

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU)
INSTITUTO DE GEOGRAFIA (IGUFU)
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

GIOVANA LOPES LEONEL

**UNIDADES GEOMORFOPEDOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DAS FURNAS (INDIANÓPOLIS - MG)**

Monte Carmelo (MG)

Abril de 2024

GIOVANA LOPES LEONEL

UNIDADES GEOMORFOPEDOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DAS FURNAS (INDIANÓPOLIS - MG)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Alan Silveira.

Monte Carmelo

Abril de 2024

GIOVANA LOPES LEONEL

UNIDADES GEOMORFOPEDOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DAS FURNAS (INDIANÓPOLIS - MG)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Alan Silveira.

Monte Carmelo, 05 de abril de 2024

Prof. Dr. Alan Silveira (Orientador)
(IG-UFU)

Prof. Dr. Filipe Goulart Lima
(IG-UFU)

Msc. Juliana Abreu Crosara Petronzio
(IG-UFU)

MONTE CARMELO

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

L583
2024

Leonel, Giovana Lopes, 2000-
Unidades Geomorfopedológicas da Bacia Hidrográfica do
Ribeirão das Furnas (Indianópolis - MG) [recurso
eletrônico] / Giovana Lopes Leonel. - 2024.

Orientador: Alan Silveira.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
Geologia.

Modo de acesso: Internet.
Inclui bibliografia.

1. Geologia. I. Silveira, Alan, 1981-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em
Geologia. III. Título.

CDU: 551

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

AGRADECIMENTOS

Durante a graduação foram muitas pedras no caminho que tive que superar, diante das mais diversas situações, mas com o apoio de pessoas queridas essa longa caminhada se fez mais leve.

Por isso gostaria de agradecer principalmente aos meus pais, Julia e Walsi, por todo o apoio e carinho, mesmo à distância, e por sempre me encorajarem a seguir meus sonhos. À minha irmã Eloisa e à minha avó Maria Helena, por me acompanharem e acreditarem em mim sempre. Aos demais familiares que aqui não cito, mas que sempre se fizeram presentes durante toda a minha jornada.

Agradeço aos meus grandes amigos Willian Mizumura e Raphaela Gomes, pelas conversas descontraídas, por todo o apoio dentro e fora da sala de aula e por trilharem esse caminho comigo.

Ao meu orientador Alan Silveira por todo o conhecimento compartilhado, por todo o suporte e disposição durante toda a elaboração desta pesquisa. Ainda agradeço o grande incentivo a pesquisa e a universidade pública. Aos examinadores da banca Juliana de Abreu Crossara Petronzio e Filipe Goulart Lima, por todas as correções que ajudaram no aperfeiçoamento deste trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia pela disponibilidade de uso dos laboratórios, que foram essenciais; como o laboratório de Geomorfologia e Pedologia (GEOPED) que muitas vezes foi lugar de acolhimento e aprendizado, e o Laboratório de Física do Solo (LAFIS ICIAG/UFU), que possibilitou a realização da granulometria dos solos, por isso também agradeço a profissional Tháfilla Silva por toda a ajuda durante esse processo.

RESUMO

A abordagem geomorpedológica contribui para a compreensão da evolução do relevo e da distribuição espacial dos solos, integrando dados geológicos, geomorfológicos e pedológicos. A bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas, situada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, localiza-se no município de Indianópolis e desempenha um papel significativo no sistema produtivo agropecuário da região. Além disso, sua área drenada abriga elevado percentual da chapada Indianópolis-Celso Bueno, que tem cotas altimétricas niveladas à chapada Uberaba-Uberlândia, condizentes à Superfície Sul-Americana. Seu conjunto de terras apresenta um contexto geomorpedológico marcado por topos tabulares e escarpas erosivas, com diferentes litotipos que controlam a dinâmica de relevo e dos solos da área. Essa variação resulta na formação de diferentes classes de solos, que englobam desde solos menos desenvolvidos como Neossolos, a perfis espessos latossolizados e solos hidromórficos em ambiente de veredas. Com isso, a pesquisa teve o objetivo de identificar as Unidades Geomorpedológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas, a fim de contribuir com discussões genéticas sobre relevo e solos, assim como para criar dados que subsidiem o planejamento ambiental. A metodologia esteve orientada a partir dos dois primeiros níveis de abordagem da proposta de compartimentação morfopedológica, oriunda de geomorfólogos franceses e adaptadas pela geopedologia brasileira. No primeiro nível realizaram-se revisões bibliográficas e cartográficas, seguidas da organização de mapeamentos intermediários, que foram utilizados posteriormente para a identificação de Unidades Geomorpedológicas na escala 1:50.000. O segundo nível contou com trabalhos de campo para a checagem dos mapeamentos previamente organizados, bem como para a descrição morfológica de perfis de solos, com coletas de amostras para análises granulométrica e morfoscópica. Ainda neste segundo nível os trabalhos de campo subsidiaram a produção de uma secção longitudinal (transecto) e um bloco diagrama que intercepta as Unidades mapeadas no primeiro nível. Em seus resultados o trabalho deu enfoque na influência do relevo na formação dos solos, por isso apresenta primeiramente a identificação dos seguintes Compartimentos Geomorfológicos posicionados na unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná: Amplos Interflúvios Tabulares (I), Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II), Aptf (III), Vertentes Escalonadas Convexizadas (IV) e Vales Encaixados (V). Em um segundo momento, associando esses Compartimentos Geomorfológicos ao quadro litológico e pedológico, chegou-se ao reconhecimento de quatro Unidades Geomorpedológicas que se referem: a Unidade Úmida Gleizada e Paludizada (I); aos Amplos Interflúvios e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas (II); as

Vertentes Escalonadas com Afloramentos e Rampas de Colúvio Pedogenizadas (III); e aos Vales Encaixados Regolíticos e Rochosos (IV). O trabalho ainda apresenta em seus resultados discussões genéticas sobre distintos Latossolos identificados na área como LA, LV1 e LV2, relacionando-os com as Superfícies Geomórficas, os materiais de origem e os dados morfológicos e experimentais (granulometria e morfoscopia). Com isso, compreende-se que a distribuição espacial dos solos na bacia hidrográfica do ribeirão das Furnas tem vínculo direto com a evolução das superfícies geomórficas (S1, S2 e S3) e com o desenvolvimento e mobilização dos perfis de alteração oriundos de distintos litotipos (coberturas cenozoicas, depósitos rudáceos e basaltos).

Palavras-chave: Bacia Sedimentar do Paraná. Planalto Tabular. Escarpa Erosiva. Latossolos. Veredas.

ABSTRACT

The geomorphological approach contributes to understanding the evolution of the relevance and spatial distribution of soils, integrating geological, geomorphological and pedological data. The Ribeirão das Furnas watershed, located in the mesoregion of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, is located in the municipality of Indianópolis and plays a significant role in the region's productive agricultural system. Furthermore, its drained area is home to a high percentage of the Indianópolis-Celso Bueno plateau, which has elevation levels level with the Uberaba-Uberlândia plateau, consistent with the South American Surface. Its set of lands presents a geomorphopedological context marked by tabular tops and erosive scarps, with different lithotypes that control the dynamics of the areas relief and soils. This variation results in the formation of different classes of soils, which range from less developed soils such as Neossolos, to thick latosolized profiles and hydromorphic soils in a veredas environment. With this, the research aimed to identify the geomorphopedological units of the Ribeirão das Furnas watershed, in order to contribute to the genetic discussion on relief and soils, as well as to create data that support environmental planning. The methodology was guided by the first two levels of approach of the morphopedological compartmentalization proposal, originating from French geomorphologists and adapted by Brazilian geopedology. At the first level, bibliographical and cartographical reviews were carried out, followed by the organization of intermediate mappings, which were later used to identify geomorphopedological units on a 1:50,000 scale. The second level involves field work to arrive at previously organized mappings, as well as for the morphological description of soil profiles, with sample collection for granulometric and morphoscopic analyses. Still at this second level, fieldwork supported the production of a longitudinal section (transect) and a block diagram that intersects the units mapped at the first level. In its results, the work addressed the influence of relevance on soil formation, therefore presenting the identification of the following geomorphological compartments positioned in the Morphostructural unit of the Paraná Sedimentary Basin: Wide Tabular Interfluves (I), Extended Smoothly Convexized Slopes (II), Aptf (III), Convexized Stepped Slopes (IV) and Embedded Valleys (V). Secondly, associating these geomorphological compartments with the lithological and pedological framework, four geomorphological units were recognized: the Gleizada and Paludizada Humid Unit (I); to the Wide Interfluves and Smoothly Convexized Latossolized Slopes (II); as stepped slopes with outcrops and pedogenized colluvium ramps (III); and the Regolithie and Rocky Encased Valleys (IV). The work also presents in its results the genetic discussion on different Oxisols identified in the area as LA, LV1 and LV2, specifically with the

geomorphic surfaces, the source materials and the morphological and experimental data (genulometry and morphoscopic). With this, it is understood that the spatial distribution of soils in the Furnas river basin has a direct connection with the evolution of geomorphic surfaces (S1, S2 and S3) and with the development and mobilization of alteration profiles originating from different lithotypes (Cenozoic covers, rudaceous and basaltic deposits).

Keywords: Paraná Sedimentary Basin. Tabular Plateau. Erosive Scarp. Oxisols. Paths.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de Localização.....	11
Figura 2: Ferramentas utilizadas em campo, trado holandês e análise textural de amostras de solo. (A) Tradagem de Latossolo Vermelho 1 em área de Vertente Suavemente Convexizada. (B) Tradagem de solo hidromórfico em área de veredas. (C) Tradagem e com avaliação da textura e estrutura de Latossolo Vermelho 1. (D) Análise da textura e consistência de Gleissolo em campo.	21
Figura 3: Processo de dispersão das amostras. (A) Separação das amostras retirando apenas 20g de conteúdo para a dispersão no agitador. (B) Amostras com água e hidróxido de sódio já prontas para serem colocadas no agitador.....	22
Figura 4: Processo de separação das areias. (A) Retirada de todo o conteúdo de areia da garrafa após a dispersão; fração areia fica retida na peneira e frações silte e argila vão para a proveta. (B) Após a separação a proveta (com silte e argila) é completa com água até a marca dos 1 L para começar o processo de sedimentação. (C) Areia obtida após todo o processo de separação pronta para secagem em estufa.	23
Figura 5: Separação da areia fina e grossa. (A) Processo de peneiramento para separação de fração fina e grossa; areia fina fica no fundo e areia grossa fica na peneira. (B) Demonstração do material utilizado, peneira de 0,200 mm. (C) e (D) Separação e identificação das amostras com fita.....	24
Figura 6: Determinação do silte e argila. (A) Todos os cilindros de sedimentação e prova posicionados prontos para agitação e pipetagem. (B) Amostras já separadas e nomeadas prontas para secagem em estufa. (C) e (D) Amostras secas prontas para pesagem.	25
Figura 7: Análise morfoscópica da areia em microscópio. (A) Amostra de areia grossa de LV2 – 1. (B) Amostra de areia grossa de LA. (C) observação em microscópio da fração fina de LA para determinação dos nódulos de argila. (D) Separação dos minerais magnéticos com imã para análise; amostra de LV2 – 1.	27
Figura 8: Base Cartográfica.	29
Figura 9: Carta de Hipsometria.....	30
Figura 10: Carta de Declividade.	31
Figura 11: Carta de Densidade de Drenagem.	32
Figura 12: Carta de Profundidade de Drenagem.	33
Figura 13: Disposição dos perfis de elevação extraídos.....	34

Figura 14: Amplos Interflúvios Tabulares (I). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do Compartimento I. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento I.....	36
Figura 15: Perfis de elevação (A-B, C-D, E-F) referentes ao Compartimento Geomorfológico I.	37
Figura 16: Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do Compartimento II. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento II.	38
Figura 17: Perfis de elevação (G-H, I-J) referentes ao Compartimento Geomorfológico II.	39
Figura 18: Aptf (III). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do compartimento III. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento III.	40
Figura 19: Perfil de elevação (K-L) referente ao Compartimento Geomorfológico III.	41
Figura 20: Vertentes Escalonadas Convexizadas (IV). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do Compartimento IV. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento IV.	42
Figura 21: Perfil de elevação (M-N) referente ao Compartimento Geomorfológico IV.	43
Figura 22: Vales Encaixados (V). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do Compartimento V. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento V.	44
Figura 23: Perfil de elevação (O-P) referentes ao Compartimento Geomorfológico V.	45
Figura 24: Bloco diagrama Compartimentos Geomorfológicos.....	46
Figura 25: Carta Litológica.....	51
Figura 26: Carta Geomorfológica.....	52
Figura 27: Carta Pedológica.	53

Figura 28: Triângulo textural.....	55
Figura 29: (A) Perfil de Latossolo Amarelo (B) Fração de areia grossa e Fração de areia fina (C), vistas em estereomicroscópio binocular.....	56
Figura 30: Nódulos de argila. (A) Nódulos observados sob estereomicroscópio. (B) Nódulos observados sob microscópio; com grãos opacos.	56
Figura 31: (A) Perfil de Latossolo Vermelho 1-1 próximo ao rebordo erosivo cascalheira. (B) Areia grossa. (C) Areia fina.....	57
Figura 32: (A) Latossolo Vermelho 1-2 próximo a Vertente Suavemente Convexizada. (B) Fração de areia grossa. (C) Fração de areia fina.	58
Figura 33: (A) Latossolo Vermelho 2-1 próximo a Vertente Convexa. (B) Fração areia grossa. (C) Fração areia fina.....	58
Figura 34: (A) Perfil de Latossolo Vermelho 2-1 próximo ao rebordo e a cascalheira. (B) Fração areia grossa. (C) Fração areia fina.....	59
Figura 35: Carta Geomorfopedológica.	61
Figura 36: Transecto e Bloco Diagrama Das Unidades Geomorfopedológicas.	62
Figura 37: Unidade Geomorfopedológica I: Úmida Gleizada e Paludizada (I). (A) Perfil de Gleissolo. (B) Foto retirada em campo da unidade I. (C) Perfil de Organossolo. (D) Vertente Afogada área de Aptf e parte da Unidade I. (E) Amostra de Gleissolo. (F) Vegetação de veredas.	65
Figura 38: Unidade Geomorfopedológica II: Interflúvios Tabulares e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas (II). (A) Perfil de Latossolo Amarelo nos Amplos Interflúvios. (B) Fotografia retirada em campo referente aos Amplos Interflúvios Tabulares. (C) Perfil de Latossolo Vermelho 1 fotografado nas Vertentes Suavemente Convexizadas. (D) Fotografia retirada em campo referente Vertentes Suavemente Convexizadas. (E) Perfil de Latossolo Vermelho 2 nas Vertentes Convexas. (F) Perfil de Latossolo Vermelho 1 com cascalheira localizado na transição da Vertente Suavemente Convexizada para Vertente Convexa. (G) Imagem panorâmica da Vertente Convexa.	66
Figura 39: Unidade Geomorfopedológica III: Vertentes Escalonadas com Afloramentos e Rampas de Colúvios Pedogenizadas (III). (A) Rampa de Colúvio Pedogenizada. (B) Perfil de Cambissolo e afloramento rochoso. (C) Perfil de Cambissolo nas Vertentes Escalonadas. (D) Vertentes Escalonadas. (E) Blocos de basalto nas Rampas de Colúvio. (F) Escalonamento.	67
Figura 40: Unidade Geomorfopedológica IV: Vales Encaixados Regolíticos e Rochosos (IV). (A) Encachoeiramento no Ribeirão Mandaguari. (B) Vale Encaixado. (C)	

Fotografia tirada em campo dos afloramentos rochosos nos Vales Encaixados. (D) Basalto. (E) Cangas encontradas próximas aos afloramentos. (F) Ponte sobre o Ribeirão das Furnas e declividade do terreno.68

Figura 41: Modelo evolutivo da área. (A) Bloco representativo da Superfícies Geomórfica S1; (B) Instalação da S2; (C) Cenário atual com S1, S2 e S3, já instalada; (D) Possível cenário futuro da chapada.72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas de desenvolvimento da pesquisa.	14
Quadro 2: Paleta de cores e códigos padronizados.....	15
Quadro 3: Classes e cores estabelecidas para a hipsometria.	16
Quadro 4: Classes e cores estabelecidas para a declividade.....	16
Quadro 5: Parâmetros para a definição das classes da carta de declividade.	17
Quadro 6: Compartimentação Geomorfológica.....	47
Quadro 7: Unidades Geomorfopedológicas.....	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Granulometria dos Solos.....	54
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	9
2. OBJETIVOS.....	13
3. METODOLOGIA.....	13
Primeiro Nível: etapas 1 a 6.....	14
Etapa 1: Revisão Bibliográfica e Cartográfica.	14
Etapa 2: Base Cartográfica.	15
Etapa 3: Mapeamentos Morfométricos.....	15
Etapa 4: Compartimentação geomorfológica.	18
Etapa 5: Dados geológicos, pedológicos e geomorfológicos.	18
Etapa 6: Unidades Geomorfopedológicas.	19
Segundo Nível: etapas 7 a 11	20
Etapa 7: Trabalhos de campo.	20
Etapa 8: Descrição morfológica de perfis de solos.....	20
Etapa 9:Análise Granulométrica.....	21
Etapa 10:Descrição morfoscópica da areia.....	26
Etapa 11:Organização de transecto e bloco diagrama síntese.	27
Etapa 12: Análise dos dados e produção da monografia final.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Compartimentação Geomorfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas	28
4.1.1 Compartimento Geomorfológico I - Amplos Interflúvios Tabulares.....	35
4.1.2 Compartimento Geomorfológico II - Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas ...	37
4.1.3 Compartimento Geomorfológico III – Aptf	39
4.1.4 Compartimento Geomorfológico IV - Vertentes Escalonadas Convexizadas.....	41
4.1.5 Compartimento Geomorfológico V - Vales Encaixados	43
4.2 Unidades Geomorfopedológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas	48
4.2.1 Unidade Geomorfopedológica I: Úmida Gleizada e Paludizada.....	63
4.2.2 Unidade Geomorfopedológica II: Interflúvios Tabulares e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas	63
4.2.3 Unidade Geomorfopedológica III: Vertentes Escalonadas com Afloramentos e Rampas de Colúvios Pedogenizadas.	63
4.2.4 Unidade Geomorfopedológica IV: Vales Encaixados Regolíticos e Rochosos	68
4.3 Relações das Superfícies Geomórficas e Unidades Geomorfopedológicas.....	71

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
6. REFERÊNCIAS	75

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A geomorfopedologia resulta da integração de informações geomorfológicas, geológicas e pedológicas, contribuindo para uma análise da evolução da paisagem. Castro (2021) discute as interrelações de solo, relevo e paisagem, com base na correlação espacial dos componentes da superfície terrestre correspondentes aos cinco fatores de formação dos solos (material de origem, relevo, clima, organismos e tempo). Destaca a geomorfopedologia como uma abordagem geoespacial ou geocartográfica voltada ao mapeamento de solos e de padrões espaciais das relações entre solos e outros componentes da superfície terrestre (Castro, 2021).

A geopedologia, definida por Principi (1952, apud Castro, 2021) corresponde à contração de geomorfopedologia, em que o prefixo Geo se refere à superfície da Terra, e abrange conceitos e métodos da Geologia e da Geografia. Zinck (2012) e Zinck et al. (2016) compreendem a geopedologia como capaz de auxiliar no inventário da distribuição espacial dos solos, com ênfase na geomorfologia, valorizando fortemente a influência do relevo na estrutura física de formação dos solos e na morfodinâmica da superfície. Para o autor:

Sin embargo, en el concepto de geopedología, el énfasis es en la geomorfología como factor estructurante mayor del paisaje pedológico y, en este sentido, el vocablo de geopedología es una contracción conveniente de geomorfopedología (ZINCK, 2012, p.1, grifo nosso).

Outra abordagem geocartográfica bastante utilizada no Brasil é a morfopedologia, que segundo os franceses Tricart e Kilian (1978), tem como objetivo a identificação de Unidades Geomorfológicas e seus solos associados, caracterizadas a partir de processos de morfogênese e pedogênese. Se baseia na identificação e delimitação de unidades espaciais, que são produzidas a partir das relações entre rocha, relevo e solos numa mesma escala (Tricart; Kilian, 1978).

Villela et al. (2015) agregam à geomorfopedologia um levantamento litológico e estrutural, considerando-a como uma abordagem integrada que permite maior conhecimento da evolução da paisagem, principalmente nos regimes tropicais úmidos. Nessas áreas as superfícies são bastante afetadas por processos mecânicos e/ou geoquímicos, podendo resultar na sua exumação ou soterramento, sobreposição ou truncamento, ao longo do tempo geológico (Villela et al., 2015).

Castro e Salomão (2000) propuseram um roteiro metodológico com base na abordagem morfopedológica de Tricart e Kilian (1978) contendo seis níveis, entre os quais,

para essa pesquisa, destacam-se os dois primeiros. No primeiro nível são produzidos mapeamentos intermediários para a compartimentação morfopedológica, enquanto o segundo permite o estudo específico dos processos que atuaram na elaboração dos solos no tempo, a partir de trabalhos de campo que interceptam as unidades morfológicas previamente definidas (Castro; Salomão, 2000). Nesse sentido, o presente trabalho adotou o roteiro metodológico proposto pelos autores citados, planejando a aplicação e adaptação dos dois primeiros níveis de abordagem referenciados.

A área selecionada para estudo corresponde à bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas (Figura 1), situada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, localizada no município de Indianópolis. Do ponto de vista morfoestrutural a área está posicionada na Bacia Sedimentar do Paraná, em um contexto geomorfológico de Planaltos Tabulares com rebordos erosivos (Baccaro et al., 2001). Conta com estruturas sedimentares em camadas horizontalizadas a subhorizontalizadas, com extensos topos planos e encostas abruptas (Rodrigues et al., 2023).

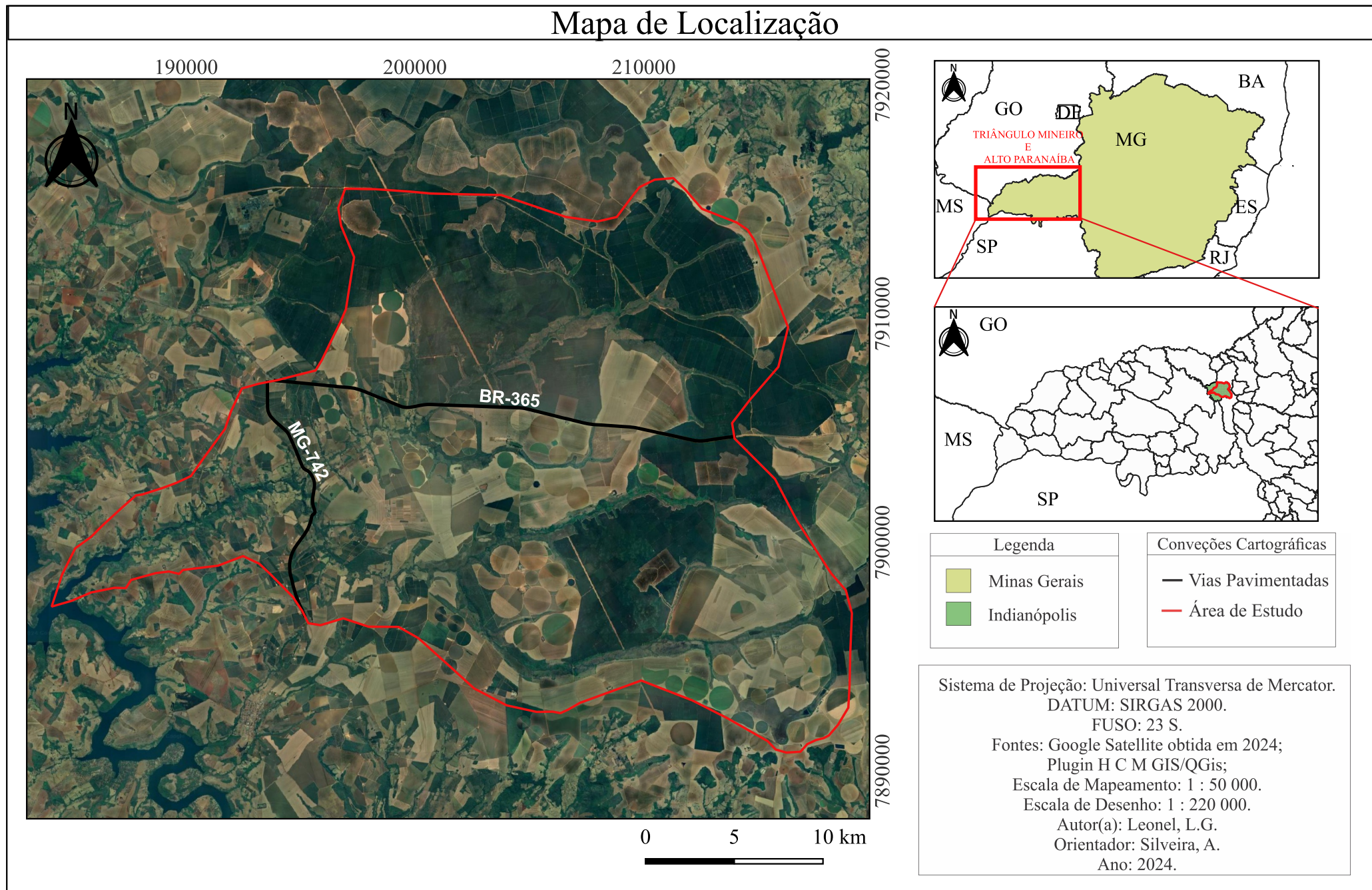
Segundo Seer e Moraes (2017) a região do Triângulo Mineiro situa-se dentro de duas grandes unidades geotectônicas do Brasil Central: o Orógeno Brasília, de idade neoproterozoica, e a Bacia do Paraná, de idade fanerozoica. A bacia do Ribeirão das Furnas está inserida na Bacia do Paraná, que se limita à NE por escarpamento com o Orógeno Brasília. Ou seja, os limites da alta bacia estão próximo aos Orógeno Brasília. O contexto litológico da bacia apresenta extensas Coberturas Detrítico-lateríticas Coluvionares, e litotipos do Grupo Bauru (Formação Marília) e do Grupo São Bento (Formação Serra Geral) (Chaves; Dias, 2017).

Conforme Chaves; Dias (2017) as Coberturas se desenvolveram sobre os grupos São Bento e Bauru, compreendendo detritos predominantemente quartzo-siltoarenosos avermelhados a amarelados. A Formação Serra Geral é composta por basaltos maciços, afaníticos, amigdaloidais e hipocristalinos, de coloração cinza escura a preta. Enquanto a Formação Marília, é formada, principalmente, por arenitos finos a médios, localmente grossos, branco a vermelhos, em geral imaturos e ferruginosos (Chaves; Dias, 2017).

De acordo com o levantamento realizado por Motta et al. (2004), na área são encontrados solos do tipo Neossolo Litólico Eutrófico, Latossolo Vermelho Ácrico e Distrófico, Latossolo Amarelo Ácrico e Gleissolo Melânico Distrófico.

Figura 1: Mapa de Localização.

Mapa de Localização



A bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas tem área de aproximadamente 480 km², sendo este um importante afluente do Rio Araguari e tem como principais afluentes o Córrego Lajeado, Córrego Pequi, Córrego Caiapó e o Ribeirão Mandaguari. Para este último Ribeirão, a Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais realizou o Zoneamento Ambiental Produtivo (FEAM, 2018).

Conforme observado na imagem de satélite da figura 1, chama-se atenção para os seus extensos topos tabulares posicionados na chapada Indianópolis-Celso Bueno, a qual apresenta espessos perfis latossilizados e quantidades significativas de veredas e campos de murundus. Nas bordas desse chapadão encontram-se escapas erosivas que se dirigem de forma escalonada ao vale do Rio Araguari, sendo controladas por distintas litologias. O contexto de uso e ocupação é dominado pela agricultura moderna de grãos, pinus e café, com marcante instalação de pivôs de irrigação.

Trata-se, portanto, de uma área relevante para estudos geomorfopedológicos, tanto do ponto de vista genético (relevo e solo), quanto do ponto de vista aplicado (ambiental). Nesse sentido, a investigação tem a finalidade de contribuir com discussões acerca da evolução do relevo e sobre o desenvolvimento dos solos, bem como criar dados que contribuam para o planejamento e ordenamento territorial e ambiental.

Destaca-se ainda que a pesquisa integra grupo de trabalho dedicado ao estudo do rebordo da chapada Indianópolis-Celso Bueno a partir da abordagem geomorfopedológica, como ilustram os trabalhos de Silva et al. (2020), Batista et al. (2021) e Silva (2023). O primeiro identificou rupturas topográficas que apresentam perfis de alteração com a presença de *stone lines* que pavimentam os basaltos da Formação Serra Geral, permitindo inferir uma condição paleoclimática associada a processos pretéritos de aplainamento. O segundo identificou relevos residuais sustentados por arenitos na borda da referida chapada localizada na margem nordeste de bacia sedimentar. E o terceiro correlacionou cobertura natural e o uso da terra com os componentes do meio físico, em especial o relevo, a rocha e os solos.

Assim, o estudo na bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas tem relevância na medida em que sua área drenada se posiciona em grande extensão no interior da chapada Indianópolis-Celso Bueno (figura 1). Fundamentada na concepção geomorfopedológica de Zinck (2012) e Zinck et al. (2016) a pesquisa tratou com ênfase a influência do relevo na estrutura física de formação dos solos e na morfodinâmica da superfície, também associando o quadro litológico. Com isso, os resultados adquiridos estão organizados de forma ordenada. Primeiramente é apresentado uma compartimentação geomorfológica para a área de estudo,

seguida da definição das Unidades Geomorfopedológicas, a partir da integração dos dados geomorfológicos com as variáveis geológica e pedológica.

2. OBJETIVOS

A presente pesquisa teve o objetivo de reconhecer e analisar as Unidades Geomorfopedológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas.

Como objetivos específicos pretendem-se:

- Confeccionar uma carta geomorfopedológica para a área investigada;
- Organizar uma secção longitudinal (transecto) que intercepte as Unidades Geomorfopedológicas e uma figura síntese (bloco diagrama que represente as relações relevo-rocha-solo na constituição das Unidades Geomorfopedológicas);
- Apresentar dados para a discussão da origem de diferentes Latossolos na área de estudo.

3. METODOLOGIA

A metodologia está fundamentada nos dois primeiros níveis de investigação propostos por Castro e Salomão (2000). O primeiro nível correspondeu a fase de revisão bibliográfica e de produção cartográfica, com a elaboração dos mapeamentos intermediários, que quando integrados, resultou na carta de unidades morfopedológicas.

O segundo nível foi dedicado a trabalhos de campo para checagem/reambulação dos mapeamentos intermediários e da definição das Unidades Geomorfopedológicas reconhecidas no primeiro nível.

Ainda neste segundo nível foram descritos perfis de solos representativos com coletas de amostras para análises granulométrica e morfoscópica. A integração dos dados foi projetada em figuras sínteses (transecto e bloco diagrama) representativas das relações relevo-rocha-solo para a área de estudo. O quadro 1 discrimina as etapas de desenvolvimento da pesquisa conforme nível de investigação:

Quadro 1: Etapas de desenvolvimento da pesquisa.

Nível de Investigação	Etapa	Procedimentos
<i>Primeiro Nível</i>	1	Revisão Bibliográfica e Cartográfica
	2	Base Cartográfica
	3	Mapeamentos Morfométricos
	4	Compartimentação geomorfológica
	5	Dados geológicos, pedológicos e geomorfológicos
	6	Unidades Geomorfopedológicas
<i>Segundo Nível</i>	7	Trabalhos de campo
	8	Descrição morfológica de perfis de solos
	9	Análise Granulométrica
	10	Descrição morfoscópica da fração grossa
	11	Organização de bloco diagrama síntese
	12	Análise dos dados e produção da monografia final

Primeiro Nível: etapas 1 a 6.

O primeiro nível metodológico integra as etapas de 1 a 6, que vai da revisão bibliográfica e cartográfica, até a definição das Unidades Geomorfopedológicas.

Etapa 1: Revisão Bibliográfica e Cartográfica.

Nesta etapa foi realizada uma revisão bibliográfica abordando temas como “abordagem morfopedológica”, e “estudos geomorfopedológicos”. Chama-se a atenção para os trabalhos de Castro e Salomão (2000), Villela et al. (2015), Castro (2021), Silva et al. (2020), Passos et al. (2020), Batista et al. (2021) e Silva (2023).

Também foi feita uma revisão cartográfica dos mapas geológicos, geomorfológicos e pedológicos já produzidos para a região. Destacam-se os trabalhos de Feltran (1997), Baccaro et al. (2001) e Rodrigues et al. (2023) para as informações geomorfológicas; os de Seer e Moraes (2017) e Chaves e Dias (2017) para dados geológicos, e; da FEAM (2010) e Motta et al. (2004) para os pedológicos.

Ainda nesta etapa se realizou um levantamento de imagens aéreas do Google Earth Pro e das folhas topográficas de Angico, Romaria, Nova Ponte e Indianópolis na escala de 1:50.000, retiradas do IBGE (2007), que foram utilizadas na produção da Base Cartográfica e das cartas morfométricas.

Etapa 2: Base Cartográfica.










A Base Cartográfica foi confeccionada em *software* QGIS 3.28.11 a partir das curvas de nível extraídas do IBGE (2007) na escala 1:50.000, com equidistância de 20 metros, e rede de drenagem obtida a partir do Banco de Dados Geográficos do Exército (1965;1972). A rede de drenagem foi enriquecida com a vetorização dos canais fluviais/pluviais por meio de imagens do complemento QuickMapServices (QGIS).

Etapa 3: Mapeamentos Morfométricos.

Após a extração das curvas de nível, rede de drenagem e a delimitação da área de estudo foi produzido um Modelo Digital de Elevação (MDE) no *software* ArcGIS 10.8, gerado a partir da criação de um conjunto de dados de rede irregular triangular (TIN), que posteriormente foi rasterizado utilizando-se a ferramenta *TIN to Raster*.

Fundamentadas no Modelo Digital de Elevação (MDE) foram criadas as cartas de Hipsometria e Declividade no QGIS (versão estável 3.28.11), utilizando-se uma paleta de cores RGB padronizada para todos os mapeamentos (Quadro 2).










Quadro 2: Paleta de cores e códigos padronizados.

Paleta de Cores	Códigos
	#8DD6BB
	#58BB84
	#F4D717
	#E89B27
	#E82023
	#AD0D15
	#966525
	#969696
	#686766

Para a produção da carta hipsométrica foi utilizado a ferramenta *r-recode* (QGIS), que cria uma imagem raster de saída recodificando a imagem raster de entrada (o raster de entrada utilizado foi o MDE) com base em regras de recodificação. Foram definidas 9 classes com







intervalos de 40 metros, para melhor evidenciar as variações altimétricas da área, com variação das altitudes entre 700 a 1000 metros (Quadro 3).

Quadro 3: Classes e cores estabelecidas para a hipsometria.

Classes Hipsométricas	Legenda
≤ 700 m	
700 – 740 m	
740 – 780 m	
780 – 820 m	
820 – 860 m	
860 – 900 m	
900 – 940 m	
940 – 980 m	
≥ 980 m	

Para a produção da carta de declividade foi utilizada a ferramenta de análise de declividade de um arquivo raster de entrada (foi utilizado o MDE), e posteriormente o arquivo raster de saída foi reclassificado a partir da ferramenta de reclassificação por tabela. Foram estabelecidas seis classes (Quadro 4), para mapear o gradiente de vertentes da bacia, com base nos trabalhos de De Biasi (1992) e Silva e Lupinacci (2021) (Quadro 5).

Quadro 4: Classes e cores estabelecidas para a declividade.

Classes de Declividade	Legenda
$\leq 2\%$	
2% - 5%	
5% - 12%	
12% - 30%	
30% - 45%	
$\geq 45\%$	

Quadro 5: Parâmetros para a definição das classes da carta de declividade.

Declividade (%)	Parâmetros
$\leq 2\%$	Superfícies aplainadas; fundos de vale a planícies de inundação.
2% - 5%	Limite urbano industrial, utilizado internacionalmente, quando próximo a cursos d'água, são regiões susceptíveis a enchentes e problemas de drenagem, representam área de terrenos planos muito suaves, tendo solo arável que suporta máquina pesada (DE BIASE, 1970).
5% - 12%	12% como limite máximo para o emprego de mecanização na agricultura (DE BIASE, 1992).
12% - 30%	30% como limite máximo para urbanização sem restrições (BRASIL, 1979).
30% - 45%	45% como limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura de florestas (BRASIL, 2012).
$\geq 45\%$	Acima dessa declividade não é permitida a derrubada de florestas, só sendo tolerada a extração de toras, quando em regime de utilização racional, que vise rendimentos permanentes (DE BIASE, 1970).

Fonte: Adaptado de Silva e Lupinacci (2021).

Com o intuito de entender o funcionamento da rede de drenagem, produziram-se as cartas de densidade e profundidade de drenagem a partir da Base Cartográfica, segundo a metodologia da malha regular de Hubp (1988) no *software* ArcGis 10.8. Tal metodologia se baseia na utilização de uma malha quadriculada ou grade, a qual é sobreposta ao objeto de estudo. Este trabalho utilizou uma malha quadricular de dimensão 250x250 metros para a escala de 1:50.000.

Na densidade de drenagem foi utilizada a relação da malha com a drenagem vetorizada, na qual leva-se em consideração o comprimento total dos segmentos de drenagem de cada quadrícula sobre a área total da quadrícula. Na profundidade de drenagem foram utilizadas as curvas de nível e a malha quadriculada, na qual calcula-se os valores altimétricos mínimo e máximo dentro de cada quadrícula e, a partir disso, obtém-se um resultado com base no valor do ponto central de cada quadrícula.

Etapa 4: Compartimentação geomorfológica.

Com base nesses dados derivados das cartas morfométricas foi feita uma compartimentação geomorfológica da área com base nos níveis taxonômicos de Ross (1990; 1992), que se fundamenta nos processos endógenos e exógenos formadores de relevo. Em função da escala adotada (1:50.000), neste trabalho a compartimentação se baseia nos quatro primeiros táxons, entre os seis propostos pelo autor.

O primeiro táxon proposto por Ross (1990; 1992) corresponde aos amplos conjuntos estruturais que originam formações regionais e estão interligados em termos de sua formação, equivalentes aos Domínios Morfoestruturais. O segundo táxon (unidades morfoesculturais) se refere a agrupamentos de Unidades Geomorfológicas que possuem semelhanças morfológicas e genéticas (Ross, 1992). O terceiro táxon contempla as unidades morfológicas, compostas por associações de forma de relevo similares e com processos evolutivos comuns; e o quarto táxon é representado por formas individualizadas, chamadas de tipos de formas de relevo (Ross, 1992). Com base nestas definições, a compartimentação geomorfológica identificou:

1° táxon: Bacia Sedimentar do Paraná (fundamentado em Seer e Moraes, 2017 e Claves e Dias, 2017);

2° táxon: Chapadas do Oeste Mineiro (Indianópolis – Celso Bueno) (fundamentado em Feltran, 1997); Ross (1991); Baccaro et al., 2001; e Rodrigues et al., 2023);

3° táxon: Planalto Tabular e, Rebordo e Escarpa Erosiva (fundamentados nas cartas morfométricas organizadas);

4° táxon: Amplos Interflúvios Tabulares, Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas, Aptf, Vertentes Escalonadas Convexizadas e Vales Encaixados (fundamentados nas cartas morfométricas organizadas).

Para melhor evidenciar o 4° nível taxonômico foram produzidos perfis de elevação (topográficos) representativos por toda área, extraídos do Google Earth Pro e detalhados no *software* CorelDraw.

Etapa 5: Dados geológicos, pedológicos e geomorfológicos.

Nas etapas finais do primeiro nível metodológico (Castro; Salomão, 2000) foram organizadas as cartas geológica, pedológica e geomorfológica, produzidas no software QGIS 3.28.15 fazendo uso de fotointerpretação e posterior reambulação em campo (na etapa 7).

A carta litológica foi produzida especificamente com base nas folhas Estrela do Sul SE.23-Y-A-IV (Chave e Dias, 2017) e Nova Ponte SE.23-Y-C-I (Chaves e Dias, 2017), junto ao trabalho de fotogeologia fundamentado nas orientações de Zaine (2011), que foram

essenciais para os ajustes, principalmente, das coberturas cenozoicas latossolizadas. Também foram utilizados os trabalhos Chaves e Dias (2017) e de Silva (2023), que trabalho em bacia hidrográfica parelha a bacia do Ribeirão das Furnas, onde fez uso da nomenclatura depósitos rudáceos para as cascalheiras encontradas no rebordo da chapada Indianópolis-Celso Bueno.

Para o mapa geomorfológico também foi adotada a fotointerpretação de imagens do Google Earth *Pro* (data das imagens - 29/08/2023) para o reconhecimento dos 5° e 6° táxons, dando sequência a proposta a taxômica do relevo de Ross (1992), adotando também simbologias de Tricart (1965), Verstappen e Zuidam (1975) e adaptações de Silva, Souza e Lupinacci (2022) para as feições de detalhe. Foram identificados para o 5° táxon as formas de topos e vertentes diferenciadas em tabular convexa, concava, escalonada ou retilínea. Para o 6° táxon reconheceram-se as formas menores produzidas pelos processos erosivos ou depósitos atuais, como voçorocas, sulcos, rupturas topográficas, ação das águas pluviais e fluviais, e formas antrópicas, como terraços agrícolas, represamentos, pivôs de irrigação e barragens.

A carta pedológica foi produzida a partir do levantamento de solos produzido por Motta et al. (2004) e FEAM (2010), com refino por fotopedologia, fundamentado nas orientações de Corrêa et al. (2015).

Etapa 6: Unidades Geomorfopedológicas.

Fechando o primeiro nível do roteiro metodológico (Castro; Salomão, 2000) foi realizado um mapeamento geomorfopedológico da bacia hidrográfica do ribeirão das Furnas, a partir da integração das cartas geomorfológica, geológica e pedológica organizadas na etapa 5. Foram criados polígonos a partir dos limites litológicos e pedológicos em conjunto com os Compartimentos Geomorfológicos, para identificar e vetorizar cada uma das Unidades Geomorfopedológicas; sendo elas:

Unidade Geomorfopedológica I: Úmida Gleizada e Paludizada.

Unidade Geomorfopedológica II: Interflúvios Tabulares e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas.

Unidade Geomorfopedológica III: Vertentes Escalonadas Com Afloramentos e Rampas de Colúvio Pedogenizadas.

Unidade Geomorfopedológica IV: Vales Encaixados Regolíticos e Rochoso.

Segundo Nível: etapas 7 a 11

O segundo nível do roteiro metodológico (Castro. Salomão, 2000) é composto por trabalhos de campo para checagem das Unidades Geomorfopedológicas reconhecidas na etapa 6 e para organização uma secção longitudinal (transecto) que as intercepta, assim como produzido por Batista et al. (2021). Para este trabalho, junto à organização do transecto foi construído uma figura síntese 3D (bloco diagrama), com a presença as Unidades Geomorfopedológicas mapeadas.

Etapa 7: Trabalhos de campo.

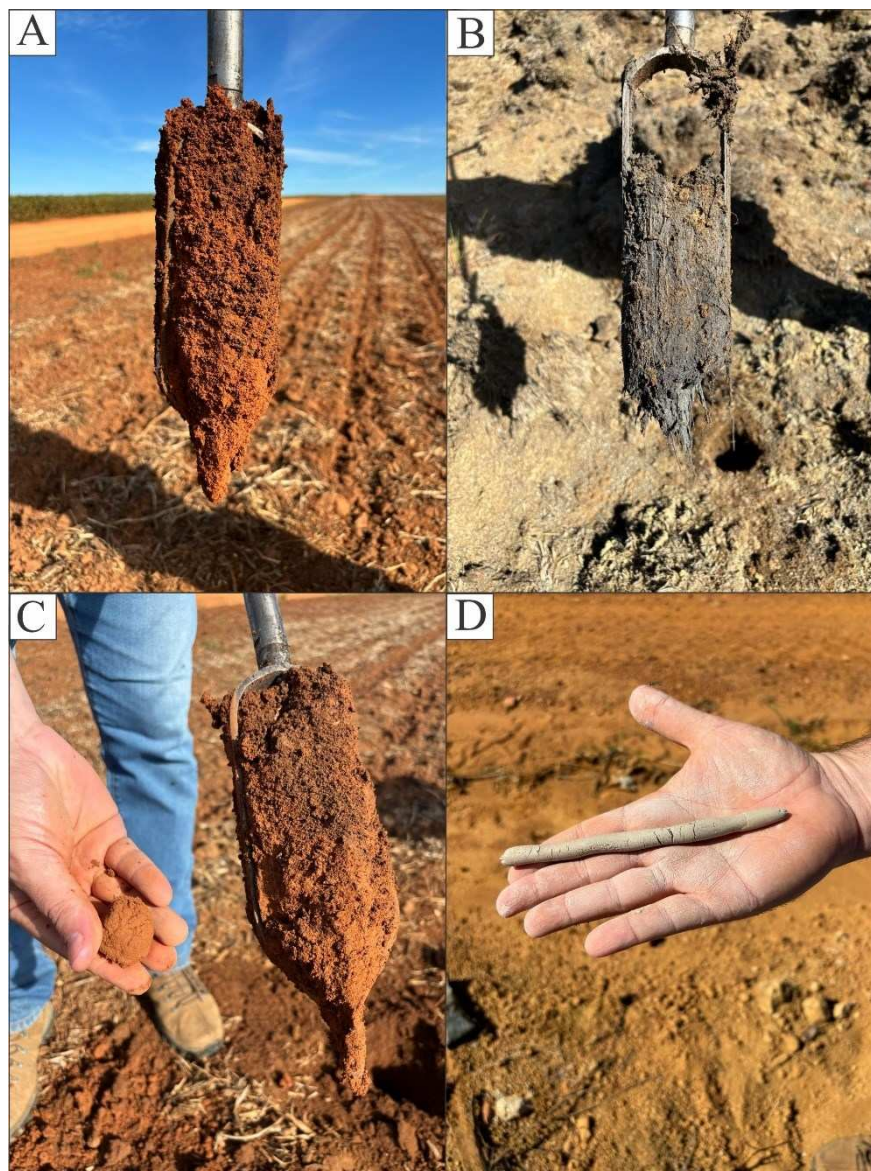
Os trabalhos de campo foram realizados no mês de fevereiro de 2024 e consistiram na visita de pontos de interesse distribuídos pela área, com foco na reambulação dos mapeamentos organizados nas etapas 3 a 6. Também teve o intuito de verificar afloramentos, descrever perfis de solos, coletar amostras, observar visadas de paisagem e registrar fotograficamente os pontos e paisagens visitadas. As principais vias de acesso foram as rodovias BR – 365 e MG-452, além de estradas vicinais não pavimentadas que facilitaram o acesso a locais afastados.

Etapa 8: Descrição morfológica de perfis de solos.

Para a descrição dos perfis de solos e coletas de amostras foram utilizados os procedimentos recomendados por Santos (2005), IBGE (2015) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018) (Figura 2 C e D). Além disso, também foi realizado o uso permanente do trado holandês (Figura 2 A, B e C), sobretudo nas áreas de transição dos solos, quando checado em topossequências.

Para a análise granulométrica e morfoscópica foram coletadas amostra de 5 perfis de Latossolos. identificados como: Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho 1–1 (LV1-1), Latossolo Vermelho 1–2 (LV1-2), Latossolo Vermelho 2–1 (LV2-1) e Latossolo Vermelho 2–2 (LV2- 2).

Figura 2: Ferramentas utilizadas em campo, trado holandês e análise textural de amostras de solo. (A) Tradagem de Latossolo Vermelho 1 em área de Vertente Suavemente Convexizada. (B) Tradagem de solo hidromórfico em área de veredas. (C) Tradagem e com avaliação da textura e estrutura de Latossolo Vermelho 1. (D) Análise da textura e consistência de Gleissolo em campo.

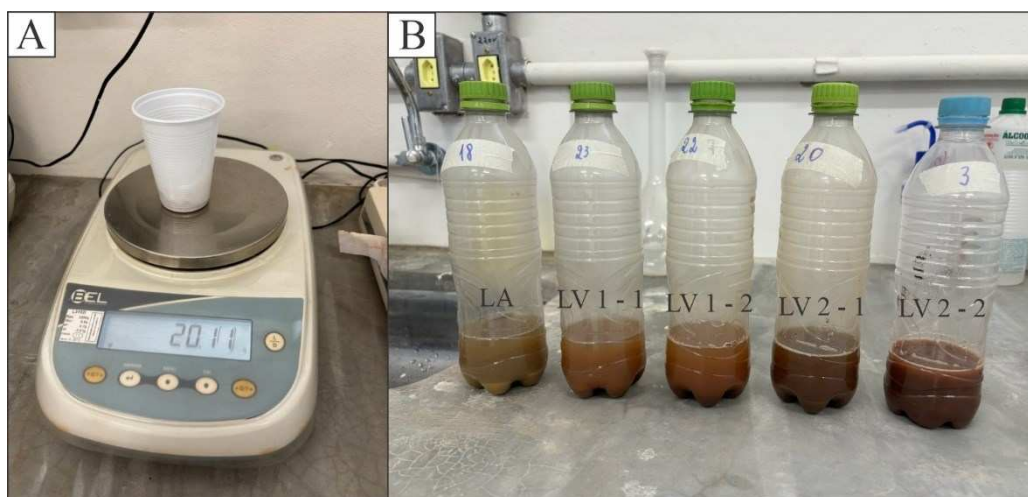


Etapa 9: Análise Granulométrica.

Após a etapa de campo e coleta das amostras de solo foi realizado o procedimento de análise granulométrica para 5 amostras de Latossolos (LA, LV1-1, LV1-2, LV2-1 e LV2-1) no Laboratório de Física do Solo (LAFIS ICIAG/UFU), utilizando o método da pipeta obtido a partir do Manual de métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 2017).

O procedimento foi realizado para solos normais (EMBRAPA, 2017); primeiramente realizando-se a dispersão das amostras, no qual se pesou 20,00 g de solo (Figura 3 A), e transferiu-se a amostra para a garrafa do agitador por meio de funil, posteriormente foi adicionado 100 mL de água deionizada, lavando-se o funil usado para a transferência da amostra, e 10 mL de solução de hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹, sendo o volume final de aproximadamente 150 mL nas garrafas (Figura 3 B). Elas então foram montadas no agitador tipo Wagner, e tampadas com a rolha de borracha bem apertada, para serem agitadas por 16 horas a 50 rpm. Decorrido o tempo, o agitador foi desligado e as garrafas retiradas.

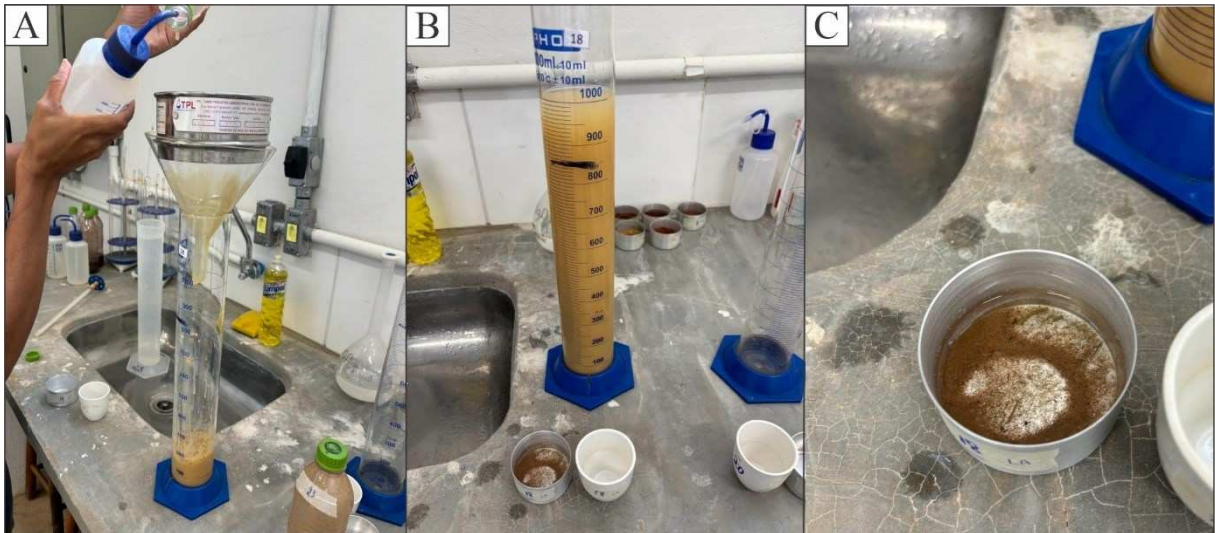
Figura 3: Processo de dispersão das amostras. (A) Separação das amostras retirando apenas 20g de conteúdo para a dispersão no agitador. (B) Amostras com água e hidróxido de sódio já prontas para serem colocadas no agitador.



Com as amostras dispersas, realizou-se a separação das areias, montando sobre um funil a peneira de malha 0,053 mm, apoiada em um suporte - colocando o conjunto funil e peneira sobre a proveta ou cilindro de sedimentação (Figura 4 A). As amostras foram então transferidas da garrafa para a peneira com a lavagem da garrafa e a rolha com água deionizada para transferir todo o conteúdo (Figura 4 A).

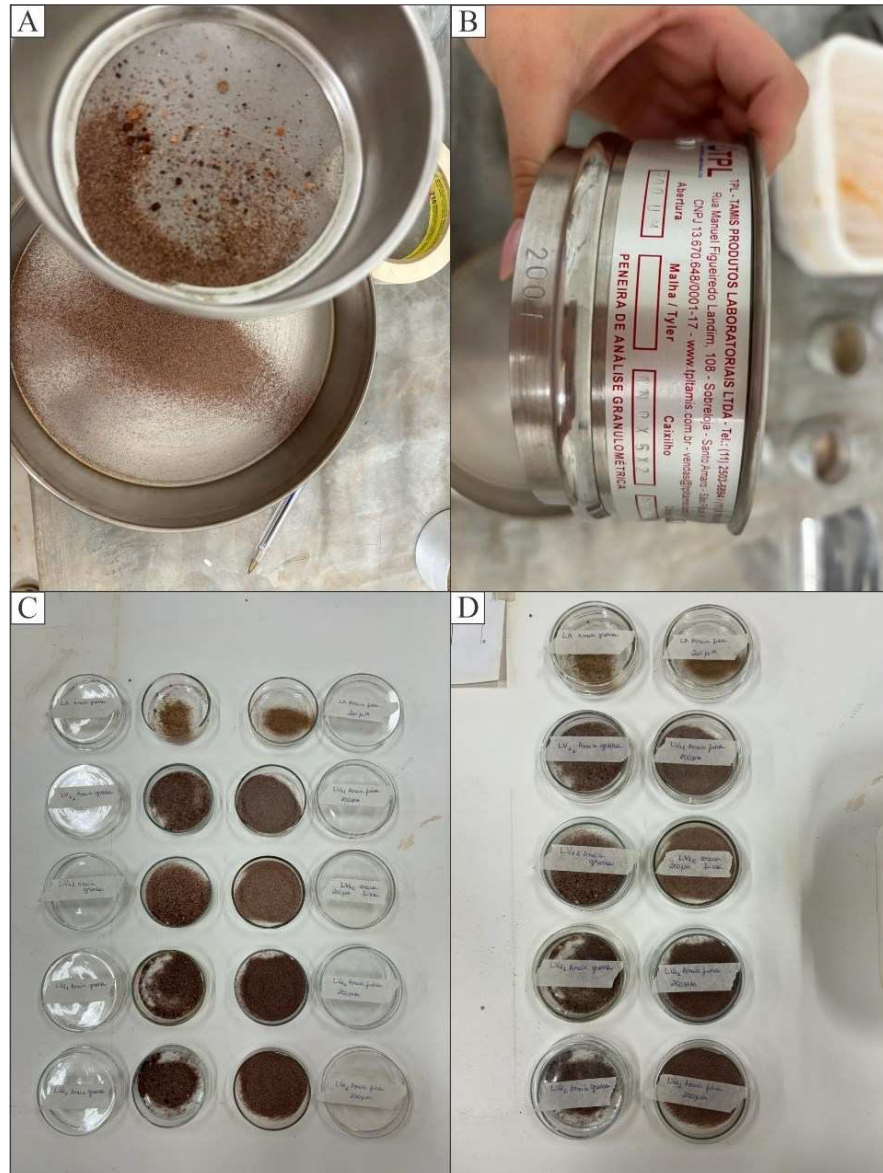
Após a lavagem completou-se o volume do cilindro de sedimentação até a marca de 1 L com água deionizada (Figura 4 B). A areia retida na peneira é retirada e transferida para uma lata seca e limpa (Figura 4C), previamente tarada e identificada, e levada para secagem em estufa a 105 °C, por 24 horas. Secas as amostras, as mesmas são retiradas da estufa e deixadas para esfriar em dessecador, para seguir com a pesagem em balança semianalítica.

Figura 4: Processo de separação das areias. (A) Retirada de todo o conteúdo de areia da garrafa após a dispersão; fração areia fica retida na peneira e frações silte e argila vão para a proveta. (B) Após a separação a proveta (com silte e argila) é completa com água até a marca dos 1 L para começar o processo de sedimentação. (C) Areia obtida após todo o processo de separação pronta para secagem em estufa.



Com a areia separada, foi feita a determinação da areia fina e grossa, realizando o peneiramento do material (Figura 5 A) em peneira de malha 0,200 mm (Figura 5 B), com o fundo conectado. Após o peneiramento as amostras foram separadas em recipientes de vidro e identificadas de acordo com sua fração e nomenclatura do solo, como exemplo: LV1 – 1 areia grossa (Figura 5 C e D).

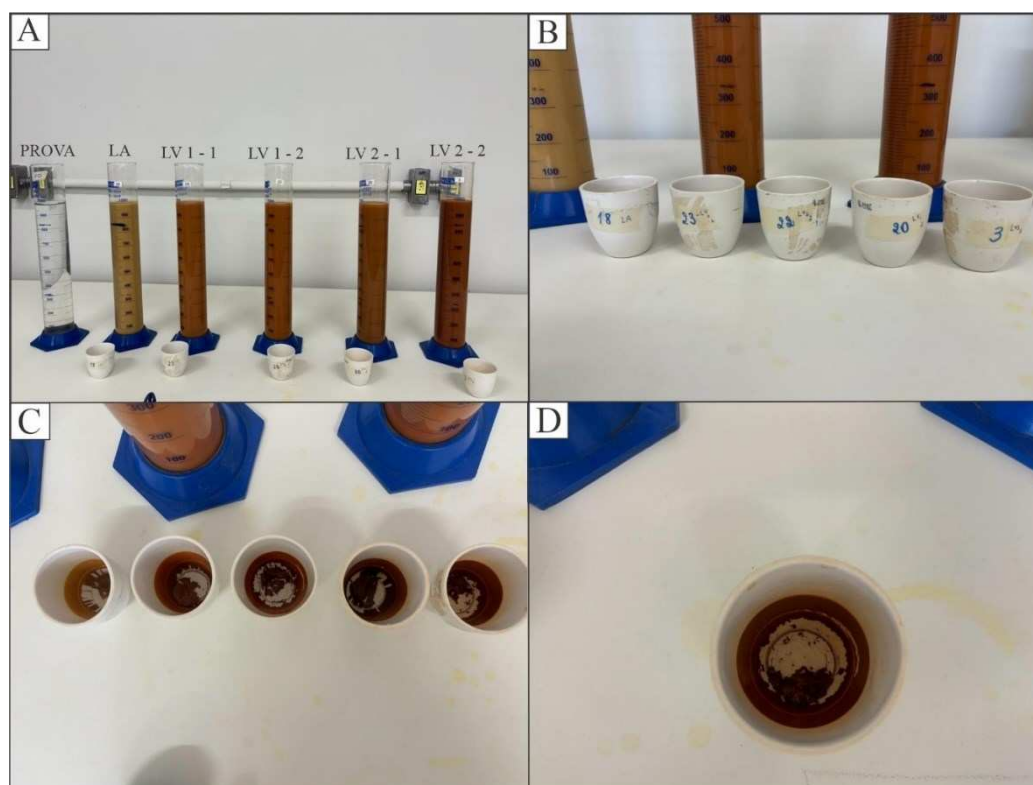
Figura 5: Separação da areia fina e grossa. (A) Processo de peneiramento para separação de fração fina e grossa; areia fina fica no fundo e areia grossa fica na peneira. (B) Demonstração do material utilizado, peneira de 0,200 mm. (C) e (D) Separação e identificação das amostras com fita.



Concomitantemente se realizou a determinação do silte e argila; com o cilindro de sedimentação já preenchido até a marca de 1 L foi preparada em conjunto uma prova controle (todos os reagentes menos o solo) (Figura 6 A). Mediu-se a temperatura da suspensão e da prova controle com um termômetro, prosseguindo para a agitação dos cilindros utilizando-se de um bastão com a tampa de borracha (cada amostra foi agitada por 1 minuto, sendo o agitador lavado antes de trocar de amostra). Após a agitação, foi imediatamente pipetado 25 mL da suspensão de silte + argila e transferido para um béquer seco, limpo, previamente tarado e identificado. Levou-se para secagem em estufa a 105 °C, por 24 horas. Secas as

amostras são retiradas da estufa e deixadas para esfriar, para serem pesadas em balança com precisão de 0,001 g.

Figura 6: Determinação do silte e argila. (A) Todos os cilindros de sedimentação e prova posicionados prontos para agitação e pipetagem. (B) Amostras já separadas e nomeadas prontas para secagem em estufa. (C) e (D) Amostras secas prontas para pesagem.



Após a obtenção da areia e argila foram realizados cálculos para a determinação dos teores de areia, silte e argila de cada amostragem de solo. As fórmulas utilizadas (EMBRAPA, 2017) foram as seguintes:

$$\text{TEOR DE AREIA FINA (g kg}^{-1}\text{)} : \text{Taf} = (\text{Maf}) \times 50 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Maf = Massa da areia fina

$$\text{TEOR DE AREIA GROSSA (g kg}^{-1}\text{)} : \text{Tag} = (\text{Mat} - \text{Maf}) \times 50 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Mat = Massa da areia total

Maf = Massa da areia fina

$$\text{TEOR DE ARGILA (g kg}^{-1}\text{)} : T_{\text{arg}} = [(M_{\text{arg}} + M_{\text{d}}) - M_{\text{d}}] \times 2000 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

Marg = Massa da argila

Md = Massa do dispersante (NaOH)

$$\text{TEOR DE SILTE (g kg}^{-1}\text{)} : T_{\text{s}} = 1000 - (T_{\text{arg}} + T_{\text{af}} + T_{\text{ag}}) \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

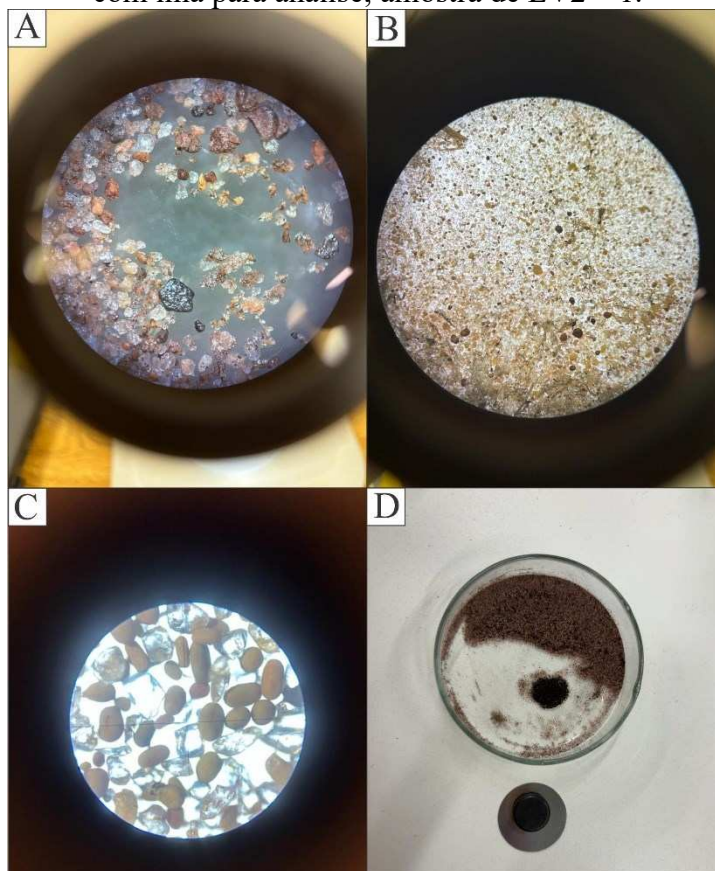
Mag = Massa da areia grossa

Etapa 10: Descrição morfooscópica da areia.

Completa a granulometria foi realizada uma análise morfooscópica da fração areia para as 5 amostras de Latossolos identificados na área, com base no trabalho de Cailleux (1942), e uma análise morfométrica dos grãos, que seguiu o trabalho de Powers (1953).

Para a descrição das amostras de LA, LV1 e LV2 foi utilizado um estereomicroscópio binocular Lúmen com zoom de 180X (Figura 7 A e B), e especificamente para a identificação de nódulos de argila no LA foi utilizado um microscópio monocular (Figura 7 C). No caso do LV2 foi utilizado também um imã para separação dos minerais metálicos para análise (Figura 7 D).

Figura 7: Análise morfoscópica da areia em microscópio. (A) Amostra de areia grossa de LV2 – 1. (B) Amostra de areia grossa de LA. (C) observação em microscópio da fração fina de LA para determinação dos nódulos de argila. (D) Separação dos minerais magnéticos com imã para análise; amostra de LV2 – 1.



Etapa 11: Organização de transecto e bloco diagrama síntese.

Durante os trabalhos de campo foram organizados o transecto que interceptam os Compartimentos Geomorfológicos e Unidades Geomorfopedológicas anteriormente identificadas, e um bloco diagrama que representa espacialmente as relações entre relevo-rocha-solo. Ambos foram esboçados em campo e posteriormente discutidos e concluídos em gabinete.

Etapa 12: Análise dos dados e produção da monografia final.

Por fim, na etapa 12 foi feita uma análise final dos resultados, que consistiu em uma revisão bibliográfica, cartográfica e das secções, para possibilitar enfim a produção da monografia final do trabalho de conclusão de curso. Pretende-se também publicar os resultados adquiridos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A elaboração deste trabalho foi realizada seguindo, primeiramente uma compartimentação geomorfológica (4.1), seguida da identificação de Unidades Geomorfológicas (4.2).

4.1 Compartimentação Geomorfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas

Para a elaboração da compartimentação geomorfológica foram organizados mapeamentos intermediários apresentados a seguir.

A Base Cartográfica (Figura 8) é composta pelas curvas de nível, principais vias e fazendas da área, assim como a drenagem, dividida em canais fluviais e pluviais.

A carta de Hipsometria (Figura 9) confeccionada para a área em estudo possui uma variação altimétrica que vai de 700 metros a valores superiores a 980 metros, chegando até 1000 metros. Dentre estes, a classe predominante foi a de 940 a 980 metros, observada em grande parte da chapada de Indianópolis - Celso Bueno.

A carta de Declividade (Figura 10) demonstra a porcentagem de declive das vertentes da área, de maneira que as porções mais dissecadas se encontram próximas a drenagem, enquanto as porções mais distais são aplainadas. Nesse sentido, a classe que predomina é a de 2% a 5% de declividade, disposta sobretudo nos topos tabulares da alta bacia. As classes de maior valor estão localizadas nos vales encaixados da baixa bacia.

A carta de Densidade de Drenagem (Figura 11) evidencia as áreas com maiores registros de canais de drenagem, com valores que variam desde 0,0003 a 0,027 m/m², sendo as classes predominantes na alta bacia menores que 0,0003 até 0,004 m/m² (verde escuro e verde claro). As classes de adensamento se intensificam na baixa bacia (laranja ao cinza).

A carta de Profundidade de Drenagem (Figura 12) permite análise do grau de entalhe dos rios e afluentes do Ribeirão das Furnas. Nesse sentido foram encontradas oito classes para a profundidade relativa da drenagem, sendo as mais expressivas na área as de 0,5 a 44 m (verde, amarelo, laranja e vermelho), também localizadas principalmente nos planaltos tabulares. Já nos vales encaixados da baixa bacia se encontram as classes de maior entalhamento (vermelho ao cinza).

Para a verificação dos Compartimentos Geomorfológicos reconhecidos (4º nível taxonômico) foram organizados perfis de elevação que estão distribuídos na bacia do Furnas segundo a figura 13.

Figura 8: Base Cartográfica

Base Cartográfica

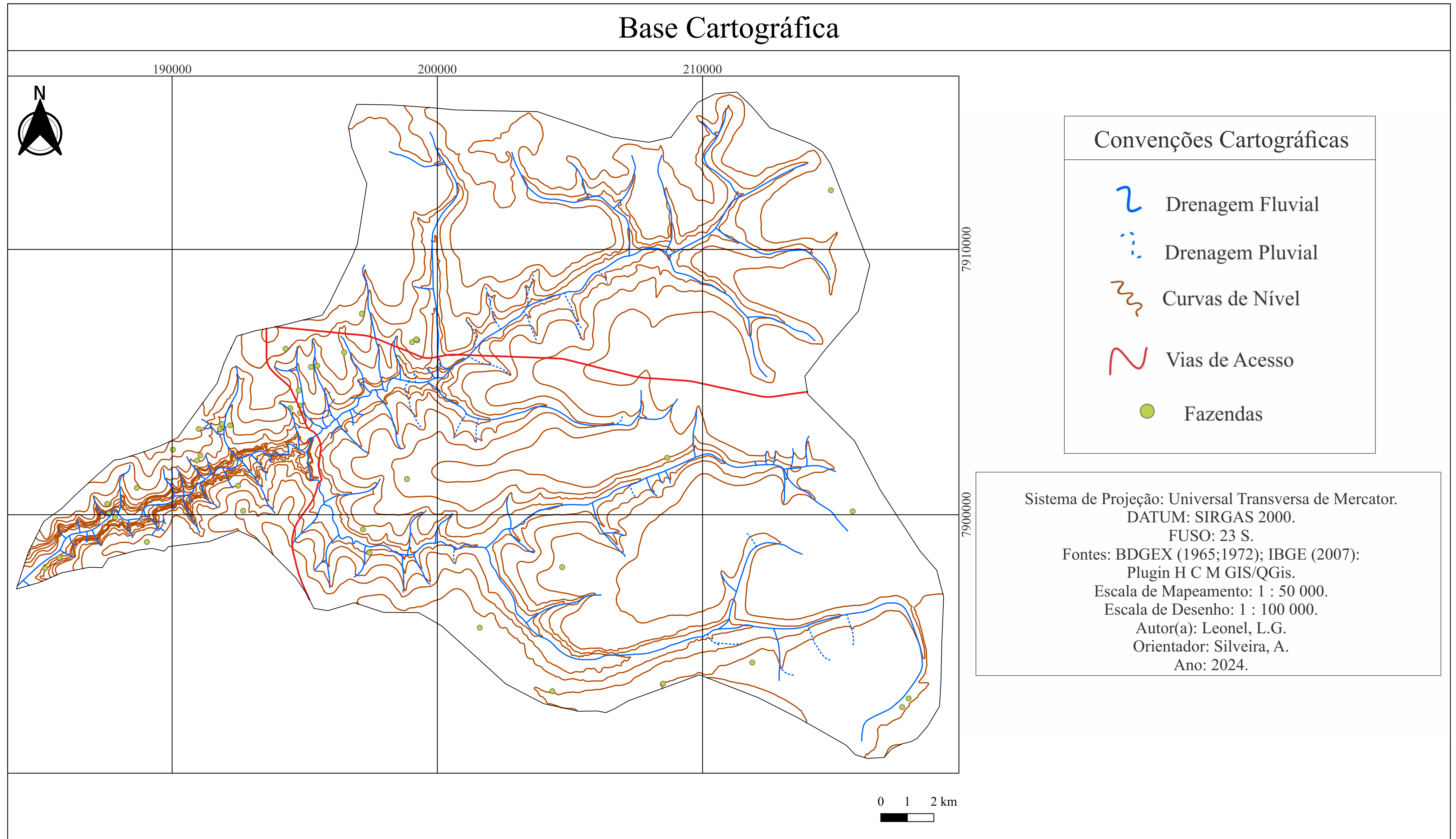


Figura 9: Carta de Hipsometria

Carta de Hipsometria

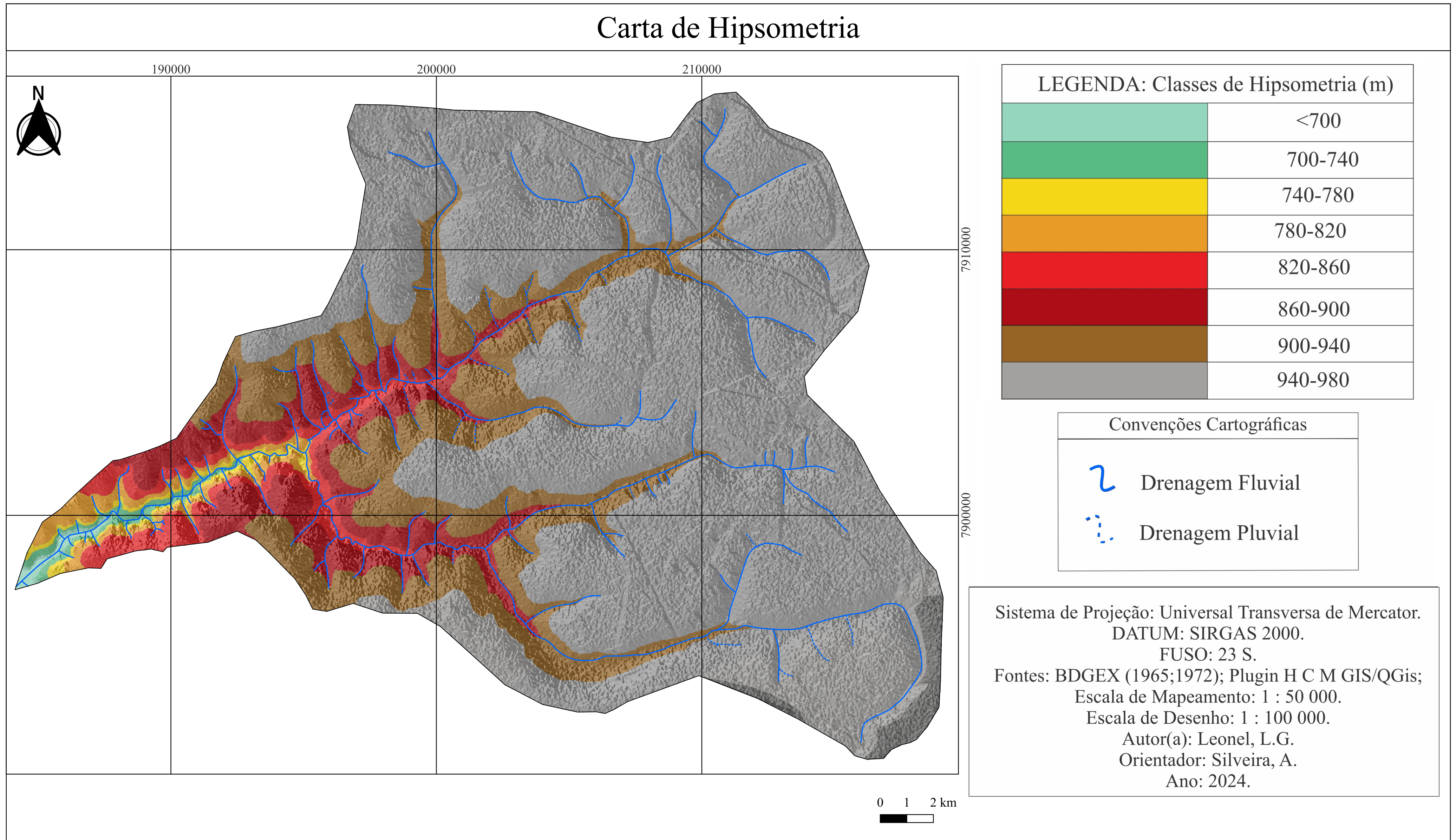
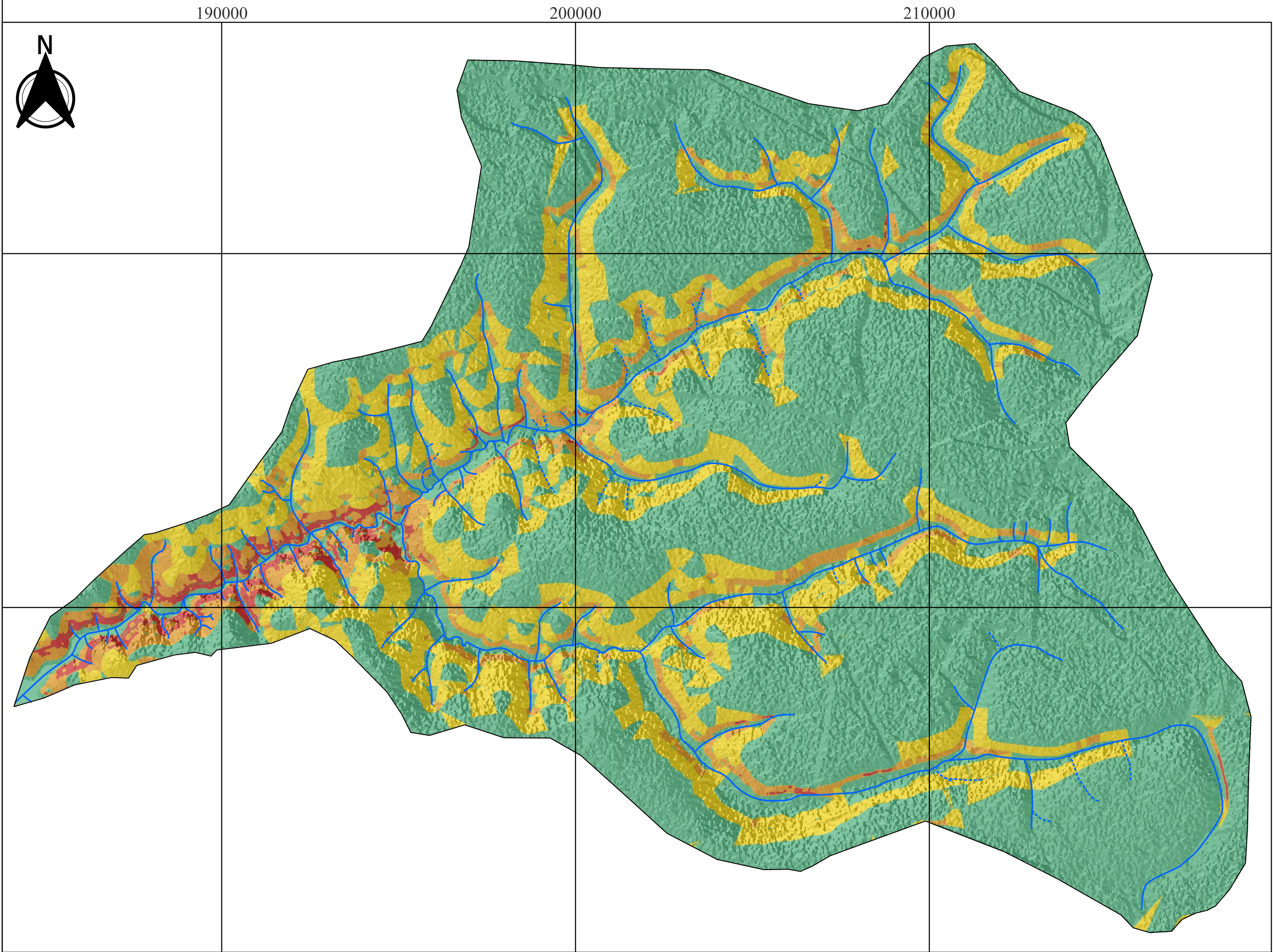








Figura 10: Carta de Declividade



Carta de Declividade



LEGENDA: Classes de Declividade %

	<2%
	2%-5%
	5%-12%
	12%-30%
	30%-45%
	>45%

Convenções Cartográficas

	Drenagem Fluvial
	Drenagem Pluvial

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator.
DATUM: SIRGAS 2000.
FUSO: 23 S.
Fontes: BDGEX (1965;1972); Plugin H C M GIS/QGis;
Escala de Mapeamento: 1 : 50 000.
Escala de Desenho: 1 : 100 000.
Autor(a): Leonel, L.G.
Orientador: Silveira, A.
Ano: 2024.

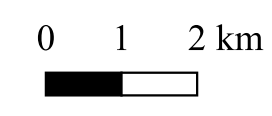


Figura 11: Carta de Densidade de Drenagem

Carta de Densidade de Drenagem

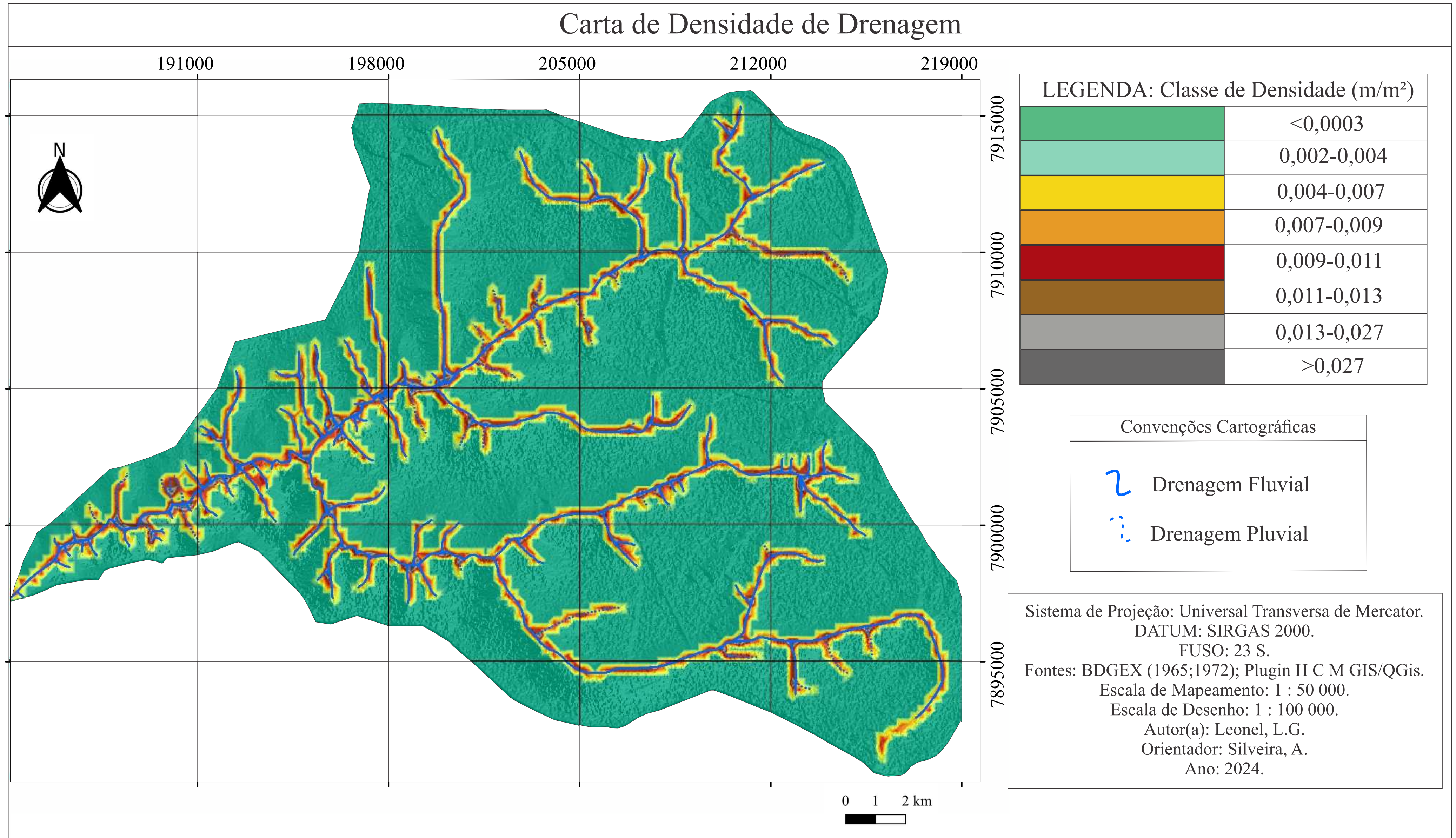


Figura 12: Carta de Profundidade de Drenagem.

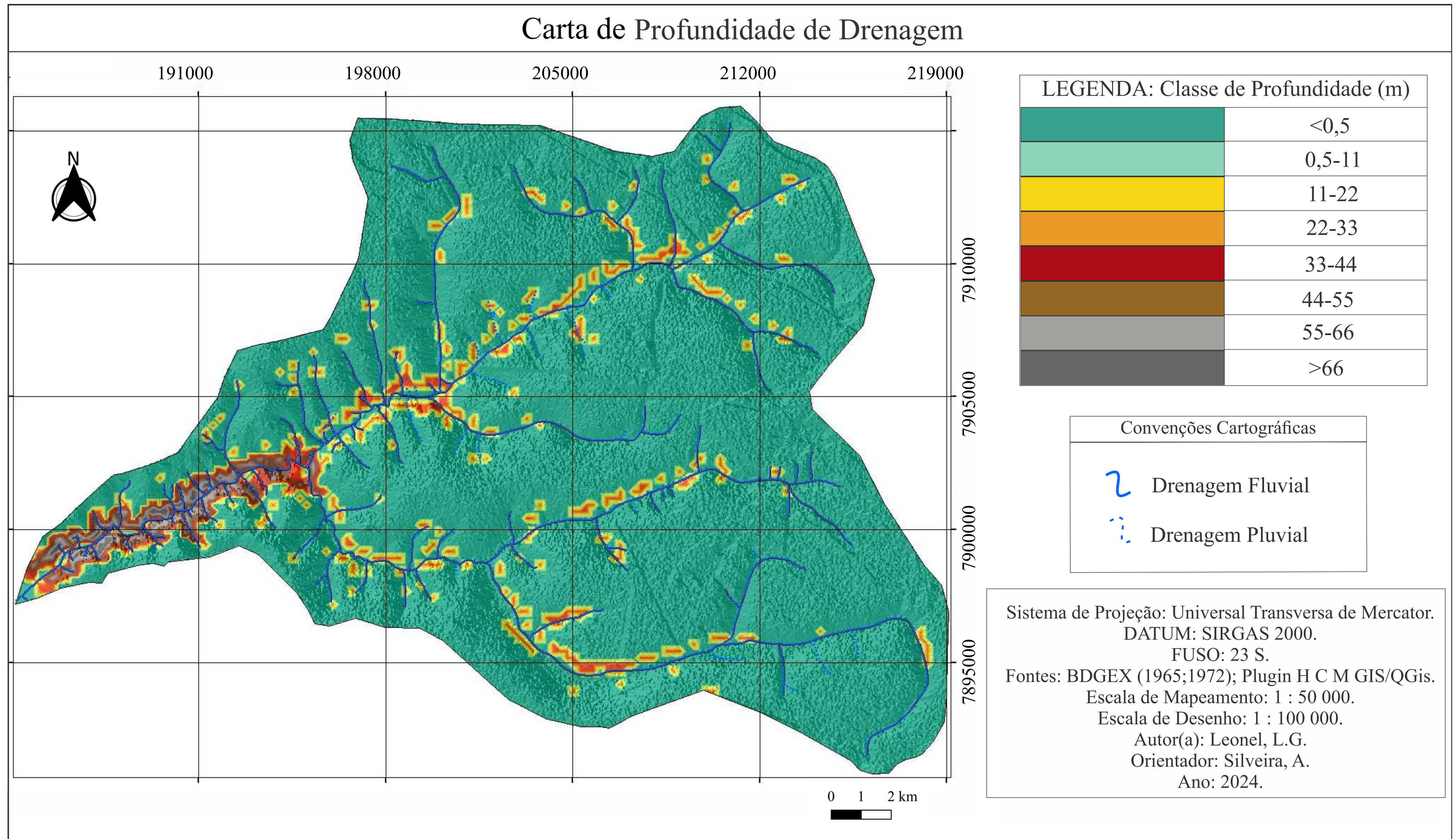


Figura 13: Disposição dos perfis de elevação extraídos.



Fonte: Google Earth Pro (2023).

A bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas está localizada dentro da unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná (1º nível taxonômico), ativa desde o Paleoproterozóico até o final do Cretáceo, acumulando mais que 4.000 metros de sedimentos (Seer; Moraes, 2017). Nesse contexto predominam arenitos do Grupos Bauru e basaltos do Grupo São Bento, encontrados na porção oeste de Minas Gerais, sobre os quais foram esculpidos Planaltos e pequenas unidades de Depressões (Rodrigues et al., 2023).

Assim, a bacia do Ribeirão das Furnas está inserida nas chapadas do Oeste Mineiro (Feltran, 1997) ou Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná (Ross, 1991), que correspondem à unidade morfoescultural (2º nível taxonômico). Mais especificamente está localizada na chapada Indianópolis-Celso Bueno. No interior desta unidade foram reconhecidas as unidades morfológicas (3º nível taxonômico) do Planalto Tabular e do Rebordo e Escarpa Erosiva.

Segundo Rodrigues et al. (2023) os planaltos associados as rochas sedimentares ocorrem principalmente com estruturas mais horizontalizadas, com extensos topos planos e

encostas abruptas, chamados de chapadas e chapadões. Já os planaltos associados aos basaltos tratam-se de compartimentos de relevo dissecado, com formas de colinas e morros de topo convexizado e vertentes íngremes (Rodrigues et al., 2023).

Na unidade morfológica do Planalto Tabular foram identificados três tipos de formas de relevo, que correspondem ao 4º nível taxonômico, intituladas por Amplos Interflúvios Tabulares (I), Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II) e Aptf (III). Já na unidade de Rebordo e Escarpa Erosiva foram reconhecidos os Compartimentos de Vertentes Escalonadas Convexizadas (IV) e Vales Encaixados (V).

4.1.1 Compartimento Geomorfológico I - Amplos Interflúvios Tabulares

Este compartimento engloba grande parte da área de estudo e ocorre como interflúvios tabulares, localizados em cotas altas que variam de 940 a 980 metros (Figura 14 A), sustentada por extensas coberturas mapeadas como Coberturas Detrítico-Lateríticas Colúvionares. A declividade nesta porção é inferior a 2% (Figura 15 B), com uma rede de drenagem espaçada e rasa, com valores de densidade de drenagem inferiores a 0,0003m/m² e de profundidade de drenagem abaixo de 0,5 m (Figura 14 C e D). Tais características são responsáveis pelas feições tabulares (Figuras 14 E e F) que predominam neste domínio, como pode ser observado nos perfis de elevação da área (Figura 15), que contribuem para o desenvolvimento de solos espessos como os Latossolos.

Figura 14: Amplos Interflúvios Tabulares (I). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do Compartimento I. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento I.

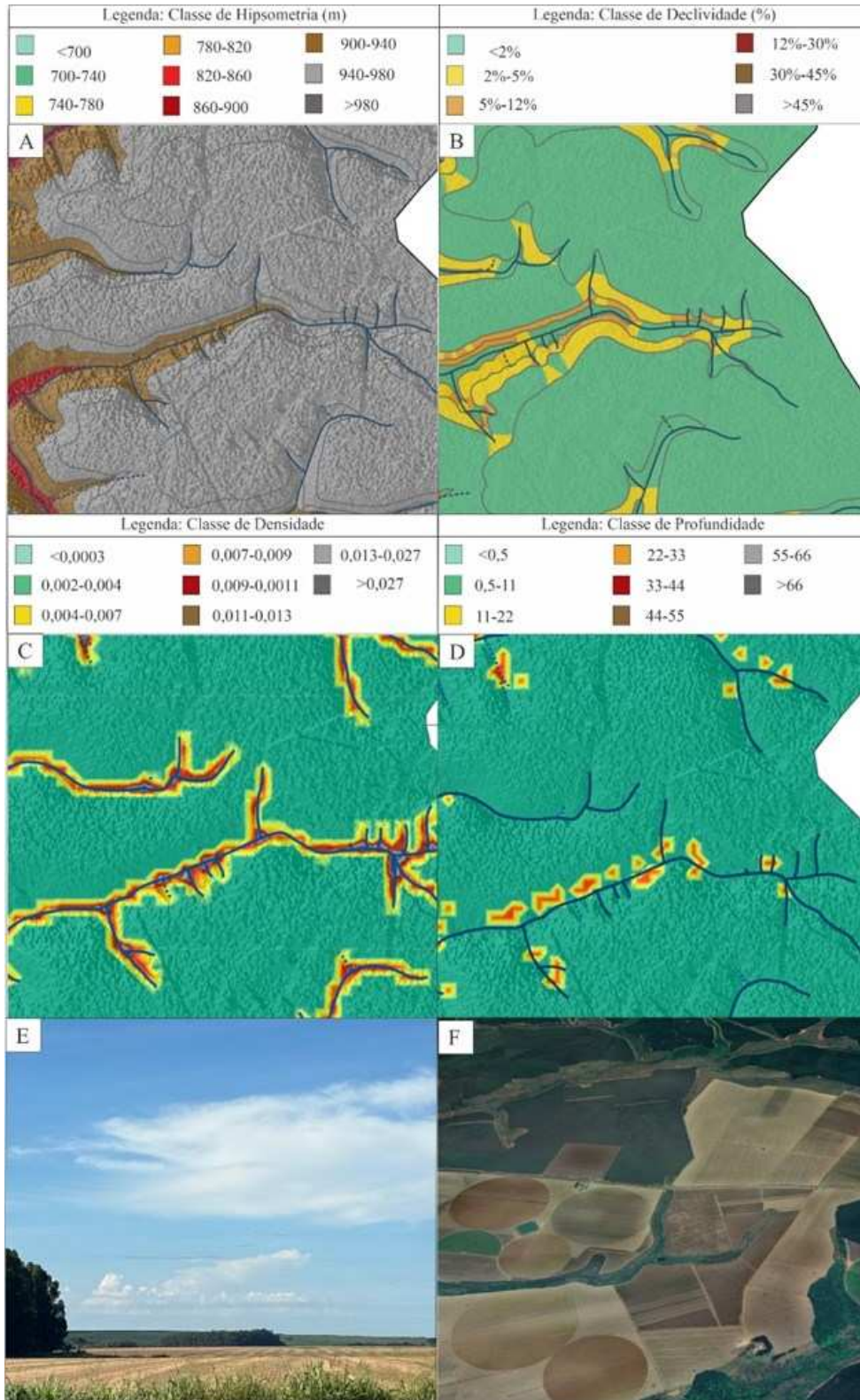
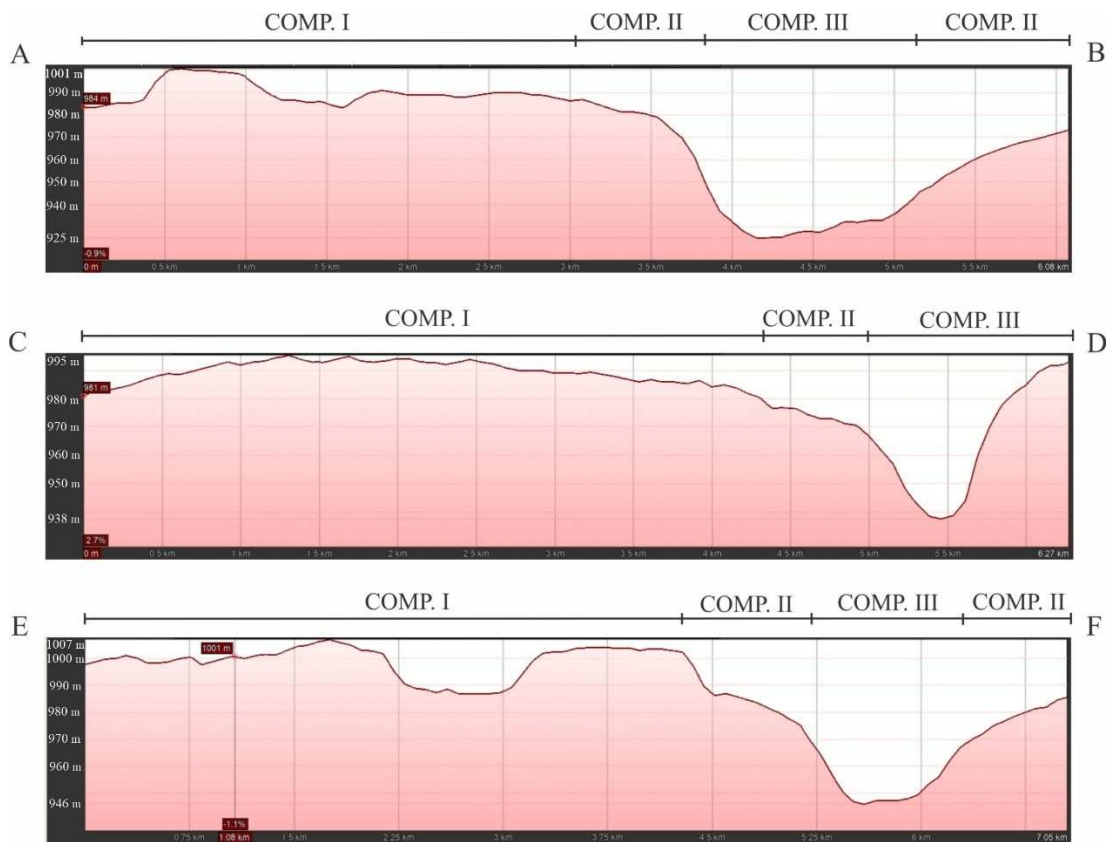


Figura 15: Perfis de elevação (A-B, C-D, E-F) referentes ao Compartimento Geomorfológico I.



4.1.2 Compartimento Geomorfológico II - Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas

O Compartimento Geomorfológico II se localiza principalmente em baixas vertentes que se dirigem a canais fluviais, com cotas que variam de 900 a 980 metros (Figura 16 A) e com classes dominantes de declividade de 2% a 5% (Figura 16 B). Toda a área é sustentada por Coberturas Detrítico-Lateríticas Colúvionares e Arenitos da Formação Marília (Chaves; Dias, 2017), com classes de densidade de drenagem que variam de 0,002 a 0,027 m/m² (Figura 16 C), junto as baixas profundidades (Figura 16 D), com valores que vão de 0,5 a 33 m. Trata-se de um compartimento um pouco mais entalhado (Figura 17), quando comparado ao Compartimento I (Figura 14), com a presença de Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas onde dominam Latossolos. (Figuras 16 E e F).

Figura 16: Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do Compartimento II. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento II.

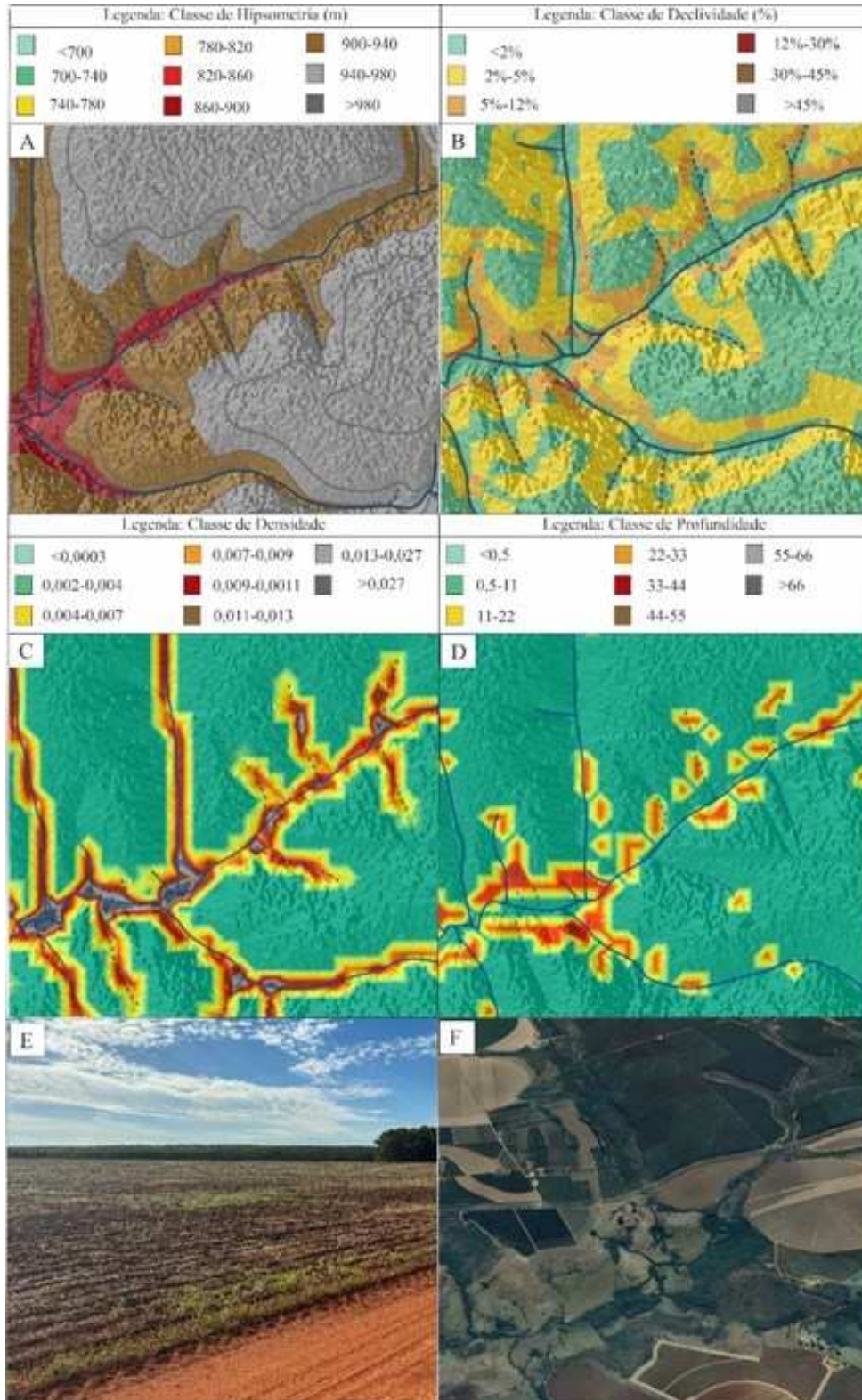
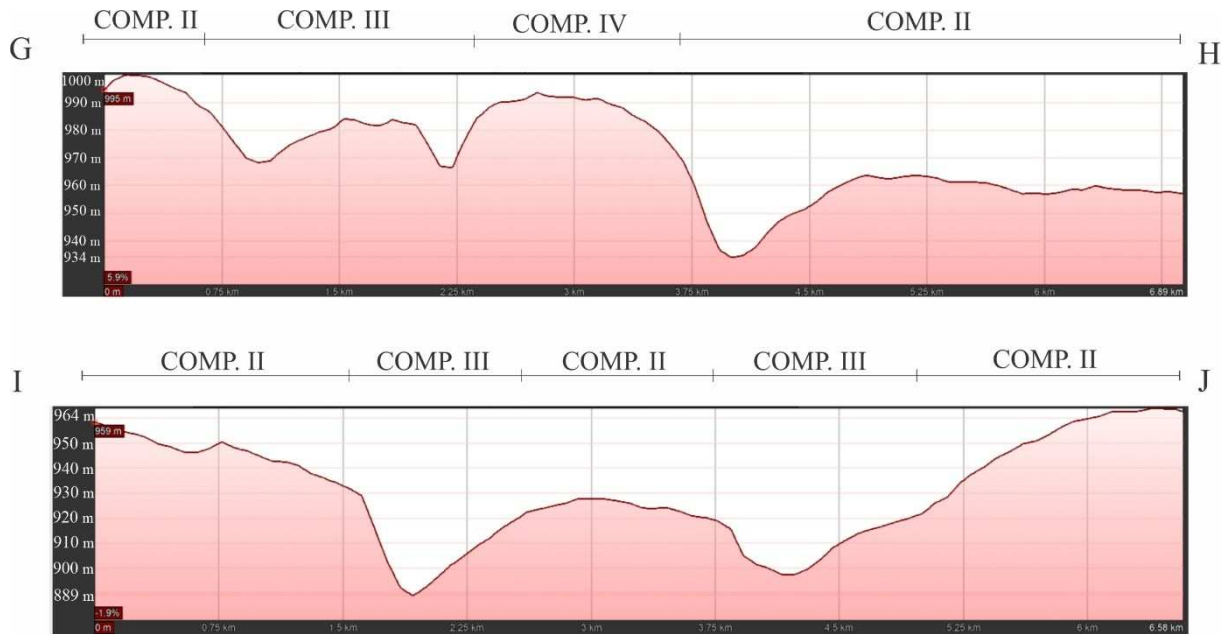


Figura 17: Perfis de elevação (G-H, I-J) referentes ao Compartimento Geomorfológico II.



4.1.3 Compartimento Geomorfológico III – Aptf

As Aptfs configuram o Compartimento Geomorfológico III, ocupando altitudes que variam entre 900 a 980 metros (Figura 18 A), associadas a solos hidromórficos como Gleissolos e Organossolos. Essas regiões são bastante úmidas e acompanham a drenagem da área na porção do Planalto Tabular, sendo, portanto, regiões pouco declivosas (Figura 19) com classes entre 2% a 12% (Figura 18 B). Na carta de profundidade drenagem também não são observados número expressivos, com valores que vão de 0,5 a 44 m (Figura 18 C), porém na carta de densidade de drenagem a dinâmica se inverte, com valores altos desde 0,004 até superiores a 0,027 m/m² (Figura 18 D). Geralmente essas áreas estão associadas a vegetação de veredas (Figura 18 E e F).

Figura 18: Aptf (III). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do compartimento III. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento III.

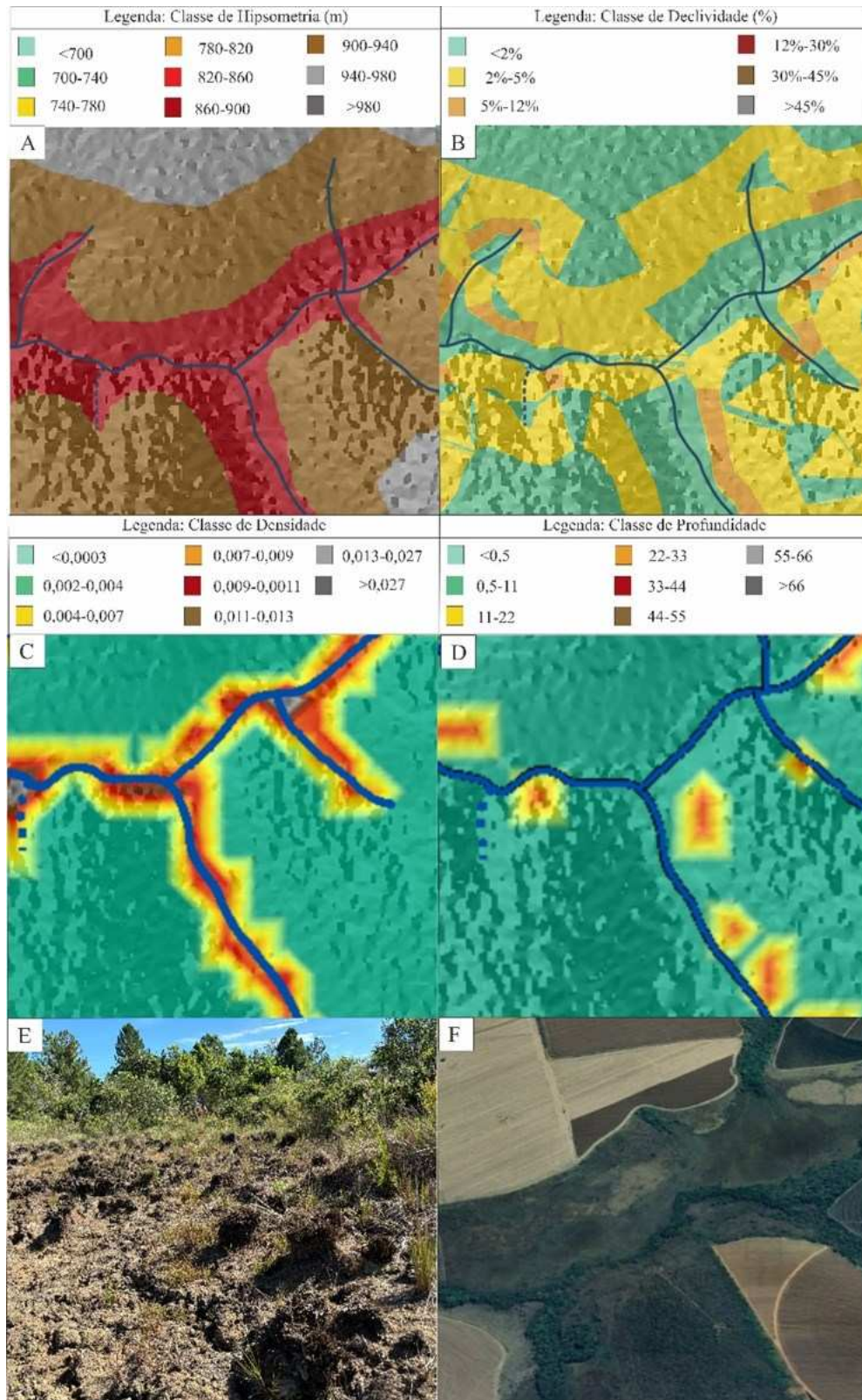


Figura 19: Perfil de elevação (K-L) referente ao Compartimento Geomorfológico III.



4.1.4 Compartimento Geomorfológico IV - Vertentes Escalonadas Convexizadas

Vertentes Escalonadas Convexizadas configuram o Compartimento Geomorfológico IV posicionado sobre altitudes que variam de 820 a 940 metros (Figura 20 A), sustentado por basaltos maciços da Formação Serra Geral, associados a Latossolos e Cambissolos. Na carta de declividade encontraram-se classes entre 2% a 12% (Figura 20 B), enquanto as cartas de densidade e profundidade de drenagem expressam valores mais altos (Figura 20 C e D), respectivamente, de 0,004 a 0,027 m/m^2 e 0,5 a 55 m. Tais características evidenciam o aumento da declividade, da densidade e profundidade de drenagem, quando comparado aos Compartimentos I e II, com feições bem convexizadas (Figuras 20 E e F) que se dirigem ao rebordo erosivo da chapada (Figura 21).

Figura 20: Vertentes Escalonadas Convexizadas (IV). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do Compartimento IV. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento IV.

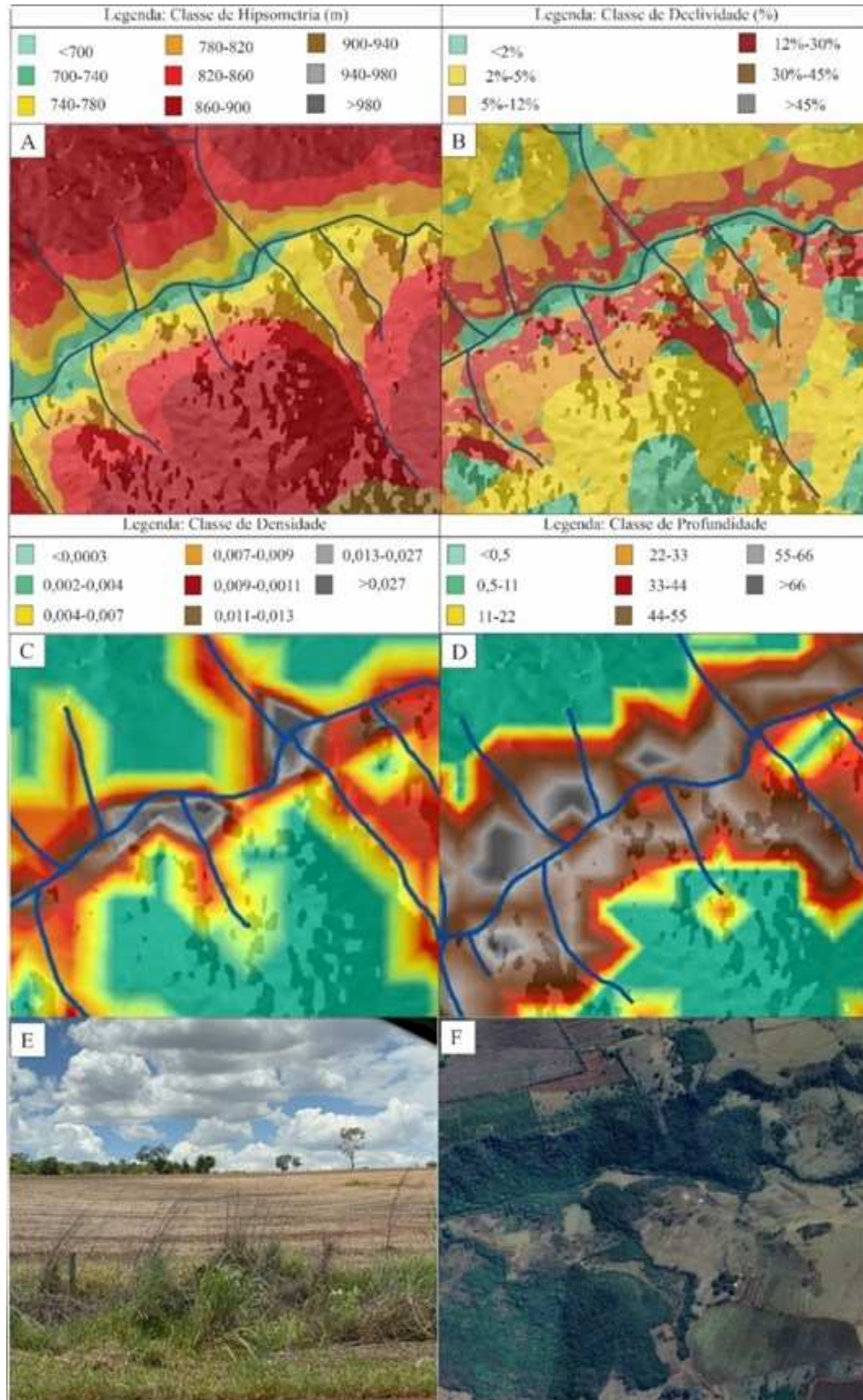
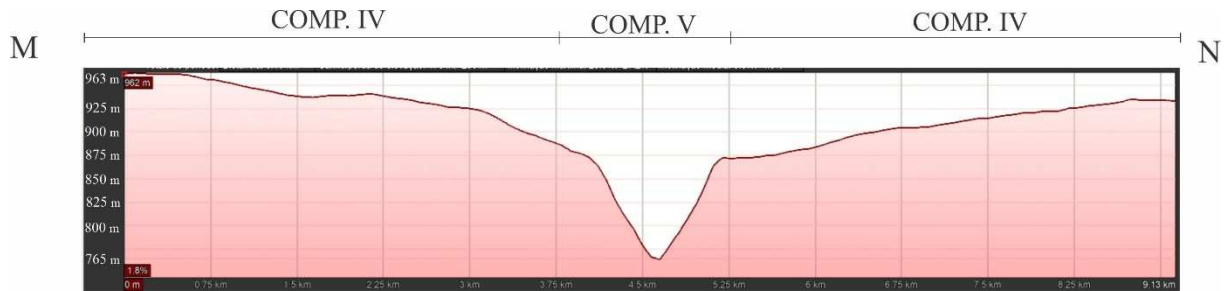


Figura 21: Perfil de elevação (M-N) referente ao Compartimento Geomorfológico IV.



4.1.5 Compartimento Geomorfológico V - Vales Encaixados

O Compartimento Geomorfológico IV é formado pelos Vales Encaixados, com variação altimétrica de 700 a 860 metros (Figura 22 A), abrangendo as classes de declividade de 5% a 45% (Figura 22 B), sendo sustentado pelos basaltos da Formação Serra Geral, que ocorrem associadas a Neossolos. A rede de drenagem nessa área é bem densa e entalhada (Figura 22 C e D), com classes que vão desde 0,007 m/m² até valores superiores a 0,027 m/m² (densidade de drenagem) e de valores que superam 66 m (profundidade de drenagem). As vertentes escarpadas são íngremes e os vales encaixados em V, como ilustra a Figura 22 (E e F) e o perfil de elevação (Figura 23).

Figura 22: Vales Encaixados (V). (A) Carta Hipsométrica. (B) Carta de Declividade. (C) Carta de Densidade de drenagem. (D) Carta de Profundidade de Drenagem. (E) Fotografia tirada em campo do Compartimento V. (F) Imagem de Satélite do Google Earth do Compartimento V.

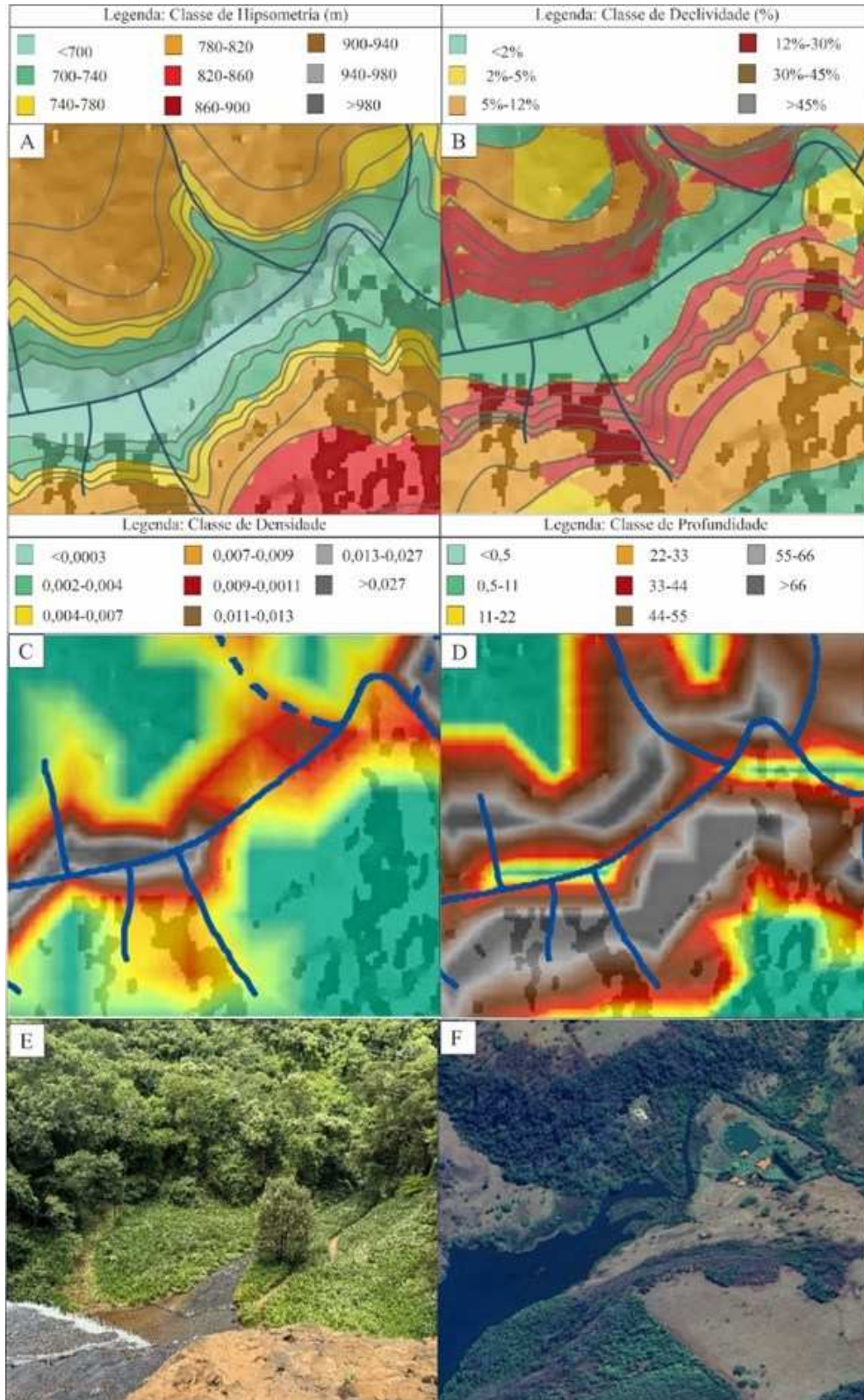
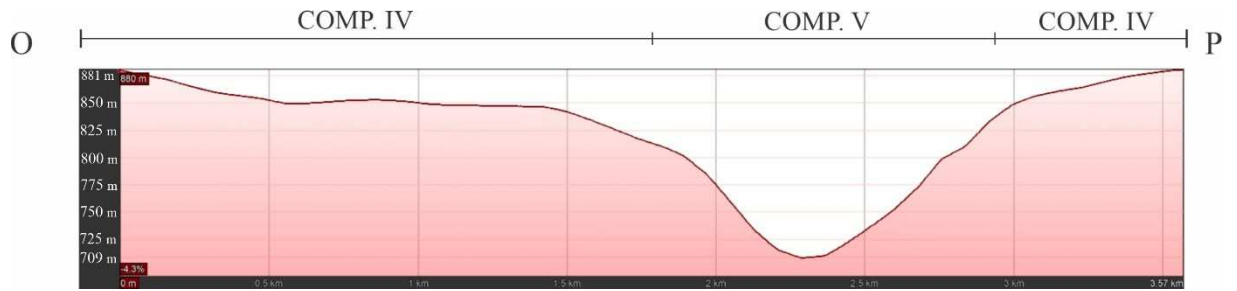
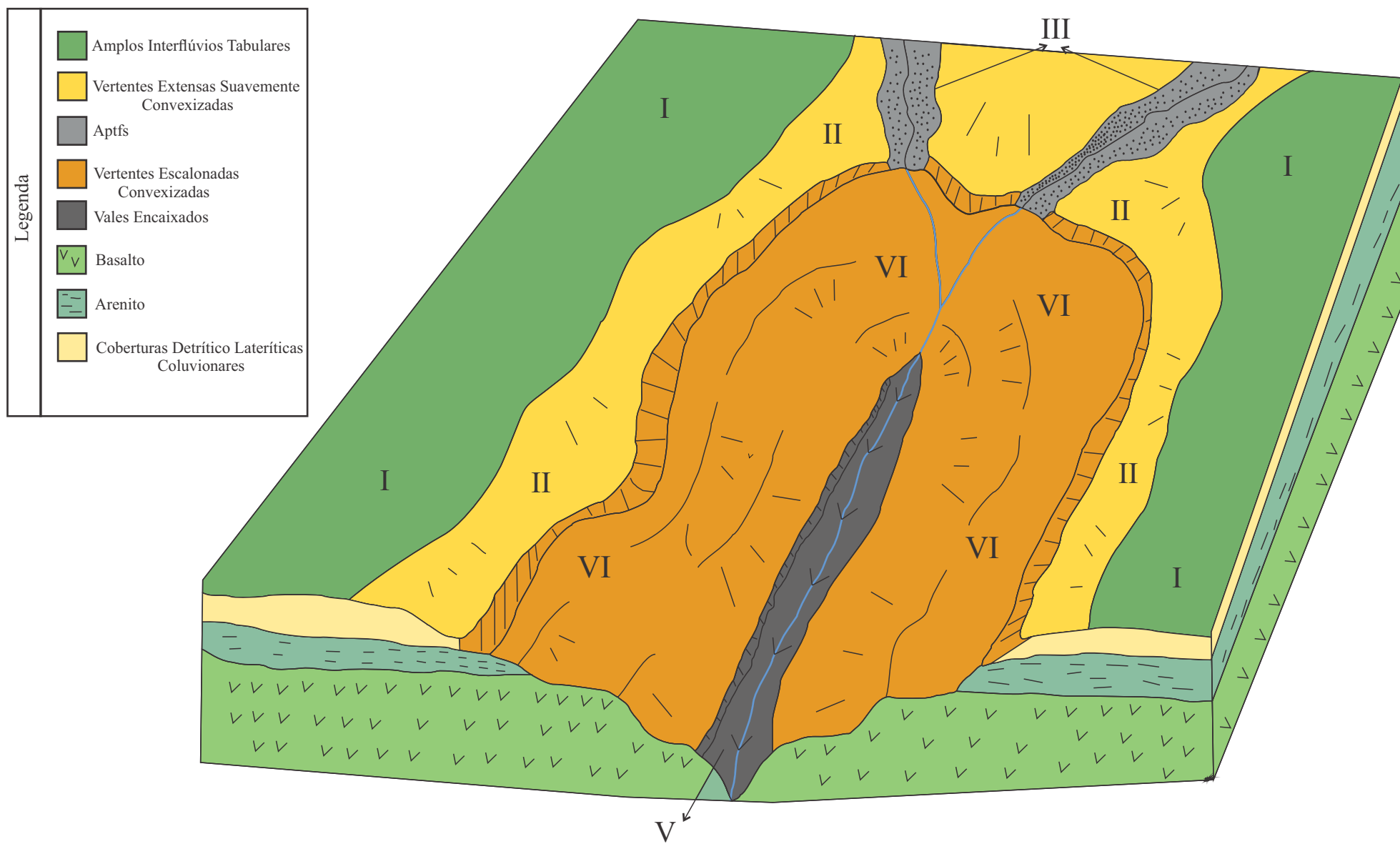


Figura 23: Perfil de elevação (O-P) referentes ao Compartimento Geomorfológico V.



Por fim, a figura 24 apresenta um bloco diagrama contendo os Compartimentos Geomorfológicos identificados, ao passo que o quadro 6 sintetiza as informações da compartimentação geomorfológica junto aos dados morfométricos, geológicos e pedológicos.

Figura 24: Bloco diagrama Compartimentos Geomorfológicos



Quadro 6: Compartimentação Geomorfológica.

1º TÁXON	2º TÁXON	3º TÁXON	4º TÁXON	Hipsometria (m)	Declividade (%)	Densidade de Drenagem (m/m ²)	Profundidade e de Drenagem (m)	Geologia (Chaves; Dias, 2017)	Pedologia (Motta et. al, 2004)
Bacia Sedimentar do Paraná (BSP)	Chapadas do Oeste Mineiro (Indianópolis – Celso Bueno)	Planalto Tabular	- Amplos Interflúvios Tabulares (I)	940-980 m	≤ 2%	≤ 0,0003	≤ 0,5	Coberturas Detrítico-Lateríticas Coluvionares	Latossolo
			Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II)	900-940 m; 940-980 m	2% - 5%	0,002 – 0,004 0,004 – 0,007 0,007 – 0,009 0,009 – 0,011 0,011 – 0,013 0,013 – 0,027	0,5 – 11 11 – 22 22 - 33	Coberturas Detrítico-Lateríticas Coluvionares; Formação Marília	Latossolo
			Aptf (III)	900-940 m 940-980 m	≤ 2% 2%-5% 5%-12%	0,004-0,007 0,007 – 0,009 0,009 – 0,011 0,011 – 0,013 0,013 – 0,027	≤ 0,5 0,5-11 11-22 22-33 33-44	Coberturas Detrítico-Lateríticas Coluvionares	Gleissolo Organossolo
		Rebordo e Escarpa Erosiva	- Vertentes Escalonadas Convexizadas (IV)	820-860 m; 860-900 m; 900-940 m	2% - 5% 5% - 12%	0,004 – 0,007 0,007 – 0,009 0,009 – 0,011 0,011 – 0,013 0,013 – 0,027	0,5 – 11 11 – 22 22 – 33 33 – 44 44 - 55	Formação Serra Geral	Latossolo Cambissolo
			Vales Encaixados (V)	≤ 700 m 700-740 m 740-780 m 780-820 m 820-860 m	5% - 12% 12% - 30% 30% - 45%	0,007 – 0,009; 0,009 – 0,011 0,011 – 0,013 0,013 – 0,027 ≥ 0,027	33 – 44 44 – 55 55 – 66 ≥ 66	Formação Serra Geral	Neossolo Afloramento Rochoso

4.2 Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão das Furnas

Para a definição das Unidades Geomorfológicas foram utilizadas as cartas morfométricas (Figuras 9 a 12), juntamente com as cartas litológica, geomorfológica e pedológica, descritas a seguir.

A carta litológica (Figura 25) exhibe a disposição dos litotipos presentes na área de estudo, como os basaltos da Formação Serra Geral, os arenitos da Formação Marília e as coberturas detrítico lateríticas coluvionares (Chaves; Dias, 2017). Vale o destaque que em trabalhos de campo se localizaram os depósitos rudáceos, assim como o trabalho de Silva (2023), em bacia hidrográfica também posicionada na chapada Indianópolis-Celso Bueno (bacia do ribeirão do Brejão).

Os basaltos predominam na porção abaixo do rebordo erosivo, associados as Vertentes Escalonadas, e aos Vales Encaixados regolíticos e rochosos. Os depósitos rudáceos se dispõem como uma cascalheira posicionada acima do nível dos basaltos, de maneira que se encontram na transição das Vertentes Convexas para as Vertentes Escalonadas. Todo o contínuo da área é recoberta pelas Coberturas cenozoicas, que se caracterizam por espessos perfis latossolizados. Além disso, o mapa dispõe da rede de drenagem da área, que está encaixada e controlada por falhas e fraturas (Chaves; Dias, 2017), assim como também apresenta a localização de cachoeiras esculpidas em basaltos, identificadas por Bento (2010).

A carta geomorfológica (Figura 26) é composta pelos 3º, 4º, 5º e 6º táxons de relevo propostos por Ross (1992), e une as formas de relevo de maior e menor escala, desde Compartimentos Geomorfológicos (4º táxon), até feições de relevo atuais como sulcos erosivos (6º táxon). No mapa percebe-se uma grande diferença de feições geomorfológicas e modelados antrópicos quando comparado os 3 táxons diferenciados pelos Planalto Tabular com Rebordo e Escarpa Erosiva.

Nos Compartimentos Geomorfológicos (4º táxon) dos Amplos Interflúvios Tabulares (I), Vertentes Suavemente Convexizadas (II) e Aptfs (III) registram-se uma concentração de pivôs de irrigação, barragens e represamentos. Já nas unidades de Vertentes Escalonadas Convexizadas (IV) e Vales Encaixados (V) predominam modelados de terraços agrícolas, cuja finalidade é conter os processos denudacionais que geram formas de sulcos e rupturas topográficas suaves e agudas, com forte entalhe da rede de drenagem gerando encachoeiramentos, que se instalam sobretudo nos basaltos da Formação Serra Geral (Bento, 2010).

Na carta pedológica (Figura 27) se destacam os domínios e a diferenciação de Latossolos, sendo encontrados Latossolos Amarelos (LA) nos Topos Tabulares, e Latossolos Vermelhos nas Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas, diferenciados por LV1 e LV2. Além disso, no interior dos Planaltos Tabulares, vinculadas as Aptf, registram-se solos hidromórficos, com associações de Gleissolos e Organossolos. Já nas áreas dissecadas das Vertentes Escalonadas e Vales Encaixados, dominam Neossolo e Cambissolo.

A distribuição espacial dos solos acompanha o quadro geológico-geomorfológico da Chapada Indianópolis-Celso Bueno (2º táxon) da Bacia Sedimentar do Paraná (1º táxon), quando os LA ocupam quase que toda a extensão dos amplos interflúvios tabulares (restritos ao Planalto Tabular), enquanto os LV1 e LV2 dominam as vertentes convexizadas. Porém, se diferenciam pelo contexto estratigráfico, quando o LV1 se desenvolve no nível dos depósitos rudáceos (cascalheiras), ao passo que os LV2 se restringem as áreas de perfis de alteração mais espesso derivados dos basaltos. Os solos hidromórficos se desenvolvem nas áreas de Aptf, em drenagens pouco adensadas do Planalto Tabular, enquanto nas áreas dissecadas, nas vertentes escalonadas, predominam Cambissolo e Neossolo, e nos Vales Encaixados, Neossolos com afloramentos de basaltos da Formação Serra Geral.

Dessa forma, os resultados de campo e laboratório permitiram diferenciar os Latossolos encontrados na área partir da avaliação de 5 perfis, identificados no mapa e localizados da seguinte forma:

- Perfil 1 - Latossolo Amarelo (LA): localizado na unidade Planalto Tabular (I), em setor de topo (993 metros);
- Perfil 2 - Latossolo Vermelho 1 – 1 (LV1- 1): localizado na unidade Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II), em terço médio de vertente, acima de depósitos rudáceos presentes logo abaixo do perfil (937 metros);
- Perfil 3 - Latossolo Vermelho 1 – 2 (LV1- 2): localizado na unidade Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II), em sua transição com o Planalto Tabular (I), posicionado em terço superior da vertente, sem evidências nas proximidades de afloramento de depósitos rudáceos (925 metros);
- Perfil 4 - Latossolo Vermelho 2 – 1 (LV2- 1): localizado na unidade Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II), em terço médio de vertente, com presença nas imediações de afloramento e saprólito de basaltos (907 metros);
- Perfil 5 - Latossolo Vermelho 2 – 2 (LV2- 2): localizado na unidade de Vertentes Extensas Suavemente Convexizadas (II), em terço baixo da vertente, com presença de saprólito de

basalto no perfil, e com presença de cascalheira aflorante no terço médio da mesma vertente, ou seja, aflorante em cotas acima deste perfil (892 metros).

Figura 25: Carta Litológica.

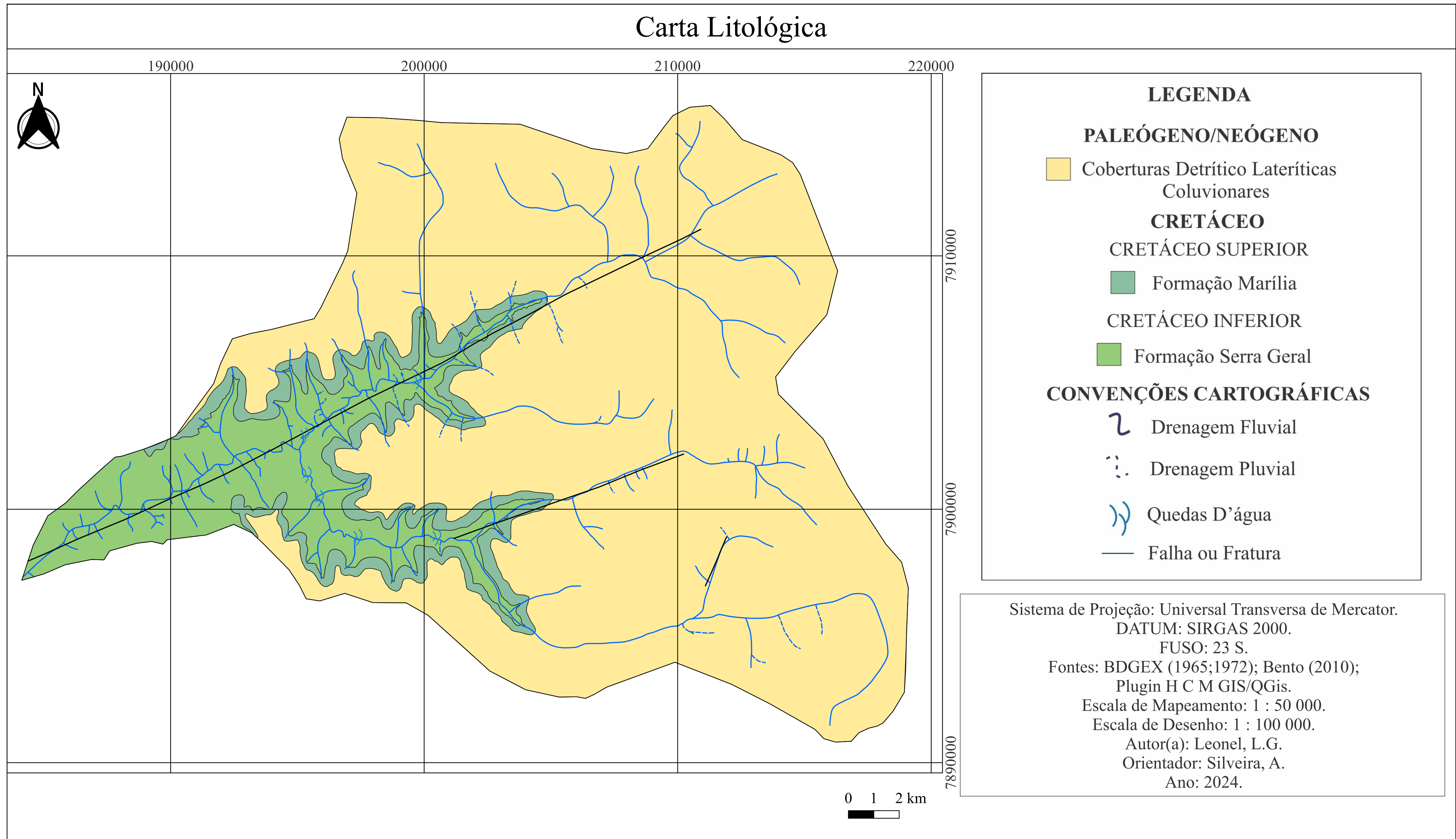


Figura 26: Carta Geomorfológica.

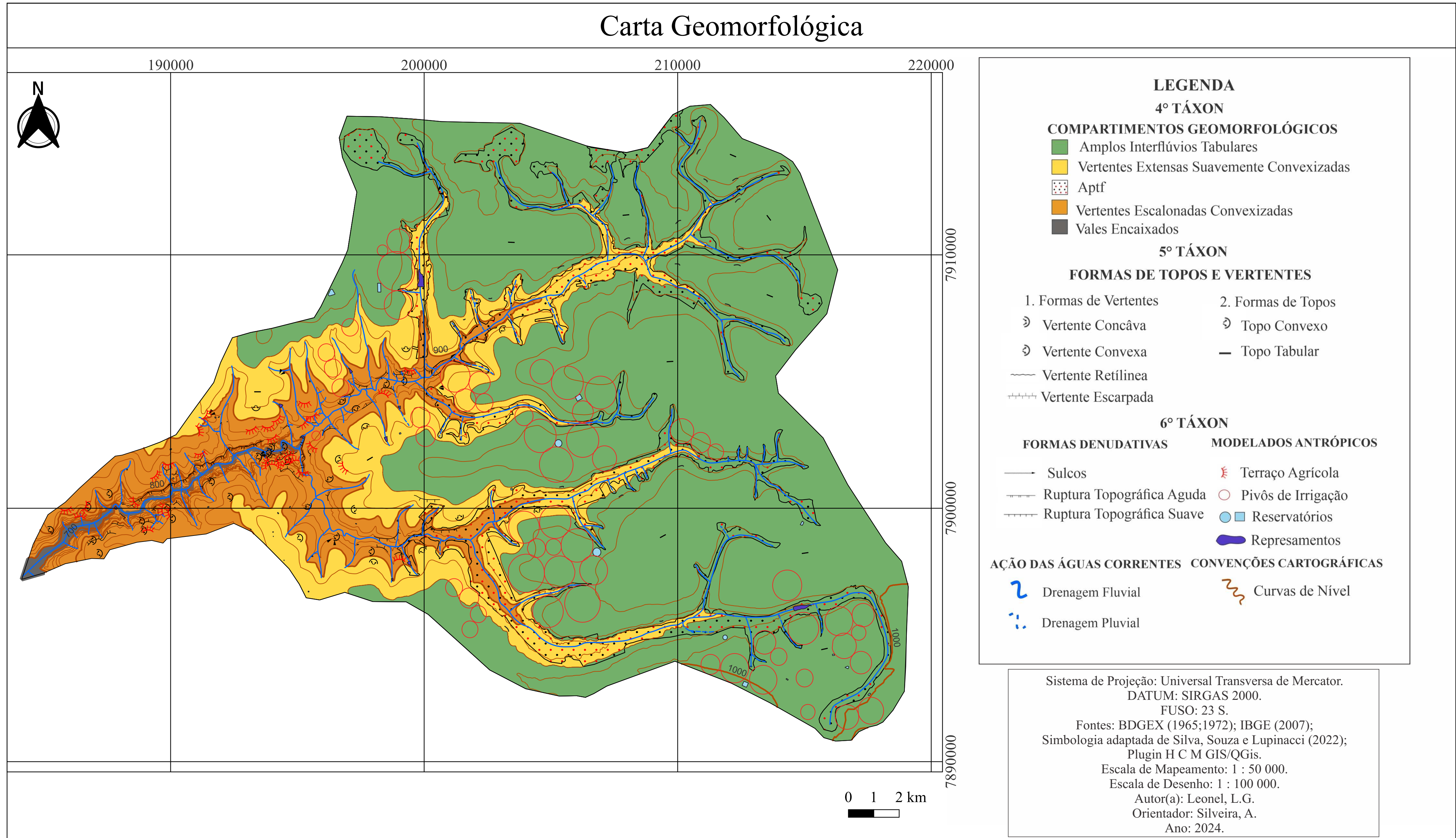
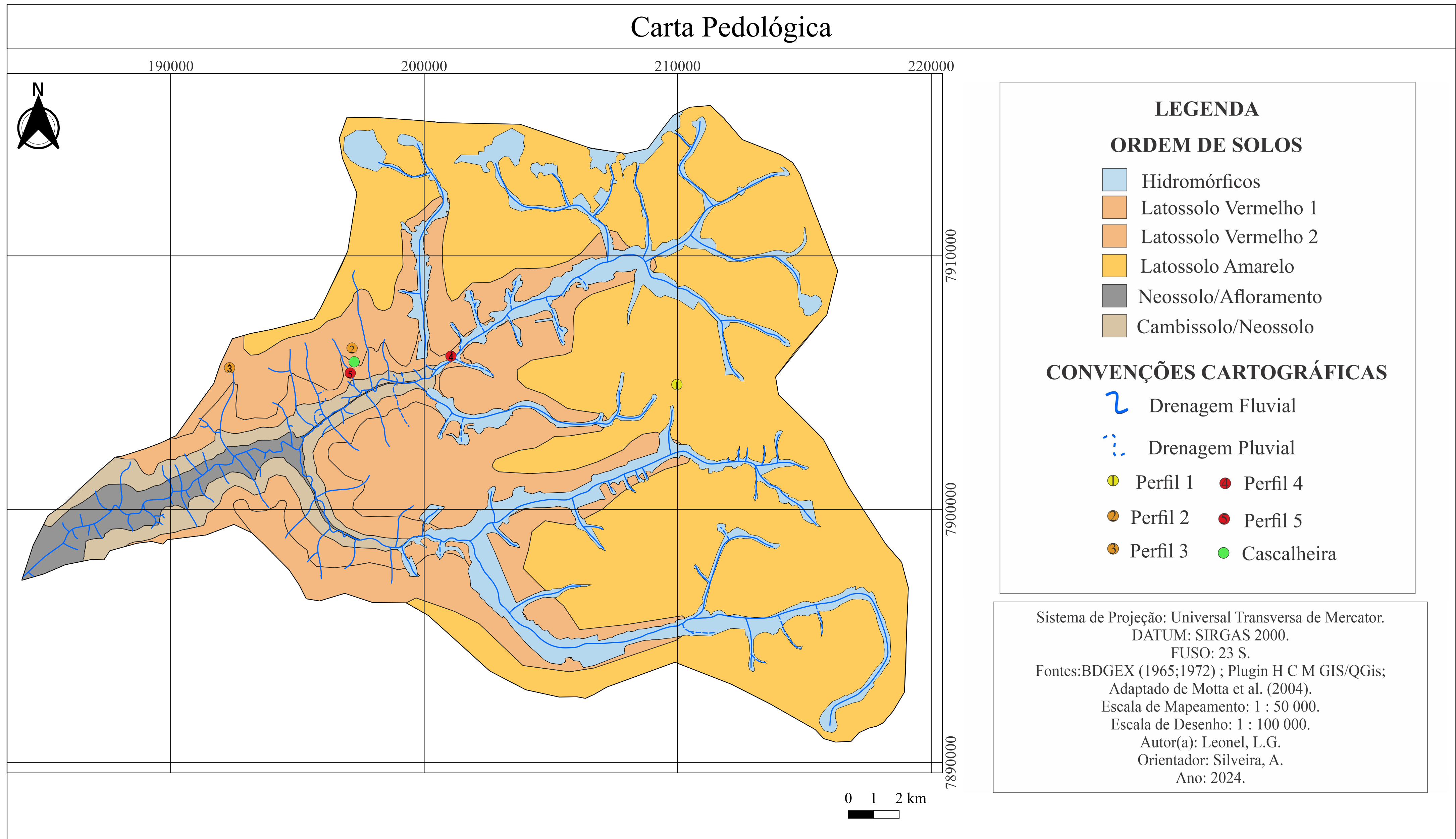


Figura 27: Carta Pedológica.



Para estes 5 perfis foram avaliados os critérios morfológicos de cor e de textura, a qual permitiu, além da identificação do percentual da fração granulométrica, a avaliação morfoscópica da fração grossa, devido a sua separação no tratamento laboratorial. Os resultados adquiridos na granulometria estão apresentados no Gráfico 1, bem como na Figura 28, que projeta as classes granulométricas de cada perfil no triângulo textural.

Gráfico 1: Granulometria dos Latossolos da área de estudo.

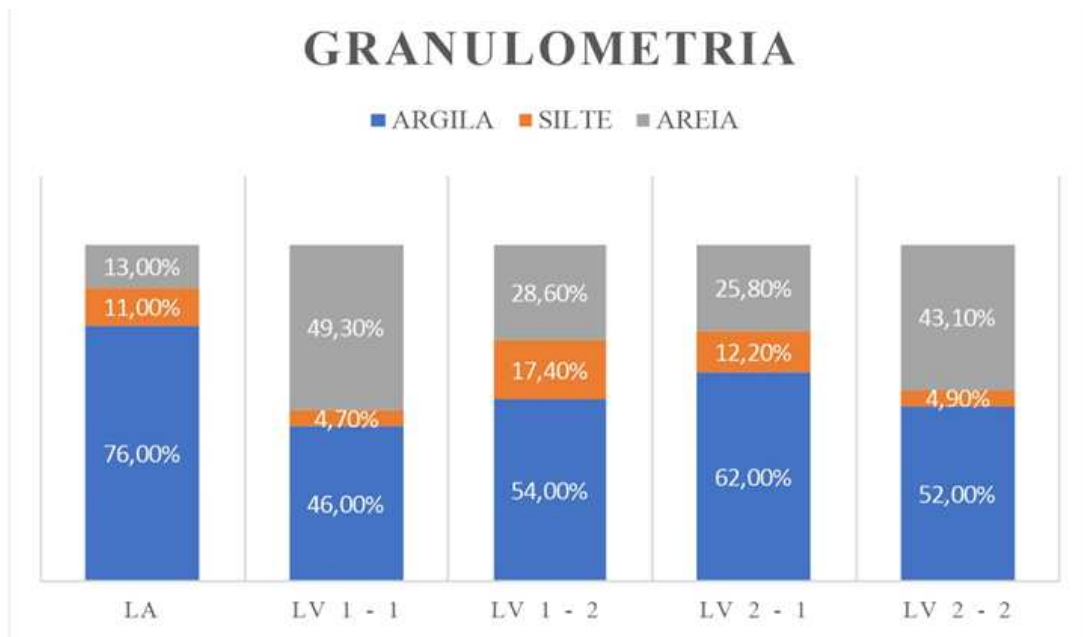


Figura 28: Triângulo textural.

Latosolo Amarelo

① LA

Latosolo Vermelho 1

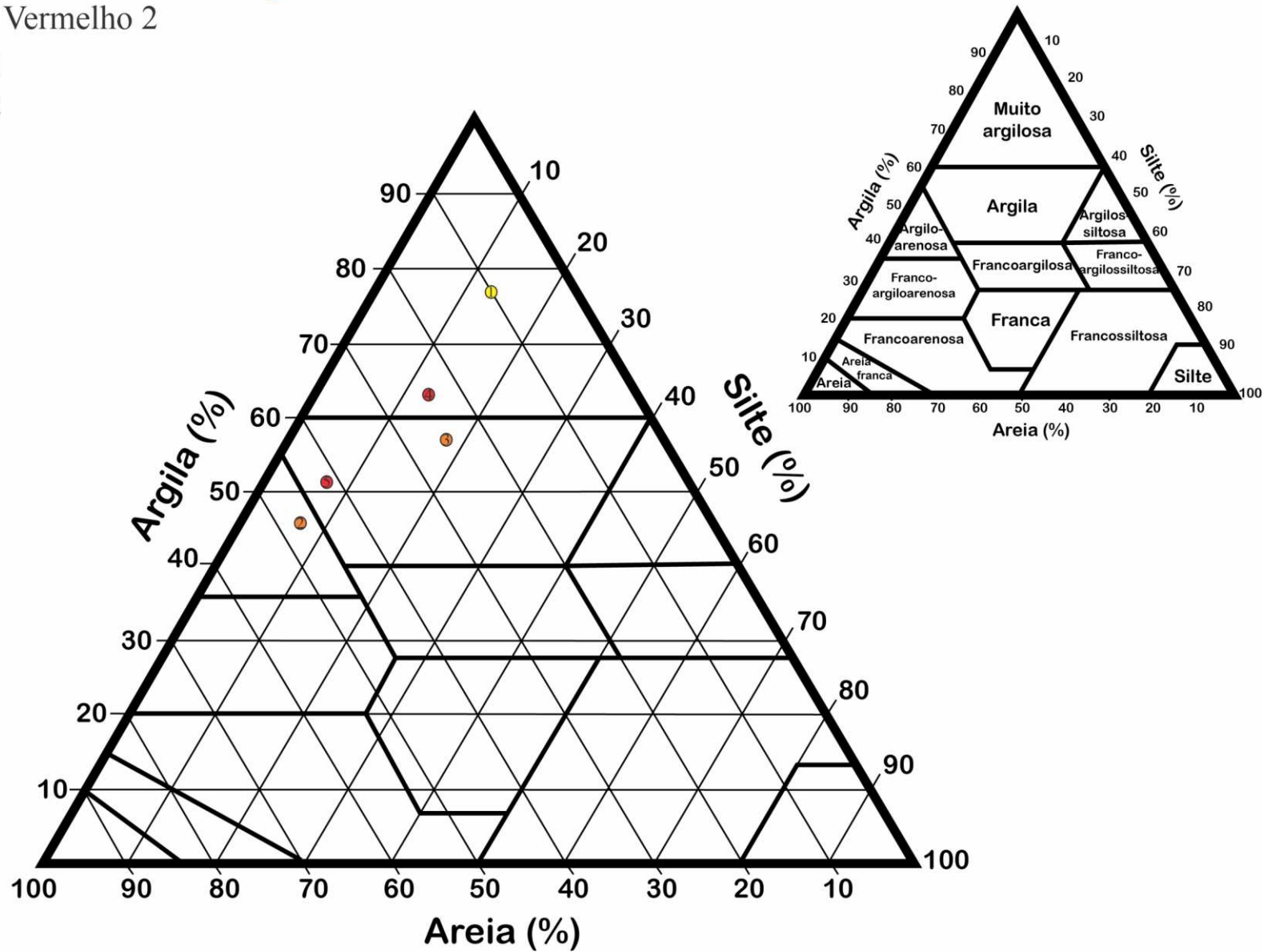
② LV 1 - 1

③ LV 1 - 2

Latosolo Vermelho 2

④ LV 2 - 1

⑤ LV 2 - 2



O LA tem coloração amarelo-brunado (10 YR 6/8) (Figura 29 A) de acordo com a Carta de Munsell (2009), composto em sua maioria por grãos de quartzo que variam em coloração, desde translúcidos à rosados e levemente amarelados (Figura 29 B e C), e por nódulos de argila (Figura 29 C e 30 A e B). A fração de areia grossa (Figura 29 B) apresenta grãos bem selecionados, subangulosos com alta esfericidade, enquanto a fração fina (Figura 29 C) tem grãos muito bem selecionados, subarredondados e também com alta esfericidade. De acordo com a granulometria de solos o LA possui em sua composição 13% de areia (fina+grossa), 11% de silte e 76% de argila, considerado um solo de textura muito argilosa (Figura 28), com sua origem associada as extensas coberturas cenozoicas que ocupam os amplos interflúvios.

Figura 29: (A) Perfil de Latossolo Amarelo (B) Fração de areia grossa e Fração de areia fina (C), vistas em estereomicroscópio binocular.

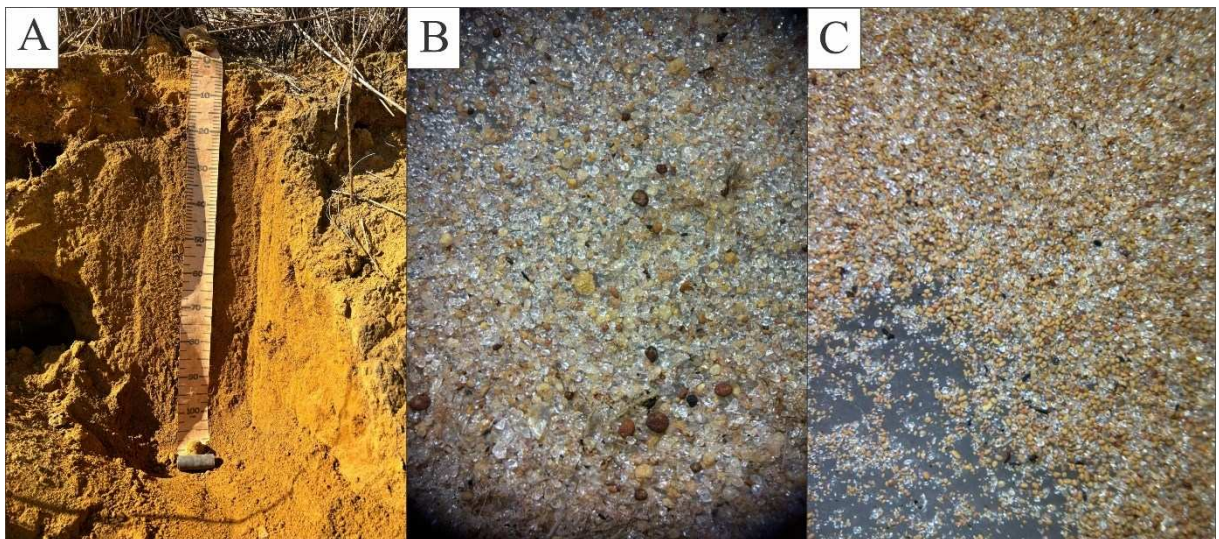
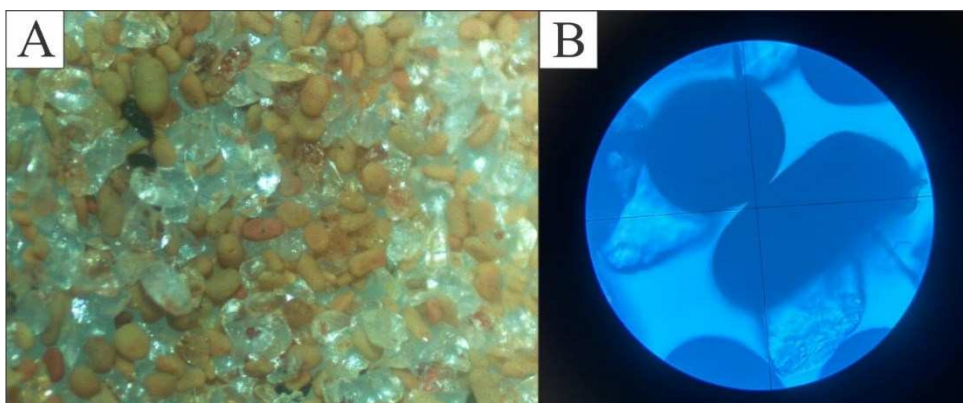
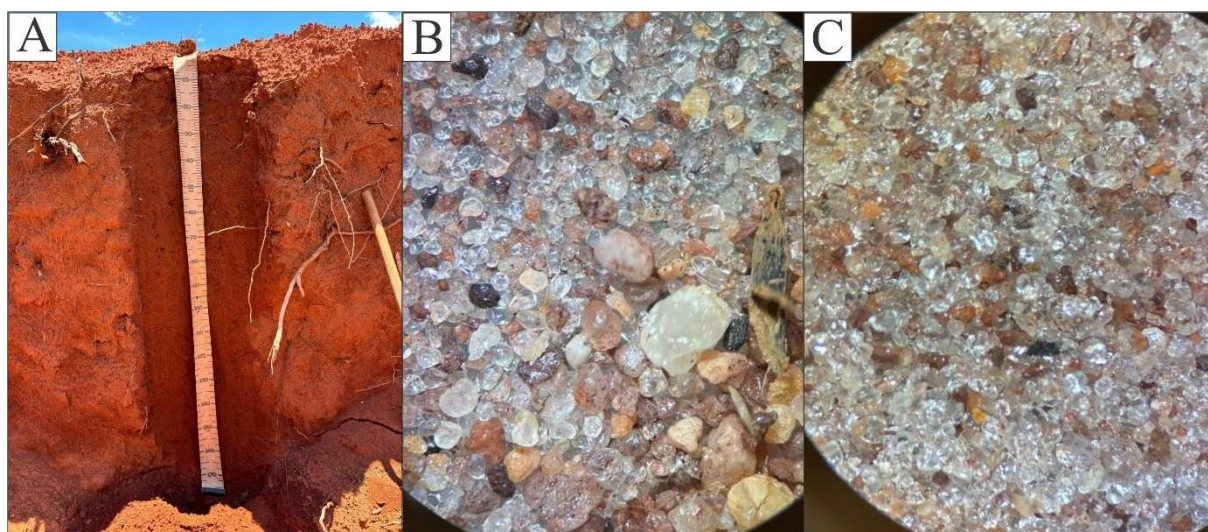


Figura 30: Nódulos de argila. (A) Nódulos observados sob estereomicroscópio. (B) Nódulos observados sob microscópio; com grãos opacos.



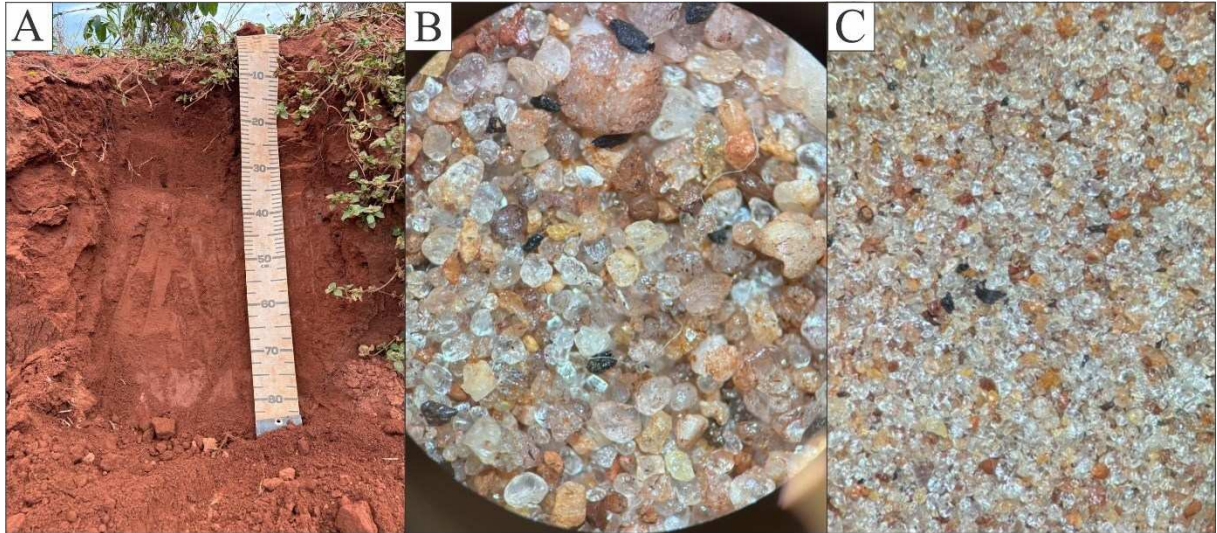
O LV1-1 tem coloração vermelho fraco (10R 4/4) (Figura 31 A), composto por quartzo brilhante e desgastado, variando em coloração entre grãos rosados, amarelos, brancos e translúcidos (Figura 31 B e C). Tais grãos desgastados possuem uma película avermelhada, provavelmente derivadas de óxidos e/ou hidróxidos de ferro. A fração grossa (Figura 31 B) apresenta cristais moderadamente selecionados, angulosos a arredondados com baixa esfericidade. A fração de areia fina (Figura 31 C) possui grãos bem selecionados subarredondados e alta esfericidade. Nota-se a presença de pequenos nódulos e óxidos de ferro associados, e uma pequena quantidade de minerais metálicos primários como a magnetita, com baixo grau de esfericidade e arredondamento. Na análise granulométrica foram obtidos valores de 49,3% de areia (fina+grossa), 4,7% de silte e 46% de argila, caracterizando uma textura argilo-arenosa (Figura 28).

Figura 31: (A) Perfil de Latossolo Vermelho 1-1 próximo ao rebordo erosivo cascalheira. (B) Areia grossa. (C) Areia fina.



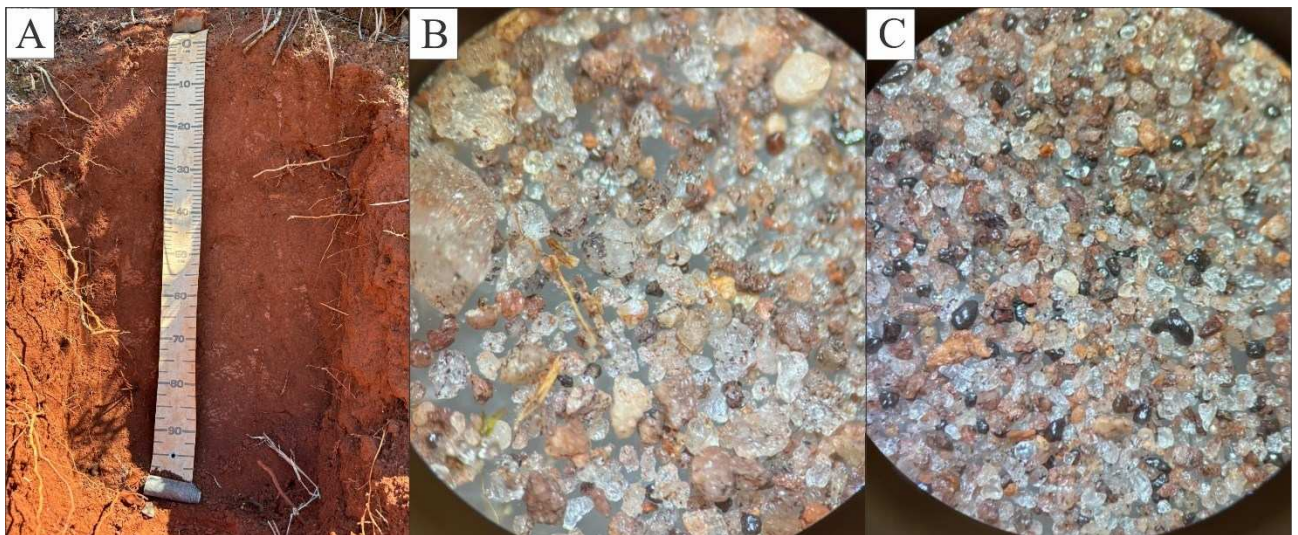
O LV1-2 possui uma coloração vermelha acinzentada (10R 3/3) (Figura 32 A) e tem sua composição marcada principalmente por quartzo translúcido a rosado, e amarelado, com associação de pequenos nódulos e óxidos de ferro, e uma fração pequena de minerais metálicos como a magnetita (Figura 32 B e C). A fração de areia grossa (Figura 32 B) conta com grãos moderadamente selecionados, subangulosos a arredondados com alta esfericidade. Já a areia fina (Figura 32 C) tem grãos bem selecionados e subarredondados a arredondados, com alta esfericidade. A granulometria obteve 28,6% de areia (fina+grossa), 17,4% de silte e 54% de argila, com textura argila (Figura 28).

Figura 32: (A) Latossolo Vermelho 1-2 próximo a Vertente Suavemente Convexizada. (B) Fração de areia grossa. (C) Fração de areia fina.



O LV 2-1 apresentou coloração vermelha (10R 4/6) (Figura 33 A), composto principalmente por quartzo, com cores rosadas, amarelas e cristais translúcidos (Figura 33 B e C). Na fração grossa (Figura 33 B) predominam cristais moderadamente selecionados, com graus de arredondamento que variam de angulosos a arredondados, com alta esfericidade. Na fração de areia fina (Figura 33 C) os grãos são bem selecionados, subarredondados e com alta esfericidade. Em comparação as amostras dos LV1, percebe-se um aumento na quantidade e tamanho dos nódulos de ferro, padrão que se mantém para os minerais metálicos. Na granulometria foram obtidos valores de 25,8% de areia (fina+grossa), 12,2% de silte e 62% de argila, caracterizando textura muito argilosa (Figura 28).

Figura 33: (A) Latossolo Vermelho 2-1 próximo a Vertente Convexa. (B) Fração areia grossa. (C) Fração areia fina.



O LV2-2 registrou coloração vermelho escuro (2,5YR 3/6) (Figura 34 A), composto por quartzo com coloração variando de amarelo a alaranjado, com grãos translúcidos (Figura 34 B e C). A fração grossa (Figura 34 B) tem grãos moderadamente selecionados angulosos a arredondados, com alta esfericidade. A fração de areia fina (Figura 34 C) conta com grãos bem selecionados subangulosos a arredondados e com alta esfericidade. Nota-se que há presença de pequenos nódulos angulosos de ferro e minerais metálicos como a magnetita, com baixo grau de arredondamento, porém estes ocorrem em menor quantidade que na amostra anterior (LV 2-1). Na análise granulométrica a amostra demonstrou 43,10% de areia (fina+grossa), 4,9% de silte e 52% de argila, com textura argila (Figura 28).

Figura 34: (A) Perfil de Latossolo Vermelho 2-1 próximo ao rebordo e a cascalheira. (B) Fração areia grossa. (C) Fração areia fina.



Na análise dos solos evidenciou-se uma discrepância entre as amostras, já que nas amostras do LV1-1 e do LV2-2 os teores de areia são maiores; pois ambas as amostras foram retiradas de locais próximos a cascalheira, sugerindo que houve uma contribuição de areia originada dos depósitos rudáceos (pontos de retiradas das amostras demarcados na carta pedológica, Figura 27). Além disso, percebe-se que nas amostras dos LV2 há significativamente uma maior quantidade de minerais metálicos quando em comparação com as amostras dos LV1. Sugere-se que, nesse contexto, esses solos tenham origens diferentes, sendo o LV1 relacionado aos depósitos rudáceos, enquanto o LV2 derivado dos basaltos. Pondera-se que a amostra de LV2-2 apresenta maior quantidade de areia e quartzo, por se

localizar-se logo abaixo da cascalheira, na continuidade da vertente, embora se observe saprólito de basalto na base de seu perfil.

Assim, a partir da integração das informações dos mapeamentos intermediários (Figuras 25, 26 e 27) em conjunto com os dados de campo e de laboratório, a investigação chegou à diferenciação de 4 Unidades Geomorfopedológicas para a bacia hidrográfica do ribeirão das Furnas (Figura 35), as quais passam a ser caracterizadas no contínuo do texto. A figura 36 apresenta transecto e bloco diagrama que contemplam as Unidades Geomorfopedológicas. Ainda, estabelece relação entre as Superfícies Geomórficas e as Unidades Geomorfopedológicas, que será abordada no item final deste capítulo (4.3).

Figura 35: Carta Geomorfopedológica.

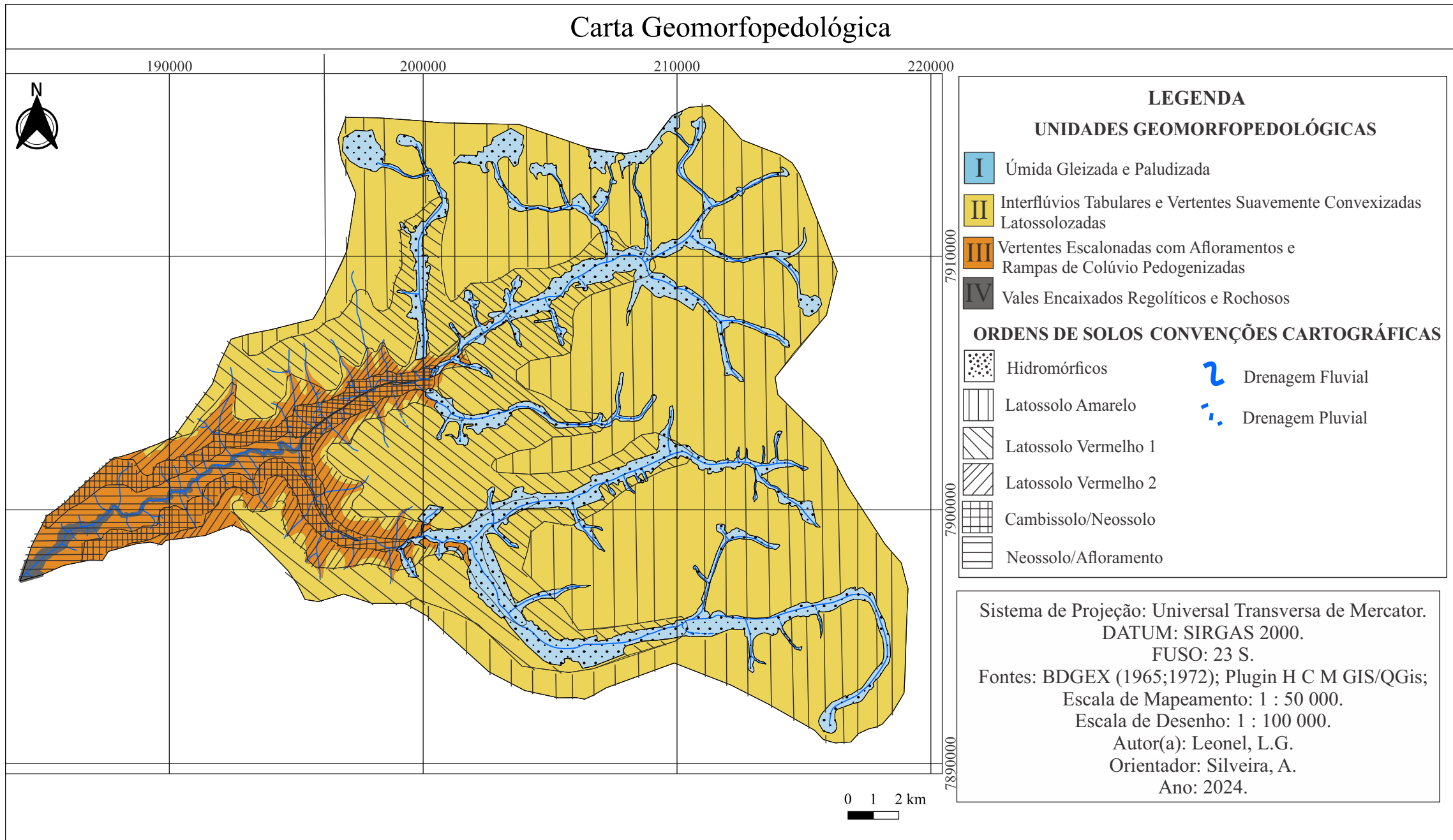
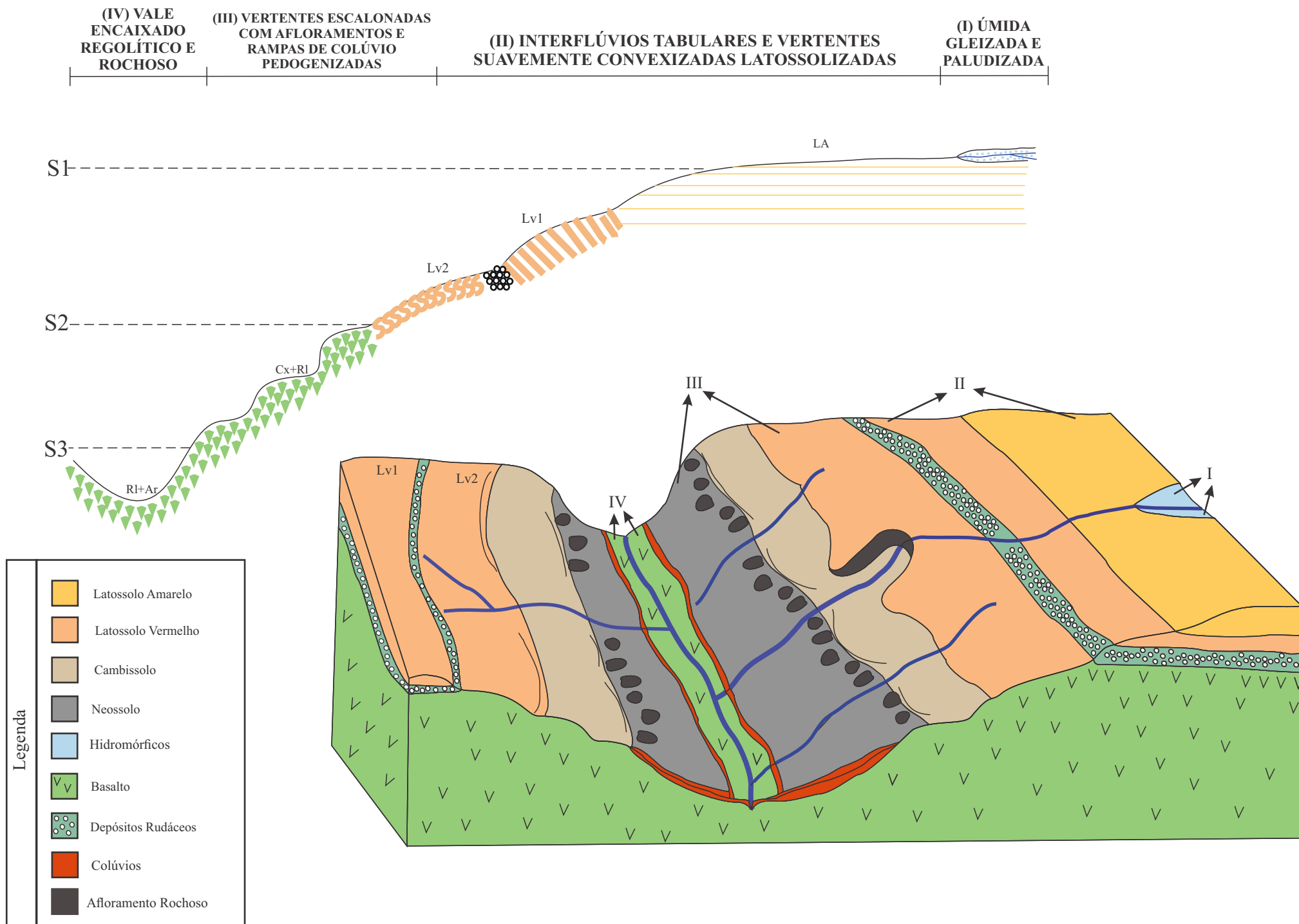


Figura 36: Transecto e Bloco diagrama das Unidades Geomorfopedológicas.



4.2.1 Unidade Geomorfopedológica I: Úmida Gleizada e Paludizada

A unidade Úmida Gleizada e Paludizada (Figura 37) fica restrita às áreas de Aptfs no interior do Planaltos Tabulares com coberturas cenozoicas, e com a presença de solos hidromórficos como Gleissolos e Organossolos. A gleização consiste em um ambiente de redução do Fe em condições anaeróbicas produzindo matriz de cores cinzas, enquanto a paludização se refere a concentração de matéria orgânica em ambientes alagadiços anaeróbicos formando turfeiras (Kampf; Curi, 2012). Na área estes ambientes estão associados às veredas, que é marca dos chapadões tropicais do Brasil central. Na bacia do ribeirão das Furnas muitas dessas unidades estão represadas para o fornecimento de água para a agricultura irrigada.

4.2.2 Unidade Geomorfopedológica II: Interflúvios Tabulares e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas

A unidade dos Interflúvios Tabulares e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas (Figura 38) engloba as coberturas espessas com a ocorrência dos Latossolos Amarelos e Vermelhos (1 e 2). Na transição dessa Unidade para a Unidade III são encontradas as cascalheiras (depósitos rudáceos) e saprólitos de basaltos. Ocupam os amplos interflúvios tabulares, vertentes extensas suavemente convexizadas e vertentes convexas, que se configuram no setor de topo da chapada Indianópolis-Celso Bueno. A Unidade é caracterizada pelo domínio da agricultura moderna irrigada de grãos (soja, sorgo e milho) e café, com quantidades significativas de pivôs de irrigação, conforme ilustrado na carta geomorfológica (Figura 26). Também é frequente o uso por silvicultura de eucalipto. Pontualmente, nos rebordos do planalto tabular, encontra-se a criação de gado, com a instalação de terraços agrícolas.

4.2.3 Unidade Geomorfopedológica III: Vertentes Escalonadas com Afloramentos e Rampas de Colúvios Pedogenizadas.

A unidade das Vertentes Escalonadas com Afloramentos e Rampas de Colúvios Pedogenizadas (Figura 39) se dispõe sobre o domínio geológico dos basaltos da Formação Serra Geral, associado principalmente a solos mais rasos e menos desenvolvidos, como Cambissolo e Neossolo. Nessa Unidade se observa a formação de vertentes com escalonamento que se alojam a jusante do rebordo erosivo, sobre as quais se desenvolveram rampas coluvionares recobertas por vegetação, que foram substituídas principalmente por

pastagens, e em menor quantidade por plantios de grãos, com necessidade de terraceamentos agrícolas a fim de minimizar a ação do escoamento superficial. Em relação à Unidade II (de grandes propriedades), essa Unidade apresenta propriedades de menores dimensões com o maior parcelamento dos terrenos.

Figura 37: Unidade Geomorfopedológica I: Úmida Gleizada e Paludizada (I). (A) Perfil de Gleissolo. (B) Foto retirada em campo da unidade I. (C) Perfil de Organossolo. (D) Vertente Afogada área de Aptf e parte da Unidade I. (E) Amostra de Gleissolo. (F) Vegetação de veredas.

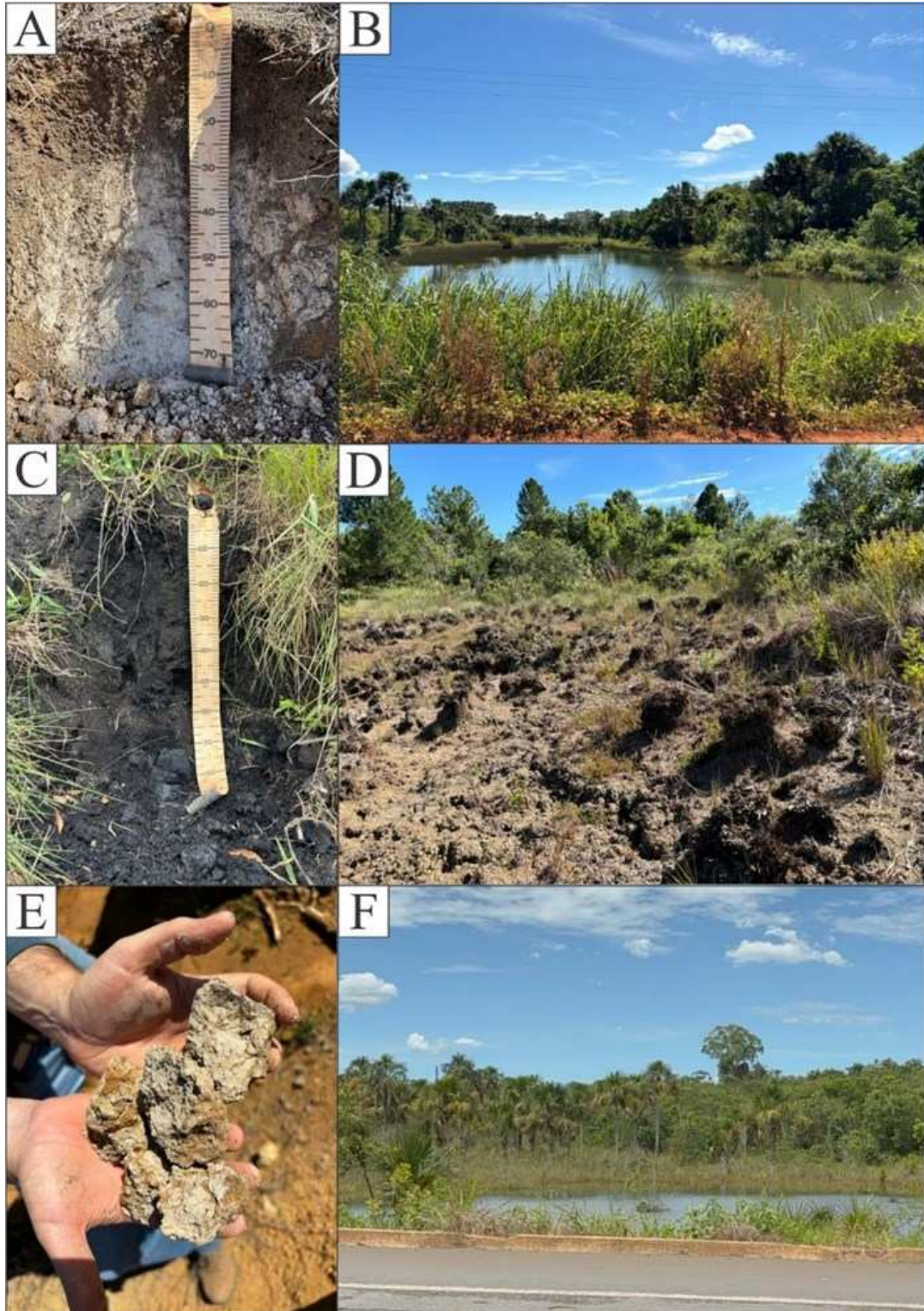


Figura 38: Unidade Geomorfopedológica II: Interflúvios Tabulares e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas (II). (A) Perfil de Latossolo Amarelo nos Amplos Interflúvios. (B) Fotografia retirada em campo referente aos Amplos Interflúvios Tabulares. (C) Perfil de Latossolo Vermelho 1 fotografado nas Vertentes Suavemente Convexizadas. (D) Fotografia retirada em campo referente Vertentes Suavemente Convexizadas. (E) Perfil de Latossolo Vermelho 2 nas Vertentes Convexas. (F) Perfil de Latossolo Vermelho 1 com cascalheira localizado na transição da Vertente Suavemente Convexizada para Vertente Convexa. (G) Imagem panorâmica da Vertente Convexa.

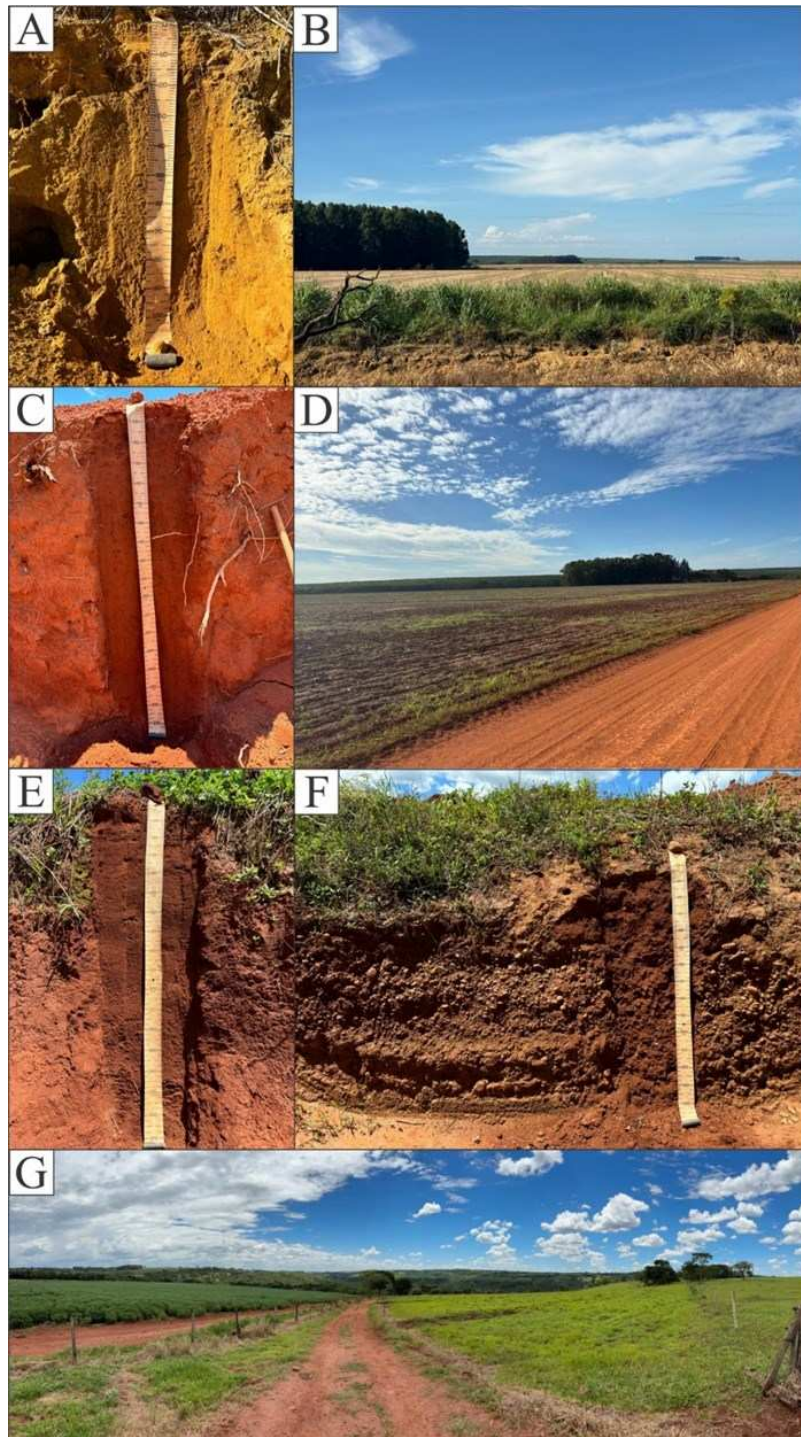
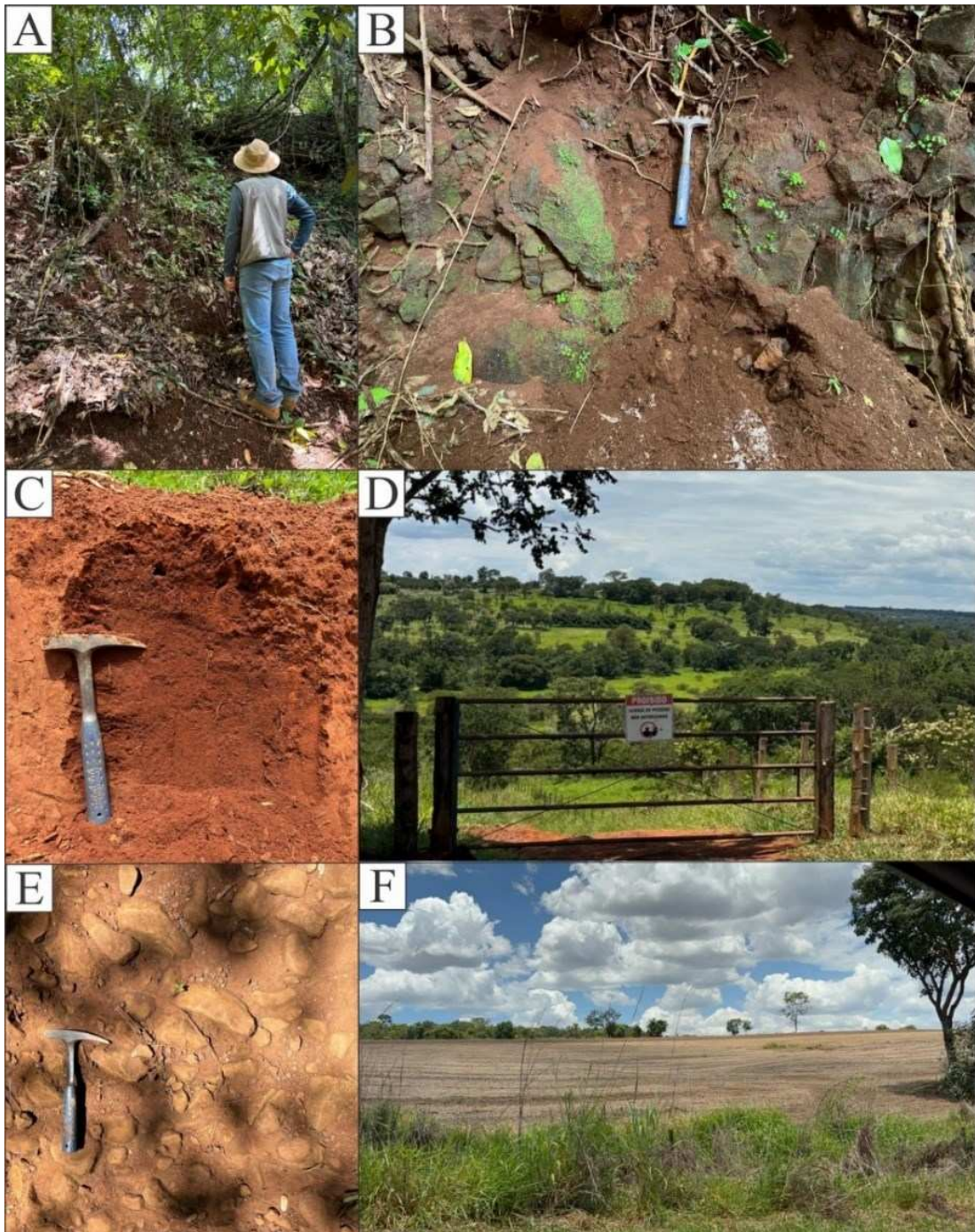


Figura 39: Unidade Geomorfopedológica III: Vertentes Escalonadas com Afloramentos e Rampas de Colúvios Pedogenizadas (III). (A) Rampa de Colúvio Pedogenizada. (B) Perfil de Cambissolo e afloramento rochoso. (C) Perfil de Cambissolo nas Vertentes Escalonadas. (D) Vertentes Escalonadas. (E) Blocos de basalto nas Rampas de Colúvio. (F) Escalonamento.



4.2.4 Unidade Geomorfopedológica IV: Vales Encaixados Regolíticos e Rochosos

A unidade dos Vales Encaixados Regolíticos e Rochosos (Figura 40) ocorre estritamente em fundos de vale entalhados da baixa bacia do ribeirão das Furnas, associada ao controle de falhas e fraturas, marcada pela exposição de afloramentos rochosos de basalto e restritos Neossolos. Nesta unidade ocorre a formação de encachoeiramentos ligados a extensos paredões basálticos, que são utilizados para geoturismo, conforme ilustrado por Bento (2010). Por vezes se observa a presença de cangas próximas aos afloramentos.

Figura 40: Unidade Geomorfopedológica IV: Vales Encaixados Regolíticos e Rochosos (IV). (A) Encachoeiramento no Ribeirão Mandaguari. (B) Vale Encaixado. (C) Fotografia tirada em campo dos afloramentos rochosos nos Vales Encaixados. (D) Basalto. (E) Cangas encontradas próximas aos afloramentos. (F) Ponte sobre o Ribeirão das Furnas e declividade do terreno.



Por fim, no Quadro 7 observam-se as informações apontadas neste item de forma integrada, por Unidades Geomorfopedológicas.

Quadro 7: Unidades Geomorfoopedológicas.

Unidades geomorfoopedológicas	Litologia	Compartimentos Geomorfológicos	Solos	Cobertura natural, uso e ocupação da Terra
Úmida Gleizada e Paludizada (I)	Coberturas Latossolizadas	Aptf (III)	Gleissolo; Organossolo	Veredas; Veredas degradadas; Represamentos
Interflúvios Tabulares e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas (II)	Coberturas Latossolizadas com Cascalheira; Saprólito de basalto	Amplios Interflúvios Tabulares (I) Vertentes Suavemente Convexizadas (II);	Latossolo Amarelo (LA); Latossolo Vermelho 1 (LV1); Latossolo Vermelho (LV2)	Agricultura irrigada de grão e café; Silvicultura (eucalipto)
Vertentes Escalonadas com Afloramentos e Rampas de Colúvios Pedogenizadas (III)	Basalto	Vertentes Escalonadas e Convexizadas (IV)	Latossolo Vermelho (LV2) (em pequena quantidade); Cambissolo; Neossolo	Pastagem, agricultura de grão e café, e pequenas propriedades
Vales Encaixados Regolíticos e Rochosos (IV)	Basalto	Vales Encaixados (V)	Neossolo; Afloramento Rochoso	Pastagem e mata

4.3 Relações das Superfícies Geomórficas e Unidades Geomorfopedológicas

Nesta seção chama-se atenção para a identificação das mesmas Superfícies Geomórficas reconhecidas por Silva (2023) na bacia do Ribeirão do Brejão, intituladas por S1, S2 e S3. Para Schaetzl e Anderson (2005) a superfície geomórfica corresponde a uma área mapeável da superfície terrestre que tem uma história comum, semelhante em idade e formada por um conjunto de processos durante o episódio da evolução da paisagem. São amplamente abordadas em estudos de solo-relevo, correspondendo às superfícies que podem ser planas ou com desníveis, de mesma idade ou de tempo de formação progressivo, derivadas de um ou mais processos superficiais (Ruhe, 1969; Daniels et al., 1971).

A Superfície Geomórfica 1 (S1) (Figura 36) na bacia do ribeirão das Furnas está relacionada às áreas pouco declivosas de topos planos e associadas a fundos de vales rasos condicionados por hidromorfismo, enquanto a Superfície Geomórfica 2 (S2) se encontra sobre regiões de declive intermediário, com topos e vertentes suaves e convexas, e pontuais rampas de colúvio. Já a Superfície Geomórfica 3 (S3) representa áreas declivosas com rampas coluvionares que se dirigem a vales encaixados.

No contexto das Unidades Geomorfopedológicas mapeadas (Figuras 35 e 36) percebe-se uma relação entre a S1 e o posicionamento de Latossolos Amarelos (LA) nos interflúvios tabulares da Unidade II e solos hidromórficos na Unidade II.

Na S2 se desenvolveram Latossolos Vermelhos 1 e 2 (LV 1 e LV 2), respectivamente, a partir de depósitos rudáceos e de basaltos nas Vertentes Suavemente Convexizadas da Unidade II. Com isso, os LA se constituem como solos mais velhos em relação aos LV1 e LV2, pois estão posicionados na Superfície mais antiga, fato observado no grau de desenvolvimento desses solos, quando comparado aos resultados da descrição morfológica, granulometria e morfoscopia.

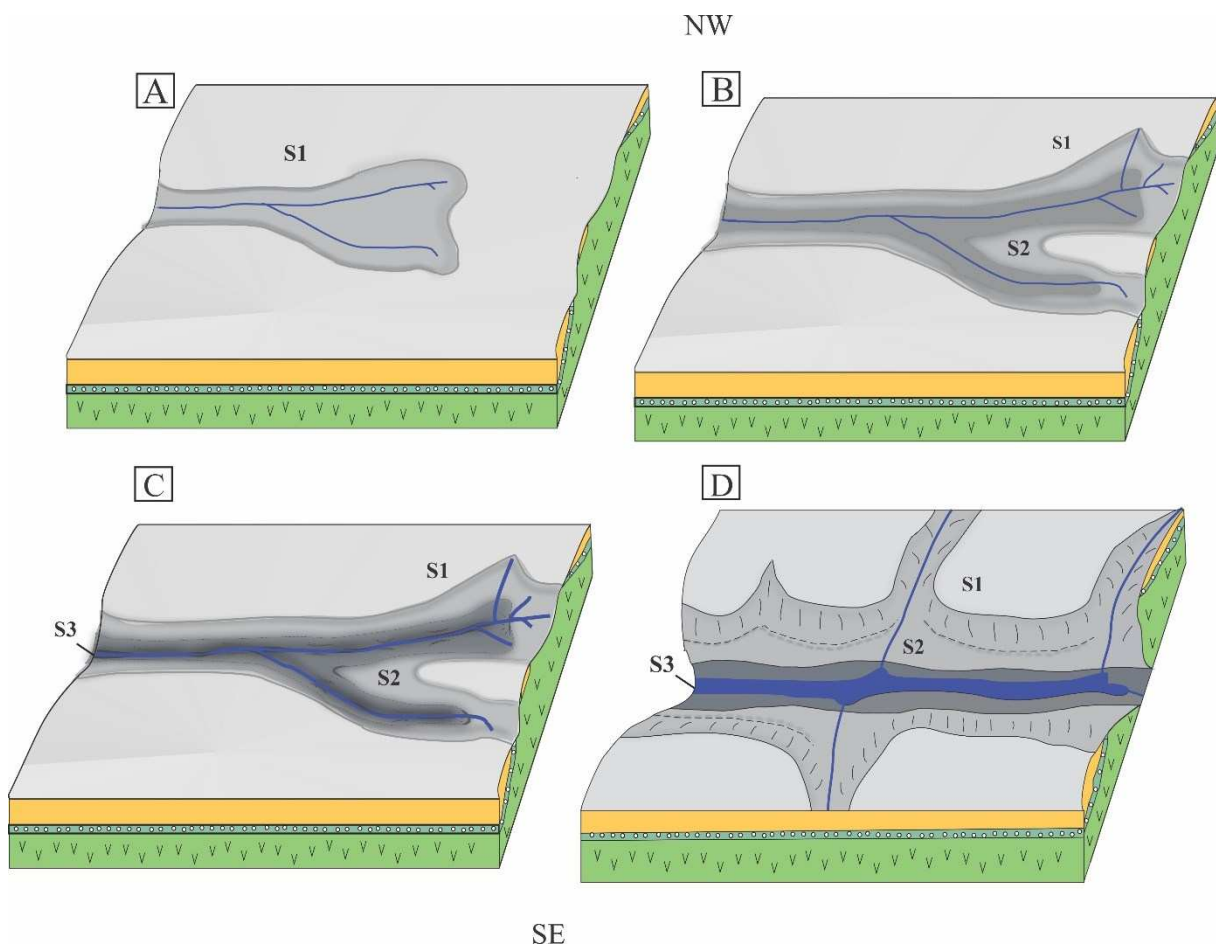
Já a S3 se constitui numa superfície mais recente e de elevado entalhamento, onde se localizam Neossolo e Cambissolo, bem como, nos setores de maior dissecação, afloramentos e encachoeiramentos em basaltos. O bloco diagrama adiante demonstra essa relação estabelecida entre as Superfícies Geomórficas e as Unidades Geomorfopedológicas (Figura 36).

Fecha-se este capítulo, com a proposição de um cenário evolutivo do relevo com desenvolvimento das Superfícies Geomórficas na bacia do Ribeirão das Furnas (Figura 41). A evolução das Superfícies identificadas e discutidas (S1, S2 e S3) estão representadas

sequencialmente nas Figuras 41A, 41B e 41C, este último, representando o cenário atual. Compreende-se que o desenvolvimento da superfícies S3 culminaria na separação da chapada Indianópolis-Celso Bueno em duas unidades residuais de Planaltos Dissecados, originados a partir do entalhamento do Ribeirão das Furnas (Figura 41D).

Ou seja, a chapada que hoje é caracterizada por Planaltos Conservados (Rodrigues et al., 2023), poderá se transformar, por trabalho do ribeirão das Furnas, em Planaltos Dissecados, com preservação de relevos residuais tabulares nivelados a S1, conforme se observa na chapada Uberaba-Uberlândia (Feltran, 1997; Baccaro et al., 2001).

Figura 41: Modelo evolutivo da área. (A) Bloco representativo da Superfícies Geomórfica S1; (B) Instalação da S2; (C) Cenário atual com S1, S2 e S3, já instalada; (D) Possível cenário futuro da chapada.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os dados apresentados e discutidos, compreende-se que a aplicação da abordagem geomorfopedológica na bacia do ribeirão das Furnas contribuiu para o entendimento da evolução do relevo e da formação e distribuição espacial dos solos, relacionando-os aos aspectos geológicos. Ainda, estes dados podem subsidiar medidas para o planejamento ambiental da área, tendo em vista a intensidade do uso do solo para fins agrícolas e do uso dos recursos hídricos para sua irrigação.

Baseados na taxonomia de relevo de Ross (1992) foram identificados cinco Compartimentos Geomorfológicos (Figura 26) (4º táxon), levando em consideração características morfométricas das cartas de Hipsometria, Declividade, Elevação, Densidade e Profundidade de Drenagem (Figuras 9 a 12), além dos registros dos 5º e 6º táxons. Esses dados foram integrados às informações geológicas (Figura 25) e pedológicas (Figura 27), que resultaram no reconhecimento de 4 Unidades Geomorfedológicas (Figura 35): I - Úmida Gleizada e Paludizada, II - Interflúvios Tabulares e Vertentes Suavemente Convexizadas Latossolizadas III - Vertentes Escalonadas com Afloramentos e Rampas de Colúvios Pedogenizadas e IV – Vales Encaixados Regolíticos e Rochosos.

As Unidades Geomorfedológicas mapeadas (Figura 35) foram relacionadas com as Superfícies Geomórficas (S1, S2 e S3, Figura 37), onde na S1 se desenvolvem Latossolos Amarelos (LA) nos interflúvios tabulares da Unidade II e solos hidromórficos na Unidade I. A S2 é marcada pela presença dos Latossolos Vermelhos (LV 1 e LV 2) da Unidade II, que apresentam diferentes materiais de origens. Na S3 se localizam Neossolo e Cambissolo, bem como, nos setores de maior dissecação, afloramentos, que compõem as Unidades III e IV.

Assim, os LA se constituem nos solos mais desenvolvidos da área, conforme demonstraram os dados de descrição morfológica, granulométrica e morfoscópica, por se posicionarem na superfícies geomórfica mais antiga, no caso a S1, que condiz ainda com o nivelamento da Superfície Geomorfológica Sul-Americana (King, 1956).

Na superfícies intermediária S2, se desenvolvem distintos Latossolos Vermelhos, que se vinculam ao contexto estratigráfico. Os LV1 têm origem associada aos depósitos rudáceos (cascalheiras), ao passo que os LV2 estão associados aos basaltos da Formação Serra Geral. Os LV1 apresentaram maiores quantidades de areias vinculadas aos depósitos rudáceos, enquanto nos LV2 se identificaram maiores quantidades de minerais metálicos primários

ligado ao basalto. Na proximidade dos perfis avaliados foram localizados afloramentos e saprólitos dessas litologias.

Acrescenta-se que o mapeamento geológico foi fundamentado nos trabalhos de Chaves e Dias (2017), entretanto, devido a escala de trabalho, por fotointerpretação (fotogeologia) e por campo, se realizou a ampliação da mancha de coberturas cenozoicas, bem como se localizaram os depósitos rudáceos nas proximidades do rebordo erosivo, assim como Silva (2023).

A S3 se configura como uma superfícies mais recente com elevado grau de dissecação, a qual certamente está condicionada por falhas e fraturas (Chave; Dias, 2017) que permitem o entalhamento do canal, restringindo o desenvolvimento de solos, com a presença de Neossolo e Cambissolo, além de afloramentos e encachoeiramentos de basaltos.

O entalhe na baixa bacia e área drenada pelo ribeirão das Furnas é tão marcante, que a sua evolução dá indícios de divisão da chapada Indianópolis-Celso Bueno em duas unidades residuais, por sua atuação. Com isso, a chapada que hoje é caracterizada por Planaltos Conservados (Rodrigues et al., 2023), poderá se tornar, por trabalho do ribeirão das Furnas, em Planaltos Dissecados, com preservação de relevos residuais tabulares nivelados a S1.

Por fim, com os resultados obtidos conclui-se que os objetivos propostos foram atingidos e deixa-se algumas sugestões para pesquisas futuras, como o aprofundamento nos estudos dos depósitos rudáceos; a ampliação da diferenciação dos 3 Latossolos identificados; e a modelagem da evolução das superfícies geomórficas fazendo uso da cronologia relativa, em comparação com os dados encontrados por Silva (2023).

6. REFERÊNCIAS

BACCARO, C. A. D.; FERREIRA, I. L.; ROCHA, M. R.; Mapa Geomorfológico do Triângulo Mineiro: Uma abordagem Morfoestrutural-escultura. **Revista Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 13, n. 25, p. 115-127, jan./dez. 2001.

BATISTA, L. F. F.; SILVEIRA, A.; FARIA JUNIOR, I. R. Compartimentação Geomorfopedológica no Limite Entre a Bacia Sedimentar do Paraná e a Faixa de Dobramentos Brasília: Estrela do Sul (MG). **William Moris Davis - Revista de Geomorfologia**, v.2, p.2 - 24, 2021.

BENTO, LILIAN CARLA MOREIRA. **Potencial geoturístico das quedas d água de Indianópolis/MG**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

BRASIL. [Código Florestal (2012)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Presidência da República, [2012].

BRASIL. [Lei Lehmann (1979)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Presidência da República, [1979].

CAILLEUX, A. Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. Mémoire de la Société Géologique de France, v. 46, p. 1-176, 1942.

CASTRO, S.S.; ALVES, G.B.; OLIVEIRA, F. S. Solo e Paisagem: principais abordagens no estudo das interrelações. In Perez Filho, A.; Ferreira, M.C. e Amorim, R.R. (org.) **Geografia: teorias, métodos e aplicações na perspectiva ambiental**. São Paulo, Editora Consequência, 2021 (no prelo).

CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: Considerações Metodológicas. **GEOUSP Espaço e Tempo**, v. 4, n. 1, p. 27-37, 2000.

CHAVES, M. L. S., DIAS, C. H. Projeto Triângulo Mineiro - Folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV). Belo Horizonte: Instituto de Geociências da UFMG, **Projeto Triângulo Mineiro**, 2017.

CORRÊA, E.A.; MORAES, I.C.; PEREIRA, L.H.; PINTO, S.A.F. Fotopedologia e sistemas de informação geográfica Integrados na caracterização e mapeamento de solos. **Bol. geogr., Maringá**, v. 33, n. 3, p. 153-167, set.-dez., 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v33i3.24474>

DANIELS, R. B.; GAMBLE, E. F.; CADY, J. G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. *Advances in Agronomy*, Baltimore, v. 23, n. 1, 1971. p. 51-87. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60150-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60150-9)

DE BIASI, M. Cartas de declividade: confecção e utilização. **Geomorfologia**. São Paulo: n. 21, p. 8-13, 1970.

DE BIASI, M. A Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p. 45-60, 1992. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0004>

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). **Banco de Dados Geográficos do Exército**. Versão 3.0. 2013. Disponível em: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador/>>. Acesso em: 23/10/2023.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual Técnico de Análise de Solos**. 3ª ed. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2017. 577p.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 356p.

FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Mapa de solos de Minas Gerais: legenda expandida**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente/UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010. 49 p.

FEAM, FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Zoneamento Ambiental Produtivo da sub-bacia do Ribeirão Mandaguari**. Relatório e arquivos geoespaciais. Disponível em: <<http://www.feam.br/avaliacao-ambiental-e-gestao-do-territorio/zoneamentoambiental-produtivo>>. Acesso: 12 de maio de 2023.

FELTRAN FILHO, A. **A estrutura das paisagens nas chapadas do oeste mineiro**. Tese (Doutorado em Geografia Física) FFCLH – USP. São Paulo, 1997.

HUBP, J. I. L. **Elementos de Geomorfologia Aplicada: metodos cartograficos**. México: Instituto de Geografia, 1988. 128 p.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430p

IBGE: Folhas Topográficas Indianópolis, Nova Ponte, Romaria, Angico: SE-23-Y-C-I-1, SE-23-Y-C-I-2, SE-Y-A-IV-4 e SE-Y-A-IV-3. Escala 1:50.000. 2007. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/arquivos-raster.html>> Acesso em 25/10/2023.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G. R; VIDAL TORRADO, P. (Ed.). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 207-302.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*. v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.

MOTTA, P.E.; BARUQUI, A.M.; SANTOS, H.G. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004, 238 p.

MUNSELL Soil-Color Charts. Carta de Cores Munsell. Produced by Munsell Color, 2009.

PASSOS, J. S.; DUCART, D. F.; MEDINA, C. M.; DE-CAMPOS, A. B. Rock-landform-soil relationship for geomorphopedological characterization in the region of Lavra Velha, occidental Chapada Diamantina, Bahia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 421-434, 2020. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1751>

PRINCIPI, D.P. **Geopedologia (Geologia Pedologica)**. Studio dei terreni naturali ed agrari. Ramo Editoriale degli Agricoltori, Roma, 1953.

POWERS, M. C. A new roundness scale for sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 23, p. 117-119, 1953. <https://doi.org/10.1306/D4269567-2B26-11D7-8648000102C1865D>

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, 2023.

ROSS, J.L.S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, 1985, v.4, p. 25-39. <https://doi.org/10.7154/RDG.1985.0004.0004>

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Ed. Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 6, p. 17-29. 1992.

RUHE, R. V. Quaternary landscapes in Iowa. Iowa State University Press. Ames (Iowa), 1969. 255p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. **Sociedade Brasileira de Ciência de Solo – SIBCS**, 5ª ed. 2005.

SCHAETZL RJ, ANDERSON S. Soils: genesis and geomorphology. New York, NY: Cambridge University press, 2005. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815560>

SEER, H. J.; MORAES, L. C. **Geologia regional do Triângulo Mineiro**. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da UFMG, Projeto Triângulo Mineiro, 2017.

SILVA, B. F.; SILVEIRA, A.; BARBOSA, M. I. M. Cartografia Geomorfológica Aplicada à Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Brejão, Município de Nova Ponte (MG): Indicativos da Evolução do Relevo e Contribuições ao Planejamento. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.72, p.474 - 489, 2020.

SILVA, I. M., SOUZA, G.F., & LUPINACCI, C.M. Construção dos símbolos geomorfológicos para cartografia de detalhe em SIG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.23, n.4, out./dez. 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i4.2201>

SILVA, M.M.; LUPINACCI, C.M. Análise de variáveis morfométricas da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista- Corumbataí (SP): subsídios ao planejamento ambiental de paisagem rural em escala de detalhe. **Geografia**, Rio Claro-SP, v. 46, n. 1, p. 1-24, 2021.

SILVA, B.F. **Relações Relevo-Rocha-Solo em Borda de Chapada no Triângulo Mineiro – Nova Ponte (MG)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023.

SANTOS JUNIOR, A, G,J; SILVEIRA, A. Compartimentação geomorfológica da Bacia do Ribeirão das Lajes – Buritizeiro (MG). **Revista GEOgrafias**, v.18, n.2, jul./dez. 2022. <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2022.45267>

TRICART, J. *Principes et Méthodes de la Geomorphologie*. Paris: Masson et Cie, 1965. <https://doi.org/10.1097/00010694-196510000-00015>

TRICART, J., & KILIAN, J. **L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel**. Paris: Editions Maspéro,1979.

VERSTAPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. van ITC System of geomorphological survey. Netherlands, **Manuel ITC Textbook**, Vol. VII, Chapter VII, 1975.

VILLELA, F.N.J.; ROSS, J.L.S.; MANFREDINI, S. Análise Geomorfopedológica na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 6, n. 4, p. 669-682, 2015. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i4.608>

ZAINE, J. E. **Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos:ensaio em Poços de Caldas, MG**. Tese (Livre-docência) –Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

ZINCK, J.A. **Geopedologia** - Elementos de Geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. Enschede, The Netherlands, 2012.

ZINCK, J.A.; METTERNICHT, G.; BOCCO, G.; DEL VALLE, H.F. (Edit.) **Geopedology: an Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies**. Springer International Publishing Switzerland. 2016.