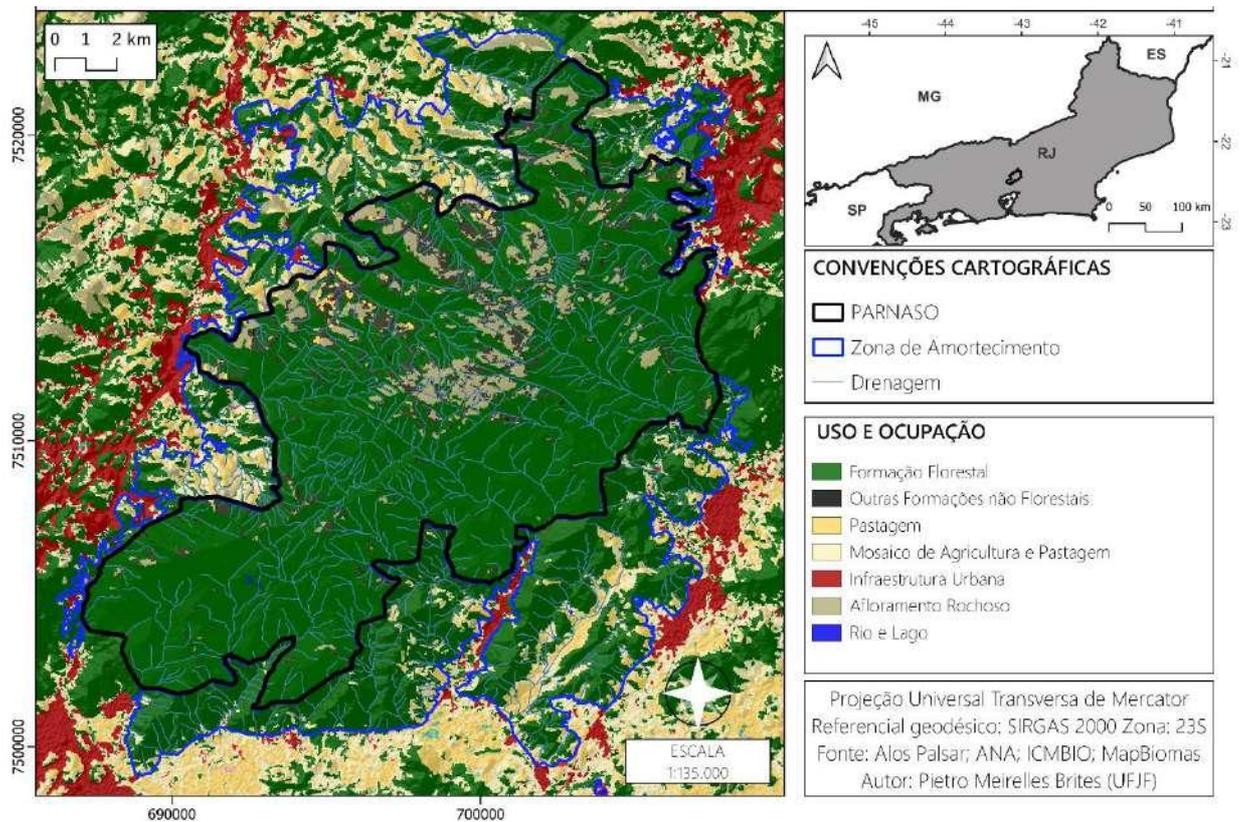


Fonte: Elaboração do autor.

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. Além disso, incluem-se concessionários de serviços públicos e usuários de serviços ambientais, como estradas e captação de água, e entidades representativas, como ONGs ambientalistas e sociais (CASTRO, 2008).

No que diz respeito aos parâmetros de uso e ocupação da área de estudo (**figura 23**), 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 historicamente estiveram presentes na região, mas que, sem dúvida, afetam o fluxo de matéria, energia e informação da área, além de gerar conflitos importantes de cunho social que afloram para além dos limites do parque, chegando até o Senado Federal.

Figura 23 – Mapa de uso e ocupação do PARNASO e sua ZA (2021).



Fonte: Elaboração do autor.

A urbanização da região vem avançando indiscriminadamente até os limites da UC, o que acarreta em impactos negativos, como a poluição sonora, do ar e da água, além do aumento da demanda por infraestrutura e serviços, o que pode levar à supressão de áreas verdes e à fragmentação da paisagem.

As partes altas do PARNASO são marcadas pela presença de afloramentos rochosos, constituindo um importante elemento da paisagem local. Além disso, a formação florestal, que se estende ao longo das serras e vales da região, é composta principalmente por Mata Atlântica, floresta tropical característica da região costeira do Brasil e uma das formações vegetais com maior biodiversidade do mundo.

5

A PAISAGEM ENQUANTO GEOSISTEMAS:

ASPECTOS ESTRUTURAIS E DINÂMICOS

NA CONFIGURAÇÃO DO PARNASO E
SUA ZA

Fonte: Joshart3d, S/A¹

¹Disponível em: <<https://www.canva.com/photos/MAEHfH8WjBc/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

Capítulo 5

A paisagem enquanto geossistemas: Aspectos estruturais e dinâmicos na configuração do PARNASO e sua ZA

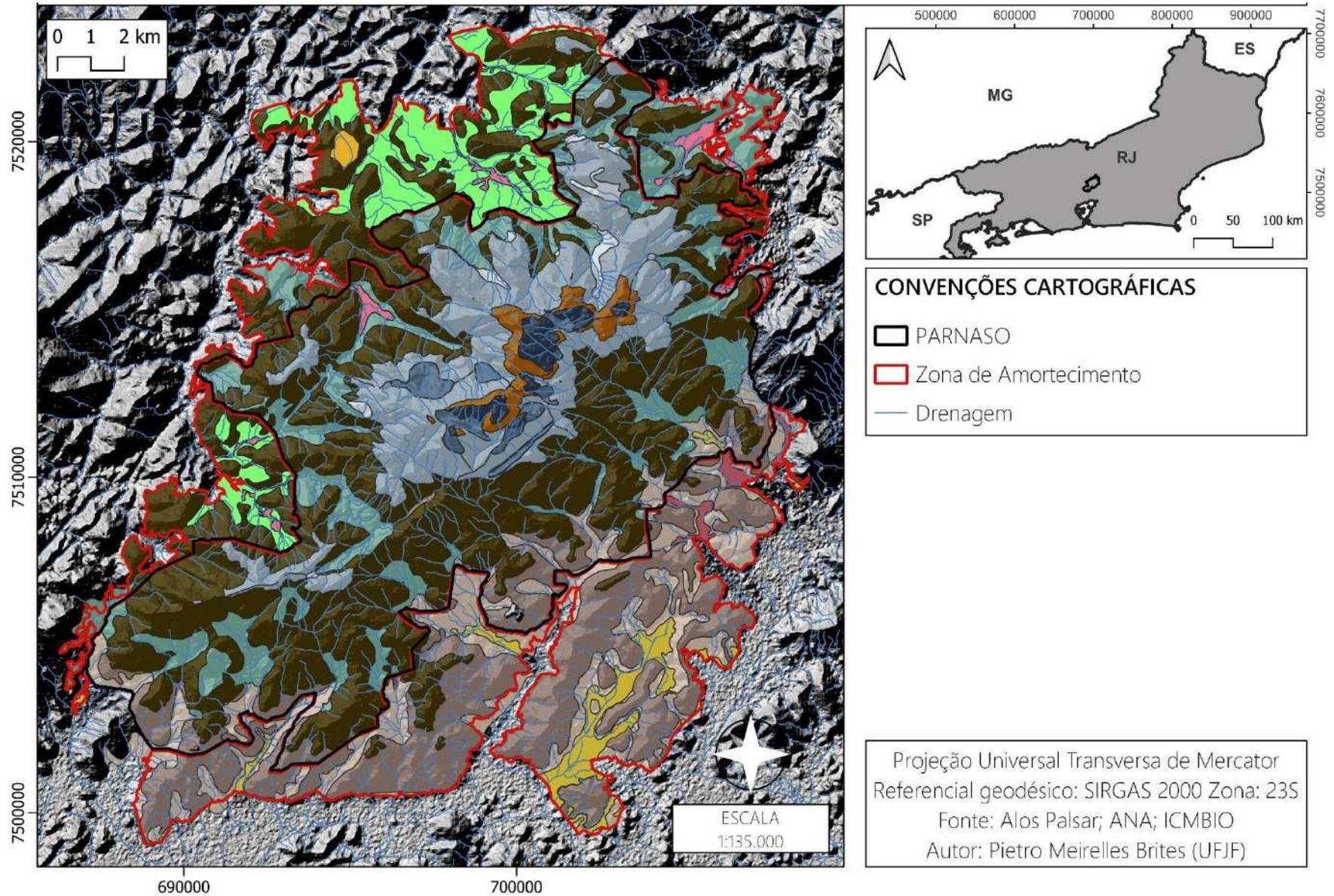
5.1 GEOSISTEMAS DO PARNASO E SUA ZONA DE AMORTECIMENTO E A DINÂMICA DA PAISAGEM

Na Figura 24 e 25, apresenta-se a estrutura cartográfica da proposta de mapeamento dos geossistemas e sua respectiva legenda organizada a partir das aceções formuladas em Marques Neto et al (2022). É fundamental destacar que esta apresentação do mapeamento tem também o propósito de instigar discussões e análises posteriores.

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 e o uso e ocupação do solo. O relevo, juntamente com o uso e ocupação do solo, desempenham um papel de destaque na diferenciação dos processos "paisagístico-ecológicos", conforme discutido em diversos estudos, incluindo trabalhos de autores como Marques Neto et al. (2016; 2022), Miklós et al. (2019) e outros mencionados na obra deste último. Adotou-se, de acordo com o que tem sido utilizado em outros trabalhos (MARQUES NETO; FERREIRA, 2022; MARQUES NETO et al., 2022), a pedologia como base para o mapeamento de geossistemas, levando em consideração o grau de maturidade, ou seja, o estado da pedogênese, conforme preconizado por Espíndola (2013).

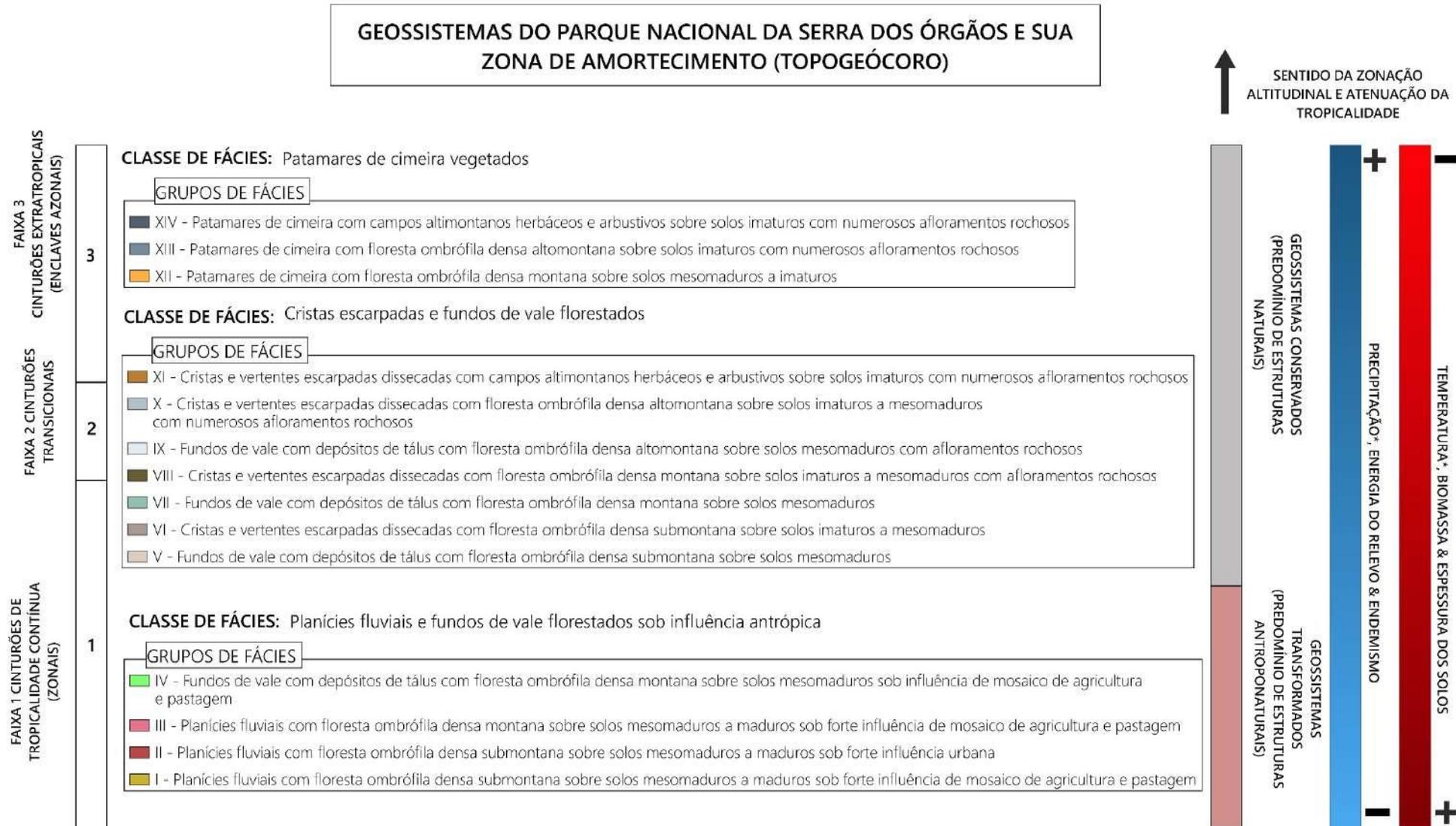
Visto que o objetivo geral deste trabalho se baseia nos enfoques estrutural e dinâmico, a tarefa de integrar esses dois enfoques na construção da legenda e do mapa apresenta um desafio. Alinhado à abordagem proposta por Oliveira (2013), o mapeamento engloba, em sua vertente dinâmica, os processos que ocorrem na área de estudo, desde a Fragilidade Ambiental até a modelagem do risco de incêndios. A ideia inicial é adotar a fragilidade ambiental, tal como feito por Oliveira (2013), como um elemento orientador das relações entre as unidades geossistêmicas, a fim de possibilitar a visualização da dinâmica dessas unidades.

Figura 24 – Mapa de geossistemas do PARNASO e sua ZA



Fonte: Elaboração do autor

Figura 25 – Legenda do mapa de geossistemas do PARNASO e sua ZA



Fonte: Elaboração do autor

5.1.1 CLASSE DE FÁCIES: PLANÍCIES FLUVIAIS E FUNDOS DE VALE FLORESTADOS SOB INFLUÊNCIA ANTRÓPICA (I)

A Classe de Fácies denominada "Planícies Fluviais e Fundos de Vale Florestados sob influência antrópica (I)" encontra-se sujeita a uma forte influência da dinâmica hídrica e gravitacional, principalmente comandada pela hidrografia local. Esta dinâmica é impactada significativamente pelos cursos d'água da região, incluindo o Córrego do Caxambú, 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. A diferença altimétrica é predominantemente superior a 1000 metros e, em algumas partes, pode chegar a 2000 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 do solo distinguem os cinco grupos de fácies, variando em relação à fitofisionomia presente. Essa fitofisionomia varia de floresta ombrófila densa submontana a montana, com diferentes níveis de influência antrópica, variando de 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 Zona de Amortecimento, devido à diversidade de usos e ocupações permitidos, a vegetação original está menos preservada e é encontrada de forma pontual. Conseqüentemente, a fragilidade ambiental identificada para essa classe de fácies 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 1400mm, enquanto a continental recebe 1800mm.

- Grupo de Fácies: Planícies Fluviais Com Floresta Ombrófila Densa Submontana Sobre Solos Mesomaduros a Maduros sob Forte Influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem

O grupo de fâcies representa uma categoria de paisagem que abrange características peculiares e complexas. Nesse contexto, a dinâmica ambiental é influenciada por diversos fatores que desempenham papéis cruciais na sua configuração.

A presença da Floresta Ombrófila Densa Submontana é um traço marcante desse grupo de fâcies típica do sopé da Serra do Mar. Essa vegetação é adaptada a um clima úmido. Em seu clímax, as árvores apresentam alturas aproximadamente uniformes, atingindo cerca de 30 metros. Nas áreas de vales com declividades baixas, as árvores tendem a ser ainda mais altas, influenciadas pelo espesso manto de matéria orgânica acumulada. A presença dessa floresta indica a importância da cobertura vegetal na regulação do ciclo hidrológico, na manutenção da biodiversidade e na proteção do solo. No entanto, a influência antrópica na forma de mosaico de agricultura e pastagem se faz presente, o que representa um desafio para a conservação dessas áreas.

Os solos encontrados nesse grupo de fâcies são classificados como mesomaduros a maduros, o que sugere um certo grau de desenvolvimento e maturidade do solo. Isso tem implicações importantes para a capacidade de suporte da vegetação e sua resistência à degradação. Sendo unidades que variam em relação à fragilidade ambiental, abrangendo desde muito baixa até média, essas áreas são caracterizadas pela supressão da vegetação nativa devido à presença do mosaico de agricultura e pastagem. No entanto, no contexto da fragilidade ambiental identificada no presente estudo, levando em consideração os fatores e pesos selecionados, o fator uso e ocupação do solo apresentou uma influência média na definição geral dessa fragilidade.

A influência do mosaico de agricultura e pastagem nesse contexto cria uma complexa interação entre o uso e ocupação e os geossistemas naturais. Essa influência é percebida em mudanças na cobertura do solo, na estrutura da vegetação, e em outras características ambientais (**Figura 26**). É importante reconhecer a relevância do mosaico de agricultura e pastagem como uma realidade em muitas regiões, mas ao mesmo tempo, é necessário abordar os desafios e impactos associados a essa interação.

Portanto, esse grupo de fâcies apresenta um cenário ambiental dinâmico e multifacetado, onde a conservação da floresta, o manejo sustentável das áreas agrícolas e de pastagem, bem como a proteção do solo, são questões fundamentais para a gestão e a preservação dessas paisagens.

Figura 26 – Planície com Floresta submontana sob forte influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem



Fonte: Elaboração do autor

- Grupo de Fácies: Planícies Fluviais Com Floresta Ombrófila Densa Submontana Sobre Solos Mesomaduros a Maduros sob Forte Influência Urbana

O grupo de fácies configura um cenário particularmente complexo, no qual a dinâmica ambiental é profundamente influenciada pelo fator urbano. A vegetação é ainda mais suprimida do que no grupo anterior, estando presente apenas em locais ainda não ocupados devido ao relevo acidentado (**Figura 27**). Portanto, a forte influência urbana é uma característica marcante, introduzindo modificações significativas na paisagem natural.

Os solos encontrados nesse grupo de fácies também são classificados como mesomaduros a maduros, no entanto, a presença de ampla impermeabilização do solo devido à BR-116 e às ruas vicinais é notável. Essa condição tem implicações significativas na capacidade de recarga hídrica e na umidade do solo. A fragilidade ambiental nesse grupo é predominantemente média vinculada principalmente ao uso e ocupação.

A forte influência urbana representa um desafio considerável para a manutenção da qualidade ambiental da Unidade de Conservação. Devido à urbanização, a capacidade de deslocamento dos animais entre os fragmentos de vegetação fica comprometida, resultando em inúmeros atropelamentos de animais silvestres anualmente. Além disso, o tráfego contínuo de veículos gera grandes emissões de CO₂ e aumenta a temperatura na via, o que tem um impacto negativo na vegetação próxima. 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.

Figura 27 – Planície com Floresta submontana sob forte influência urbana



Fonte: Elaboração do autor

- Grupo de Fâcies: Planícies Fluviais Com Floresta Ombrófila Densa Montana Sobre Solos Mesomaduros a Maduros sob Forte Influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem

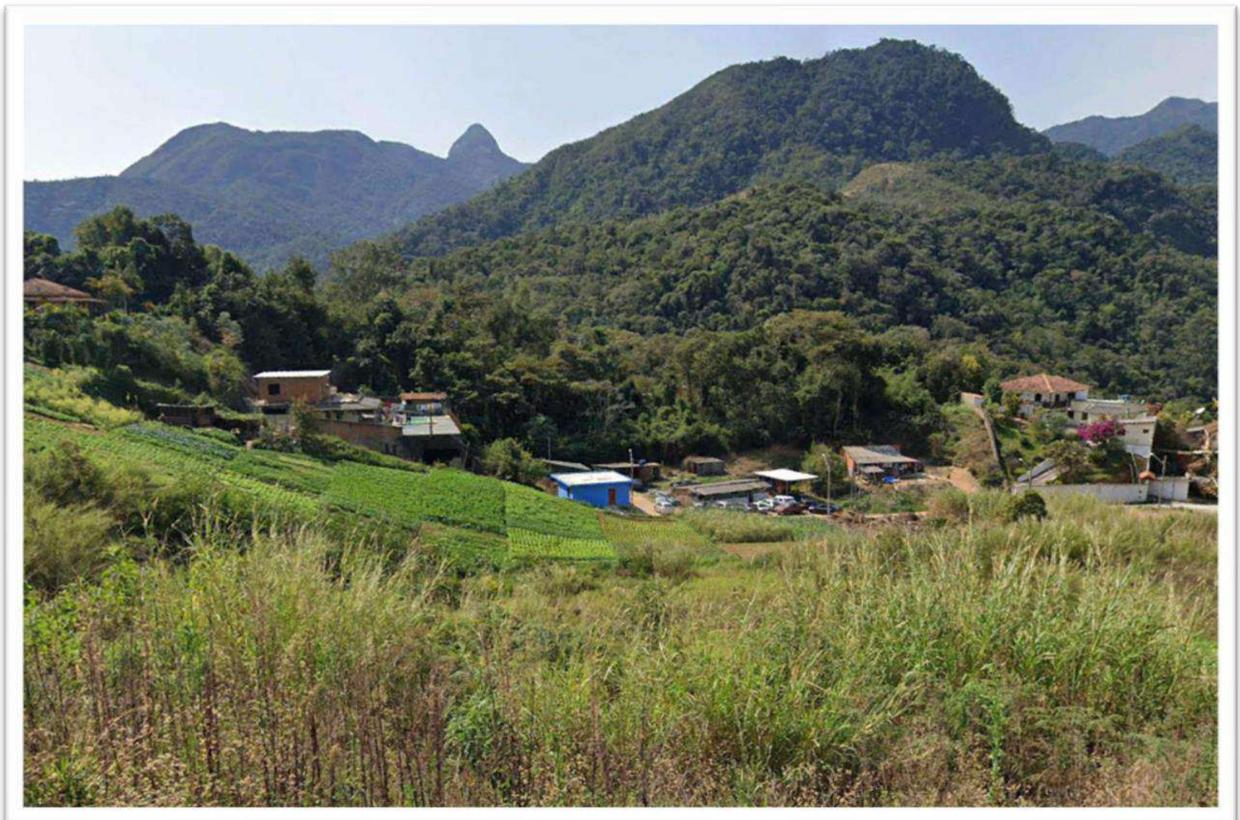
O grupo de fâcies apresenta uma conjuntura caracterizada por mosaicos de agricultura e pastagem que interferem significativamente na dinâmica hídrica e na configuração da paisagem

(**Figura 28**). A caracterização da vegetação, em relação à sua fitofisionomia, identificou a presença de Floresta Ombrófila Densa Montana, a qual também está adaptada ao clima úmido. No entanto, essa floresta se destaca por suas árvores com alturas que variam de 15 a 20 metros e é predominante em contextos íngremes da Serra do Mar. Ela não apresenta um dossel florestal contínuo, devido à sua distribuição escalonada sobre as vertentes íngremes, o que facilita a disponibilidade de radiação solar. Nessa unidade essa vegetação é presente em locais específicos.

Contudo, a forte influência do mosaico de agricultura e pastagem representa um desafio significativo para a integridade dessa unidade. A coexistência entre a vegetação nativa e a atividade agrícola e de pastagem cria uma complexa interação ambiental. A fragilidade ambiental nesse contexto é classificada como média.

Portanto, esse grupo de fâcies representa um ambiente no qual compreender e planejar adequadamente o uso da terra e a conservação dessas paisagens significa buscar um equilíbrio entre a preservação da vegetação nativa e a prática da agricultura e da criação de animais.

Figura 28 – Planície com Floresta Montana sob forte de Mosaico de Agricultura e Pastagem



Fonte: Elaboração do autor

- Grupo de Fácies: Fundos de Vale com Depósitos de Tálus com Floresta Ombrófila Densa Montana sobre Solos Mesomaduros a Maduros sob Forte Influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem

O grupo de fácies é caracterizado pela predominância de mosaicos de agricultura e pastagem, que exercem uma influência significativa sobre essa unidade (**Figura 29**). Essas áreas, devido à declividade média e ao uso e ocupação do solo, apresentam uma fragilidade ambiental com pouca oscilação, ou seja, a predominância é da classe média. A erosão do solo é um desafio comum em áreas inclinadas, e o manejo adequado é essencial para evitar a degradação do solo e a sedimentação dos cursos d'água. Quando há especificamente vegetação nativa, a fragilidade é baixa, no entanto, essa ocorrência é bastante restrita. A fragilidade ambiental predominante indica que essa área está sujeita a certos desafios em termos de conservação e gestão ambiental, especialmente em áreas tão próximas da UC.

A influência das práticas antrópicas é notável. A topografia da região não impede as atividades agrícolas, na verdade, na região, essas são comumente realizadas em topografias semelhantes até mesmo por ser a única opção. A presença limitada da floresta ombrófila densa montana reflete os impactos dessas atividades na vegetação original da região.

A atividade agrícola e pastoril na região de Caxambú, em Petrópolis, RJ, desempenha um 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.

Figura 29 – Fundo de Vale com Floresta montana sob influência de Mosaico de Agricultura e Pastagem



Fonte: Elaboração do autor

5.1.2 CLASSE DE FÁCIES: CRISTAS ESCARPADAS E FUNDOS DE VALE FLORESTADOS (II)

A classe é amplamente coberta por Floresta Ombrófila Densa Submontana, Montana e Altomontana, além de campos altimontanos. Portanto, suas altitudes variam desde cerca de 200 metros até superiores a 2000 metros, seguindo a lógica mencionada anteriormente. Esta área 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 mesma nas áreas da Zona de Amortecimento.

Em uma análise que parte das altitudes mais baixas até as mais altas, observamos a presença de Latossolo Amarelo Distrófico, Cambissolo Háptico Distrófico, inúmeros afloramentos rochosos e Neossolo Litólico Distro-úmbrico.

Outro ponto importante a ser considerado é a fragilidade ambiental. 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 devido à 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 2000mm, enquanto na porção oceânica a média anual é de aproximadamente 1400mm. 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.

O relevo é montanhoso, com características específicas de fundos de vale com depósitos de tálus e cristas e vertentes escarpadas dissecadas, o que exerce forte influência na dinâmica devido à sua estrutura e funcionalidade. Nessa classe, começam a ser observadas interações entre elementos zonais e azonais, marcando uma transição interessante na paisagem e na dinâmica ambiental.

- Grupo de Fácies: Fundos de Vale com Depósitos de Tálus com Floresta Ombrófila Densa Submontana sobre Solos Mesomaduros

O grupo de fácies é caracterizado por baixas a médias declividades e está localizado principalmente na porção oceânica, sendo predominantemente encontrado na Zona de Amortecimento do PARNASO. Isso implica em influências indiretas de mosaicos de agricultura e pastagem, bem como de áreas urbanas. No entanto, as características ambientais originais, como a vegetação, a hidrologia e a geomorfologia, são preservadas (**Figura 30**).

Nessa região, a fragilidade ambiental é predominantemente classificada como muito baixa, com algumas variações para baixa a média à medida que se move para o leste-nordeste, devido à influência de mosaicos de agricultura e pastagem. No entanto, a predominância ainda é das estruturas naturais e da conservação das características originais do ambiente.

Quanto ao risco de incêndio florestal, segue uma lógica semelhante. A variação é de baixo a médio risco, com algumas áreas pontuais apresentando risco alto. Isso ocorre principalmente devido à proximidade com a BR-116, que aumenta a probabilidade de incêndios florestais.

Em resumo, esse grupo de fácies representa uma região onde a paisagem e o ambiente natural são preservados, apesar da presença de influências indiretas de atividades humanas. A conservação das características originais e a minimização dos riscos, como os incêndios florestais, são aspectos importantes para manter a integridade dessa unidade.

Figura 30 – Planícies e morrarias do Fundo de Vale com Floresta submontana em segundo plano



Fonte: Elaboração do autor

- Grupo de Fácies: Cristas e vertentes escarpadas dissecadas com Floresta Ombrófila Densa Submontana sobre Solos Imaturos a Mesomaduros

O grupo de fácies apresenta um relevo de alta energia devido às altas declividades, que atingem, em média, mais de 65%. A vegetação de Floresta Ombrófila Densa Submontana é contínua (**Figura 31**), com poucas ou nenhuma variação ao longo da área. Quando há alguma disparidade na densidade da vegetação, provavelmente isso se deve a processos de escorregamentos típicos de relevos montanhosos em climas úmidos.

A fragilidade ambiental nessa região é predominantemente baixa, devido à proteção oferecida pela densa vegetação. No entanto, existem áreas com classificação média de fragilidade. De maneira geral, o risco de incêndios florestais varia de baixo a médio, dependendo principalmente da orientação das vertentes. Nas áreas de menor risco, é comum encontrar vertentes voltadas para o sul, enquanto nas áreas de risco moderado, as vertentes são voltadas para o norte.

Em resumo o grupo é caracterizado pelo cenário de um ambiente natural bem preservado, com uma vegetação densa que desempenha um papel fundamental na redução da fragilidade ambiental. No entanto, a topografia íngreme e as variações na orientação das vertentes podem influenciar os riscos de incêndios florestais em diferentes partes da área. A compreensão dessas dinâmicas é crucial para a gestão e conservação dessa paisagem montanhosa única.

Figura 31 – Planícies com influência urbana em primeiro plano e em segundo plano as cristas vegetadas



Fonte: Elaboração do autor

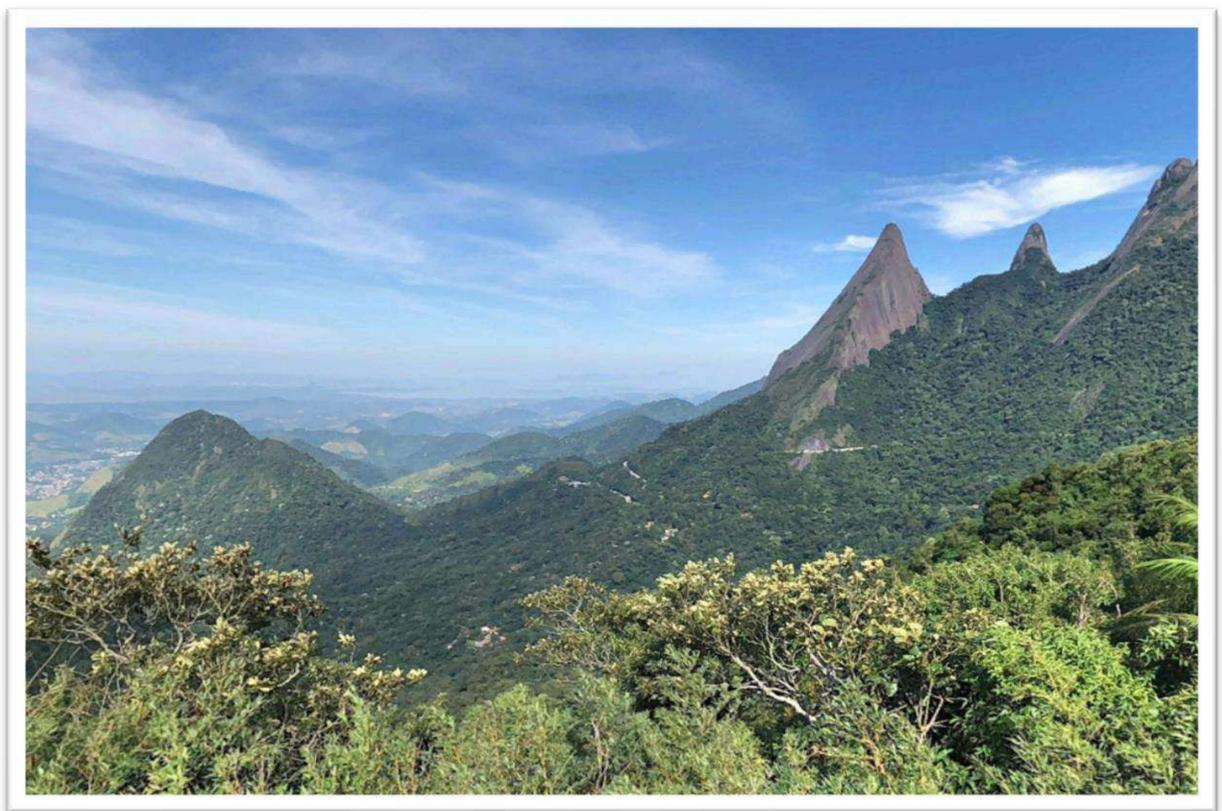
- Grupo de Fácies: Fundos de Vale com Depósitos de Tálus com Floresta Ombrófila Densa Montana sobre Solos Mesomaduros

O grupo de fácies se encontra (**Figura 32**), em sua maioria, dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, estando presente apenas na parte continental da ZA. Essa diferenciação ocorre principalmente devido à sua fitofisionomia, que é caracterizada pela presença de Floresta Ombrófila Densa Montana. Isso significa que essa área está situada em médias altitudes, variando de 500 metros a 1500 metros acima do nível do mar.

A amplitude altimétrica desse grupo de fácies implica em variações na temperatura média dentro da unidade, assim como na precipitação média. A fragilidade ambiental varia entre muito baixa e baixa devido às variáveis selecionadas, como a presença predominante de Latossolo Amarelo Distrófico, média declividade e uma contínua cobertura de vegetação densa.

Quanto ao risco de incêndios, a dinâmica é semelhante ao grupo anterior, mas em pontos específicos na porção leste-nordeste, próximos à BR-116 e ao posto de gasolina do Garrafão, e próximos a BR-495, o risco é classificado como Alto.

Figura 32 – Fundos de vale com floresta montana em e cristas vegetadas com afloramentos rochosos



Fonte: Elaboração do autor

Essa área, situada nas montanhas, desempenha um papel importante na conservação do PARNASO, contribuindo para a manutenção da integridade ambiental da região. A presença da Floresta Ombrófila Densa Montana é essencial para a redução da fragilidade ambiental, mas é necessário monitorar áreas específicas com risco de incêndio mais elevado devido à interação com a atividade humana.

- Grupo de Fácies: Cristas e vertentes escarpadas dissecadas com Floresta Ombrófila Densa Montana sobre Solos Imaturos a Mesomaduros com afloramentos rochosos

O grupo de fácies é uma localidade de grande relevância dentro do contexto do PARNASO. Da mesma forma que o grupo anterior sua presença na ZA se dá apenas na parte continental da área de estudo. Essa unidade se destaca pela sua topografia acidentada, marcada por cristas e vertentes escarpadas, que conferem à paisagem um aspecto de grande beleza cênica (**Figura 33**).

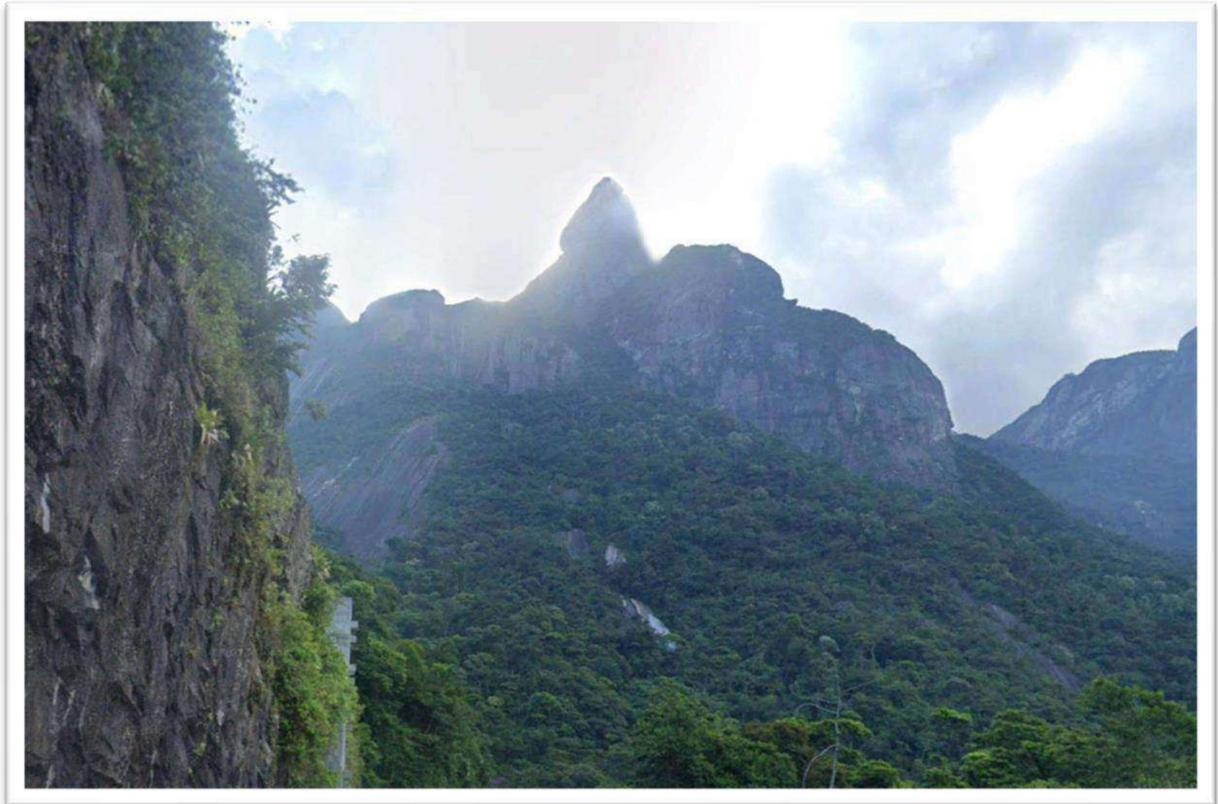
A presença da Floresta Ombrófila Densa Montana é significativa, contribuindo para a conservação da biodiversidade e a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais. A vegetação densa desempenha um papel fundamental na proteção dos solos e na regulação do ciclo hidrológico, evitando erosões e ajudando a manter a qualidade da água dos rios e córregos que nascem nessas áreas.

Os solos nessa região são classificados como imaturos a mesomaduros, o que significa que estão inseridos os principalmente os Cambissolos Háplicos Distróficos, mas também os Neossolos Litólicos Distro-úmbricos. A presença de afloramentos rochosos adiciona complexidade ao ambiente, criando micro-habitats únicos e influenciando a dinâmica do solo e da vegetação.

No que diz respeito à fragilidade ambiental, essa área tende a apresentar níveis variados, com locais de baixa fragilidade devido à vegetação densa que reduz os riscos de erosão. No entanto, a presença de solos imaturos e afloramentos rochosos aumenta a fragilidade em algumas partes da região para média.

O risco de incêndios florestais pode ser moderado, dependendo das condições específicas do local. A densa vegetação pode reduzir o risco, mas a presença de afloramentos rochosos pode criar potenciais pontos de ignição. Além disso, a discussão acerca das orientações das vertentes também se aplica para a presente unidade.

Figura 33 – Cristas com floresta montana e afloramentos rochosos



Fonte: Elaboração do autor

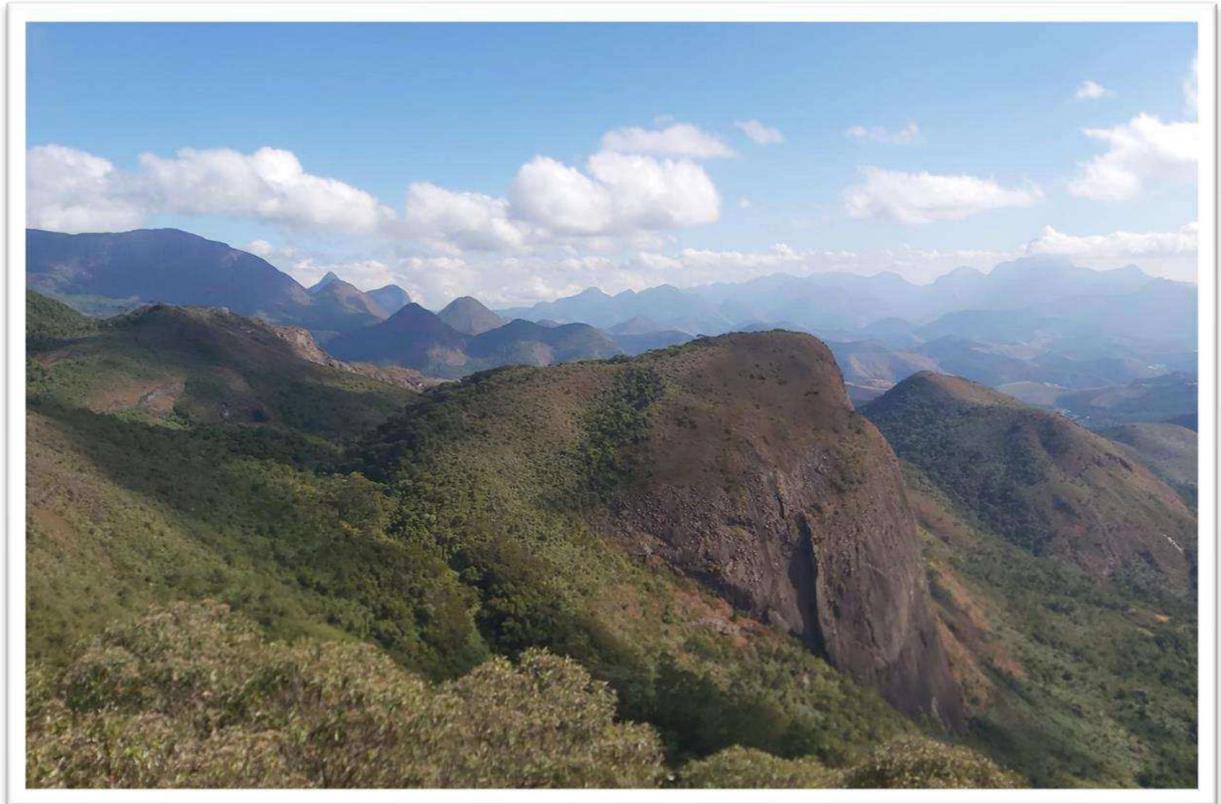
- Grupo de Fácies: Fundos de Vale com Depósitos de Tálus com Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre Solos Mesomaduros com afloramentos rochosos

O grupo de fácies está restrito aos limites do PARNASO e é extremamente pontual (**Figura 34**). A diferenciação para o grupo de fácies "Fundos de Vale com Depósitos de Tálus com Floresta Ombrófila Densa Montana sobre Solos Mesomaduros" se dá exclusivamente pela altitude. Essa região apresenta altitudes acima dos 1500 metros, o que configura uma vegetação com fitofisionomia de Floresta Ombrófila Densa Alto Montana.

A fragilidade ambiental nessa área é classificada como baixa, o que sugere uma relativa estabilidade do ambiente, provavelmente devido à sua localização remota e altitudes elevadas. No entanto, o risco de incêndios é classificado como médio, o que indica que, apesar da baixa fragilidade ambiental, a presença de vegetação densa, as condições climáticas específicas e a orientação das vertentes predominante para nordeste e noroeste podem contribuir para a ocorrência de incêndios florestais.

É notável por sua altitude elevada e pela presença de uma vegetação característica de altas montanhas. Sua importância ecológica reside na contribuição para a preservação de ecossistemas de altitude e na proteção de espécies adaptadas a essas condições extremas. A gestão adequada é fundamental para garantir a conservação desse ambiente único dentro do PARNASO.

Figura 34 – Visão do Mirante da Pedra do Carneiro na esquerda os vales com floresta altomontana



Fonte: Eduardo Joaquim (Wikiloc)

- Grupo de Fácies: Cristas e vertentes escarpadas dissecadas com Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre Solos Imaturos a Mesomaduros com numerosos afloramentos rochosos

O grupo de fácies é caracterizado por Cristas e vertentes escarpadas dissecadas que desempenham o papel singular no input de energia para sistema ambiental, é uma das unidades mais singulares dentro do contexto do PARNASO. Essa unidade apresenta características

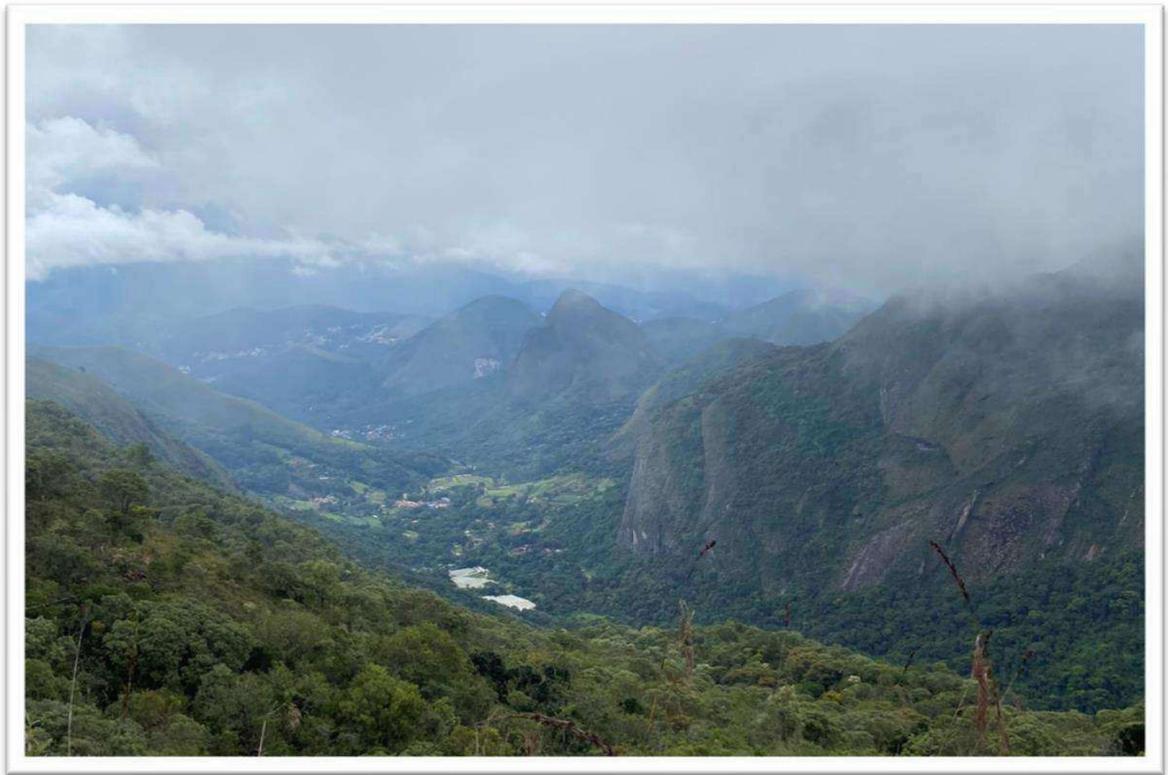
paisagísticas, geológicas e geoecológicas únicas que a tornam de grande importância para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas de altitude.

A presença da Floresta Ombrófila Densa Altomontana indica que essa área está situada em altitudes elevadas, caracterizando-se por vegetação adaptada às condições de altitude. As altitudes na faixa altomontana podem variar de 1500m a 200m, criando áreas singulares para o desenvolvimento de diversas espécies faunísticas e florísticas. A precipitação anual é alta, a qual somada aos demais fatores selecionados indica áreas de fragilidade potencial alta, porém a vegetação densa desempenha um papel fundamental na proteção dos solos.

Os solos nessa região são classificados como imaturos a mesomaduros, refletindo o processo contínuo de formação do solo nas áreas de alta declividade. A presença de numerosos afloramentos rochosos com estruturas bem demarcadas deflagra a complexidade do ambiente, criando condições especiais para o desenvolvimento da vida. É possível observar nas diversas diaclases e falhas onde existe um adensamento vegetal característico (**Figura 35**).

A fragilidade ambiental nessa unidade tende a variar entre baixa e média, dependendo das condições locais. Quando há a presença de vegetação densa a fragilidade é baixa, mas quando há a soma das condições de topografia das cristas e vertentes escarpadas e a dos afloramentos rochosos ou Neossolos Litólicos Distro-úmbricos a fragilidade é média. Considerando sobre o risco de incêndios florestais, oscila entre baixo e médio com áreas específicas de alto risco próximas as rodovias.

Figura 35 – Cristas e vertentes escarpadas com floresta altomontana em 1º plano



Fonte: Elaboração do autor.

- Grupo de Fácies: Cristas e vertentes escarpadas dissecadas com campos altimontanos herbáceos e arbustivos sobre Solos Imaturos com numerosos afloramentos rochosos

A presença de campos altimontanos herbáceos e arbustivos é uma característica marcante dessa unidade. Esses campos consistem em vegetação rasteira, que se adapta às condições extremas das altas montanhas (**Figura 36**). Os campos altimontanos desempenham um papel crucial na manutenção dos ecossistemas de altitude, contribuindo para a retenção de água, prevenção de erosão e fornecimento de habitat para espécies adaptadas a essas condições.

No entanto, a ameaça dos incêndios florestais é uma preocupação significativa nessa área. Devido à vegetação herbácea e arbustiva, os campos altimontanos são mais suscetíveis a incêndios, principalmente nas vertentes orientadas para o norte, nordeste ou noroeste, onde no hemisfério Sul são mais secas devido a incidência mais acentuada dos raios solares. Esses incêndios podem ser causados por atividades humanas ou causas naturais, como raios. Incêndios nessa região podem ter impactos devastadores, destruindo a vegetação nativa e afetando a fauna local.

Figura 36 – Passagem da floresta altomontana para os campos altimontanos herbáceos e aburtivos



Fonte: Elaboração do autor.

A gestão e prevenção de incêndios são, portanto, questões críticas nesse grupo de fâcies. Estratégias de combate a incêndios, monitoramento constante e a conscientização pública sobre a importância da preservação dessas áreas são essenciais para evitar danos irreparáveis.

A unidade geossistêmica em questão integra os cinturões extratropicais, o que significa que apresenta a presença de enclaves azonais. Os enclaves azonais referem-se a áreas que não se encaixam nos padrões típicos da região, muitas vezes devido a características específicas, por exemplo a alta altitude. Nesse contexto, a presença de enclaves azonais indica que essa unidade geossistêmica se destaca por suas características singulares. São áreas que potencialmente abrigam uma biodiversidade diferente e desempenha um papel importante na conservação dessas espécies.

5.1.3 CLASSE DE FÂCIAS: PATAMARES DE CIMEIRA VEGETADOS (III)

A Classe de Fâcias 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

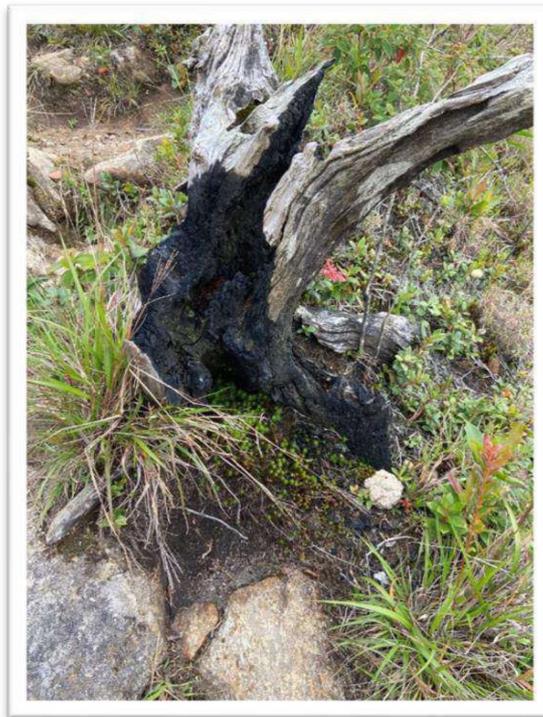
das montanhas. Essas superfícies são cobertas por vegetação, o que confere a elas uma importância significativa em termos de biodiversidade e conservação, de Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana e Campos altimontanos herbáceos e arbustivos.

Esses patamares de cimeira vegetados desempenham um papel fundamental na proteção e preservação de ecossistemas de altitude. Devido à sua localização em altitudes elevadas, eles podem abrigar espécies de plantas e animais adaptadas a condições específicas de temperatura e umidade. Além disso, essas áreas atuam como importantes áreas de recarga hídrica uma vez que localizam-se nos divisores topográficos das bacias hidrográficas da região, contribuindo para a manutenção dos recursos hídricos na região.

Além de sua importância para a biodiversidade e os recursos hídricos, os patamares de cimeira vegetados também desempenham um 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.

É uma unidade sensível que frequentemente sofre com incêndios, sejam eles provocados por seres humanos ou de forma natural (**Figura 37**). O mapa de frequência de fogo apresentado anteriormente neste trabalho ilustra essa situação.

Figura 37 – Vestígios de incêndio florestal em tronco



Fonte: Elaboração do autor.

- Grupo de Fácies: Patamares de cimeira com Floresta Ombrófila Densa Montana sobre Solos Mesomaduros a Imaturos

Este é um grupo de fácies que se destaca por sua restrição espacial e suas características específicas. A diferenciação principal ocorre em relação à altitude, onde se encontram áreas com altitudes superiores a 1000 metros. Além disso, a presença de Floresta Ombrófila Densa Montana é uma característica distintiva desse grupo de fácies.

Em termos de relevo, essa unidade é caracterizada por ser plana a suavemente ondulada no topo, o que a torna singular em relação a outras áreas com características mais acidentadas. Quanto à fragilidade ambiental, essa varia de baixa a média, mas a predominância é da primeira categoria, indicando que essa área é, em grande parte, resistente a perturbações ambientais.

No que diz respeito ao risco de incêndio, essa unidade geossistêmica é classificada como de risco médio, com algumas áreas próximas a locais de alto risco. Isso ressalta a importância de medidas de prevenção e gestão adequadas para proteger essa vegetação.

Lamentavelmente, essa área é de difícil acesso, e não foram encontrados registros fotográficos disponíveis na internet. A **figura 38** apresenta uma imagem de satélite do Google que representa a região correspondente a essa unidade geossistêmica.

A falta de registros fotográficos disponíveis pode ser um desafio para a documentação e compreensão completa dessa área. Embora as imagens de satélite possam não fornecer detalhes visuais em alta resolução, elas ainda conseguem destacar algumas características distintivas dessa unidade geossistêmica. Por exemplo, essas imagens podem revelar o aspecto mais plano dessa área em comparação com as áreas circundantes. Além disso, elas podem indicar a presença de vegetação densa, mesmo que essa vegetação seja pouco esparsa.

Essa limitação destaca a importância de futuras explorações de campo e pesquisa para obter uma compreensão mais completa dessa área de difícil acesso.

Figura 38 – Imagem de satélite dos patamares com floresta montana



Fonte: Elaboração do autor.

- Grupo de Fácies: Patamares de cimeira com Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre Solos Imaturos com numerosos afloramentos rochosos

O grupo de fácies é uma unidade geossistêmica de área restrita e diferenciada principalmente pela altitude, com altitudes superiores a 1500 metros, chegando até aos 2000 metros.

A principal característica dessa unidade é a presença da Floresta Ombrófila Densa Altomontana. Essa floresta possui uma vegetação de pequeno porte, com alturas variando entre 5 e 10 metros, e é especialmente predominante em contextos de altitude elevada, como os patamares de cimeira (IBGE, 2012). Seus troncos são tortuosos e cobertos por uma camada de musgos e epífitas. São comumente denominadas como mata nebulosa devido à alta frequência com que estão envoltas por nuvens (**Figura 39**).

Em termos de fragilidade ambiental, essa unidade geossistêmica varia de baixa a média, com predominância da categoria de média fragilidade. Isso sugere que a área não é resistente a

processos erosivos, devido ao contexto com muitos afloramentos rochosos e a presença de Neossolo Litólico Distrófico-úmbrico. Quanto ao risco de incêndio, essa unidade é classificada como de risco médio e apresenta uma considerável frequência de incêndios com mais de cinco em diversas áreas.

Figura 39 – Patamares de cimeira com floresta altomontana e presença de nuvens



Fonte: Elaboração do autor.

- Grupo de Fácies: Patamares de cimeira com campos altimontanos herbáceos e arbustivos sobre Solos Imaturos com numerosos afloramentos rochosos

O grupo de fâcies possui topografia de cume e presença de campos altimontanos, que são sistemas de alta altitude com vegetação composta principalmente por gramíneas e arbustos. Nessa unidade, a vegetação é 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. Os solos são imaturos e há presença de afloramentos rochosos, uma característica marcante desse ambiente (**Figura 40**).

A unidade possui uma fragilidade ambiental predominantemente média. Isso sugere que a área possui maior susceptibilidade a processos erosivos. Quanto ao risco de incêndio, essa unidade é classificada como de risco médio, com ocorrência ocasional de incêndios devido às condições climáticas e à vegetação predominante.

Essa unidade geossistêmica desempenha um papel importante no contexto do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, 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.

Figura 40 – Patamares de cimeira com campos altimontanos e afloramentos rochosos



Fonte: Elaboração do autor.

5.2 A FRAGILIDADE AMBIENTAL E A DINÂMICA DOS GEOSISTEMAS

A fragilidade dos ambientes naturais tem se ampliado diante das intervenções humanas. No entanto, as características específicas de cada geossistema determinam a intensidade desse fenômeno. Nesse contexto, a compreensão do sistema ambiental, baseada na interação entre os componentes bióticos e abióticos, é indispensável (ROSS, 1994; 2012; CHRISTOFOLETTI,

1999). Assim, o mapeamento da fragilidade ambiental tem se mostrado uma ferramenta fundamental para o planejamento ambiental e territorial realizado pelos órgãos públicos. Esse processo permite avaliar e quantificar de forma integrada as potencialidades e fragilidades, levando em consideração as particularidades e limitações do meio (KAWAKUBO et al., 2005).

Os estudos relacionados à fragilidade ambiental têm como objetivo proporcionar, por meio da identificação e análise, outras possibilidades para a elaboração de diretrizes e ações a serem implementadas no espaço geográfico. Os mapas de fragilidade ambiental indicam, com base em sua natureza de síntese dos elementos naturais, como relevo, solo, clima, uso e ocupação, geologia, declividade e vegetação, as áreas com diferentes graus de fragilidade (CABRAL et al., 2011; ROSS, 1994).

No entanto, é necessário esclarecer as diferenças entre fragilidade potencial e ambiental. A primeira está relacionada à vulnerabilidade "natural" dos fatores abióticos (como solo, geologia, declividade, intensidade pluviométrica etc.) do ambiente, sem a intervenção humana. Já a segunda considera tanto a fragilidade potencial quanto os tipos de uso da terra praticados, bem como a cobertura vegetal (ABRAÃO & BACANI, 2018; KAWAKUBO et al., 2005).

Ao se referir às transformações causadas pelos fatores socioeconômicos, Ross (1994) e Tricart (1977) enfatizam que a sociedade não deve ser considerada como algo separado do meio ambiente, mas sim como participante ativa nos processos e dinâmicas intrínsecas dos sistemas ambientais. A sociedade transforma e modifica as paisagens para atender às suas necessidades, principalmente para fins habitacionais e econômicos. Com isso, essas alterações contribuem para um funcionamento específico dos sistemas e intensificam os processos de transformação das paisagens (SANTOS, 2015).

A ecodinâmica de Tricart (1977) utiliza uma abordagem integrada dos fenômenos que atuam no meio ambiente para compreender os mecanismos e suas inter-relações na evolução e funcionalidade dos fatores ambientais em uma determinada área. A funcionalidade do sistema ambiental e suas interações são as principais ideias propostas por Jean L. F. Tricart. Através da concepção dialética entre funcionalidade, causas, efeitos e ações, busca-se desvendar o que é relevante sobre uma determinada dinâmica. Essa abordagem está diretamente relacionada ao planejamento e gestão ambiental.

A ação humana é exercida sobre a natureza, que está em constante evolução e transformação, seguindo suas próprias leis e com diferentes intensidades. Essa ação, ao alterar os

equilíbrios de matéria e energia, como por exemplo a disponibilidade de água na superfície, a remoção da vegetação e a redução da interceptação da precipitação, entre outros fatores nos ambientes, afeta a funcionalidade do sistema e pode levar a processos degradativos ou regenerativos. Portanto, não devemos nos limitar à descrição fisiográfica, mas sim compreender esses processos, medi-los e quantificá-los (AMARAL & ROSS, 2009).

Além disso, com base no arcabouço teórico-metodológico de Ross (1994), Massa & Ross (2012) e na ecodinâmica preconizada por Tricart (1977), a classificação do PARNASO e sua ZA, em termos de fragilidade ambiental, tem o objetivo de entender os problemas relacionados às intervenções humanas no contexto montanhoso dos trópicos úmidos. Isso possibilita que tais intervenções sejam realizadas considerando as potencialidades e limitações da área em questão, a fim de evitar possíveis riscos e degradação ambiental. Portanto, a discussão sobre a delimitação oficial da zona de amortecimento para o PARNASO deve ser amplamente debatida.

A análise multicritério está se tornando uma ferramenta indispensável em diversas áreas do conhecimento. Além disso, no campo da ciência geográfica, ela se mostra importante nos estudos ambientais, especialmente na obtenção de informações relevantes para os órgãos públicos de planejamento (FUSHITA et al., 2011). Essa abordagem, como um método de análise integrativa de várias informações, permite considerar alternativas para a resolução de problemas. Seu caráter multicriterial, ou seja, a utilização de diversos critérios relacionados ao objeto de estudo, torna possível a identificação e hierarquização de possíveis abordagens.

5.2.1 FRAGILIDADE AMBIENTAL NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS

A localização e o relevo escarpado na região serrana do Rio de Janeiro, especificamente na área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e sua zona de amortecimento, exercem uma forte influência na ocorrência de chuvas orográficas, com níveis elevados durante o verão. Nesse sentido, o comportamento pluviométrico na área apresenta dois valores distintos, um para a região mais escarpada da serra e outro para as demais. Os pesos atribuídos foram 1 e 2, indicando uma vulnerabilidade muito baixa e baixa, de acordo com Massa & Ross (2012).

Quanto à declividade da área, verifica-se um alto grau de fragilidade. A classificação proposta por Ross (1994) para essa variável revelou aproximadamente 90% da área com um grau muito alto. No entanto, a ocupação humana na área é baixa devido à sua condição de unidade de

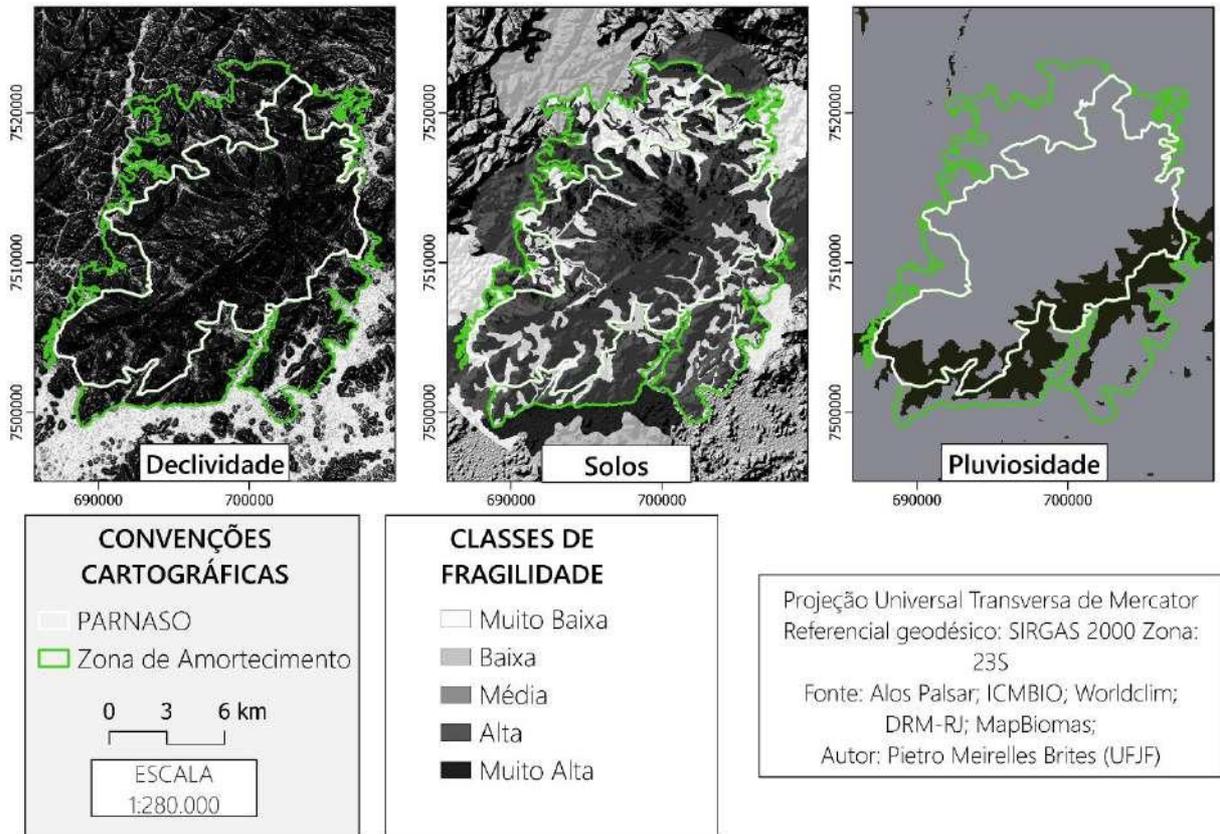
conservação de proteção integral, o que favorece a preservação da cobertura florestal e, conseqüentemente, reduz o risco de erosão relacionado aos fatores naturais.

O tratamento dado ao elemento solo foi proposto por Souza et al. (2011). Nesse contexto, as classes foram agrupadas de acordo com o grau de maturidade do solo, sendo atribuídos valores menores aos solos mais maduros e valores maiores aos solos menos maduros. Na área de estudo, foram identificadas cinco classes de vulnerabilidade, incluindo os seguintes tipos de solo: Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos, Latossolos Amarelo Distróficos, Latossolos Vermelho Distróficos, Argissolos Vermelho-Amarelo Alumínicos, Planossolos Hálpicos, Gleissolos Hálpicos, Afloramentos Rochosos, Cambissolos Hálpicos, Neossolo Litólico Distro-úmbrico e Área Urbana.

Foram adotadas especificamente as quatro classes principais mapeadas com base nas abordagens de Souza Martins et al. (2007; 2008) para o PARNASO e sua Zona de Amortecimento. Para a faixa de buffer de 3 km gerada, foi realizada uma combinação entre esse mapeamento e as classes identificadas pelo CPRM na escala de 1:250.000, sendo aplicada somente fora dos limites dessas duas áreas.

Na **figura 41**, é possível observar que as classes de fragilidade apresentam certa variabilidade espacial e ocorrem em diferentes níveis na área de estudo, dependendo da variável observada. Essa variação demonstra a complexidade e a heterogeneidade dos fatores que influenciam a fragilidade ambiental na área.

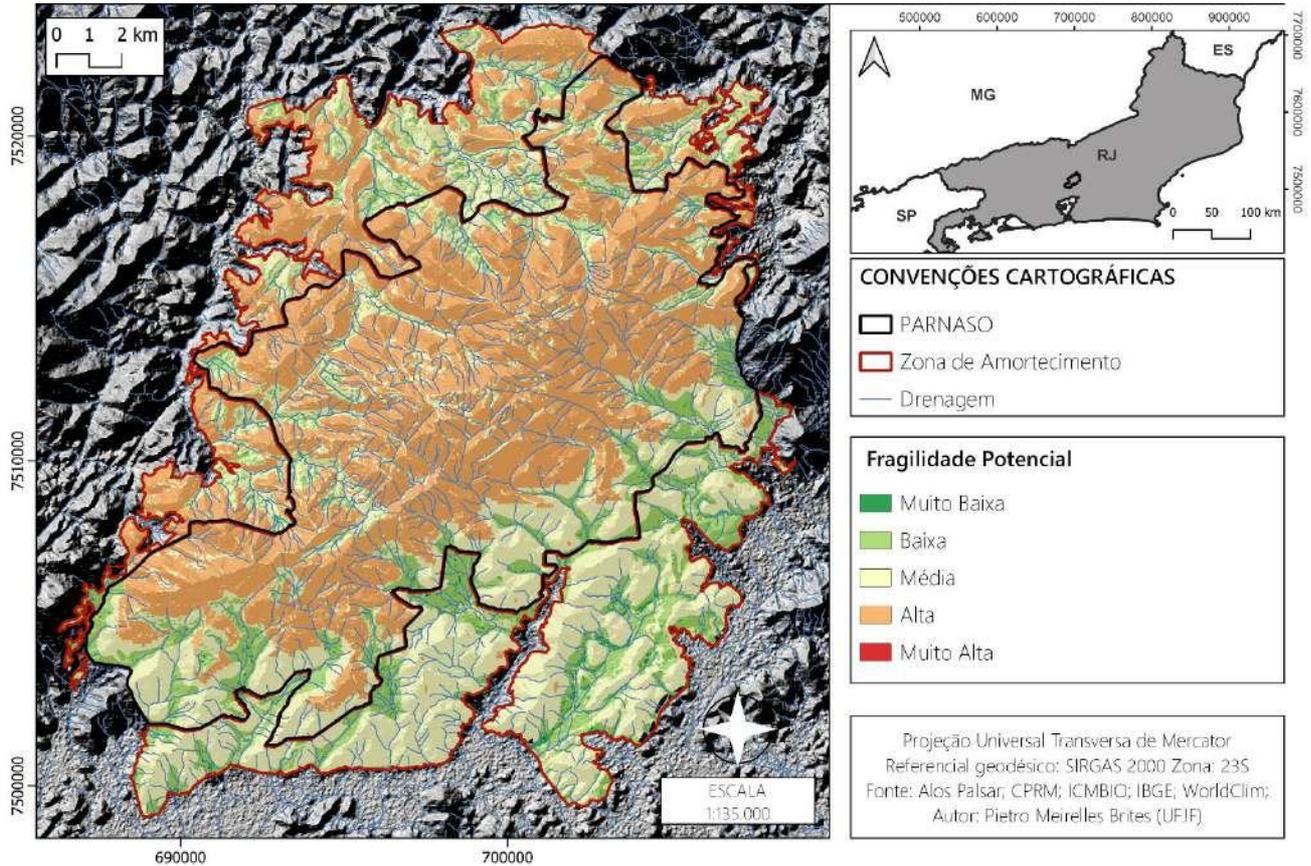
Figura 41 - Classificação de fragilidade dos elementos abióticos



Fonte: Elaboração do autor

Os três elementos mencionados acima, correlacionados e normalizados por meio da calculadora raster, possibilitaram a elaboração do mapa com as classes de fragilidade potencial (**Figura 42**). Ao todo, foram identificadas cinco classes de fragilidade potencial: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta, sendo a primeira e a última pouco representativas em termos de área. A Tabela 10 apresenta as áreas em km² para cada uma das classes individualmente, tanto para o PARNASO quanto para a ZA e o conjunto.

Figura 42 - Mapa de fragilidade potencial do PARNASO e sua ZA



Fonte: Elaboração do autor

Tabela 10 – Área em km² de fragilidade potencial no PARNASO e ZA

PARNASO		ZONA DE AMORTECIMENTO	
Classes	Área da Classe (km ²)	Classes	Área da Classe (km ²)
Muito Baixa	0,65	Muito Baixa	2,44
Baixa	22,07	Baixa	34,71
Média	50,71	Média	65,43
Alta	111,11	Alta	29,35
Muita Alta	0	Muita Alta	0

PARNASO+ ZA		%
Classes	Área da Classe (km ²)	
Muito Baixa	3,09	0,97
Baixa	56,78	17,94
Média	116,14	36,69
Alta	140,46	44,38
Muita Alta	0	0
Total	316,46	100%

Fonte: Elaboração do autor

É notável que os elevados graus de declividade, combinados com níveis de pluviosidade variando de médio a muito alto e a presença de solos imaturos a mesomaduros, desempenham um papel de significativa relevância na determinação das classes de fragilidade potencial na área de estudo. Especialmente notável é a predominância da classe alta de fragilidade potencial, que abrange uma extensa área correspondendo a 44,38% do território estudado. Essa predominância é influenciada diretamente pelos elevados graus de declividade, que resultam em solos pouco desenvolvidos e mais suscetíveis à erosão. Essa condição, quando associada ao regime pluviométrico anual da região, favorece a prevalência da classe de fragilidade potencial mencionada anteriormente.

Os graus de proteção do solo estão relacionados à capacidade da vegetação e/ou do uso do solo em interceptar a precipitação. 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 um papel importante na interceptação da energia da chuva. Os níveis de influência variam de acordo com os diferentes estratos vegetais e sua densidade de cobertura. Portanto, em áreas sem vegetação, a dinâmica da morfologia é mais intensa.

Dito isso, é necessário ter uma atenção especial ao papel da vegetação na proteção do solo no PARNASO e em sua ZA. A construção do mapa de fragilidade ambiental, descrito anteriormente na metodologia, esclareceu ainda mais essa compreensão. A integração do mapa de fragilidade potencial com o mapa de uso e ocupação da terra, seguindo os princípios de Ross (1994), proporcionou uma visão mais precisa na identificação dos potenciais processos erosivos na área de estudo. Na tabela 11, podem ser observadas diferenças significativas nos valores de área das classes de fragilidade, agora considerando a fragilidade ambiental. Ao considerar a influência dos diferentes tipos de vegetação e dos graus de proteção do solo em conjunto, torna-se evidente que as classes mais predominantes agora são as de Baixa e Média fragilidade ambiental. Isso ressalta a significativa contribuição da vegetação na proteção do solo, especialmente em regiões montanhosas como as da Serra dos Órgãos. A **figura 43** identifica espacialmente essas classes de fragilidade ambiental, reforçando a importância de priorizar a preservação e conservação dessa área, dada a sua fragilidade ambiental.

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 devido à 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.

Tabela 11 – Área em km² de fragilidade ambiental no PARNASO e ZA

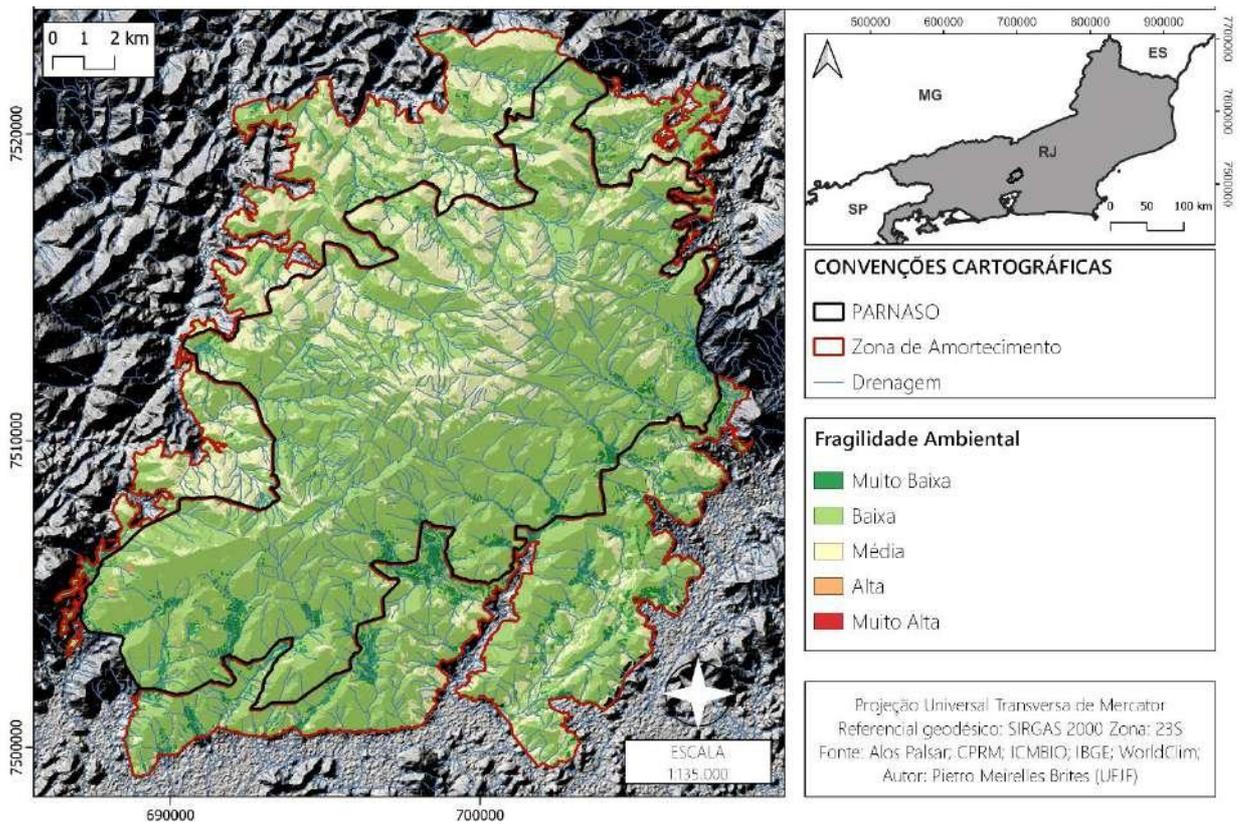
PARNASO		ZONA DE AMORTECIMENTO	
Classes	Área da Classe (km ²)	Classes	Área da Classe (km ²)
Muito Baixa	8,79	Muito Baixa	12,35
Baixa	144,60	Baixa	89,14
Média	30,94	Média	30,40
Alta	0,20	Alta	0,04
Muita Alta	0	Muita Alta	0
PARNASO + ZA			%
Classes	Área da Classe (km ²)		
Muito Baixa	21,14		6,68
Baixa	233,74		73,86
Média	61,34		19,38
Alta	0,24		0,07
Muita Alta	0		0
Total	316,46		100,00%

Fonte: Elaboração do autor

A proteção oferecida pela vegetação ocorre através da interceptação da chuva pelas folhas, reduzindo sua energia antes de atingir o solo. O grau de proteção depende do tipo de vegetação, sua densidade de cobertura e a variação ao longo do ano. Além disso, a vegetação também influencia a dinâmica dos ventos, reduzindo sua energia próximo ao solo e dispersando-os. Quando a vegetação é escassa, o vento pode contribuir para os processos erosivos ao transportar material. Por outro lado, quando a vegetação é densa, ajuda a amortecer a energia solar incidente no solo. É importante também considerar a superfície do solo, pois ela influencia o fluxo da água infiltrada. Portanto, a vegetação desempenha um papel fundamental na proteção do solo e sua dinâmica. O

mapeamento das características vegetacionais, como o grau de proteção do solo, é uma ferramenta importante no planejamento ambiental, pois auxilia na compreensão da estabilidade ou instabilidade da área de estudo. No caso do PARNASO e sua ZA, áreas com vegetação densa tendem a ser mais estáveis, enquanto a influência humana pode ser um fator de instabilidade (COSTA et al., 2009; ROSS, 1994).

Figura 43 - Mapa de fragilidade ambiental do PARNASO e sua ZA



Fonte: Elaboração do autor

Destacam-se os limites da Zona de Amortecimento do PARNASO devido à sua forma irregular, como se estivessem se esgueirando das áreas urbanas. O papel de uma ZA é justamente reduzir os possíveis impactos sobre a unidade de conservação, estabelecendo diretrizes específicas para a ocupação e regulando as atividades permitidas. Com o objetivo de estender a aplicação dessa metodologia, ampliou-se a área de abrangência da ZA, conforme estabelecido pelo SNUC para unidades de conservação de proteção integral que ainda não têm sua delimitação oficial. Nesse contexto, foi estabelecido um limite de 3 km em relação à UC, ou seja, o PARNASO. Essa

expansão foi realizada para analisar as classes de fragilidade ambiental que estão, em grande parte, diretamente relacionadas ao PARNASO.

Conforme é possível observar na figura 44, a zona de amortecimento oficial não engloba certas áreas com classes de fragilidade ambiental média a alta, que o buffer de 3 km compreende. Em áreas próximas ao PARNASO, como no oeste-noroeste e no oeste-sudoeste, é possível observar áreas com fragilidade ambiental significativamente alta. No mapa, fica evidente a proximidade dessas classes com outras áreas em que a unidade de conservação está inserida. No entanto, ao analisar a tabela 12, não fica claro o aumento das classes, mas isso também é justificado pelo aumento da área em aproximadamente 108 km².

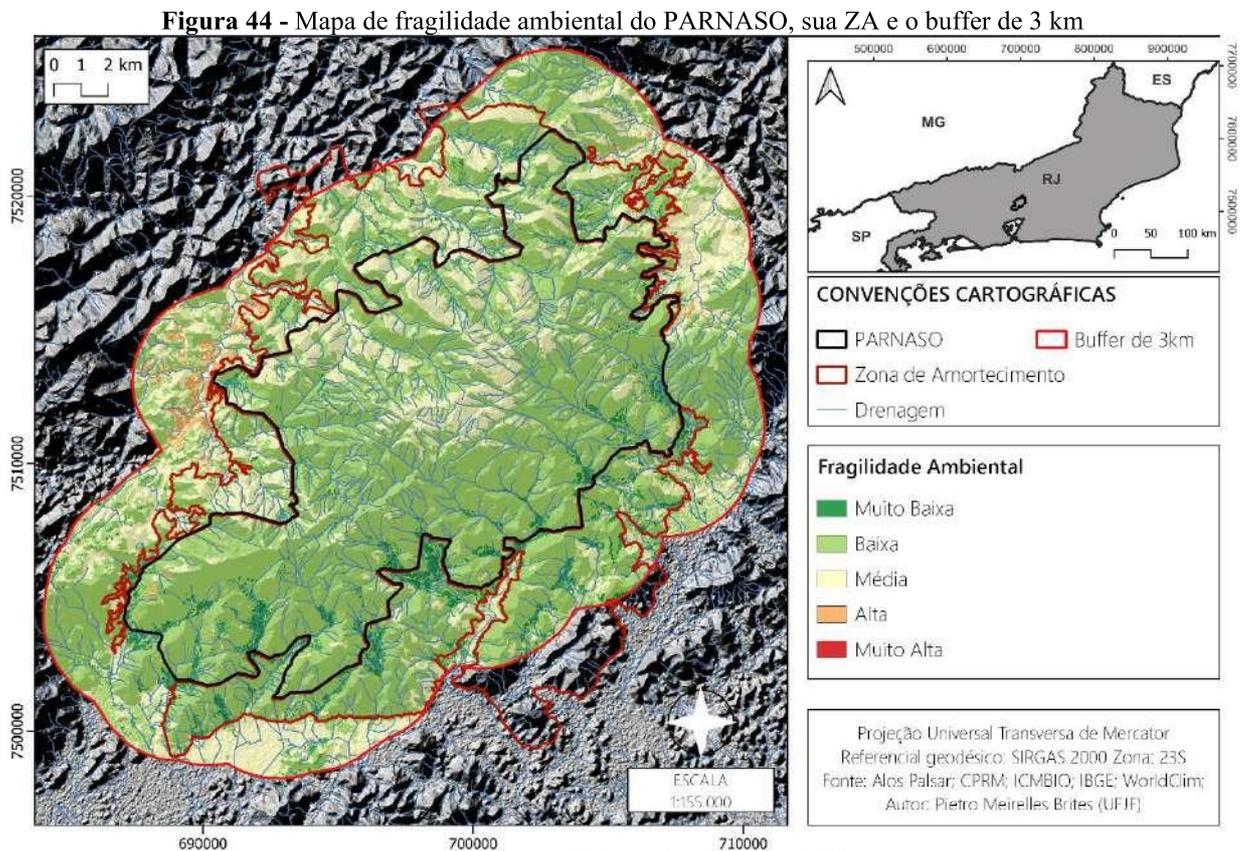


Tabela 12 – Área em km² de fragilidade ambiental no PARNASO e buffer 3 km

PARNASO+BUFFER 3 KM		%
Classes	Área da Classe (km ²)	
Muito Baixa	22,26	5,24
Baixa	286,34	67,43

Média	111,52	26,26
Alta	4,50	1,05
Muita Alta	0,002	0
Total	424,62	100%

Fonte: Elaboração do autor

5.2.2 RISCO DE INCÊNDIOS NO PARNASO E SUA ZA

Os incêndios em vegetação são problemas constantes no Brasil e no mundo, representando um grande desafio para os órgãos públicos de planejamento e gestão. Em todo o país, as preocupações com incêndios são amplificadas com a chegada dos meses de inverno e primavera, porque nesse período os índices pluviométricos são baixos, o que potencializa a ocorrência de incêndios. Estes são responsáveis por perdas significativas no ambiente, alterando os balanços de matéria e energia. A flora e a fauna são os principais afetados. Não obstante, é preciso também citar problemas econômicos, destruição de ecossistemas, custos operacionais de combate e até perdas de vidas humanas (SILVEIRA; VETTORAZZI; VALENTE, 2008).

As unidades de conservação (UC), como o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), enfrentam anualmente problemas com a ocorrência de incêndios dentro de seus limites, sejam eles de origem natural ou antropogênica. Essas áreas têm uma enorme importância no fornecimento de água, estoque de carbono, serviços ecossistêmicos e habitats para diversas espécies florísticas e faunísticas. Dito isso, as queimadas representam um desafio para a gestão e o planejamento dessas UCs, uma vez que as consequências podem ser a perda de biodiversidade, erosão do solo e a própria diminuição da qualidade atmosférica local (LACERDA et al, 2022). Sabe-se que diferentes atributos do ambiente podem amplificar ou atenuar a propagação do fogo e sua intensidade, tais como o relevo, as condições pluviométricas e de umidade do ar e do solo, e o uso do solo, entre outros.

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos possui 20% das áreas dos campos de altitude do Estado do Rio de Janeiro, conforme Aximoff (2011). O autor alerta também para as perdas de espécies florísticas e faunísticas em altitudes superiores a 1600 m. Ele afirma que se a pressão humana continuar nos moldes atuais, com o uso do fogo, as espécies ameaçadas de extinção e

restritas aos campos de altitude e não tolerantes a esse distúrbio só conseguirão sobreviver mediante outra intervenção humana, com o intuito de protegê-las.

Para os campos de altitude, não podemos afirmar que a supressão do fogo produz grande acumulação de biomassa inflamável aumentando, assim, o risco de queimadas catastróficas e incontroláveis. Outro aspecto que merece destaque é relativo ao processo de conservação destes ecossistemas naturais. Diferentemente do que tem sido sugerido para os campos do sul do Brasil (Pillar & Vélez 2010), não podemos dizer que o fogo é o processo que mantém a existência dos campos de altitude, considerando que na maior parte das vezes este distúrbio é de origem humana (AXIMOFF, 2011, p.193).

Os incêndios mais recentes e de grandes proporções que PARNASO enfrentou recentemente, que atingiu cerca de 70 hectares de vegetação em 2020. As causas do incêndio ainda estão sendo investigadas, mas as autoridades acreditam que tenha sido provocado por ação humana. Há indícios de que tenha sido causado pelo ato de atear fogo propositalmente em um veículo próximo aos limites do PARNASO, com o objetivo de receber o valor do seguro do carro. Em 2018, também houve um incêndio que atingiu o parque, queimando cerca de 35 hectares. Já em 2014, os incêndios duraram cerca de 13 dias, atingindo uma área de 1.600 hectares (G1, 2018; KNUST; MARINHO, 2020; SOARES, 2014).

Então, todos os anos o parque realiza processos seletivos para a contratação de brigadistas, com o objetivo de prevenir e combater a ocorrência de incêndios na unidade de conservação. Esses profissionais passam por treinamentos e capacitações para atuar de forma segura e eficiente no controle das chamas. A atuação dos brigadistas é fundamental para a preservação da biodiversidade e da beleza cênica do PARNASO, uma vez que os incêndios florestais podem causar danos irreparáveis à fauna, flora e ao ecossistema como um todo.

A identificação de áreas de risco de incêndio permite integrar ao quadro de demandas da gestão da UC estratégias para prevenção e combate ao fogo, auxiliando no direcionamento de recursos para as áreas mais suscetíveis. Para realizar essa identificação, é imprescindível uma ampla análise das variáveis ambientais da área, a fim de mapear fatores potencializadores e de ignição de incêndios.

Diversos trabalhos apontam para fatores determinantes na identificação dos níveis de risco de incêndio, (LACERDA et al, 2022; LADISLAU, 2021; PEZZOPANE, NETO E VILELA, 2012; PINTO, 2021; SOUZA, 2022; TORRES et al, 2016; 2017;) que se dividem em fatores constantes e fatores variáveis, ou fatores estruturais e fatores dinâmicos. O primeiro abrange os tipos de vegetação, o relevo, a topografia, o tipo de material combustível e o uso e ocupação do solo. Já o

segundo é representado pelas condições atmosféricas, geralmente pela precipitação e umidade do ar, porém em diversas escalas temporais dependendo do nível de detalhamento exigido. A compreensão das particularidades de como cada um desses fatores impacta no processo de ignição e propagação do fogo é, sem dúvida, importante para um planejamento que visa a prevenção.

A cobertura vegetal exerce influência direta no comportamento do fogo, uma vez que afeta diretamente o tipo de material combustível. Por sua vez, a declividade afeta a propagação do fogo, sendo que altos valores de declividade estão associados a um alto risco de incêndios. A orientação das encostas também é um fator relevante, pois a quantidade de exposição solar está associada ao risco de incêndios florestais, sendo que quanto maior a exposição, maior o risco. Além disso, a proximidade de estradas, postos de gasolina e construções é um fator crítico na incidência de incêndios, uma vez que, de acordo com Prudente (2016), as maiores incidências ocorrem em regiões próximas a rodovias movimentadas (TORRES et al, 2010). Dentro dos limites do PARNASO, transitam diariamente milhares de veículos pesados e leves, muitas vezes carregando combustíveis ou materiais inflamáveis, uma vez que a BR-116 e a BR-495 se encontram dentro do parque em uma pequena porção. Além disso, há também um posto de gasolina, o posto do Garrafão, ao longo da rodovia BR-116, que representa um importante ponto de atenção para a presente pesquisa.

A precipitação também é um fator crítico, pois influencia a umidade da vegetação, o que por sua vez condiciona a probabilidade de ocorrência de incêndios. Neste trabalho, a abordagem utilizada para o fator de precipitação foi a probabilidade de umidade, com base em dados do quarto mais seco do ano. Ou seja, ela influencia diretamente a umidade do solo, da vegetação e do ar, o que por sua vez afeta a propagação e intensidade dos incêndios florestais. Isso ocorreu porque não havia estações suficientes distribuídas ao longo dos limites do PARNASO e sua zona de amortecimento, e, portanto, foi necessário recorrer a dados de reclassificação do Worldclim, que não incluem dados diários, apenas mensais e anuais. Dessa forma, optou-se pela utilização dos dados da média de precipitação do quarto mais seco (PEZZOPANE; NETO; VILELA, 2012);

O início e a propagação do fogo em áreas com vegetação florestal, arbustiva ou de campo podem ser previstos com base no conhecimento dos fatores constantes e variáveis do ambiente. No entanto, a clareza desses fatores isoladamente não constitui uma base de informação suficiente para que os órgãos gestores possam elaborar um plano de ação para combater e/ou prevenir incêndios. Além disso, a integração dessas variáveis georreferenciadas para a construção de um modelo de

mapeamento das áreas de risco de incêndio é indispensável para esta qualidade de trabalho. A ferramenta utilizada para realizar essa integração é o sistema de informações geográficas (SIG), geralmente softwares como o ArcGIS ou QGIS. Esses permitem a manipulação, visualização e sobreposição de fatores constantes e variáveis de forma coordenada e ponderada, atribuindo pesos distintos a cada uma dessas variáveis conforme o conhecimento do especialista para a construção do modelo. Portanto, o SIG é uma ferramenta indispensável para análise espacial (TORRES et al, 2017).

A distribuição espacial das classes de risco de incêndio para o Parque Nacional da Serra dos Órgãos e sua Zona de Amortecimento deu-se conforme apresentado na **tabela 13**. Verificou-se o predomínio de áreas de risco médio e baixo, representando 59,77% e 37,73%, respectivamente, em praticamente toda a extensão da área de estudo. No entanto, é necessário ter atenção especial às áreas de alto risco (2,46%), pois ocupam áreas bastante sensíveis do local. As demais classes, muito alto e muito baixo, tiveram valores desprezíveis, menores que 1%. É interessante avaliar que o pixel em que se encontra a classe muito alto é apenas onde existe o posto do Garrafão.

Tabela 13 – Estatísticas zonais das áreas de risco à incêndios do PARNASO e ZA

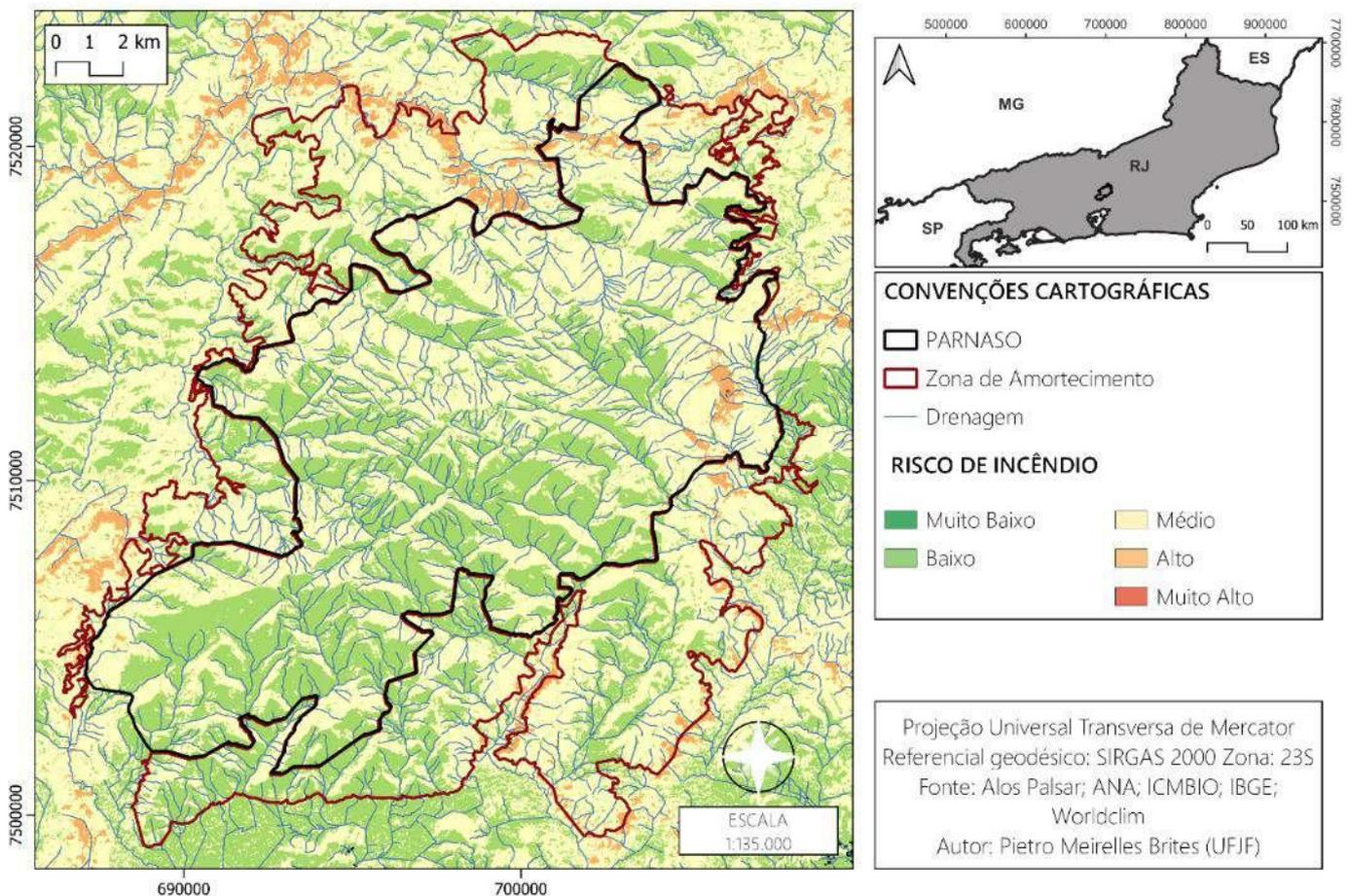
Nível de risco	% da área total
Muito alto	0,01
Alto	2,46
Médio	59,77
Baixo	37,73
Muito Baixo	0,03
TOTAL	100,00

Fonte: Elaboração do autor, 2022

A espacialização do risco de incêndios na área de estudo encontra-se na **figura 45**. Os fatores foram ranqueados por importância e influência no risco de incêndios, sendo eles: proximidade com estradas, proximidade com posto, uso e ocupação, orientação das vertentes, precipitação, temperatura média e velocidade média dos ventos. No entanto, dentro de cada fator, existem níveis hierárquicos. Por exemplo, as áreas que coincidiram no mesmo pixel com muitas ou todas as classes no nível 4 ou 5 da hierarquia apresentaram um risco de alto a muito alto.

Observa-se que muitas foram as áreas de risco baixo a médio, já que grande parte do PARNASO e ZA possui uma grande extensão florestal úmida, e o uso e ocupação obteve um dos pesos de maior relevância para a álgebra de mapas. Dentro dos limites do parque, são poucas as áreas que se distanciam das classes de risco baixo e média, apenas aquelas diretamente ligadas à rodovia BR-116, onde se encontra também o posto do Garrafão, e a BR-495.

Figura 45 - Mapa de risco de incêndio no PARNASO e sua ZA



Fonte: Elaboração do autor

A classe de maior expressão espacial foi a de risco médio, que possui características ambientais diversas, com declividades majoritariamente acima de 12%, e usos e ocupações variados, desde florestas úmidas até áreas urbanas, mas com vertentes voltadas para o norte, noroeste e nordeste. A altitude varia de 200m a 2200m, o que influencia fortemente a variabilidade da precipitação média, temperatura média e velocidade média dos ventos. Essa classe transita

praticamente entre todas as classes dos fatores. Vale ressaltar as áreas mais altas do parque, que associam vegetação de campos de altitude, altas declividades e orientação de vertentes anteriormente citadas, possuem o risco médio associado (TORRES et al, 2016).

A segunda maior classe em área, de baixo risco, pode ser observada em locais mesmo com altas declividades de relevo montanhoso, desde que suas vertentes estejam predominantemente voltadas para sul, sudeste e sudoeste, e que estejam circunscritas em floresta ombrófila densa submontana, montana e alto montana, características da área de estudo. Além disso, a precipitação deve estar distribuída nos três maiores níveis hierárquicos, 160 mm <, 140,1 a 160 mm e 120,1 a 140 mm, para o quarto mais seco. O padrão de altitude para essa classe varia de aproximadamente 400 m a 1800 m.

As áreas de risco alto foram predominantes em áreas de maior proximidade com as rodovias, considerando a distribuição ao longo das faixas de distância, com concentração nas distâncias de até 500 m e poucas ocorrências acima de 500 m até 1000 m, associando-se a diferentes características ambientais do local. Existem descontinuidades associando a proximidade das rodovias à classe de alto risco, e essas quebras no padrão estão atreladas à orientação das vertentes para sul, sudeste e sudoeste. Onde há continuidade, as orientações são justamente as opostas ou se dividem em poucos casos em leste e oeste. Além disso, a temperatura segue o padrão altimétrico e a disposição sul para norte do parque e sua ZA, onde sul é mais baixo e norte mais alto, ou seja, temperaturas mais altas para o sul e mais baixas para a parte norte. É necessário ainda fazer distinções quanto às áreas de risco alto ao sudeste e ao norte do parque, isso porque as áreas ao sul estão vinculadas à floresta úmida e com declividade mais acentuada, maior até 75% em grande parte, enquanto ao norte, na porção da ZA, estão vinculadas à agricultura e pastagem, porém com declividades que variam de 10% a 20%. Ou seja, por diferentes graus hierárquicos associados a diferentes fatores, essas duas áreas possuem o mesmo grau de risco.

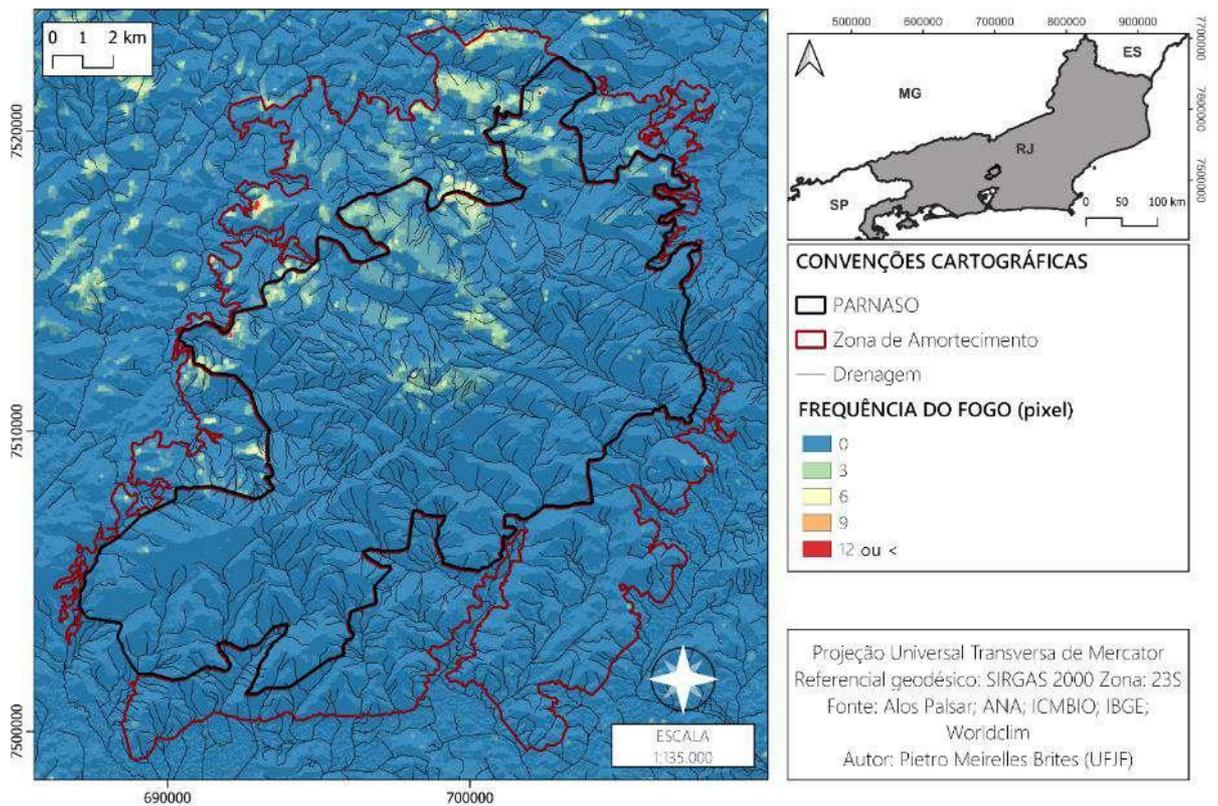
Como as classes de risco de incêndio muito baixo e muito alto possuem áreas que correspondem a menos de 1%, não é necessário mencionar fatores e suas associações em outras classes além das assertivas acima mencionadas. Para que essas classes existissem em maior quantidade, todos os fatores deveriam estar associados nos níveis mais baixos ou mais altos da hierarquia, algo que não ocorreu de maneira significativa na área.

Existem algumas semelhanças entre os mapas de risco de incêndio (**Figura 45**) e as informações sobre a frequência do fogo detectadas pelo Mapbiomas (**Figura 46**), onde os pixels

representam o número de vezes que o fogo foi identificado, durante o período de 1985 a 2020. Entretanto, quando se trata da região do parque com maior suscetibilidade a incêndios florestais, o mapa de risco gerado neste estudo e o mapa de frequência do fogo mostram compatibilidade no setor norte da área de estudo, mas não no setor sul.

É importante ressaltar que o risco está relacionado à probabilidade de ocorrência. Algumas hipóteses sugerem que o setor sul, que inclui restaurantes, lojas e postos de gasolina, pode estar mais protegido devido à intensificação da fiscalização pelo órgão ICMBIO. Além disso, os fatores associados aos setores sul e norte podem ter pesos diferentes devido às suas características distintas. Por exemplo, os solos ao norte são em grande parte imaturos, o que dificulta a retenção de umidade no solo. Além disso, a presença de muitas rochas expostas na região aumenta ainda mais a temperatura ao nível do solo.

Figura 46 - Mapa de frequência do fogo PARNASO e ZA



Fonte: Elaboração do autor

Os raios são um dos principais fatores naturais que podem causar incêndios florestais. Além disso, em muitos casos, os incêndios são iniciados por raios e se espalham rapidamente devido à vegetação seca, ao vento e a alta declividade.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), realizou o mapeamento das densidades de descargas elétricas em diversos municípios, referentes ao período de 2016 a 2019. No presente estudo, foram utilizados dados referentes aos municípios que englobam o PARNASO e sua ZA, incluindo Teresópolis, Petrópolis, Magé e Guapimirim. Os resultados indicaram densidade de descargas elétricas de 3,6301 por km²/ano para Teresópolis, 4,0914 por km²/ano para Petrópolis, 7,3918 por km²/ano para Magé e 8,4547 por km²/ano para Guapimirim. É importante destacar que Guapimirim ocupa a 21^a posição no ranking estadual de densidade de descargas elétricas, o que evidencia a importância de estudos nessa região. Esses resultados fornecem informações importantes para o planejamento de estratégias preventivas relacionadas a descargas atmosféricas em áreas urbanas e rurais, contribuindo para a proteção ambiental. No entanto, embora a densidade elétrica não seja alta, não deve ser descartada como um fator de ignição de alguns incêndios.

É evidente que o conhecimento das características da área de estudo é crucial para a escolha das variáveis aplicadas na elaboração dos mapas de risco. Nota-se diferenças na relevância que algumas variáveis têm em relação às outras, como fatores potencializadores para o aumento do risco de ocorrência de incêndios florestais.

Entre as potencialidades do estudo, podem-se elencar a correlação entre as áreas com alto risco de incêndio e a frequência do fogo, indicando correspondência com a realidade espacial do PARNASO e ZA. Porém, destacam-se percalços deste modelo, como a escala de dados dos fatores de precipitação média e temperatura média, onde a falta de distribuição espacial de estações climatológicas impossibilitou um mapeamento mais detalhado e preciso das variáveis climáticas.

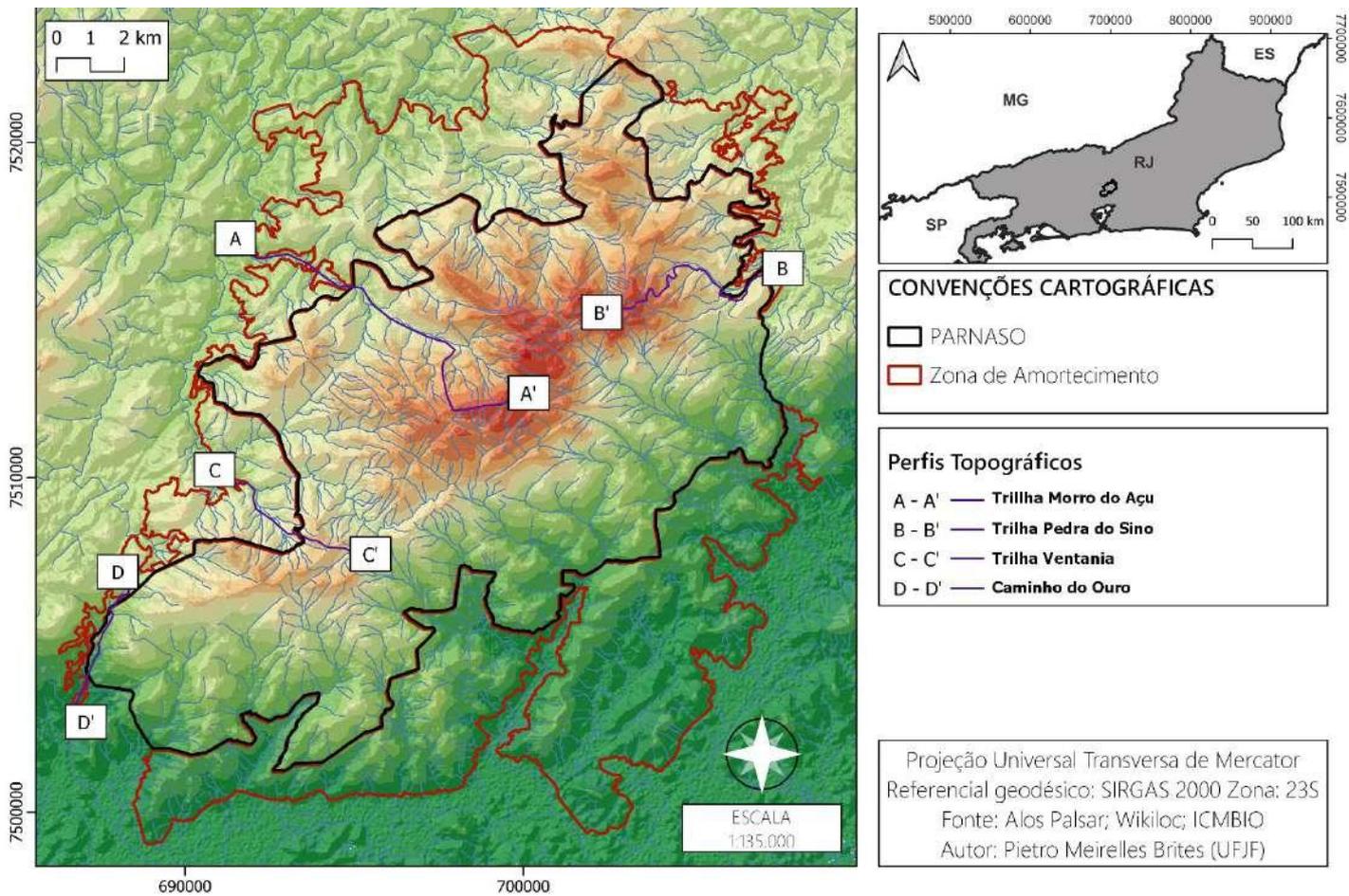
5.3 PERFIS GEOECOLÓGICOS DAS TRILHAS SELECIONADAS

A presente seção tem como objetivo fornecer uma análise detalhada dos perfis geológicos das trilhas escolhidas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos. O Parque abriga uma diversidade impressionante de ambientes naturais, cada um com suas próprias características geológicas, geomorfológicas, climáticas e geossistêmicas. Neste contexto, cada trilha revela um conjunto de

elementos que influenciam diretamente em sua estrutura, dinâmica e funcionalidade, incluindo a vegetação, a geologia, as condições climáticas e o relevo.

Espera-se que, por meio dessas análises, sejam fornecidas informações valiosas para os visitantes do parque, pesquisadores e gestores ambientais. Essa análise auxiliará na compreensão da zonação altitudinal da paisagem do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e na promoção da conservação desses ambientes únicos. Cada trilha é uma porta de entrada para um mundo de descobertas e desafios, e esta seção busca enriquecer a experiência daqueles que exploram essas maravilhas naturais. A **figura 47** exemplifica todos os perfis realizados.

Figura 47 – Mapa dos perfis topográficos no PARNASO e sua ZA



Fonte: Elaboração do autor

5.3.1 TRILHA DO MORRO DO AÇÚ

A trilha do Morro do Açú está situada no município de Petrópolis, na parte continental da Serra dos Órgãos, delimitada pelos confines do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, destacando-

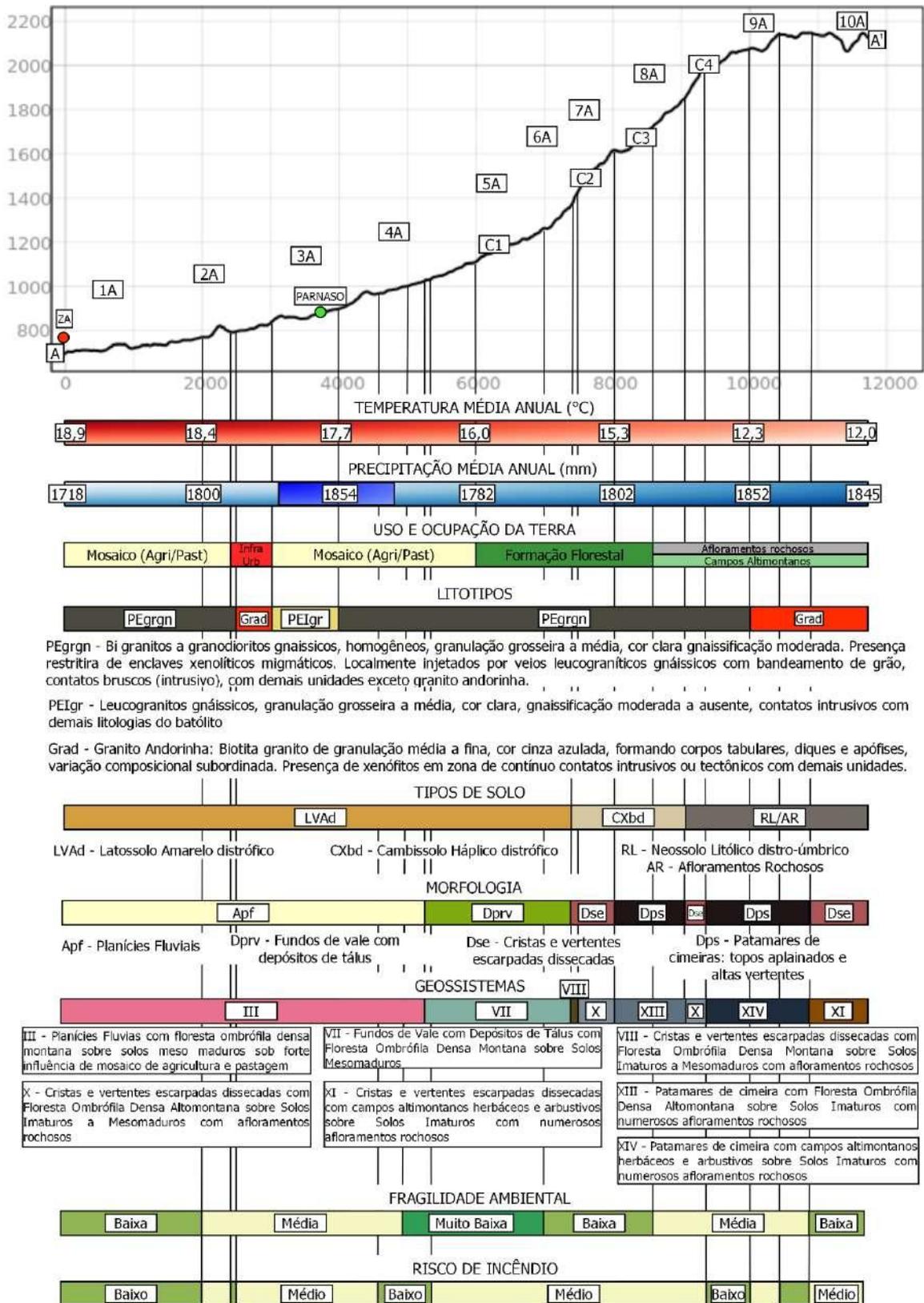
se como um cenário de pesquisa em um contexto geográfico, biológico, ecológico e turístico. Essa trilha apresenta-se como uma rota notável, conhecida por sua proeminência nas atividades de montanhismo e exploração da natureza na região. O seu traçado revela-se desafiador e proporciona uma experiência singular, conferindo aos visitantes a oportunidade de imergir na rica biodiversidade e nas paisagens cênicas que caracterizam o ambiente da Mata Atlântica. O Morro do Açú destaca-se por suas vistas panorâmicas, oferecendo perspectivas espetaculares das montanhas e vales que compõem essa paisagem. Além disso, serve como ponto de conexão com outras trilhas que permeiam o parque, atraindo um público ávido por atividades ao ar livre e montanhismo.

A análise geoecológica da trilha (**Figura 48**), incluindo a avaliação das características estruturais e dinâmicas da paisagem ao longo da variação altitudinal da zona de estudo. A análise revelou a complexidade da área, abrangendo uma ampla variação altitudinal, desde o início da trilha, situada a 700 metros acima do nível do mar, até o seu término, a mais de 2100 metros de altitude. Durante a exploração da trilha, foram observados diversos processos geomorfológicos intensos, influenciados pelas elevadas precipitações e pelas acentuadas declividades do terreno. Estes processos, principalmente relacionados ao escoamento superficial com transporte de material pedológico, resultaram no acúmulo de serapilheira em pontos específicos, atingindo mais de 1 metro de altura.

A transição fitofisionômica ao longo da trilha é notável. No início, a vegetação é caracterizada pela floresta ombrófila densa montana, que se apresenta densa, escura e úmida. À medida que se avança ao longo da trilha, a floresta torna-se menos densa, com árvores de porte menor e diâmetro reduzido, principalmente na zona alto montana. O trajeto culmina nas áreas de campos altimontanos, que se estendem interminavelmente, pontuadas por diversos afloramentos rochosos.

A trilha oferece oportunidades de exploração da geodiversidade, proporcionando a identificação de mirantes excepcionais com notável potencial científico e educacional. Destacam-se formações geológicas específicas, como a Pedra do Queijo, um importante afloramento rochoso com formato peculiar, e o Castelo do Açú, uma impressionante estrutura composta por grandes blocos de pedra, localizada em um dos pontos mais elevados de toda a região sudeste do Brasil.

Figura 48 – Perfil Geocológico da Trilha do Morro do Açú

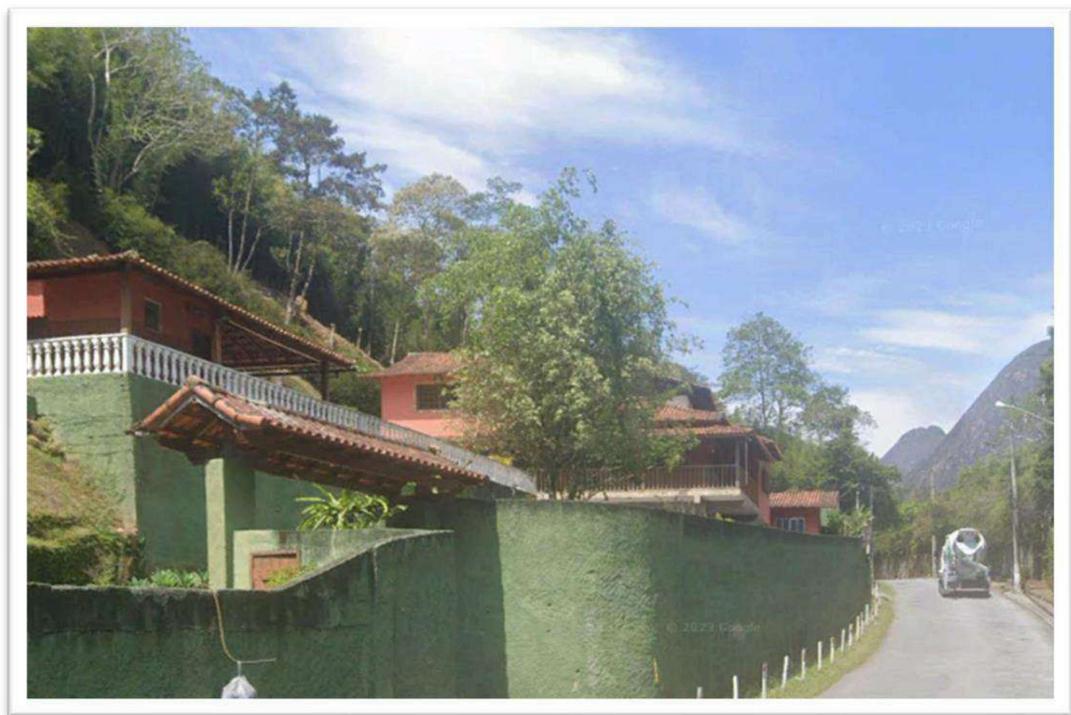


Fonte: Elaboração do autor

A seleção do percurso completo da trilha foi estrategicamente realizada, estendendo-se até os limites da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). Esse planejamento permitiu a demonstração da transição de geossistemas com predominância de estruturas antroponaturais para geossistemas com predominância de estruturas naturais.

Através da análise das Figuras 49, 50 e 51, é possível constatar a preponderância do mosaico de agricultura e pastagem, bem como das infraestruturas urbanas, com as estruturas naturais posicionadas no interior dos limites do Parque, como evidenciado nas imagens de fundo.

Figura 49 – 1A: Morro do Açú



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 50 – 2A: Morro do Açú



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 51 – 3A: Morro do Açú



Fonte: Elaboração do autor.

À medida que se aproxima da entrada oficial do PARNASO em Petrópolis, observa-se uma redução significativa da influência antrópica (**Figura 52**). Nesse trecho, deparamo-nos com imponentes escarpamentos, caracterizados por extensas áreas de vegetação de bromélias, que funcionam como habitat para pequenos insetos. A rocha exhibe inúmeras diáclases, sendo que a orientação predominante do escarpamento é de norte a sul.

Figura 52 – 4A: Morro do Açú



Fonte: Elaboração do autor.

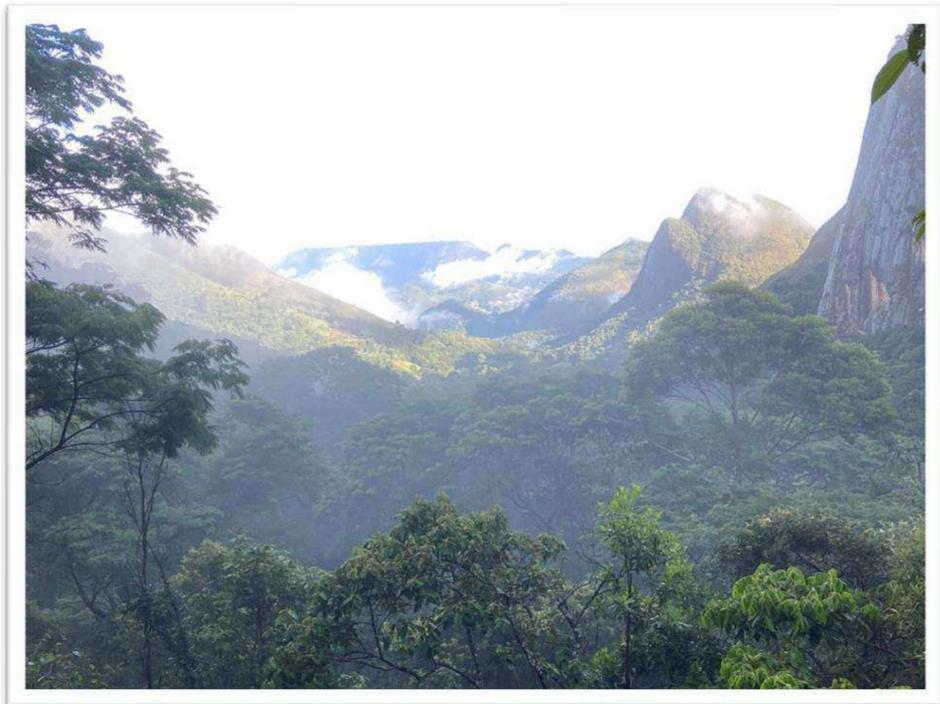
Na porção inicial da trilha, localizada a altitudes de até 1500 metros, encontramos uma floresta ombrófila densa, que se apresenta densamente fechada e caracterizada por elevados níveis de umidade (**Figura 53**). Nesta etapa, observa-se a presença de um canal fluvial com leito predominantemente rochoso. À medida que avançamos, deparamo-nos com pontos de mirantes que proporcionam uma vista panorâmica dos fundos de vale e das cristas vegetadas (**Figura 54** - IV e VIII).

Figura 53 – 5A: Morro do Açú



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 54 – 6A: Morro do Açú



Fonte: Elaboração do autor.

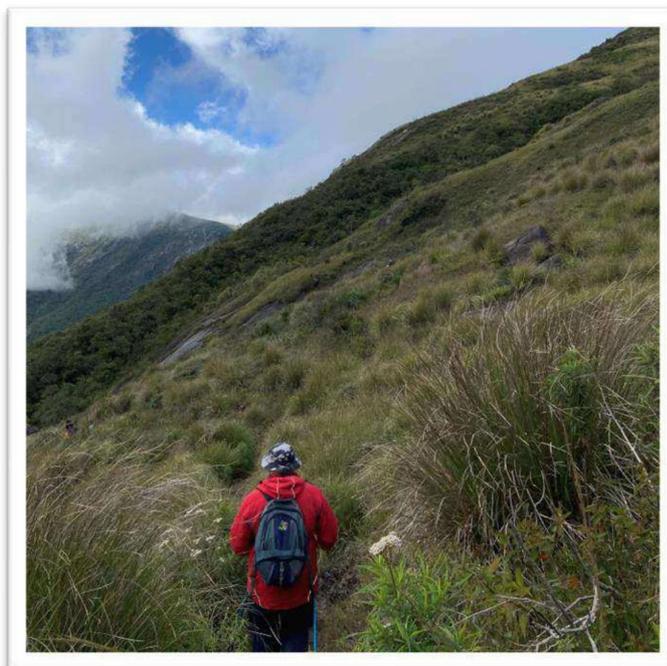
Na figura 55, pode-se observar a Pedra do Queijo, afloramento de interesse em termos geomorfológicos, hidrológicos, mineralógicos, estéticos e histórico-culturais, com aplicações nos campos científico, educacional e turístico (PESSOA et al, 2019). Situada na zona de transição entre a floresta ombrófila densa montana, a altomontana e os campos altimontanos (**Figura 56**).

Figura 55 – 7A: Morro do Açú



Fonte: Google Imagens.

Figura 56 – 8A: Morro do Açú



Fonte: Elaboração do autor.

Ao alcançar as elevações da cimeira, acima dos 2000 metros, depara-se com campos altimontanos, caracterizados por vegetação herbácea e arbustiva, além de inúmeros afloramentos rochosos. Essa é uma característica típica de um enclave azonal na trilha, cinturão extratropical, representando uma área com condições ecológicas únicas em relação ao entorno (**Figura 57**).

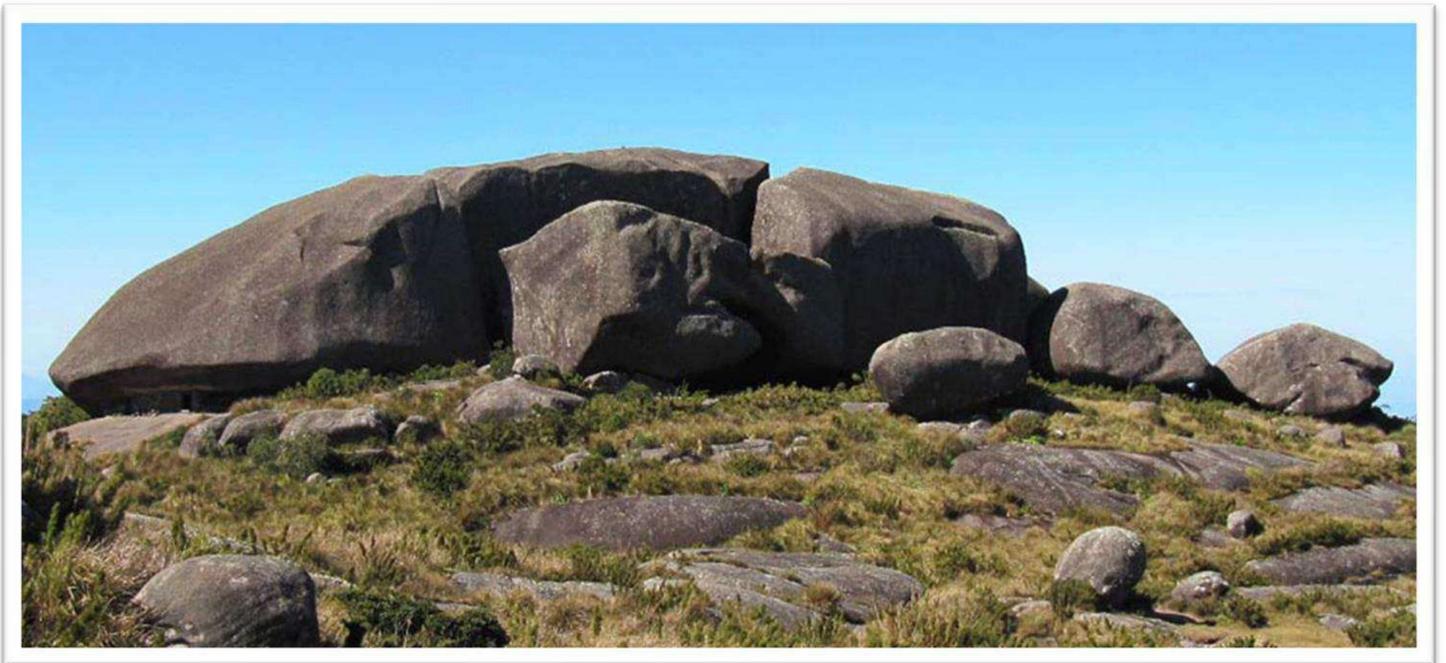
Figura 57 – 9A: Morro do Açú



Fonte: Elaboração do autor.

No ponto culminante da trilha, depara-se com o Castelo do Açú, um local de significativo interesse geomorfológico, petrológico e tectono-estrutural, apresentando também grande expressão cênica (PESSOA et al, 2019). Além disso, possui relevância histórico-cultural e é explorado para fins científicos, educacionais e turísticos, como evidenciado na Figura 58.

Situados a uma altitude de 2200 metros, os Castelos do Açú são compostos por imensos blocos de rocha dispostos de forma majestosa. Em seu interior, abrem-se espaços que, além de sua beleza cênica, desempenham um papel importante como abrigo.

Figura 58 – 10A: Morro do Açú

Fonte: Google Imagens.

A variação da temperatura média anual ($18,9^{\circ}\text{C}$ a $12,0^{\circ}\text{C}$) e da precipitação (1718mm a 1845mm) geralmente segue uma relação inversa, onde altitudes mais elevadas apresentam temperaturas mais baixas e níveis mais elevados de precipitação. No entanto, na região do Vale do Bonfim, ocorrem algumas variações, com níveis de precipitação ligeiramente mais elevados (1854mm), contrariando essa lógica. Em relação aos litotipos ao longo da trilha, identificam-se três tipos principais, caracterizados por granitos e granodioritos gnáissicos, leucogranitos gnáissicos e biotita granito. Especialmente o último é essencial para compreender a formação dos grandes afloramentos rochosos cênicos no topo da trilha, pois é uma rocha mais resistente em comparação com as demais ao redor.

Ao longo do vale e das planícies fluviais que se estendem por aproximadamente 7 km da trilha, com altitudes de até 1300 m, ocorre principalmente o Latossolo Amarelo Distrófico. Após essa região, encontram-se os Cambissolos Háplicos Distróficos. Finalmente, a partir dos 1700 m e após 9 km de trilha, surgem os Neossolos Litólicos Distro-úmbricos e afloramentos rochosos.

Em relação aos geossistemas, durante a trilha, observam-se sete grupos diferentes, que variam da ordem III, VII, VIII, X, XIII, X, XIV e XI. A dinâmica dos geossistemas durante a trilha

é exemplificada pela fragilidade ambiental e pelo risco de incêndios. Predominam áreas de baixa e média fragilidade, com algumas seções classificadas como de muito baixa fragilidade. Quanto ao risco de incêndio, intercalam-se zonas de baixo e médio risco ao longo do percurso da trilha.

Durante a trilha, observam-se diversos processos erosivos resultantes da constante presença humana, embora as áreas adjacentes à trilha permaneçam bem preservadas. A transição entre as diferentes fitofisionomias é evidente nas altitudes indicadas ao longo desta pesquisa, e vestígios de incêndios, como troncos carbonizados, são visíveis nos campos altimontanos e na floresta altomontana. Infelizmente, esses incêndios são recorrentes na região do parque, ocorrendo praticamente anualmente.

As coletas de solo superficial revelaram surpreendentemente poucas ou nenhuma mudança significativa em relação à textura nas diferentes altitudes. Essa constatação contraria as expectativas, uma vez que se esperava encontrar uma diferença marcante na composição do solo, com textura argilosa nas partes mais baixas, evoluindo para textura arenosa nas altitudes mais elevadas. No entanto, os resultados mostraram que as amostras C1, C2 e C4 exibiram uma textura predominantemente arenosa, possivelmente devido aos processos gravitacionais e de escoamento superficial decorrentes dos dias chuvosos anteriores à realização da trilha. Apenas a amostra C3 apresentou textura argilosa, o que pode ser atribuído à sua localização em um pequeno platô afastado da rota principal de escoamento. No que diz respeito ao pH, não foram observadas variações significativas. Em relação aos teores de K, Na e H+Al, destacam-se as amostras C1, com os valores mais elevados, e C4, com os valores mais baixos.

5.3.2 TRILHA DA PEDRA DO SINO

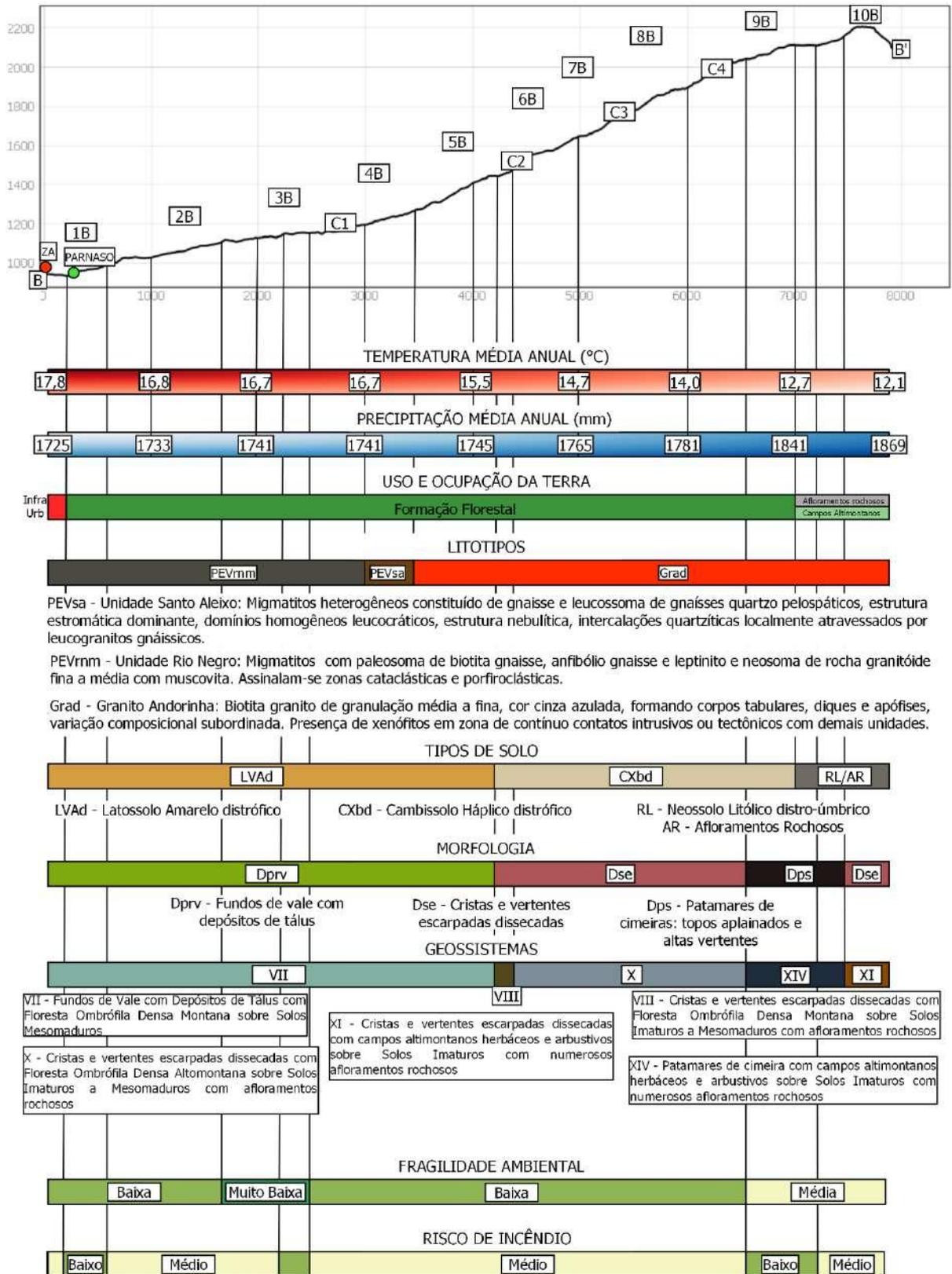
A trilha da Pedra do Sino está situada no município de Teresópolis, dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Essa trilha é reconhecida como um cenário de pesquisa de grande relevância em um contexto geográfico, biológico, ecológico e turístico. Ela se destaca como um itinerário notável, amplamente conhecido por suas atividades de montanhismo e exploração da natureza, fazendo parte da renomada Travessia Petrópolis x Teresópolis, juntamente com a trilha do Morro do Açú. O percurso da trilha se revela desafiador e proporciona uma experiência única, permitindo que os visitantes mergulhem na rica biodiversidade e nas paisagens cênicas típicas do ambiente da Mata Atlântica. A Pedra do Sino é especialmente famosa por suas vistas panorâmicas, oferecendo perspectivas espetaculares das montanhas e vales que compõem essa paisagem.

A análise geoecológica da trilha, conforme representada na Figura 59, abrangeu a avaliação das características estruturais e dinâmicas da paisagem ao longo da variação altitudinal. Essa análise revelou a complexidade da área, que se estende por uma ampla faixa altitudinal, indo desde o início da trilha, situada a 900 metros acima do nível do mar, até seu término, a mais de 2200 metros de altitude. Durante a exploração da trilha, foram observados diversos processos influenciados pelas elevadas precipitações e pelas acentuadas declividades do terreno. Estes processos estão principalmente relacionados ao escoamento superficial com transporte de material pedológico.

A transição fitofisionômica ao longo da trilha é evidente. No início, a vegetação é caracterizada pela floresta ombrófila densa montana, após há a presença de floresta alto montana. O trajeto culmina nas áreas de campos altimontanos, que se estendem interminavelmente e são pontuadas por diversos afloramentos rochosos.

Quanto a geodiversidade a trilha permite a identificação de mirantes excepcionais com potencial científico e educacional. Destacam-se formações geológicas e hidrológicas específicas, como a cachoeira Véu da Noiva, e, claro, um dos mirantes mais imponentes de todo o parque, a Pedra do Sino, que oferece uma vista privilegiada da Baixada Fluminense.

Figura 59 – Perfil Geocológico da Trilha da Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor

A trilha tem seu início nas proximidades da entrada principal do PARNASO em Teresópolis, uma região caracterizada predominantemente pela infraestrutura urbana (**Figura 60**). Ao longo dos primeiros 7 quilômetros, o cenário é marcado por formações florestais. Após essa marca, adentramos em uma área com afloramentos rochosos e campos altimontanos. A geodiversidade da região se reflete nos três principais litotipos encontrados na trilha: nos primeiros 3 quilômetros, predomina a unidade Rio Negro, constituída por migmatitos e biotita gnaisses. Posteriormente, entre 3 e 3,5 quilômetros, nos deparamos com a unidade Santo Aleixo, composta por migmatitos heterogêneos que intercalam gnaisses e quartzitos. Por fim, do ponto 3,5 quilômetros até o término da trilha, encontramos o granito andorinha, biotita granito com rochas mais resistentes, responsável pela formação dos belos topos dos escarpamentos. Quanto aos tipos de solo presentes na trilha, nas áreas dos fundos de vale até aproximadamente 4,3 quilômetros, prevalece o Latossolo Amarelo distrófico. Nas cristas e vertentes escarpadas, estendendo-se até 7 quilômetros, identificamos o Cambissolo Háptico distrófico. Por fim, nos patamares de cimeira, após o sétimo quilômetro, predominam os Neossolos Litólicos Distro-úmbricos, juntamente com afloramentos rochosos.

Figura 60 – 1B: Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor.

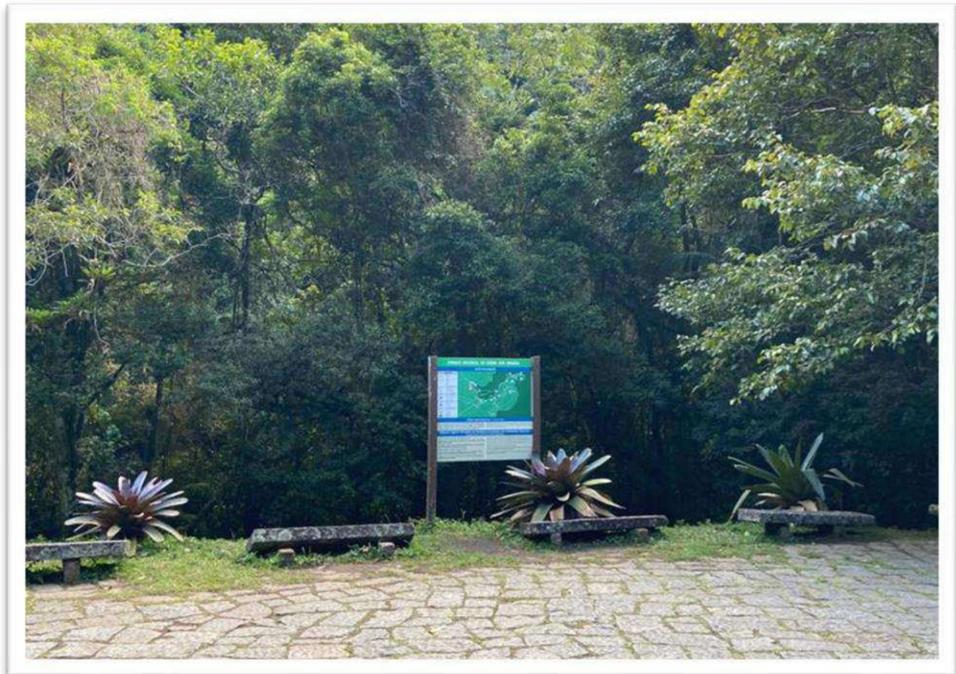
Dentro dos limites do parque, observam-se estruturas humanas, mas a paisagem predominante é caracterizada pela formação florestal, conforme ilustrado nas Figuras 61 e 62.

Figura 61 – 2B: Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 62 – 3B: Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor.

Ao adentrar o fundo de vale, os visitantes penetram em uma floresta ombrófila densa montana densamente fechada, com a trilha aberta para a passagem, como evidenciado na Figura 63. Nessa região, a fragilidade ambiental é classificada como muito baixa a baixa, devido às declividades menos acentuadas e à densidade da vegetação predominante. Observa-se a presença de vários troncos de árvores de grande porte caídos ao longo da trilha, o que evidencia a ocorrência de dinâmicas climáticas acentuadas na área.

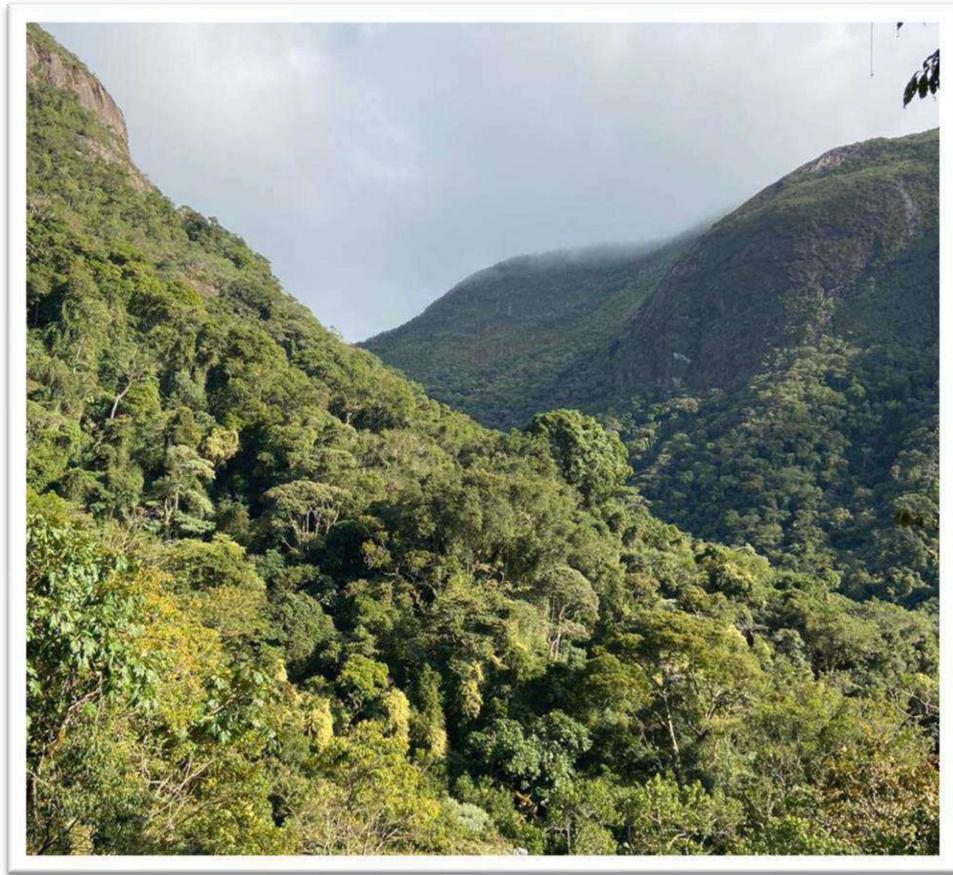
Figura 63 – 4B: Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor.

Conforme se avança pela trilha, é encontrado pontos específicos que proporcionam vistas impressionantes das cristas escarpadas assimétricas e dos fundos de vale com floresta ombrófila densa montana. Essas paisagens denunciam processos tectônicos e estruturais do passado, como ilustrado na Figura 64.

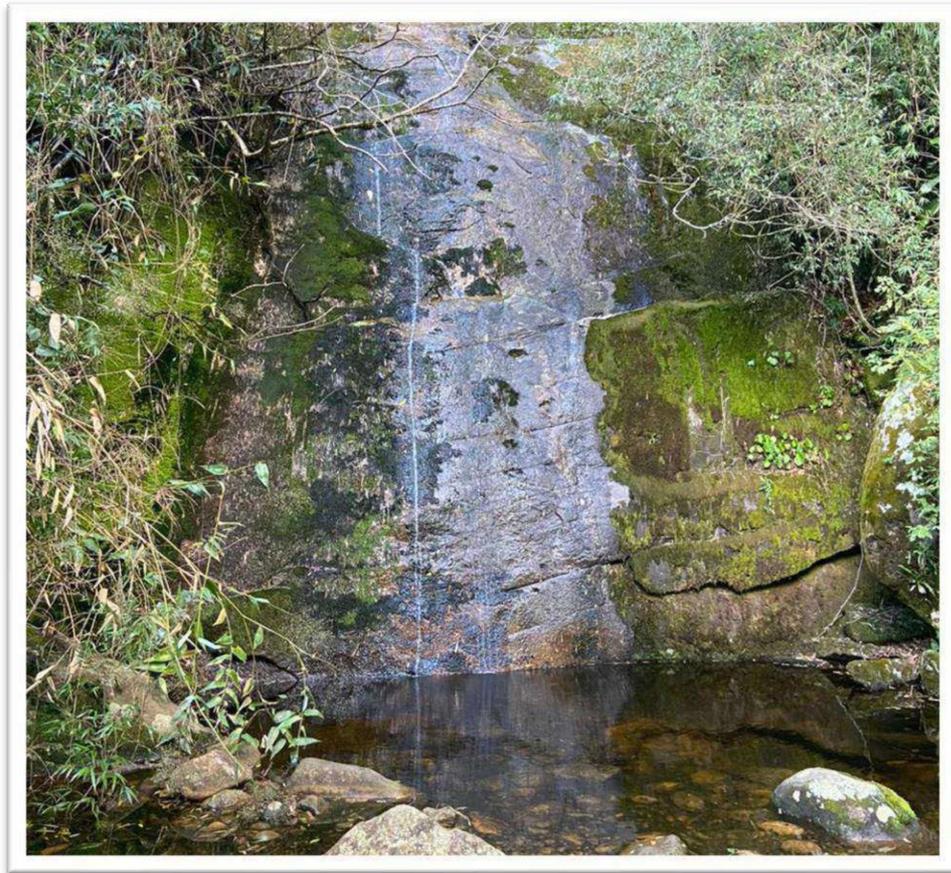
Figura 64 – 5B: Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor.

Um dos pontos mais marcantes ao longo do percurso é o "Véu da Noiva," uma cachoeira impressionante que possui um knickpoint bem definido, como mostrado na Figura 65. O termo "knickpoint" refere-se a uma área onde há uma ruptura de declive acentuada, no caso há uma queda de água associada.

A beleza singular do Véu da Noiva atrai inúmeros turistas e pesquisadores, que vêm admirar e estudar essa maravilha natural. A cachoeira oferece um espetáculo visual incrível, especialmente durante os períodos de chuva, quando a água flui com ainda mais intensidade. Infelizmente, no dia da efetivação da trilha o fluxo de água estava menor do que o habitual.

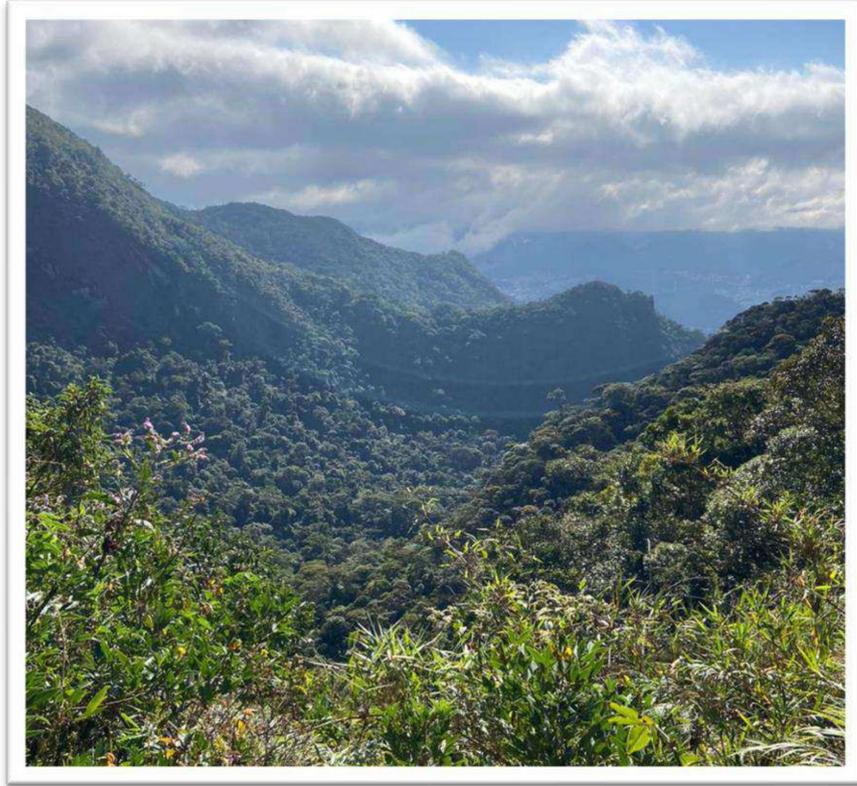
Figura 65 – 6B: Pedra do Sino

Fonte: Elaboração do autor.

A continuação da Trilha da Pedra do Sino permite observar a interessante zona de transição entre a floresta montana e a floresta altomontana, como ilustrado na Figura 66. Nesse ponto da trilha, se encontra uma paisagem que apresenta características distintas da vegetação e do terreno, dependendo da altitude.

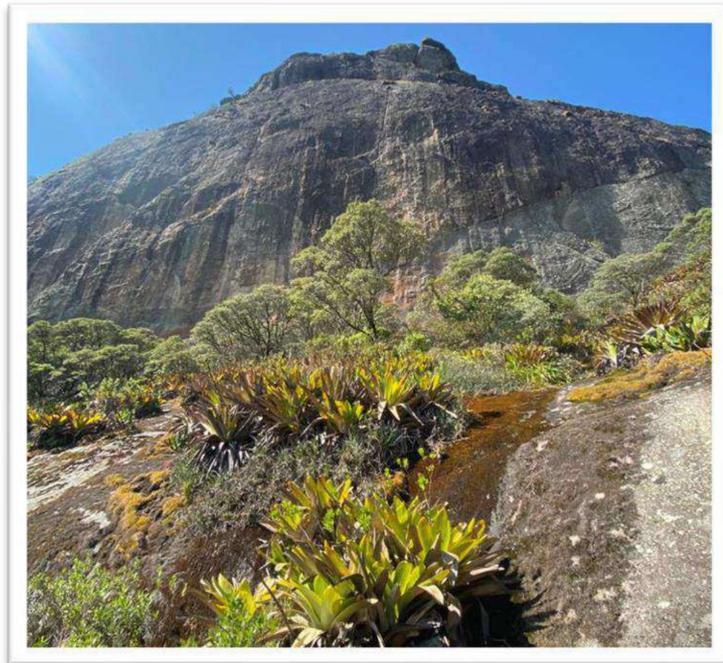
Nas cristas das montanhas e nas áreas mais elevadas, a vegetação é frequentemente mais rasteira e adaptada às condições de altitude. Plantas resistentes, como líquens e bromélias associados a grandes afloramentos rochosos, podem ser observadas em abundância na transição entre floresta altomontana e os campos altimontanos (**Figura 67**). Por outro lado, nos fundos de vale e em áreas mais baixas, a vegetação é mais densa e exuberante, consistindo em uma floresta montana. A zona de transição entre esses tipos de vegetação oferece uma oportunidade única para observar a influência da altitude e do microclima nas formações vegetais. Pode-se apreciar as diferenças marcantes na flora e fauna que se adaptaram a essas condições específicas.

Figura 66 – 7B: Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 67 – 8B: Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor.

Nesses campos altimontanos, a vegetação é geralmente composta por plantas resistentes, incluindo gramíneas alpinas, musgos e líquens (**Figura 68**). Essas plantas são adaptadas para sobreviver em solos rasos e pedregosos, onde a disponibilidade de nutrientes é limitada. O clima de altitude, acima dos 2000m, com temperaturas mais frias e maior exposição ao vento, também contribui para a aparência peculiar desses campos. Além da vegetação singular, é comum encontrar diversos afloramentos rochosos nos patamares de cimeira. Essas formações rochosas adicionam uma característica marcante à paisagem, proporcionando áreas para os caminhantes explorarem e apreciarem as vistas panorâmicas da região.

Figura 68 – 9B: Pedra do Sino

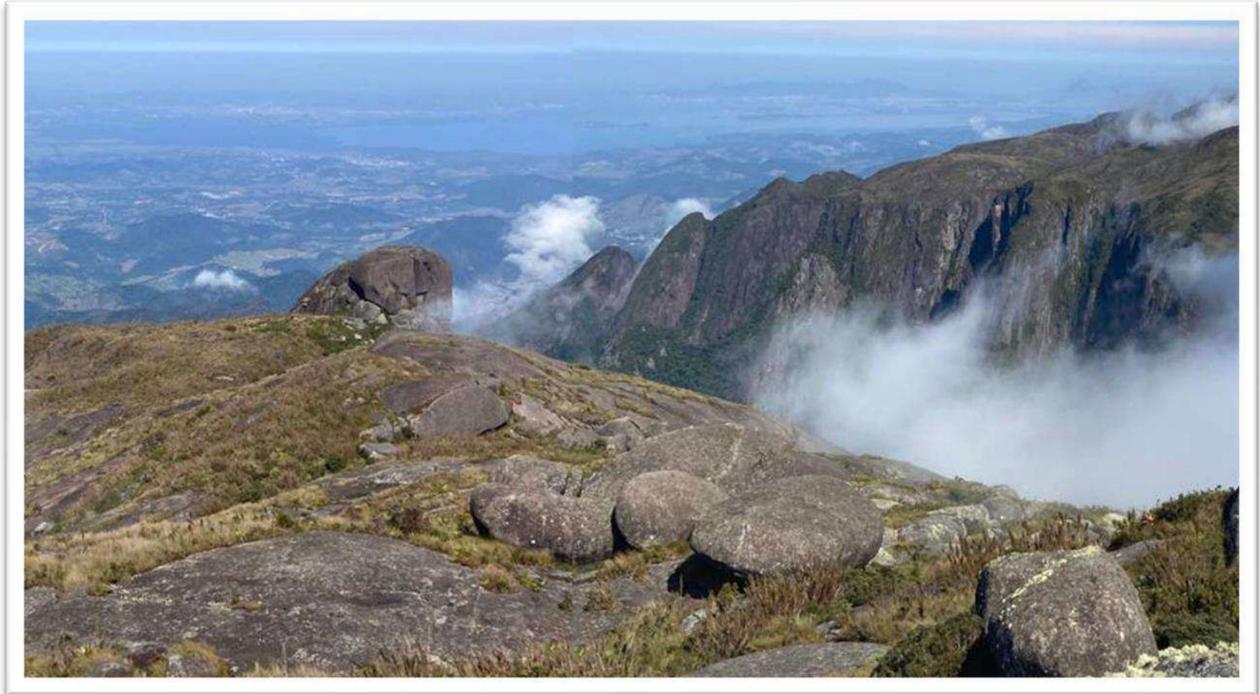


Fonte: Elaboração do autor.

No ponto culminante da Trilha da Pedra do Sino, tem o mirante imponente da Pedra do Sino, que oferece vistas espetaculares da Baixada Fluminense, bem como dos grandes escarpamentos orientados no sentido oeste-nordeste (**Figura 69**). A partir desse ponto elevado, é possível observar a paisagem se estendendo por diversos quilômetros, com vistas impressionantes

que se apresentam como ponto fundamental de observação da evolução do relevo atlântico brasileiro.

Figura 69 – 10B: Pedra do Sino



Fonte: Elaboração do autor.

A Pedra do Sino apresenta relevância geomorfológica, hidrogeológica, petrológica e tectono-estrutural, além de expressão cênica e valor histórico e cultural. Essas características possibilitam sua utilização para fins científicos, educacionais e turísticos (PESSOA et al, 2019). A trilha apresenta melhor organização em comparação com a do Morro do Açu, com indicações precisas em placas ao longo do trajeto e diversos pontos de abrigo para camping e descanso.

A variação da temperatura média anual (de 17,8°C a 12,1°C) e da precipitação (de 1725mm a 1869mm) geralmente segue uma relação inversa, em que altitudes mais elevadas apresentam temperaturas mais baixas e níveis mais elevados de precipitação.

No que se refere aos geossistemas, durante a trilha, observam-se cinco grupos distintos, classificados na ordem VII, VIII, X, XIV e XI. A dinâmica dos geossistemas ao longo da trilha também se reflete na análise da fragilidade ambiental e do risco de incêndios. Predominam áreas de baixa fragilidade, com algumas seções classificadas como de muito baixa fragilidade, e média fragilidade nas áreas mais elevadas. Quanto ao risco de incêndio, alternam-se zonas de baixo e médio risco ao longo do percurso da trilha, com predominância deste último.

Durante a trilha, também são observados diversos processos erosivos resultantes da constante presença humana, embora as áreas adjacentes à trilha permaneçam bem preservadas. A transição entre as diferentes fitofisionomias é evidente, com poucos vestígios de incêndios, mas quando ocorrem, são mais visíveis nos campos altimontanos e na floresta altomontana.

As coletas de solo superficial revelaram poucas mudanças significativas na textura em diferentes altitudes. No entanto, ao contrário da trilha anteriormente mencionada, nas áreas C1, C2 e C3, a textura é classificada como média, enquanto em C4, é considerada arenosa, o que está mais de acordo com o esperado para uma área próxima à encosta atlântica da Serra dos Órgãos. Quanto ao pH, não foram observadas variações significativas, embora C1 apresente um valor mais baixo, com pH 3,9. Em relação aos teores de K, Na e H+Al, não há destaques entre as amostras, mas há concentração de Mg em C2, embora em níveis baixos. Quanto à soma de bases trocáveis, C1 e C4 apresentam os menores valores.

5.3.3 TRILHA DO VENTANIA

A trilha do Ventania está localizada no município de Petrópolis, dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. No entanto, ela se encontra afastada de qualquer sede oficial da unidade de conservação. Apesar de ter sido pouco explorada em termos científicos, essa trilha desempenha um papel significativo em um contexto geográfico, biológico, ecológico e turístico, sendo relevante para o estudo das relações entre a ação humana e a natureza no interior do parque. A trilha tem aproximadamente 5,5 km de extensão e tem início na zona de amortecimento do PARNASO, na região do bairro do Caxambú. O percurso em si é considerado leve, mas apresenta desafios relacionados à convivência com a fauna local ao longo do trajeto. Para os fins desta pesquisa, optou-se por estender o percurso até o fundo do vale, onde se encontra as torres de transmissão de energia que cortam o parque na direção noroeste-sudeste.

A transição fitofisionômica ao longo da trilha é visível, com uma vegetação inicial caracterizada pela floresta ombrófila densa montana, que dá lugar à floresta altomontana à medida que se avança pelo percurso. Em relação à geodiversidade, a trilha oferece a oportunidade de identificar mirantes com potencial científico e educacional. Destacam-se formações geológicas e hidrológicas específicas que mantêm uma conexão estreita com a comunidade rural da região, como evidenciado nas Figuras 70 e 71. A construção da casa foi feita de forma a respeitar a espacialidade das rochas, incorporando-as como parte de suas paredes. Além disso, o rio Itamarati

é utilizado de maneira contínua como fonte de água para a irrigação das plantações presentes no local.

Figura 70 – Casa e afloramento rochoso em Caxambú



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 71 – Captação de água no rio Itamarati

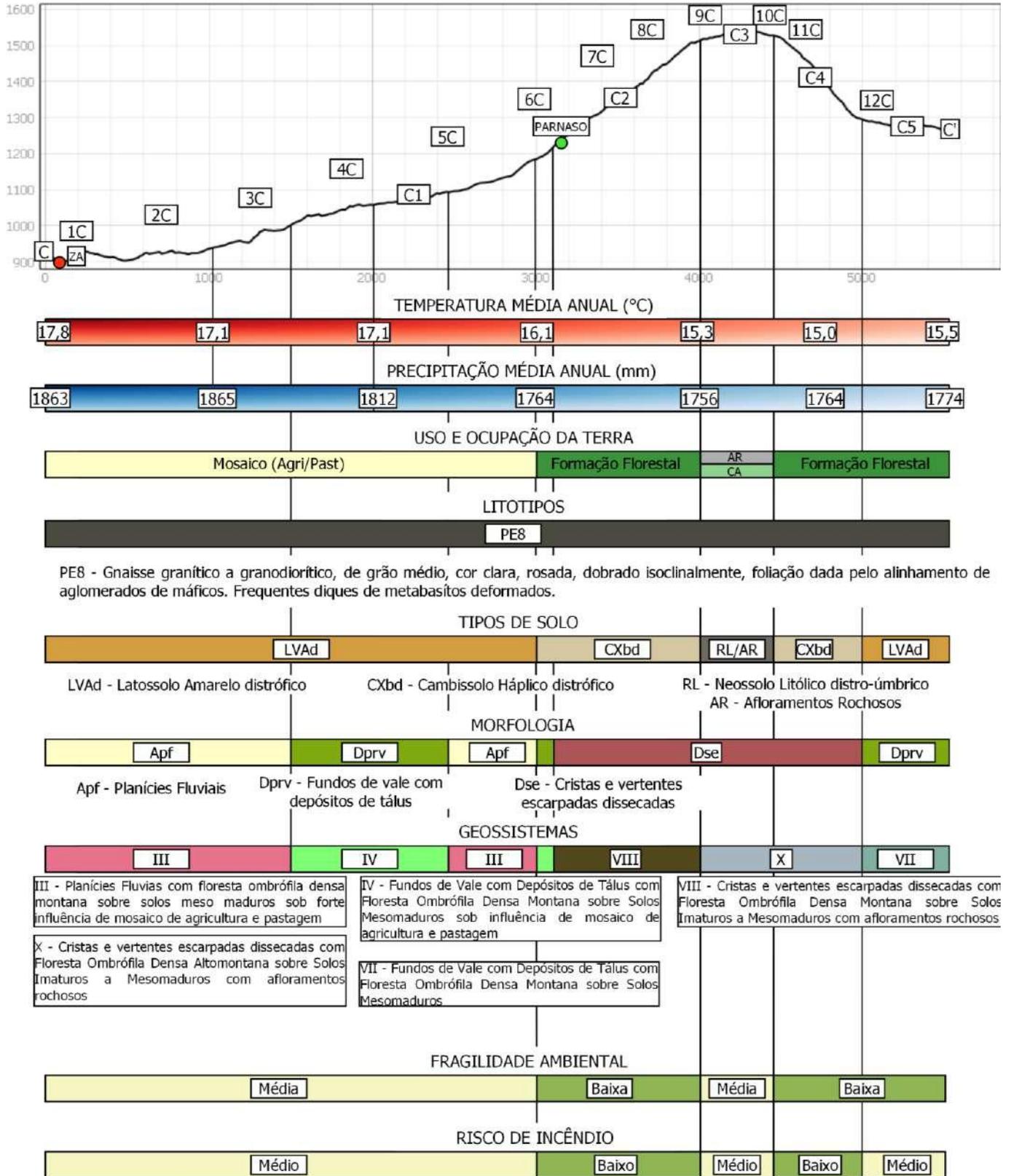


Fonte: Elaboração do autor.

A análise geocológica da trilha, conforme ilustrada na Figura 72, englobou a avaliação das características estruturais e dinâmicas da paisagem ao longo da variação altitudinal. Essa análise revelou a complexidade da área, que abrange uma ampla faixa altitudinal, estendendo-se desde o início da trilha, situada a cerca de 900 metros, até seu término, a mais de 1500 metros de altitude no cume. Durante a exploração da trilha, observaram-se diversos processos geomorfológicos intensos, influenciados pelas elevadas precipitações, pelas acentuadas declividades do terreno e pela constante passagem de animais de grande porte, como bois. Esses processos estão principalmente relacionados ao escoamento superficial com transporte de material pedológico e à erosão.

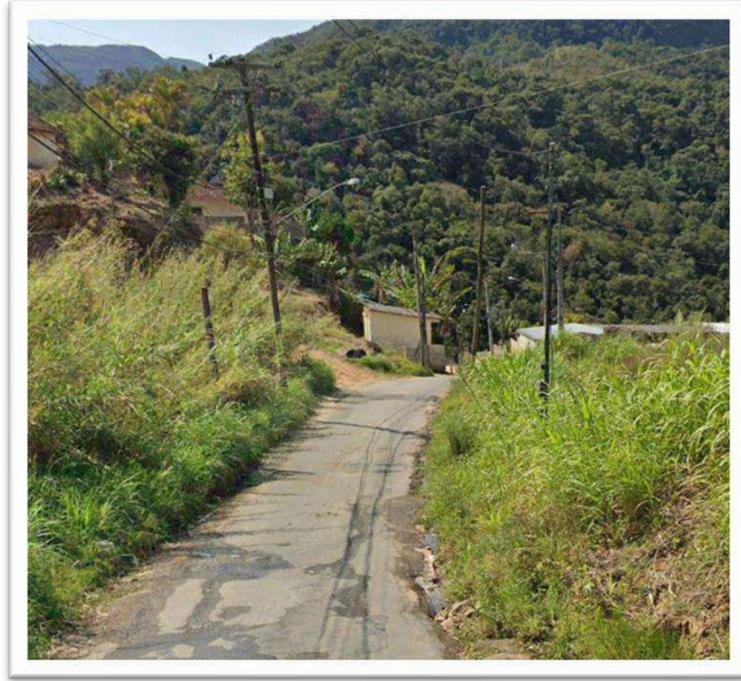
O início do percurso é caracterizado por um amplo mosaico de áreas agrícolas e pastagens, o qual exerce uma influência significativa sobre os fluxos de matéria e energia. Como mencionado anteriormente, a água do rio Itamarati é captada para a irrigação das diversas plantações, sendo empregadas técnicas de plantio em escadaria, especialmente em declividades mais acentuadas. Além disso, a presença contínua de gado ao longo de toda a extensão da trilha é notável, o que também impacta a dinâmica do ambiente (**Figura 73, 74 e 75**).

Figura 72 – Perfil Geocológico da Trilha do Ventania



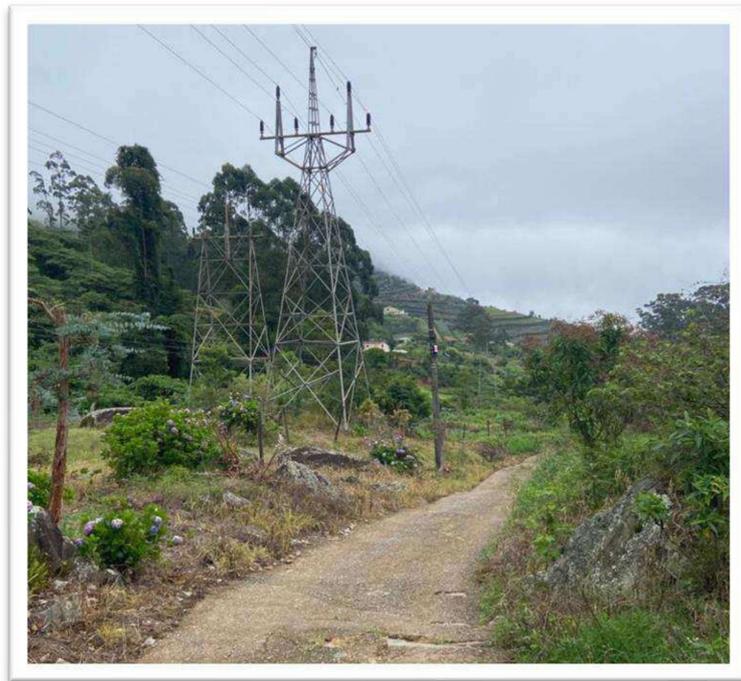
Fonte: Elaboração do autor

Figura 73 – 1C: Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 74 – 2C: Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 75 – 3C: Ventania

Fonte: Elaboração do autor.

Também se observam os fundos de vale onde a floresta ombrófila densa montana convive com os efeitos do mosaico de áreas agrícolas e pastagens (**Figura 76**). O litotipo predominante na região é caracterizado por Gnaisse granítico a granodiorítico, frequentemente intercalado com diques de metabasaltos que sofreram processos de deformação ao longo do tempo. A totalidade das planícies fluviais e dos fundos de vale, incluindo as áreas com depósitos de tálus, é composta por Latossolo Amarelo distrófico.

O percurso pela trilha revela áreas desmatadas para a criação de pasto para o gado, as quais são delimitadas por cercas (**Figura 77**). Também são visíveis tentativas de impedir o trânsito dos animais em determinados locais, embora essas medidas não tenham sido bem-sucedidas (**Figura 78**).

Figura 76 – 4C: Ventania



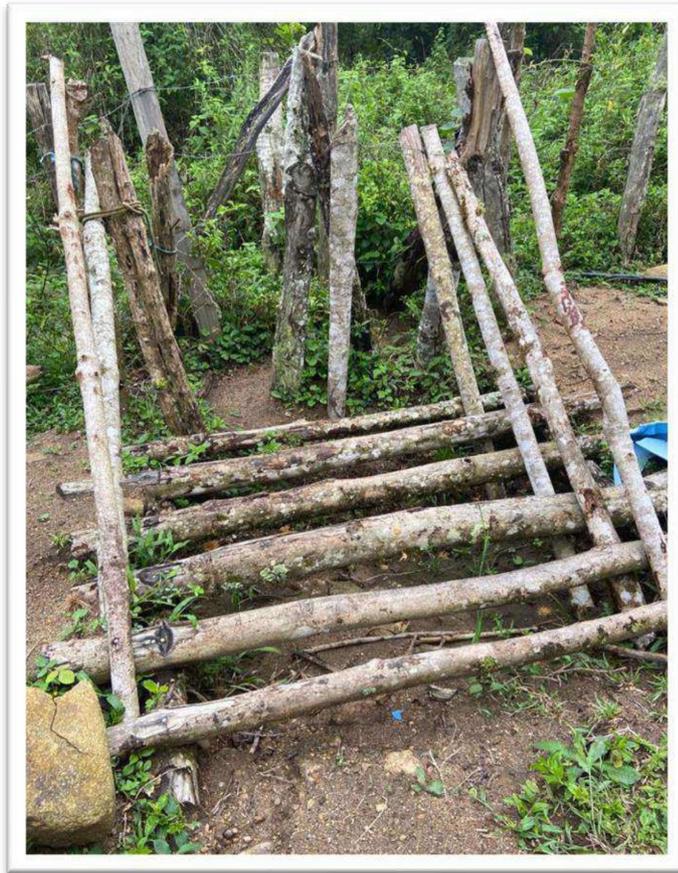
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 77 – 5C: Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

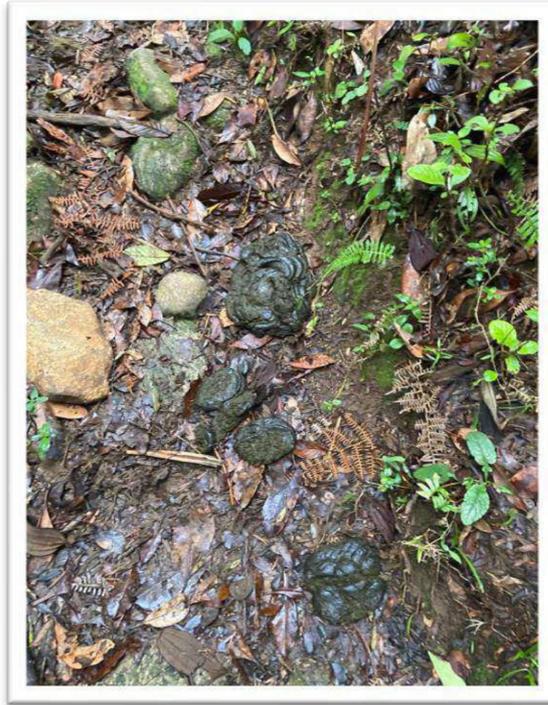
Figura 78 – Mata burro na trilha do Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

No decorrer da trilha, é facilmente perceptível a presença de estruturas em escadaria, resultado da constante passagem de seres humanos e animais (**Figura 79**). Essas estruturas denunciam o intenso e frequente processo de escoamento superficial e erosão dos solos potencializados através dessa dinâmica antroponatural, visto que nos degraus dessas escadarias é comum o acúmulo de sedimentos arenosos e serrapilheira (**Figura 80**).

Figura 79 – Fezes de bovinos na trilha do Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

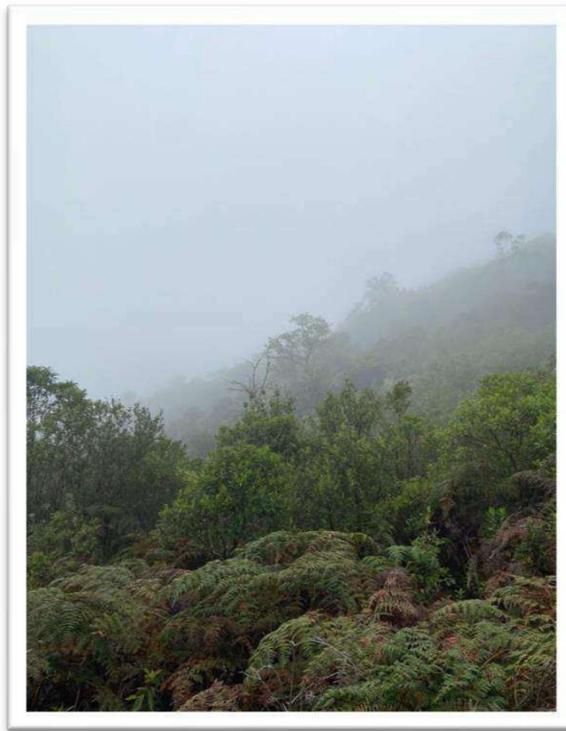
Figura 80 – 6C: Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

No quilômetro 3,5 do percurso, torna-se evidente a zona de transição entre a floresta ombrófila densa montana e a vegetação altomontana. Nesse ponto, as cristas e vertentes escarpadas dissecadas do reverso da Serra do Mar marcam claramente essa mudança na fitofisionomia na paisagem (**Figura 81**). Aponta-se ainda para o destaque das nuvens quando se chegou nessa localidade, afirmando o caráter de floresta nebular.

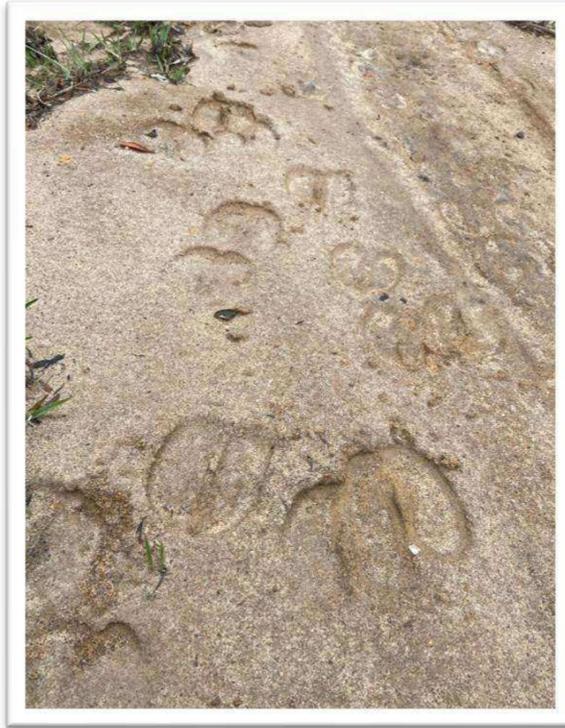
Figura 81 – 7C: Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

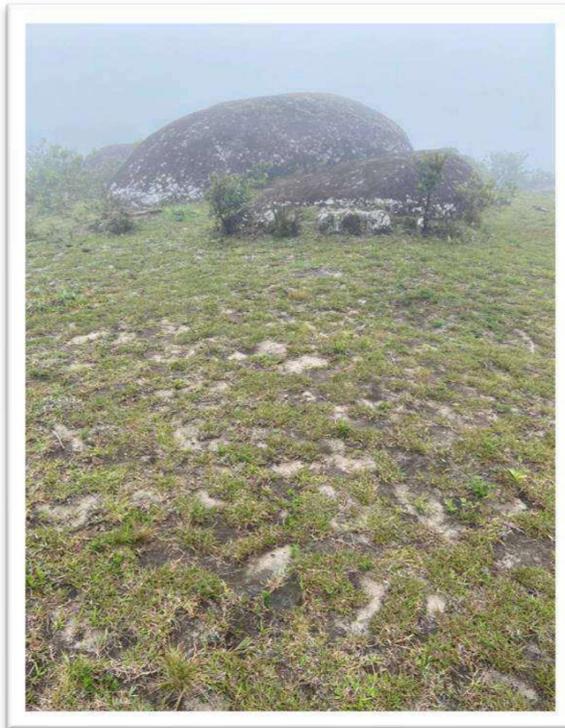
Surpreendentemente, acima dos 1500 metros de altitude e próximo ao quilômetro 4, ainda é possível observar a presença de gado, cujas pegadas estão nitidamente marcadas sobre o solo arenoso e úmido na data em questão (**Figura 82**). Além disso, chega-se ao ponto de cume da trilha, onde se notam evidências de células de arenização, provavelmente resultantes da presença constante do gado nesse alto estrutural (**Figura 83**). O afloramento rochoso serve como mirante de observação, proporcionando uma visão ampla da complexidade paisagística da região, com cristas e fundos de vale continuamente vegetados (**Figura 84**). Muitas das cristas estão cobertas por vegetação até seus cumes, o que é um espetáculo notável ao contemplar o alinhamento e a estrutura dessas formações.

Figura 82 – 8C: Ventania

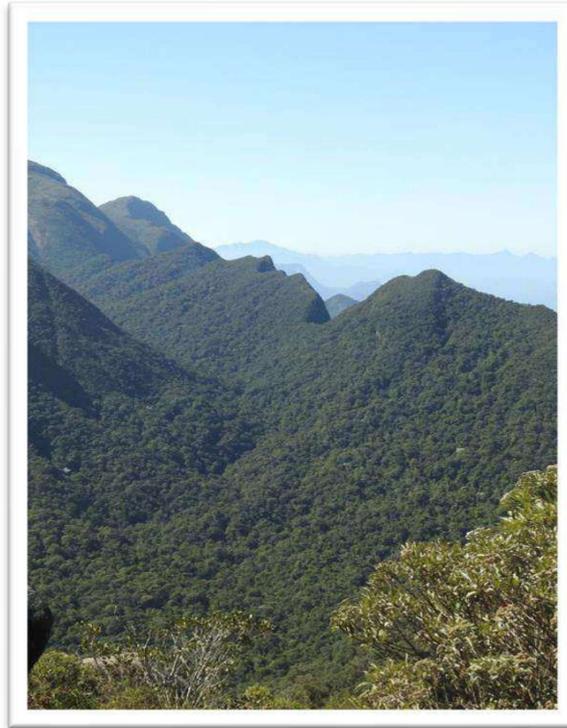


Fonte: Elaboração do autor.

Figura 83 – 9C: Ventania



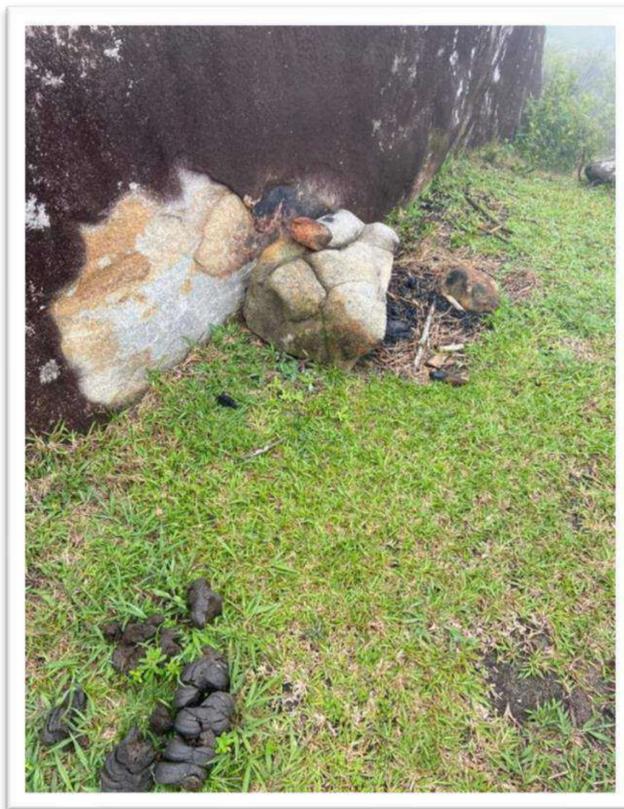
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 84 – 10C: Ventania

Fonte: Fberardi (Wikiloc).

No cume, ainda são observados vestígios de fogueiras próximos ao afloramento rochoso do mirante. É fundamental ressaltar que o uso de fogueiras de chão, como aquelas identificadas, é estritamente proibido dentro dos limites da Unidade de Conservação. No total, foram contabilizadas mais de três fogueiras de tamanhos variados e localizadas em pontos diversos do cume (**Figura 85**). Vale ressaltar que se trata de uma área sensível, com a presença de gramíneas, vegetação arbustiva e árvores de pequeno porte de troncos retorcidos. Em períodos de seca, o risco de propagação de incêndios florestais é considerável, especialmente no topo, onde as médias de velocidade do vento podem atingir 3,6 metros por segundo.

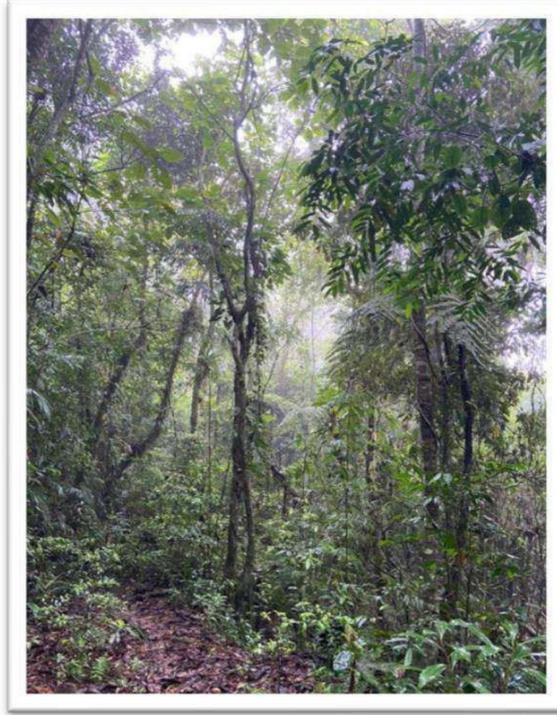
Figura 85 – 11C: Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

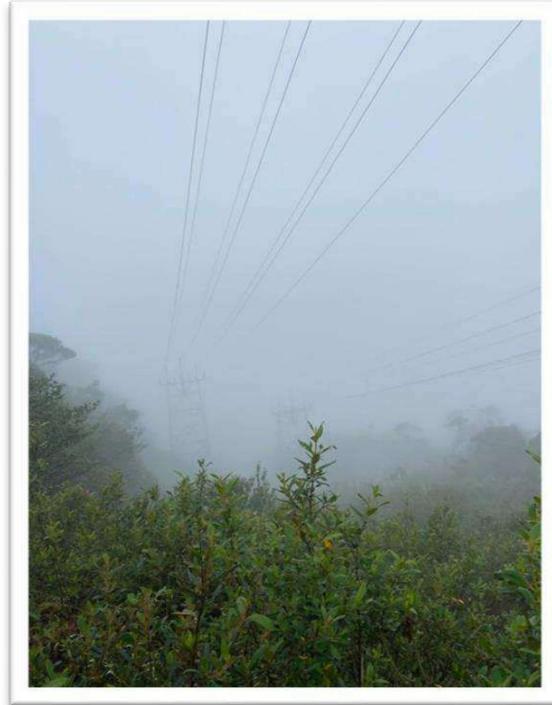
Dando continuidade ao percurso, ao avançar por mais um quilômetro, adentra-se no vale com floresta ombrófila densa montana em direção a Santo Aleixo, em Guapimirim (**Figura 86**). Nesse trecho, a trilha serpenteia entre as torres de transmissão de energia, marcando uma transição na paisagem da região (**Figura 87**). Além disso, observam-se trechos típicos de movimentos de massa, ou seja, clareiras abertas no meio da vegetação densa com a presença de blocos rolados e acúmulo de material na base (**Figura 88**).

Figura 86 – 12C: Ventania



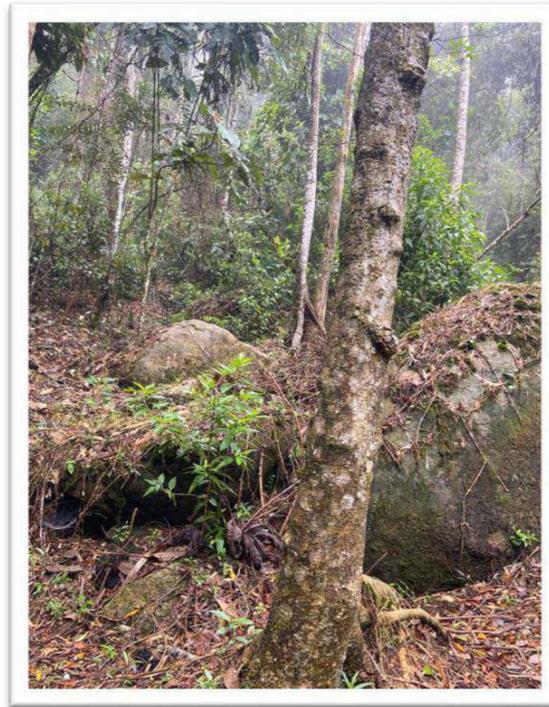
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 87 – Vale e linhas de transmissão no Ventania



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 88 – Área de movimento de massa



Fonte: Elaboração do autor.

Fica evidente que a distância da trilha do Ventania em relação à sede do PARNASO influencia sobremaneira na preservação e conservação da trilha. Sua organização é deficiente, a presença de gado ao longo de toda a sua extensão intensifica processos erosivos. Além disso, a própria vegetação, que serve como alimento para os animais, sofre com essa pressão constante.

A variação da temperatura média anual (de 17,8°C a 15,5°C) e da precipitação (de 1863mm a 1774mm) geralmente segue uma relação inversa, na qual altitudes mais elevadas apresentam temperaturas mais baixas e níveis mais elevados de precipitação. No entanto, essa lógica não se aplica à presente localidade, uma vez que a precipitação diminui de forma contínua à medida que se ganha altitude.

No que se refere aos geossistemas, durante a trilha, observam-se cinco grupos distintos, classificados na ordem III, IV, VIII, X e VII, nessa ordem. A dinâmica dos geossistemas ao longo da trilha também se reflete na análise da fragilidade ambiental e do risco de incêndios. Predominam áreas de média fragilidade ao longo do mosaico de agricultura e pastagem, sendo a baixa fragilidade observada apenas nas seções mais densamente vegetadas. De volta, observa-se a média fragilidade

no cume da trilha. Quanto ao risco de incêndio, segue-se a mesma lógica da fragilidade ambiental, com a diferença que no final há um risco médio devido à orientação da vertente voltada para o norte.

Os solos após o terceiro quilômetro de trilha são predominantemente Cambissolos Háplicos Distróficos. No cume, encontram-se Neossolos litólicos distro-úmbricos e afloramentos rochosos. À medida que se desce em direção ao vale em direção a Santo Aleixo, observam-se os Latossolos novamente. As coletas de solo superficial não revelaram mudanças significativas na textura em diferentes altitudes. Porém, nas áreas C1, C3 e C5, a textura é classificada como média, enquanto em C2 e C4, é considerada arenosa. Quanto ao pH, não foram observadas variações significativas. Em relação aos teores de K, Na, P, Ca, Mg e H+Al, há apenas um destaque entre as amostras, sendo a C1. Todas as outras amostras possuem valores semelhantes. Quanto à soma de bases trocáveis, C1 apresenta o maior valor (1,22), e as outras amostras variam de 0,53 até 0,76.

5.3.4 TRILHA DO CAMINHO DO OURO

A trilha do Caminho do Ouro está situada nos municípios de Petrópolis e Magé, dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, assim como em sua Zona de Amortecimento. Historicamente, essa trilha ganhou notoriedade devido à sua importância como rota de acesso durante o auge da exploração do ouro no Brasil (**Figura 89**). Hoje, ela proporciona uma oportunidade única para explorar as interações entre o patrimônio cultural, as riquezas naturais da Mata Atlântica e as paisagens cênicas deslumbrantes da região.

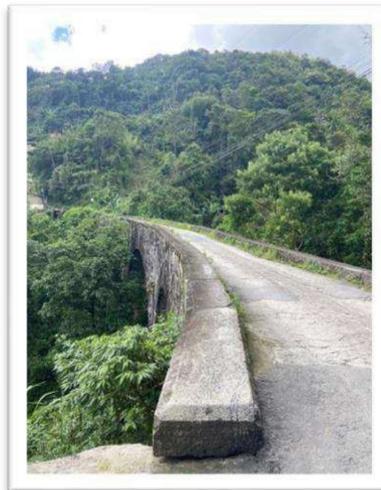
Esse trecho de trilha foi originalmente aberto pelo sargento-mor Bernardo Soares de Proença entre 1723-1725, ganhando o status de patrimônio cultural tombado pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (INEPAC) em 1984, de acordo com informações do ICMBIO (2023). No entanto, é importante mencionar que essa trilha se encontra distante das sedes oficiais da unidade de conservação. Apesar de ter recebido pouca atenção no âmbito científico, essa rota desempenha um papel de grande relevância em um contexto geográfico, histórico, biológico, ecológico e turístico, tornando-se um ponto crucial para o estudo das interações entre a ação humana e a natureza.

A transição fitofisionômica ao longo da trilha é pouco perceptível, com uma vegetação inicial caracterizada pela floresta ombrófila densa montana, que dá lugar à floresta submontana à medida que se avança pelo percurso. Porém, em certas partes é possível notar a discrepância de

biomassa entre as duas zonas, sendo a submontana com maior biomassa (**Figura 90**). Destacam-se formações geológicas, construções históricas e trechos hidrológicos específicas que mantêm uma conexão estreita com a comunidade da região.

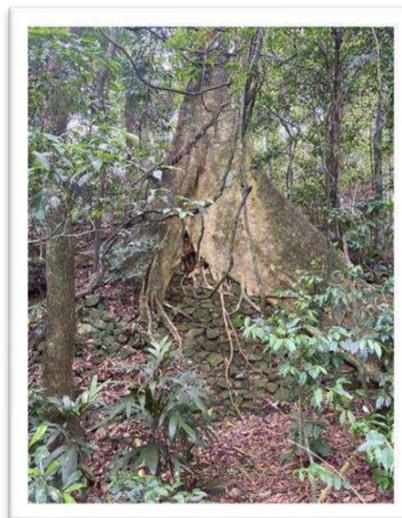
A extensão da trilha é de aproximadamente 5,0 km, com o início na zona de amortecimento do PARNASO, na região do bairro do Alto da Serra, em Petrópolis, e o término no bairro Raíz da Serra, no município de Magé. Embora o percurso seja considerado leve, apresenta desafios relacionados à convivência com a fauna local ao longo do trajeto, além de obstáculos como pedras escorregadias. O perfil geoecológico é apresentado na figura 91.

Figura 89 – Ponte Caminho do Ouro



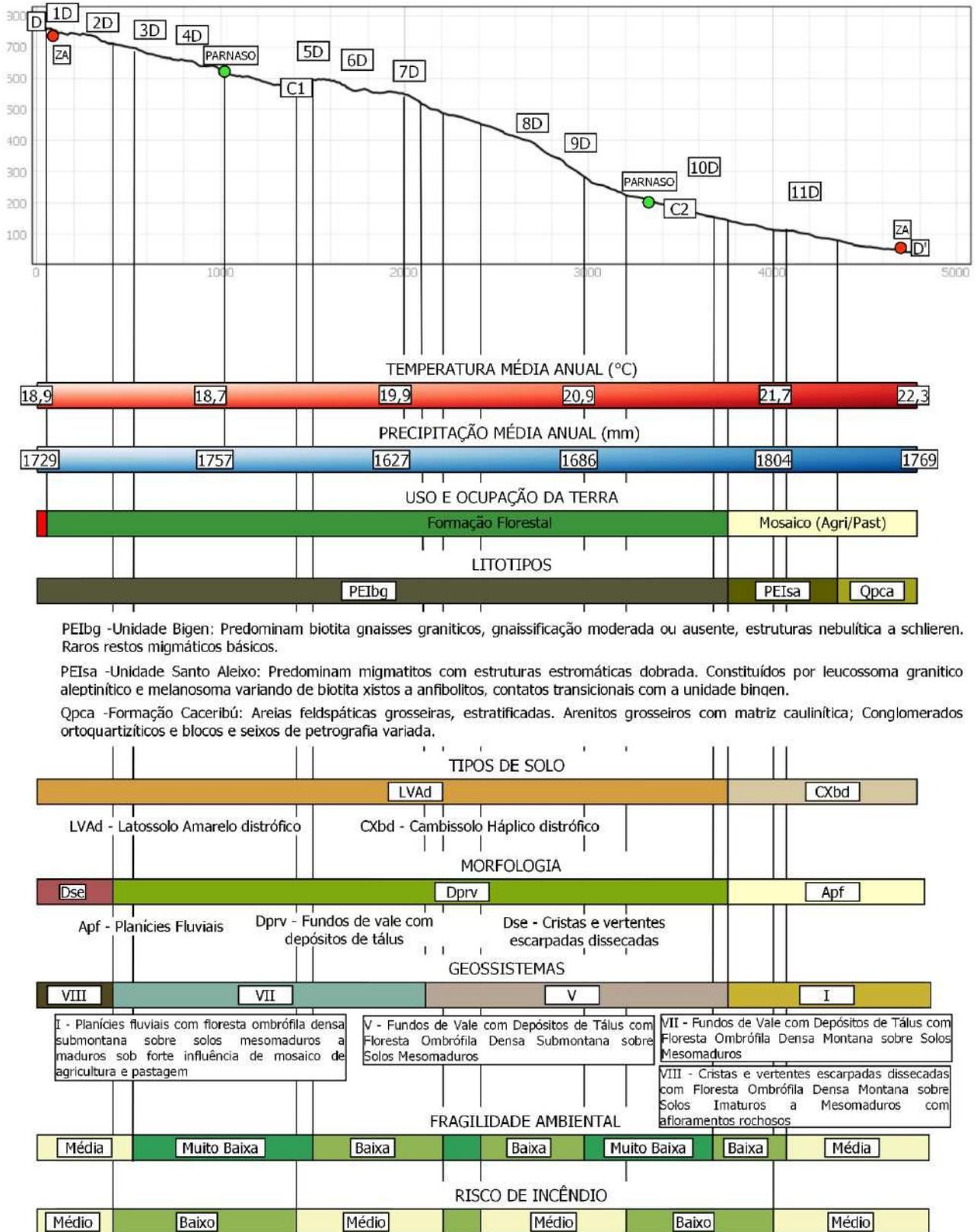
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 90 – Floresta submontana sob construção humana



Fonte: Elaboração do autor.

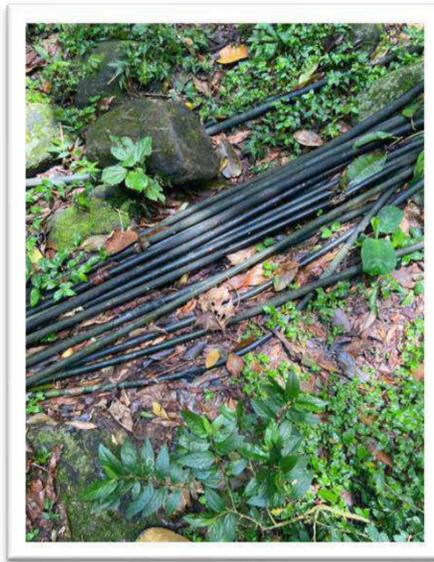
Figura 91 – Perfil Geocológico da Trilha do Caminho do Ouro



Fonte: Elaboração do autor

A análise geocológica da trilha compreendeu a avaliação das características estruturais e dinâmicas da paisagem ao longo do percurso. Essa análise revelou a complexidade da área, que se estende por cerca de 5 km, abrangendo altitudes desde o início da trilha, situada a aproximadamente 750 metros, até seu término, a menos de 100 metros de altitude. Durante a exploração da trilha, foram observadas diversas intervenções antrópicas, decorrentes da história local, incluindo a rota por onde o trem passava, a rota de pedestres, a presença de várias árvores de jaca e pontos de captação de água (**Figura 92**).

Figura 92 – Mangueiras de passagem de água captada

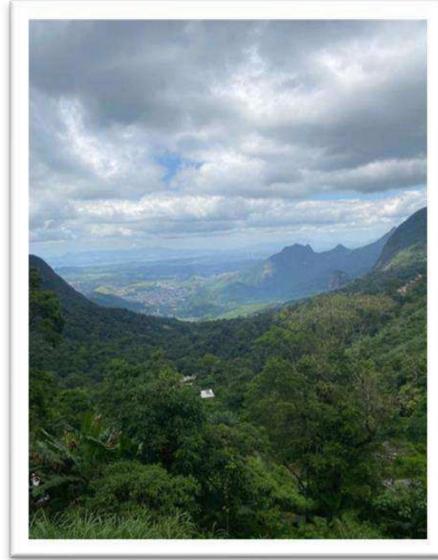


Fonte: Elaboração do autor.

O início do percurso é caracterizado pela visão ampla dos fundos de vale e planícies flúvias que abrigam a Baixada Fluminense (**Figura 93**). Como mencionado anteriormente, a água do ribeirão da Moca Branca é captada para a irrigação das diversas plantações, bem como para o abastecimento das comunidades adjacentes.

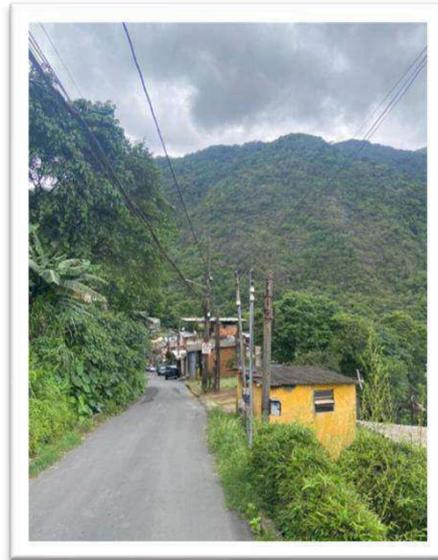
A comunidade do Alto da Serra se distribui de maneira peculiar entre as escarpas e vertentes dissecadas. No entanto, ao delimitar os geossistemas, foi necessário considerar a dominância dos fatores, e, nesse contexto, a infraestrutura urbana não ganhou destaque na escala do mapa em questão. Entretanto, é importante mencionar essa ocorrência na Zona de Amortecimento do PARNASO, na parte que se refere a Petrópolis (**Figuras 94 e 95**).

Figura 93 – 1D: Trilha Caminho do Ouro



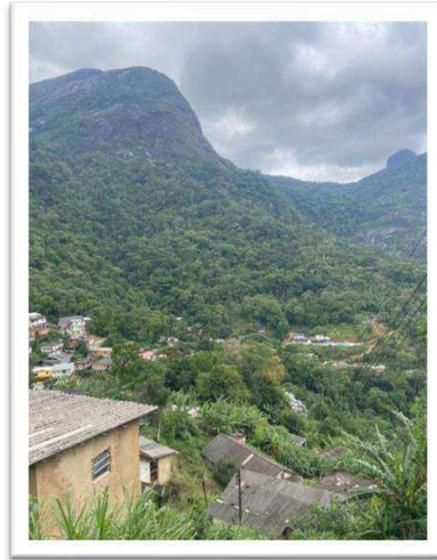
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 94 – 2D: Trilha Caminho do Ouro



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 95 – 3D: Trilha Caminho do Ouro



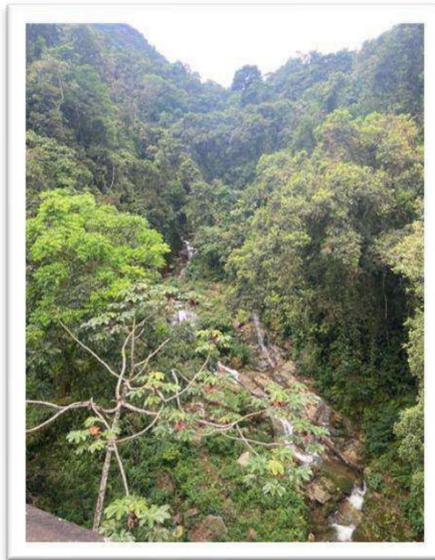
Fonte: Elaboração do autor.

É relevante destacar a marcante dissecação que se desenvolve nas escarpas da região devido à ação do curso d'água, um elemento geológico e hidrológico que desempenha um papel fundamental na modelagem da paisagem local. Através das Figuras 96 e 97, pode-se observar como a força erosiva da água, ao longo do tempo, esculpiu profundamente essas escarpas, criando um cenário de grande beleza e complexidade geológica.

Essa dissecação intensa é um exemplo notável dos processos geodinâmicos que moldaram a área ao longo de milênios. O curso d'água desempenhou um papel crucial na escavação do terreno, criando vales profundos e contribuindo para a formação das encostas íngremes e recortadas que caracterizam essa paisagem. A ação contínua da água, juntamente com os fatores geológicos e climáticos, contribui para a constante evolução dessas formas de relevo.

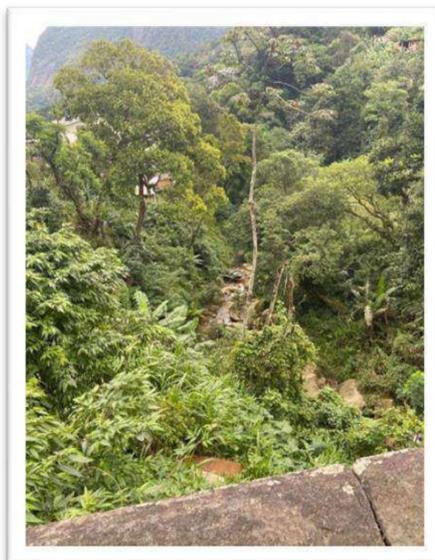
Essa intensa dissecação não apenas adiciona uma dimensão estética à região, tornando-a visualmente impressionante, mas também é de grande importância para os processos ecológicos e hidrológicos. A presença de vales profundos e áreas de deságue pode influenciar a dinâmica da água subterrânea, a distribuição da vegetação e a biodiversidade local. Portanto, a dissecação causada pelo curso d'água é um aspecto essencial da dinâmica geológica e ecológica dessa região, destacando a estreita interconexão entre os elementos naturais que a compõem.

Figura 96 – 4D: Trilha Caminho do Ouro



Fonte: Elaboração do autor.

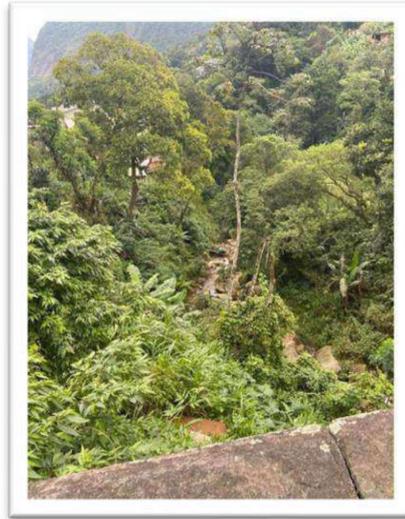
Figura 97 – Rio de leito rochoso com vegetação adjacente



Fonte: Elaboração do autor.

Ao entrar nos limites do parque, é perceptível uma mudança significativa na vegetação, que se torna mais densa e menos impactada pela ação humana. Além disso, algo que merece destaque é a presença do curso d'água e o tamanho considerável dos blocos e seixos em sua calha. A floresta ombrófila densa montana circunda essa área, como pode ser observado na Figura 98.

Figura 98 – 5D: Trilha Caminho do Ouro



Fonte: Elaboração do autor.

No entanto, ainda é possível observar uma área com vestígios de fogueira em uma zona descampada, que é propícia para camping, como ilustrado na Figura 99. Essa área com vestígios de fogueira denuncia a presença constante de visitantes na trilha do Caminho do Ouro, mesmo que seja uma prática proibida dentro dos limites da unidade de conservação. Além do risco de incêndios, a realização de fogueiras pode afetar a vegetação circundante, os resíduos deixados para trás também podem poluir o solo e as fontes de água próximas, prejudicando a qualidade da água e afetando a vida aquática.

Figura 99 – 6D: Trilha Caminho do Ouro

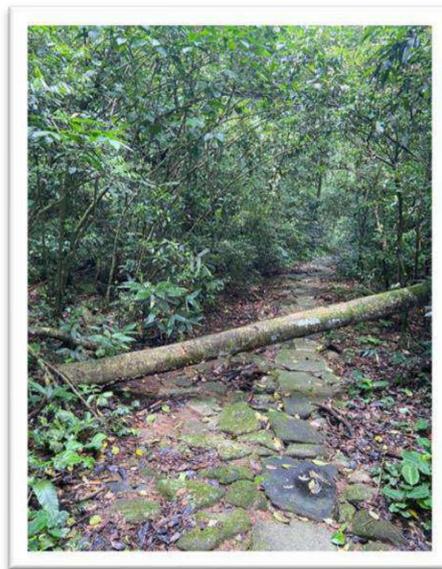


Fonte: Elaboração do autor

Nos fundos de vale, onde encontra-se a floresta ombrófila densa montana, assim como a submontana, é comum se deparar com grandes árvores que obstruem parcialmente a trilha. Algumas dessas árvores tomadas são recentes, enquanto outras já têm mais tempo, o que indica a ocorrência frequente de intensos fluxos de vento e precipitação nessa região do vale. Além desse aspecto natural, a trilha se destaca por um elemento histórico marcante: ao longo de todo o seu percurso, encontramos uma linha de pedras que foi instalada no século XVIII para melhorar a acessibilidade e o trânsito nessa rota histórica (**Figura 100**).

Essa linha de pedras é um testemunho das antigas intervenções humanas na região, revelando a importância histórica da trilha do Caminho do Ouro. Ela não apenas auxiliava os viajantes na travessia da área, mas também representa uma conexão direta com o passado, proporcionando uma experiência única para os visitantes interessados na história dessa rota histórica.

Figura 100 – 7D: Trilha Caminho do Ouro



Fonte: Elaboração do autor

Na Figura 101 e 102, é evidente a presença de um grande bloco rochoso circundado por áreas de floresta ombrófila densa montana e submontana, localizado na faixa de transição entre esses dois tipos de vegetação. Essa zona de transição pode ser sutil à primeira vista, mas é possível

inferi-la observando a largura dos troncos das árvores e suas alturas, que variam conforme as condições do ambiente.

Além disso, é interessante notar a presença de jaqueiras, espécie exótica, à medida que adentra-se nas áreas de topografia mais baixa. A presença dessa espécie arbórea específica na região denuncia a transição para uma fitofisionomia diferente, que ocorre em altitudes mais baixas, com características distintas de solo e vegetação.

Figura 101 – 8D: Trilha Caminho do Ouro

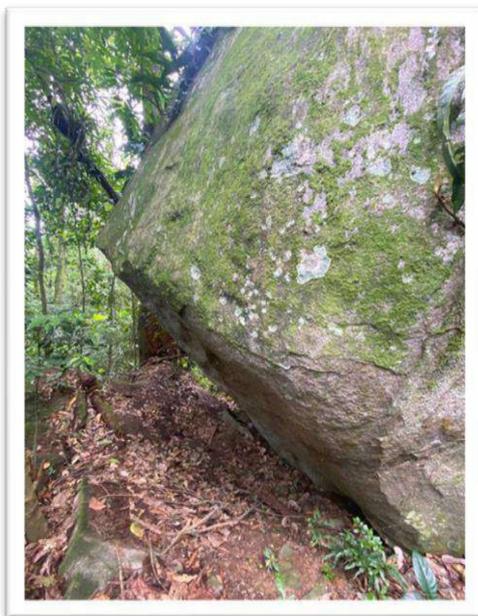


Fonte: Elaboração do autor

Nas áreas próximas ao curso d'água, frequentemente encontramos extensas porções de vegetação que foram derrubadas devido às fortes trombas d'água. É importante destacar que a realização da trilha ocorreu após um período de intensas chuvas, o que acentuou significativamente esses processos de deslizamento de terra e queda de árvores (**Figura 103**).

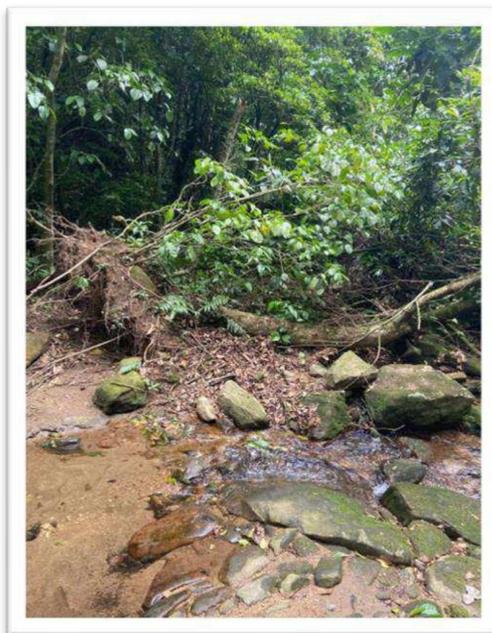
Esse fenômeno ressalta a dinâmica natural da região, na qual eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, podem desencadear processos de deslizamentos e quedas de árvores, contribuindo para a constante transformação da paisagem ao longo do tempo. Essa é uma característica intrínseca da área e demonstra a importância de considerar as condições climáticas e sazonais ao explorar a trilha do Caminho do Ouro.

Figura 102 – Bloco de rocha na faixa de transição das fitofisionomias



Fonte: Elaboração do autor

Figura 103 – 9D: Trilha Caminho do Ouro



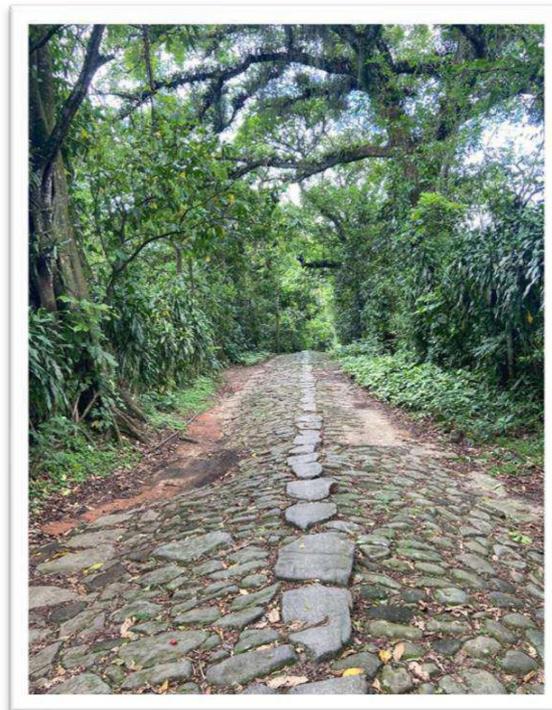
Fonte: Elaboração do autor

À medida que se chega ao final da trilha, aproximadamente a 3,5 km de seu início, se começa a notar a presença de propriedades privadas rurais e ruas pavimentadas com pedras. Essa transição marca a passagem dos limites do PARNASO para a zona de amortecimento da unidade

de conservação. Essa mudança é abrupta, levando-nos de uma trilha inserida em meio natural preservado para uma área com influência antrópica, caracterizada por um mosaico de áreas de agricultura e pastagem (**Figura 104**).

Essa transformação na paisagem demonstra a coexistência de áreas de conservação com espaços rurais e urbanizados, refletindo a complexa interação entre o ambiente natural e a atividade humana. Tal transição ressalta a importância da zona de amortecimento em proteger e preservar as áreas adjacentes ao PARNASO, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e dos recursos naturais na região.

Figura 104 – 10D: Trilha Caminho do Ouro



Fonte: Elaboração do autor

Ao chegar ao ponto final da trilha e preparar-se para a volta, é impossível não notar a imponência dos grandes escarpamentos serranos que compõem a majestosa Serra dos Órgãos ao fundo. Essa visão é acompanhada pela presença de áreas com um mosaico de agricultura e pastagem na planície fluvial em primeiro plano (**Figura 105**).

A paisagem contrastante entre os exuberantes picos serranos e as áreas de atividade humana na planície ilustra a complexidade e a diversidade desse ambiente. Mostra-nos como a natureza e

a cultura estão interligadas nessa região, onde a beleza natural convive com as influências da atividade agrícola e pecuária. Essa vista panorâmica é um testemunho da importância de equilibrar a conservação ambiental com o desenvolvimento sustentável, garantindo a preservação desse cenário espetacular para as gerações futuras.

Figura 105 – 11D: Trilha Caminho do Ouro



Fonte: Elaboração do autor

Torna-se evidente que a distância da trilha do Caminho do Ouro em relação à sede do PARNASO não influencia tanto quanto na trilha do Ventania na preservação e conservação da trilha em si. No entanto, é notável a discrepância entre as áreas dentro dos limites do PARNASO e as da Zona de Amortecimento. A organização da trilha é eficiente. Atualmente, esse percurso faz parte da iniciativa do ICMBIO chamada "Caminhos da Serra do Mar", que engloba diversas trilhas.

Essa integração da trilha do Caminho do Ouro em um programa mais amplo de conservação e promoção de trilhas na região demonstra o compromisso em preservar o patrimônio natural e cultural do local, permitindo que as pessoas desfrutem de suas belezas e, ao mesmo tempo, contribuam para sua proteção. A gestão eficaz das trilhas é essencial para garantir que esses

ambientes especiais perdurem ao longo do tempo, beneficiando tanto a natureza quanto aqueles que as exploram.

Em resumo, a variação da temperatura média anual (de 18,9°C a 22,3°C) e da precipitação (de 1729mm a 1779mm) geralmente segue uma relação inversa, na qual altitudes mais elevadas apresentam temperaturas mais baixas e níveis mais elevados de precipitação. No entanto, essa lógica não se aplica à presente localidade. Isso se deve, em parte, à localização da área, que parece estar em um trecho particularmente interessante, representando uma possível ruptura na continuidade da Serra dos Órgãos. Esse cenário forma um grande vale que pode concentrar dinâmicas atmosféricas na região, influenciando o comportamento da precipitação.

No que se refere aos geossistemas, durante a trilha, observam-se quatro grupos distintos, classificados na ordem VIII, VII, V e I, nessa ordem. A dinâmica dos geossistemas ao longo da trilha também se reflete na análise da fragilidade ambiental e do risco de incêndios. Predominam áreas de muito baixa e baixa fragilidade, intercalando-se ao longo da trilha. As zonas classificadas como de média fragilidade se encontram inseridas em contextos com altas declividades e a presença de mosaicos de agricultura e pastagem. Quanto ao risco de incêndio, segue uma lógica que oscila entre médio e baixo, semelhante à fragilidade ambiental.

Os solos da trilha são predominantemente Latossolos Amarelos Distróficos, com a transição ao final à 3,6km para Cambissolos Háplicos Distróficos. Quanto aos litotipos, eles se dividem em três unidades distintas, a saber: a unidade Bigen, onde predomina a biotita gnaisse granítico; a unidade Santo Aleixo, com predominância de migmatitos; e a formação Caceribú, caracterizada por areias feldspáticas grosseiras. Essas características geológicas e pedológicas contribuem para a diversidade da paisagem ao longo da trilha do Caminho do Ouro. As coletas de solo superficial demonstram a mesma textura para C1 e C2, ambas são do tipo 2, ou seja, de textura média. Quanto ao pH, as duas amostras possuem variações tímidas C1 apresenta o valor de 4,3 e C2 de 4,8. Em relação aos teores de K, Na, P, Ca, Mg e H+Al, existe uma variação significativa, sendo a C1 com os valores mais baixos e C2 com os mais altos. Quanto à soma de bases trocáveis, C1 apresenta o menor valor (0,84), e C2 com 2,57.

Capítulo 6

Reflexões Finais

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos é uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral, subordinada ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, cujo principal objetivo é preservar e conservar amostras representativas dos ecossistemas nacionais do bioma Mata Atlântica. Com mais de 20.024 hectares protegidos nos municípios de Teresópolis, Petrópolis, Magé e Guapimirim, o PARNASO se destaca como uma unidade de conservação de grande complexidade e amplitude.

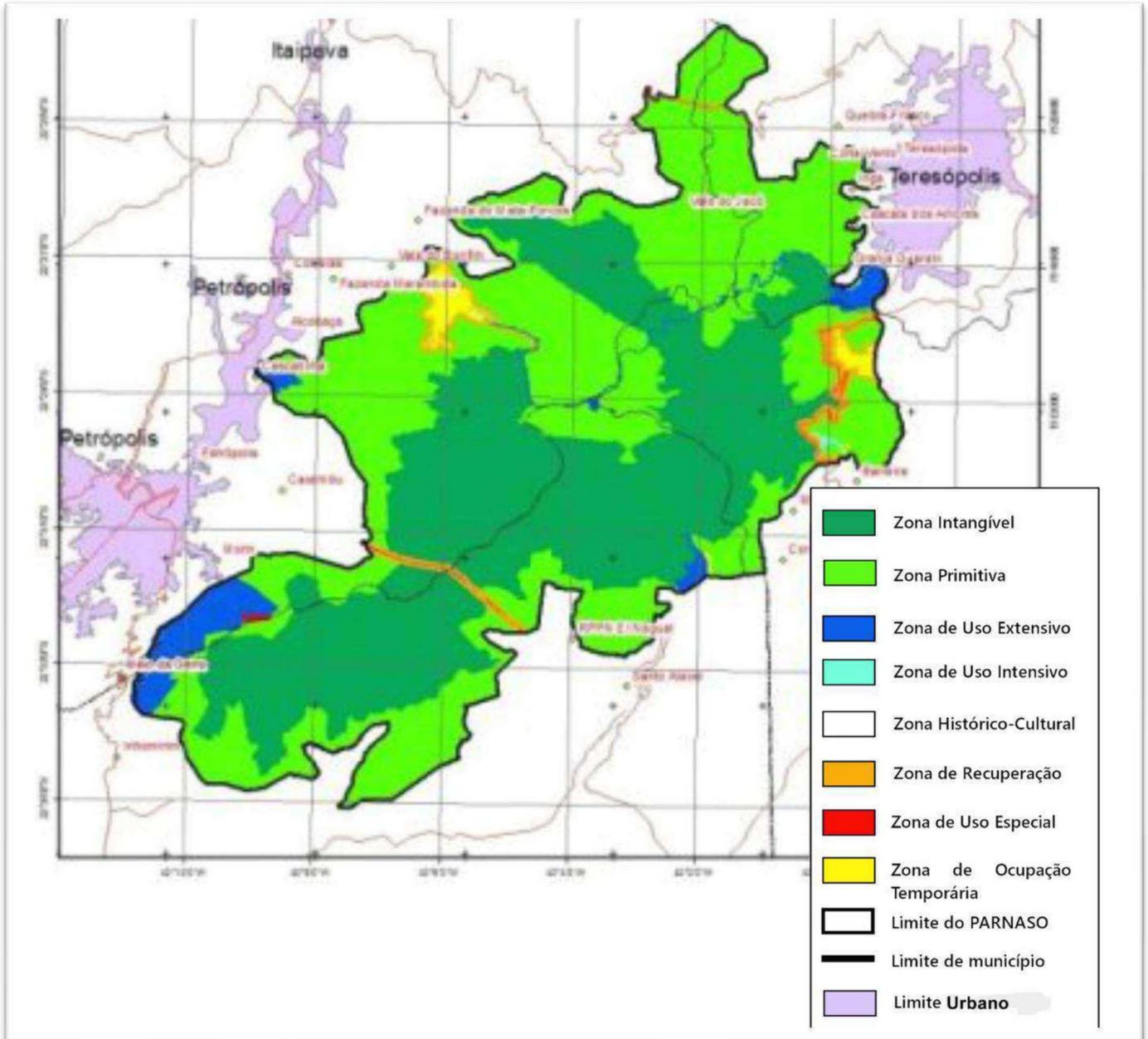
No entanto, é importante ressaltar que a eficácia da conservação e do planejamento ambiental varia dentro do parque. As áreas mais próximas às sedes oficiais do parque tendem a ser mais bem fiscalizadas e, conseqüentemente, mais bem conservadas. É nesses locais que o planejamento efetivamente se concretiza, por meio da implementação de estratégias de manejo e conservação embasadas em pesquisas científicas e monitoramento regular.

Por outro lado, as áreas mais distantes do parque podem enfrentar desafios significativos. A ausência de fiscalização nesses locais pode propiciar a ocorrência de atividades ilegais, tais como desmatamento, caça e ocupação irregular. Além disso, a escassez de recursos e de pessoal pode dificultar a implementação eficaz de estratégias de conservação nesses espaços.

Portanto, embora o PARNASO seja uma unidade de conservação de grande relevância ecológica, é de suma importância reconhecer e abordar esses desafios a fim de assegurar sua conservação a longo prazo. Isso pode incluir o reforço da fiscalização e do financiamento para as áreas remotas, aprimorando o monitoramento e a pesquisa científica, além de envolver as comunidades locais na causa da conservação.

A presente pesquisa demonstrou ser promissora na avaliação dos fatores abióticos e bióticos relacionados às áreas do parque e à sua zona de amortecimento. Essa análise geossistêmica oferece perspectivas importantes sobre as áreas que necessitam de maior atenção por parte dos órgãos ambientais responsáveis. A partir de cada unidade geossistêmica delimitada, é possível desenvolver novas visões, ações e discussões relacionadas ao zoneamento ambiental do PARNASO (**Figura 106**).

Figura 106 – Visão geral do zoneamento ambiental do PARNASO



Fonte: ICMBIO, 2007

Além disso, por meio dos perfis geocológicos, tornou-se evidente a ineficácia na gestão de algumas áreas, sobretudo naquela de maior criticidade, a Zona Intangível. Essa zona foi incorporada devido ao elevado índice de endemismo nas áreas de campos de altitude, à presença de nascentes de diversos rios que abastecem a região e à existência de florestas primárias. Caracteriza-se por altitudes elevadas, relevo dissecado e formações rochosas imponentes. Como

observado, principalmente na trilha do Ventania, essa zona necessita de uma atenção e fiscalização mais rigorosas, uma vez que havia a presença de gado a altitudes superiores a 1500 metros, afetando consideravelmente uma parte desse espaço. Os principais conflitos nessa zona envolvem a caça, a extração de palmito e, como mencionado anteriormente, a invasão do gado e a intensificação dos processos erosivos, bem como o uso inadequado das trilhas, comprovado pela presença de fogueiras no solo (ICMBIO, 2007).

A dinâmica dos trilheiros e campistas, juntamente com a prática da utilização de fogueiras, tem um impacto considerável nos padrões de uso e ocupação do solo no Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Esses padrões de uso, por sua vez, influenciam de maneira significativa os processos geográficos e as sucessões altitudinais dentro da área protegida.

No entanto, o aumento da visitação e do acampamento, se não for adequadamente gerenciado, pode resultar em impactos negativos. As trilhas e áreas de acampamento intensamente utilizadas sofrem com o pisoteio constante, a compactação do solo e a erosão, nas altitudes mais baixas e mais altas do parque. Isso pode levar à degradação de ecossistemas frágeis, como os campos de altitude e as áreas de zona intangível.

A prática de fogueiras, embora seja uma atividade tradicional de acampamento, também pode causar sérios danos aos ecossistemas. Além do risco de incêndios florestais, as fogueiras contribuem para a degradação da vegetação local e afetam a fauna. A coleta de madeira para fogueiras pode levar à depleção de recursos naturais, e as cinzas resultantes podem modificar o pH do solo e impactar a vegetação.

Os padrões de uso e ocupação do solo no parque refletem a necessidade de regulamentação e manejo cuidadoso por parte das autoridades competentes. Medidas como a definição de trilhas bem planejadas e áreas de acampamento, a implementação de políticas de educação ambiental e o estabelecimento de regras estritas sobre a prática de fogueiras são essenciais para minimizar os impactos negativos.

Além disso, a Zona Primitiva se destaca pela presença de monumentos naturais com possibilidade de uso público, bem como pela preservação da vegetação em uma área de transição em direção à zona intangível. Os principais conflitos associados a essa zona envolvem a caça e a visitação irregular, mas também se relacionam com a influência considerável de mosaicos de agricultura e pastagem, além da sua proximidade com áreas urbanas nos quatro municípios circundantes. É importante destacar que os maiores desafios surgem devido à proximidade com as

comunidades rurais de Petrópolis. No entanto, também há questões semelhantes nos municípios de Guapimirim e Magé (ICMBIO, 2007).

Os conflitos relacionados às comunidades remanescentes que se encontram dentro dos limites do parque são de longa data. No zoneamento, essas áreas faziam parte da Zona de Ocupação Temporária. No entanto, houve recentes resoluções que excluíram essas comunidades dos limites do PARNASO. Esses conflitos estão ligados à primeira delimitação da UC, que ocorreu mais de 40 anos após a criação do parque em questão, resultando em diversos problemas sociais e questões de desapropriação. É relevante destacar que houve uma modificação nos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos aprovada no final de 2022, com os limites oficiais em formato vetorial divulgados em 2023. As principais alterações foram as seguintes:

- A comunidade do Vale do Bonfim em Petrópolis foi retirada da UC.
- A comunidade de Barreiras em Guapimirim também foi excluída da UC.
- Algumas áreas de Itaipava foram removidas.

Essas mudanças foram aprovadas pelo então presidente Jair Bolsonaro. Com as alterações em vigor, é esperado que a Zona de Amortecimento do parque sofra futuras modificações para se ajustar aos novos limites e incluir as áreas retiradas da UC. No entanto, é importante notar que, mesmo antes da retirada do Vale do Bonfim da UC, já havia um desvio acentuado na ZA dentro de suas áreas, como se antecipasse o que aconteceria. A ZA desempenha um papel crucial como uma área de transição entre a UC e as áreas circundantes, mitigando diversos efeitos degradantes e tornando a UC menos vulnerável a alterações físicas, químicas e biológicas. Portanto, qualquer mudança nos limites da UC pode ter implicações significativas na ZA.

É notável que os limites da Zona de Amortecimento do PARNASO apresentem uma configuração irregular, assemelhando-se a uma espécie de contorno que contorna áreas urbanas, o que contraria os princípios fundamentais dessa zona, que visam atenuar os possíveis impactos sobre a unidade de conservação por meio de diretrizes específicas de ocupação e atividades permitidas. Portanto, a discussão sobre a delimitação oficial da zona de amortecimento do PARNASO deve ser amplamente debatida.

O papel da Zona de Amortecimento, que consiste em conter os avanços humanos e minimizar os impactos diretos sobre a unidade de conservação, não está sendo cumprido em sua totalidade, uma vez que frequentemente se limita aos próprios limites da UC. Os critérios para a criação de limites específicos ainda não foram devidamente esclarecidos, mas é inquestionável que

uma expansão dos limites da ZA em determinadas regiões poderia resultar em conflitos socioambientais intensos, principalmente em áreas com propriedades de alto poder aquisitivo, como a Granja Comary, em Teresópolis.

A revisão dos limites da Zona de Amortecimento do PARNASO e o estabelecimento de diretrizes claras para a ocupação dessa área são essenciais para garantir a eficácia dessa importante zona de proteção e para mitigar os impactos negativos provenientes das atividades humanas nas proximidades do parque. Um processo de discussão e tomada de decisão colaborativa, envolvendo todas as partes interessadas, pode ajudar a equilibrar a conservação da natureza com as necessidades das comunidades locais e a preservação das áreas de alto valor ambiental.

É evidente que a maior parte das discussões relacionadas à Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Serra dos Órgãos é permeada por interesses políticos. A proximidade do parque com os centros urbanos dos municípios vizinhos dificulta qualquer possibilidade de expansão da zona. Embora os usos permitidos na ZA sejam menos restritivos do que dentro de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, ainda existem várias demandas que impõem limitações ou impossibilitam a realização de novos empreendimentos ou atividades.

Entretanto, é importante destacar que é possível identificar áreas prioritárias para uma fiscalização frequente, especialmente aquelas localizadas nas imediações dos limites do PARNASO e de sua Zona de Amortecimento oficial, que apresentam classes de fragilidade ambiental e risco de incêndio média. A proximidade dessas áreas pode resultar em processos sinérgicos que se estendem para dentro dos limites do parque, afetando diretamente a integridade dos ecossistemas e a preservação da biodiversidade.

De fato, a visitação nas trilhas também pode acarretar em degradação ambiental considerável. Atividades como a realização de fogueiras nos cumes das montanhas, a construção de estruturas sem autorização e a caça ilegal têm o potencial de causar impactos negativos significativos no meio ambiente. Essas ações podem alterar a estrutura física do solo, principalmente devido à compactação e erosão, o que resulta em um aumento do escoamento superficial e na redução do conteúdo de água, matéria orgânica e nutrientes no solo.

Esses impactos no solo afetam não apenas a vegetação local, mas também contribuem para a deterioração das nascentes e dos cursos d'água, diminuindo a capacidade de retenção de água e a qualidade da água na região. Além disso, a destruição de habitats naturais e a caça ilegal têm

implicações sérias na biodiversidade local, prejudicando as populações de fauna e flora que habitam o parque.

Portanto, a gestão eficaz do uso das trilhas e a imposição de regulamentos rigorosos são cruciais para minimizar esses impactos negativos. A conscientização ambiental, a fiscalização adequada e a educação dos visitantes desempenham papéis essenciais na promoção de um turismo sustentável e na preservação a longo prazo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

O PARNASO estabeleceu parcerias com diversas entidades, como a Bonfim + Verde que promove a agroecologia, e realiza anualmente encontros de educação ambiental e agroecologia. No entanto, pode ser necessário adotar abordagens mais personalizadas em algumas localidades mais distantes das sedes oficiais dos quatro municípios. A educação ambiental é uma ferramenta poderosa para transformar nossa relação com a natureza. Portanto, é crucial que esses programas de educação ambiental sejam implementados de maneira eficaz em todas as áreas do parque, não se limitando apenas às regiões próximas às sedes oficiais.

As trilhas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos não apenas proporcionam oportunidades únicas para a interação das pessoas com o meio ambiente, mas também desempenham um papel fundamental como ferramentas de educação ambiental. Ao percorrerem esses caminhos, os visitantes têm a chance de vivenciar a natureza de perto, observar sua biodiversidade e apreciar a beleza cênica da região. Essa experiência sensorial e educativa pode ser profundamente impactante, levando a uma maior compreensão e apreciação dos ecossistemas locais.

Além disso, as trilhas oferecem um ambiente propício para a realização de programas de sensibilização e educação ambiental. Os gestores do parque, juntamente com organizações parceiras, podem utilizar esses espaços para conduzir atividades educativas, como palestras, trilhas interpretativas, oficinas e programas de observação da fauna e flora. Essas iniciativas podem informar os visitantes sobre a importância da conservação e promover práticas responsáveis no parque.

Ao envolver as comunidades locais e visitantes de todas as idades, as trilhas se tornam uma plataforma eficaz para disseminar conhecimentos sobre a preservação ambiental, a importância da biodiversidade e os desafios enfrentados na conservação do PARNASO. Isso, por sua vez, ajuda a criar uma conexão mais profunda entre as pessoas e a natureza, incentivando o respeito pelo ambiente e a conscientização sobre a necessidade de proteger áreas naturais como o Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Portanto, as trilhas não são apenas caminhos físicos na paisagem,

mas também vias para a construção de uma consciência ambiental mais forte e uma colaboração mais eficaz na conservação desses preciosos ecossistemas.

É evidente a necessidade de atualização do banco de dados e produtos gráficos do PARNASO, bem como a disseminação científica dessas informações. Desde o plano de manejo em 2007/2008, não houve qualquer tipo de atualização dos produtos que tenha sido amplamente divulgada. Embora o parque tenha suas áreas de pesquisa, a maior parte delas tende a se concentrar em estudos de natureza biológica. As pesquisas geográficas, ecológicas, turísticas e históricas ainda são pouco exploradas na região, representando uma oportunidade significativa para novos pesquisadores.

Além disso, há uma carência de estudos aprofundados sobre as diversas trilhas locais. Muitas pesquisas se concentram na famosa Travessia Petrópolis x Teresópolis, mas a falta de iniciativas nas demais trilhas prejudica o desenvolvimento de novas diretrizes para seu manejo e para a educação ambiental que as envolve. Ampliar a pesquisa em áreas menos exploradas do parque pode enriquecer nosso conhecimento sobre sua geografia, ecologia e história, contribuindo para uma gestão mais informada e sustentável.

A atualização dos dados e produtos gráficos, juntamente com um foco mais amplo em pesquisas multidisciplinares, pode proporcionar um alicerce sólido para a conservação e o uso responsável do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Isso permitirá que as futuras ações de manejo e educação ambiental sejam embasadas em informações atualizadas e abrangentes, beneficiando tanto a proteção do parque como a experiência dos visitantes e pesquisadores.

Além disso, ao abordar o risco de incêndios florestais, acredita-se que o tema dos raios e incêndios deve ser objeto de estudo e preocupação, especialmente em áreas de preservação ambiental, como os parques nacionais. Nesse sentido, é essencial considerar a possibilidade de raios como uma das causas de incêndios e desenvolver estratégias para minimizar os impactos desses eventos naturais.

Além disso, existem diversas evidências que sugerem que o aumento do número de raios pode estar relacionado a alterações no clima do planeta. De fato, os raios são fenômenos meteorológicos que podem ser influenciados por várias variáveis climáticas, como temperatura, umidade, vento e a presença de partículas na atmosfera. Alguns estudos têm indicado que o aquecimento global pode estar ligado ao aumento da atividade elétrica na atmosfera. Isso ocorre

porque o aquecimento da superfície terrestre aumenta a evaporação da água e a umidade na atmosfera, criando condições propícias para a formação de nuvens carregadas eletricamente.

É importante ressaltar que os raios podem representar um perigo para a população e para o meio ambiente, causando incêndios e danificando infraestruturas. Portanto, é fundamental monitorar a atividade elétrica na atmosfera e desenvolver medidas preventivas para minimizar os riscos associados aos raios.

A pesquisa sobre a zonação altitudinal da paisagem no Parque Nacional da Serra dos Órgãos desempenha um papel crucial para novas perspectivas na gestão e conservação dessa área. A compreensão dos processos e sua relação com a formação e transformação das sucessões altitudinais é essencial, pois permite identificar padrões e dinâmicas que influenciam diretamente a biodiversidade, os ecossistemas e a qualidade ambiental da região.

Ao analisar a estrutura horizontal e vertical da paisagem, foi possível diferenciar os geossistemas de acordo com os cinturões de altitude, o que contribui para uma abordagem mais segmentada e específica na gestão do parque. Isso significa que 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.

Além disso, a pesquisa explorou as interações complexas entre os fatores biológicos, físicos e sociais que moldam a paisagem. Compreender como a atividade humana, as mudanças climáticas e os processos geossistêmicos se entrelaçam é fundamental para uma gestão eficaz do PARNASO. Essa abordagem integrada permite identificar ameaças e oportunidades, bem como promover práticas de conservação que sejam sensíveis às necessidades da biodiversidade e das comunidades locais.

Avaliar a fragilidade ambiental e risco a incêndios da região, considerando as pressões externas e internas, é crucial para tomar decisões informadas sobre a proteção do parque. A pesquisa pôde identificar áreas mais suscetíveis a danos ecológicos, o que ajuda a direcionar recursos e esforços para a sua preservação.

A partir dessas análises, é possível refletir sobre a elaboração de novas propostas de ação para o planejamento da paisagem no PARNASO. Essas propostas, baseadas em dados científicos sólidos, contribuem para a gestão ambiental e conservação da área, visando à preservação da biodiversidade e dos recursos naturais. Em resumo, a pesquisa geográfica desempenha um papel fundamental na tomada de decisões.

A pesquisa também destaca a importância da geomorfologia 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.

A abordagem metodológica dos geossistemas subsidiou a compreensão das sucessões altitudinais da paisagem e suas dinâmicas funcionais, bem como o planejamento ambiental em ambiente montanhoso tropical.

Primeiramente, a abordagem dos geossistemas permite uma compreensão integrada dos componentes naturais e antrópicos de uma paisagem. Isso é crucial para entender as sucessões altitudinais, que representam mudanças na composição biológica e física da paisagem à medida que a altitude aumenta. Essas mudanças são influenciadas por uma variedade de fatores, incluindo clima, solo, água e atividades humanas.

Em um ambiente montanhoso tropical, a abordagem do geossistema pode ajudar a identificar padrões de variação na vegetação, fauna, clima e outros aspectos ao longo de gradientes altitudinais. Por exemplo, pode-se observar mudanças na vegetação de florestas tropicais úmidas nas partes inferiores das montanhas para arbustos e gramíneas frias nas altitudes mais altas. Essas mudanças são o resultado de interações complexas entre vários componentes do geossistema.

Além disso, a abordagem do geossistema também tem sido útil para entender as dinâmicas funcionais em ambientes montanhosos tropicais. Isso inclui processos como os fluxos de energia e interações entre diferentes fitofisionomias. Esses processos são influenciados pela estrutura do geossistema, que por sua vez é moldada por fatores como altitude, clima e atividades humanas.

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.

Portanto, a abordagem metodológica do geossistema é uma ferramenta essencial para entender e gerenciar ambientes montanhosos tropicais. Ela fornece uma estrutura para integrar uma

variedade de informações e processos, permitindo uma compreensão mais completa e eficaz desses sistemas complexos.

Como esperado, os principais aspectos geoambientais que influenciam a criação, manutenção e transformação das sucessões altitudinais no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) são os seguintes:

Relevo: As características do relevo, como a topografia e a declividade, desempenham um papel importante na influência da disponibilidade de água, na erosão e na formação de solos, afetando diretamente a distribuição da vegetação.

Clima: As variações de temperatura, precipitação e radiação solar ao longo da altitude influenciam diretamente a distribuição da vegetação e os processos presentes.

Solo: Os diferentes tipos de solo presentes na área de estudo influenciam as sucessões altitudinais. A composição do solo, sua fertilidade e capacidade de retenção de água afetam a disponibilidade de nutrientes para as plantas e, conseqüentemente, a distribuição da vegetação.

Vegetação: A vegetação existente em cada zona altitudinal também desempenha um papel importante nas sucessões altitudinais. A presença de diferentes tipos de vegetação, como florestas submontanas, montanas e altomontanas, campos altimontanos e vegetação rupícola, influencia a dinâmica da paisagem e a distribuição das espécies.

Interação entre os elementos: A interação entre todos esses aspectos geoambientais é fundamental para entender as sucessões altitudinais. O clima, o relevo, o solo e a vegetação estão interligados e influenciam-se mutuamente, criando padrões de distribuição e transformação ao longo da altitude.

Esses são os principais aspectos geoambientais que influenciam a criação, manutenção e transformação das sucessões altitudinais na área de estudo. A compreensão desses aspectos é essencial para o planejamento ambiental e a preservação dessas paisagens únicas e importantes.

Influência dos Cinturões de Altitude na Variação Estrutural da Paisagem: Os cinturões de altitude exercem uma influência significativa na variação estrutural da paisagem. Eles determinam a formação de uma sucessão de sistemas de transformação a partir da amplitude altitudinal, declividade, hidrografia, geologia, estruturas e sistema geomorfológico. Em ambientes montanhosos, a estrutura da paisagem é condicionada particularmente pela altitude, resultando em diferentes características visuais, processos e tipos de vegetação em cada zona altitudinal.

Influência dos Cinturões de Altitude nos Aspectos Dinâmicos da Paisagem: Os cinturões de altitude também afetam os aspectos dinâmicos da paisagem. As variações altitudinais influenciam a dinâmica de precipitação, temperatura, arranjo fitofisionômico e composição pedológica. A altitude determina a energia potencial do local e a intensidade dessas variáveis de estado, contribuindo para a configuração da dinâmica funcional da paisagem.

É evidente que pesquisas futuras devem se dedicar ao estudo dos processos geomorfológicos, hidrológicos e, principalmente, da formação do solo em escala detalhada na área. Uma oportunidade interessante é explorar esses aspectos em trilhas locais de forma verticalizada e complexa, a partir de fundamentos geossistêmicos, a fim de possibilitar um entendimento mais profundo das conexões e interações que moldam a paisagem.

A partir dos resultados obtidos no decorrer da pesquisa, as medidas de conservação da paisagem para a preservação e manutenção das sucessões altitudinais são as seguintes:

Restrição de acesso e controle de visitação: A medida de restrição de acesso e controle de visitação é fundamental para a preservação das sucessões altitudinais. A teoria dos geossistemas aplicada revelou que a altitude desempenha um papel crucial na formação de diferentes ambientes, com características únicas em cada zona altitudinal. Implementar medidas para limitar o acesso e controlar a visitação nas áreas de sucessões altitudinais, a fim de evitar danos causados por atividades humanas. O controle da visitação ajuda a minimizar os impactos humanos, como a compactação do solo, a erosão, a degradação da vegetação e a perturbação da fauna.

Monitoramento e fiscalização: Estabelecer programas de monitoramento e fiscalização para garantir o cumprimento das medidas de conservação, identificar possíveis impactos e tomar ações corretivas quando necessário. Isso envolve a coleta de dados de detalhe sobre a vegetação, o solo, o clima e outros aspectos geográficos em diferentes altitudes. Esse monitoramento ajuda a avaliar a saúde das unidades geossistêmicas e a identificar áreas que precisam de intervenção.

Educação ambiental: Promover a conscientização e educação ambiental para visitantes, moradores locais e outras partes interessadas, destacando a importância das sucessões altitudinais e os impactos negativos sinérgicos que podem ocorrer se não forem adequadamente preservadas.

Restauração ecológica: Realizar ações de restauração ecológica nas áreas degradadas, visando recuperar a vegetação nativa e restabelecer as condições necessárias para o desenvolvimento das sucessões altitudinais.

Zoneamento e Planejamento Adequado: A teoria dos geossistemas implementada na presente pesquisa enfatiza a importância de compreender as características geossistêmicas distintas em diferentes zonas altitudinais. Portanto, ao estabelecer zonas de proteção e planejar o uso adequado do território, é fundamental levar em consideração as características das sucessões altitudinais e os processos envolvidos, especialmente em ambientes mais frágeis, com maior incidência de espécies endêmicas e ecossistemas únicos nas altitudes mais elevadas.

Essas medidas de conservação da paisagem são essenciais para preservar e manter as sucessões altitudinais na área, garantindo a proteção da biodiversidade e a manutenção dos processos geossistêmicos que ocorrem nesse ambiente montanhoso tropical. No entanto, é evidente que a presente pesquisa não explora de maneira abrangente essas medidas, deixando uma excelente oportunidade para pesquisas futuras entender e analisar as possibilidades de medidas associadas à complexidade socioeconômica envolvida no PARNASO e em sua Zona de Amortecimento.

REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. **Brasil: paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal Mato-grossense: patrimônios básicos.** Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2006, 182p.
- 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.
- 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.
- AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 13, n. 2, p. 59-78, 2009.
- AXIMOFF, I. O que Perdemos com a Passagem do Fogo pelos Campos de Altitude do Estado do Rio de Janeiro?. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, n. 2, p. 180-200, 2011.
- BATISTA, M. T. F. **Modelação geográfica em processo de caracterização e avaliação da paisagem numa perspectiva transfronteiriça.** 264p. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências do Ambiente, Universidade de Évora, Évora, 2014.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas** 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1977.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia Física Global. Esboço Metodológico. **Série Caderno de Ciências da Terra**, nº 13, IG-USP, 1972.
- BERTRAND, G.; BERTRAND C. **Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** Tradutor: Messias Modesto dos Passos. Maringá: Massoni, 2007.
- BRAZ, A. M. ; OLIVEIRA, I. J. ; CAVALCANTI, L. C. S. . **A paisagem na Escola Russo-Soviética de Geografia e os princípios ao surgimento do geossistema: uma breve revisão.** In: XII Jornada de Geografia, 2019, Jataí. Anais da XII Jornada de Geografia. Jataí: UFG, 2019. v. 1. p. 14-28.
- CABRAL, J. B. P. et al. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. **GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 11, p. 51-69, 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.

- CAVALCANTI, L. C. S.; CORREA, A. C. B; **Geossistemas e Geografia no Brasil**. Revista Brasileira de Geografia, v.61, n. 2, Rio de Janeiro-RJ, 2016.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blucher, 1999.
- CHRISTOFOLETTI, Anderson LH. Sistemas dinâmicos: as abordagens da teoria do caos e da geometria fractal em geografia. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil**. ed.6p. Bertrand Brasil, 2004, 89-110.
- COSTA, N. M. C. et al. Definição e caracterização de áreas de fragilidade ambiental, com base em análise multicritério, em zona de amortecimento de unidades de conservação. **Encontro de Geógrafos da America Latina**, 2009.
- CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.
- CRONEMBERGER, C.; DE CASTRO, E. B. V. *et al.* **Ciência e conservação na Serra dos Órgãos**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília, 2007.
- DANTAS, M.; SHINZATO, E., MEDINA, A.I.M., PIMENTEL, J.; SILVA, C.R.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERANO, S.B. & CARVALHO JÚNIOR, A. **Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília – CPRM**, 2001.
- 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. [1ª impressão 1996]
- DE ASSIS, R. L.; NETTO, Amazile López; DE AQUINO, Adriana Maria. **Desenvolvimento Sustentável em Ambientes de Montanha**, 2018.
- DE OLIVEIRA, S. N. et al. Identificação de Unidades de Paisagem e sua Implicação para o Ecoturismo no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio De Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 1, 2007.
- DOS SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. Oficina de Textos, 2007.
- DOS SANTOS, F. A.; SOUSA, R. S. A abordagem da Teoria da Complexidade na ciência geográfica: reflexões teóricas. **Revista Clóvis Moura de Humanidades**, v. 3, n. 1, p. 40-56, 2018.
- ESPÍNDOLA, C. R. **Gênese e evolução das formações superficiais nos trópicos**. São Paulo: Beca, 2013. 364p.
- FERNANDES, G. W. et al. **Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016.
- 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.
- FROLOVA, M. Desde el concepto de paisaje a la Teoría de geosistema en la Geografía rusa: ¿hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente?. **Ería**, n. 70, p. 225-235, 2006.

FROLOVA, M. A paisagem dos geógrafos russos: a evolução do olhar geográfico entre o século XIX e XX. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 13, 2007.

FROLOVA, M. From the Russian/Soviet landscape concept to the geosystem approach to integrative environmental studies in an international context. **Landscape Ecology**, v. 34, n. 7, p. 1485-1502, 2019.

FUSHITA, Â. T. et al. Fragilidade ambiental associada ao risco potencial de erosão de uma área da região geoeconômica médio Mogi Guaçu superior (SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº 63/4, p. 477-488, 2011.

GOMES, R. D.; VITTE, A. C. Geossistema e Complexidade: sobre hierarquias e diálogo entre os conhecimentos. **Ra'e Ga: Espaço Geográfico em Análise**, v. 42, p. 149-164, 2017.

GOMES, R. D.; VITTE, A. C. O geossistema pela complexidade: uma releitura das esferas geográficas. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 15-27, 2018.

GONÇALVES, D.; DOS PASSOS, M. M. Da sistematização do conhecimento geográfico às diversas análises teóricas da paisagem e do geossistema. **Espaço em Revista**, v. 22, n. 2, p. 29-55, 2020.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Bertrand Brasil, 2006.

GUIMARÃES, F. S. et al. Uma proposta para automatização do Índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, 2017.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2012.

ICMBIO. Parque Nacional da Serra dos Órgãos: uma visão geral. **Ciência e conservação na Serra dos Órgãos**, p. 11-23, 2007.

ICMBIO. **Caminho do Ouro- CSM**. ICMBIO, 2023. Disponível em: < <https://www.icmbio.gov.br/parnaserradosorgaos/destaques/239-caminho-do-ouro-csm.html> >. Acesso em: 27 de Out de 2023.

ISACHENKO, A. G. **Principles of landscape science and Physical Geography Regionalization**. Melbourne, 1973, 311p.

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.

KNUST, K.; MARINHO, R.; FOGO ATINGE PARNASO E DEIXA SERRA DOS ÓRGÃOS COM DOIS INCÊNDIOS DE GRANDES PROPORÇÕES. **G1**, Região Serrana, 28 de Julho, 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2020/07/28/fogo-atinge-parnaso-e-deixa-serra-dos-orgaos-com-dois-incendios-de-grandes-proporcoes.ghtml>. Acesso em: 27, de março e 2023.

LACERDA, H. C. et al. Susceptibility to wildfire in a conservation unit located in the transition region of Cerrado and Atlantic Forest Biomes, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 451-473, 2022.

LADISLAU, F. F. et al. Análise Multicritério aplicada ao mapeamento de risco de incêndio na APA Sul RMBH. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 66, p. 667-667, 2021.

- 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.
- 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.
- 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.
- MARQUES NETO, R. 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.
- 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.
- 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.
- MARQUES NETO, R. **Paisagem e geossistemas: Bases teórico-metodológicas da Geografia Física aplicada**. Curitiba, PR: Editora CRV, 2022.
- 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.
- MIKLÓS, L. et al. **Landscape as a Geosystem**. Springer International Publishing, 2019.
- MINC. Portaria do Ministério da Cultura nº 128/2004, de 31 de maio de 2004. Brasília
- MMA. **SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – SNUC**. Brasília: MMA/SBF, 2000.
- MMA. **Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.
- MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.
- MORIN, Edgar. *Ciência com consciência* (ed.). **Rio de Janeiro: Bertrand Brasil**, 2005.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.
- MORIN, Edgar; MÉTODO, O. 1: a natureza da natureza. 2. Ed. **Lisboa: Publicações Europa-América**, 1977.
- MYERS, N; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NEVES, C. E.; PASSOS, M. M. Geossistema e geografia física: avanços e percalços. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 20, n. 2, p. 129-130, 2022.

NUNES, B. A.; RIBEIRO, M. I. C.; ALMEIDA, V. J.; NATALI FILHO, T. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994. 113p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 5).

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.

OLIVEIRA, C. S.; MARQUES NETO, R. Gênese da teoria dos geossistemas: uma discussão comparativa das escolas Russo-Soviética e Francesa. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 47, n. 1, p. 06-20, 2020.

PESSOA, F. A. et al. Patrimônio geomorfológico e interpretação ambiental em trilhas de montanha (Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro, Brasil). **Physis Terrae-Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 121-138, 2019.

PEZZOPANE, J. E. M.; NETO, S. N. O.; VILELA, M. F. Risco de incêndios em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. único, p. 161-166, 2012.

PINTO, D. L. et al. Periods of highest occurrence of forest fires in Brazil. **Floresta**, v. 51, n. 2, p. 484-491, 2021.

PRIGOGINE, I.; DRIEBE, D. J. **Time, chaos and the laws of nature**. Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1997.

PRUDENTE, T. D. **Risco integrado de incêndio florestal em áreas de cerrado: contribuições metodológicas**. 2016. 132 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2016.45>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16019>. Acesso em: 16 fev. 2023.

RBMA. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - roteiro para o entendimento de seus objetivos e seu sistema de gestão**. São Paulo, 1996. (Série Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2)

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 14, p. 69-77, 2001.

- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3º ed Fortaleza: edições UFC, 2010, 222p.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; VICENS, R. S. O legado de Sochava. **GEOgraphia**, v. 17, n. 33, p. 225-233, 2015.
- RODRIGUEZ, J.M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Edições UFC, 2016.
- 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.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.
- ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 38-51, 2012.
- SEABRA, V; VICENS, R. S.; CRUZ, C. B. M. Conceito de Paisagem numa Perspectiva Geossistêmica. **Revista Ambientale**, v. 4, n. 1, p. 30-42, 2013.
- SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 75-90, 2015.
- SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. O. A. Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente SIG, na bacia do Rio Corumbataí, SP. **Revista árvore**, v. 32, p. 259-268, 2008.
- SILVA, C. R.; RAMOS, M; A; B; PEDREIRA, A. J.; DANTAS, M. E. Começo de tudo. In: Silva, C. R. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008, 264p.
- SOARES, F.; INCÊNDIO AVANÇA E ATINGE PARQUE NACIONAL EM PETRÓPOLIS, NO RJ. G1**, Região Serrana, 13 de Outubro, 2014. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2014/10/incendio-avanca-e-atinge-parque-nacional-em-petropolis-no-rj.html>. Acesso em: 27, de março e 2023.
- SOCHAVA, V. B. Geography and ecology. **Soviet Geography: review and translation**. New York, v. 12, n. 5, p. 277-293, 1971.
- 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, 1978.
- SOCHAVA, V. B. **Introducción a la doctrina sobre los geosistemas**. Novosibirsk: Nauka, filial de Sibéria, 1978a. 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.

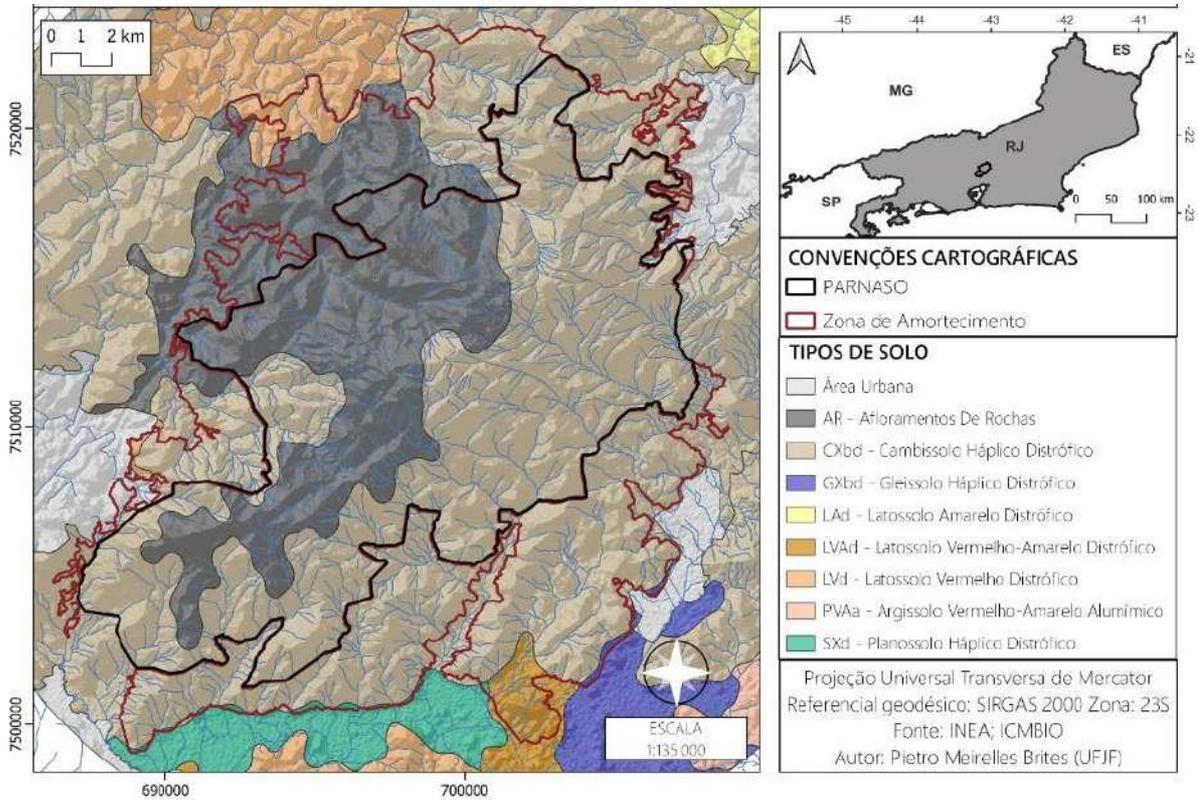
- SOUZA, N. G. A. **Mapeamento de risco de incêndios florestais em parques, a partir de análise multicritério**. 2022. 70 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.
- SOUZA MARTINS, É.; et al. Relação Solo-Relevo Em Vertentes Assimétricas No Parque Nacional Da Serra Dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 1, 2007.
- 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.
- SPRINGER, K. S. Considerações acerca da Geografia de Alexander von Humboldt: Teoria, Filosofia e Concepção de Natureza. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 18, 2009.
- TEIXEIRA, N. F. F.; DA SILVA, E. V.; FARIAS, Juliana Felipe. Geoecologia das paisagens e planejamento ambiental: discussão teórica e metodológica para a análise ambiental. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 9, p. 147-158, 2017.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE. 1977.
- TORRES, F. T. P. et al. Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista árvore**, v. 34, p. 297-303, 2010.
- TORRES, F. T. P. et al. Influência do relevo nos incêndios em vegetação em Juiz de Fora (MG). **GEOgraphia**, v. 18, n. 36, p. 170-182, 2016.
- TORRES, F. T. P. et al. Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- TROPPIAIR, H; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.
- VICENS, R.S.; RODRIGUEZ, J. M.; CRONEMBERGER, F. M. A Paisagem físico-geográfica: identificação e classificação. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 64, n. 1, p. 202-219, 2019.
- VIDAL, M. R. et al. ANÁLISE DE MODELOS FUNCIONAIS EM PAISAGENS LITORÂNEAS. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**, v. 1, n. 01, 2014.
- VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. L. S. Estrutura e funcionamento das paisagens da área de proteção ambiental do estuário do rio Curu/CE. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 43, 2019.
- VIDAL, M. R.; SILVA, E. V.; MASCARENHAS, A. L. S. Geoecologia do Monte Roraima: terras altas e terras baixas no extremo Norte da Amazônia Brasileira e Sul da Venezuela. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 55, 2022.
- VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. ed.6. Bertrand Brasil, 2004.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.

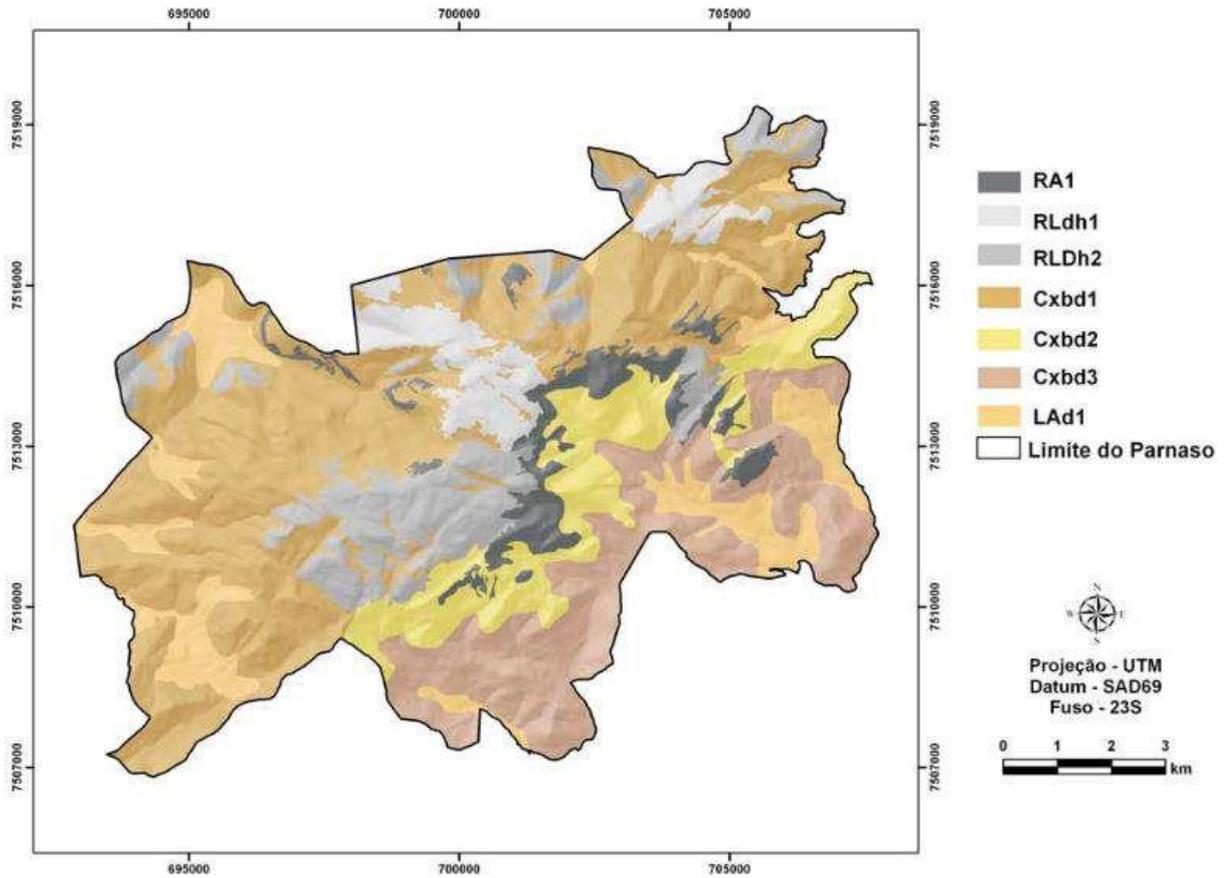
ANEXO III – Carta geológica de Petrópolis (1:50.000 – DRM-RJ).



ANEXO V – Mapa dos tipos de solos do Parque Nacional da Serra dos Órgãos – PARNASO, escala de 1:250.000.



ANEXO VI – Mapa de reconhecimento de média intensidade dos solos do Parque Nacional da Serra dos Órgãos – PARNASO, escala de 1:100.000.



ANEXO VII – Coleta de solo – Trilha Morro do Açú

Resultados Analíticos

Protocolo	Identificação Amostra	pH(KCl)	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
				---- mg/dm ³ ----			---- cmolc/dm ³ ----			
1951	C 1-1200(1)	-	5,0	105,56	9,11	63,00	1,24	0,73	2,70	17,50
1952	C 2-1550(2)	-	4,8	65,73	7,44	20,00	2,94	0,80	1,30	10,70
1953	C 3-1640(3)	-	4,5	75,19	3,14	39,00	0,25	0,55	3,00	14,30
1954	C 4-2000(4)	-	4,8	32,08	13,20	23,00	0,21	0,51	2,20	12,70
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Protocolo	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	---- cmolc/dm ³ ----			---- % ----		dag/kg	mg/L	---- mg/dm ³ ----					
1951	2,24	4,94	19,74	11,35	54,66	10,48	12,10	-	-	-	-	-	-
1952	3,91	5,21	14,61	26,75	24,95	5,24	22,50	-	-	-	-	-	-
1953	0,99	3,99	15,29	6,49	75,19	5,74	11,50	-	-	-	-	-	-
1954	0,80	3,00	13,50	5,94	73,33	5,70	4,10	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Protocolo	Classificação do Solo	Argila	Silte	Areia	Areia(Grossa)	Areia(Fina)
		---- dag/kg ----				
1951	solo tipo1	12	34	54	-	-
1952	solo tipo1	14	18	68	-	-
1953	solo tipo3	37	12	51	-	-
1954	solo tipo1	14	15	71	-	-
-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5

Ca - Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L

SB= Soma de Bases Trocáveis

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

m= Índice de Saturação de Alumínio

P-rem: Fósforo Remanescente

S - Extrator - Fosfato monocálcio em ácido acético

P- Na - K- Fe - Zn- Mn- Cu- Extrador Mehlich 1

H + Al- Extrator: SMP

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

V= Índice de Saturação de Bases

Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10N

B- Extrator água quente

Solo Tipo 1: Textura Arenosa

Solo Tipo 2: Textura Média

SoloTipo 3: Textura Argilosa

ANEXO VIII – Coleta de solo – Trilha Pedra do Sino

Resultados Analíticos

Protocolo	Identificação Amostra	pH(KCl)	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
				---- mg/dm ³ ----			---- cmolc/dm ³ ----			
3711	C1-1200	-	3,9	63,73	21,00	21,00	0,00	0,00	2,10	17,90
3712	C2-1500	-	4,2	80,91	7,86	20,00	1,49	0,07	1,90	29,50
3713	C3-1750	-	4,2	96,65	11,88	17,00	1,57	0,00	1,70	23,40
3714	C4-2000	-	4,6	68,93	4,46	20,00	0,08	0,00	2,00	19,40
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Protocolo	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	---- cmolc/dm ³ ----			---- % ----		dag/kg	mg/L	---- mg/dm ³ ----					
3711	0,16	2,26	18,06	0,90	92,92	6,52	13,20	-	-	-	-	-	-
3712	1,77	3,67	31,27	5,65	51,77	17,56	26,10	-	-	-	-	-	-
3713	1,82	3,52	25,22	7,21	48,30	10,42	21,10	-	-	-	-	-	-
3714	0,26	2,26	19,66	1,31	88,50	8,01	26,10	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Protocolo	Classificação do Solo	Argila	Silte	Areia	Areia(Grossa)	Areia(Fina)
		---- dag/kg ----				
3711	solo tipo2	21	15	65	-	-
3712	solo tipo2	34	19	47	-	-
3713	solo tipo2	28	25	47	-	-
3714	solo tipo1	11	12	77	-	-
-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5

Ca - Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L

SB= Soma de Bases Trocáveis

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

m= Índice de Saturação de Alumínio

P-rem: Fósforo Remanescente

S - Extrator - Fosfato monocálcio em ácido acético

P- Na - K- Fe - Zn- Mn- Cu- Extrador Mehlich 1

H + Al- Extrator: SMP

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

V= Índice de Saturação de Bases

Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10N

B- Extrator água quente

Solo Tipo 1: Textura Arenosa

Solo Tipo 2: Textura Média

SoloTipo 3: Textura Argilosa

ANEXO IX – Coleta de solo – Trilhas do Ventania e Caminho do Ouro

Resultados Analíticos

Protocolo	Identificação Amostra	pH(KCl)	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
				---- mg/dm ³ ----			---- cmolc/dm ³ ----			
4609	C1- 1150m	-	5,3	109,97	4,85	7,00	0,52	0,42	1,70	12,60
4610	C2- 1400m	-	4,7	46,88	3,04	5,00	0,40	0,13	1,50	8,80
4611	C3- 1550m	-	5,2	86,23	1,93	4,00	0,34	0,15	1,00	6,80
4612	C4- 1450m	-	4,9	90,38	3,03	9,00	0,18	0,12	1,90	8,10
4613	C5- 1250m	-	4,4	42,98	3,08	9,00	0,51	0,14	1,10	8,30

Protocolo	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	---- cmolc/dm ³ ----			---- % ----		dag/kg	mg/L	---- mg/dm ³ ----					
4609	1,22	2,92	13,82	8,84	58,22	5,51	23,00	-	-	-	-	-	-
4610	0,65	2,15	9,45	6,88	69,77	5,44	15,40	-	-	-	-	-	-
4611	0,71	1,71	7,51	9,47	58,48	4,88	25,10	-	-	-	-	-	-
4612	0,53	2,43	8,63	6,16	78,19	2,99	23,60	-	-	-	-	-	-
4613	0,76	1,86	9,06	8,39	59,14	4,88	16,20	-	-	-	-	-	-

Protocolo	Classificação do Solo	Argila	Silte	Areia	Areia(Grossa)	Areia(Fina)
		---- dag/kg ----				
4609	solo tipo2	20	10	70	-	-
4610	solo tipo1	14	18	68	-	-
4611	solo tipo2	18	8	74	-	-
4612	solo tipo1	12	12	76	-	-
4613	solo tipo2	15	18	67	-	-

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5

Ca - Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L

SB= Soma de Bases Trocáveis

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

m= Índice de Saturação de Alumínio

P-rem: Fósforo Remanescente

S - Extrator - Fosfato monocálcio em ácido acético

P- Na - K- Fe - Zn- Mn- Cu- Extrador Mehlich 1

H + Al- Extrator: SMP

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

V= Índice de Saturação de Bases

Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10N

B- Extrator água quente

Solo Tipo 1: Textura Arenosa

Solo Tipo 2: Textura Média

SoloTipo 3: Textura Argilosa

ANEXO X – Mapa de velocidade média dos ventos

