

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, GEOCIÊNCIAS E SAÚDE COLETIVA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DENISE ALVES DA SILVA

**CARTOGRAFIA MORFOGENÉTICA DO CHAPADÃO DO DIAMANTE NA SERRA
DA CANASTRA**

UBERLÂNDIA, 2026.

DENISE ALVES DA SILVA

**CARTOGRAFIA MORFOGENÉTICA DO CHAPADÃO DO DIAMANTE NA SERRA
DA CANASTRA**

Dissertação apresentado a banca examinadora do
Programa de Pós-Graduação em Geografia –
PPGEO – UFU, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre(a) em Geografia,
sob orientação do(a) Prof.(a) Dr. Silvio Carlos
Rodrigues

Área de Concentração: Estudos Ambientais e
Geotecnologias.

UBERLÂNDIA, 2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586c
2026 Silva, Denise Alves da, 1999-
 Cartografia morfogenética do Chapadão do Diamante na Serra da
 Canastra [recurso eletrônico] / Denise Alves da Silva. - 2026.

 Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-graduação em Geografia.
 Modo de acesso: Internet.
 Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2026.5040>
 Inclui bibliografia.
 Inclui ilustrações.

 1. Geografia. I. Rodrigues, Silvio Carlos, 1965-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em
Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

Rejâne Maria da Silva
Bibliotecário-Documentalista - CRB-6/1925


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1H, Sala 1H35 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4381/3291-6304 - www.ppgeo.ig.ufu.br - posgeo@ufu.br


ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	GEOGRAFIA				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico; Número 579, PPGGEO				
Data:	11 de fevereiro de 2026	Hora de início:	14h:00min	Hora de encerramento:	15h:30min
Matrícula do Discente:	12412GEO005				
Nome do Discente:	Denise Alves da Silva				
Título do Trabalho:	Cartografia Morfogenética do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra				
Área de concentração:	Dinâmicas Territoriais e Estudos Ambientais				
Linha de pesquisa:	Estudos Ambientais e Geotecnologias				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Análise da Evolução do Relevo da área das nascentes do Rio São Francisco na Serra da Canastra e entorno				

Reuniu-se na Sala [On-line - www.conferenciaweb.rnp.br], no Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em GEOGRAFIA, assim composta: Professores Doutores: [Alan Silveira - IGESC/UFU](#); [José Falcão Sobrinho - UVA - CE](#) e [Sílvia Carlos Rodrigues - IGESC/UFU](#) orientador(a) do(a) candidato(a). A Defesa aconteceu de forma remota.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). [Sílvia Carlos Rodrigues - IGESC/UFU](#), apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimeada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de **Mestre**.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalho. Foi lavrada a presente ata que após lida foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Silvio Carlos Rodrigues, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/02/2026, às 15:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alan Silveira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/02/2026, às 15:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Falcão Sobrinho, Usuário Externo**, em 11/02/2026, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7003258** e o código CRC **E44ABE8B**.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me sustentado e me guiado por toda esta jornada.

A meus pais, Ester e José Adão, que me apoiaram e me incentivaram desde o início desta caminhada, a não desistir.

A minha irmã, Daniela, que também me apoiou e me animou nos momentos difíceis.

Ao Professor Silvio Carlos Rodrigues, por sua orientação, por ter me acompanhado durante todo esse processo, me desafiando a todo momento e acreditado no meu potencial.

A todos os colegas do LAGES (Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos), que fizeram parte da minha jornada.

Agradeço à CAPES, que, por meio do financiamento desta pesquisa, garantiu as condições necessárias para que eu pudesse seguir com o trabalho e me dedicar integralmente.

Por fim agradeço a UFU, e principalmente ao IGESC pela oportunidade de concluir uma importante fase da minha formação.

RESUMO

O problema central desta pesquisa reside na tensão entre a crescente automação dos mapeamentos geomorfológicos e a necessidade de preservação do componente interpretativo inerente ao enfoque genético do relevo. Soma-se a isso a escassez de trabalhos que priorizam o mapeamento morfogenético como elemento central de investigação, especialmente em áreas de alta complexidade geomorfológica. Essa lacuna impede o avanço de abordagens integradas que conciliem rigor técnico e leitura evolutiva da paisagem. Diante dessa problemática, a dissertação tem como objetivo a elaboração da carta morfogenética do Chapadão do Diamante, na escala de 1:20.000, estruturado em quatro níveis hierárquicos, com fundamentação teórico-metodológica em Ab'Saber (1969), Ross (1992), Bashenina et al. e Nazar e Rodrigues (2019). A metodologia fundamentou-se na articulação entre procedimentos clássicos da análise geomorfológica e o uso de geotecnologias, priorizando a relação entre formas de relevo, processos morfogenéticos e materiais superficiais. Como resultado, a carta morfogenética elaborada constituiu-se em um instrumento de síntese e interpretação integrada da paisagem, permitindo a análise individualizada e conjunta dos sistemas genéticos, dos modelados do relevo e das feições associadas. O mapeamento possibilitou a identificação de cinco grandes sistemas genéticos no ChD: Sistema de Bioturbação, Sistema Denudacional, Sistema Estrutural, Sistema Misto (Estrutural/Denudacional) e Sistema Fluvial, evidenciando a coexistência e a sobreposição de processos estruturais, denudacionais, biogênicos e fluviais, atuando em diferentes escalas espaciais e temporais, fortemente condicionados pelo arcabouço geológico quartzítico, pela dinâmica superficial atual e pelas intervenções antrópicas, que, em determinados contextos, contribuem para a intensificação de processos erosivos.

Palavras-Chave: Mapeamento Morfogenético; Métodos Tradicionais; Geotecnologias

ABSTRACT

The central problem of this research lies in the tension between the increasing automation of geomorphological mapping and the need to preserve the interpretative component inherent in the genetic approach to relief. Added to this is the scarcity of studies that prioritize morphogenetic mapping as a central element of research, especially in areas of high geomorphological complexity. This gap hinders the advancement of integrated approaches that reconcile technical rigor and an evolutionary reading of the landscape. In view of this problem, the dissertation aims to develop a morphogenetic map of Chapadão do Diamante, on a scale of 1:20,000, structured in four hierarchical levels, with theoretical and methodological foundations in Ab'Saber (1969), Ross (1992), Bashenina et al. and Nazar and Rodrigues (2019). The methodology was based on the articulation between classical geomorphological analysis procedures and the use of geotechnologies, prioritizing the relationship between landforms, morphogenetic processes, and surface materials. As a result, the morphogenetic map developed became an instrument for the synthesis and integrated interpretation of the landscape, allowing for the individualized and joint analysis of genetic systems, relief models, and associated features. The mapping enabled the identification of five major genetic systems in the ChD: Bioturbation System, Denudation System, Structural System, Mixed System (Structural/Denudation) and the Fluvial System, highlighting the coexistence and overlap of structural, denudational, biogenic, and fluvial processes, acting at different spatial and temporal scales, strongly conditioned by the quartzite geological framework, current surface dynamics, and anthropic interventions, which, in certain contexts, contribute to the intensification of erosive processes.

Keywords: Morphogenetic Mapping; Traditional Methods; Geotechnologies.

ÍNDICES DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização do Chapadão do Diamante (ChD) - Serra da Canastra, MG	15
Figura 2 - Esboço Geomorfológico do Vale do Parateí	27
Figura 3 - Estrutura para mapeamento geomorfológico do IBGE (2009).....	32
Figura 4 - Formas de Terreno e os seus respectivos Elementos, resultantes do método de Vasconcelos et.al. (2012).....	36
Figura 5 - Elementos de relevo obtidos dos geomorphons.....	37
Figura 6 - Resultado do mapeamento com a finalização realizada pelo Google Earth Pro. ...	39
Figura 7 - Mapeamento geomorfológico do relevo residual Serra do Corpo Seco	40
Figura 8 - Carta de energia do relevo da bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia – SP	42
Figura 9 - Carta geomorfológica da bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia – SP.....	43
Figura 10 - Regiões morfogenéticas de Maharashtra na Índia	45
Figura 11 - Fluxograma Metodológico.....	47
Figura 12 - Mapa das bacias hidrográficas do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG.....	61
Figura 13 - Nascente Histórica do Rio São Francisco.....	62
Figura 14 - Mapa das Unidades Litológicas do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG.....	63
Figura 15 - Mapa dos Padrões de Relevo do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG	65
Figura 16 - Quadro das classes de materiais superficiais ou geocoberturas e aspectos predominantes no Chapadão do Diamante – Serra da Canastra, MG.	67
Figura 17 - Mapa de Geocoberturas do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG ..	68
Figura 18: Materiais Superficiais com a presença de Concreções Ferruginosas no ChD	70
Figura 19: Formas elaboradas por Bioturbação.	71
Figura 20 - Mapa Hipsométrico do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG.....	72
Figura 21 - Mapa de Curvas de Níveis do Chapadão do Diamante, MG.....	73
Figura 22 - Mapa de declividade do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG	74
Figura 23 - Murundus característicos do Sistema de Bioturbação.	77
Figura 24 - Colinas presentes no sistema denudacional.....	78
Figura 25 - Afloramentos Rochosos encontrados no Sistema Estrutural	79
Figura 26 -Áreas Características do Sistema Misto.	80
Figura 27 - Áreas de planícies típicas do sistema fluvial	81
Figura 28 - Colina de Topo Plano	84
Figura 29 – Morrotes associados a drenagem intensa.	84
Figura 30 - Paredão Rochoso que forma a Escarpa Estrutural de Falha	85
Figura 31 - Escarpa Estrutural Dissecada com a presença de cachoeira	85
Figura 32 - Alinhamento de grandes blocos rochosos quartzíticos.....	86
Figura 33 - Afloramentos Rochosos expostos na superfície do ChD.....	89
Figura 34 - Afloramentos Rochosos com a presença de Lapiez.	89
Figura 35 - Presença de hematita (vermelho) nos materiais lateríticos e latossolizados.....	91
Figura 36 - Materiais Lateríticos e Latossolizados encontrados no ChD.....	92
Figura 37 - Feição Erosiva em anos diferentes	95
Figura 38 - Feições Antrópicas encontradas no ChD.....	96
Figura 39 - Quedas d'águas presentes no ChD.....	98

MAPAS

Mapa 1 - Sistema Genéticos do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG.	76
Mapa 2 - Modelados do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG	82
Mapa 3 – Materiais Superficiais do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG	88
Mapa 4 - Feições Pontuais e Lineares no Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG.	94
Mapa 5 - Carta Morfogenética do Chapadão do Diamante	100

QUADROS

Quadro 1 - Grupos de Formas Genéticas, segundo Bashenina et al. (1968).....	21
Quadro 2 - Proposta de Taxonomia do Relevo de Ross (1992)	25
Quadro 3 - Classificação dos Mapas Geomorfológicos de acordo com a escala.	29
Quadro 4 - Dados Disponíveis em mapas geomorfológicos de detalhe, em grande escala, de acordo com Sub-Comissão de Cartas Geomorfológicas da UGI (União Geográfica Internacional).....	31
Quadro 5 - Graus de Atenção dos Fenômenos Morfodinâmicos presentes no Mapa de Processos Ativos de Martín Serrano et. al. (2004)	33
Quadro 6 - Classificação dos Sistemas Genéticos	50
Quadro 7 - Reclassificação dos Sistemas Genéticos.....	51
Quadro 8 - Cores utilizadas na Carta Morfogenética	52
Quadro 9 - Classificação dos Modelados	53
Quadro 10 - Síntese Hierarquizada da Carta Morfogenética do Chapadão do Diamante – Serra da Canastra (MG),.....	101

TABELAS

Tabela 1 - Área Ocupada por Sistema Genético no ChD.	77
Tabela 2 - Área Ocupada por cada Modelado no ChD.....	83

SUMÁRIO

1.Introdução	12
1.2.Justificativa.....	16
1.3.Objetivos.....	18
1.3.1.Objetivo Geral	18
1.3.2.Objetivos Específicos.....	18
2.Fundamentação teórica.....	20
2.1.A Geomorfologia e o Estudo da Morfogênese	20
2.2.Taxonomia e Classificação do Relevo.....	23
2.3.Mapeamentos Geomorfológicos Tradicionais.....	26
2.4.Métodos Automáticos de Mapeamentos Geomorfológicos.....	33
2.5.O uso de Geotecnologias no Mapeamento Geomorfológico.....	38
2.6.A morfogênese nos Mapeamentos Geomorfológicos.....	41
3.Metodologia.....	47
4.Resultados e Discussão	59
4.1.A área de estudo e seus componentes naturais	59
4.1.1.Contexto Geológico Regional.....	62
4.1.2.Relevo	64
4.1.3.Geocoberturas	66
4.1.3.Hipsometria	71
4.1.4.Declividade.....	73
4.2.Mapeamento Morfogenético do Chapadão do Diamante	75
4.2.1.Sistemas Genéticos	75
4.2.2.Modelados	81
4.2.3.Materiais Superficiais.....	87
4.2.3.1.Afloramentos Rochosos.....	87
4.2.3.2.Materiais Lateríticos e Latossolizados	90
4.2.4.Feições Pontuais e Lineares.....	93
4.2.4.1.Feições Erosivas	93
4.2.4.2.Feições Antrópicas	95
4.2.4.3.Quedas D'águas.....	98
4.2.5.Carta Morfogenética	99
4.3.A integração entre métodos tradicionais e geotecnologias.....	102
5. Considerações Finais	104
6. Referências	107

1. Introdução

A geomorfologia, enquanto ramo fundamental da geografia física e das geociências, exerce papel central na compreensão da dinâmica e da evolução das paisagens terrestres. Esse campo do conhecimento dedica-se ao estudo sistemático das formas do relevo, de seus processos formadores e transformadores, bem como das interações entre fatores estruturais, climáticos, biológicos e antrópicos que moldam continuamente a superfície terrestre.

Ao longo das últimas décadas, a geomorfologia consolidou-se como ciência integradora, articulando saberes da geologia, climatologia, pedologia, hidrologia e ecologia, de modo a fornecer interpretações mais complexas sobre a gênese e a evolução das paisagens (CHRISTOFOLETTI, 1999; SUMMERFIELD, 1991).

Nesse contexto, o mapeamento geomorfológico de base genética surge como uma ferramenta de análise e representação indispensável. Diferentemente dos mapas puramente morfográficos — que priorizam a descrição da configuração espacial das formas do relevo —, o mapeamento genético busca compreender e expressar as relações entre formas, processos e estruturas, enfatizando os mecanismos responsáveis pela gênese do relevo em diferentes escalas temporais e espaciais (ROSS, 1992; TRICART e CORDEIRO, 1980). Assim, não se limita à representação estática das feições, mas objetiva capturar a historicidade e a complexidade dinâmica da paisagem.

O enfoque genético possibilita uma leitura diacrônica da paisagem, destacando a coexistência de formas recentes e antigas, ativas ou relictuais, que representam diferentes fases da evolução morfoclimática e tectônica de um território (AB'SABER, 1969). Tal perspectiva é especialmente relevante em ambientes tropicais, como os brasileiros, onde as paisagens resultam da longa interação entre estruturas geológicas antigas, regimes climáticos variados e processos morfodinâmicos complexos, frequentemente marcados por sucessivas fases de estabilidade e reativação (BIGARELLA et al., 2000). Nesses cenários, os mapas geomorfológicos de base genética constituem não apenas registros cartográficos, mas verdadeiros instrumentos interpretativos da memória geológica e climática inscrita na superfície terrestre.

De modo geral, o mapa geomorfológico morfogenético tem como finalidade a espacialização e sistematização das feições do relevo, permitindo representar tanto a gênese das formas quanto suas relações com a estrutura geológica, os processos atuais e pretéritos e as condições ambientais que influenciaram sua formação (PARANAÍBA, 2023). Ao mesmo

tempo, o mapa se configura como guia metodológico durante a pesquisa e como síntese final do processo investigativo. Mais importante do que o ato de mapear em si é a capacidade de atribuir significado aos padrões e eventos diagnosticados ao longo da análise, transformando informações dispersas em conhecimento integrado.

A elaboração de mapas geomorfológicos apresenta-se como tarefa complexa e de execução desafiadora, na medida em que exige conciliar uma ampla gama de informações de natureza distinta. Trata-se de representar uma realidade relativamente abstrata, constituída pelas formas do relevo, seus processos atuantes e sua gênese em escalas variadas. A seleção das categorias, símbolos e convenções cartográficas deve refletir a riqueza e a diversidade dos fenômenos, ao mesmo tempo em que preserve a legibilidade e a objetividade do produto final (ROSS, 1992). Em mapas genéticos, aspectos como rupturas topográficas, limites de patamares, superfícies de aplainamento e dissecamentos diferenciados adquirem papel central, pois expressam fases distintas da morfogênese e da evolução geomorfológica.

Os elementos de descrição geomorfológica ganham, assim, especial relevância. Em diferentes escalas, é preciso registrar categorias de fenômenos variados: desde grandes superfícies estruturais regionais até formas menores, como ravinas, voçorocas e escarpas. Essa multiplicidade revela a necessidade de um esforço interpretativo capaz de relacionar escalas e de articular processos contemporâneos (como a dissecação fluvial holocênica ou a dinâmica gravitacional atual) com processos pretéritos (como os condicionados por climas mais áridos ou frios do Pleistoceno, ou ainda por eventos tectônicos) (TRICART e CORDEIRO, 1980; CHRISTOFOLETTI, 1999).

No Brasil, o uso do mapeamento geomorfológico de base genética tem se mostrado particularmente produtivo em contextos de grande complexidade morfoestrutural e climática. A interação entre escudos cristalinos antigos, bacias sedimentares e dobramentos fanerozoicos, somada às variações climáticas e aos longos períodos de estabilidade morfodinâmica, gera paisagens multifacetadas, que não podem ser compreendidas por análises exclusivamente morfográficas. Autores como Ab'Saber (1969) e Ross (1992) ressaltam que os mapas genéticos são instrumentos indispensáveis para revelar a natureza polifásica e heterogênea da geomorfogênese brasileira.

Contudo, a elaboração de mapas geomorfológicos genéticos ainda representa um desafio metodológico significativo. A tarefa de traduzir uma realidade tridimensional e dinâmica em linguagem cartográfica requer conciliar informações de diferentes naturezas — geológicas, morfométricas, estruturais e climáticas — sem perder a coerência interpretativa (ROSS, 1992).

As escolhas de categorias, convenções e níveis de detalhamento influenciam diretamente a leitura e o valor analítico do produto. Em especial, em mapeamentos de base genética, aspectos como rupturas topográficas, superfícies de aplainamento e dissecamentos diferenciados adquirem papel central, pois sintetizam fases da evolução morfológica e da reorganização do relevo.

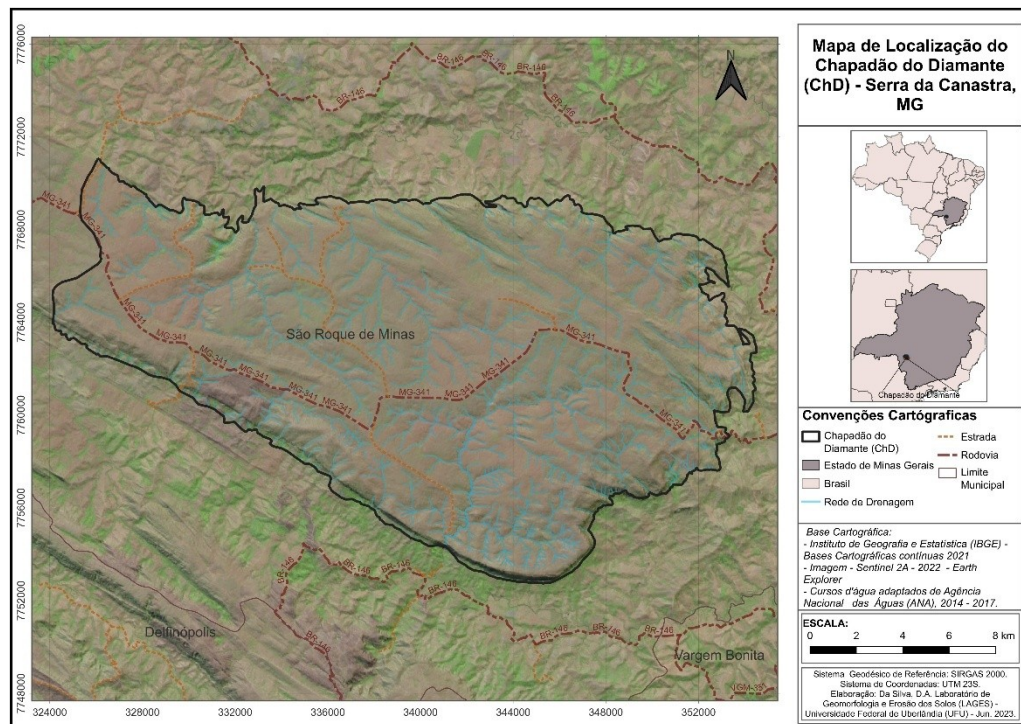
No cenário contemporâneo, o avanço das geotecnologias — sistemas de informação geográfica (SIG), modelos digitais de elevação (MDE) e sensoriamento remoto de alta resolução — vem ampliando as possibilidades de análise geomorfológica. Tais ferramentas permitem extrair variáveis morfométricas com precisão e promover integração espacial de dados, o que favorece a automação parcial dos mapeamentos. Entretanto, essa modernização metodológica também introduz novos desafios epistemológicos: a excessiva dependência de procedimentos automatizados pode reduzir o caráter interpretativo do mapeamento, historicamente associado à experiência e à leitura crítica do pesquisador.

Desse modo, o problema central desta pesquisa reside na tensão entre a crescente automação dos mapeamentos geomorfológicos e a necessidade de preservar o componente interpretativo essencial ao enfoque genético. Soma-se a isso a escassez de trabalhos que priorizam o mapeamento morfogenético como elemento central de investigação, especialmente em áreas de alta complexidade geomorfológica. Essa lacuna impede o avanço de abordagens integradas que conciliem rigor técnico e leitura evolutiva da paisagem.

Para enfrentar essa problemática, a presente pesquisa propõe a integração entre métodos tradicionais de interpretação geomorfológica — com base em fotografias aéreas e imagens orbitais — e ferramentas digitais de análise espacial, de modo a unir a acuidade interpretativa do pesquisador à precisão dos produtos derivados de MDE e SIG. Essa combinação visa desenvolver um modelo metodológico equilibrado, capaz de representar com fidelidade a complexidade morfogenética do relevo. Além disso, permitirá aliar aspectos qualitativos e quantitativos da análise geomorfológica, proporcionando maior precisão e confiabilidade à representação cartográfica.

A área de estudo escolhida, o Chapadão do Diamante (ChD), situado na porção oriental da superfície de cimeira da Serra da Canastra, em Minas Gerais, constitui um espaço privilegiado para a investigação geomorfológica. Com cerca de 333 km², o ChD integra o Parque Nacional da Serra da Canastra e localiza-se predominantemente no município de São Roque de Minas, e sua área de retorno se estende parcialmente por Delfinópolis e Vargem Bonita (Figura 1.1).

Figura 1 - Mapa de Localização do Chapadão do Diamante (ChD) - Serra da Canastra, MG



Fonte: Silva (2023).

Essa unidade se destaca pelo relevo elevado, topografia dissecada e forte controle estrutural, que expressam processos evolutivos associados à morfoestrutura do Serra da Canastra (Rodrigues, Agustin e Nazar, 2023). A posição topográfica dominante, as superfícies de aplainamento preservadas e a presença de feições estruturais bem-marcadas fazem do Chapadão do Diamante um laboratório natural para o estudo da evolução morfoгенética regional.

Assim, o objetivo central desta investigação consiste na elaboração de um mapa geomorfológico de base genética do Chapadão do Diamante, na escala de 1:20.000, estruturado em quatro níveis hierárquicos, com fundamentação teórico-metodológica em Ab'Saber (1969), Ross (1992), Bashenina et al. e Nazar e Rodrigues (2019).

Tal abordagem visa não apenas ao registro e à compartimentação das formas de relevo, mas, sobretudo, à interpretação dos processos morfoгенéticos atuantes e da cronologia relativa de sua evolução. Busca-se, desse modo, produzir uma síntese interpretativa da dinâmica da paisagem, capaz de contribuir para o aprimoramento metodológico dos mapeamentos geomorfológicos e para a compreensão da evolução do relevo no contexto da Serra da Canastra.

1.2. Justificativa

A realização desta pesquisa parte da constatação de que, com os avanços recentes das geotecnologias e da ciência da informação geográfica, o mapeamento geomorfológico tem experimentado significativas transformações metodológicas, sobretudo no que concerne à automação de procedimentos cartográficos. A incorporação crescente de sistemas de informação geográfica (SIG), modelos digitais de elevação (MDE) e algoritmos de classificação automática tem redefinido os modos de observação, representação e análise do relevo, expandindo significativamente a capacidade de processamento e interpretação espacial em escalas regionais e nacionais.

Nesse contexto, softwares como o QGIS, de código aberto, e o ArcGIS, amplamente difundido em ambientes institucionais, têm se consolidado como plataformas fundamentais na elaboração de mapas geomorfológicos. Todavia, essa abordagem apresenta limitações: a automatização excessiva pode conduzir a uma leitura fragmentada da paisagem, na medida em que privilegia parâmetros quantitativos em detrimento da compreensão processual e evolutiva que constitui o cerne da análise geomorfológica. Isso ocorre porque os produtos digitais, especialmente quando manipulados em ambiente raster, têm seus resultados condicionados à resolução espacial, o que pode torná-los pouco adequados à representação de superfícies geneticamente definidas.

De modo geral, a dependência de classificações algorítmicas tende a reduzir a capacidade interpretativa e pode obscurecer aspectos sutis, porém fundamentais, da gênese e da dinâmica das formas de relevo.

Em contrapartida, o mapeamento geomorfológico tradicional fundamentava-se em análises essencialmente manuais e interpretativas, apoiadas em observações diretas de campo e em fotointerpretação. Nesse modelo, a formação e a experiência acumulada dos pesquisadores era determinante para a elaboração de mapas de elevado detalhamento e rigor descritivo, ainda que com menor capacidade de processamento e integração de grandes volumes de dados espaciais.

Dessa maneira, a interpretação visual das formas, texturas, padrões de drenagem, tonalidades e relações espaciais presentes em fotografias aéreas, cartas topográficas e imagens orbitais exigia não apenas domínio técnico, mas também sensibilidade geomorfológica e compreensão aprofundada dos processos atuantes na paisagem. Isso conferia ao mapa uma coerência interna robusta e uma forte correspondência entre representação gráfica e interpretação geomorfológica, uma vez que cada escolha metodológica estava diretamente

vinculada ao conhecimento acumulado do especialista. Por outro lado, embora menos ágil no tratamento de grandes bases de dados, esse processo manual favorecia uma leitura integrada da paisagem, permitindo captar nuances e relações sistêmicas frequentemente negligenciadas em abordagens altamente automatizadas.

Dessa forma, o problema central desta pesquisa emerge da tensão entre dois paradigmas: o da automação geomorfológica, que privilegia rapidez, reprodutibilidade e quantificação; e o da tradição interpretativa, que valoriza a leitura morfogenética e o olhar crítico do pesquisador. Essa tensão evidencia uma lacuna científica e metodológica: ainda são escassos os estudos que buscam integrar efetivamente os métodos digitais e as abordagens interpretativas, conciliando o rigor técnico dos algoritmos com a capacidade analítica da geomorfologia clássica.

Outro eixo de justificativa reside na escolha pelo enfoque morfogenético no mapeamento geomorfológico. Tal opção decorre da necessidade de restituir à cartografia geomorfológica seu caráter explicativo e histórico, frequentemente negligenciado em abordagens que privilegiam apenas a forma e a métrica do relevo, pelo fato de que muitos trabalhos priorizam parâmetros morfológicos e morfométricos, descrevendo predominantemente a forma e o tipo do relevo, mas relegando a segundo plano a gênese dos processos responsáveis por sua configuração.

Ao privilegiar a dimensão morfogenética, isto é, a análise da gênese, da cronologia relativa e do estado de atividade das feições, busca-se compreender a paisagem não como um arranjo estático de formas, mas como o resultado dinâmico de interações complexas entre processos exógenos (erosivos e deposicionais) e endógenos (tectônicos), atuantes ao longo do tempo geológico. Essa abordagem, ao incorporar a gênese, a idade relativa e o estado de atividade das feições, permite uma leitura mais ampla, processual, temporal e funcional da paisagem (ROSS, 1992; TRICART e CORDEIRO, 1980).

A escolha do Chapadão do Diamante (ChD) como área de estudo reforça a pertinência científica dessa proposta. Localizado na porção oriental da superfície de cimeira da Serra da Canastra, o ChD constitui um compartimento geomorfológico de notável complexidade e singularidade. Assentado sobre uma estrutura geológica predominantemente quartzítica, vinculada a faixas dobradas antigas do Meso ao Neoproterozoico e a eventos deformacionais do Ciclo Brasileiro (540–650 Ma), o Chapadão expressa o resultado de longos processos de soerguimento, dissecação e reorganização da drenagem (NAZAR e RODRIGUES, 2019).

Sua paisagem, marcada por escarpas abruptas, superfícies aplainadas residuais, vales encaixados e alta densidade de quedas d'água, revela forte controle estrutural e intensa dinâmica

geomorfológica. Essa combinação de fatores torna o ChD um laboratório natural privilegiado para investigar a interação entre processos exógenos e endógenos, a influência da litologia na morfogênese e os estágios evolutivos do relevo do Planalto da Canastra. Além de seu valor científico, a área possui relevância ambiental e patrimonial, abrigando ecossistemas de alta fragilidade e importância para a geoconservação.

Apesar dessa importância, ainda são escassas as pesquisas que abordam o Chapadão do Diamante sob uma perspectiva morfogenética integrada. Os estudos existentes concentram-se predominantemente em análises morfométricas e morfológicas, carecendo de uma leitura processual e evolutiva que explique a gênese das formas e suas relações com a estrutura geológica e a dinâmica atual. Dessa forma, o presente trabalho busca preencher essa lacuna, oferecendo um produto cartográfico de síntese que una rigor técnico e interpretação genética.

Ao fazê-lo, a pesquisa contribuirá não apenas para o avanço metodológico da geomorfologia, ao propor e testar uma integração efetiva entre métodos clássicos e digitais, mas também para o planejamento ambiental, a geoconservação e o ordenamento territorial da região, fornecendo subsídios à gestão de um espaço de elevado valor científico e ecológico.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo Geral*

Mapear a morfogênese do Chapadão do Diamante, situado na Serra da Canastra, integrando geotecnologias e mapeamento tradicional, a fim de identificar e interpretar os processos morfogenéticos atuantes ao longo do Quaternário.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Interpretar os processos morfogenéticos atuantes no Chapadão do Diamante, por meio da análise integrada da organização morfoestrutural, da configuração do relevo e de dados cartográficos, imagens de satélite e observações de campo.
- Sistematizar e representar cartograficamente a diversidade morfogenética da área, produzindo uma síntese espacial que revele os diferentes estágios evolutivos do relevo e suas interdependências, de modo a consolidar o conhecimento gerado ao longo da pesquisa.

- Avaliar a integração entre geotecnologias e métodos tradicionais, discutindo sua eficácia para aprimorar a precisão, a eficiência e a capacidade interpretativa dos mapeamentos geomorfológicos.

2. Fundamentação teórica

2.1. A Geomorfologia e o Estudo da Morfogênese

Tendo em vista que o objetivo central deste estudo é o mapeamento dos processos morfogenéticos, torna-se indispensável compreender o conceito de morfogênese e sua inserção nos estudos geomorfológicos.

Santos (2021), afirma que a morfogênese informa a origem e o desenvolvimento das formas, e está relacionado à natureza genética do relevo, que são resultantes de dois grandes tipos de processos:

- I. Endógenos: Processos originados no interior da terra, como vulcanismo e movimentos sísmicos;
- II. Exógenos: Processos na superfície terrestre, ou seja, sendo movimentos externos que modelam o relevo, como o intemperismo e a erosão

Complementando essa perspectiva, Gimenes (2002) argumenta que os processos morfogenéticos — isto é, os responsáveis pela geração e transformação das diversas formas de relevo — englobam tanto os processos internos, associados à gênese estrutural, litológica e tectônica, quanto os processos externos, vinculados aos fenômenos erosivos, aos movimentos de massa e aos processos pedológicos. Para o autor, os primeiros refletem eventos geológicos pretéritos, excetuando-se as áreas submetidas a reativações tectônicas recentes, enquanto os segundos representam os mecanismos atuais de remodelagem da paisagem.

A compreensão dos processos internos requer, segundo Gimenes (2002),

(...) conhecer onde a morfologia de relevo é a própria expressão das transformações da cobertura pedológica, na medida em que elas correspondem à perda geoquímica, ao representar perda de matéria, e ao ganho geoquímico, ao representar ganho de matéria. Daí considerarmos como premissa o desenvolvimento concomitante de solo e relevo (p.5)

Para Santos (2021), a representação das formas e das formações superficiais que resultam da ação dos processos morfogenéticos pode ser interpretada, segundo Coltrinari (1980), como um testemunho de processos pretéritos e atuais. Ao mesmo tempo, tais formas atuam como condicionantes da morfogênese, uma vez que suas propriedades intrínsecas — estruturais, litológicas e morfométricas — influenciam a dinâmica geomorfológica vigente.

Na perspectiva de Tricart (1965), os mapas morfogenéticos constituem instrumentos fundamentais para a representação das formas segundo sua origem, demandando, para sua elaboração, tanto investigações de campo quanto análises laboratoriais.

Demek (1972) reforça essa visão ao considerar a morfogênese — entendida como a gênese das formas superficiais — o principal componente do mapa geomorfológico de detalhe. O autor, citando Bashenina et al. (1968), propõe uma classificação de grupos de formas genéticas, organizada de acordo com critérios de origem e de processos dominantes (ver Quadro 01).

Quadro 1 - Grupos de Formas Genéticas, segundo Bashenina et al. (1968)

Formas Endógenas	Formas Neotectônicas	Criadas diretamente por movimentos tectônicos na crosta terrestre
	Formas Vulcânicas	Desenvolvidas pelas erupções vulcânicas, incluindo, processos de efusões e acumulações de material vulcânico.
	Formas Resultantes de deposição por fonte termais	Têm origem vulcânica, mas também são depósitos químicos
Formas Exógenas	Formas Denudacionais	Desenvolvidas predominantemente por movimentos de lâmina de produtos de intemperismos
	Formas Fluviais	Se desenvolvem pela atividade da água corrente em cursos d'água mais estreitos ou mais largos/torrentes, riachos, rios
	Formas Fluvio-denudacionais	Criadas por movimentos de massas denudacionais e/ou lavagem de lençóis
	Formas Glacio-Fluvial	Criadas por processos de acumulação pelas águas do degelo glacial durante seus cursos subglaciais ou após o escoamento das geleiras
	Formas Cársticas	Desenvolvidas pelos processos de dissolução de certas rochas sedimentares como calcário, anidrita e gesso.
	Formas de sufusão	Criadas pelo transporte subterrâneo de partículas de rocha, devido ao efeito hidrodinâmico do fluxo de águas subterrânea.
	Formas Glaciais, incluindo formas superficiais em neve e gelo glacial	Resultantes da atividade de geleiras montanhosas ou continentais
	Formas de nivação e criogenia	

	Resultantes da nivação e da ação do gelo, com ação regular de congelamento e degelo
Formas Termocársticas	Resultantes da degradação do permafrost, incluindo o derretimento do gelo subterrâneo e o congelamento da água que flui para superfície devido a pressão hidrostática.
Formas Eólicas	Criadas por processos de acumulação e deposição pelo vento
Formas Marítimas e lacustres	Produzidas pelos processos da ação das ondas e correntes costeiras, induzidos por ventos e marés
Formas Organogênicas	Relacionadas às atividades de animais e plantas em crescimento, incluindo recifes de corais e acumulação de turfa
Formas Antropogênicas	Resultantes das atividades humanas, como por exemplo, a construção de represas e reservatórios

Fonte: Demek, et al. (1972). Elaboração: A autora (2024)

No contexto brasileiro, contudo, observa-se a ausência quase total de formas glaciais ou derivadas da ação do gelo, fato explicado pelo predomínio do clima tropical. Em contrapartida, estudos de Nazar, Silva e Rodrigues (2017) identificam a ocorrência de formas estruturais, possivelmente relacionadas à atividade neotectônica, e de formas denudacionais, associadas à dissecação e ao retrabalhamento de superfícies antigas.

Klimaszewski (1963a) propõe uma classificação cronogenética das formas de relevo, na qual as feições são organizadas segundo sua origem e idade. O autor sustenta que

“a investigação das formas não pode limitar-se à determinação de sua origem. Deve permitir a determinação das condições sob as quais as formas específicas foram criadas. Sou da opinião de que não podemos separar a origem da idade, nem o processo do tempo.” (p.68, 1963a)

Essa concepção enfatiza a inseparabilidade entre gênese, tempo e dinâmica, articulando os processos morfogenéticos a uma perspectiva evolutiva do relevo.

Em complemento, Gimenes (2002) ressalta que a análise da morfogênese de um sistema geomórfico específico é essencial para a compreensão da distribuição espacial dos seus parâmetros geométricos (formas, dimensões, organizações laterais), referenciais (escalas espaciais e temporais, ordem, posição, orientação), estatísticos (texturas, intensidades, frequências) e físicos (resistência, estabilidade, consistência). A correlação e a síntese desses

elementos permitem identificar o estado funcional do sistema, seja ele de equilíbrio ou de desequilíbrio, a partir de suas manifestações espaço-temporais.

Por fim, Cunha e Piton (2013) argumentam que, no âmbito da Geomorfologia, a compreensão da morfogênese do relevo deve contemplar a análise dos fluxos de matéria e energia, bem como da estruturação e das inter-relações entre seus componentes. Nessa perspectiva, a Teoria Geral dos Sistemas oferece um referencial teórico capaz de integrar e analisar as múltiplas dimensões que compõem a dinâmica morfogenética. Essa abordagem será aprofundada nos tópicos subsequentes.

2.2. Taxonomia e Classificação do Relevo

A classificação hierárquica adotada na elaboração do mapa geomorfológico desta pesquisa fundamenta-se processualmente nos três níveis de investigação do relevo propostos por Ab'Saber (1969), em articulação escalar com o modelo taxonômico de Ross (1992), voltado à identificação e ao mapeamento dos fatos geomorfológicos. Essa integração metodológica permite associar a leitura estrutural e fisiográfica do relevo à sua representação cartográfica sistematizada em seis níveis de táxons.

Ao propor as bases geomorfológicas para o estudo do Quaternário no território intertropical brasileiro, Ab'Saber (1969) estabeleceu três níveis de investigação do relevo, cada um voltado a uma dimensão específica de análise da paisagem

O primeiro nível corresponde à compartimentação topográfica, em que o relevo é dividido em unidades ou compartimentos, buscando-se descrever, com o maior detalhamento possível, as formas e feições que compõem a superfície terrestre. Esse nível constitui a base descritiva do estudo geomorfológico, permitindo reconhecer padrões espaciais e diferenciações morfológicas.

O segundo nível refere-se à estrutura superficial da paisagem, cujo foco é a análise integrada entre as formas do relevo e os demais elementos ambientais. Ab'Saber (1969) destaca que esse nível envolve a correlação entre as feições geomorfológicas, a cobertura pedológica, os depósitos coluviais e aluviais, as características dos elúvios, a litologia e o arranjo estrutural das rochas, além das relações com a cobertura vegetal e com o regime climático atual e pretérito. Trata-se, portanto, de uma etapa de caráter analítico e estático, voltada à compreensão das estruturas superficiais formadas por processos dinâmicos ao longo do tempo geológico recente.

O terceiro nível refere-se à fisiologia da paisagem, ou seja, à análise da dinâmica atual que atua na construção e transformação das formas do relevo, no desenvolvimento dos solos e

na funcionalidade integrada da paisagem natural. Nesse nível, Ab'Saber (1969) enfatiza a interdependência entre as diversas componentes da natureza, destacando que a dinâmica geomorfológica exerce influência sinérgica sobre os demais elementos do estrato geográfico. Essa fisiologia manifesta-se de modo contínuo, porém com variações de intensidade no tempo e no espaço físico-territorial.

Em complemento a essa perspectiva, Ross (1992) desenvolveu uma proposta taxonômica de classificação do relevo, cuja fundamentação teórica se apoia nos processos endógenos e exógenos como agentes geradores das formas terrestres e nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, formulados por Gerasimov (1946) e Mescheriakov (1968).

Com base nesses referenciais, Ross (1992, p. 24) afirma

“que todo relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta, e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito que atuou e atua nessa estrutura. Deste modo, a morfoestrutura e a morfoescultura definem situações estáticas, produtos da ação dinâmica dos processos endógenos e exógenos.”

A partir dessas premissas, Ross (1992) propõe uma classificação taxonômica do relevo em seis níveis hierárquicos (Quadro 02), fundamentada principalmente em critérios fisionômicos — isto é, nas características formais e dimensionais das feições —, bem como em sua gênese e idade relativa. O autor destaca que quanto maior a dimensão de uma forma de relevo, maior tende a ser sua antiguidade, e, inversamente, as formas menores correspondem a unidades mais jovens do ponto de vista evolutivo.

Dessa forma, o mapeamento geomorfológico fundamentado nos níveis taxonômicos de Ross (1992) complementa e operacionaliza a abordagem teórico-metodológica de Ab'Saber (1969). Enquanto Ab'Saber enfatiza a leitura estrutural e funcional da paisagem, Ross propõe um sistema de representação hierárquico, que permite identificar, descrever e explicar as formas de relevo segundo diferentes ordens de grandeza e gênese.

Quadro 2 - Proposta de Taxonomia do Relevo de Ross (1992)

Nível	Nome	Características
1º	Unidade Morfoestrutural	Grande Padrão de Forma de Relevo que representa a gênese da formação do relevo, onde pode haver uma associação a sequência de depósitos marinhos que vão do Período Paleozoico ao Cenozoico.
2º	Unidades Morfoesculturais	Geradas pela ação climática com sua gênese relacionada com o Período Cenozoico.
3º	Padrões de Formas de Relevo	Conjuntos de formas menores do relevo, que apresentam aparências distintas entre si, em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo
4º	Tipo de Forma do Relevo	Formas Individualizadas do Relevo ou Unidade Morfológica. Tem como característica a diferenciação dos relevos de acordo com a escala da cartografiação, ou seja, os relevos podem pertencer a uma mesma família, porém, contêm diferenciações fisionômicas e litológicas.
5º	Tipos de Vertentes	Partes da Formas de Relevo, ou seja, as vertentes. Podem ser côncavas, convexas, retilíneas, planas, abrupta, entre outras, sendo possível assim identificar a gênese e idade do relevo.
6º	Formas de Processos Atuais (Naturais e Antrópicos)	Pequenas formas de relevo geradas ao longo das vertentes por processos geomórficos atuais, e principalmente por ação antrópica.

Fonte: Ross (1992). Elaboração: A autora (2025)

Com base nessa integração conceitual e mediante as adequações necessárias ao contexto da área de estudo e ao objetivo da pesquisa, foi elaborada a classificação hierárquica utilizada nesta pesquisa, cuja estrutura e critérios de aplicação serão detalhados na seção de Metodologia.

2.3. Mapeamentos Geomorfológicos Tradicionais

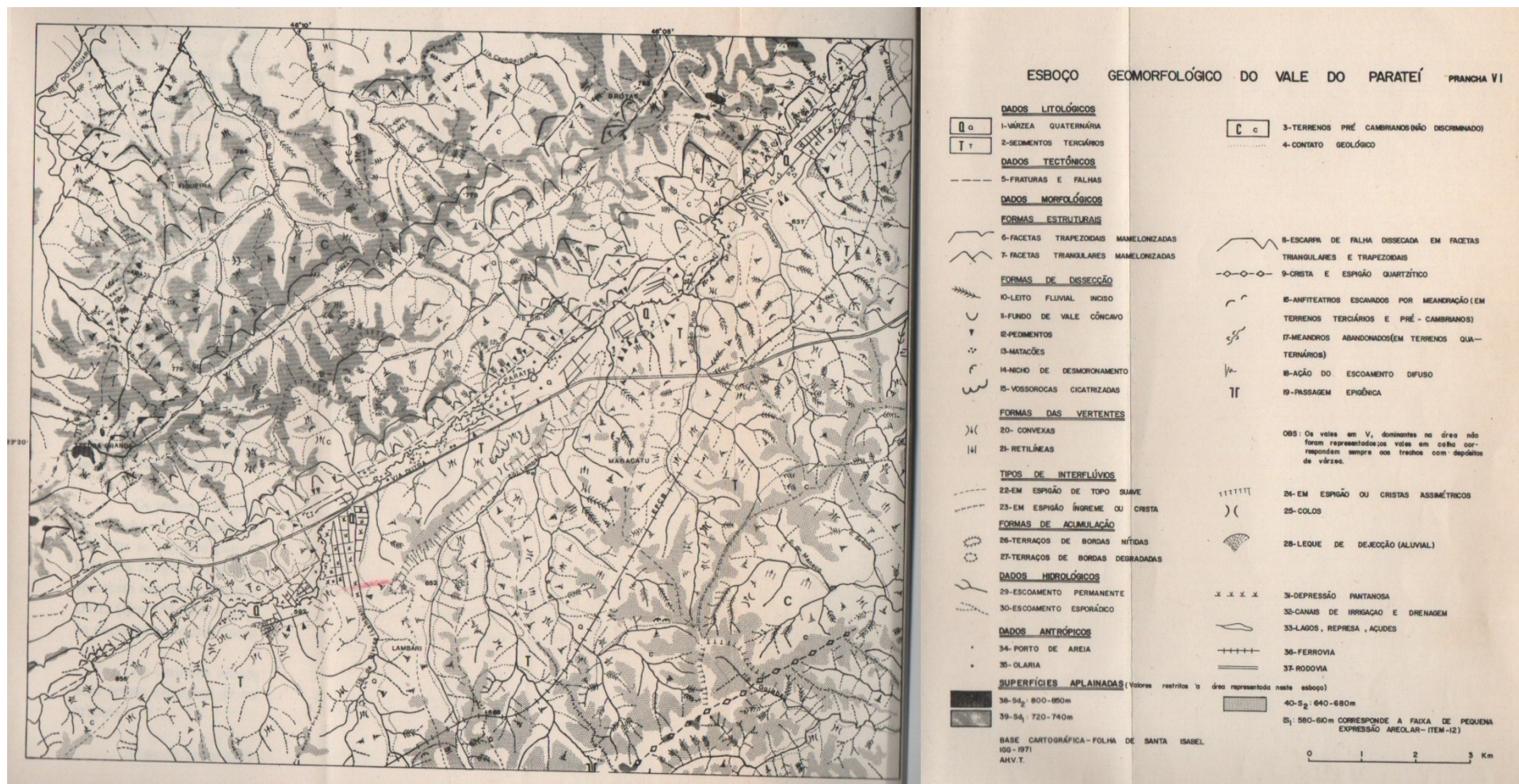
A discussão sobre os métodos tradicionais de mapeamento tem vital importância para realização dessa pesquisa. A princípio, foi realizado o estudo de dois clássicos paulistas: Titarelli (1975) com seu estudo geomorfológico do Vale do Parateí e Coltrinari (1975) com sua contribuição à geomorfologia da região Guaratinguetá-Aparecida.

Titarelli (1975) em seu estudo elabora um esboço geomorfológico do Vale do Parateí (Figura 2) visando a caracterização de feições geomorfológicas resultantes da atuação de processos ainda vigente, a identificação das feições herdadas de fase anteriores e a observação de fatos morfológicos e processos morfogenéticos dentro de sua dinâmica atual, correlacionando com as condições ambientais e antrópicas vigentes, a fim de avaliar o grau de equilíbrio da paisagem após a desordenada intervenção humana. De modo geral, Titarelli (1975) visa apresentar um ensaio de representação geomorfológica relativa a área considerada significativa, que expresse, por amostragem, o conjunto dos fatos geomorfológicos regionais estruturados e hierarquizados, contribuindo para a evolução das técnicas de cartografia geomorfológicas no Brasil.

Para realização desse esboço geomorfológico foi necessária uma análise cartográfica sobre as cartas topográficas existentes na área de estudo, aliado a aerofotointerpretação, a análise sedimentológica de ponto de vista granulométrico e morfoscópio e a uma análise climato-hidrológica a fim de tentar conhecer a dinâmica global da paisagem estudada.

Já Coltrinari (1975) em sua pesquisa produziu uma carta geomorfológica da Região Guaratinguetá-Aparecida que visa o reconhecimento, a análise e a interpretação de uma série de fatos do relevo e da estrutura superficial das paisagens, conectados a evolução morfogenética do médio vale do Rio Paraíba que se encontra em sua área de estudo.

Figura 2 - Esboço Geomorfológico do Vale do Parateí



Fonte: Titarelli (1975)

Em seu estudo, Coltrinari (1975) afirma que documentos cartográficos de escala 1:10.000 e 1:25.000 podem ser considerados adequados às necessidades de um estudo geomorfológico de detalhe. Esse autor, também reconhece que não existe uma simbologia completa, capaz de visualizar totalmente o complicado conjunto de feições de detalhe que ocorrem nas áreas tropicais úmidas e que o emprego de cores teria sido muito útil na cartografia da geologia que teria sem dúvida nenhuma, enriquecido e complementado o esboço geomorfológico apresentado no seu trabalho.

Coltrinari (1975) também assegura, que a fotografia aérea compõe um elemento “em bruto”, de alto valor na análise de uma paisagem, pois proporciona uma outra forma de aproximação com a realidade. De modo geral, a fotografia aérea pode servir como técnica de apoio ao mapeamento geomorfológico de detalhe, pois possibilita ao pesquisador, ter, inicialmente, uma visão geral de sua área de trabalho, abrangendo a localização, extensão e limites das unidades morfológicas e as características da rede de drenagem.

Também foi necessário fazer o estudo do manual de mapeamento geomorfológico de detalhe que foi elaborado por Demek em 1972. Segundo ele, os mapas geomorfológicos são mapas geomorfológicos que representam o relevo dos continentes e das plataformas marinhas e podem ser divididos em mapas geomorfológicos gerais que apresentam a morfografia e a morfometria, ou, a origem e a idade do relevo e suas diversas formas e em mapas geomorfológicos parciais que representam determinadas feições ou características selecionadas do relevo ou as diferentes partes do relevo

Os mapas geomorfológicos também podem ser distinguidos quantas as suas finalidades e utilização (Demek 1972), havendo:

- Mapas geomorfológicos básicos, gerais e parciais que visa investigação geomorfológica pura;
- Mapas geomorfológicos aplicados, gerais e parciais, dando ênfase em específicas propriedades e características do relevo, realizados para diversas aplicações práticas; e
- Mapas geomorfológicos especiais para uso por outras disciplinas científicas.

Ainda segundo Demek (1972), os mapas geomorfológicos podem ser diferenciados de acordo com a escala, como pode ser vista no Quadro 03.

Quadro 3 - Classificação dos Mapas Geomorfológicos de acordo com a escala.

Classificação	Escala
Planos Geomorfológicos	Até 1:10.000
Mapas Geomorfológicos de Grande Escala	1:10.000 até 1:50.000 (Excepcionalmente até 1:100.000)
Mapas Geomorfológicos de Média Escala	1:100.000 até 1:500.000
Mapas Geomorfológicos de Pequena Escala	1:500.000 até 1: 1.000.000
Mapas Geomorfológicos de Países	1:1.000.000 até 1:5.000.000
Mapas Geomorfológicos dos Continentes	1:5.000.000 até 1:30.000.000
Mapas Geomorfológicos do Mundo	1:30.000.000 e escalas menores

Fonte: Demek, et al. (1972). Elaboração: A autora (2024)

O mapeamento geomorfológico detalhado pode ser caracterizado como mapas em escalas entre 1:25.000 e 1:50.000, ou mesmo 1:100.000 em regiões pouco investigadas (DEMEK, 1972). De acordo com a classificação de Demek (1972), esse tipo de mapa pode ser classificado como Mapas Geomorfológicos de Grande Escala.

Esse tipo de mapeamento tem como finalidade o reconhecimento das formas de superfície que ocorrem na área mapeada e sua análise que visa o estabelecimento de medidas qualitativas e quantitativas da sua forma, o entendimento de sua gênese por meio da determinação de sua dependência do material, dos processos de modelagem e idade, e o estabelecimento de seu arranjo no espaço e relações mútuas no sistema em que está inserida.

Demek (1972) afirma que o mapeamento geomorfológico pode ser distinguindo em:

- Mapas Geomorfológico Básicos que indicam todas as formas classificadas, de acordo com a morfografia, morfometria, gênese e idade;

- Mapas Geomorfológicos Gerais Aplicados, que são mapas gerais básicos com suplementos segundo a necessidade do pesquisador, como a classificação mais detalhada da inclinação de encostas do que aquela dos mapas básicos;
- Mapas Geomorfológicos Parciais Básicos que apresentam características particulares do relevo, das formas individuais e/ou grupos de formas de amplitude do relevo, de inclinação de encostas, de densidade de ravinas, de distribuição de fenômenos cársticos, etc;
- Mapas Geomorfológicos Parciais Aplicados, que são mapas parciais básico com ênfase particular conforme a necessidade do pesquisador; e
- Mapas Geomorfológicos Especiais, que podem combinar várias características dos mapas mencionados anteriormente e são compilados para atender requisitos especiais

Demek (1972) afirma que o principal elemento do conteúdo do mapa geomorfológico detalhado é a gênese das formas superficiais que constituem o relevo da terra que são classificados no mapa geomorfológico de detalhe de acordo com as forças de construção do relevo e os processos geomorfológicos.

Por outro lado, o autor referido, afirma que a informação referente a representação da estrutura geológica do substrato, os tipos de solos, detalhes da cobertura de detritos e entre outros, não é o foco principal do mapeamento geomorfológico, sendo que a representação desses dados é essencialmente limitada a fatos que são extremamente decisivos para o desenvolvimento da forma superficial em estudo.

Já Paranaíba (2023) afirma citando Tricart (1965) que os elementos de descrição são informações importantes e que podem e devem estar contidas nos mapas geomorfológicas, juntas de informações que estas não contêm em sua forma mais básica, como rupturas topográficas e rebordos de pequenos patamares. Assim sendo, a Sub-Comissão de Cartas Geomorfológicas da UGI (União Geográfica Internacional), indica que os mapas geomorfológicos de detalhe, em grande escala contendo quatro tipos diferentes de dados, que podem ser vistos no Quadro 04.

Quadro 4 - Dados Disponíveis em mapas geomorfológicos de detalhe, em grande escala, de acordo com Sub-Comissão de Cartas Geomorfológicas da UGI (União Geográfica Internacional)

Dados Morfométricos	Informações métricas importantes, ancoradas em cartas topográficas ou outras formas de levantamento
Dados Morfográficos	Formas de relevo resultantes do processo evolutivo, sendo sintetizadas como formas de agradação e de degradação
Dados Morfogenéticos	Processos responsáveis pela elaboração das formas representada no mapeamento geomorfológicos
Dados Cronológicos	Período de formação ou elaboração de formas ou feições”

Fonte: Paranaíba (2023). Elaboração: A autora (2024)

Contudo com tantos dados para colocar no mapa, é preciso de atenção, devido ao fato de que mapas em escala grande, alguns detalhes ou componentes podem não ser visíveis ou não serem representados, enquanto em mapas em pequena escala, esses detalhes podem ser registrados. Isso pode acarretar problemas, porque pode dificultar a leitura da representação, ou seja, tornar o mapa mais difícil de ser compreendido devido à grande quantidade de informações inseridas em uma escala menor (Cassetti, 2005 apud Paranaíba, 2023). Desse modo, para que o mapa não fique com excesso de informação, dificultando sua leitura e interpretação, deve haver uma seleção de dados para o compor.

Outro referencial fundamental analisado foi o Manual Técnico de Geomorfologia, elaborado no âmbito do RADAM Brasil e publicado pelo IBGE (2009). Esse documento foi concebido como base para o mapeamento geomorfológico sistemático do território nacional, estruturado em quatro fases, com a descrição detalhada das etapas de pesquisa e dos procedimentos técnicos adotados.

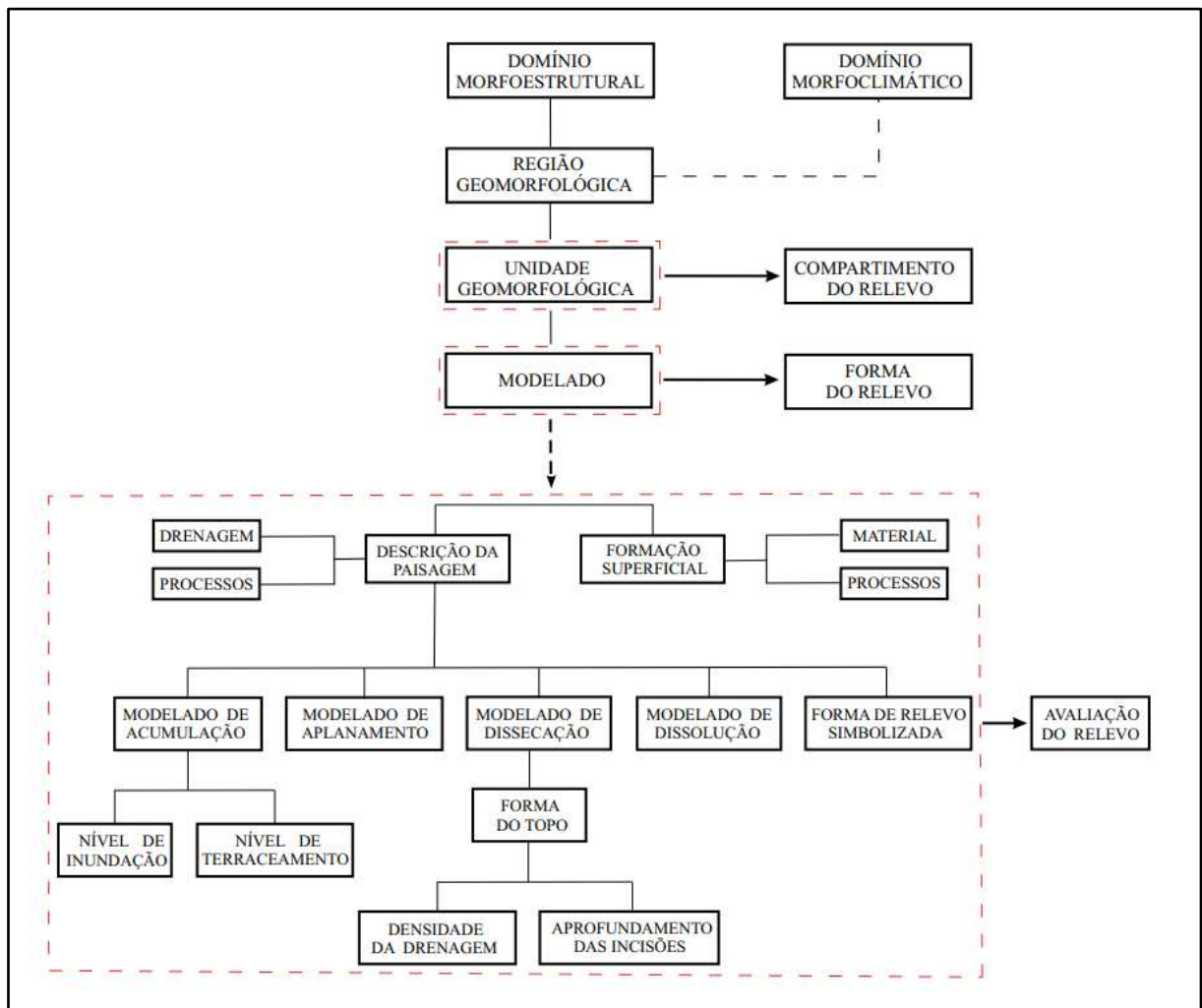
Segundo Barbosa et al. (1984), os princípios da cartografia geomorfológica desenvolvida no RADAM Brasil foram inicialmente discutidos por Ab’Saber e Moreira, sendo posteriormente incorporados ao Manual Técnico de Geomorfologia. Dessa forma, os mapas geomorfológicos de abrangência nacional devem conter, entre outros elementos:

- base geológica como elemento essencial;
- fixação, delimitação e descrição precisas das formas de relevo em si mesmas;
- fixação da altimetria;
- representação dos domínios morfoclimáticos e morfoestruturais;

- representação da dinâmica de evolução geomorfológica atual;
- cartografia das formações superficiais. (IBGE, 2009, p. 25).

O Manual do IBGE (2009) estabelece ainda normas e procedimentos para a produção e o armazenamento de informações geomorfológicas em ambiente digital, atendendo às exigências técnicas da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Sua proposta metodológica fundamenta-se no ordenamento temporal e espacial dos fatos geomorfológicos, tendo a forma de relevo como unidade básica de análise (Figura 3).

Figura 3 - Estrutura para mapeamento geomorfológico do IBGE (2009).



Fonte: IBGE (2009, p. 27).

Por fim, no âmbito do mapeamento geomorfológico tradicional, destaca-se o Guia para a Elaboração do Mapa Geomorfológico da Espanha na escala 1:50.000, elaborado por Martín Serrano et al. (2004). Esse trabalho propõe a integração entre o mapa geomorfológico e o mapa geológico de mesma escala, organizando a informação geomorfológica em dois produtos principais: o mapa geomorfológico, contendo informações genéticas, cronológicas e litológicas

do relevo, e o Mapa de Processos Ativos, voltado à representação dos fenômenos morfodinâmicos.

Nesse segundo produto, os autores engloba os fenômenos morfodinâmicos e suas respectivas valorações, isto é, os autores qualificam e valorizam de forma aproximada a incidência, a intensidade e instabilidade de cada fenômeno ou processo representado no mesmo. Entretanto, os autores desse mapa, optaram, com base nessa valoração, recomendar diferentes graus de atenção ou consideração de que os processos devem ser levados em conta nos projetos ou estudos detalhados que posteriormente podem ser realizados. Desse modo, foram definidos três graus de atenção que podem ser vistos no Quadro 05.

De acordo com Martín Serrano et. al. (2004), o mapeamento geomorfológico fornece informações organizadas e precisas sobre as formas dos terrenos e os processos geodinâmicos relacionados a eles. Por essa razão, a sua elaboração faz parte de um estudo disciplinar que tem como base um mapa geológico.

Quadro 5 - Graus de Atenção dos Fenômenos Morfodinâmicos presentes no Mapa de Processos Ativos de Martín Serrano et. al. (2004)

Grau	Tipo
Baixo	Processo que deve ser levado em consideração
Médio	Processos em que serão necessários realizar reconhecimentos ou estudos, pois, dependendo das características do projeto ou estudo, a sua incidência pode ser tornar importante
Notável	Processos que devem ser considerados de maneira muito especial dependendo das características do projeto ou estudo, a sua incidência nele pode ser decisiva em relação seu custo econômico e ambiental

Fonte: Martín Serrano et. al. (2004). Elaboração: A autora (2025)

2.4.Métodos Automáticos de Mapeamentos Geomorfológicos

Nos últimos anos, a cartografia geomorfológica tem se caracterizado pelo crescente uso de técnicas de modelagem digital e por uma abordagem quantitativa e computacional, aplicadas à classificação do relevo em diferentes escalas espaciais. O principal objetivo dessas

metodologias é a automação do processo de mapeamento, reduzindo o tempo de execução e a subjetividade interpretativa associada aos métodos tradicionais.

Entre as abordagens contemporâneas, destaca-se a Geomorfometria, entendida como o emprego de variáveis morfométricas derivadas de Modelos Digitais do Terreno (MDT) — tais como altitude, declividade, orientação de vertentes (aspecto), curvaturas, área de contribuição e índice topográfico de umidade, entre outros (COMERLATO; LAMOUR; SILVEIRA, 2020).

Conforme Tobler (2000), Pike et al. (2009) e Silveira et al. (2018), a Geomorfometria constitui um campo cartográfico-analítico moderno, voltado à representação da superfície terrestre a partir da manipulação computacional de valores de elevação. Sua natureza é interdisciplinar, integrando princípios da Geomorfologia, das Geociências, da Matemática e, mais recentemente, da Ciência da Computação.

O avanço da Geomorfometria está diretamente relacionado ao desenvolvimento das geotecnologias e à difusão dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que potencializaram e transformaram a forma como o relevo é representado, quantificado e interpretado. Soma-se a isso a disseminação dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) com cobertura global, que desempenhou papel decisivo, pois ampliou a escala espacial das pesquisas e permitiu a padronização de procedimentos analíticos. O Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), por exemplo, é amplamente utilizado em estudos geomorfológicos em escala regional e nacional e consolidou-se como referência ao viabilizar estudos comparativos em diferentes regiões, impulsionando a maturidade metodológica da geomorfometria.

Nos últimos anos, observa-se a ampliação do conjunto de bases altimétricas gratuitas e de novos sistemas de informação geográfica, o que tem diversificado as possibilidades metodológicas em análises do relevo. Entre esses produtos, destaca-se o ALOS World 3D (AW3D30), com resolução espacial de 30 m, derivado de fotogrametria orbital realizada pelo sensor PRISM a bordo do satélite ALOS e disponibilizado gratuitamente pela Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) (SILVA e SOUZA, 2025).

Outro modelo amplamente utilizado é o ASTER GDEM, também produzido a partir de fotogrametria orbital, com resolução de 30 m, resultado da cooperação entre a NASA e o Ministério da Economia, Indústria e Trabalho do Japão. Além desses, o Copernicus DEM representa um avanço significativo ao ser derivado do Modelo Digital de Superfície editado WorldDEM, construído com dados de radar da missão TanDEM-X (LAIPELT et al., 2024). Proveniente de uma parceria público-privada entre o Centro Aeroespacial Alemão (DLR) e a Airbus Defence and Space, esse modelo passou a ser disponibilizado a partir de 2021 nas

resoluções de 30 m (GLO-30) e 90 m (GLO-90) (SILVA e SOUZA, 2025), ampliando o acesso a produtos de alta qualidade para pesquisas geomorfológicas multiescalares.

Um dos métodos mais difundidos é o índice de posição topográfica (Topographic Position Index – TPI), proposto por Weiss (2001). Esse índice permite a identificação automática de dez classes de formas de relevo, tendo sido aplicado, por exemplo, na classificação morfológica do território uruguaio (SILVEIRA; SILVEIRA, 2014) e no mapeamento geomorfométrico de bacias hidrográficas no município de Blumenau/SC (LANGE; SILVEIRA, 2015).

Outra metodologia relevante é a proposta de Iwahashi e Pike (2007), baseada em uma árvore de decisão construída a partir de três variáveis morfométricas fundamentais. O método foi testado em múltiplas escalas espaciais: (a) no distrito de Shimukappu, Japão (MDE de 55 m); (b) em todo o território japonês (MDE de 270 m); e (c) em escala global. No Brasil, foi aplicado por Silveira et al. (2014) para o estado do Paraná e por Trentin et al. (2015) em uma bacia hidrográfica no oeste do Rio Grande do Sul.

Vasconcelos et al. (2012) desenvolveram um método de classificação geomorfométrica automatizada em duas etapas: inicialmente, a classificação por árvore de decisão baseada em altitude e declividade; posteriormente, a subdivisão das classes obtidas por meio do classificador espectral Spectral Angle Mapper (SAM), considerando atributos de curvatura. O método foi aplicado no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG), com resultados expressivos na discriminação de unidades geomorfológicas (Figura 4).

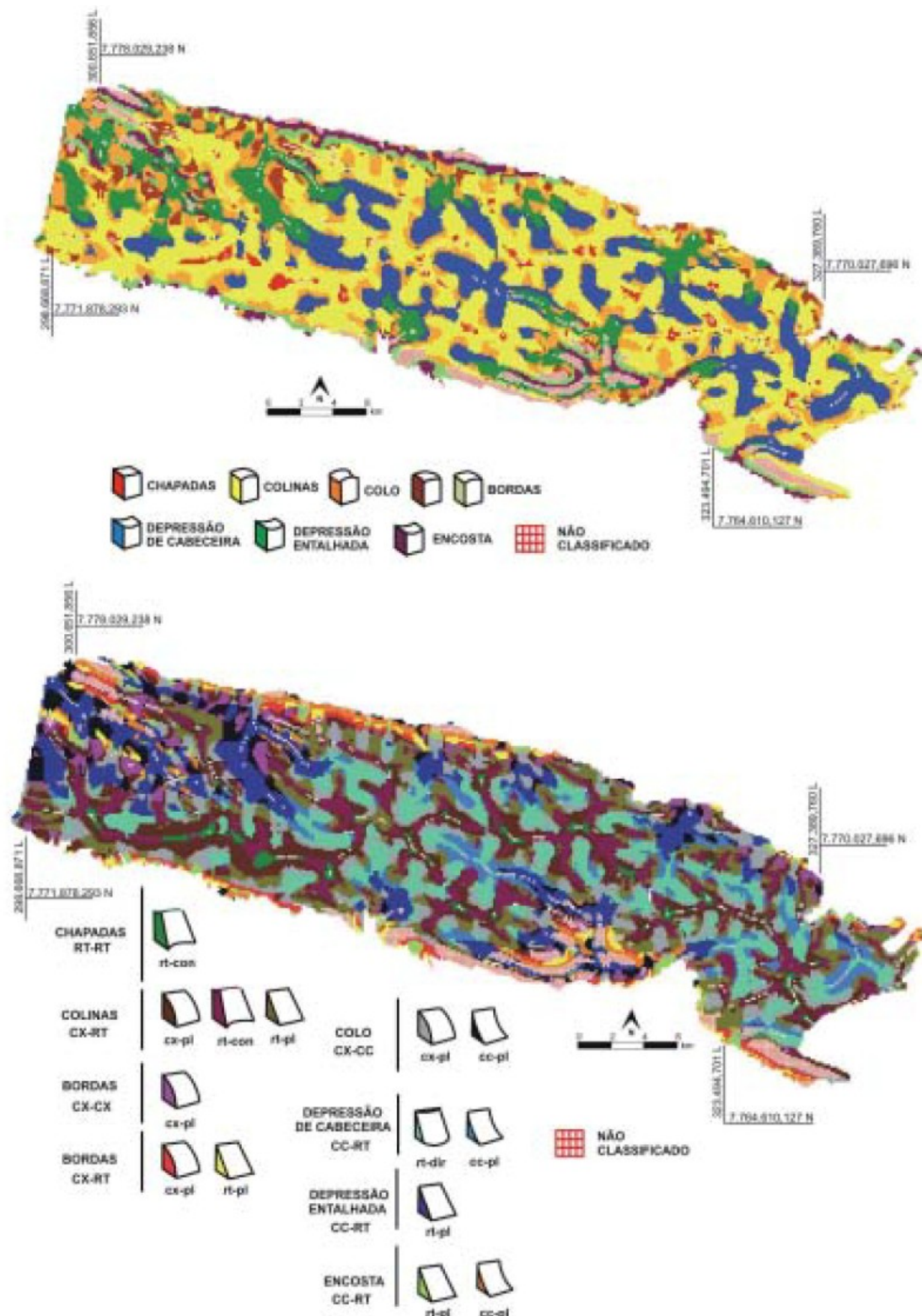
Outra abordagem com potencial emprego no mapeamento do relevo é a análise da resposta espectral de sensores orbitais, com uso de Processamento Digital de Imagem (PDI), a fim determinar a melhor resposta para cada forma de relevo e realizar uma classificação supervisionada do relevo

Comerlato, Lamour e Silveira (2020) utilizaram a combinação entre o mapeamento digital do Relevo, baseado nas análises dos atributos geomorfométricos derivados de um Modelo Digital de Terreno, e do Processamento Digital de Imagem, pela análise das diferenças espectrais dos níveis de umidade da vegetação para mapear as formas de relevo no ambiente costeiro do Paraná.

Entre as propostas mais recentes de automação da classificação e mapeamento do relevo a partir de um MDE, possibilitado pelo avanço das geotecnologias é o conceito de geomorphons. Sua proposta foi estabelecida por Jasiewicz e Stepinski (2013) que compreende

os geomorphons, como microestruturas fundamentais do relevo. Seu princípio foi fundamentando no reconhecimento de padrões em vez da geometria diferencial.

Figura 4 - Formas de Terreno e os seus respectivos Elementos, resultantes do método de Vasconcelos et.al. (2012)

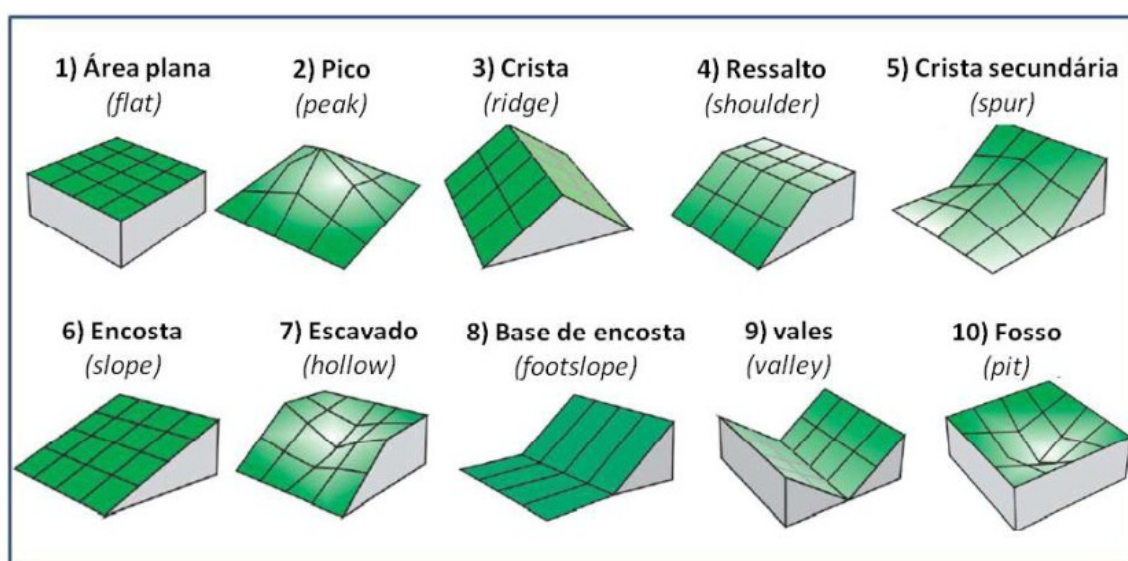


Fonte: Vasconcelos et. al. (2012)

Em sua preposição, Jasiewicz e Stepinski (2013), demonstram esse método de classificação automatizada com os 10 elementos de relevo (Geomorphons) que mais frequentemente são identificados (Figura 5):

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| I. Áreas planas (float), | VI. Encosta (slope); |
| II. Picos (peak); | VII. Escavado (hollow); |
| III. Crista (ridge); | VIII. Base de encosta (footslope); |
| IV. Ressaltos (shoulder); | IX. Vales (valley); e |
| V. Crista secundária (spur); | X. Fosso (pit) |

Figura 5 - Elementos de relevo obtidos dos geomorphons



Fonte: Silveira et. al. (2018)

De modo geral, Silveira et al. (2018) e Silveira e Silveira (2016) destacam as vantagens da classificação geomorfológica digital, apoiada em técnicas geomorfométricas, especialmente pela redução da subjetividade na delimitação manual, pela maior reprodutibilidade dos resultados e pela eficiência temporal na individualização das feições.

Contudo, ressalta-se que a dependência exclusiva de classificações algorítmicas pode reduzir a capacidade interpretativa do pesquisador e obscurecer aspectos sutis, porém essenciais, da gênese e da dinâmica das formas de relevo. Assim, a presente pesquisa adota uma abordagem integrada, combinando métodos tradicionais de análise geomorfológica com técnicas automatizadas de Geomorfometria, a fim de associar rigor técnico e interpretação geográfica às etapas de mapeamento e análise.

2.5.O uso de Geotecnologias no Mapeamento Geomorfológico.

Para a realização deste trabalho, torna-se imprescindível compreender como os avanços das geotecnologias têm impactado os mapeamentos geomorfológicos. O desenvolvimento de novos softwares e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) possibilitou o surgimento de metodologias mais precisas e eficientes para a representação e análise das formas de relevo.

De acordo com Pavlopoulos, Evelpidou e Vassilopoulos (2009), o advento de imagens de satélite, fotografias aéreas, fotografia digital e métodos de mapeamento digital promoveu significativa ampliação da precisão e da resolução espacial dos levantamentos geomorfológicos. Tais inovações permitiram que os pesquisadores produzissem mapas detalhados em formatos impresso e digital, com maior qualidade visual e confiabilidade analítica.

Nesse contexto, Santos, Mello e Silva Listo (2019), propõem o uso Google Earth Pro no mapeamento geomorfológico. Segundo eles, esse software possui uma interface simples, provida de inúmeros recursos que facilitam a visualização e manipulação de imagens de alta resolução (em duas e em três dimensões), além da sua linguagem de fácil acesso. Também apresenta uma fácil manipulação, que dá margem à uma vasta aplicabilidade tanto em ambiente corporativo, quanto para fins acadêmicos.

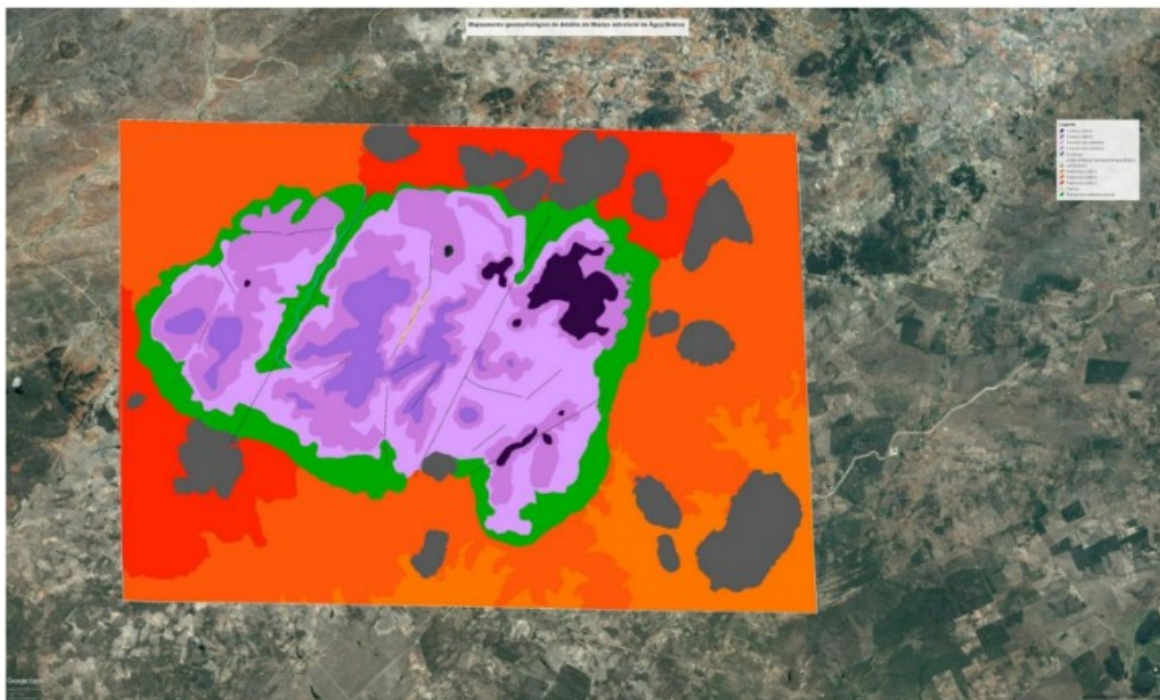
Conforme Lopes (2009), o Google Earth disponibiliza ainda ferramentas de vetorização de pontos, linhas e polígonos, bem como a sobreposição de dados provenientes de levantamentos externos, como aqueles obtidos por sistemas de posicionamento global por satélite (GPS). Para Campos e Botelho (2022), a variedade de recursos do Google Earth inclui funções para mapeamento, importação e exportação de dados SIG, além da visualização tridimensional da superfície terrestre com base em imagens de satélite e fotografias históricas de alta resolução. Esses recursos viabilizam a análise de processos geomorfológicos em escala temporal humana, como a evolução de processos costeiros ou movimentos de massa.

Santos, Mello e Silva Listo (2019), em seu estudo, que visou a produção de um mapeamento geomorfológico de detalhe (Figura 6) por meio do Google Earth Pro, no Maciço Estrutural de Água Branca (PE/AL), reforçou que o Google Earth Pro oferece uma excelente resolução espacial, permitindo a delimitação detalhada das formas de relevo e a visualização tridimensional por meio da ferramenta de extrapolação.

Com o avanço da interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas em imagens em 3D através da tela do computador, surgiram novas técnicas de mapeamento geomorfológicos como a estereoscopia digital. A estereoscopia que pode ser definido como um

processo que proporciona a percepção visual em três dimensões e podem ser obtidos através dos métodos Anáglifos, dos Polaroides e dos Estereoscópios (Estereoscópios de Lentes ou de Bolso e os Estereoscópios de Espelhos).

Figura 6 - Resultado do mapeamento com a finalização realizada pelo Google Earth Pro.

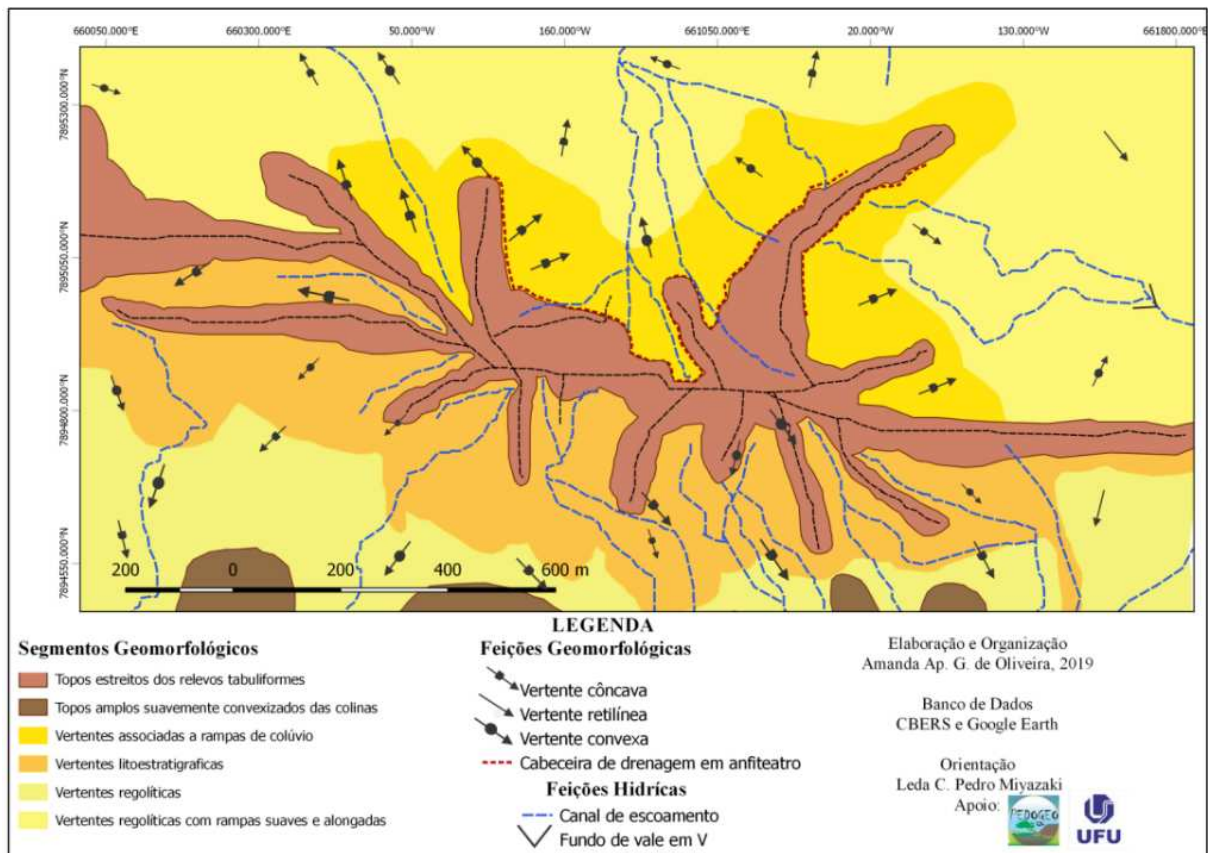


Fonte: Santos et. al. (2019)

Atualmente, alguns estudos, como o de Paranaíba (2023) e Oliveira (2019) que utiliza o Método de Anáglifo aplicado ao mapeamento geomorfológico (Figura 7). O Anáglifo são imagens planas que visa a obtenção da tridimensionalidade de um determinado objeto através da atribuição de falsas cores (vermelhas e azuis ou verdes) a duas imagens capturadas de perspectivas diferentes. Essas imagens só poderão ser vistas através das cores dos filtros dos óculos 3D, ou seja, o olho que tem a lente vermelha, visualiza só a cor vermelha da imagem e o que estiver com a lente verde/azul, observará somente a parte da imagem com cor azul, fazendo com que o cérebro do pesquisador forme os relevos da imagem (Oliveira, 2019).

De modo geral, os anaglifos exercem um papel fundamental na evolução da geotecnologia, tornando-se materiais de auxílio para a elaboração de estudos geomorfológicos de áreas de difícil acesso, na produção de mapeamentos mais detalhados e até mesmo na introdução da geotecnologia como recurso didático (Oliveira, 2020).

Figura 7 - Mapeamento geomorfológico do relevo residual Serra do Corpo Seco



Fonte: Oliveira (2019)

Nos últimos anos, também se destaca o crescente uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), ou drones, na aquisição de imagens de alta resolução e na produção de modelos tridimensionais. Conforme Barcelos, Danelon e Rodrigues (2022), as ARPs constituem uma ferramenta eficiente, de baixo custo operacional e manutenção reduzida, especialmente quando comparadas às aeronaves tripuladas. Essas características favoreceram a disseminação de seu uso em levantamentos cartográficos e geomorfológicos, sobretudo em áreas restritas ou de difícil acesso, nas quais a fotogrametria convencional seria economicamente inviável.

Entre os principais produtos derivados do uso de ARPs estão as ortofotos, que correspondem a imagens georreferenciadas representando os objetos em suas posições ortográficas verdadeiras. De acordo com Barcelos, Danelon e Rodrigues (2022), as ortofotos são equivalentes a mapas planimétricos convencionais, uma vez que preservam a geometria e as proporções dos elementos representados. Segundo Wolf (1983), o mosaico de ortofotos constitui o principal produto do mapeamento aéreo com drones, permitindo medições planimétricas de área, perímetro e distância, fundamentais para a cartografia geomorfológica.

O processamento das imagens capturadas pelas ARPs é realizado em softwares aerofotogramétricos, como o Agisoft PhotoScan Professional Edition®, que permite a construção de modelos tridimensionais, Modelos Digitais da Superfície (MDS) e Modelos Digitais do Terreno (MDT). Esses produtos fornecem bases cartográficas de alta precisão, indispensáveis para o mapeamento geomorfológico de detalhe (BARCELOS; DANELON; RODRIGUES, 2022).

2.6.A morfogênese nos Mapeamentos Geomorfológicos

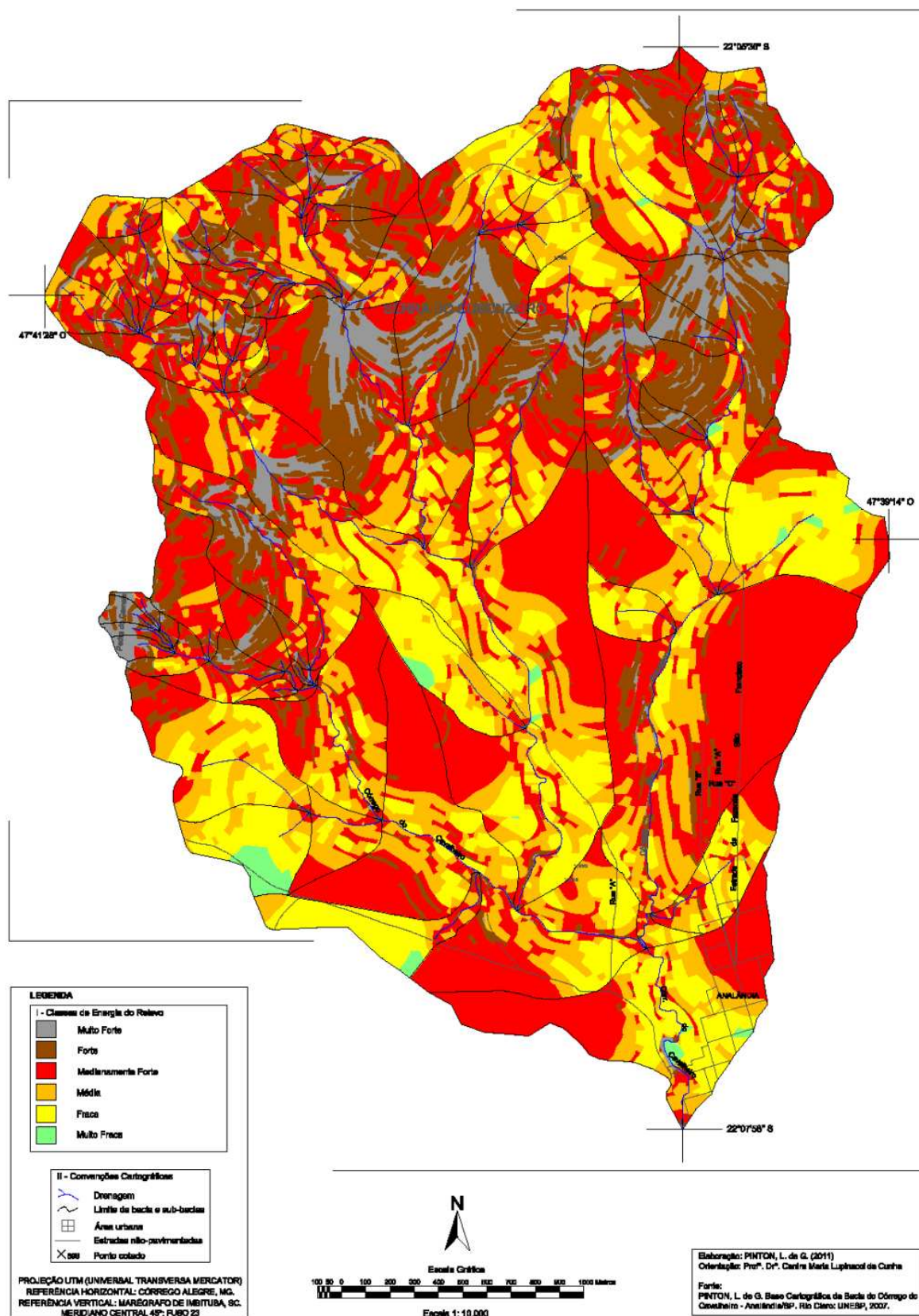
O estudo da morfogênese está cada vez mais sendo ampliado nos mapeamentos geomorfológicos. Dessa maneira torna-se necessário compreender como isso está ocorrendo.

Como discutido em tópico anterior, compreender a morfogênese do relevo implica analisar os fluxos de matéria e energia e a estruturação interna do sistema, isto é, as relações entre seus elementos formais e funcionais. Nessa perspectiva, a Teoria Geral dos Sistemas oferece o referencial teórico necessário para compreender e modelar as inter-relações dinâmicas inerentes à gênese e à evolução das formas do relevo.

Com base nesses princípios, Cunha e Piton (2013) desenvolveram uma análise morfogenética do relevo da bacia hidrográfica do Córrego do Cavalheiro, em Analândia (SP), elaborando dois tipos de mapas integrados. O primeiro é a Carta de Energia (Figura 8), em que os dados morfométricos são avaliados segundo a proposta de Mendes (1993). Esse documento cartográfico sintetiza informações obtidas a partir das cartas de declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical, permitindo classificar as áreas segundo níveis qualitativos de energia do relevo, variando de muito fraca a muito forte.

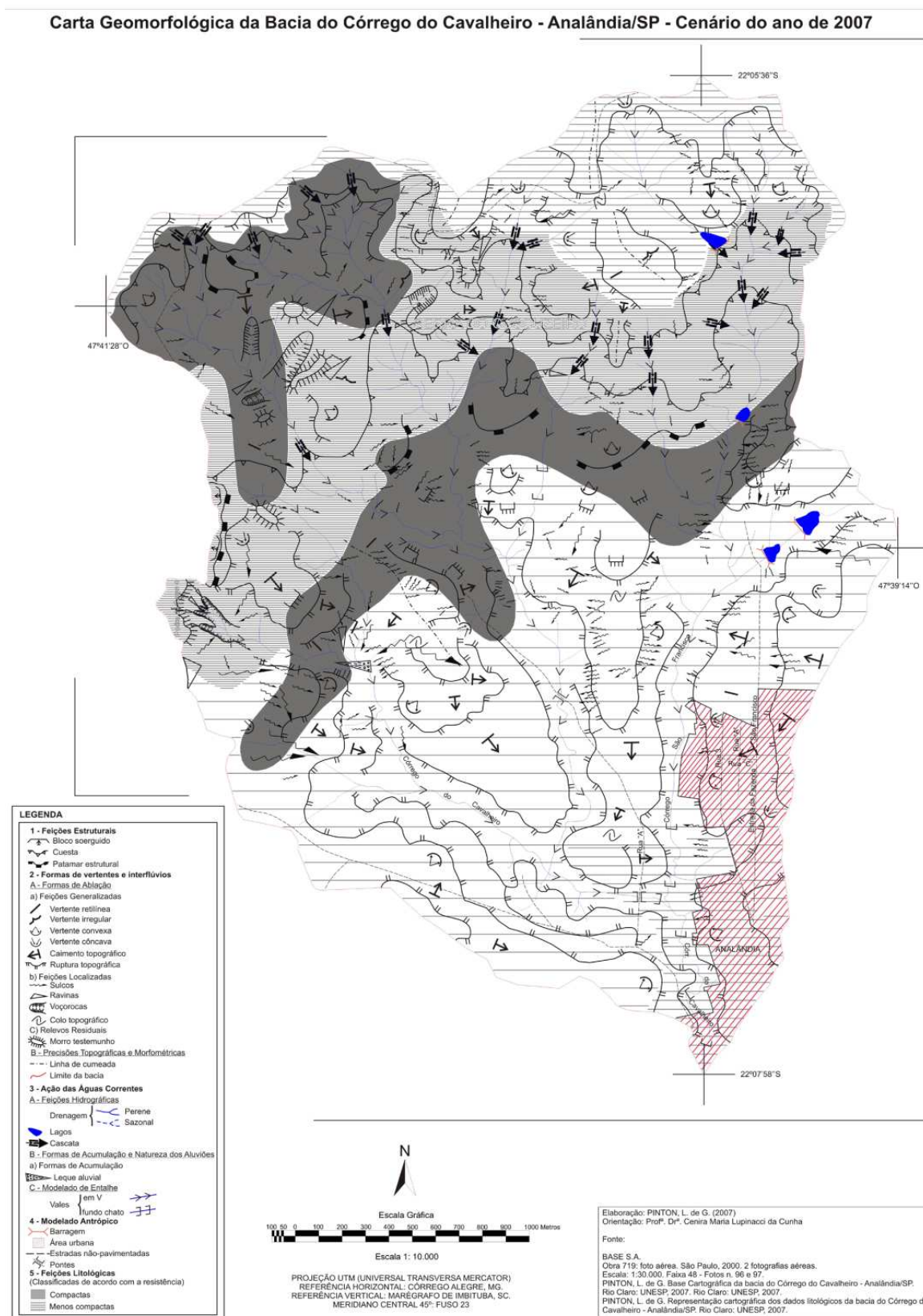
O segundo é o mapa geomorfológico de detalhe (Figura 9), elaborado a partir de princípios propostos por Tricart (1965), que preconiza a representação das relações espaciais entre as formas e os processos de esculturação. Esse tipo de cartografia enfatiza a interpretação morfográfica e processual, permitindo compreender a organização espacial das formas de relevo em função dos processos morfogenéticos dominantes.

Figura 8 - Carta de energia do relevo da bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia – SP



Fonte: Cunha e Piton (2013)

Figura 9 - Carta geomorfológica da bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia – SP



Fonte: Cunha e Piton (2013)

De modo geral, o mapeamento realizado por Cunha e Piton (2013) possibilitou a identificação de feições do relevo que evidenciam a atuação tanto de processos de esculturação típicos de ambientes quentes e úmidos quanto de ações tectônicas locais. Assim, os referidos autores consideram que o mapeamento dessas feições, aliado à sua avaliação quantitativa por meio da morfometria, permite levantar considerações relevantes acerca da morfogênese da área estudada. Contudo, tais inferências somente poderão ser comprovadas de forma efetiva a partir da investigação dos materiais de superfície — análise que não foi contemplada na pesquisa mencionada.

Outro exemplo relevante é o estudo de Gimenes (2002), desenvolvido no compartimento geomorfológico montanhoso Mestre Álvaro, no município de Serra (ES). Nesse trabalho, foi elaborada a Carta dos Setores Topomorfológicos, em que se buscou representar os arranjos espaciais do relevo em diferentes níveis de detalhamento e escalas de análise. O autor sintetizou os níveis de interpretação da morfologia, dos materiais e dos processos atuais, produzindo um mapeamento capaz de articular elementos estruturais, materiais e dinâmicos da paisagem.

A metodologia de mapeamento geomorfológico empregada por Gimenes (2002) pode ser utilizada na identificação de elementos morfogenéticos internos e externos em relevos que apresentam configuração semelhante, bem como como critério para a seleção de amostras. A autora considera que a definição do método de mapeamento geomorfológico deve estar sempre adequada aos objetivos da pesquisa e às características específicas de cada tipo de relevo.

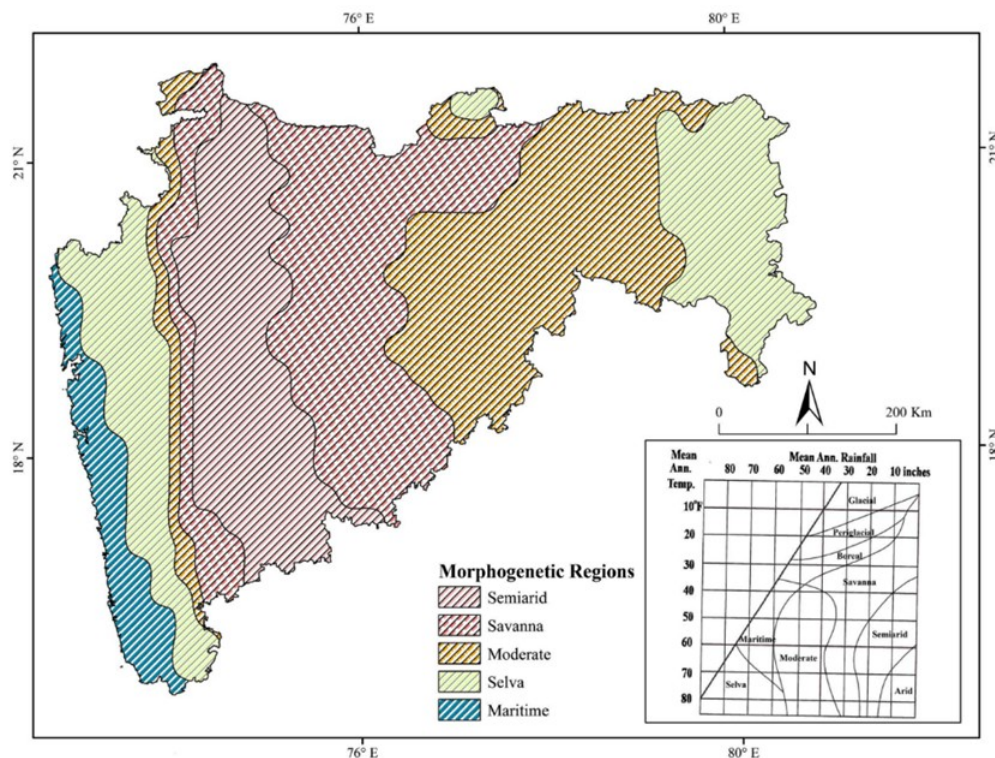
A aplicação da morfogênese no mapeamento geomorfológico também pode ser observada nos estudos regionais de processos. Doke et al. (2018), por exemplo, utilizaram o modelo clássico de Peltier (1950) para determinar regiões morfogenéticas no estado de Maharashtra, Índia (Figura 10). O conceito de região morfogenética refere-se a uma área submetida a condições climáticas e processos geomórficos específicos, que conferem características regionais singulares à paisagem.

No estudo, os autores utilizaram dados climáticos interpolados em ambiente ArcGIS, como precipitação e temperatura média anual, para delinear zonas de intemperismo, erosão pluvial e erosão eólica, correlacionando-as aos tipos de processos descritos por Peltier.

Peltier (1950), utilizando a precipitação média anual e a temperatura média anual, definiu sete gráficos que descrevem diferentes tipos de processos. São eles: intemperismo químico, ação do gelo, intemperismo físico, erosão pluvial, movimento de massa, ação do vento, e regiões morfogenéticas. Em estudos de temas como geologia, geomorfologia e outras

disciplinas relacionadas, os pesquisadores ainda usam esses gráficos e definições para explicar os processos complexos que ocorrem constantemente na superfície da Terra.

Figura 10 - Regiões morfogenéticas de Maharashtra na Índia



Fonte: Doke et.al (2018)

Em outro contexto metodológico, Silveira e Silveira, propuseram um mapeamento morfogenético baseado em técnicas geomorfológicas, englobando a morfogênese fluvio-marinha, fluvial e denudacional, subdivididas em processos morfogenéticos construtivos e destrutivos.

Para realização desse mapeamento, Silveira e Silveira (2019), criaram regras classificatórias semiautomatizadas em cinco atributos geomorfológicos, sendo eles a altimetria, declividade, área de contribuição, índice de posição topográfica e índice topográfico de umidade, que foram calculados a partir um Modelo Digital do Terreno (MDT).

A delimitação das classes morfogenéticas foi fundamentada na tradição cartográfica dos mapas geomorfológicos poloneses (KLIMASZEWSKI, 1963a; 1963b) e alemães (LESER; STÄBLEIN, 1975), em que a morfogênese é compreendida como o agrupamento de formas segundo sua origem e evolução genética. Os autores também incorporaram o entendimento de Demek (1967), segundo o qual diferentes agentes podem contribuir para a gênese de uma forma

de relevo, mas um processo normalmente predomina, sendo decisivo para o desenvolvimento morfológico.

Assim, cada unidade mapeada recebeu a identificação de um processo morfogenético predominante. Para isso, os autores referidos, utilizaram a proposta de Klimaszewski (1963a; 1963b) encontrada nos primeiros mapas poloneses, nos quais, os processos podem ser construtivos e destrutivos. Dessa maneira um morro, denominado como uma unidade de morfogênese denudacional, pode ser fragmentado com o predomínio de processo destrutivo no topo e de processo construtivo nas porções intermediárias e inferior.

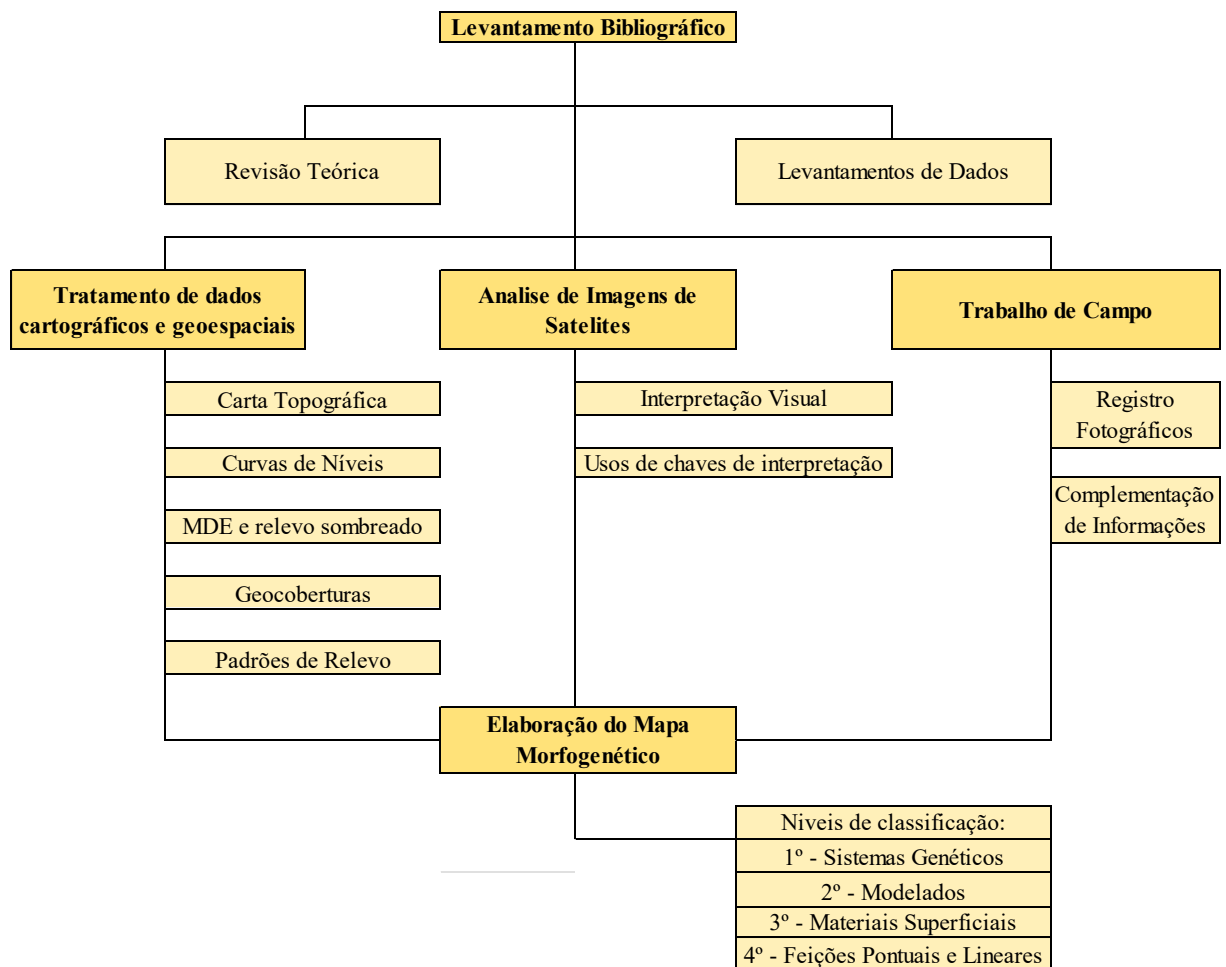
Em síntese, os conceitos e abordagens apresentados nesta fundamentação teórica fornecem o suporte necessário para a compreensão das variáveis e procedimentos envolvidos na análise proposta. Com esse embasamento, delineiam-se os métodos, etapas operacionais e ferramentas aplicadas no estudo, os quais serão apresentados no próximo capítulo.

3. Metodologia

A presente pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e descritiva, voltada para a análise dos processos morfogenéticos atuantes na paisagem e sua expressão nas formas do relevo. O estudo baseou-se na integração de técnicas tradicionais de mapeamento geomorfológico com ferramentas de geotecnologias, a fim de garantir maior precisão e confiabilidade na identificação e representação das unidades geomorfológicas.

A metodologia foi estruturada em etapas sucessivas (Figura 11), que envolveram: levantamento bibliográfico, análise e interpretação de imagens de satélites, tratamento de dados cartográficos e geoespaciais, trabalho de campo para validação das feições identificadas e, por fim, elaboração do mapa geomorfológico morfogenético.

Figura 11 - Fluxograma Metodológico



Elaboração: A autora (2025).

A etapa inicial consistiu na revisão bibliográfica da temática abordada e na caracterização físico-geográfica da área de estudo. Esse levantamento permitiu reunir

fundamentos teóricos sobre mapeamento geomorfológico, processos morfogenéticos e metodologias de integração entre técnicas tradicionais e geotecnologias.

Simultaneamente, foram coletados dados secundários previamente processados e disponibilizados por instituições oficiais, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), além de informações provenientes de trabalhos acadêmicos produzidos no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (PPGEO/UFU).

O uso desses dados secundários foi fundamental, pois possibilitou otimizar o tempo de pesquisa, evitar a redundância de esforços de coleta e dispor de informações cartográficas já consolidadas e validadas. Contudo, reconhece-se a necessidade de compatibilização e padronização desses insumos para assegurar a coerência metodológica e a consistência espacial.

Com o banco de dados devidamente reunido e harmonizado, procedeu-se à elaboração, no software QGIS-OSGeo4W – 3.34.15-1 (QGIS Development Team, 2024)., de um conjunto de mapas temáticos de caracterização da área de estudo, contemplando:

- Mapa de localização e vias de acesso (Silva, 2023);
- Mapa de bacias hidrográficas (Nazar e Rodrigues, 2018);
- Mapa hipsométrico (Silva, 2023);
- Mapa de curvas de nível;
- Mapa de declividade (Silva, 2023);
- Mapa de unidades litológicas (Silva, 2023);
- Mapa de padrões de relevo (Nazar e Rodrigues, 2018);
- Mapa de geocoberturas (Nazar e Rodrigues, 2019).

Os dados referentes aos padrões de relevo, geocoberturas e bacias hidrográficas foram obtidos em pesquisas do Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos (LAGES), provenientes de trabalhos acadêmicos produzidos no PPGEO/UFU. Os mapas hipsométrico, de declividade e de curvas de nível foram elaborados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto TOPODATA, derivado do SRTM, cuja resolução é adequada para análises geomorfológicas em escala regional. As informações sobre localização e vias de acesso foram extraídas do IBGE, enquanto os dados sobre unidades litológicas foram retirados do Mapa Geológico de Minas Gerais (CODEMIG).

No que tange às imagens orbitais, foram empregadas imagens de alta resolução espacial do Google Satélite e imagens multiespectrais do CBERS-4A (INPE,2024) com resolução espacial de 8 metros.

Por fim, foram realizados trabalhos de campo, durante todo processo de mapeamento indispensáveis para:

- registrar evidências diretas dos processos morfogenéticos;
- coletar informações complementares de caráter qualitativo, fotográfico e cartográfico.

Posteriormente, passou-se à elaboração do mapa morfogenético na escala 1:20.000, o qual foi organizada segundo uma classificação hierárquica, baseada processualmente nos três níveis de investigação do relevo propostos por Ab'Saber (1969), em articulação escalar com o modelo taxonômico de Ross (1992). Assim, definiu-se uma classificação em quatro níveis, capaz de sistematizar a diversidade dos elementos da paisagem conforme distintos graus de detalhamento:

- 1º nível – Sistemas Genéticos: contempla os grandes processos morfogenéticos responsáveis pela organização geral da paisagem;
- 2º nível – Modelados: apresenta as principais formas de relevo associadas a cada sistema genético;
- 3º nível – Materiais Superficiais: especifica e diferencia os materiais presentes na superfície do ChD, refinando sua distribuição espacial;
- 4º nível – Feições Pontuais e Lineares: Engloba as feições erosivas predominantes que atuam na dinâmica da paisagem; as feições antrópicas que registra as principais modificações produzidas pela intervenção humana; e as quedas d'água existentes no ChD, destacando sua importância morfoestrutural e funcional.

No 1º nível, referente aos Sistemas Genéticos, adotou-se a classificação baseada nos grupos de formas genéticas proposta por Bashenina et al. (1968). Desta maneira, foi realizado uma classificação preliminar, no QGIS, com base nas geocoberturas, utilizando as chaves de interpretação apresentadas no Quadro 06, a fim de estabelecer uma visão inicial dos sistemas existentes no Chapadão do Diamante (ChD). Para isso foi necessário, determinar a quais processos genéticos as geocoberturas presente no ChD estão relacionadas.

Quadro 6 - Classificação dos Sistemas Genéticos

Sistema	Chave de Interpretação
Biotubação	Presença de materiais de Bioturbação (campos de murunduns) ferruginosos ou com concreções ferruginosas e indiferenciados
Denudacional	Restante das classes de Geocoberturas
Estrutural	Presença de Afloramentos Rochosos
Fluvial	Presença de materiais orgânicos (turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas

Elaboração: A autora (2025)

Ao realizar essa primeira classificação identificaram-se sistemas estruturais (controlados pela litologia e pela estrutura geológica) e denudacionais (relacionados a processos de dissecação e erosão). Entretanto, verificou-se a ocorrência de áreas híbridas, nas quais coexistem condicionantes estruturais e denudacionais.

Com o intuito de contemplar essa complexidade, procedeu-se à elaboração de uma reclassificação (Quadro 07), fundamentada na análise da Carta Topográfica e das curvas de nível, visando compreender as variações altimétricas da paisagem. Esse procedimento resultou na inclusão da categoria mista (estrutural–denudacional). Essa reclassificação foi importante para refinar a delimitação das unidades e expressar melhor a complexidade da paisagem do Chapadão do Diamante.

Para o 1º nível do mapeamento, optou-se pelo uso da cor como elemento de diferenciação dos sistemas genéticos. Tal escolha fundamenta-se no fato de que a percepção cromática é mais facilmente captada pelo olho humano, possibilitando maior clareza e distinção entre unidades cartográficas. Além disso, conforme apontam Radoane, Cristea e Radoane (2011), o uso da cor constitui um recurso amplamente consolidado entre pesquisadores da geomorfologia, especialmente quando o objetivo é representar a gênese das formas do relevo.

Quadro 7 - Reclassificação dos Sistemas Genéticos

Sistema	Chave de Interpretação
Biortubação	Se Manteve igual a classificação inicial
Denudacional	Retiradas de alguns segmentos para serem classificados como sistema misto.
Estrutural	Acréscimo das Escarpas e de algumas cristas quartzíticas
Fluvial	Se Manteve igual a classificação inicial
Misto (Estrutural-Denudacional)	Alguns segmentos inicialmente definidos como denudacionais, mas que também há predominância de formas estruturais

Elaboração: A autora (2025)

Dessa forma, foram adotadas as cores propostas por Radoane, Cristea e Radoane (2011), organizadas segundo o critério genético das formas, abrangendo o agente formador, o processo atuante e a idade relativa das feições. Essa padronização cromática contribui para a comparabilidade entre diferentes estudos, assegurando coerência metodológica e favorecendo a comunicação científica dos resultados.

A lista completa das cores utilizadas encontra-se sistematizada no Quadro 8, na qual também são indicados os respectivos códigos RGB, permitindo a reprodução precisa das tonalidades selecionadas e garantindo a padronização da simbologia em ambientes digitais e impressos.

Quadro 8 - Cores utilizadas na Carta Morfogenética

Sistema Genético	Cor	Código RGB
Biortubação	Mostarda Caqui	173,129,3
Estrutural	Vermelho Claro	254,0,0
Denudacional	Marrom Claro	127,51,35
Fluvial	Verde	0,153,0
Misto (estrutural denudacional)	Laranja Claro	255,140,0

Fonte: Adaptado de Radoane, Cristea e Radoane (2011),

O 2º nível, correspondente aos Modelados, foi fundamentado no quarto nível taxonômico de Ross (1992), referente ao tipo de forma de relevo individualizada. A classificação foi conduzida de maneira predominantemente visual, com apoio do relevo sombreado, do Modelo Digital de Elevação (MDE) e dos padrões de relevo, conforme as chaves de interpretação apresentadas no Quadro 09.

De modo geral, realizou-se uma classificação essencialmente visual. Contudo, quando surgiam dúvidas quanto ao modelado a ser atribuído, adotou-se inicialmente a consulta aos Padrões de Forma de Relevo, com o objetivo de verificar se os segmentos apresentavam características aplainadas, suavemente onduladas ou onduladas. Caso a dúvida persistisse, recorria-se ao relevo sombreado para avaliar a rugosidade, e ao MDE para verificar as diferenças altimétricas.

Quadro 9 - Classificação dos Modelados

Sistema	Modelado	Chave de Interpretação
Biotubação	Campos de Murundus	Toda extensão do sistema de Bioturbação
Denudacional	Colinas de Topos Planos	Segmentos planos e lisos nos interflúvios associados a relevos aplainados
	Colinas Convexas	Restante dos segmentos denudacionais, associados a relevos suavemente ondulados
	Morrotes	Segmentos com relevos fortemente dissecados, com muita drenagem e aparentemente com afloramentos
Estrutural	Escarpa Estrutural de Falha	Face Sul do ChD até a Cachoeira de Lavrinha
	Escarpa Estrutural Dissecada	Face Norte da Cachoeira da Lavrinha até o final do ChD
	Cristas Quartzíticas	Presença de Cristas Alongadas associadas a afloramentos Quartzíticos
Fluvial	Planície Fluvial	Toda extensão do sistema fluvial
Misto (Estrutural-Denudacional)	Morros Alongados	Ao norte das cristas quartzíticas
	Morros	Ao sul das cristas quartzíticas

Elaboração: A autora (2025)

Nessa etapa, identificaram-se diferentes modelados presentes nos sistemas estruturais, denudacionais e mistos. Ressalta-se que, em função da escala de trabalho, algumas unidades apresentaram limitações de classificação. Nos sistemas fluviais, por exemplo, foi possível identificar apenas um modelado, devido à generalização cartográfica. O mesmo ocorreu nos sistemas de Bioturbação, nos quais as feições não apresentaram expressividade suficiente para justificar subdivisões mais refinadas.

Para o 2º nível do mapeamento, foram empregados subtons das cores previamente selecionadas para o 1º nível. Essa estratégia visa manter a coerência cromática entre os diferentes níveis hierárquicos, reforçando a relação entre sistemas genéticos e os respectivos modelados derivados. O uso de variações tonais garante que as unidades sejam diferenciadas de forma clara, ao mesmo tempo em que preserva a identidade visual do sistema genético ao qual estão associadas.

O 3º nível, correspondente aos Materiais Superficiais, consistiu no refinamento de algumas classes de geocoberturas propostas por Nazar e Rodrigues (2019). Optou-se por identificar e classificar individualmente os materiais presentes na superfície. Inicialmente, foram mapeados os afloramentos rochosos por meio de uma classificação semiautomática realizada no QGIS, utilizando o plugin Dzetsaka: Classification Tool. O processo é considerado semiautomático porque exige a coleta de amostras para o treinamento do algoritmo, o que garante maior confiabilidade aos resultados.

Para maximizar a distinção entre as classes e aprimorar a diferenciação da superfície, coletaram-se amostras para diferentes categorias, totalizando cinco amostras por classe. As classes definidas foram: (1) Afloramentos Rochosos; (2) Vegetação; e (3) Outros. A classificação foi executada na imagem orbital do CBERS-4A (INPE, 2024) considerando tanto a resposta espectral quanto a textura dos elementos na imagem.

Como a resolução original das imagens CBERS (8 metros) poderia restringir a identificação de feições menores, foi realizado um pré-processamento no software ENVI Classic 5.3 (RSI, 2018), aplicando-se a técnica de fusão HSV (Munsell). Esse procedimento integrou as informações multiespectrais (MS) com a alta resolução da banda pancromática (PAN), resultando em imagens com resolução espacial de aproximadamente 2 metros. Tal aprimoramento revelou-se crucial para aumentar a interpretabilidade visual na detecção e extração de materiais superficiais.

O resultado gerado pelo algoritmo foi uma imagem raster, posteriormente convertida para o formato vetorial. Em seguida, procedeu-se à individualização dos polígonos correspondentes aos afloramentos rochosos. Para a sua representação cartográfica, adotou-se a cor cinza associada ao estilo de preenchimento “Denso”, disponível na biblioteca de simbologia do QGIS, buscando garantir diferenciação visual clara e imediata em relação às demais unidades.

Na sequência, foram mapeadas as áreas com materiais lateríticos e latossolizados, utilizando o mesmo procedimento aplicado aos afloramentos, com pequenas adaptações. Nesse caso, coletaram-se amostras para quatro classes distintas: (1) Afloramentos Rochosos; (2) Materiais Latossolizados; (3) Materiais Orgânicos; e (4) Outros Materiais. Embora a classificação tenha incluído novamente os afloramentos, optou-se por utilizar os resultados obtidos na primeira etapa. No caso dos materiais orgânicos, o desempenho da classificação não foi satisfatório, motivo pelo qual esses resultados foram descartados. Assim, incorporaram-se ao mapa apenas os materiais latossolizados que apresentaram desempenho adequado.

Para a representação dos materiais latossolizados, utilizou-se a cor Rosa também associada ao estilo de preenchimento “Denso”.

O 4º nível corresponde ao mapeamento das feições pontuais e lineares que foi fundamentado no sexto nível taxonômico de Ross (1992), referente as formas de processos atuais, de natureza natural e/ou antrópica. Esse nível foi sistematizado em três grandes grupos: feições erosivas, feições de origem antrópica e quedas d’água.

As feições erosivas contemplam as formas relacionadas à morfodinâmica atual, sejam elas de origem natural ou intensificadas pela ação antrópica. A identificação e caracterização dessas feições são essenciais para compreender a dinâmica no Chapadão do Diamante (ChD).

O mapeamento foi conduzido inicialmente no Google Earth Pro, utilizando a visualização tridimensional e a análise multitemporal das imagens disponíveis, o que possibilitou identificar variações morfológicas, evolução de feições erosivas e alterações na cobertura do solo ao longo do tempo. Em seguida, todas as feições reconhecidas foram importadas e refinadas no QGIS, onde foram ajustadas às bases cartográficas oficiais e à escala de trabalho (1:20.000).

Foram considerados três tipos principais de feições erosivas, estruturadas de acordo com sua evolução e profundidade relativa:

- Estágio inicial – Cicatrizes: Representam as primeiras manifestações da erosão linear, surgindo como pequenas incisões que rompem a camada superficial do

solo. A identificação dessas feições é crucial, pois indicam áreas de instabilidade emergente e potenciais zonas de ampliação da erosão, representando os primeiros indícios de remoção superficial;

- Estágio intermediário – Ravinas: Correspondem a canais erosivos mais evoluídos, com maior profundidade e desenvolvimento lateral. As ravinas são indicativas de estágios intermediários da dissecação, funcionando como vetores de transporte de sedimentos e acelerando o rebaixamento das superfícies circundantes.
- Estágio avançado – Voçorocas; São as feições erosivas mais expressivas, apresentando grande profundidade, paredes íngremes e intensa atividade morfodinâmica. As voçorocas configuram importantes elementos de degradação ambiental, podendo alterar o fluxo de drenagens, comprometer estradas e causar perdas significativas de solo.

Dada a escala de mapeamento adotada e o tamanho relativo dessas feições, optou-se por representá-las apenas por símbolos pontuais, assegurando visibilidade adequada sem comprometer a legibilidade do mapa final.

Já as feições antrópicas contemplam os elementos introduzidos diretamente pela ação humana na paisagem. Tem como objetivo reconhecer e mapear intervenções que alteram a morfologia natural, influenciam padrões de circulação hídrica e estabelecem novas dinâmicas na organização espacial do Chapadão do Diamante.

Foram consideradas todas as estruturas, marcas e obras resultantes da atuação humana, independentemente de seu porte ou estado de conservação. O mapeamento foi realizado por meio de análise visual no Google Earth Pro, associado à vetorização e padronização final no QGIS, garantindo precisão espacial e coerência com os demais níveis da classificação morfogenética.

As categorias mapeadas de feições antrópicas incluem:

- Estradas e suas valas de drenagem: Representam um dos principais elementos modificadores da paisagem, influenciando diretamente o escoamento superficial e podendo atuar como indutores de processos erosivos. Suas valas laterais foram mapeadas devido à sua relevância para canalização de água, controle do fluxo hídrico e formação de sulcos e ravinas adjacentes.
- Muros de pedra: Estruturas representativas da ocupação humana histórica e contemporânea, utilizadas para demarcação de áreas ou contenção de animais.

Sua presença indica padrões tradicionais de manejo da paisagem e constitui relevante elemento cultural da região.

- Fazendas abandonadas: São indicadores de antigas formas de uso e ocupação, possibilitando compreender mudanças socioeconômicas ao longo do tempo. Além disso, áreas abandonadas podem apresentar condições favoráveis ao surgimento de processos erosivos e ao avanço da vegetação nativa.
- Linhas de transmissão: Constituem importantes infraestruturas energéticas cuja implantação promove modificações na cobertura vegetal, abertura de faixas de servidão e alteração na circulação superficial.
- Monumentos turísticos: Incluem feições como o Curral de Pedras e a Nascente Histórica do Rio São Francisco. Tais elementos possuem relevância cultural, histórica e turística, além de contribuírem para a identidade regional e para o entendimento da relação entre sociedade e ambiente.
- Estruturas de apoio e serviço do Parque Nacional da Serra da Canastra: Como portarias, centro de visitantes e instalações administrativas. Estas feições indicam áreas de uso institucional e de manejo ambiental, essenciais para a gestão territorial e para a visitação pública.

A representação dessas feições utilizou simbologia diferenciada para cada categoria, assegurando clareza visual e permitindo a imediata distinção entre elementos naturais e antrópicos. O mapeamento das estruturas humanas foi fundamental para compreender a interação entre processos naturais e ações antrópicas.

Por fim, foram mapeadas as quedas d'água existentes no Chapadão do Diamante (ChD). A adoção de um grupo exclusivo para essas feições se justifica pela importância geomorfológica e funcional que tais elementos exercem na paisagem, tanto como indicadores de rupturas de declive e controles litológicos, quanto como marcos hidrológicos relevantes para a compreensão da dinâmica superficial.

O mapeamento foi realizado inicialmente no Google Earth Pro, devido à elevada nitidez das imagens orbitais disponíveis na plataforma e à possibilidade de análise tridimensional, permitindo a identificação precisa dos pontos de ruptura de declive e das linhas de drenagem associadas. Posteriormente, as feições identificadas foram importadas, revisadas e vetorizadas no QGIS, garantindo padronização cartográfica e compatibilidade com as demais camadas do mapa morfogenético.

Embora existam diferentes tipologias de quedas d'água — como saltos, cachoeiras, corredeiras e cataratas — não foi adotada uma classificação morfológica diferenciada, uma vez que a escala de mapeamento (1:20.000) e a resolução das imagens utilizadas não permitiam a caracterização detalhada dos elementos estruturais (altura do salto, geometria da borda, largura da lâmina d'água, entre outros). Assim, todas as feições foram representadas e padronizadas como cachoeiras, assegurando coerência no produto cartográfico e evitando interpretações equivocadas.

4. Resultados e Discussão

A aplicação da metodologia proposta permitiu a obtenção de resultados significativos acerca da dinâmica morfogenética e da compartimentação do relevo na área de estudo. A partir da integração entre técnicas tradicionais de mapeamento geomorfológico, análises em ambiente de geoprocessamento e observações de campo, foi possível identificar e caracterizar diferentes unidades geomorfológicas, bem como compreender os principais processos atuantes em sua gênese e evolução.

Os resultados são apresentados de forma organizada em dois eixos: (i) caracterização geral da área e dos parâmetros físicos que condicionam a morfogênese; (ii) delimitação e descrição das unidades de relevo identificadas; e (iii) avaliação da integração entre geotecnologias e métodos tradicionais.

4.1.A área de estudo e seus componentes naturais

O Chapadão do Diamante (ChD) localiza-se no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra, em Minas Gerais, abrangendo a área delimitada pelas coordenadas 20°8'58" S – 46°41'17" W e 20°19'02" S – 46°23'31" W. Embora se situe predominantemente no município de São Roque de Minas, sua área de entorno ainda incorpora pequenas parcelas dos municípios de Delfinópolis e Vargem Bonita. Essa posição geográfica confere ao ChD relevância ambiental e geográfica, dada sua inserção em um importante sistema de planaltos e chapadas do centro-sul brasileiro.

De acordo com Nazar e Rodrigues (2018), o ChD está a aproximadamente 320 km de Belo Horizonte e 300 km de Uberlândia, constituindo um território acessível por meio das rodovias MG-341 e BR-146, complementadas por vias secundárias que interligam os principais atrativos naturais da região (Figura 2). Essa rede viária favorece tanto o fluxo turístico quanto o acesso às áreas de pesquisa, ainda que o relevo compartimentado imponha restrições sazonais de deslocamento.

Sob o ponto de vista climático, e conforme a classificação de Köppen, o ChD apresenta dois subtipos climáticos tropicais de altitude – Cwa e Cwb – derivados das condições morfoaltimétricas regionais (Nazar & Rodrigues, 2019). Tais subtipos se caracterizam por verões quentes e chuvosos e invernos secos, com temperatura média anual em torno de 22 °C. Os meses entre outubro e março apresentam as maiores médias térmicas (cerca de 24 °C), enquanto o trimestre junho–agosto registra valores mais baixos, próximos de 18 °C. Essa

oscilação térmica sazonal, associada às variações altimétricas, exerce influência direta nos padrões de distribuição da vegetação e nos processos geomorfológicos superficiais.

A precipitação anual varia entre 1.000 mm e 1.500 mm, concentrando-se majoritariamente no trimestre dezembro–fevereiro, quando o excedente hídrico intensifica o escoamento superficial e acentua os processos erosivos. O efeito orográfico da Serra da Canastra, por sua vez, atua como condicionante fundamental da dinâmica atmosférica local, modulando chuvas orográficas e contribuindo para o aumento da heterogeneidade microclimática no topo do chapadão.

Em termos de circulação atmosférica, Palhares (2004) destaca a atuação de três massas de ar como determinantes para a variabilidade climática regional: a Massa Equatorial Continental (MEC), quente e úmida, responsável pelas chuvas convectivas de verão; a Massa Tropical Atlântica (MTA), também quente e úmida, cuja influência se associa às precipitações orográficas; e a Massa Polar Atlântica (MPA), fria e úmida, cujo avanço sobre o continente desencadeia frentes frias, redução térmica e precipitações frontais. A alternância dessas massas de ar confere ao ChD um regime climático dinâmico, capaz de incidir de modo significativo sobre a morfodinâmica local.

A vegetação do ChD reflete sua condição de área de transição entre o Domínio dos Mares de Morros e o Domínio Morfoclimático do Cerrado, embora apresente maior afinidade florística e fisionômica com este último. Segundo Ab’Sáber (1977), citado por Santos (2021), o Cerrado caracteriza-se por chapadões extensos recobertos por formações savânicas e por matas de galeria ao longo dos cursos d’água. No ChD, observam-se gradientes vegetacionais que incluem campos limpos, campos sujos, campos rupestres, cerrado stricto sensu e matas de galeria, distribuídos conforme as condições edáficas, altimétricas e microclimáticas.

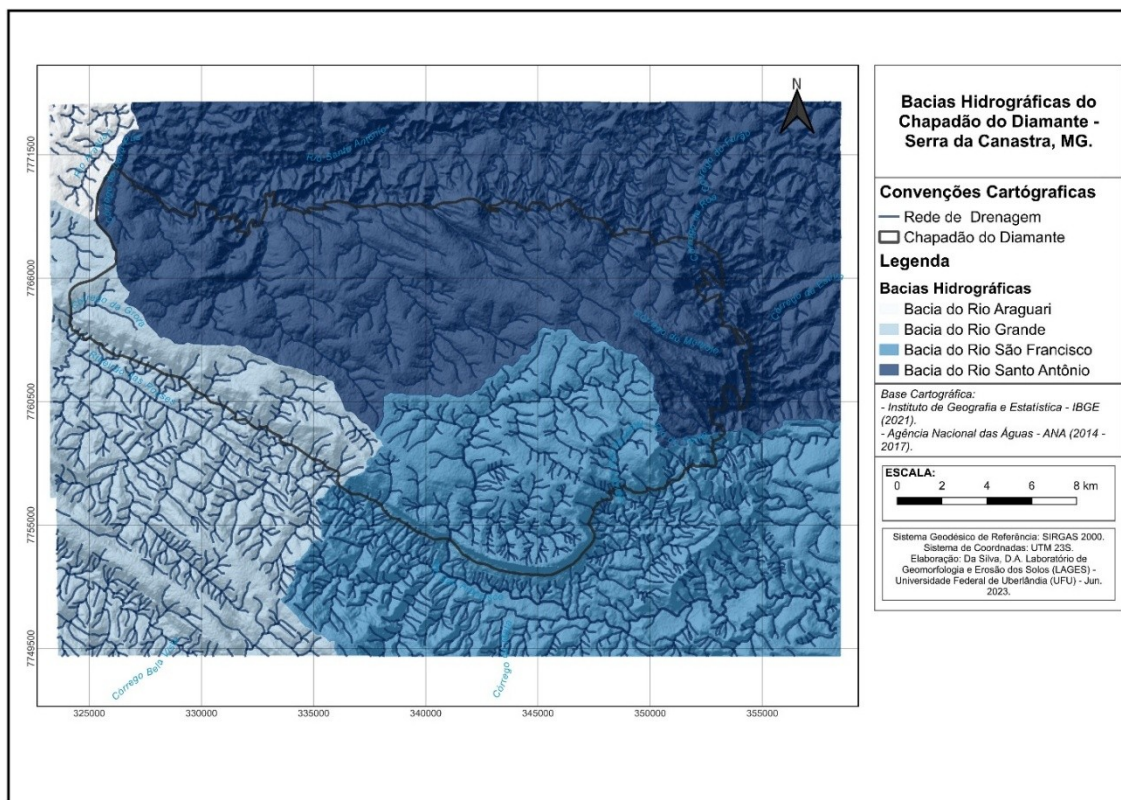
Conforme discute Santos (2021), a predominância de vegetação herbácea e subarborescente está associada à reduzida espessura dos materiais superficiais, bem como às temperaturas mais amenas resultantes da altitude. Os campos rupestres configuram uma fisionomia marcante do ChD, frequentemente associados a afloramentos quartzíticos de grande extensão. As áreas com maior desenvolvimento pedológico, por sua vez, sustentam formações de cerrado stricto sensu, enquanto os fundos de vale – sujeitos a maior umidade edáfica e menor variabilidade térmica – abrigam matas de galeria.

Do ponto de vista hidrológico, o ChD constitui uma das mais importantes cabeceiras de drenagem do Brasil, desempenhando papel estratégico na manutenção dos regimes fluviais regionais. A área abriga nascentes e trechos iniciais de cursos d’água pertencentes às bacias dos

rios São Francisco e Paraná (Figura 12). Na primeira, destaca-se a nascente histórica do Rio São Francisco (Figura 13) e a sub-bacia do Rio Santo Antônio; na segunda, as sub-bacias dos rios Araguari e Grande. Tal configuração reforça o caráter divisor de águas do ChD.

Segundo MMA/IBAMA (2005) apud Nazar e Rodrigues (2018), essa região se insere em uma zona de recarga hídrica de relevância nacional, diretamente condicionada pela altitude e pelas propriedades litológicas que controlam a infiltração e o armazenamento de água no sistema aquífero local. Por consequência, o ChD apresenta uma dinâmica hidrogeomorfológica complexa, na qual os processos de dissecação e denudação predominam sobre grande parte de sua superfície.

Figura 12 - Mapa das bacias hidrográficas do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG



Fonte: Silva (2023).

Figura 13 - Nascente Histórica do Rio São Francisco



Fonte: A autora (2024)

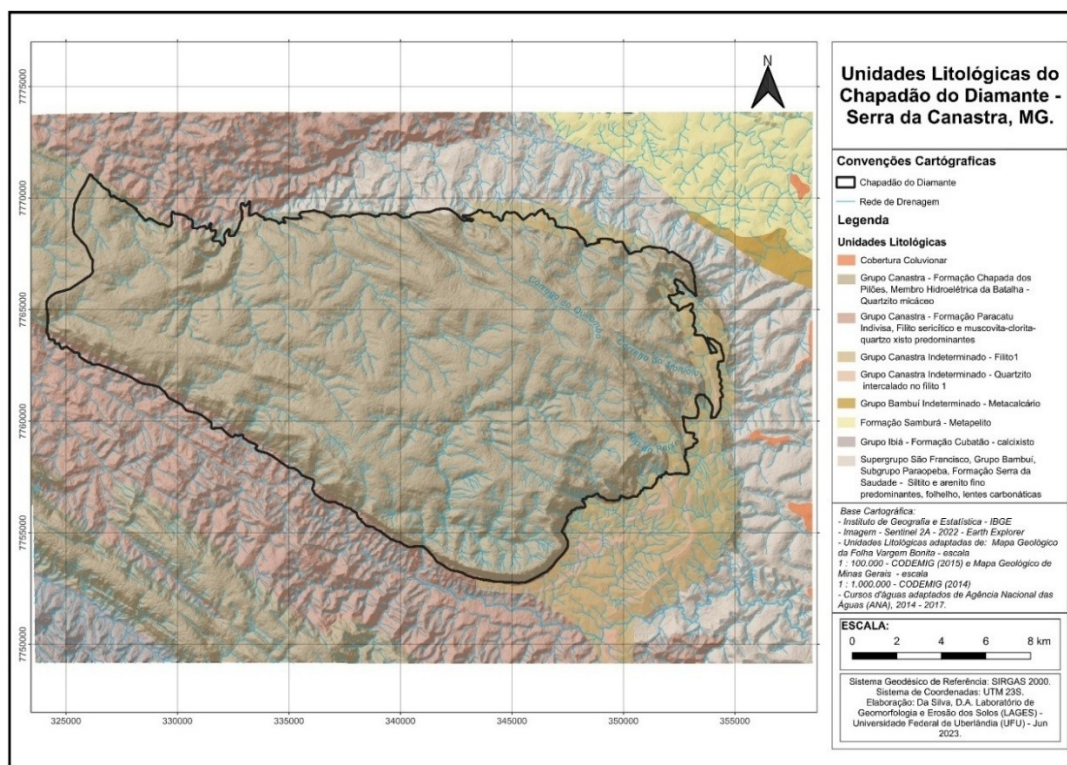
4.1.1. Contexto Geológico Regional

Nazar e Rodrigues (2018), citando Valeriano et al. (2004), apontam que a estruturação da área analisada decorre da evolução do arcabouço geológico da Faixa Brasília Meridional (FBM), segmento de orientação NW pertencente ao Sistema Orogênico Neoproterozóico da Província Tocantins. A FBM resulta da interação entre os Crátons do São Francisco e do Paranapanema (recoberto pela Bacia do Paraná), configurando um cinturão orogênico complexo em que intensos processos de deformação, metamorfismo e empilhamento tectônico controlaram a arquitetura regional. Nesse contexto, a Serra da Canastra representa um expressivo segmento serrano associado ao empilhamento de nappes, falhas de empurrão e dobramentos de grande amplitude.

As litologias dominantes correspondem ao Grupo Canastra, inserido na lasca tectônica inferior da Sinforma de Araxá, uma dobra regional de eixo suavemente caído para WNW e flancos orientados em direção WNW com mergulhos para NNE e SSW. Essa sinforma constitui-se de três lascas tectônicas delimitadas por falhas de empurrão, relacionadas aos grupos Araxá, Ibiá e Canastra (Valeriano et al., 2004; Uhlein et al., 2012 apud Nazar e Rodrigues, 2018). Tal arranjo estrutural expressa a atuação de sucessivas fases orogênicas neoproterozóicas, cujos efeitos ainda se refletem na compartimentação geomorfológica atual.

Logo abaixo, é possível ver o mapa geológico (Figura 14), referente à área do Chapadão do Diamante e seu entorno, que apresenta as unidades litológicas dessa área.

Figura 14 - Mapa das Unidades Litológicas do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG



Fonte: Silva (2023).

De acordo com Nazar e Rodrigues (2018) e Simões et al. (2015), o Chapadão do Diamante integra o conjunto de rochas do Grupo Canastra, subdividido em Unidades Formais e Canastra Indeterminado. Este último reúne duas unidades litoestratigráficas principais: (i) filitos bandados intercalados com quartzitos (metarenitos), distribuídos em menor área; e (ii) quartzitos puros a micáceos com raras intercalações de muscovita filito, que ocupam as maiores extensões. Embora essas subdivisões representem diferenças importantes para a compreensão da evolução superficial, não são cartograficamente reconhecíveis em virtude da escala do mapa disponível.

Do ponto de vista morfogenético, a predominância de litologias quartzíticas condiciona a atuação de processos estruturais que favorecem o desenvolvimento de cristas quartzíticas, escarpas e relevo fortemente compartimentados. A resistência diferencial desses litotipos contribui para a manutenção de superfícies elevadas e para o controle estrutural dos divisores e alinhamentos topográficos característicos do Chapadão do Diamante.

4.1.2. *Relevo*

Considerando a taxonomia do relevo de Ross (1992), o ChD insere-se no Domínio Morfoestrutural da Faixa Brasília e na Unidade Morfoestrutural da Faixa Canastra, pertencente ao 1º táxon, composta pelas morfoesculturas da Superfície da Cimeira e do Dissecado, sendo a primeira a mais representativa na área (Souza e Rodrigues, 2014).

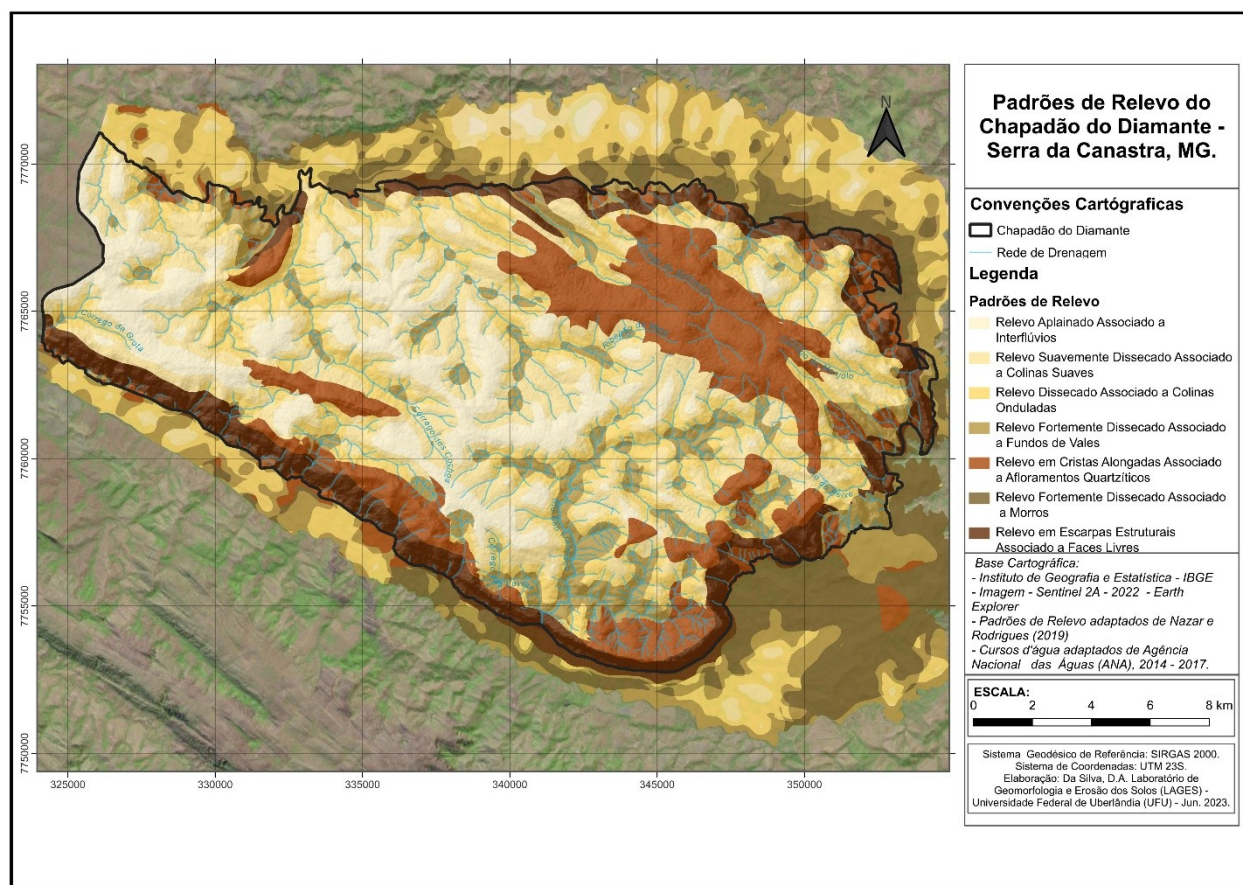
A Superfície da Cimeira, situada nos topos das Serras da Canastra e da Babilônia, caracteriza-se por relevos planos a ondulados, com frequente exposição de afloramentos rochosos, sobretudo nas porções suavemente onduladas. Suas altitudes variam entre 1230 e 1496 m, e as declividades concentram-se entre 0° e 15° (Souza e Rodrigues, 2014). Essa superfície corresponde a um patamar geomorfológico de relativa estabilidade morfogenética, em que predominam processos denudacionais lentos e bioturbação, resultando em vertentes amplas e suavizadas.

O Dissecado constitui um segundo nível altimétrico da Faixa Canastra, com altitudes entre 870 e 1200 m e declividades entre 0° e 25° (Souza e Rodrigues, 2014). Nessa unidade, as colinas onduladas e moderadamente inclinadas representam um estágio mais avançado de dissecação do relevo, marcando a transição entre as superfícies elevadas e os vales encaixados. A separação entre o Dissecado e a Superfície da Cimeira ocorre por meio de escarpas estruturais, indicando forte controle litológico sobre a compartimentação topográfica.

Por outro lado, Nazar e Rodrigues (2018), delimitaram os padrões de relevo ou unidades morfológicas que se encontram no ChD e que são correspondentes ao 3º táxon da classificação do Ross (1992). Para isso, os autores referidos levaram em consideração a densidade de drenagem, o Índice de Concentração da Rugosidade e a densidade topográfica.

No âmbito do 3º táxon, Nazar e Rodrigues (2018) identificaram padrões de relevo no ChD (Figura 15) com base em métricas topográficas e estruturais, como densidade de drenagem, Índice de Concentração da Rugosidade e densidade topográfica. O padrão mais frequente é o Relevo Suavemente Dissecado associado a Colinas Suaves, que ocupa 24,6% do ChD. Esse padrão distribui-se nas áreas adjacentes aos topos aplainados, sobretudo no setor central e noroeste, e reflete a atuação de processos denudacionais difusos, com baixa dissecação fluvial e predomínio de vertentes convexo-retilíneas. Trata-se de uma zona de transição morfogenética entre as superfícies elevadas e os fundos de vale, marcada por gradiente topográfico crescente.

Figura 15 - Mapa dos Padrões de Relevo do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG



Fonte: Silva (2023).

O Relevo Dissecado associado a Colinas Onduladas corresponde a 20,4% da área e caracteriza-se por interflúvios mais estreitos, declividades superiores e densidade de drenagem intermediária (Nazar e Rodrigues, 2018). Esse padrão indica maior intensidade dos processos fluviais e erosivos ao longo das vertentes, com redistribuição de materiais inconsolidados e acumulação de matéria orgânica nas margens fluviais. A ocorrência desse relevo nas adjacências das colinas suaves e dos morros quartzíticos aponta para uma dinâmica morfogenética que combina dissecação progressiva e controle litológico.

O Relevo em Cristas Alongadas associado a afloramentos quartzíticos, que abrange 19,8% da área, destaca-se pelas maiores cotas altimétricas e pelo forte condicionamento estrutural, evidenciado pela presença de lineamentos e grandes blocos aflorantes. As vertentes apresentam curvatura variável — côncava, convexa e retilínea — e declividade crescente dos topos para os flancos (Nazar e Rodrigues, 2018). A baixa densidade de drenagem reflete a

resistência dos quartzitos à erosão e a atuação predominante de processos morfoestruturais, como fraturamento, basculamento de blocos e manutenção de escarpas.

As superfícies Aplainadas associadas a Interflúvios, que ocupam 12,6% do ChD, concentram-se no setor central com orientação SE–NW, indicando um rebaixamento sistemático do relevo nesse sentido (Nazar e Rodrigues, 2018). Esses topos planos evidenciam domínio de processos denudacionais uniformes, aliados a períodos de estabilidade geomorfológica.

Os relevos Fortemente Dissecados associados a Fundos de Vales, que abrangem 11,4% da área, apresentam-se principalmente no vale do rio São Francisco, a montante da cachoeira Casca d’Anta (Nazar e Rodrigues, 2018). São marcados por altos gradientes de declividade, vales profundamente encaixados, alta densidade de drenagem e presença de materiais inconsolidados rasos, refletindo atuação intensa de processos fluviais, erosão linear e transporte de cargas grosseiras.

As Escarpas Estruturais associadas a Faces Livres, também com 11,4% da área, delimitam o ChD em relação ao entorno e exibem declividades superiores a 45°, atingindo até 58°, configurando rupturas abruptas de relevo (Nazar e Rodrigues, 2018). Essas formas estão diretamente relacionadas ao controle estrutural e à resistência litológica, originando paredões rochosos e um conjunto expressivo de quedas d’água ao longo das bordas do planalto. Depósitos de talude, compostos por blocos de variados tamanhos, ocorrem ao sopé dessas vertentes, com destaque para o acúmulo na base da cachoeira Casca d’Anta, resultante da ação gravitacional e de processos de instabilidade de encostas.

Em síntese, os relevos aplainados e suavemente dissecados refletem predominância de processos denudacionais e bioturbação; os relevos escarpados e associados a cristas evidenciam forte controle estrutural e litológico; e os relevos dissecados e fortemente dissecados expressam a atuação dominante da morfogênese fluvial, revelando um sistema geomorfológico em equilíbrio dinâmico entre erosão linear, dissecação progressiva e preservação de superfícies estruturais.

4.1.3. Geocoberturas

De acordo com Nazar e Rodrigues (2019), é possível identificar 11 (onze) classes de materiais superficiais, cuja diversidade é caracterizada a partir de parâmetros relativos ao tipo granulométrico, aos processos de intemperismo e à mineralogia fundamental, conforme a disponibilidade dessas informações. Em situações nas quais não foi possível acessar tais

parâmetros de forma satisfatória, algumas classes foram definidas como indiferenciadas. Nesse sentido, a espacialização das geocoberturas pode ser compreendida como a resposta direta do substrato litológico aos padrões de relevo e às condições climáticas atuantes na região.

A Figura 16 apresenta a síntese das classes de geocoberturas e suas respectivas áreas dentro do limite previamente estabelecido. Observa-se que mais da metade da área do Chapadão do Diamante (ChD) é constituída por materiais arenosos, cascalhentos e por afloramentos rochosos, evidenciando o papel determinante da litologia predominante, representada pelos quartzitos. Ademais, aproximadamente 20% da área corresponde à ocorrência de materiais ferruginosos, com presença expressiva de concreções lateríticas.

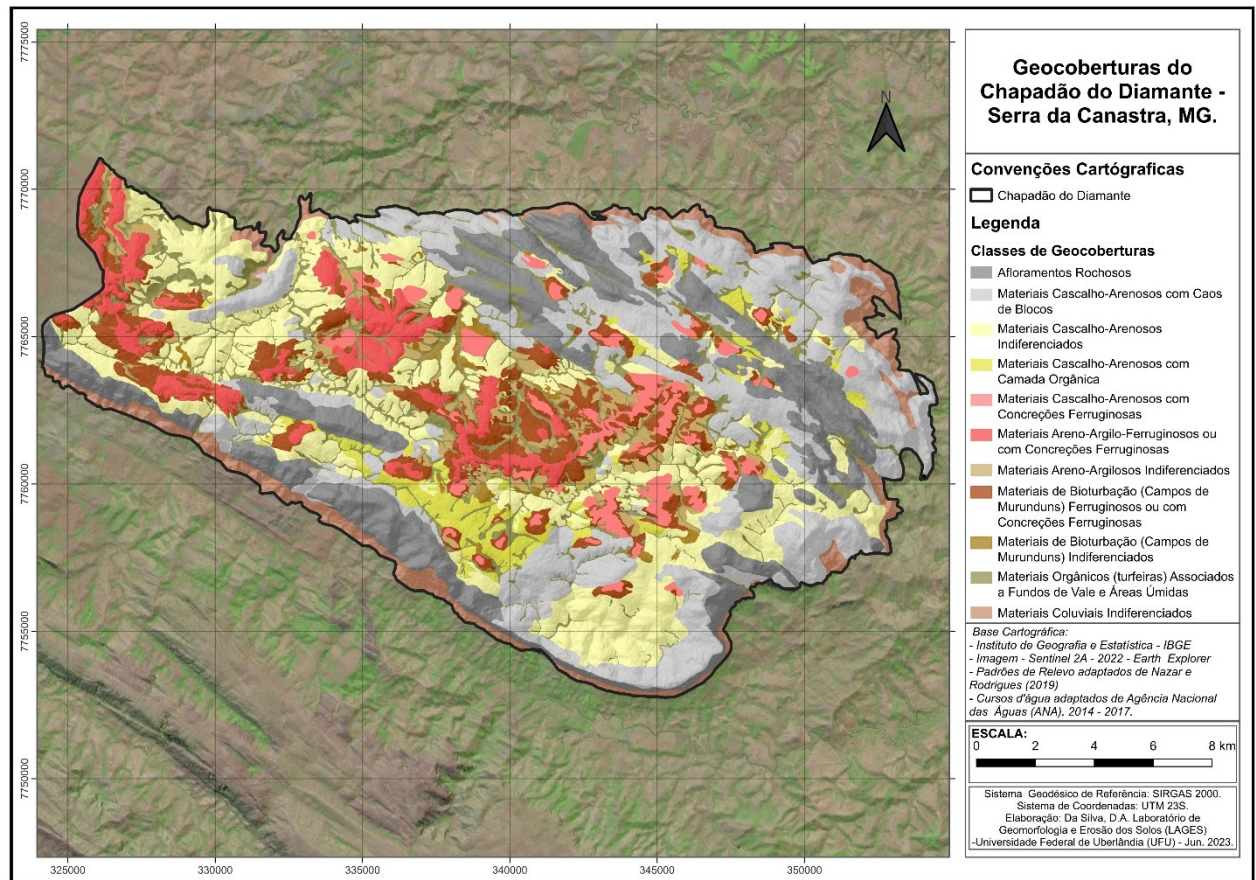
Figura 16 - Quadro das classes de materiais superficiais ou geocoberturas e aspectos predominantes no Chapadão do Diamante – Serra da Canastra, MG.

Classes	Área (%)	Padrões de relevo associados, de acordo com a classificação de Nazar e Rodrigues (2019)	Aspectos gamaespectrométricos associados
<i>Materiais cascalho-arenosos com caos de blocos</i>	23,07	Predominam nas áreas com relevo dissecado em colinas onduladas e também no conjunto de cristas quartzíticas.	Baixas concentrações ou nenhuma dos três radioelementos Th, K e U.
<i>Materiais cascalho-arenosos indiferenciados</i>	20,09	Ocupam boa parte da área, cobrindo relevos dissecados que formam colinas onduladas a fortemente onduladas.	Baixas concentrações de Th e variações de baixas a médias concentrações de K.
<i>Afloramentos rochosos</i>	16,24	Ocorrem, sobremaneira, no padrão de Cristas alongadas quartzíticas.	Baixas concentrações ou nenhuma dos três radioelementos Th, K e U.
<i>Materiais orgânicos(turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas</i>	8,97	Predominam nos relevos fortemente dissecados, associados aos fundos de vale.	Médias a baixas concentrações de Th e altas, médias e baixas de K, em todo o Chapadão.
<i>Materiais de bioturbação (campos de murunduns) ferruginosos ou com concreções ferruginosas</i>	8,87	Cobrem, principalmente, as áreas de relevo dissecado suave ondulado, adjacentes aos topos planos do setor central. Podem ocorrer também nos próprios topos planos e nos setores de fundos de vale, antecedendo às turfeiras.	Médias concentrações de Th e altas de K.
<i>Materiais coluviais indiferenciados</i>	5,90	Ocorrem no sopé das escarpas.	Baixas concentrações de Th e médias a baixas de K.
<i>Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas</i>	5,52	Ocupam os topos planos, especialmente aqueles dos setores central e oeste da área.	Muito altas a altas concentrações de Th e baixas de K.
<i>Materiais cascalho-arenosos com concreções ferruginosas</i>	3,75	Estão presentes nos topos planos mais a leste, adjacentes às cristas alongadas deste setor.	Média a alta concentração de Th, e média de K.
<i>Materiais cascalho-arenosos com camada orgânica</i>	3,40	Ocorrem em topos planos e relevo dissecado em forma de colinas suaves, na porção sul-sudoeste da área.	Baixas concentrações de Th e K.
<i>Materiais areno-argilosos indiferenciados</i>	3,28	Prevalecem nas áreas de relevo dissecado em colinas suave a onduladas, sobretudo, nas meias vertentes dos setores central e oeste.	Altas a médias concentrações de K e medianas de Th.
<i>Materiais de bioturbação (campos de murunduns) indiferenciados</i>	0,91	Ocorrem em áreas, geralmente não associadas às adjacências de topos planos ferruginosos, porém, ocupam áreas que antecedem às turfeiras nas baixas vertentes.	Médias a baixas concentrações de Th e médias de K.

Fonte: Nazar e Rodrigues (2019).

Desse modo, a seguir, será mostrado a Figura 17, relativo ao Mapa de Geocoberturas do ChD, a partir do qual será viável verificar a espacialização das diferentes classes, bem como as tendências consideradas.

Figura 17 - Mapa de Geocoberturas do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG



Fonte: Silva (2023).

Com base em estudos anteriores, como os de Nazar e Rodrigues (2019) e Santos (2021), é possível estabelecer relações consistentes entre os padrões de relevo, a distribuição das geocoberturas (materiais superficiais) e os processos morfogenéticos atuantes no Chapadão do Diamante.

Segundo Nazar e Rodrigues (2019), as geocoberturas cascalho-arenosas, com ou sem ocorrência de caos de blocos e, em geral, de espessuras reduzidas, assim como os afloramentos rochosos, estão diretamente associadas a eixos estruturais marcados por cristas alongadas, sustentadas predominantemente por quartzitos mais resistentes. Essa associação evidencia o forte controle estrutural e litológico na configuração do relevo, favorecendo a exposição do substrato e a formação de coberturas superficiais pouco espessas, resultantes de processos de desagregação física e retrabalhamento gravitacional.

Em contraste, as geocoberturas cascalho-areno-ferruginosas e aquelas ricas em ferro ou de caráter concrecionário ocorrem preferencialmente em compartimentos de relevo mais suavizado, associados a superfícies relativamente estáveis e a setores submetidos a uma atuação

mais prolongada dos processos intempéricos (Nazar e Rodrigues, 2019). Essas unidades concentram-se, sobretudo, em um eixo estrutural central, indicando uma diferenciação litológica que condiciona a evolução morfogenética e a maior preservação de materiais superficiais.

Outro aspecto relevante refere-se à ocorrência de campos de murunduns e de termiteiros ativos, os quais se distribuem em áreas caracterizadas por maior permanência de umidade nas camadas de geocoberturas. Essas feições tendem a se concentrar nas adjacências de topos aplainados que, ao serem sustentados por níveis ferruginosos mais resistentes — também presentes ao longo das vertentes —, favorecem a formação de camadas menos permeáveis (Nazar e Rodrigues, 2019). Tal configuração contribui para a retenção temporária de água subsuperficial, influenciando a dinâmica superficial e a gênese dessas micromorfologias.

Conforme destacado por Santos (2021), os materiais superficiais arenosos, compostos majoritariamente por quartzo, apresentam baixa capacidade de retenção hídrica, elevada permeabilidade e altas taxas de infiltração. Essas características os tornam altamente suscetíveis à erosão, especialmente sob condições de drenagem excessiva, favorecendo processos de remoção, redistribuição e retrabalhamento dos materiais ao longo das vertentes e dos fundos de vale.

Adicionalmente, são frequentes na área de estudo materiais com presença de concreções ferruginosas (Figura 18), os quais indicam a atuação de processos de cimentação por óxidos de ferro sobre frações mais grosseiras. Esses materiais apresentam elevada resistência ao intemperismo e aos processos erosivos mecânicos, formando desde cascalhos ferruginosos até extensas carapaças, que exercem papel fundamental no controle da dissecação do relevo e na compartimentação das superfícies geomorfológicas (Santos, 2021).

Figura 18: Materiais Superficiais com a presença de Concreções Ferruginosas no ChD



Fonte: A autora (2024)

A ocorrência de materiais superficiais com acúmulo de matéria orgânica no Chapadão do Diamante está associada à formação de ambientes mais úmidos, especialmente nos fundos de vale, onde a dinâmica geomorfológica favorece a concentração de materiais finos e orgânicos, misturados a areias e fragmentos quartzíticos (Santos, 2021). Essa evolução morfodinâmica permitiu, em períodos mais recentes, conforme indicado por Santos e Confessor (2020) e Santos (2021), o desenvolvimento de micromorfologias resultantes da bioturbação, que atuam como agentes secundários de modificação da superfície (Figura 19).

De modo geral, a análise integrada dos estudos de Nazar e Rodrigues (2019) e Santos (2021) permite compreender que a configuração atual das geocoberturas no Chapadão do Diamante é resultado direto do controle estrutural imposto pelas litologias resistentes e da atuação diferencial dos processos morfogenéticos ao longo do tempo. As variações na resistência dos materiais, associadas à posição topográfica e à dinâmica superficial, condicionam tanto a exposição do substrato quanto a preservação e o retrabalhamento das coberturas, refletindo-se nos distintos padrões de dissecação e estabilidade relativa do relevo observados na área de estudo.

Figura 19: Formas elaboradas por Bioturbação.



Fonte: A autora (2024)

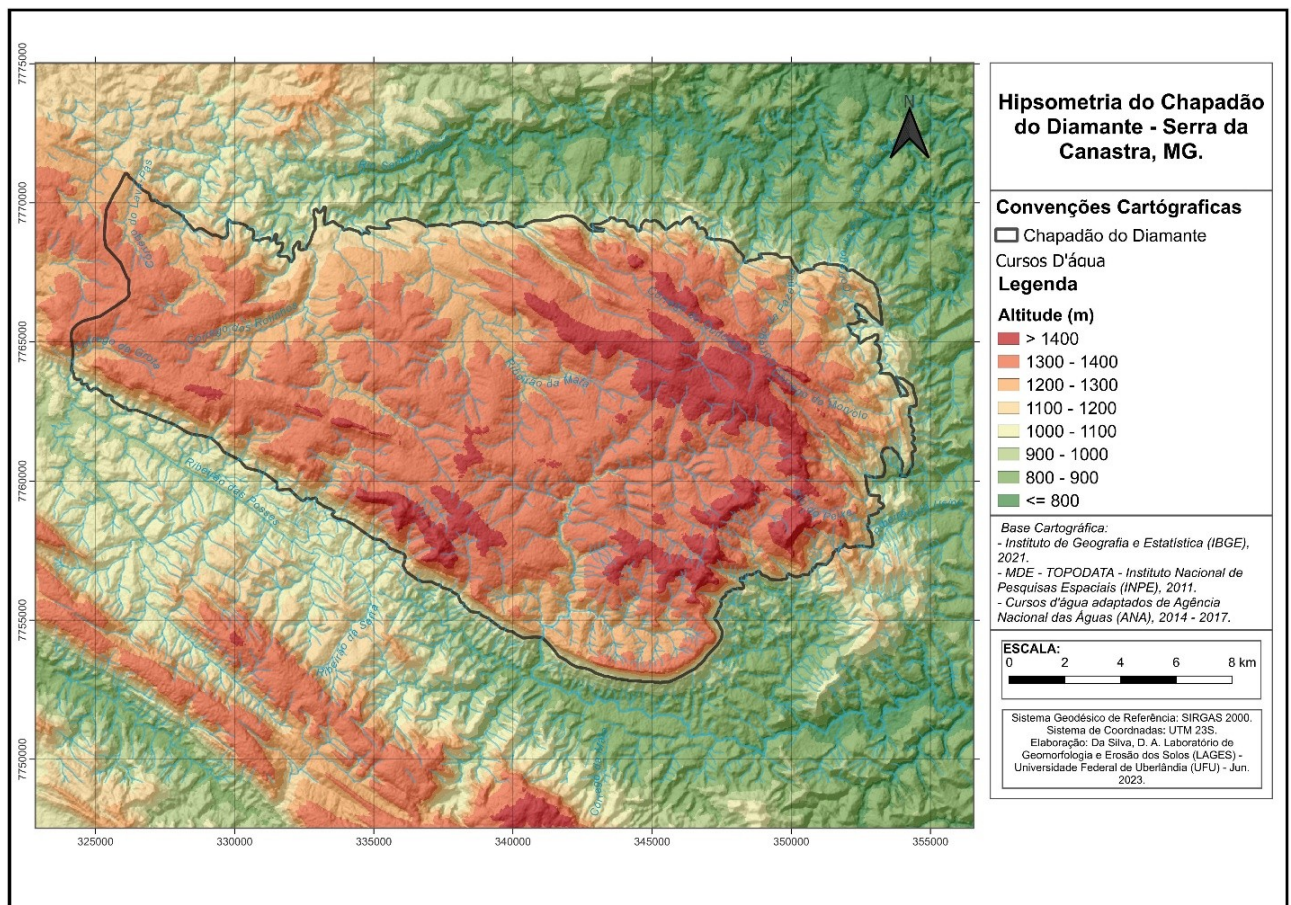
4.1.3. Hipsometria

Nazar e Rodrigues (2018), ao analisarem o Chapadão do Diamante, delimitaram a área de estudo com base na identificação de uma ruptura de declive bem-marcada no relevo, estabelecendo o intervalo altimétrico acima de 1.080 m como representativo do Chapadão do Diamante (ChD), enquanto as altitudes inferiores a esse valor correspondem às áreas adjacentes (Figura 19). Essa delimitação fundamenta-se no fato de que a cota de 1.080 m marca o nível altimétrico a partir do qual se desenvolvem as escarpas que circundam o chapadão, configurando um compartimento topográfico elevado e relativamente individualizado no contexto regional. Em suma, as classes hipsométricas podem ser visualizadas na Figura 20.

A distribuição das classes hipsométricas, apresentada na Figura 20, evidencia uma variação altimétrica significativa no interior do ChD, com cotas que oscilam entre 1.080 m e 1.496 m, resultando em uma amplitude altimétrica total de 416 m. Essa variação não se distribui de maneira homogênea, refletindo a compartimentação interna do relevo e a atuação diferenciada dos processos morfogenéticos. Destaca-se que as escarpas que delimitam o chapadão podem apresentar desníveis de até 350 m em distâncias horizontais inferiores a 1 km (Figura 21), caracterizando setores de elevada energia do relevo e forte controle estrutural.

As altitudes superiores a 1.400 m correspondem, predominantemente, a cristas quartzíticas associadas a estruturas resistentes, cuja preservação altimétrica está diretamente relacionada ao controle litológico e tectônico. Esses compartimentos elevados indicam uma maior resistência aos processos de dissecação, funcionando como remanescentes estruturais no contexto da evolução geomorfológica regional. Adicionalmente, ocorrem morros isolados ou alinhados, vinculados a processos mistos estruturais e denudacionais(E/D), que reforçam a heterogeneidade morfológica do topo do chapadão.

Figura 20 - Mapa Hipsometrico do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG

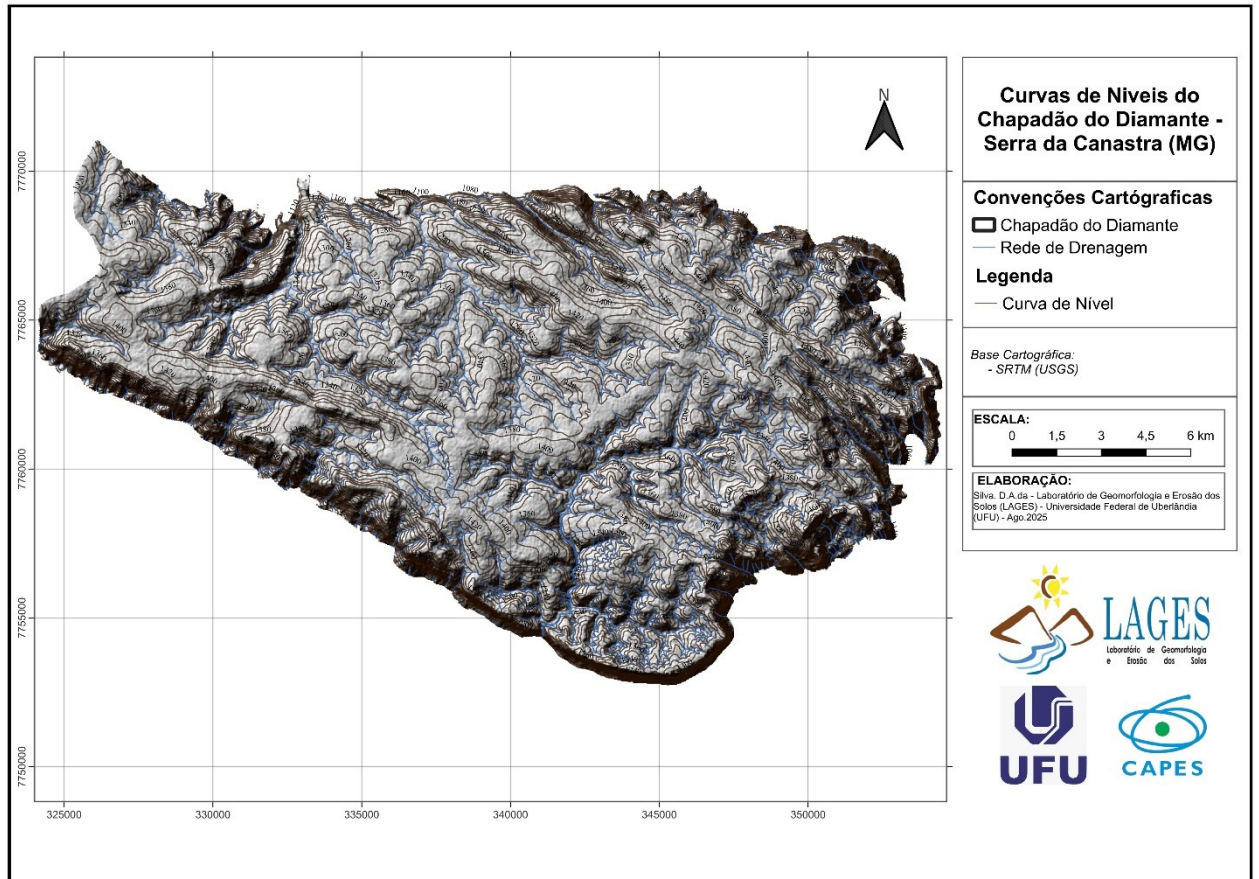


Fonte: Silva (2023).

Por sua vez, as faixas altimétricas intermediárias e inferiores, embora componham a maior parte da área do ChD, não apresentam uma correspondência direta e inequívoca com processos morfogenéticos específicos quando analisadas isoladamente. Nessas altitudes, a morfologia resulta da interação entre dissecação progressiva, retrabalhamento superficial e condicionantes estruturais menos expressivos, o que dificulta associações diretas entre cota altimétrica e gênese das formas. Dessa forma, a análise hipsométrica, quando integrada aos dados de declividade, geocoberturas e compartimentação geomorfológica, contribui para a

compreensão da organização espacial do relevo e da dinâmica morfogenética do Chapadão do Diamante.

Figura 21 - Mapa de Curvas de Níveis do Chapadão do Diamante, MG.

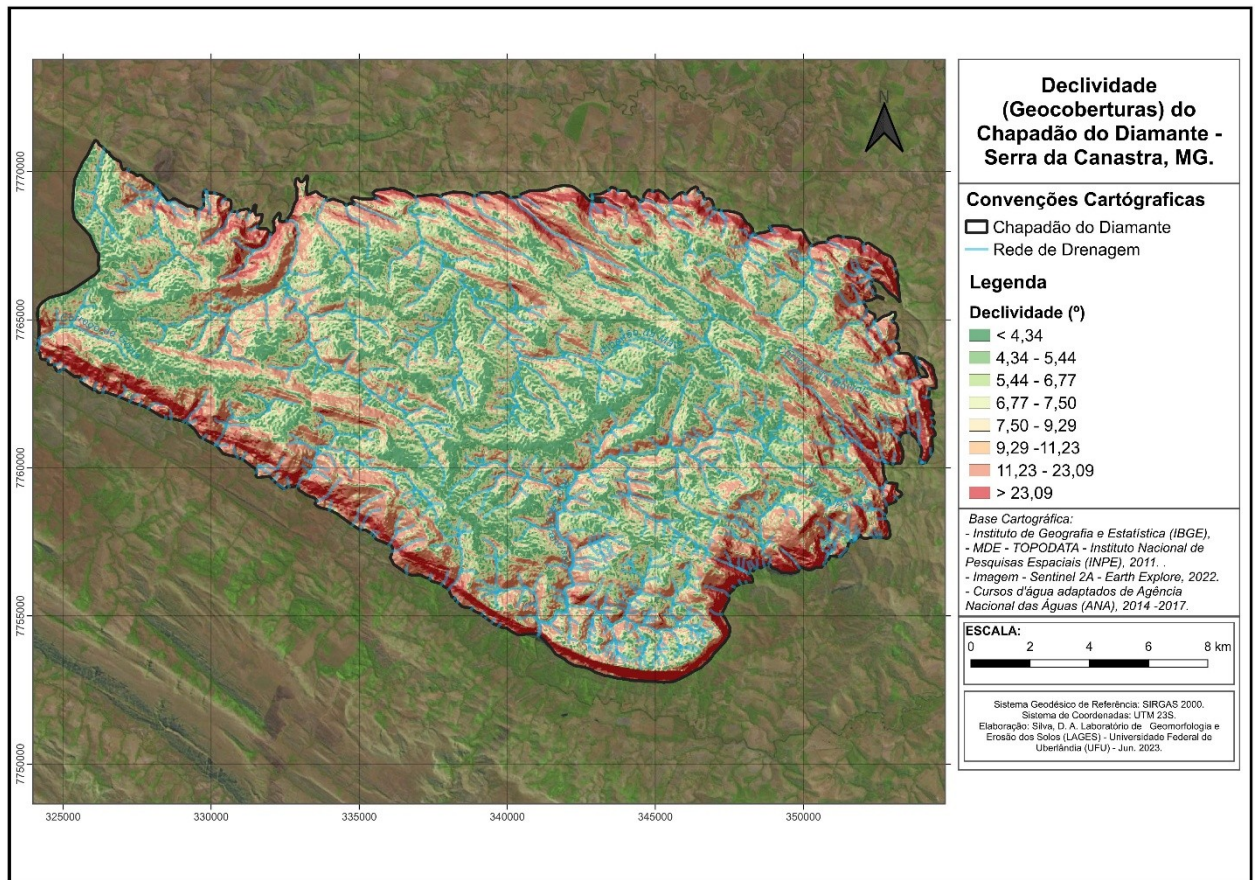


Fonte: Silva (2025)

4.1.4. Declividade

Silva (2023), em sua análise da declividade no Chapadão do Diamante (ChD), estabeleceu as classes de declividade a partir das médias associadas a cada classe de geocobertura, utilizando a ferramenta de Estatística Zonal. Essa abordagem permitiu relacionar diretamente os padrões de inclinação do relevo com a distribuição espacial dos materiais superficiais, resultando na definição de oito classes de declividade para a área de estudo, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Mapa de declividade do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra, MG



Fonte: Silva (2023).

A distribuição das classes de declividade em relação às geocoberturas revela padrões distintos. Os materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas ocorrem, majoritariamente, em áreas de baixas declividades, indicando setores de maior estabilidade morfológica e menor intensidade de dissecação. Por outro lado, os materiais coluviais indiferenciados concentram-se predominantemente em áreas de maiores declividades, refletindo ambientes de vertente mais íngremes, nos quais os processos gravitacionais e o retrabalhamento superficial desempenham papel relevante na dinâmica do relevo.

Entretanto, nem todas as geocoberturas apresentam uma relação direta com as classes de declividade. Os materiais areno-argilosos indiferenciados e os materiais cascalho-arenosos com ocorrência de caos de blocos distribuem-se por diferentes classes de declividade, indicando uma maior heterogeneidade morfológica e a influência combinada de fatores estruturais, litológicos e dinâmicos. Essa dispersão sugere que, nesses casos, a declividade isoladamente não é suficiente para explicar a organização espacial das geocoberturas, sendo necessária sua análise integrada com outros parâmetros geomorfológicos.

Sob a perspectiva dos processos morfogenéticos, a análise da declividade evidencia de forma clara a presença de rupturas de relevo marcadas por valores elevados, que delimitam as escarpas estruturais e, de maneira mais pontual, algumas cristas quartzíticas. Esses setores de alta declividade refletem o forte controle estrutural e a maior resistência litológica, configurando áreas de elevada energia do relevo e intensa atuação de processos erosivos e gravitacionais.

Em contrapartida, as declividades intermediárias e baixas, embora correspondam à maior parte da superfície do Chapadão do Diamante, não apresentam, quando analisadas isoladamente, uma relação direta e inequívoca com processos morfogenéticos específicos. Nesses compartimentos, a morfologia resulta da atuação conjunta de diferentes processos e condicionantes, o que reforça a necessidade de integrar a análise da declividade a outros parâmetros geomorfológicos para uma interpretação mais consistente da dinâmica do relevo.

4.2. Mapeamento Morfogenético do Chapadão do Diamante

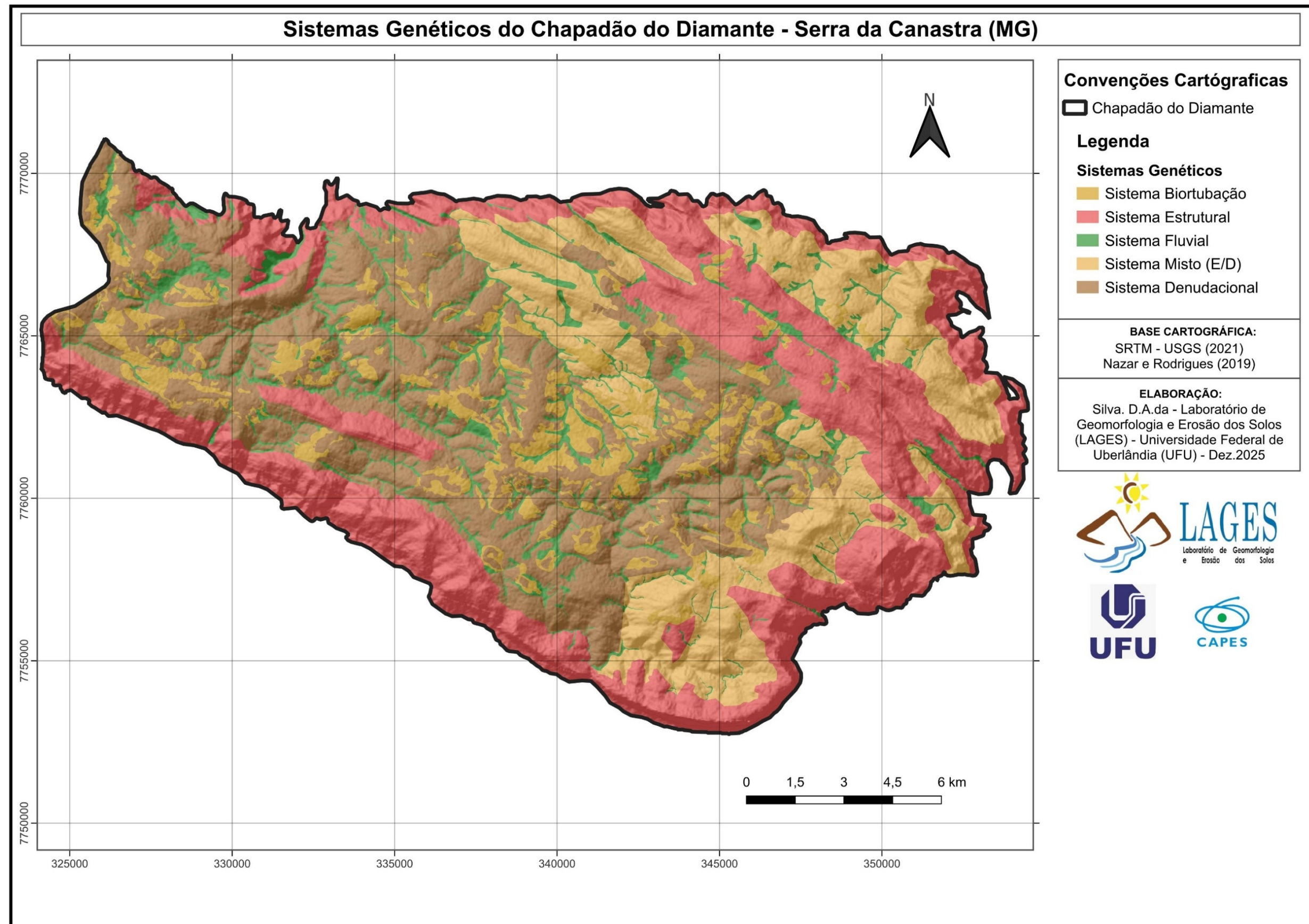
O mapeamento geomorfológico, realizado por meio da integração entre interpretação de imagens de satélite, análises morfométrica em SIG e observações de campo, possibilitou a delimitação de diferentes níveis de unidades de relevo. Essas unidades refletem a diversidade de processos atuantes na área, revelando uma paisagem marcada por contrastes morfológicos.

O produto cartográfico obtido foi estruturado em 4 (quatro) níveis hierárquicos, que permitiu sistematizar a diversidade de elementos da paisagem estudada em diferentes graus de detalhamento. Para melhor compreensão desse mapeamento, cada nível será exposto individualmente, para que ao fim, será apresentado a síntese final desse mapeamento.

4.2.1. *Sistemas Genéticos*

O primeiro nível do mapeamento morfogenético realizado foi constituído pelos sistemas genéticos, que representam os processos dominantes responsáveis pela gênese das formas do relevo no Chapadão do Diamante (ChD). Foram individualizados cinco sistemas principais: Bioturbação, Estrutural, Denudacional, Misto (Estrutural-Denudacional) e Fluvial. A espacialização dessas unidades pode ser visualizada no Mapa 1, enquanto sua distribuição percentual no ChD encontra-se sistematizada na Tabela 01.

Mapa 1 - Sistema Genéticos do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG.



Elaboração: A autora (2025)

Tabela 1 - Área Ocupada por Sistema Genético no ChD.

Sistema	Área	
	Km ²	%
Denudacional	104,64	31,38
Estrutural	104,27	31,27
Misto (Estrutural-denudacional)	60,89	18,26
Biortubação	33,69	10,10
Fluvial	29,97	8,99
Total	333,46	100,00

Elaboração: A autora (2025)

Com base na análise do mapa e da tabela, observa-se que os sistemas predominantes na área correspondem ao Denudacional e ao Estrutural, refletindo a forte atuação conjunta dos processos erosivos e do controle litológico e estrutural sobre a morfodinâmica local. Em contrapartida, o sistema de menor expressão espacial corresponde sistema fluvial.

A seguir, são caracterizados individualmente os sistemas genéticos identificados no mapeamento.

O Sistema de Bioturbação pode ser caracterizado pela presença de microformas associadas à ação de organismos, como cupinzeiros, Termiteiro, proto-murundus e murundus (Figura 23) em diferentes estágios de desenvolvimento. Tais feições revelam a atuação de processos biogênicos em microescala, onde diversos agentes (cupins, formigas, tatus, tamanduás, entre outros) exercem influência significativa na modelagem e reorganização dos materiais superficiais.

Figura 23 - Murundus característicos do Sistema de Bioturbação.



Fonte: A autora (2024)

A ação de organismos como cupins, formigas, tatus, tamanduás, entre outros, promove a escavação, o transporte e a redistribuição vertical e lateral dos materiais superficiais, resultando na reorganização da estrutura dos solos e na formação de relevos residuais positivos. Esses processos influenciam diretamente atributos físicos e químicos do solo, como porosidade, permeabilidade, textura, aeração e fertilidade, além de condicionarem o comportamento hidrológico local, favorecendo tanto a infiltração quanto a concentração de fluxos superficiais em determinadas situações.

Dessa maneira, o Sistema de Bioturbação não deve ser compreendido apenas como um conjunto de formas pontuais isoladas, mas como um componente estruturante da paisagem em microescala, capaz de influenciar a evolução dos materiais superficiais e a organização do relevo. Sua presença evidencia a estreita relação entre processos biológicos e geomorfológicos, reforçando o caráter integrado da dinâmica superficial e a importância da biogênese na compreensão dos sistemas morfogenéticos locais.

O Sistema Denudacional (Figura 24) está associado aos processos de dissecação e erosão, que podem ter origem natural ou estar relacionados a atividades antrópicas (abertura de estradas, formação de carreadores de gado e intervenções próximas a construções). Nesse sistema são recorrentes feições como voçorocas, ravinas e cicatrizes erosivas. Associado a essas feições erosivas, observa-se também a presença de rampas de colúvio localizadas ao pé de morros e colinas, que indicam a acumulação e deposição de materiais provenientes das vertentes adjacentes.

Figura 24 - Colinas presentes no sistema denudacional



Fonte: A autora (2025)

De modo geral, esse sistema denudacional expressa uma dinâmica morfogenética ativa, marcada pelo desequilíbrio entre remoção e deposição de materiais, frequentemente

intensificada pela ação antrópica. Sua análise permite compreender os padrões de instabilidade da paisagem, a evolução das formas erosivas e os condicionantes ambientais que controlam a dissecação do relevo, constituindo um elemento fundamental para a interpretação da dinâmica superficial e para o planejamento ambiental do ChD.

O Sistema Estrutural apresenta controle direto da litologia e das estruturas geológicas regionais, evidenciado pela presença de afloramentos de blocos rochosos (Figura 25), escarpas quartzíticas e formações de caos de blocos. Tais feições refletem a resistência diferencial das rochas ao intemperismo e à erosão, condicionando fortemente a compartimentação da paisagem.

Figura 25 - Afloramentos Rochosos encontrados no Sistema Estrutural



Fonte: A autora (2025)

Esse sistema ocorre predominantemente em cotas altimétricas elevadas, superiores a 1400 m, onde se concentram as cristas quartzíticas e os principais alinhamentos estruturais. Nessas áreas, as declividades acentuadas, frequentemente superiores a $9,29^\circ$, marcam a presença das escarpas e condicionam uma dinâmica morfogenética específica, caracterizada por elevada energia potencial do relevo, maior suscetibilidade a processos gravitacionais e forte controle estrutural sobre o escoamento superficial.

Dessa forma, o Sistema Estrutural desempenha papel fundamental na hierarquização e na organização espacial da paisagem, atuando como arcabouço morfoestrutural sobre o qual se desenvolvem os demais sistemas geomorfológicos. Sua análise permite compreender a relação entre estrutura geológica, resistência litológica e dinâmica dos processos superficiais,

evidenciando a importância do controle estrutural na evolução do relevo e na definição dos compartimentos morfoesculturais da área de estudo.

O Sistema Misto (Estrutural-Denudacional) pode ser caracterizado por áreas em que coexistem condicionantes estruturais e processos denudacionais (Figura 26), resultando em feições híbridas. Nesse contexto, a dissecação fluvial atua sobre substratos litológicos controlados estruturalmente, originando relevo de transição, em que os elementos de ambos os sistemas podem ser observados simultaneamente.

Figura 26 -Áreas Características do Sistema Misto.



Fonte: A autora (2025)

Do ponto de vista altimétrico, o Sistema Misto apresenta predomínio de médias e baixas altitudes, associadas a áreas mais intensamente dissecadas e retrabalhadas pelos processos fluviais e gravitacionais. Entretanto, ocorrem localmente pequenas áreas de altitude elevada, marcadas pela presença de caos de blocos e afloramentos rochosos mais resistentes, que funcionam como remanescentes estruturais preservados em relação ao entorno. Essas feições indicam setores onde o controle litológico ainda limita a eficácia da denudação, mantendo elementos típicos do Sistema Estrutural.

Dessa forma, o Sistema Misto (Estrutural-Denudacional) representa uma zona de transição morfogenética fundamental para a compreensão da dinâmica da paisagem, pois evidencia a interação entre herança estrutural e processos atuais de dissecação. Sua análise permite interpretar os gradientes de resistência das rochas, os padrões de evolução das vertentes e o papel integrado da estrutura geológica e da erosão na organização e na compartimentação do relevo da área de estudo.

O Sistema Fluvial (Figura 27) corresponde a áreas associadas a processos deposicionais em ambientes úmidos e mal drenados. São comuns a ocorrência de turfeiras, de depósitos orgânicos pouco decompostos e pequenas planícies fluviais com solos hidromórficos, ricos em

matéria orgânica pouco estruturada, areia e fragmentos lenhosos. Em situações de armadilhas estruturais, podem ocorrer ainda capões de mata, indicando microambientes controlados pela interação entre processos fluviais e condicionantes geológicos.

Figura 27 - Áreas de planícies típicas do sistema fluvial



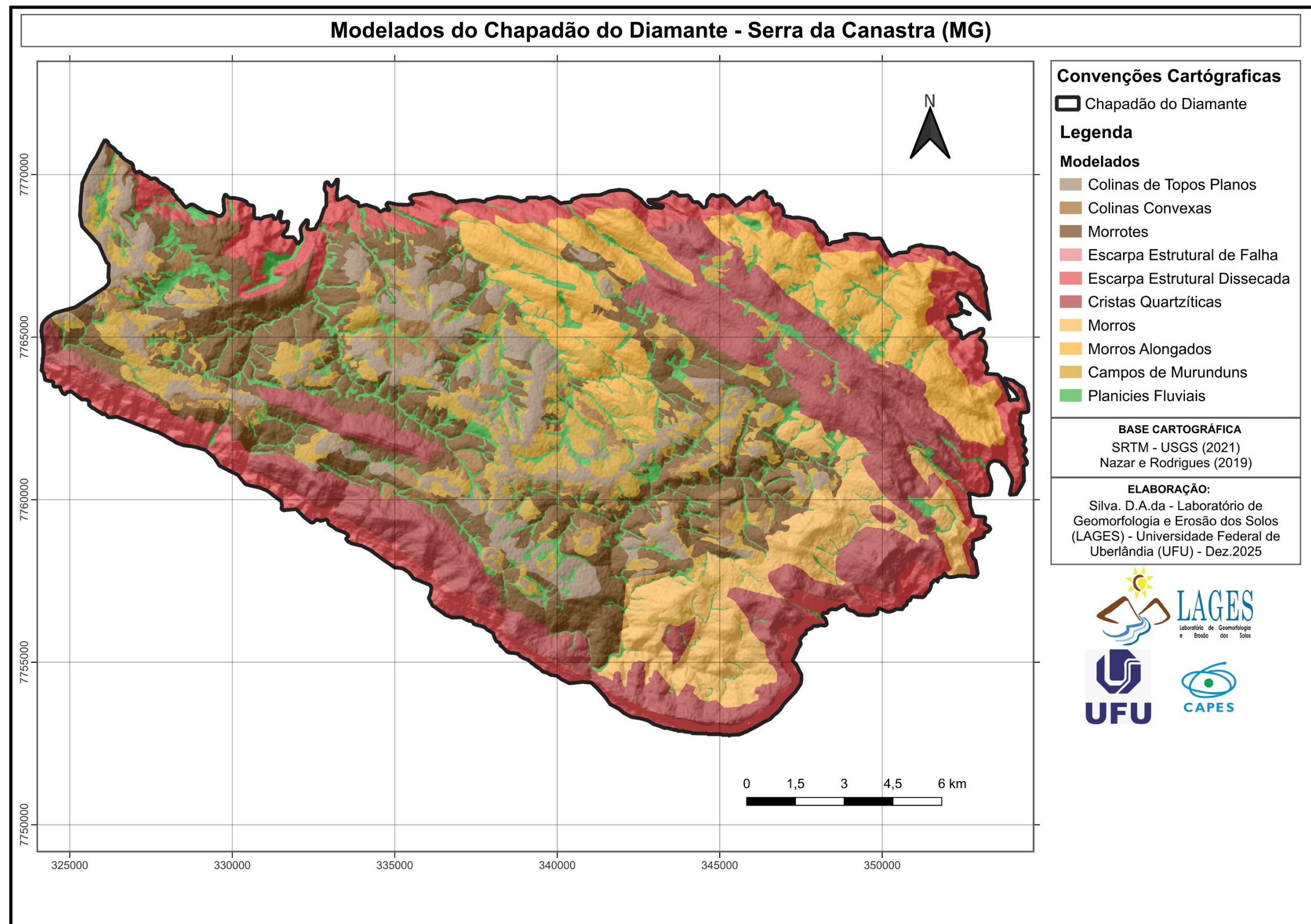
Fonte: A autora (2025)

Do ponto de vista geomorfológico, o Sistema Fluvial está predominantemente associado a baixas altitudes e a superfícies suavemente modeladas, onde a declividade reduzida e a saturação hídrica limitam os processos erosivos e favorecem a deposição. A expressiva presença de materiais orgânicos reforça o caráter deposicional desse sistema, evidenciando seu papel como área de armazenamento de sedimentos e matéria orgânica no contexto da dinâmica superficial. Assim, o Sistema Fluvial constitui um elemento essencial para a compreensão da evolução da paisagem, ao integrar processos hidrológicos, deposicionais e biogênicos em ambientes de baixa energia morfodinâmica.

4.2.2. Modelados

O segundo nível do mapeamento morfogenético corresponde à identificação dos modelados do relevo, definidos como conjuntos de formas resultantes da atuação combinada de processos morfogenéticos e da litologia. A espacialização dessas unidades encontra-se representada no Mapa 2, enquanto sua distribuição percentual no Chapadão do Diamante (ChD) está sistematizada na Tabela 02.

Mapa 2 - Modelados do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG



Elaboração: A autora (202

Tabela 2 - Área Ocupada por cada Modelado no ChD

Sistema	Modelado	Área	
		Km ²	%
Denudacional	Colinas de Topos Planos	30,24	9,07
	Colinas Convexas	10,12	3,03
	Morrotes	64,28	19,28
Estrutural	Escarpa Estrutural de Falha	16,78	5,03
	Escarpa Estrutural Dissecada	27,88	8,36
	Cristas Quartzíticas	59,61	17,88
Misto (Estrutural-denudacional)	Morros	25,58	7,67
	Morros Alongados	35,31	10,59
Biotubação	Campos de Murunduns	33,69	10,10
Fluvial	Planícies Fluviais	29,97	8,99
Total		333,46	100,00

Elaboração: A autora (2025)

A análise integrada da Figura e da Tabela revela que os modelados predominantes no ChD correspondem aos Morrotes e às Cristas Quartzíticas, cuja expressividade reflete a atuação conjunta dos processos erosivos e do controle litológico e estrutural sobre a morfodinâmica regional. Em contrapartida, os modelados de menor representatividade espacial são as Colinas Convexas e as Escarpas Estruturais de Falha, configurando formas mais restritas e de ocorrência pontual na paisagem.

Os modelados identificados foram classificados segundo os sistemas genéticos previamente delimitados (denudacional, estrutural, misto, Bioturbação e fluvial), conforme descrito a seguir.

No sistema denudacional foram reconhecidos três tipos de modelados, os quais expressam diferentes graus de dissecação do relevo.

As Colinas de Topos Planos (Figura 28) correspondem a superfícies suavemente aplainadas situadas nos interflúvios, onde predominam processos de aplainamento diferencial. Essas formas evidenciam uma relativa estabilidade erosiva, resultante de uma dissecação menos intensa.

Figura 28 - Colina de Topo Plano



Fonte: A autora (2025)

As Colinas Convexas (Figura 24) se caracterizam relevos suavemente ondulados, com vertentes convexas e encostas de baixa energia. Representam áreas de transição entre superfícies mais planas e áreas mais dissecadas.

Os Morrotes (Figura 29) consistem em formas residuais mais elevadas, fortemente dissecadas e associadas a uma drenagem densa. Sua ocorrência está relacionada à resistência diferencial da litologia e à atuação mais intensa da erosão fluvial.

Figura 29 – Morrotes associados a drenagem intensa.



Fonte: A autora (2025)

O sistema estrutural apresentou três tipos de modelados, os quais refletem de maneira direta o controle tectônico e litológico da paisagem:

As Escarpas Estruturais de Falha estão situadas na face sul do Chapadão, configuram grandes paredões rochosos (Figura 30) com desníveis variando entre 200 e 300 metros. São formas lineares e contínuas, não dissecadas por drenagem, representando superfícies abruptas geradas por movimentação tectônica.

Figura 30 - Paredão Rochoso que forma a Escarpa Estrutural de Falha



Fonte: A autora (2025)

As Escarpas Dissecadas (Figura 31) localizadas na face norte, apresentam maior irregularidade e festonamento, sendo intensamente cortadas por canais de drenagem. Essa drenagem favorece a formação de cachoeiras e quedas d'água, revelando a associação entre estrutura geológica e processos fluviais.

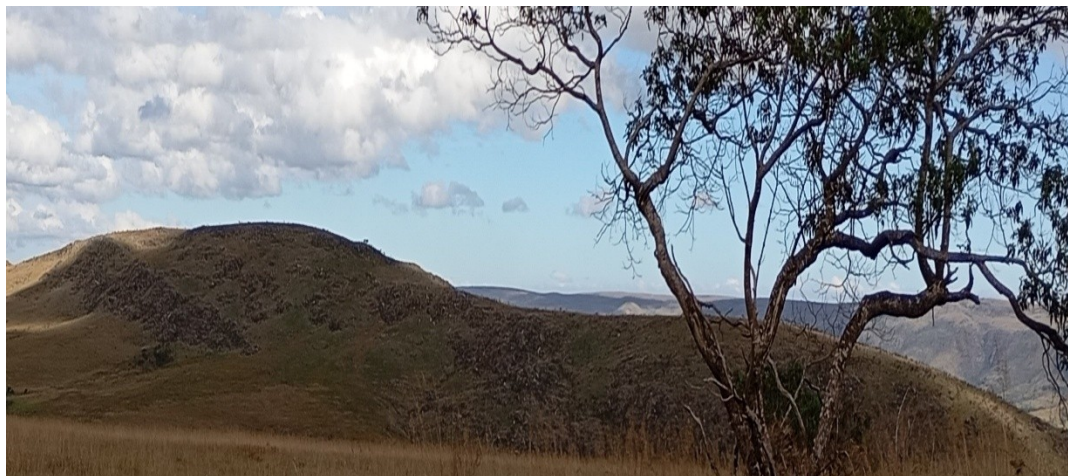
Figura 31 - Escarpa Estrutural Dissecada com a presença de cachoeira



Fonte: A autora (2025)

As Cristas Quartzíticas (Figura 32) correspondem a alinhamentos de grandes blocos rochosos quartzíticos, que afloram de forma proeminente. Essas cristas representam formas estruturais resistentes à erosão, destacando-se como elementos marcantes da paisagem do ChD.

Figura 32 - Alinhamento de grandes blocos rochosos quartzíticos



Fonte: A autora (2025)

O sistema misto, caracterizado pela sobreposição entre controles estruturais e processos denudacionais, apresentou dois tipos de modelados:

Os Morros Alongados (Figura 26) estão associados a cristas quartzíticas, exibem alinhamentos alongados com presença de afloramentos rochosos de menor porte, evidenciando a conjugação entre dissecação fluvial e condicionamento estrutural.

Os Morros apresentam maior relação com a drenagem, formando relevos de dissecação intermediária, nos quais tanto a litologia quanto a erosão fluvial desempenham papel importante na sua configuração.

No sistema de Bioturbação foi possível reconhecer apenas um tipo de modelado.

Os Campos de Murundus (Figura 22) são constituídos por agrupamentos de montículos de origem biogênica (atividade de cupins, minhocas e outros organismos). Esses murundus ocorrem em áreas deprimidas ou de embaciamento, geralmente associadas a ambientes hidromórficos, onde a acumulação de água durante a estação chuvosa pode originar pequenas lagoas temporárias conhecidas como covaais.

No ChD, alguns murundus atingem até 1 metro de altura, frequentemente sustentados por uma base laterítica e recobertos por horizontes de Latossolo com textura areno-argilosa. Esse modelado representa importante indicador da interação entre processos biogênicos e condições hidrológicas locais.

No sistema fluvial foi mapeado apenas um modelado.

As Planícies Fluviais (Figura 27) são áreas planas associadas a depósitos recentes de sedimentos hidromórficos, predominantemente orgânicos e arenosos, com baixo conteúdo de material lenhoso e ausência de tecido vegetal íntegro. Quando condicionadas por armadilhas estruturais, essas planícies podem abrigar capões de mata, representando ambientes de acumulação que desempenham papel essencial na dinâmica hídrica local.

A análise do segundo nível evidencia a complexidade morfológica do Chapadão do Diamante, marcada pela coexistência de formas estruturais resistentes, áreas de dissecação diferenciada, modelados condicionados por bioturbação e unidades associadas a depósitos fluviais. A predominância dos morrotes e das cristas quartzíticas reafirma a importância do controle litológico-estrutural combinado aos processos erosivos. Por outro lado, os modelados de menor expressão espacial, como as colinas convexas e as escarpas de falha, reforçam a heterogeneidade morfológica da região, demonstrando que o relevo resulta de uma interação multiescalar entre processos geológicos, geomorfológicos e biológicos.

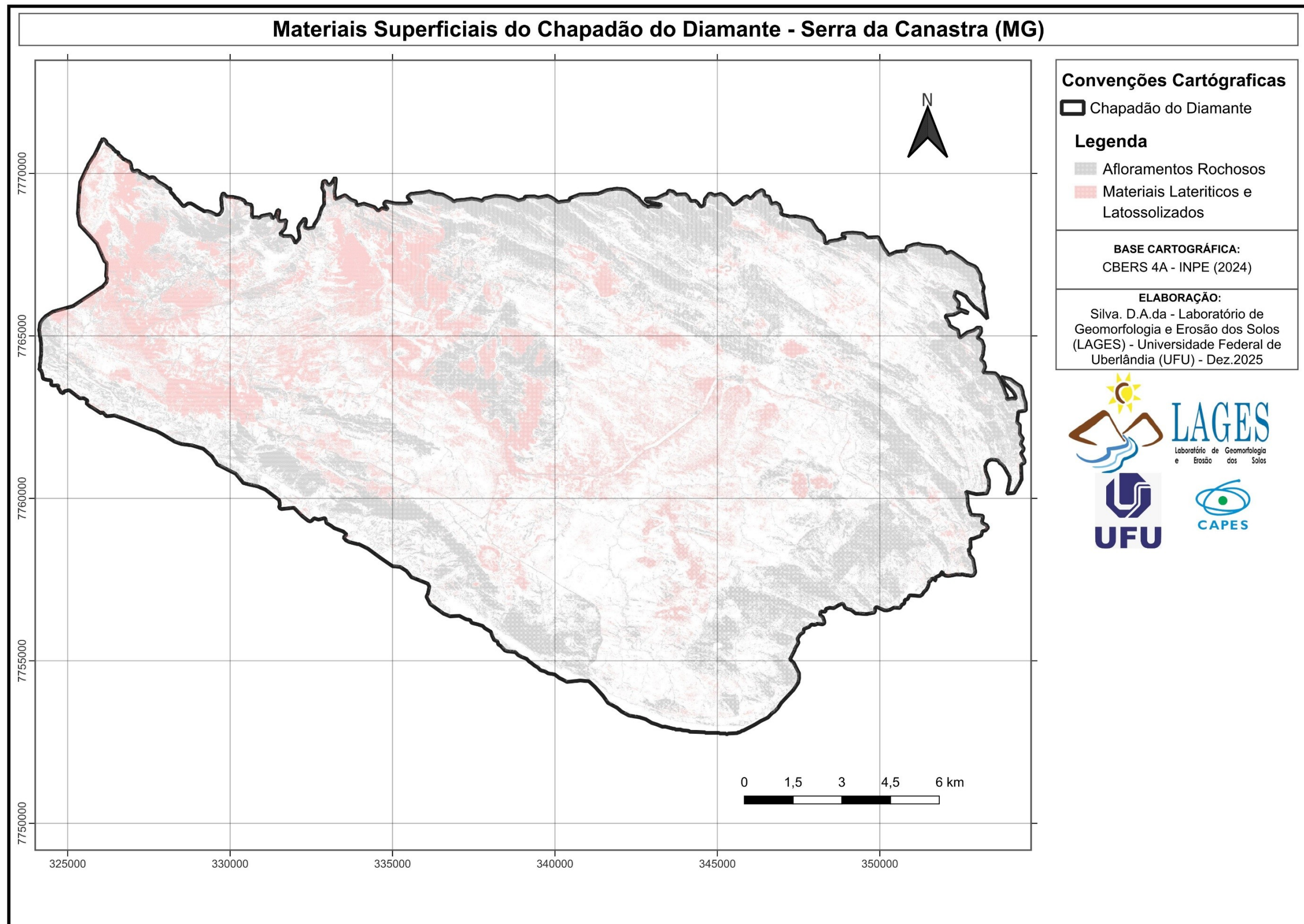
4.2.3. *Materiais Superficiais*

O terceiro nível do mapeamento morfogenético corresponde à identificação e caracterização dos materiais superficiais presentes no Chapadão do Diamante (ChD), os quais foram mapeados de forma individualizada a fim de compreender sua distribuição espacial e seu papel nos processos morfogenéticos locais. Nesta etapa foram delimitados a área de abrangência dos afloramentos rochosos e dos materiais lateríticos e latossolizados, cuja espacialização encontra-se representada na Mapa 3.

4.2.3.1. Afloramentos Rochosos

Os afloramentos rochosos ocupam aproximadamente 93,26 km², o que corresponde a cerca de 28% da área total do ChD. Ocorrem principalmente nos sistemas estruturais e, de forma secundária, em áreas do sistema misto (estrutural/denudacional), sendo constituídos predominantemente por rochas quartzíticas. Essa expressiva participação espacial evidencia a forte influência do arcabouço litológico e estrutural na configuração da paisagem, uma vez que os quartzitos, devido à sua elevada resistência ao intemperismo químico, permanecem expostos na superfície, formando extensos afloramentos (Figura 33). e escarpas.

Mapa 3 – Materiais Superficiais do Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG



Elaboração: A autora (2025)

Figura 33 - Afloramentos Rochosos expostos na superfície do ChD



Fonte: A autora (2025)

Em alguns afloramentos rochosos, observam-se processos de dissolução atuando em rochas ricas em sílica, especialmente em quartzitos, o que remete à ocorrência de um carste não tradicional, desenvolvido em litologias não carbonáticas (Santos, 2021). Em ambientes tropicais úmidos, essa dissolução favorece a geração de fraturas e de microformas superficiais, como os lapiez, exemplificados na Figura 34. A presença dessas feições confirma a atuação de processos de dissolução de natureza cárstica em rochas quartzíticas, os quais dependem de fatores como disponibilidade hídrica, temperatura e pH ácido. Contudo, a limitada ocorrência de condições fortemente ácidas na área de estudo implica uma dinâmica mais lenta desse processo.

Figura 34 - Afloramentos Rochosos com a presença de Lapiez.



Fonte: A autora (2025)

Tais áreas de afloramentos rochosos assumem papel fundamental na dinâmica morfogenética regional, pois funcionam tanto como barreiras litológicas ao avanço da dissecação fluvial quanto como fontes de blocos e detritos que alimentam processos de coluvionamento nas vertentes.

Ressalta-se ainda que, em alguns setores, especialmente ao longo da rede viária, trechos de estradas foram classificados como afloramentos rochosos, em função da semelhança espectral observada durante o processo de classificação. Esse fenômeno decorre da presença de rochas expostas no leito das estradas, o que resulta em assinaturas espectrais análogas às dos afloramentos naturais.

Dessa forma, os afloramentos rochosos configuram-se não apenas como uma expressão da resistência litológica ao intemperismo, mas também como elementos-chave na interação entre processos estruturais, denudacionais e antrópicos, influenciando a organização espacial do relevo e a evolução morfogenética do Chapadão do Diamante.

4.2.3.2. Materiais Lateríticos e Latossolizados

As áreas com possível ocorrência de materiais lateríticos e latossolizados ocupam aproximadamente 54,34 km², correspondendo a cerca de 16,30% da área total do ChD. Esses materiais ocorrem predominantemente em sistemas denudacionais e de bioturbação, constituindo a base de desenvolvimento de alguns murunduns. Apresentam elevada relevância para a compreensão da evolução morfogenética da área, uma vez que resultam do processo de laterização, característico de ambientes tropicais úmidos. Esse processo geoquímico está associado a longos períodos de estabilidade morfodinâmica, marcados por baixas taxas de remoção superficial e pela intensa atuação do intemperismo químico, condições que favorecem a formação e a preservação de perfis profundamente intemperizados.

A laterização envolve a mobilização, concentração e precipitação do ferro presente nas rochas, promovendo a ferruginização dos materiais superficiais e a formação de concreções e crostas ferruginosas. Do ponto de vista morfogenético, esse processo indica fases pretéritas de predomínio da pedogênese sobre a erosão, favorecendo o desenvolvimento de perfis espessos e altamente intemperizados. A ocorrência de minerais como hematita (cor avermelhada, goethita (amarelada) e gibbsita nos materiais latossolizados da área de estudo (Figura 35) reflete diferentes estágios de oxidação, hidratação e evolução geoquímica, diretamente

relacionados às condições climáticas e à dinâmica hidrológica ao longo do tempo geomorfológico (Santos, 2021).

Figura 35 - Presença de hematita (vermelho) nos materiais lateríticos e latossolizados.



Fonte: A autora (2024)

As lateritas formam-se pela precipitação do ferro que passa a cimentar os grãos de areia ou a preencher poros, fraturas e planos de fraqueza no próprio quartzito, desde que haja permeabilidade suficiente. No contexto morfogenético do ChD, a presença desses materiais sugere superfícies antigas de aplainamento ou setores do relevo submetidos a prolongada estabilidade, nos quais a remoção mecânica foi limitada, permitindo o acúmulo residual de óxidos e hidróxidos de ferro.

Durante os trabalhos de campo, foram identificados diferentes tipos materiais lateríticos e latossolizados (Figura 36), indicando variações locais nas condições de formação e preservação. Um dos tipos apresenta uma laterita com estrutura folheada, com nódulos concêntricos e um córtex goethítico na porção externa, resultante da transformação progressiva da hematita em goethita (Figura 36.1). Essa feição sugere um retrabalhamento geoquímico e alternância de condições de oxidação e hidratação, compatíveis com oscilações paleoclimáticas.

Outro tipo corresponde ao cascalho laterítico (Figura 36.2-3), no qual grãos finos de areia encontram-se envolvidos por uma matriz ferruginosa, associada a materiais areno-argilosos com desenvolvimento de crostas lateríticas. Do ponto de vista morfogenético, esses materiais indicam episódios de dismantelamento parcial das crostas e redistribuição coluvial,

mantendo, contudo, a assinatura geoquímica da laterização. Também foram observadas cangas ferruginosas com cristais de quartzo (Figura 36.4), nas quais fragmentos de quartzito encontram-se englobados por uma matriz rica em ferro, sugerindo fases de cimentação ferruginosa associadas à estabilidade topográfica relativa.

Figura 36 - Materiais Lateríticos e Latossolizados encontrados no ChD.



Fonte: A autora (2025)

Em conjunto, os materiais latossolizados mapeados no ChD constituem importantes marcadores morfogenéticos, permitindo inferir fases de estabilidade do relevo, condições paleoclimáticas favoráveis à laterização e subsequentes episódios de retrabalhamento superficial, fundamentais para a compreensão da evolução geomorfológica da área.

Em suma, observa-se, ainda, uma associação espacial entre os materiais latossolizados e os afloramentos de rochas quartzíticas. Conforme evidenciado no mapa, determinadas áreas apresentam a coexistência dessas duas classes, indicando contextos nos quais superfícies quartzíticas previamente expostas estão começando a ser recobertas por materiais latossolizados. Essa associação reflete a atuação conjunta do controle litológico e dos processos deposicionais na reorganização da paisagem do ChD.

4.2.4. *Feições Pontuais e Lineares*

O quarto nível corresponde ao mapeamento das feições pontuais e lineares, uma vez que a escala adotada não permitiu a representação poligonal dessas feições. Esse nível foi subdividido em três grupos distintos, com o objetivo de evitar ambiguidades na interpretação cartográfica. Assim, foram mapeados os processos erosivos, as feições antrópicas e as quedas d'água, que foram espacializados no Mapa 04

4.2.4.1. Feições Erosivas

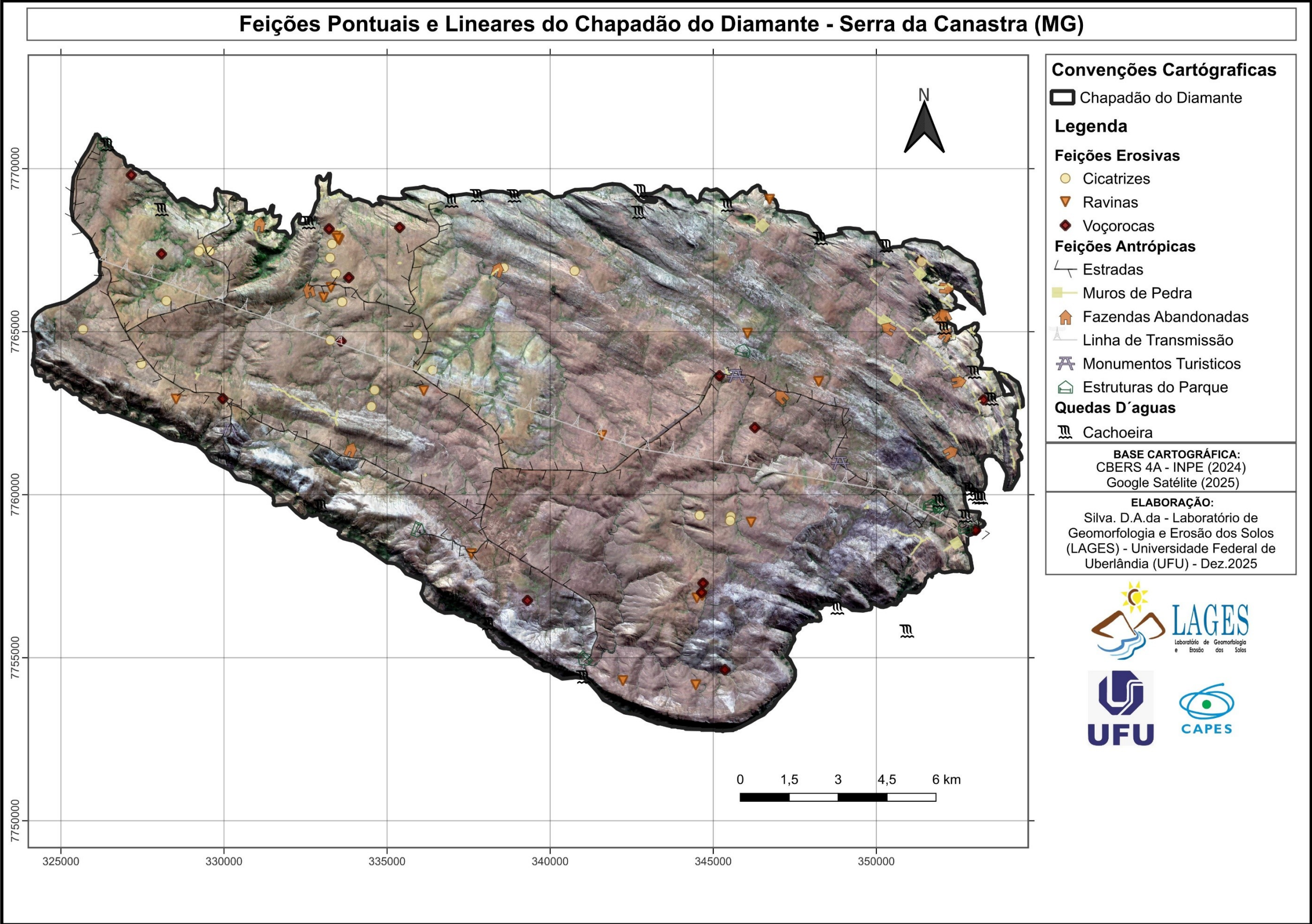
As feições erosivas no ChD foram delimitados e mapeados a partir da identificação das formas que expressam os diferentes estágios evolutivos da erosão, com o objetivo de compreender sua influência na dinâmica morfogenética da paisagem. Nessa perspectiva, o mapeamento contemplou cicatrizes erosivas, ravinas e voçorocas, entendidas como manifestações sequenciais de um mesmo sistema processual, controlado por condicionantes naturais e antrópicos.

As cicatrizes erosivas correspondem ao estágio inicial da erosão superficial, indicando o enfraquecimento da cobertura pedológica e a ruptura do equilíbrio morfodinâmico da superfície. No ChD, essas feições apresentam extensões variando entre aproximadamente 100 e 500 m, estando majoritariamente associadas à rede de drenagem, bem como a caminhos e estradas, que favorecem a concentração do escoamento superficial.

As ravinas representam o estágio intermediário da erosão, caracterizando-se pelo aprofundamento progressivo da superfície e pela maior incisão do relevo. Na área de estudo, essas feições estão frequentemente associadas à rede de drenagem, à abertura de estradas, a carreadores de gado e às proximidades de construções, evidenciando a interação entre processos naturais e intervenções antrópicas na intensificação da erosão linear.

As voçorocas constituem as feições mais expressivas do processo erosivo do solo, apresentando grande profundidade e elevada extensão lateral, com forte capacidade de reconfiguração do relevo. No ChD, essas feições podem ter origem tanto natural quanto antrópica. A voçoroca observada em trabalho de campo está relacionada à implantação de estrada em conjunção com a nascente do rio São Francisco, tendo sido anteriormente estudada por Silva (2020). À época desse estudo, a feição apresentava elevada expressividade morfológica (Figura 37.1); atualmente, observa-se um processo de revegetação, conforme ilustrado na Figura 37.2.

Mapa 4 - Feições Pontuais e Lineares no Chapadão do Diamante na Serra da Canastra, MG.



Elaboração: A autora (2025)

Figura 37 - Feição Erosiva em anos diferentes



Fonte: ¹Silva (2020) e ²Autora (2025)

De modo geral, as feições erosivas no ChD ocorrem predominantemente nos sistemas denudacionais e misto, evidenciando a atuação conjunta da erosão fluvial e da erosão regressiva, condicionadas pela extensa rede de drenagem e pela presença de fluxos hídricos perenes. Contudo, a intensidade e a aceleração desses processos são significativamente ampliadas pela ação antrópica, especialmente pela implantação de estradas com valas de drenagem inadequados e pela instalação da Linha de Transmissão, entre outras intervenções, que favorecem a concentração do escoamento superficial e a instabilidade morfodinâmica da paisagem

4.2.4.2. Feições Antrópicas

As feições antrópicas (Figura 38) foram mapeadas considerando-se todas as formas e estruturas resultantes da ação humana capazes de interferir na dinâmica morfogenética e na organização da paisagem do ChD. Essas feições representam importantes elementos de modificação dos fluxos superficiais, da redistribuição de materiais e da estabilidade das vertentes, atuando como agentes indutores ou intensificadores de processos geomorfológicos.

Nesse contexto, foram identificadas e cartografadas estradas com suas respectivas valas de drenagem, muros de pedra, fazendas abandonadas, linhas de transmissão de energia, monumentos turísticos e estruturas de apoio e serviço do parque.

Figura 38 - Feições Antrópicas encontradas no ChD.



Fonte: Google Satélite (2026) e a autora (2024).

As estradas e suas valas de drenagem (Figura 38.1) configuram-se como o principal elemento antrópico do ChD, totalizando aproximadamente 78,30 km mapeados na área de estudo. Essas feições exercem forte controle sobre a dinâmica hidrológica superficial, uma vez que as valas foram projetadas para direcionar o escoamento das águas pluviais e evitar o acúmulo sobre a pista. No entanto, quando mal dimensionadas ou implantadas sem considerar as condições topográficas e litológicas, essas estruturas passam a concentrar fluxos, promovendo o aumento da energia hidráulica e favorecendo a intensificação de processos erosivos lineares, como cicatrizes e ravinas, além da reativação de processos erosivos preexistentes nas bordas das estradas.

Os muros de pedra (Figura 38.2) constituem feições antrópicas residuais associadas a antigas práticas agropecuárias, tendo sido mapeados cerca de 23,70 km dessas estruturas.

Historicamente utilizados para a delimitação de propriedades e a contenção de animais, esses muros evidenciam uma ocupação pretérita prolongada do ChD. Do ponto de vista morfogênético, tais estruturas podem atuar tanto como barreiras locais ao escoamento superficial, favorecendo a deposição de sedimentos a montante, quanto como elementos de reorganização topográfica, influenciando a dinâmica de erosão e acumulação em escala local.

Os monumentos turísticos correspondem às áreas de maior visitação no ChD e incluem a Nascente Histórica do Rio São Francisco, onde foi instalada uma imagem de São Francisco de Assis, além da Garagem de Pedra e dos Currais de Pedra (Figura 38.3). Essas estruturas, além de seu valor histórico e cultural, promovem uma intensificação do pisoteio e da circulação de visitantes, o que pode resultar em compactação superficial dos materiais, redução da infiltração e aumento do escoamento superficial difuso, com reflexos diretos nos processos morfogênicos locais.

As fazendas abandonadas (Figura 38.4) são constituídas por antigas sedes e pequenos currais de pedra que, em grande parte, preservam sua configuração original. Essas estruturas deixaram de ser utilizadas após a criação do Parque Nacional da Serra da Canastra. A ausência de manejo contínuo favorece processos de degradação física das edificações e a progressiva reintegração dessas áreas à dinâmica natural, ainda que os remanescentes construtivos continuem condicionando o escoamento superficial e a redistribuição de materiais em seu entorno imediato.

As linhas de transmissão de energia (Figura 38.5), compostas por sucessivas torres de alta tensão, totalizam aproximadamente 28,11 km mapeados. A implantação dessas estruturas implicou a abertura de acessos e a compactação dos materiais superficiais, especialmente nos pés das torres. Observa-se, em diversos pontos, a ocorrência de superfícies erodidas associadas ao acúmulo e à concentração de água pluvial, evidenciando a atuação dessas feições como focos locais de intensificação dos processos erosivos.

As estruturas de apoio e serviços do Parque Nacional incluem instalações essenciais ao funcionamento da unidade de conservação, como portarias e edificações administrativas, bem como estruturas desativadas, a exemplo da antiga Portaria 1 (Figura 38.6). Embora espacialmente mais restritas, essas feições também interferem na dinâmica superficial, sobretudo por meio da impermeabilização localizada e da alteração dos padrões naturais de drenagem.

Em síntese, o conjunto das feições antrópicas mapeadas evidencia que a dinâmica morfogênética do ChD tem sido historicamente modificada pela ação humana. Essas

intervenções atuam principalmente por meio da reorganização do escoamento superficial, da concentração de fluxos e da alteração da estabilidade das vertentes, contribuindo para a intensificação de processos erosivos e para a reconfiguração local da paisagem geomorfológica.

4.2.4.3. Quedas D'águas

As quedas d'água (Figura 39) foram mapeadas considerando-se feições que expressam rupturas topográficas abruptas, geralmente associadas a escarpas estruturais e a eixos de controle litológico-estrutural da paisagem do ChD. Para fins de mapeamento, todas essas feições foram classificadas como cachoeiras, independentemente de suas variações morfológicas.

Figura 39 - Quedas d'águas presentes no ChD.



Fonte: A autora (2024 e 2025)

No ChD, observa-se a ocorrência de diferentes tipos de cachoeiras, refletindo distintos modos de interação entre a drenagem e a estrutura geológica. Algumas feições apresentam saltos bem definidos, caracterizados por quedas livres, associadas a rupturas litológicas ou a escarpas estruturais expressivas. Outras, por sua vez, não apresentam uma queda abrupta claramente definida, sendo marcadas pelo escoamento da água sobre e entre blocos rochosos, controlado por falhas, fraturas e planos de acamamento, o que resulta em um escoamento escalonado ou em rampas rochosas fortemente condicionadas pela estrutura.

Durante os trabalhos de campo, foi possível observar a porção superior da Cachoeira Alto Rolim (Figura 39.2), na qual não se identifica visualmente a queda principal, apesar do desnível total estimado em aproximadamente 200 m. Nessa feição, a água escoava predominantemente por superfícies rochosas controladas por descontinuidades estruturais, evidenciando o papel das fraturas e fissuras na organização do canal e na dissipação da energia fluvial ao longo do perfil longitudinal.

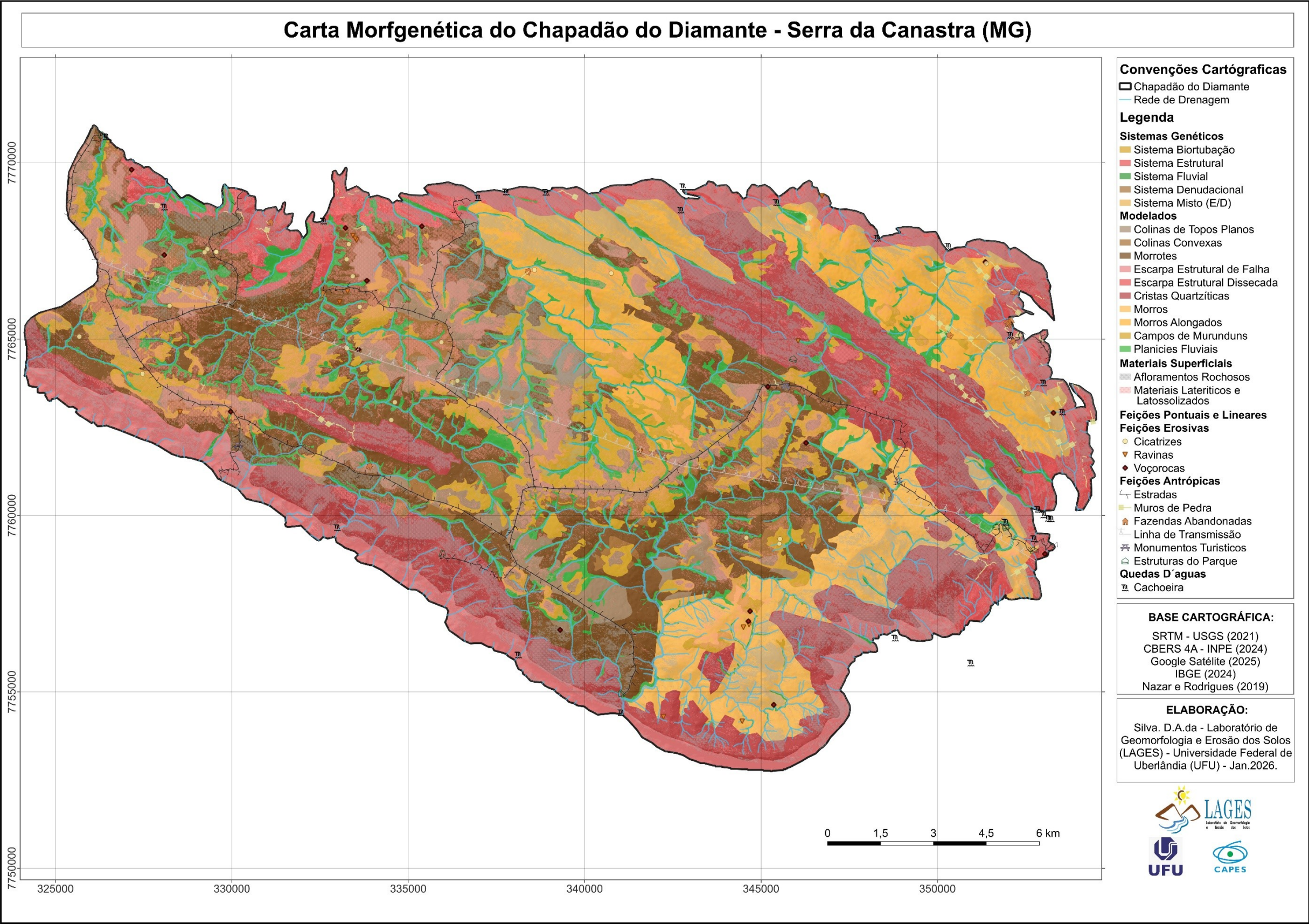
A Cachoeira Casca d'Anta constitui a feição mais expressiva do ChD, apresentando cerca de 200 m de desnível total, distribuído em três saltos principais. Durante as campanhas de campo, foi possível visualizar o maior salto (Figura 39.1), caracterizado por uma queda livre de elevada energia, bem como o salto inferior, observado na porção superior da cachoeira (Figura 39.3). O salto intermediário, entretanto, encontra-se oculto pela compartimentação do relevo e pela disposição das escarpas quartzíticas, o que reforça o controle estrutural na configuração dessa feição.

Em síntese, as quedas d'água do ChD evidenciam a estreita associação entre estrutura geológica, litologia resistente e processos fluviais, constituindo elementos-chave para a compreensão da evolução morfogenética e da organização espacial da paisagem da área de estudo.

4.2.5. Carta Morfogenética

A carta morfogenética constitui o produto de síntese do mapeamento realizado, integrando todos os níveis analisados — sistemas genéticos, modelados, materiais superficiais e feições pontuais e lineares. Nela é possível visualizar, de forma articulada, a distribuição espacial das diferentes unidades mapeadas e a interação entre processos, formas e materiais que conformam a paisagem do Chapadão do Diamante (ChD). O resultado cartográfico encontra-se representado no Mapa 4 e sua síntese hierarquizada se encontra no Quadro 10.

Mapa 5 - Carta Morfogênica do Chapadão do Diamante



Quadro 10 - Síntese Hierarquizada da Carta Morfogenética do Chapadão do Diamante – Serra da Canastra (MG),

1º- Sistema Genético	2º - Modelado	3º - Materiais Superficiais	4º- Feições Pontuais e Lineares		
Biortubação	Campos de Murundus	Materiais Lateríticos e Latossolizados	-		
Denudacional	Colinas de Topos Planos		Feições Erosivas		
	Colinas Convexas				
	Morrotes				
Estrutural	Escarpa Estrutural de Falha	Afloramentos Rochosos	Quedas d'águas	Feições Antrópicas	
	Escarpa Estrutural Dissecada				
	Cristas Quartzíticas				
Fluvial	Planície Fluvial	-			
Misto (Estrutural-Denudacional)	Morros Alongados	Afloramentos Rochosos	Feições Erosivas		
	Morros				

Elaboração: A autora (2026)

A análise da carta e do Quadro 10 permite constatar o predomínio dos sistemas estruturais e denudacionais, evidenciando o papel decisivo tanto do controle litológico e estrutural quanto da dissecação erosiva na configuração atual do relevo. Esse predomínio traduz a forte influência da resistência diferencial das rochas quartzíticas, associada à atuação contínua dos processos de intemperismo e erosão, que modelam a paisagem de maneira integrada.

Observa-se também a ocorrência expressiva de afloramentos rochosos, sobretudo vinculados aos sistemas estruturais e mistos. Essas feições são particularmente marcantes nas cristas quartzíticas e nos morros alongados, onde a litologia resistente se manifesta em formações de blocos expostos. Essa associação reforça a interpretação de que o controle estrutural atua como condicionante fundamental na gênese e preservação dessas unidades, ao mesmo tempo em que interage com os processos denudacionais, que promovem sua dissecação e remodelagem contínua.

Os materiais latossolizados, por sua vez, apresentam associação predominante com os sistemas denudacionais e de bioturbação. Esses materiais são particularmente expressivos nas colinas de topos planos e nos campos de murunduns, onde se encontram acumulados sob a forma de mantos lateríticos ou recobrimdo superfícies previamente modeladas. Sua distribuição espacial indica fases pretéritas de maior estabilidade morfodinâmica, favoráveis ao intemperismo químico profundo, seguidas por episódios de retrabalhamento superficial.

A presença de processos erosivos lineares, como ravinas e voçorocas, sobretudo nos sistemas denudacionais e mistos, confirma o papel central da dissecação erosiva na configuração atual do relevo do ChD. Entretanto, a análise integrada da carta revela que tais processos vêm sendo intensificados por ações antrópicas, conforme evidenciado no mapeamento das feições antrópicas, possibilitando inclusive a ocorrência de processos erosivos em sistemas tradicionalmente mais controlados pela estrutura, como o sistema estrutural.

Por outro lado, a expressiva ocorrência de quedas d'água ao longo dos eixos estruturais do ChD evidencia o forte controle litológico exercido pelas rochas quartzíticas em associação com os processos fluviais. Essas feições refletem rupturas do perfil longitudinal dos cursos d'água, relacionadas a escarpas estruturais e desníveis controlados pela resistência diferencial das litologias.

Assim sendo, a carta morfogenética não se limita a um produto de síntese cartográfica, mas constitui um instrumento analítico capaz de revelar a complexidade da dinâmica morfogenética do Chapadão do Diamante (ChD). Essa complexidade manifesta-se na coexistência e sobreposição de processos estruturais, erosivos e deposicionais, atuando em diferentes escalas espaciais e temporais e condicionados tanto pelo arcabouço geológico quanto pela dinâmica superficial e pelas intervenções antrópicas.

4.3.A integração entre métodos tradicionais e geotecnologias.

Os resultados obtidos a partir da integração entre métodos tradicionais de análise geomorfológica e o uso de geotecnologias evidenciam avanços significativos na leitura e interpretação da paisagem do Chapadão do Diamante. A combinação do detalhamento característico dos mapeamentos clássicos com as possibilidades analíticas proporcionadas pelas ferramentas digitais permitiu representar, de forma mais precisa e articulada, a complexa dinâmica morfogenética da área de estudo.

Em comparação com os mapeamentos geomorfológicos anteriormente realizados, como os de Titarelli (1975) e Cunha e Piton (2013), a principal contribuição do presente trabalho

manifesta-se nos próprios resultados cartográficos, especialmente na elaboração da carta morfogenética estruturada em níveis hierárquicos, desenvolvidos em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Essa abordagem possibilitou a discretização progressiva da paisagem, permitindo identificar e analisar, de maneira mais clara, as relações espaciais entre sistemas genéticos, modelados do relevo, materiais superficiais e feições pontuais e lineares.

Os mapeamentos clássicos, como o de Titarelli (1975), apresentam elevado grau de detalhamento e grande concentração de informações em um único produto cartográfico, o que proporciona uma visão integrada e abrangente do relevo regional. No entanto, à luz dos resultados obtidos nesta pesquisa, observa-se que esse tipo de representação dificulta a análise individualizada de processos geomorfológicos específicos, sobretudo quando múltiplas formas, materiais e processos são representados simultaneamente, limitando a exploração das interações morfogenéticas em diferentes escalas.

O mapeamento de Cunha e Piton (2013), por sua vez, representa um avanço importante ao incorporar interpretações genéticas do relevo e uma organização mais sistemática das unidades geomorfológicas. Ainda assim, quando comparado aos resultados aqui apresentados, observa-se que a abordagem permanece predominantemente integrada, com menor flexibilidade para o cruzamento independente entre os diferentes níveis morfogenéticos, o que restringe análises mais detalhadas da relação entre estrutura, processos superficiais e materiais.

Em contrapartida, os resultados do mapeamento desenvolvido nesta pesquisa demonstram que a abordagem hierárquica e multiescalar permitiu tanto a análise individualizada quanto a análise integrada dos diferentes níveis da paisagem. A utilização do ambiente SIG viabilizou o cruzamento dinâmico entre esses níveis, favorecendo a identificação de controles estruturais, a compreensão da atuação dos processos denudacionais e deposicionais e a avaliação da influência das ações antrópicas na intensificação ou redistribuição desses processos no ChD.

Dessa forma, os resultados expressos na carta morfogenética não apenas sintetizam os diferentes níveis de mapeamento, mas também ampliam a compreensão da dinâmica morfogenética do Chapadão do Diamante. A coexistência e sobreposição de processos estruturais, erosivos e deposicionais, evidenciadas no produto cartográfico, reforçam a importância da integração entre métodos tradicionais e geotecnologias como estratégia eficaz para a análise geomorfológica em áreas de elevada complexidade ambiental.

5. Considerações Finais

O mapeamento realizado nesta dissertação baseou-se na integração entre métodos tradicionais de análise geomorfológica e o uso de geotecnologias, com o objetivo de compreender os principais processos morfogenéticos que atuam na paisagem do Chapadão do Diamante (ChD). Para tanto, foi elaborada uma carta morfogenética estruturada em quatro níveis hierárquicos, concebida como instrumento central de síntese e interpretação dos resultados.

Essa estrutura metodológica possibilitou tanto a análise individualizada quanto a análise integrada dos sistemas genéticos, dos modelados do relevo, dos materiais superficiais e das feições pontuais e lineares, favorecendo uma leitura mais detalhada, sistemática e coerente da paisagem. O cruzamento espacial entre esses diferentes níveis ampliou a capacidade interpretativa do mapeamento, permitindo superar abordagens predominantemente descritivas e compreender, com maior precisão, as relações entre formas, processos e materiais que condicionam a evolução geomorfológica da área de estudo.

A análise do produto cartográfico evidenciou que o ChD é caracterizado pela coexistência e sobreposição de processos estruturais, denudacionais, biogênicos e fluviais, atuando em distintas escalas espaciais e temporais. Esses processos encontram-se fortemente condicionados pelo arcabouço geológico, especialmente pela resistência das litologias quartzíticas, pela dinâmica superficial atual e pelas intervenções antrópicas, que em determinados contextos contribuem para a intensificação de processos erosivos.

A identificação de materiais lateríticos e latossolizados, em um contexto predominantemente quartzítico — litologias que, por si só, não fornecem ferro em quantidade suficiente para a formação desses materiais — constitui um importante indicativo da existência de antigas superfícies aplainadas e de condições paleoambientais distintas das atuais. Esse resultado reforça o potencial da carta morfogenética como instrumento de interpretação paleoambiental, ao permitir a reconstrução de fases pretéritas da evolução da paisagem, mesmo na ausência de dados cronológicos diretos.

De modo geral, esta pesquisa contribui para o avanço das abordagens integradas em geomorfologia, ao propor e aplicar uma estrutura cartográfica morfogenética que articula forma, processo e material de maneira sistemática. A carta morfogenética elaborada consolida-se como um produto de alto valor analítico, capaz de subsidiar estudos comparativos em ambientes quartzíticos e em áreas de relevo de cimeira, além de dialogar com discussões

contemporâneas sobre evolução de superfícies, controle estrutural do relevo e dinâmica de sistemas geomorfológicos complexos.

No campo da aplicabilidade, os resultados apresentam implicações diretas para o planejamento e a gestão territorial, especialmente em áreas inseridas em unidades de conservação. A identificação de compartimentos morfogenéticos mais sensíveis, de áreas suscetíveis à intensificação de processos erosivos e de setores com maior valor geoambiental fornece subsídios técnicos relevantes para ações de manejo, conservação e monitoramento ambiental no contexto do Parque Nacional da Serra da Canastra. Nesse sentido, a carta morfogenética pode ser reconhecida como uma ferramenta estratégica de apoio à gestão ambiental, à geoconservação e à ordenação do uso do território.

Apesar das contribuições alcançadas, algumas limitações devem ser consideradas. A pesquisa não permitiu a determinação dos períodos específicos do Quaternário nos quais os principais processos morfogenéticos ocorreram, uma vez que não foram incorporadas análises cronológicas absolutas ou relativas, como datações geocronológicas ou estudos estratigráficos detalhados. Essa limitação restringe a definição temporal mais precisa das fases evolutivas da paisagem, embora não comprometa a interpretação genética e relacional dos processos identificados.

Adicionalmente, a metodologia proposta não se apresenta como um modelo universalmente aplicável a qualquer contexto geomorfológico, pois sua efetividade está diretamente associada às particularidades litológicas, estruturais e morfodinâmicas do Chapadão do Diamante. Ainda assim, o método demonstra elevado potencial de adaptação, desde que ajustado às especificidades de outros compartimentos geomorfológicos.

Devem ser consideradas também as limitações técnicas inerentes ao uso das geotecnologias. Uma delas refere-se à impossibilidade de construção de uma legenda plenamente hierarquizada na carta morfogenética, em função das restrições operacionais do QGIS utilizado na elaboração cartográfica. Tal limitação aponta para a necessidade de avanços tanto no desenvolvimento de ferramentas cartográficas quanto na reflexão sobre padrões de representação gráfica adequados a mapas geomorfológicos de caráter genético e interpretativo.

Como perspectivas futuras, recomenda-se o aprofundamento da padronização metodológica da abordagem proposta, com sua aplicação em diferentes contextos geomorfológicos, visando ampliar o potencial comparativo entre paisagens. Sugere-se, ainda, a incorporação de dados de maior resolução espacial, análises quantitativas de processos

geomorfológicos, séries temporais e métodos geocronológicos, de modo a refinar a compreensão da dinâmica morfogenética e fortalecer a robustez interpretativa dos resultados.

Por fim, a carta morfogenética elaborada nesta pesquisa pode ser reconhecida não apenas como um produto cartográfico, mas como um instrumento científico de síntese e interpretação da paisagem, com potencial para subsidiar investigações acadêmicas, apoiar a gestão ambiental e contribuir para o reconhecimento do patrimônio geomorfológico do Chapadão do Diamante. Nesse sentido, o trabalho reforça a relevância da cartografia geomorfológica de base genética como eixo estruturante na compreensão integrada da evolução do relevo.

6. Referências

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação.**

V.52, São Paulo: Geomorfologia, 1977. p. 1-22.

AB'SABER, A.N. **Bases para a geomorfologia do Brasil.** São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1969.

AB'SABER, A.N. **Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário.** Geomorfologia, São Paulo: Instituto de Geografia – USP, n. 18, p. 1-23, 1969.

BARBOSA, G. V. et al. Evolução da metodologia para mapeamento geomorfológico do Projeto RADAMBRASIL. **Boletim Técnico: Projeto RADAMBRASIL série geomorfologia.** Salvador, 1984. p. 07-26

BARCELOS, A.C. ; DANELON, J.R.B; & RODRIGUES, S.C. Use ff Remotely Piloted Aircraft (Rpas) in the Elaboration of Three-Dimensional Models to Assist in Geomorphological Cartography / Uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (Arps) na Elaboração de Modelos Tridimensionais para Auxiliar Na Cartografia Geomorfológica. **William Morris Davis - Revista De Geomorfologia**, v.3, n.2, p.1–14. dez, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n2.2022.350>. Acesso em: Jul. 2025.

BASHENINA, N.V e PIOTROVSKIM, V. **Geneticheskaja Klassifikacia sklonov kak osnova dlja legendy geomorfologicheskikh kart krupnykh masshtabov.** Vestnik Moskovskogo Universiteta. Geografia, 3:52-62, 1968.

BASHENINA, N.V e ZARUTSKAYA, I.P. **Principy generalizacii geomorfologicheskikh kart krupnykh i srednikh masshtabov.** Vestnik Moskovskogo Universiteta. Geografia, 2:18-24. 1968

BIGARELLA, J.J; ANDRADE, F.F. de; ROSS, J. L. S. Considerações sobre a evolução do relevo brasileiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 2, p. 217–226, 2000.

BIGARELLA, J.J. ; BECKER, R.D.; SANTOS, L.A. dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000.

CAMPOS, A.B.A. , & BOTELHO, R.G.M. Street View and Google Earth as Investigative Tools for Landscape Changes: The Virtual Fields / Street View e Google Earth Como Ferramentas Investigativas de Alterações na Paisagem: Os Campos Virtuais. **William Morris Davis - Revista De Geomorfologia**, v.3, n.2, p.1–19. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n2.2022.168>. Acesso em: Jun. 2025. DOI: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n2.2022.168>

CASSETI, V. **Geomorfologia.** 2005;

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999

COLTRINARI.L. **Contribuição à Geomorfologia da Região de Guaratinguetá-Aparecida**. 1974. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia - F.F.L.C.H. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

COMERLATO, T. ; LAMOUR, M.R.; SILVEIRA, C.T. da. Mapeamento Digital de Formas de Relevo no Ambiente Costeiro do Paraná. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, n. 73, p. 477–491, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/49608>. Acesso em: Mai. 2025. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG217349608>

CUNHA, C.M.L.; & PINTON, L.G. A Cartografia do relevo como subsídio para a análise morfogenética de setor Cuestiforme. **Mercator**, Fortaleza, v. 27, pág. 149 a 158, fev. 2013. ISSN 1984-2201. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/759>. Acesso em: Out. 2025. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2013.1227.0011>

DEMEK, J. Generalization of Geomorphological Maps. In DEMEK, J. (ed.) **Progress made in geomorphological mapping**. Brno, Proceedings of the IGU Commission on Applied Geomorphology, Sub-commission of Geomorphological Mapping. p. 36-72, 1967.

DEMEK, J. et al. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Academia, **Publishing House of the Czechoslovak Academy of Science**. p.13-344. 1972.

DOKE, A., PARDESHI, S.D., PARDESHI, S.S. et al. **Identification of morphogenetic regions and respective geomorphic processes: a GIS approach**. Arab J Geosci 11, 20 (2018). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3358-5>. Acesso em: Mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3358-5>

GERASIMOV, I. P. **Essai d'interprétation geomorphologique du schéma general de la structure geologique de IURSS**. **Problèmes de Géographie Physique**, v. 12, 1946.

GIMENES, A.C.W. Carta geomorfológica e morfogênese do Mestre Álvaro, Serra –Espírito Santo – Brasil. **Geografares**, Vitória, Brasil, n. 3, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/1115>. Acesso em: Out.2025. DOI: <https://doi.org/10.7147/GEO3.1115>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>. Acesso em: Fev. 2026.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem de satélite CBERS 4A**, sensor WPM, nível 4, órbitas 203/138 e 203/139, de 27 de julho de 2024. Serra da Canastra (São Roque de Minas): INPE, 2024. 2 imagens multiespectral e 2 imagens pancromáticas. Disponível em: www.dgi.inpe.br. Acesso em: Jan. 2025.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. **Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms**. **Geomorphology**, v. 182, p. 147–156, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>

KLIMASZEWSKI, M. **Landform list and signs used in the detailed geomorphological map.** *Geographical Studies*, n. 46 (Problems of geomorphological mapping), p. 139-177, 1963a.

KLIMASZEWSKI, M. **The principles of the geomorphological map of Poland.** *Geographical Studies*, n. 46 (Problems of geomorphological mapping), p. 67-72, 1963b.

LESER, H.; STÄBLEIN, G. (eds.). **Geomorphologische Kartierung. Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1:25000.** Berliner Geogr. Abh., Sonderheft: 25 S.; Berlin, 1975.

LOPES, E. E. **Proposta Metodológica para Validação de Imagens de Alta Resolução do Google Earth para a Produção de Mapas.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92563>. Acesso em: Mar. 2025.

MARTÍN-SERRANO, A. ET.AL. Mapa geomorfológico de España a escala 1:50.000: Guia para su elaboración. Área de Cartografía Geológica. Madrid: Instituto Geológico y Mineiro de España, 2004.

MENDES, I. A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na Bacia do Córrego Lafon - Araçatuba - SP.** 1993. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MESCERJAKOV, J.P. **Les Concepts de Morphostruture et de Morphosculture: un nouvel instrument de l'analyse geomorphologique.** *Annales de Geographie* no.423 77 Année - Paris, p 539-552, 1968. DOI: <https://doi.org/10.3406/geo.1968.15733>

NAZAR, T.I.S.M.; RODRIGUES, S.C. Relevô do Chapadão do Diamante, Serra da Canastra/MG, Brasil: Compartimentação e Análise A Partir Dos Aspectos Geomorfométricos. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v.20, n1, p. 69-88. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1300>. Acesso em: DEZ. 2024. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1300>

NAZAR, T.I.S.M.; RODRIGUES, S.C. Mapping and Analysis of Surface Geocover in the Chapadão Do Diamante – MG – Brasil. **Mercator** , Fortaleza, v. 18, maio de 2019. ISSN 1984-2201. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/rm2019.e18010>. Acesso em: NOV. 2024. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2019.e18010>

NAZAR, T.I.S.M.; SILVA, G. A. da ; e RODRIGUES, S.C. Chapadão do Diamante, Serra da Canastra– MG: **Um olhar sobre a Geodiversidade.** IN ____: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada: Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. Campinas (SP). 2017, p.3219-3230. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1977>. Acesso em: Mai. 2024. DOI: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1977>

OLIVEIRA, A.A.G de. **A Utilização de anaglifos aplicado ao mapeamento geomorfológico: o caso do relevo residual "Serra do Corpo Seco".** 2019. 92 f. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28586>. Acesso: Mai. 2024

PALHARES, J.M. Domínios Morfoclimáticos. 1 ed. Foz do Iguaçu PR: José Mauro Palhares, 2004. v. 1000. 118p.

PARANAIBA, L.C. **Mapeamento dos Compartimentos Geomorfológicos do Município de Ituiutaba/Mg como Auxílio para o Planejamento Ambiental**. 2023. 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Instituto de Ciências Humanas do Pontal. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/41240>. Acesso em: Jul. 2024.

PAVLOPOULOS, K. EVELPIDOU, N. e VASSILOPOULOS, A. **Mapping Geomorphological Environments**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. 236p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01950-0>

PELTIER, L.C. (1950) **The geographic cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology**. Ann Assoc Am Geogr 40(3): 214–236. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00045605009352070>. Acesso em: Out.2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/00045605009352070>

PIKE, R. J.; EVANS, I., HENGL, T. Geomorphometry: A Brief Guide. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) Geomorphometry - Concepts, Software, Applications, Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, p. 3-30, 2009. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00001-9](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9)

Portal da Geologia. **CODEMIG&CPRM**, 2014. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: Nov.2024

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Versão 3.34: Prizren. [s.l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2018. Disponível em: <http://qgis.org>. Acesso em: Jun.2024

RADOANE, M; CRISTEA, N; e RADOANE, N. Geomorphological Mapping. Evolution and Trends. Revista de geomorfologie vol. 13, 2011, pp. 19-39. Disponível em: <https://www.geomorfologie.ro/wp-content/uploads/2015/07/Revista-de-geomorfologie-nr.-13-2011-completa.pdf>. Acesso em: Ago. 2025.

ROBAINA, L.E.S; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.17, n.2, p.287-298, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i2.857>. Acesso em: Mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i2.857>

ROBAINA, L.E.S; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V.; SCCOTI, A. A. V. Application of the geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil. **Revista RAEGA – O Espaço Geográfico em Análise**, 41, p.37–48. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/raega.v41i0.48724>. Acesso em: Mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v41i0.48724>

RODRIGUES, S. C., AUGUSTIN, C.H.R.R., & NAZAR, T.I.S.M. Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v.24, n.1, p.1-31, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2233>. Acesso em: Nov. 2025. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2233>

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil: geografia física**. 2. ed. São Paulo: EdUSP, 1992.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento territorial**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: USP, n. 6, p. 17-29, 1992. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>

RSI – RESEARCH SYSTEMS INC. **ENVI Classic 5.3** – user’s guide. Boulder, 2018.

SANTOS, F.C. dos. **As formações superficiais do chapadão do diamante – Serra da Canastra: contributos geoquímicos, físicos e geocronológicos**. Tese (Doutorado em Geografia)- Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.5526>. Acesso em: DEZ. 2024. DOI: <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.5526>

SANTOS, Y.R. F. dos. **Cartografia geomorfológica de detalhe aplicada ao geopatrimônio: geomorfossítios do Projeto Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, SC/RS**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/227002>. Acesso em: Jan. 2025.

SANTOS, L. F. L. dos, MELO, R. F. T. de, & SILVA LISTO, D. G. da. Proposta de utilização do Google Earth pro para a confecção de mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço estrutural de Água Branca (AL/PE). **Revista De Geografia**, v.36, n.3, p.147–159. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2019.241120>. Acesso em: Jan. 2025. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2019.241120>

SILVA, D.A da. **Análise das classes de declividade do Chapadão do Diamante (Serra da Canastra) e sua relação com Padrões de Compartimentação do Relevo e Gecoberturas**. 2023. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/38454>. Acesso em: Jun. 2024.

SILVA, G. A. da. Caracterização geomorfométrica de uma feição erosiva principiada por nascente no Chapadão Diamante, Serra da Canastra (MG). **Caderno De Geografia**, v.30, n.1, p.52–76. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30nesp1p52-76>. Acesso em: Jan. 2026. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30nesp1p52-76>

SILVA, M.A., & SOUZA, J.O.P. Análise da qualidade dos modelos digitais de elevação (MDE) para a área da bacia hidrográfica do rio espinharas- PB/RN. **Revista Contexto Geográfico**, v.10, n.24, p.101-115, 2025. Disponível em:

<https://doi.org/10.28998/contegeo.10i.24.17745>. Acesso em: Dez. 2025. DOI: <https://doi.org/10.28998/contegeo.10i.24.17745>

SILVEIRA, C. T. da, SILVEIRA, R. M. P., TRENTIN, R., & ROBAINA, L. E. de S. Classificação Automatizada de Elementos De Relevo No Estado Do Paraná (Brasil) por Meio da Aplicação da Proposta dos Geomorphons. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v.19, n.1. p.33-57. jan./mar.2018 Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1263>. Acesso em: Abr. 2025. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1263>

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Mapeamento Morfogenético da Porção Leste do Estado do Paraná com uso da Geomorfometria. **Revista GeoUECE (online)**, v. 08, n. 15, p. 165-177, jul./dez.2020. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/2166>. Acesso em: Mai. 2025.

SILVEIRA, R. M. P., & SILVEIRA, C. T. da. Análise Digital do Relevo Aplicada à Cartografia Geomorfológica da Porção Central da Serra do Mar Paranaense. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v.17, n.4., p.615-629, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i4.1063>. Acesso em: Nov. 2025. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i4.1063>

SOUZA, D.A, de; RODRIGUES, S. C. Aspectos Morfoestruturais E Morfoesculturais da Serra da Canastra e Entorno (MG). **Revista Do Departamento De Geografia**, v.27, p.47-66, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.472>. Acesso em: DEZ. 2024. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.472>

SUMMERFIELD, M. A. Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms. London: Longman, 1991.

TITARELLI, A.H.V. O vale do Parateí: Estudo Geomorfológico. 1973. Departamento de Geografia -F.F.L.C.H. Universidade de São Paulo, 1975.

TOBLER, W. R. The development of analytical cartography — a personal note. **Cartography and Geographic Information Science**. n. 27, v. 3, p.189-194, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304000783547867>

TOPODATA: **Bancos de Dados Geomorfométricos do Brasil**. INPE, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: NOV.2024

TRICART, J.; CORDEIRO, I. **Introdução à geografia física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1980

TRICART, J. Principes et méthodes de la géomorphologie. Paris: Masson, 1965. DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-196510000-00015>

UHLEIN, A.; FONSECA, M. A.; SEER, H. J.; DARDENE, M. A. **Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília – setores sententrional e meridional**. Geonomos, Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 1-14, 2012. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v2i20.243>

VASCONCELOS, V., DE CARVALHO JUNIOR, O. A., MARTINS, E. de S., COUTO JUNIOR, A. F., GUIMARÃES, R. F., & GOMES, R. A. T. (2012). Sistema de classificação

geomorfométrica baseado em uma arquitetura sequencial em duas etapas: árvore de decisão e classificador espectral, no Parque Nacional Serra da Canastra. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v.13, n.2, p.171-186, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i2.248>. Acesso em: Nov. 2025.

VALERIANO, C. M.; DARDENE, M. A.; FONSECA, M. A.; SIMÕES, L. S. A.; SEER, H. J. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Org.). **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p.575-592. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i2.248>

WOLF, P.R. **Elements of Photogrammetry**. McGraw-Hill Book Co., New York, n. 2, p. 637-646, 1983.