

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU)
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, GEOCIÊNCIAS E SAÚDE COLETIVA (IGESC)
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA – *CAMPUS* MONTE CARMELO

LEONARDO LEITE

**Cartografia geomorfológica aplicada em áreas com cavas de mineração no
Alto Paranaíba (MG)**

Monte Carmelo - MG

2024

LEONARDO LEITE

Cartografia geomorfológica aplicada em áreas com cavas de mineração no Alto Paranaíba
(MG)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Alan Silveira

Monte Carmelo - MG

2024

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

L533 Leite, Leonardo, 1998-
2024 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA APLICADA EM ÁREAS COM CAVAS
DE MINERAÇÃO NO ALTO PARANAÍBA (MG). [recurso
eletrônico] / Leonardo Leite. - 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

LEONARDO LEITE

Cartografia geomorfológica aplicada em áreas com cavas de mineração no Alto Paranaíba
(MG)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geografia, Geociências e Saúde
Coletiva da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Geologia.

Monte Carmelo, 22 de novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alan Silveira – (IGESC – UFU)

Prof^ª. Dr^ª. Letícia Giuliana Paschoal -
(Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETEPS)

Prof. Dr. Felix Nannini – (IGESC – UFU)

Dedico este trabalho aos meus familiares e aos
meus amigos.

AGRADECIMENTOS

O período da minha graduação, com certeza foi um dos melhores da minha vida e tudo isso graças as pessoas que fizeram parte desse caminho.

Gostaria de agradecer ao meu pai Antonio Soares Leite Neto, que sempre me auxiliou e me guiou mesmo que distante, pois tive que mudar de estado para conseguir realizar o sonho da graduação, me dando apoio emocional e financeiro. Aos meus irmãos Raphael e Laura que sempre me apoiaram também e me incentivaram.

Aos meus amigos de graduação que fizeram esses anos, os melhores anos da minha vida, primeiro agradecer aos que estão desde o começo comigo, Olavo e Thiago, dividindo até o mesmo teto desde 2018. Nesse mesmo barco de morar junto tem Ewerton, Thalles, João Fioratti, Henrique Braga, Fernando, que fizeram parte do meu dia a dia, da maior parte dos dias. Aos meus amigos que não moravam na república, mas ficavam boa parte do tempo lá, Hernani, Octavio, João Vitor Foca, Pedro Negrini, Virgílio, Bia, Camila.

A todos do GEOPED, que me ajudaram muito, não só na elaboração deste trabalho, mas muito outros projetos, foram uma peça-chave para a conclusão deste trabalho, como o auxílio do Luis Felipe F. Batista em alguns mapas e informações gerais, o Bruno F. Silva que me guiou nos anáglifos e Camila, Crislayne, Nathália e Willian que me ajudaram com várias coisas.

Ao meu orientador Alan Silveira, por todo o conhecimento compartilhado, companheirismo, paciência, incentivo e vontade em fazer isso se tornar realidade. Nunca me esquecerei de tudo que foi feito e sempre estarei disponível para ajudar.

Aos examinadores da banca, Profa. Dra. Letícia Giuliana Paschoal, Prof. Dr. Felix Nannini e a Msc. Juliana Abreu Crossara Petronzio pelas correções que objetivaram a melhoria deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

A região do Alto Paranaíba tem histórico e atividade econômica vinculada a mineração, que resulta em ação antropogênica no meio físico, alterando as formas de relevo. A cartografia geomorfológica é um instrumento para o planejamento ambiental e para a análise das condições atuais e de evolução do relevo. Assim, a pesquisa teve o objetivo de analisar as características geomorfológicas de áreas com cavas de mineração no Alto Paranaíba (MG), bem como avaliar as interferências antropogênicas a partir da cartografia geomorfológica. A investigação fundamentou-se do ponto de vista teórico-metodológico na abordagem antropogeomorfológica, fazendo uso da cartografia geomorfológica retrospectiva aplicada em áreas de mineração. Sua metodologia foi subdividida em duas fases. A primeira se dedicou a elaboração de mapeamentos morfométricos e morfológicos (1:25.000) em áreas ao entorno de quatro (4) cavas para reconhecimentos dos compartimentos geomorfológicos. Para isso foram selecionadas duas cavas de exploração de argila, no município de Coromandel, uma de areia em Estrela do Sul e uma de diamante em Romaria. Já a segunda fase se dirigiu a organização de mapeamentos geomorfológicos de detalhe (1:10.000) em distintos cenários (2011 e 2021) para as cavas de areia e diamante, a partir do uso de anáglifos. Essas duas cavas foram selecionadas a partir das características geomorfológicas evidenciadas na primeira fase, bem como na intensidade de alterações antropogênicas. Como resultados apresentam-se 24 mapeamentos que envolvem bases cartográficas, cartas morfométricas (hipsometria e declividade) e morfológicas (orientação de vertentes, curvatura horizontal e curvatura vertical), os quais subsidiaram a identificação dos compartimentos geomorfológicos em que se posicionam as quatro áreas amostrais. A cava de areia se localiza em *front* escarpado de rebordo de chapada, onde se encontram os canais de primeira ordem da margem esquerda do Rio Bagagem; a cava de diamante também se posiciona em *front* escarpado de rebordo de chapada, mas de onde partem canais de primeira ordem como o Água Suja, tributário da margem direita do Rio Bagagem; a cava de argila Taguá está presente em rebordo de relevos residuais com topos tabulares, de onde partem canais de primeira ordem do Rio Douradinho, e; a cava de argila de Várzea foi instalada em planície e terraços fluviais do Rio Santo Inácio, já em sua baixa bacia. Também se apresentam os resultados da segunda fase da investigação, que se refere a organização de mapeamentos geomorfológicos de detalhe para as cavas de areia e diamante, nos cenários 2011 e 2021. A comparação entre esses anos revela mudanças significativas no terreno, evidenciando tanto processos naturais quanto intervenções humanas. O trabalho teve uma dedicação à

aplicação técnica da cartografia geomorfológica retrospectiva a partir do uso de anáglifos, bem como a representação de feições originais e antropogênicas por meio de simbologias. Essa técnica pode ser replicada em futuros trabalhos, tanto para as cavas de Tágua e Várzea, quanto em outras cavas. Os mapas gerados nas Fases 1 e 2 podem contribuir com o planejamento de recuperação ambiental das áreas das cavas, assim como modelo para a identificação de compartimentos geomorfológicos que subsidiem o reconhecimento de futuras áreas com potencial econômico.

Palavras-chave: antropogemorfologia; cartografia geomorfológica retrospectiva; argila; areia; diamante.

ABSTRACT

The Alto Paranaíba region has a history of economic activity linked to mining, which results in anthropogenic action on the physical environment, altering the landforms. Geomorphological mapping is an instrument for environmental planning and for analyzing the current conditions and evolution of the relief. The aim of this research was to analyze the geomorphological characteristics of areas with mining pits in Alto Paranaíba (MG), as well as to assess anthropogenic interference using geomorphological mapping. From a theoretical-methodological point of view, the research was based on the anthropogeomorphological approach, making use of retrospective geomorphological cartography applied to mining areas. Its methodology was subdivided into two phases. The first involved morphometric and morphological mapping (1:25,000) in areas around four (4) pits in order to recognize the geomorphological compartments. Two clay pits were selected in the municipality of Coromandel, one sand pit in Estrela do Sul and one diamond pit in Romaria. The second phase was aimed at organizing detailed geomorphological mapping (1:10,000) in different scenarios (2011 and 2021) for the sand and diamond pits, using anaglyphs. These two pits were selected on the basis of the geomorphological characteristics revealed in the first phase, as well as the intensity of anthropogenic alterations. The results show 24 mappings involving cartographic bases, morphometric (hypsometry and slope) and morphological (slope orientation, horizontal curvature and vertical curvature) maps, which helped identify the geomorphological compartments in which the four sample areas are located. The sand pit is located on a steep plateau front, where the first-order channels of the left bank of the Bagagem River are located; the diamond pit is also located on a steep plateau front, but where first-order channels such as the Água Suja, a tributary of the right bank of the Bagagem River, originate; the Taguá clay pit is located on the edge of residual reliefs with tabular tops, from where the first-order channels of the Douradinho River originate, and; the Várzea clay pit was installed on the plain and river terraces of the Santo Inácio River, already in its lower basin. The results of the second phase of the research are also presented, which involves organizing detailed geomorphological mapping for the sand and dyke pits in the 2011 and 2021 scenarios. The comparison between these years reveals significant changes in the terrain, highlighting both natural processes and human interventions. The work focused on the technical application of retrospective geomorphological mapping using anaglyphs, as well as the representation of original and anthropogenic features using symbologies. This technique can be replicated in future work, both for the Tágua and

Várzea caves and for other caves. The maps generated in Phases 1 and 2 can contribute to planning the environmental recovery of the cave areas, as well as being a model for the identification of geomorphological compartments to help recognize future areas with economic potential.

Keywords: anthropogemorphology; retrospective geomorphological mapping; clay; sand; diamond.

Lista de Ilustração

Figura 1 - Mapa de localização das cavas em estudo, situada no Alto Paranaíba - MG.....	17
Figura 2 - Imagens das áreas amostrais. A) cava de areia B) cava de diamante. C) cava de argila taguá. D) cava de argila de várzea.	18
Quadro 1 - Etapas de desenvolvimento da pesquisa.	21
Quadro 2 - Imagens pré-selecionadas para as cavas em estudo.....	26
Figura 3 - Configuração para gerar as imagens.	28
Figura 4 - Renderização da imagem e habilitação para captura.....	29
Figura 5 - Primeiro passo para elaboração do anáglifo, abrir e visualizar o par estereoscópico.	31
Figura 6 - Segunda passo para a aplicação de falsa cor e ajuste do anáglifo.	32
Figura 7 - A. Óculos 3d. B. Etapa de sobreposição das imagens por meio da ferramenta de ajuste.	33
Figura 8 - Exemplo de produto com o anáglifo gerado da área de Romaria (MG) no ano de 2021.....	34
Figura 9 - Simbologia para o mapeamento geomorfológico em escala de detalhe.....	36
Figura 10 - Rede hidrográfica da região do Alto Paranaíba – MG.	40
Figura 11 - Fotos do relevo da área da cava de areia em Estrela do Sul - Dolearina (MG). .	43
Figura 12 - Fotos do relevo da área da cava de diamante em Romaria (MG).	45
Figura 13 - Fotos do relevo da área da cava de argila de tágua em Coromandel (MG).	48
Figura 14 - Fotos do relevo da área da cava de argila de várzea em Coromandel (MG).....	49
Quadro 3 - Quadro síntese dos mapeamentos morfométricos e morfológicos.	50
Figura 15 - Imagens comparativas dos anos 2011 e 2021.....	52
Figura 16 - Mapa de localização da chapada indianópolis-celso bueno com as cavas de areia e diamante.	53
Figura 17 - Bloco diagrama da região de Dolearina (MG).	54
Figura 18 - Bloco diagrama da região de Romaria (MG).	55
Figura 19 - Mapa geomorfológico em cenário de pré-cava (2011).....	61
Figura 20 - Mapa geomorfológico em cenário de cava ativa (2021).	16
Figura 21 - Mapa geomorfológico em cenário de pós-cava e cava ativa (estágio inicial) (2011).	16
Figura 22 - Mapa geomorfológico em cenário de pós-cava e cava-ativa – (2021).....	66

Figura 23 - Pranchas de fotos demonstrando as feições mapeadas.....	68
Figura 24 - Pranchas de fotos demonstrando as feições mapeadas.....	70
Figura 25 - Pranchas de fotos demonstrando as feições mapeadas.....	72
Figura 26 - Prancha com imagens do google e fragmentos do mapa geomorfológico da cava de areia no ano de 2011.....	73
Figura 27 - Prancha com imagens do google e fragmentos do mapa geomorfológico cava de areia no ano de 2021.	74
Figura 28 - Prancha com fragmentos de imagens do google e do mapa geomorfológico cava de diamante no ano de 2011.....	75
Figura 29 - Prancha com imagens do google e fragmentos do mapa geomorfológico cava de diamante no ano de 2021.....	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 <i>Problema e Justificativa</i>	<i>18</i>
2 OBJETIVO.....	20
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 <i>Fase 1.....</i>	<i>21</i>
3.1.1 Primeira etapa: revisão bibliográfica e cartográfica.....	22
3.1.2 <i>Segunda etapa: bases cartográficas</i>	<i>22</i>
3.1.3 Terceira etapa: cartas morfométricas e morfológicas.....	22
3.1.3.2 <i>Carta de declividade.....</i>	<i>23</i>
3.1.3.3 <i>Carta de orientação de vertentes</i>	<i>23</i>
3.1.3.4 <i>Carta de curvatura horizontal.....</i>	<i>24</i>
3.1.3.5 <i>Carta de curvatura vertical.....</i>	<i>25</i>
3.1.4 Quarta etapa: reconhecimento dos compartimentos geomorfológicos.....	25
3.2 <i>Fase 2.....</i>	<i>26</i>
3.2.1 Quinta etapa: avaliação de imagens para a cartografia geomorfológica de detalhe.....	26
3.2.2 Sexta etapa: mapeamento geomorfológico, através de anáglifos	27
3.2.2.1 <i>Procedimento 1</i>	<i>27</i>
3.2.2.2 <i>Procedimento 2</i>	<i>30</i>
3.2.2.3 <i>Procedimento 3</i>	<i>34</i>
3.2.3 Setima etapa: Fotointerpretação e organização de simbologia	35
3.2.4 Oitava etapa: trabalho de campo	36
3.2.5 Nona etapa: análise integrada dos resultados	36
4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA REGIÃO ONDE SE INSEREM AS CAVAS ESTUDADAS	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
5.1 <i>Compartimentos geomorfológicos da área onde se localizam as cavas de mineração.....</i>	<i>42</i>
5.2 <i>Cartografia geomorfológica retrospectiva nas cavas de areia e diamante</i>	<i>56</i>
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

APÊNDICE A – BASE CARTOGRÁFICA DA CAVA DE AREIA	84
APÊNDICE B – BASE CARTOGRÁFICA DA CAVA DE DIAMANTE	85
APÊNDICE C – BASE CARTOGRÁFICA DA CAVA DE TAGUÁ	86
APÊNDICE D – BASE CARTOGRÁFICA DA CAVA DE VÁRZEA	87
APÊNDICE E – CARTA HIPSOMETRICA DA CAVA DE AREIA	88
APÊNDICE F - CARTA HIPSOMETRICA DA CAVA DE DIAMANTE	89
APÊNDICE G - CARTA HIPSOMETRICA DA CAVA DE TÁGUA	90
APÊNDICE H - CARTA HIPSOMETRICA DA CAVA DE VÁRZEA	91
APÊNDICE I – CARTA DE DECLIVIDADE DA CAVA DE AREIA.....	92
APÊNDICE J - CARTA DE DECLIVIDADE DA CAVA DE DIAMANTE.....	93
APÊNDICE K - CARTA DE DECLIVIDADE DA CAVA DE TÁGUA	94
APÊNDICE L - CARTA DE DECLIVIDADE DA CAVA DE VÁRZEA	95
APÊNDICE M - CARTA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA CAVA DE AREIA	96
APÊNDICE N - CARTA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA CAVA DE DIAMANTE	97
APÊNDICE O - CARTA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA CAVA DE TÁGUA	98
APÊNDICE P - CARTA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA CAVA DE VÁRZEA.....	99
APÊNDICE Q - CARTA DE CURVATURA HORIZONTAL DA CAVA DE AREIA	100
APÊNDICE R - CARTA DE CURVATURA HORIZONTAL DA CAVA DE DIAMANTE	101
APÊNDICE S - CARTA DE CURVATURA HORIZONTAL DA CAVA DE TÁGUA	102
APÊNDICE T - CARTA DE CURVATURA HORIZONTAL DA CAVA DE VÁRZEA	103
APÊNDICE U - CARTA DE CURVATURA VERTICAL DA CAVA DE AREIA.....	104
APÊNDICE V - CARTA DE CURVATURA VERTICAL DA CAVA DE DIAMANTE	105
APÊNDICE W - CARTA DE CURVATURA VERTICAL DA CAVA DE TÁGUA....	106
APÊNDICE X - CARTA DE CURVATURA VERTICAL DA CAVA DE VÁRZEA...	107

1 INTRODUÇÃO

A geomorfologia é uma geociência que investiga as formas da Terra (Penteado, 1974). Tem como principal objetivo estudar as formas de relevo e os processos vinculados a ela, sendo a cartografia geomorfológica um meio de análise e apresentação de seus resultados (Silva; Rodrigues, 2009).

Para Casseti (2005) a cartografia geomorfológica espacializa os fatos geomorfológicos, representando a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos. Segundo Silva *et al.* (2020), o uso de documentos derivados da cartografia geomorfológica de detalhe permite a compreensão da atual dinâmica geomorfológica, com o fornecimento de dados e produtos para o planejamento e gestão territorial/ambiental, bem como colaboram com indicativos da evolução do relevo.

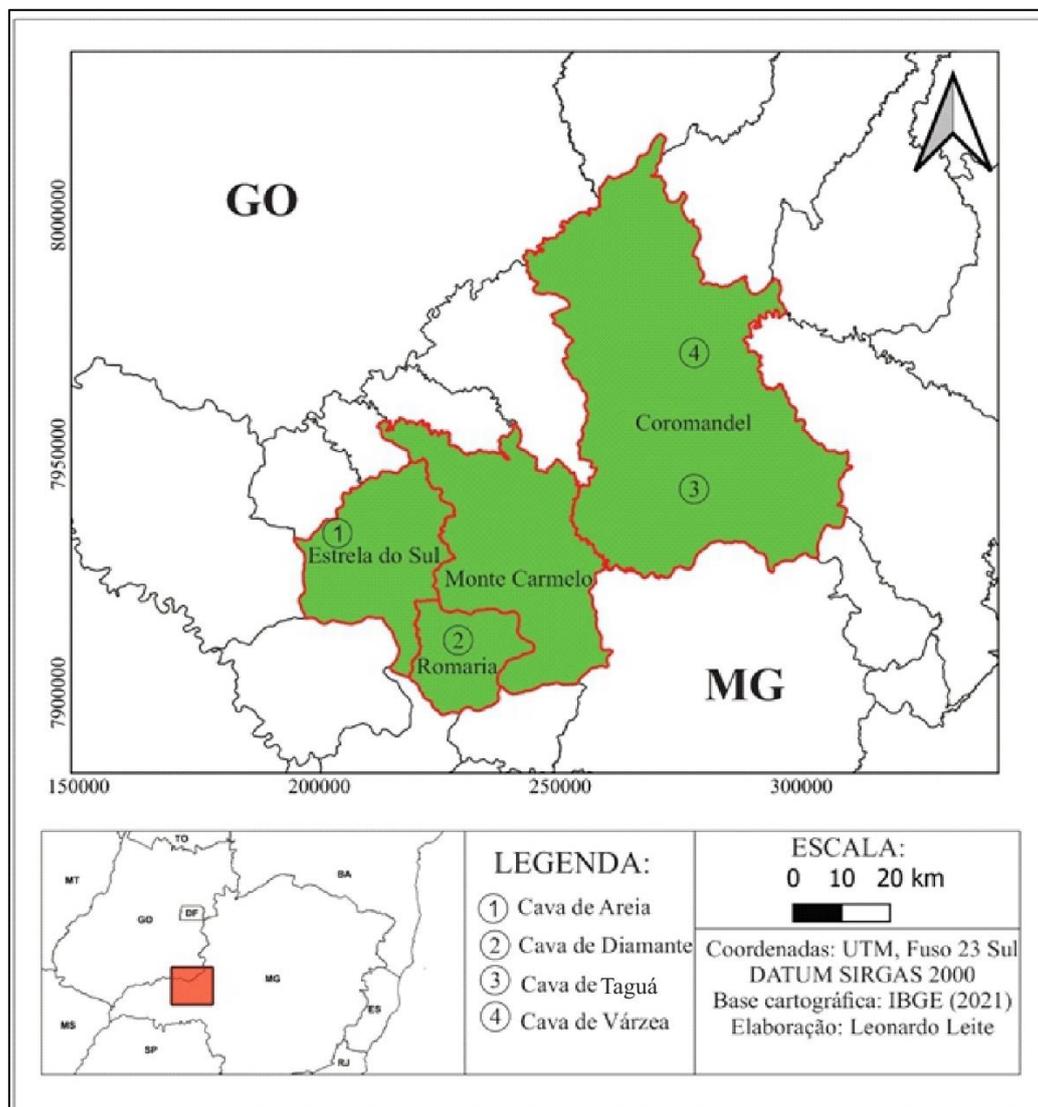
De acordo com Santos (2021) não há intervenção humana no meio físico geológico natural que não provoque algum tipo de desequilíbrio, ou seja, as condições naturais pré-existentes sofrem as interferências humanas em seu estado de equilíbrio dinâmico natural. Nessa perspectiva, Nir (1983) lançou a antropogeomorfologia, (ou geomorfologia antropogênica), que considera o homem como um agente geomorfológico. A abordagem antropogeomorfológica foi base para os trabalhos pioneiros de Rodrigues (2004 e 2005) no Brasil, que fez uso da cartografia geomorfológica retrospectiva em espaços urbanizados.

Destaca-se que a cartografia geomorfológica retrospectiva vem sendo também aplicada em áreas rurais, como ilustra o trabalho de Zanatta *et al.* (2020), assim como em áreas de mineração. Os trabalhos de Paschoal, Cunha e Conceição (2013) e Paschoal *et al.* (2016) fizeram uso dessa ferramenta, respectivamente, no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes/SP (cavas de argila) e em Coimbra (Portugal), em cavas de calcário, areia e argila.

Em estudo sobre a formação territorial do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Souza (2017) destacou o papel da mineração como um agente primordial de uso e ocupação do espaço, propondo uma periodização praticada em quatro fases: a primeira com exploração do ouro e diamante; a segunda de basalto, calcário areias e argilas; a terceira com minerais fosfatados; e quarta e última com nióbio. A região de Monte Carmelo, que abriga polo cerâmico e o curso de Graduação em Geologia/UFU, exemplifica esse histórico evidenciado por Souza (2017).

Considerando a relevância histórica e econômica mencionada, assim como os impactos no meio físico decorrentes das intervenções antropogênicas, a pesquisa se propõe a aplicar a cartografia geomorfológica retrospectiva em áreas com a presença de cavas de mineração localizadas no Alto Paranaíba. Mais especificamente, selecionou quatro cavas localizadas nos municípios de Coromandel (argila de Várzea e argila Taguá), Estrela do Sul (areia) e Romaria (diamante), como ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização das cavas em estudo, situada no Alto Paranaíba - MG.



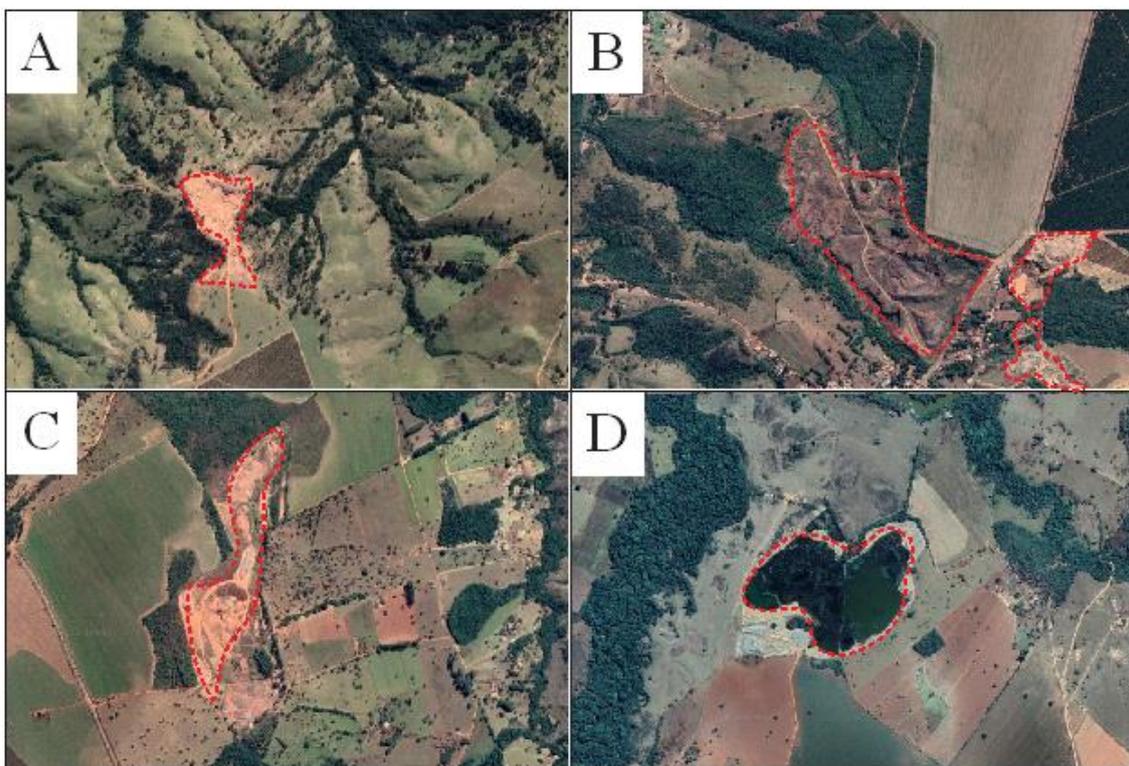
Fonte: O autor (2024).

As cavas selecionadas para o estudo estão posicionadas em distintos contextos geológico-geomorfológicos. As de argilas em Coromandel localizam-se na Faixa de Dobramentos Brasília, que é parte da Província Tocantins (Almeida, 1967; 1981), com

relevos caracterizados por Planaltos Dissecados do Alto Paranaíba (Baccaro *et al.*, 2001) ou Planaltos e Serras de Goiás-Minas (Ross, 1985).

Já as cavas de areia em Estrela do Sul e de diamante em Romaria encontram-se em um contexto de transição da Bacia Sedimentar do Paraná (Milani, 2004) e Bacia Bauru (Fernandes; Coimbra, 2000) com a referida Faixa de Dobramentos, marcada por escarpas erosivas em rebordos de Planaltos Tabulares (Baccaro *et al.*, 2001) ou Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná (Ross, 1985). A Figura 2 apresenta imagens de satélite das cavas selecionadas para a investigação.

Figura 2 - Imagens das áreas amostrais. A) Cava de Areia B) Cava de Diamante. C) Cava de argila Taguá. D) Cava de argila de Várzea.



Fonte: O autor (2024).

1.1 Problema e Justificativa

A região do Alto Paranaíba tem histórico de ocupação territorial vinculado à garimpagem e extração de diamantes, bem como à instalação de polo cerâmico, que exige a retirada de argilas de fundo de vale (Várzea) e vermelhas (Taguá). Ainda ocorre o aproveitamento de recursos minerais como o calcário, areias e britas. Ou seja, trata-se

uma região com elevado potencial mineral e bastante afetada por essas atividades antropogênicas.

Parte-se do pressuposto de que as atividades que manuseiam a terra, movidas pelas necessidades socioeconômicas, interferem na quantidade de sedimentos realocados dentro dos sistemas ambientais, mudando a dinâmica dos processos denudativos, a quantidade de sedimentos transportados e a característica das regiões de deposição, o que altera a dinâmica natural dos sistemas fluviais e das formas de relevo (Nir, 1983). Além disso, a cartografia geomorfológica vem sendo instrumento para o planejamento, como ilustram os casos demonstrados por Simon e Lupinnacci (2019) vinculados às interferências humanas no relevo.

Neste contexto, a pesquisa tem a finalidade de colaborar com o planejamento ambiental a partir do entendimento do posicionamento e das características geomorfológicas das áreas selecionadas com cavas de mineração, assim como com a avaliação das interferências decorrentes da ação antropogênica no relevo.

A proposta investigativa fundamenta-se do ponto de vista teórico-metodológico na abordagem antropogeomorfológica (Nir, 1983) e do ponto de vista técnico, na cartografia geomorfológica retrospectiva (Rodrigues, 2004; 2005) aplicada em áreas de mineração (Paschoal; Cunha; Conceição, 2013 e Paschoal et al., 2016).

2 OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho foi analisar as características geomorfológicas das áreas com cavas de mineração selecionadas para estudo no Alto Paranaíba, a partir da cartografia geomorfológica.

Como objetivos específicos, pretendeu-se:

- Reconhecer os compartimentos de relevo onde se encontram as quatro áreas amostrais selecionadas para investigação por meio de mapas morfométricos e morfológicos;
- Aplicar a cartografia geomorfológica retrospectiva em duas cavas selecionadas para investigação, fazendo uso de dois cenários que contextualizem momentos pré-cava e/ou cava em atividade e cava recente/atual.
- Contribuir com um conjunto de produtos cartográficos geomorfológicos que subsidiem futuras ações de planejamento ambiental.

3 METODOLOGIA

A orientação teórico-metodológica está fundamentada na antropogeomorfologia proposta por Nir (1983), que desenvolveu metodologia para avaliação das ações antropogênicas no relevo, a qual foi aplicada inicialmente no Brasil por Rodrigues (2004; 2005).

Com isso, a metodologia da pesquisa foi estabelecida na cartografia geomorfológica retrospectiva (Rodrigues, 2004; 2005), adaptando suas etapas com base em Paschoal, Cunha e Conceição (2013) e Paschoal *et al.* (2016), que a aplicaram em áreas de mineração. O trabalho se divide em duas grandes fases sequenciais com ampliação escalar, que correspondem: a elaboração de mapeamentos morfométricos e morfológicos em áreas ao entorno das cavas (Fase 1), e; aos mapeamentos geomorfológicos de detalhe nas cavas (Fase 2). O Quadro 1 posiciona as etapas e procedimentos da pesquisa nestas duas fases investigativas.

Quadro 1 - Etapas de desenvolvimento da pesquisa.

Nível de Investigação	Etapa	Procedimentos
<i>Fase 1</i>	1	Revisão bibliográfica e cartográfica
	2	Bases Cartográficas
	3	Cartas Morfométricas e Morfológicas
	4	Compartimentos Geomorfológicos
<i>Fase 2</i>	5	Seleção de imagens para anaglifos
	6	Elaboração dos anaglifos e organização de escala
	7	Fotointerpretação e organização de simbologia
	8	Trabalhos de campo
	9	Análise integrada dos resultados

Fonte: O autor (2024).

3.1 Fase 1

Esta fase da investigação foi constituída de etapas que integram a revisão bibliográfica e cartográfica, a organização das bases cartográficas, a elaboração dos mapeamentos morfométricos e morfológicos, que subsidiaram a compartimentação geomorfológica. Assim, destacam-se as etapas:

3.1.1 Primeira etapa: revisão bibliográfica e cartográfica

Nesta etapa foi realizada uma revisão bibliográfica abordando temas como “antropogeomorfologia” e “cartografia geomorfológica retrospectiva”, buscando trabalhos de aplicação em áreas de mineração. Ainda, também foi feita uma revisão de mapas geológicos, geomorfológicos e pedológicos já produzidos para a região onde se localizam as cavas, assim como um levantamento de imagens aéreas para produção das Bases Cartográficas.

3.1.2 Segunda etapa: bases cartográficas

As Bases Cartográficas foram confeccionadas para as quatro áreas amostrais na escala 1:25.000, contendo curvas de nível com equidistância de 20 metros, extraídas a partir de imagem de radar SRTM, processadas no *software* QGIS 3.28.8. Os canais fluviais/pluviais e vias de acesso, foram vetorizados através da fotointerpretação das imagens do Google Satélite, com a integração de informações através do *Google Earth*.

3.1.3 Terceira etapa: cartas morfométricas e morfológicas

A partir das Bases Cartográficas foram produzidas as cartas morfométricas de Hipsometria e Declividade, assim como as cartas morfológicas de Orientação de Vertentes, Curvatura Horizontal e Curvatura Vertical, seguindo as recomendações do manual técnico de Valeriano (2008). Todas estas Cartas também foram processadas no *software* QGIS 3.28.8, na escala 1:25.000.

3.1.3.1 Carta hipsométrica

Para Giovanini (2019), a hipsometria é uma técnica que possibilita representar a elevação do terreno em um mapa topográfico através de uma variação de cores, que representam classes de intervalos altimétricos.

Usando o MDE (Modelo Digital de Elevação) com o filtro de reclassificação por tabela, que transforma dados contínuos em dados categóricos, foi possível separar as

diferentes cotas altimétricas em classes, com uma graduação de cores distintas para uma visualização mais fácil.

As cartas elaboradas apresentam sete classes de hipsometria com intervalos de 40 m que variam: <760 m, 760 a 800 m, 800 a 840 m, 840 a 880 m, 880 a 920 m, 920 m a 960 m > 960 m.

3.1.3.2 Carta de declividade

De acordo com Florenzano (2008), a declividade é fundamental para entender a topografia de uma área, especialmente em relação à erosão, escoamento de água e características do terreno. A autora ainda afirma que superfícies com alta declividade tendem a ter uma inclinação mais acentuada, o que pode influenciar na velocidade da água, na estabilidade do solo e nas práticas agrícolas (Florenzano, 2008).

Assim como na carta hipsométrica também foi utilizado o MDE das áreas, onde foram extraídas as curvas de nível, empregando classificadores de imagens, chamado “Declividade”, que se encontra na aba de “Raster”, depois em “Análise” e por fim, em “Declividade”. Dessa maneira o programa utiliza o padrão das curvas de níveis para reconhecer e estabelecer o mapa. Logo após este processo é aplicado um reclassificador por tabela, onde se coloca os intervalos de interesse da declividade.

As cartas de declividade também foram divididas em sete classes com valores >2 %, 2- 5 %, 5-12 %, 12-20 %, 20-30 %, 30-45 % e >45 %. Para Florenzano (2008) essas cartas indicam a inclinação do terreno, em algumas áreas com uma inclinação maior e em outras mais suavizadas, normalmente em regiões fluviais a declividade costuma ser mais baixa, podemos notar o encaixe das drenagens na geomorfologia do terreno.

3.1.3.3 Carta de orientação de vertentes

A orientação de vertentes é uma medida de ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial (Florenzano, 2008). Valeriano (2008) afirma que em mapas topográficos, a orientação é dada pela direção transversal à isolinha local e no sentido descendente. O autor ainda menciona que a importância das orientações de vertentes para o geoprocessamento vem do seu poder de descrição da estrutura de hidrologia superficial

e a sequência de pontos alinhados pela orientação de vertentes mostra o caminamento esperado de escoamento que se costuma chamar de linhas de fluxos (Valeriano, 2008).

As cores das classes de orientação de vertentes foram baseadas também no trabalho de Valeriano (2008), publicado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que indica a representação de forma numérica com a criação de paleta circular. Para o autor a percepção do terreno nesta forma ressalta os aspectos horizontais do relevo a despeito da declividade e realça algumas drenagens (Valeriano, 2008).

Para gerar esses mapas foi retirado do site do INPE (2011), no TOPODATA, dados que informam a orientação das vertentes, que estão presentes na aba “orientação”. Estes dados por sua vez foram retrabalhados no *software* e classificados para geração das cartas. Esses procedimentos permitem a classificação do terreno em nove classes, sendo elas: Plano, Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste, cada uma dessas classes com uma cor distinta.

3.1.3.4 Carta de curvatura horizontal

A curvatura horizontal refere-se ao caráter divergente/convergente dos fluxos da matéria sobre o terreno, quando analisado em projeção horizontal (Florenzano, 2008). A autora ainda pontua que essa variável está relacionada a processos de migração e acúmulo de água e sedimentos tem um papel importante no balanço hídrico e no equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese. Também é importante para a compreensão de problemas urbanos ligados ao posicionamento de estruturas de drenagem e mapeamento de possíveis áreas de alagamento (Florenzano, 2008).

Valeriano (2008) diz que para se ter uma percepção da curvatura horizontal em campo é necessária uma ampla visualização nas direções em nível, para que se possa identificar a situação local como de exposição aberta (divergente) ou em anfiteatro (convergente). O autor ainda completa que uma alternativa, ao percorrer uma curva de nível, pode se notar a situação de divergência se o lado interno da curva apontar a montanha ou vice-versa. A expressão da curvatura horizontal em cartas topográficas fica visível nas curvas de nível e sua medida pode ser feita diretamente sobre as mesmas.

Para gerar esses mapas também se utilizou o site do INPE (2011), no TOPODATA, com dados que informam as curvaturas do terreno, que estão presentes na aba “Curv. Horizontal”, que foram retrabalhados no *software* QGIS 3.28.8 e classificados

para geração das cartas. Esses procedimentos permitiram a classificação do terreno em cinco classes, sendo elas: Muito convergente, Convergente, Planar, Divergente e Muito divergente.

3.1.3.5 Carta de curvatura vertical

A curvatura vertical refere-se à forma do terreno, pontuando feições como convexo/côncavo, quando analisado em perfil (Florenzano, 2008). A autora pontua que esta variável está relacionada aos processos de migração e acúmulo de água e sedimentos, causada pela gravidade. A ação da curvatura decorre da combinação dos efeitos isolados da declividade e do comprimento de rampa, e quando associada à orientação de vertente e curvatura vertical tem um papel importante no balanço hídrico (Florenzano, 2008).

De acordo com Valeriano (2008) para a medição das curvaturas verticais em mapas topográficos é necessário três linhas de curva de nível adjacentes e, analogamente à percepção no terreno, é indicada pela progressiva aproximação (ou afastamento) das curvas de níveis ao longo da vertente.

O site do INPE (2011) TOPODATA, também foi utilizado para a organização dessas cartas, com dados que informam as curvaturas do terreno, presentes na aba “Curv. Vertical”. Posteriormente foram retrabalhados no *software* e classificados para geração das cartas. Esses procedimentos permitem a classificação do terreno em cinco classes: Muito côncava, Côncava, Planar, Convexa e Muito convexa.

3.1.4 Quarta etapa: reconhecimento dos compartimentos geomorfológicos

Com base nas cartas morfométricas e morfológicas, bem como nas informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas previamente identificadas na revisão bibliográfica e cartográfica, foram reconhecidos os compartimentos geomorfológicos das áreas amostrais fundamentado na taxonomia do relevo proposta Ross (1990; 1992), especialmente nos terceiro e quarto táxons, os quais estão apresentados em quadro síntese no item 4.5.

O terceiro táxon representa as unidades morfológicas ou o padrão de formas semelhantes, que se diferenciam pela rugosidade topográfica ou do índice de dissecação do relevo, assim como pelo formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão (Ross,

1992). Já o quarto táxon, refere-se aos tipos de formas de relevo, individualizadas e inseridas nas unidades morfológicas terceiro nível taxonômico, sendo categorizadas em formas de agradação ou de denudação. (Ross, 1992).

3.2 Fase 2

A Fase 2 foi iniciada com o levantamento de imagens de satélite para a aplicação da cartografia geomorfológica retrospectiva. Conforme mencionado, organizaram-se os mapeamentos de detalhe em duas cavas, seguindo as orientações de Paschoal, Cunha e Conceição (2013) e Paschoal et al (2016). Foram mapeados os quinto e sexto táxons da proposta de Ross (1990; 1992). Segundo o autor, o quinto táxon corresponde aos tipos de vertentes, enquanto o sexto táxon representa as formas menores, resultantes da ação dos processos erosivos ou deposicionais atuais.

3.2.1 Quinta etapa: avaliação de imagens para a cartografia geomorfológica de detalhe

Nesta etapa foram avaliadas imagens do *Google Earth Pro*, com o máximo de qualidade possível entre os anos de 2003 e 2021. Selecionaram-se imagens dos anos de 2011 e 2021 que apresentaram qualidade mínima para que fosse possível realizar uma análise comparativa de detalhe entre esses 10 anos. Inicialmente foram reconhecidas algumas imagens de boa resolução, conforme apresentadas no Quadro 2, com destaque para os anos de 2011 e 2021.

Quadro 2 - Imagens pré-selecionadas para as cavas em estudo.

CAVA	EXPLORAÇÃO	ATUAL	MUNICÍPIO	COORDENADAS	IMAGENS DE BOA RESOLUÇÃO
1	AREIA	Ativo	Estrela Do Sul - MG (Dolearina)	LAT = -18.66 LONG = -47.80	2011; 2013; 2017; 2021
2	DIAMANTE	Ativo	Romaria- MG	LAT = -18.88 LONG = -47.58	2011; 2012; 2018; 2021
3	ARGILA TAGUÁ	Ativo	Coromandel - MG	LAT = -18.58 LONG = -47.10	2003; 2011; 2021
4	ARGIDA DE VARZEA	Ativo	Coromandel - MG	LAT = -18.31 LONG = -47.10	2011; 2021

Fonte: O autor (2024).

As imagens do *Google Earth Pro* foram fotointerpretadas a partir da técnica de anáglifos, conforme proposta de Miyazaki e Oliveira (2020). Além do cenário atual/recente, identificaram-se as feições geomorfológicas de cenários pré-cava ou cava em atividade/pós-atividade, conforme a avaliação de imagens apresentadas no item 5.6.

Com base na análise dessas imagens organizaram-se os mapeamentos geomorfológicos de detalhe para duas cavas. Justifica-se essa seleção devido ao desafio de implantar a técnica de Miyazaki e Oliveira (2020) nesta escala, que fez uso de imagens do *Google Earth Pro* com uso de anáglifos.

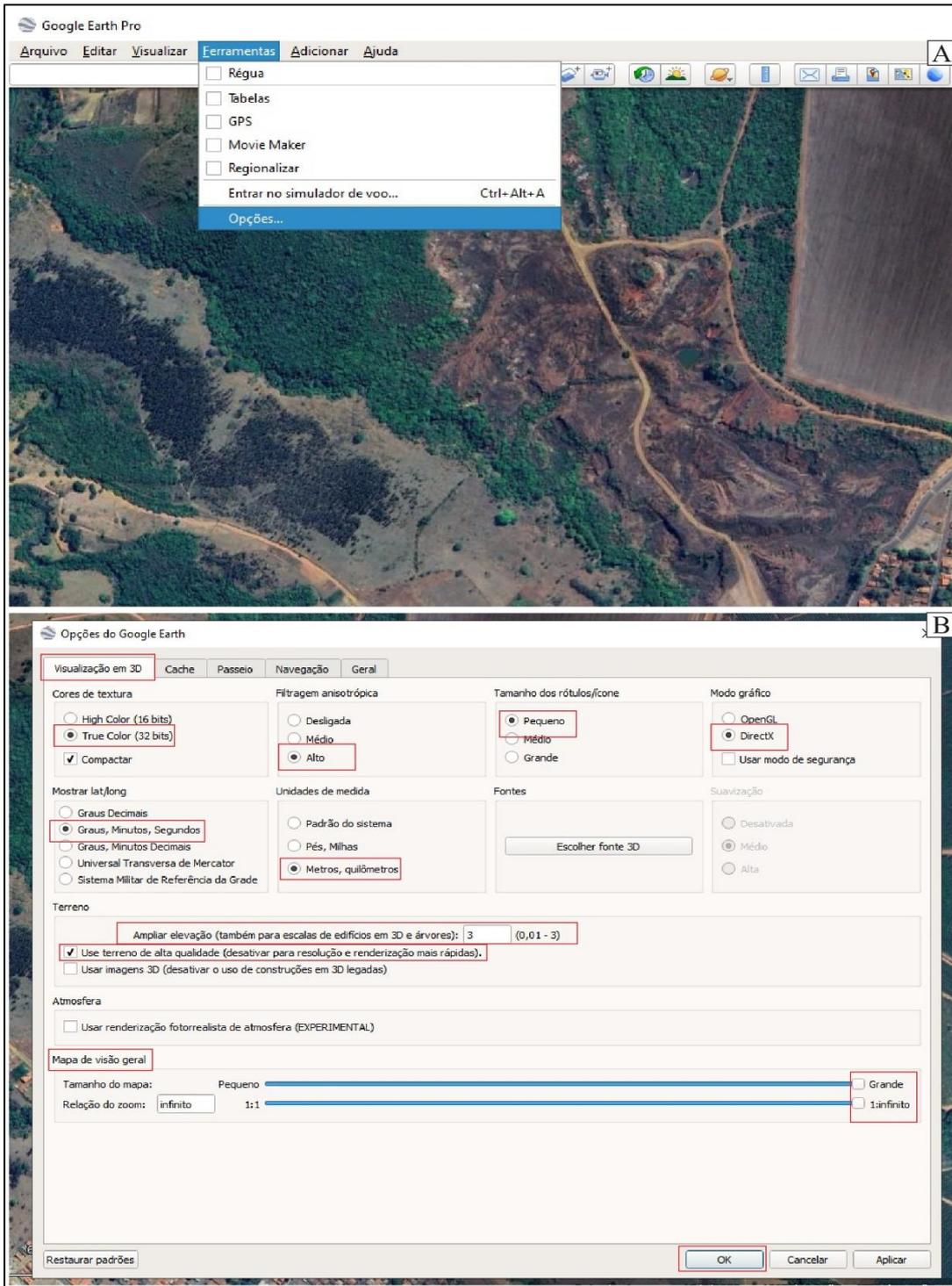
3.2.2 Sexta etapa: mapeamento geomorfológico, através de anáglifos

Foram realizados três procedimentos com base na metodologia de de Miyazaki e Oliveira (2020), fazendo uso de imagens *Google Earth Pro*. O primeiro consistiu em capturar as imagens de satélite para formar o par estereoscópico, com a melhor qualidade possível. Para isso foi necessário, ter o *software (Google Earth Pro)* instalado. O segundo procedimento referiu-se à elaboração da imagem em 3D no anáglifo, no *software StereoPhoto Maker*. Por fim, o terceiro é composto pelo georreferenciamento e digitalização dos compartimentos e feições do relevo.

3.2.2.1 Procedimento 1

Ao abrir a imagem de interesse no *Google Earth*, é criado um polígono no formato *KMZ* que envolve toda a área de interesse. Logo após, foi-se desabilitado as funções presentes no canto direito da tela, deixando apenas “terreno” habilitada. Para que a qualidade das imagens fosse máxima foi necessário a renderização, seguido do comando *ferramenta > opções* (Figura 3A). Neste comando, segue-se a configuração: *Em visualização 3D > True Color 32bits > Alto > Pequeno > DirectX > Grau Minutos e Segundos > Metros quilômetros > Ampliar elevação em 3 > Use terreno de alta qualidade > Modo de visão geral habilitada para grande e infinito > Aplicar > OK* (Figura 3B).

Figura 3 - Configuração para gerar as imagens.

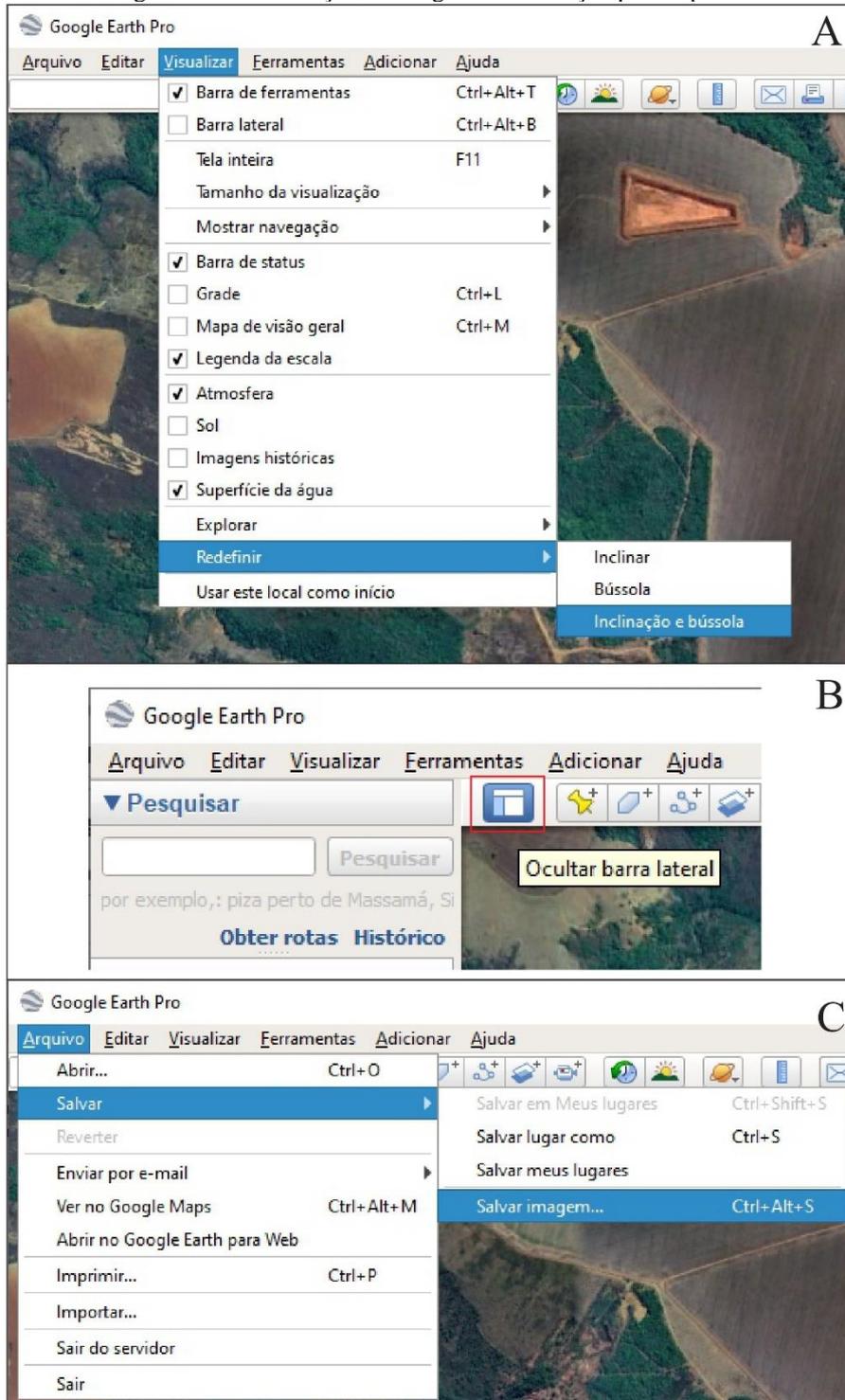


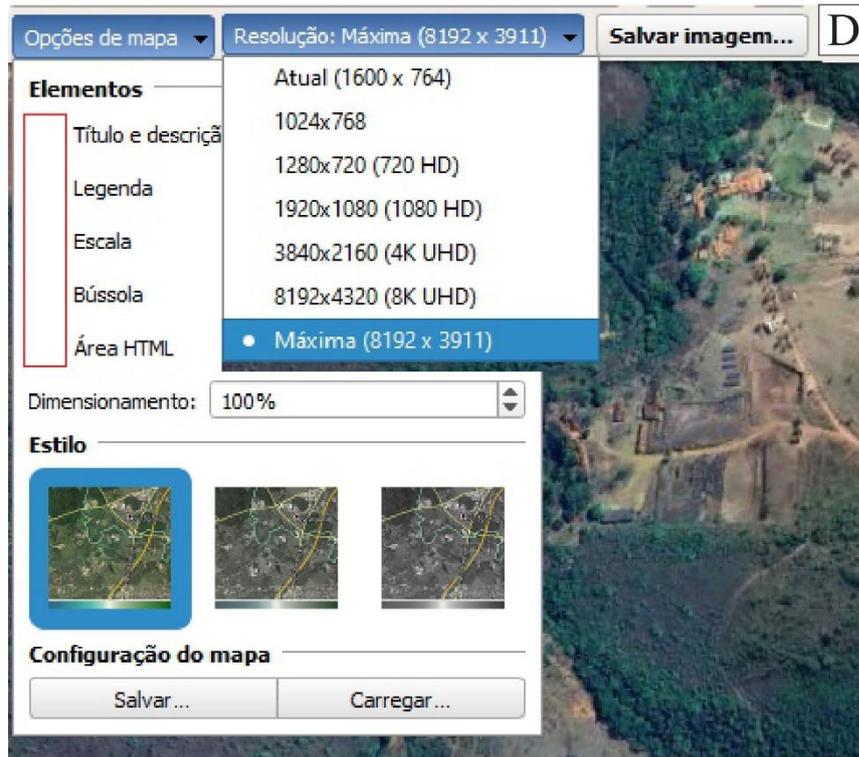
Fonte: O autor (2024).

Ainda no procedimento para se obter as imagens com boa qualidade é necessário passarem pela renderização que se dá a partir das ferramentas *visualizar > redefinir > inclinação e bússola* (Figura 4 A). Após esta configuração, é preciso habilitar a tela para

que a imagem de satélite possa ser salva e formar os pares estereoscópicos. Assim deve-se desabilitar a coluna do lado direito no botão na barra de funções (Figura 4 B), depois, ir em *Arquivo > salvar > salvar imagem...* (Figura 4 C) > *opções de mapa e demarcar todas as opções e a resolução da imagem deve ser colocada em máxima (8192 x 3911)* (Figura 4 D).

Figura 4 - Renderização da imagem e habilitação para captura.





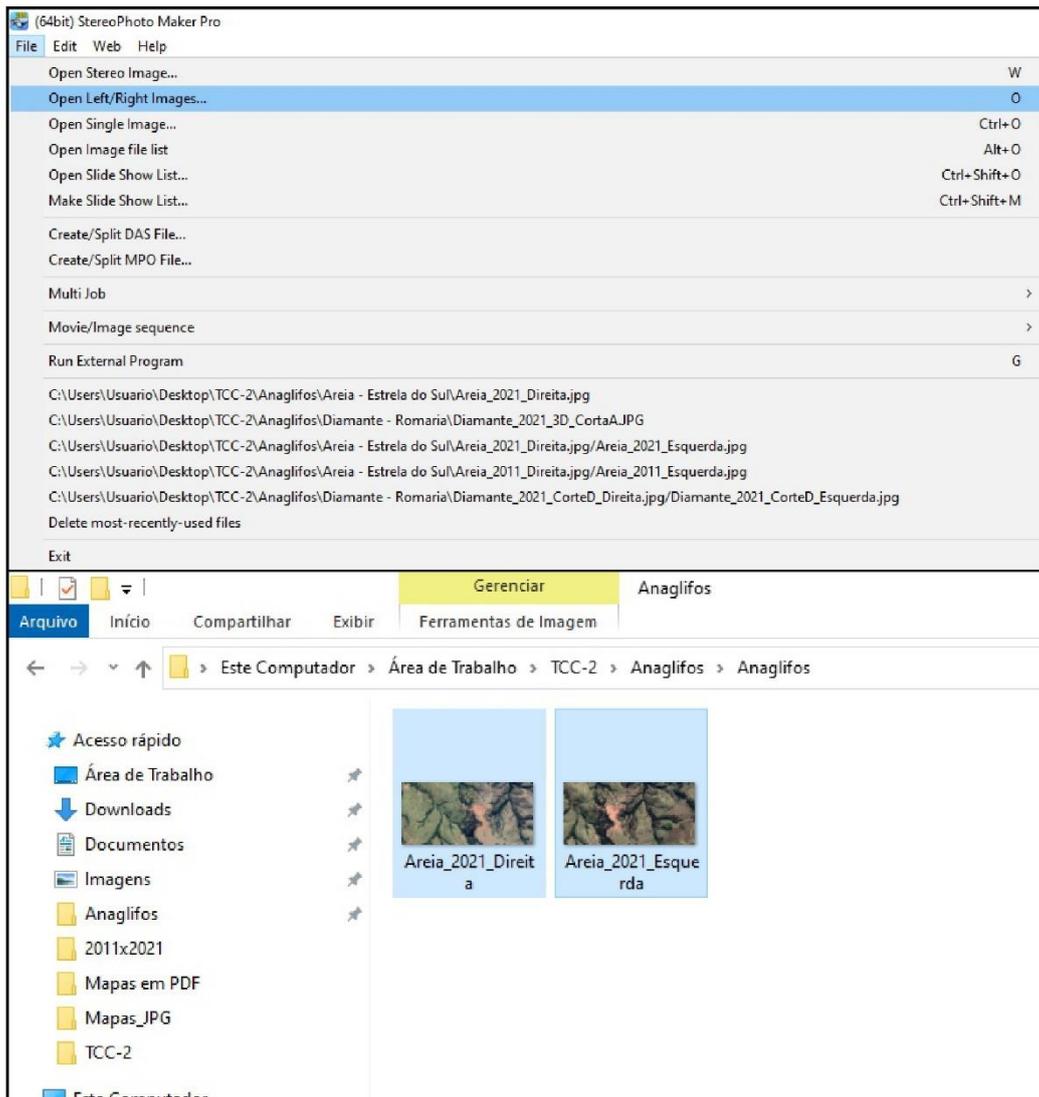
Fonte: O autor (2024).

3.2.2.2 Procedimento 2

Neste procedimento inicia a elaboração do anáglifo, utilizando o *StereoPhoto Maker* que é um aplicativo disponível gratuitamente e que serve de ferramenta para editar e visualizar imagens podendo gerar anáglifos de cores vermelho-azul. Para que os anáglifos sejam confeccionados corretamente, é indispensável seguir alguns passos:

Primeiro passo, abrir o par de imagens de satélite com alta resolução, que foram editadas no procedimento 1 no aplicativo *StereoPhoto Maker*. Para isso se utiliza a barra de funções seguindo os comandos: *file > open left/right images* (Figura 5).

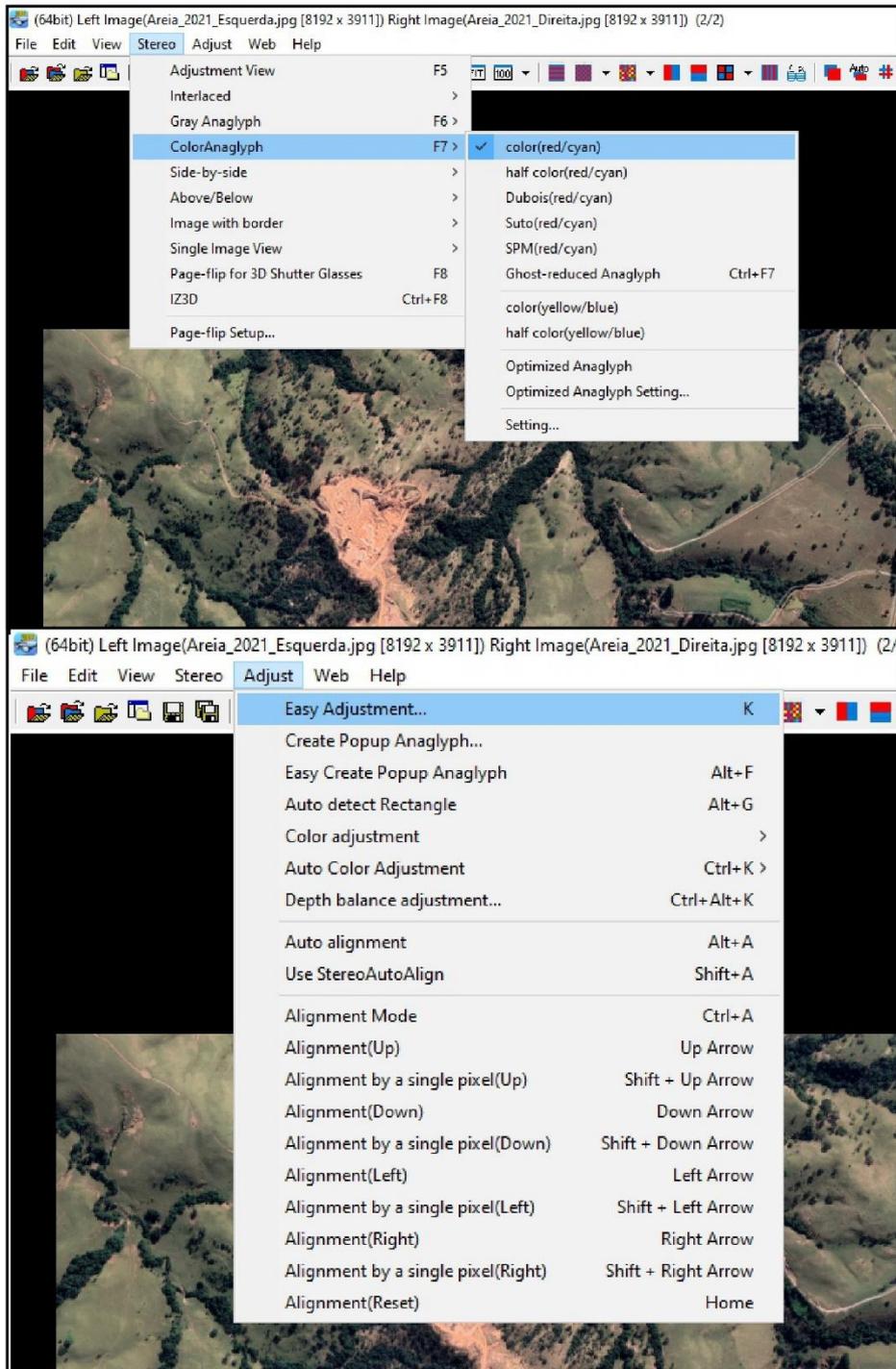
Figura 5 - Primeiro passo para elaboração do anáglifo, abrir e visualizar o par estereoscópico.



Fonte: O autor (2024).

O segundo passo, com as imagens abertas uma ao lado da outra no aplicativo, deve-se iniciar a configuração para a inserção da falsa cor. Para isso é fundamental seguir na barra de funções: *stereo > color Anaglyph > color (red/cyan)*. Para prosseguir com a configuração se realiza ajuste das imagens, seguindo os comandos: *adjust > easy adjustment* (Figura 6).

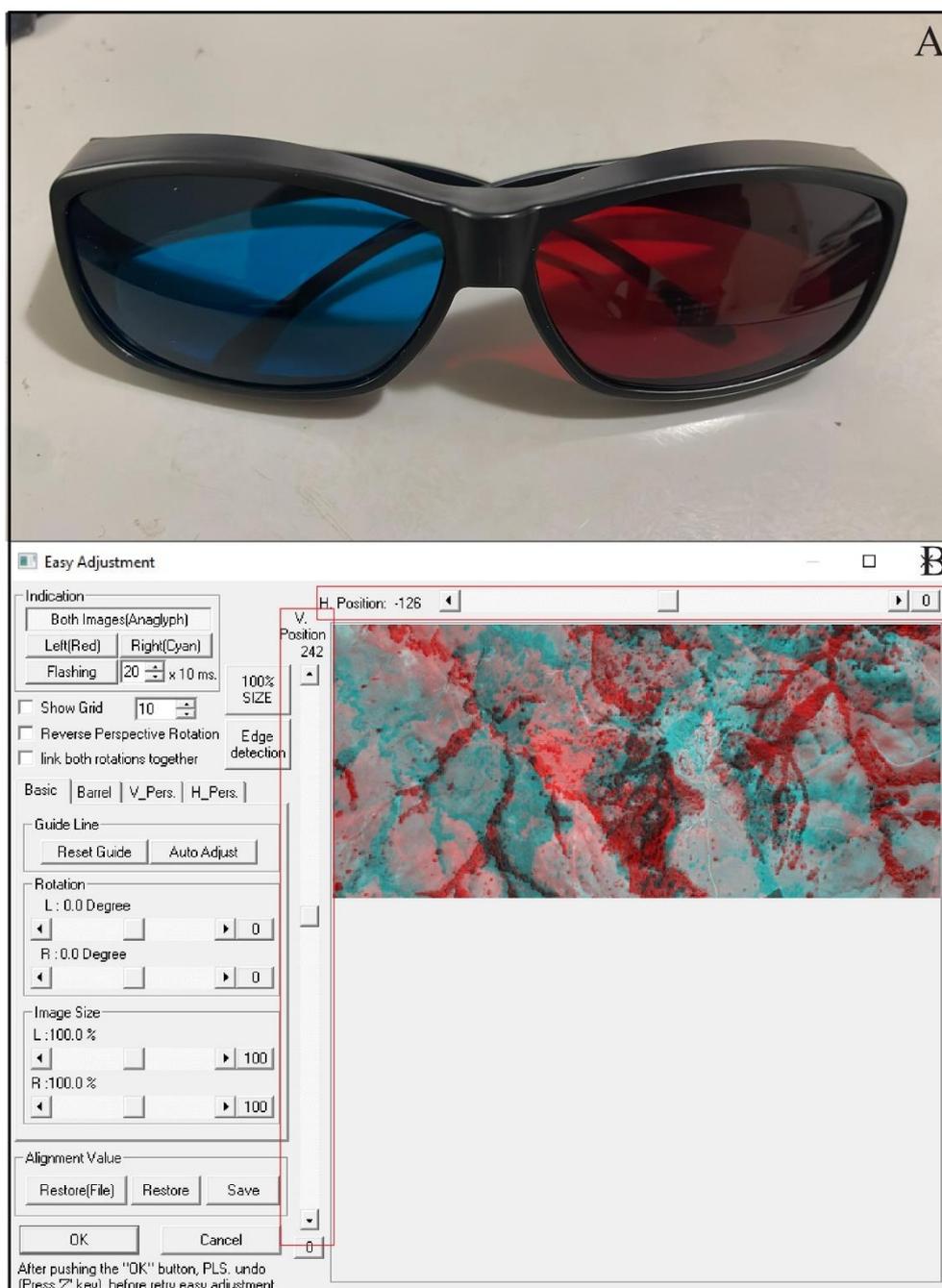
Figura 6 - Segunda passo para a aplicação de falsa cor e ajuste do anáglifo.



Fonte: O autor (2024).

Para que esse ajuste seja efetivo é necessário o uso dos óculos 3D (Figura 7A), que permitirá ao mapeador a visualização das imagens de forma tridimensional. Assim, selecionando o comando *easy adjust* uma nova aba abrirá, para que o encaixe do par de imagens com pontos em comuns seja sobreposto (Figura 7B).

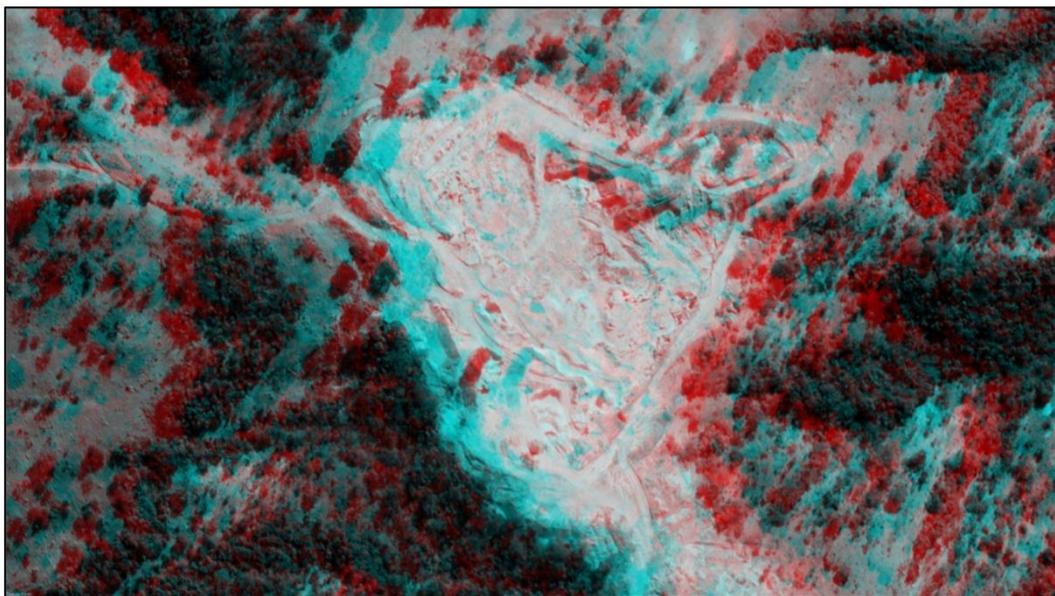
Figura 7 - A. Óculos 3D. B. Etapa de sobreposição das imagens por meio da ferramenta de ajuste.



Fonte: O autor (2024).

Com a sobreposição correta do par estereoscópico com falsar cor, deve-se clicar em *OK* para assim ser gerado o anáglifo e com a utilização dos óculos 3D nota-se profundidade na imagem (Figura 8).

Figura 8 - Exemplo de produto com o anáglifo gerado da área de Romaria (MG) no ano de 2021.



Fonte: *Google Earth PRO* (2021).

Para salvar a imagem adotam-se os seguintes comandos: *file > save stereo image* e salvar no formato que preferir, vale ressaltar que para essa escolha do formato é necessário saber qual *software* de destino, para saber se o formato vai ser compatível. Neste trabalho foi salvo como .JPG, pois não foi necessário o uso de mais nenhum *software*, apenas a análise da imagem.

3.2.2.3 Procedimento 3

O procedimento consiste em organizar mapeamentos geomorfológicos com feições de detalhe referentes aos 5° e 6° níveis taxonômicos de Ross (1992), respectivamente condizentes com as feições de topos e vertentes e as feições recentes/atuais pontuais. Foram organizados mapeamentos de detalhe em 2 cavas, seguindo as orientações de Paschoal, Cunha e Conceição (2013) e Paschoal *et al* (2016) na escala 1:10.000.

3.2.3 Setima etapa: Fotointerpretação e organização de simbologia

As simbologias adotadas seguiram as propostas de Tricart (1965), Paschoal, Cunha e Conceição (2013) e Paschoal *et al.* (2016). A figura 11 ilustra uma legenda de mapeamento similar organizada por Paschoal, Cunha e Conceição (2010), onde se observa o detalhamento e complexidade das informações.

Destaca-se que a metodologia proposta por Tricart (1965) insere as litologias em polígonos hachurados ao fundo do mapa, assim como demonstrado e aplicado nos trabalhos de Paschoal, Cunha e Conceição (2013) e Paschoal *et al.* (2016). Para esse trabalho procedeu-se uma adaptação, com a finalidade de valorizar a identificação dos compartimentos de relevo da primeira fase. Com isso, os polígonos hachurados destes mapeamentos representam os compartimentos de relevo indentificados na Fase 1.

As cavas de Areia e Diamante foram selecionadas para esses mapeamentos de detalhe devido à variação de uso entre os cenários de 2011 e 2021, bem como devido aos seus posicionamentos geomorfológicos similares, vinculados à *fronts* escarpados de rebordos de chapadas, que foram caracterizados na Fase 1 da investigação.

Figura 9 - Simbologia para o mapeamento geomorfológico em escala de detalhe.

COMPARTIMENTOS DE RELEVO		CHAPADA		VALES COM INCISÃO FLUVIAL	MORRO RESIDUAL		
		<i>FRONT</i> ESCARPADO					
		PLANALTO DISSECADO					
FORMAS DE VERTENTES E INTERFLUVIOS	VERTENTES	CÔNCAVA		MODELADO ANTRÓPICO	MINERAÇÃO	ATIVA	
		CONVEXA				DESATIVADA	
		RETILÍNEA			COLINA RESIDUAL DERIVADA DE ATIVIDADE MINENÁRIA	SUAVE	
		IRREGULAR				ABRUPTA	
	LINHA DE CUMEADA	SUAVE			PATAMARES EM CAVAS DE MINERAÇÃO	SUAVE	
		INGREME				ABRUPTA	
	FEIÇÕES DENUDATIVAS	SULCO			TANQUE		
		RAVINA				TERRAÇO AGRÍCOLA	
		VOÇOROCA					ATERRO PARA VIAS DE CIRCULAÇÃO
		RUPTURA TOPOGRÁFICA				CORTE PARA VIAS DE CIRCULAÇÃO	
	AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES E MODELADO DE ENTALHE	FEIÇÕES HIDROGRÁFICAS	CANAL FLUVIAL			CAVA ABAIXO DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO	
			CANAL PLUVIAL				
FUNDO DE VALE		VALE EM 'V'		CANAL FLUVIAL SOB INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA			
		FUNDO PLANO				CONDUTO	

Fonte: : Adaptado de Paschoal, Cunha e Conceição (2013).

3.2.4 Oitava etapa: trabalho de campo

Os trabalhos de campo foram organizados com base nas atividades das Fases 1 e 2 da pesquisa. Na Fase 1 teve a finalidade reambular os mapeamentos morfométricos e morfológicos, assim como reconhecer os compartimentos geomorfológicos em que as cavas se inserem. Já para a Fase 2, os campos foram direcionados ao registro das feições mapeadas em escala de detalhe para as cavas de areia e diamante.

3.2.5 Nona etapa: análise integrada dos resultados

A etapa foi dedicada a comparação dos mapeamentos organizados para as quatro áreas amostrais. Com a confecção dos mapas propostos nas etapas anteriores foi possível

uma análise das regiões onde estão inseridas as cavas. Na primeira Fase, foram elaborados 24 mapas, seis para cada cava. Com os resultados foi produzido um quadro com todos os dados.

A segunda fase do estudo envolveu uma análise mais aprofundada de duas cavas selecionadas, com foco na comparação de diferentes cenários e no detalhamento das feições internas. Foram gerados anáglifos que, combinados com imagens de satélite, permitiram a elaboração de mapas de detalhamento (1:10.000). Esses mapas revelaram as alterações sofridas pelo relevo em decorrência da atividade antrópica e de processos geomorfológicos naturais.

4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA REGIÃO ONDE SE INSEREM AS CAVAS ESTUDADAS

As cavas de mineração selecionadas para estudo estão localizadas na Faixa de Dobramentos Brasília e na Bacia Sedimentar do Paraná. A Faixa de Dobramentos Brasília é um cinturão orogênico com idade Neoproterozóica ocorrendo ao entorno ocidental do Cráton São Francisco (Uhlein *et al.*, 2012). Por diversidade tectônica e litológica a Faixa Brasília é dividida em Zona Interna e Zona Externa (Fuck *et al.*, 1994 *apud* Santos, 2019). Os autores pontuam a Zona Interna é formada por unidades alóctones metassedimentares em associação aos Grupos Araxá, Andrelândia e ao Cinturão de Granulitos e Ortognaisses Anápolis-Itaçu, e a Zona Externa é formada por unidades metassedimentares sendo composta pelos Grupos Araí, Natividade, Paranoá, Canastra, Vazante e Ibiá. Onde através da litologia infere um ambiente de plataforma, sendo marinho raso com transição para marinho profundo (Fuck *et al.*, 1994; Pimentel, 2016 *apud* Santos, 2019).

Para Milani (2004), a Bacia do Paraná possui idade entre o Ordoviciano e o Cretáceo, caracterizada como sendo do tipo intracratônica na plataforma Sul-Americana e sua evolução está relacionada com a tectônica de placas. O arcabouço estratigráfico é composto por seis unidades: supersequências Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, II e III e Bauru e é preenchido por rochas sedimentares e vulcânicas, podendo chegar a até oito quilômetros de espessura (Milani, 2004).

Do ponto de vista geomorfológico, segundo o Radambrasil (1983), o Triângulo Mineiro e o Alto Paranaíba estão presentes nas unidades dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná e dos Planaltos Dissecados da Faixa Brasília. Ab'Saber (1971) chama a região como Domínios dos Chapadões Tropicais. A classificação geomorfológica proposta por Baccaro *et al.* (2001) indica que a Bacia Sedimentar do Paraná na área investigada apresenta nos rebordos erosivos próximos às escarpas, o padrão de formas semelhantes onde possui um entalhamento dos vales entre 20 e 80 metros. Os autores ainda pontuam que os processos de erosão são acelerados nos sopés das escarpas e nos rebordos. A litologia sustentadora dos relevos residuais é a Formação Marília, com densidades de drenagens baixas, prevalecendo dimensões interfluviais entre 750 m a maiores de 3.750 m, já a dissecação dos vales fluviais sempre abaixo de 40 m (Baccaro *et al.*, 2001). Já nos topos os autores denominam de Áreas Elevadas de Cimeiras

com topos planos, amplos e largos, entre 950-1050 metros, marcados pela baixa presença de drenagens.

No contexto da Faixa Brasília, Ferreira *et al.* (2007) indicam que os Planaltos Dissecados são comandados principalmente pela dissecação fluvial dos rios e seus afluentes, sob o embasamento rochoso do Grupo Araxá. O autor ainda menciona que os topos das serras são sustentados por rochas do Grupo Canastra com vertentes muito escarpadas nas bordas, como produto dos processos de falhamento e erosão intensa, chegando a medir até 200 m de desnível. As cristas que circundam esses relevos de forma significativa devido à transição de vertentes entre côncava e convexa, gerando estruturas em formato de anfiteatros e vales bem encaixados sob drenagens do Planalto Dissecado (Ferreira *et al.*, 2007).

De acordo com o levantamento de solos de Motta, Baruqui e Santos (2004), nos Planaltos Tabulares da Bacia Sedimentar do Paraná predominam os Latossolos Vermelhos e Amarelos, que aparecem nas cavas de areia e na cava de argila Taguá. Já no domínio dos Planaltos Dissecados da Faixa Brasília predominam Cambissolo, encontrado na cava de diamante e de argila de Várzea, nesta última área ainda é mapeado Neossolo Flúvico, nos terraços do rio Santo Inácio (Motta; Baruqui; Santos, 2004).

As quatro cavas que são estudadas no presente trabalho se instalaram em bacias de drenagens da margem esquerda do rio Paranaíba, como ilustra a Figura 10. A cava de areia está posicionada em canais de primeira ordem da margem esquerda do rio Bagagem, enquanto a de diamante está à direita do mesmo rio. Já a cava de argila Taguá se encontra posicionada em canais de primeira ordem do rio Douradinho, enquanto a de argila de Várzea fica à direita das margens do rio Santo Inácio, nos seus terraços e planícies.

Figura 10 - Rede hidrográfica da região do Alto Paranaíba – MG.



Fonte: Motta; Baruqui; Santos (2004).

Na área onde se localiza a cava de areia afloram arenitos da Formação Marília, segundo Chaves e Dias (2017). Possuem como características arenitos avermelhados de granulometria fina a média, maciços, estratificados, com estratificação plano-paraalela. Recentemente Rassi (2021) classificou esses os arenitos como pertencentes à Formação Posse, datada do Cretáceo Superior, sendo uma unidade do Grupo Urucuia da Bacia Sanfranciscana (Campos; Dardanne, 1997).

Segundo os autores Seer e Moraes (2017) na área onde se localiza a cava de diamante são encontrados arenitos da Formação Botucatu, constituído de domínios de campo de dunas e interdunas secas, se iniciou com um sistema eólico seco no

Neojurássico, se mantendo até o Cretáceo Superior. Os autores ainda apontam a principal característica petrográfica desta formação que são os arenitos com granulometria variando de fina à média, coloração rósea, esfericidade muito alta e aparência fosca. A estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte é uma estrutura muito marcante que possibilita uma identificação da formação de maneira mais simplificada (Seer; Moraes, 2017).

Na região onde se encontra a cava de argila Taguá foi mapeada por Féboli e Pinheiro (2013) mapeou a área com coberturas eluvionares, datadas do Cenozóico, caracterizados por sedimentos argilo-sílticos vermelho escuros com concreções ferruginosas e níveis de cascalho e por rochas vulcânicas do Grupo Mata da Corda.

Já a região onde se encontra a cava de argila de Várzea está mapeada por Féboli e Pinheiro (2015) no domínio do Grupo Vazante, mais precisamente a Formação Serra da Lapa, onde são encontrados lentes de arenitos/quartzitos intercaladas em siltitos cinza a esverdeados e róseos a avermelhados bandados e/ou laminados. Estão subordinadas intercalações de filitos, calcários, margas e argilitos. Também se encontra na área depósitos aluviais nos terraços do rio Santo Inácio, com sedimentos inconsolidados de natureza arenosa e coberturas detríticas indiferentes, caracterizadas por sedimentos arenosos (Féboli; Pinheiro, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo da monografia está organizado com base nas Fases 1 e 2 da metodologia da pesquisa, que se referem, respectivamente, a elaboração de mapeamentos morfométricos e morfológicos para áreas ao entorno das cavas, com finalidade da proposição de compartimentos geomorfológicos; e a aplicação da cartografia geomorfológica retrospectiva em duas cavas selecionadas, no caso as de diamante e areia.

5.1 *Compartimentos geomorfológicos da área onde se localizam as cavas de mineração*

A **cava de areia** se posiciona na cabeceira do Córrego da Água Fria (APÊNDICE A), onde o relevo é bem dissecado pelas drenagens (Figura 11).

Nesta área pode-se observar uma queda de altimetria de Sul para Norte respectivamente, com variação de 960 a 760 m. A cava se encontra em cotas mais elevadas da região, entre 920 a 960 m, com terreno esculpido pelas drenagens de primeira ordem. As principais e mais próximas da cava são o córrego da Água Fria e o córrego Angolinha, como é mostrado no APÊNDICE E.

Nas áreas mais elevadas tem-se o predomínio de baixas declividades, com topos aplainados. Já nas áreas mais dissecadas da escarpa, as drenagens se encontram encaixadas no terreno, apresentando declividades maiores ao entorno das drenagens, porém os fundos de vale com uma declividade menor (APÊNDICE I).

Nesta carta de orientação de vertentes não se pode indicar uma orientação preferencial, pois há muitas drenagens no local, e como Valeriano (2008) propôs, o caminhamento das drenagens fica bem marcado por dividir as orientações, na região de escarpas estão divididas em sudeste e sudoeste. A região onde se encontra a cava também não tem uma orientação preferencial, variando de norte para sudeste e sudoeste (APÊNDICE M).

Na carta de Curvatura Horizontal pode-se identificar o grande contraste que há na área, entre áreas muito convergentes e logo ao lado áreas com um comportamento muito divergente, as drenagens se encontram em áreas mais convergentes (APÊNDICE Q).

Já na carta de curvatura vertical há um domínio de áreas muito convexas, exceto por onde as drenagens passam, onde a feição de relevo é muito côncava (APÊNDICE U). Existe uma coerência entre as duas cartas, onde as drenagens mudam a característica.

Figura 11 - Fotos do relevo da área da cava de Areia em Estrela do Sul - Dolearina (MG).



Fonte: O autor (2024).

A **cava de diamante** está posicionada em vertentes que se dirigem ao Córrego da Água Suja, que por sua vez pertence ao Rio Bagagem, que também está presente na área ao entorno da cava (APÊNDICE B).

A configuração desta área tem classes altimétricas mais elevadas na porção SE, que vão perdendo altitude conforme avança para NW. A área tem cotas que variam de 840 m a cotas superiores a 960 m, com drenagens de primeira ordem modelando o terreno no setor escarpado (Figura 12). A área da cava também fica em setores mais elevados, entre cotas de 880 a 960 metros (APÊNDICE F).

A declividade é menos expressiva nos topos aplainados onde a declividade varia de 2 a 12 %, porém nas escarpas onde se adensam drenagens a declividade aumenta para classes entre 12 a 20 % (APÊNDICE J).

Nota-se quanto à orientação preferencial das vertentes uma divisão bem marcada no centro da área, dividindo a porção leste com uma orientação preferencial para Sudoeste/Oeste, enquanto na porção oeste se observa o predomínio da orientação para sudeste. A cava tem uma orientação preferencial à sudoeste (APÊNDICE N).

Na análise da carta de curvatura horizontal pode-se notar que o terreno é bem diversificado, tanto no planalto, quanto nas escarpas não há domínio forte de nenhuma forma, as drenagens se comportam da mesma maneira que na areia, em regiões muito convergentes (APÊNDICE R).

No mapa de curvatura vertical as drenagens correm nas partes muito côncavas, concordando com o mapa de curvatura horizontal, porém esse apresenta o contraste entre áreas muito côncavas nas drenagens, com áreas muito convexas nas escarpas logo ao lado. A área tem um predomínio de áreas convexas (APÊNDICE V).

Figura 12 - Fotos do relevo da área da cava de diamante em Romaria (MG).





Fonte: O autor (2024).

A **cava de argila Taguá** se encontra na vertente ao Córrego da Gairoba, que por sua vez desagua no Córrego Buriti e logo ao seu lado tem o Córrego Santa Bárbara que desagua no Rio Douradinho (APÊNDICE C).

Com as imagens geradas podemos delimitar uma chapada dentro da região (a NW do centro da área), também fica evidente a diferença brusca de altura em uma curta distância, saindo de altitudes superiores a 930 metros, chegando a 760 metros. A extração da argila Taguá se encontra como as outras duas mencionadas anteriormente, no terraço superior da vertente, na escarpa, em alturas entre 920 m a 960 metros (APÊNDICE G).

Na região no topo da chapada a declividade é menor e mais uniforme, variando entre 2 a 12 % e assim como nas outras as drenagens são entalhadas, deixando uma declividade mais acentuada ao entorno delas. Os limites da chapada também são bem marcados pelo aumento da declividade no mapa (APÊNDICE K).

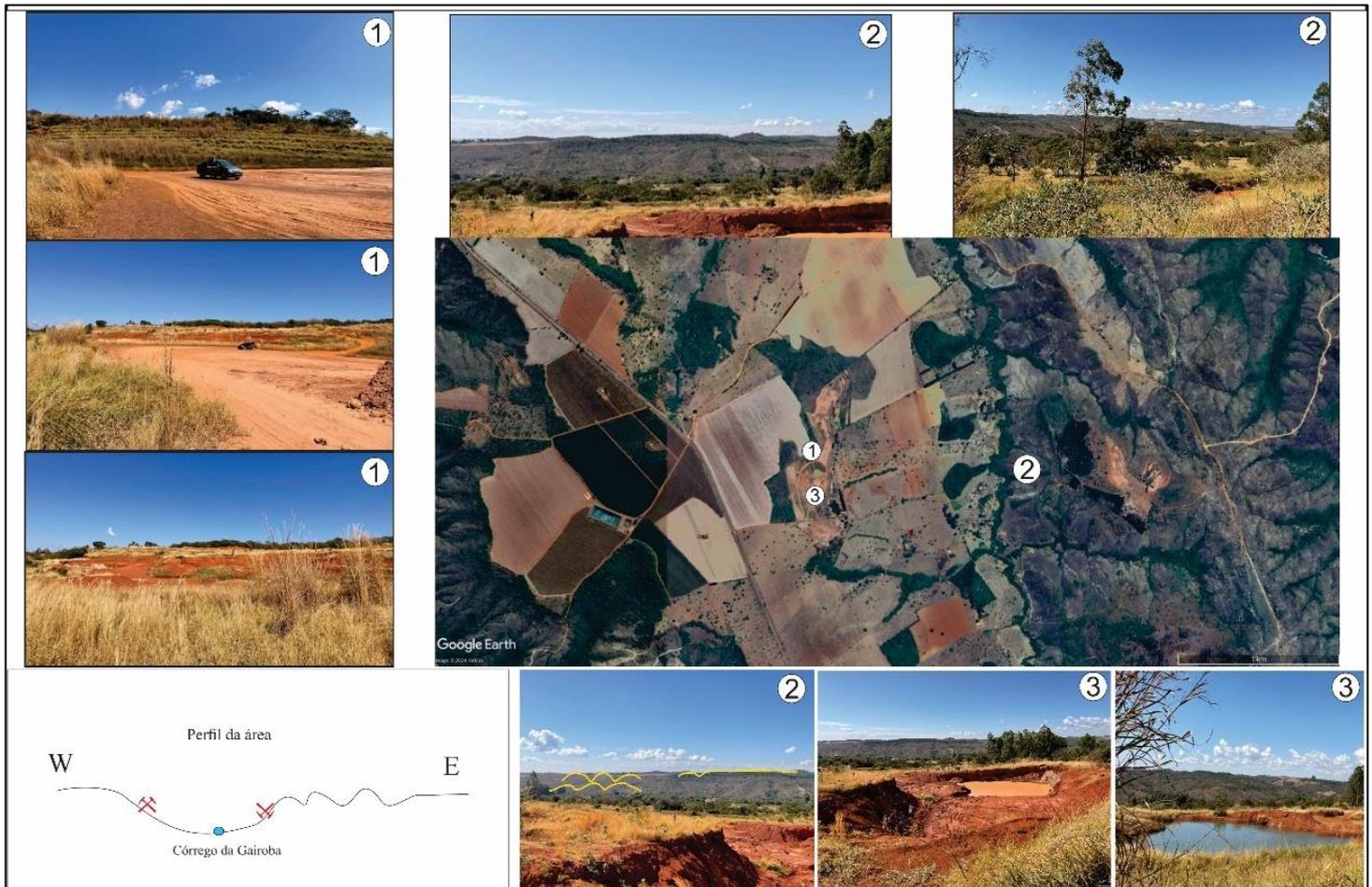
Nesta carta de orientação de vertentes podemos identificar a borda da chapada, mesmo que sutil, com uma delimitação nas orientações, indicando a parte de baixo da borda da chapada uma orientação apontando para sudoeste, enquanto na parte de cima aponta para nordeste. A região tem uma grande variedade de orientações, porém a maior cava tem predomínio para leste, enquanto a menor está dividida entre leste e oeste (APÊNDICE O).

Analisando a carta de curvatura horizontal da área onde se encontra a cava de argila Taguá, pode-se notar cores mais frias nesta área, indicando um predomínio maior de convergência no terreno, devido ao grande número de drenagens. As drenagens obedecem ao mesmo comportamento das áreas mencionadas anteriormente. Neste mapa não é possível identificar os limites da borda da chapada presente dentro da área (APÊNDICE S).

Na carta de curvatura vertical se tem uma presença de cores quentes muito maior, delimitando perfeitamente a borda da chapada, identificada como muito convexa. As drenagens respeitam a forma do relevo e correm em áreas muito côncavas (APÊNDICE W).

Na Figura 13 se observam as variações do relevo, com formas tabulares no topo e seus rebordos mais acidentado. Isso também fica evidenciado nos mapas de hipsometria e declividade, onde a alteração de cotas e o ângulo das vertentes indicam essa não uniformidade do relevo.

Figura 13 - Fotos do relevo da área da cava de argila de Tágua em Coromandel (MG).



Fonte: O autor (2024).

A **cava de argila de Várzea** está localizada nas planícies e terraços do Rio Santo Inácio, que é afluente direto da margem esquerda do Rio Paranaíba (APÊNDICE D).

Essa estudada observasse um contexto totalmente diferente em relação ao entorno das outras três cavas analisadas. Suas altitudes são predominante entre 760 a 840 metros, chegando no máximo a 920 metros nos topos que delimitam a bacia. Diferentemente das outras áreas a cava se localiza na parte mais baixa, entre cotas de 760 a 800 metros em fundo de vale (APÊNDICE H).

A declividade nesta área quase é muito baixa, variando entre 2 a 8 %, deixando o terreno suavizado, com curvas de níveis mais distantes. Há reduzido adensamento de drenagens, porém as que existem são volumosas, sendo a maioria fluvial, com poucas drenagens pluviais (APÊNDICE L).

Com a carta de orientação de vertentes (APÊNDICE P) nota-se certa dificuldade em relação a orientação, onde não se pode definir uma preferencial, por ser uma área mais

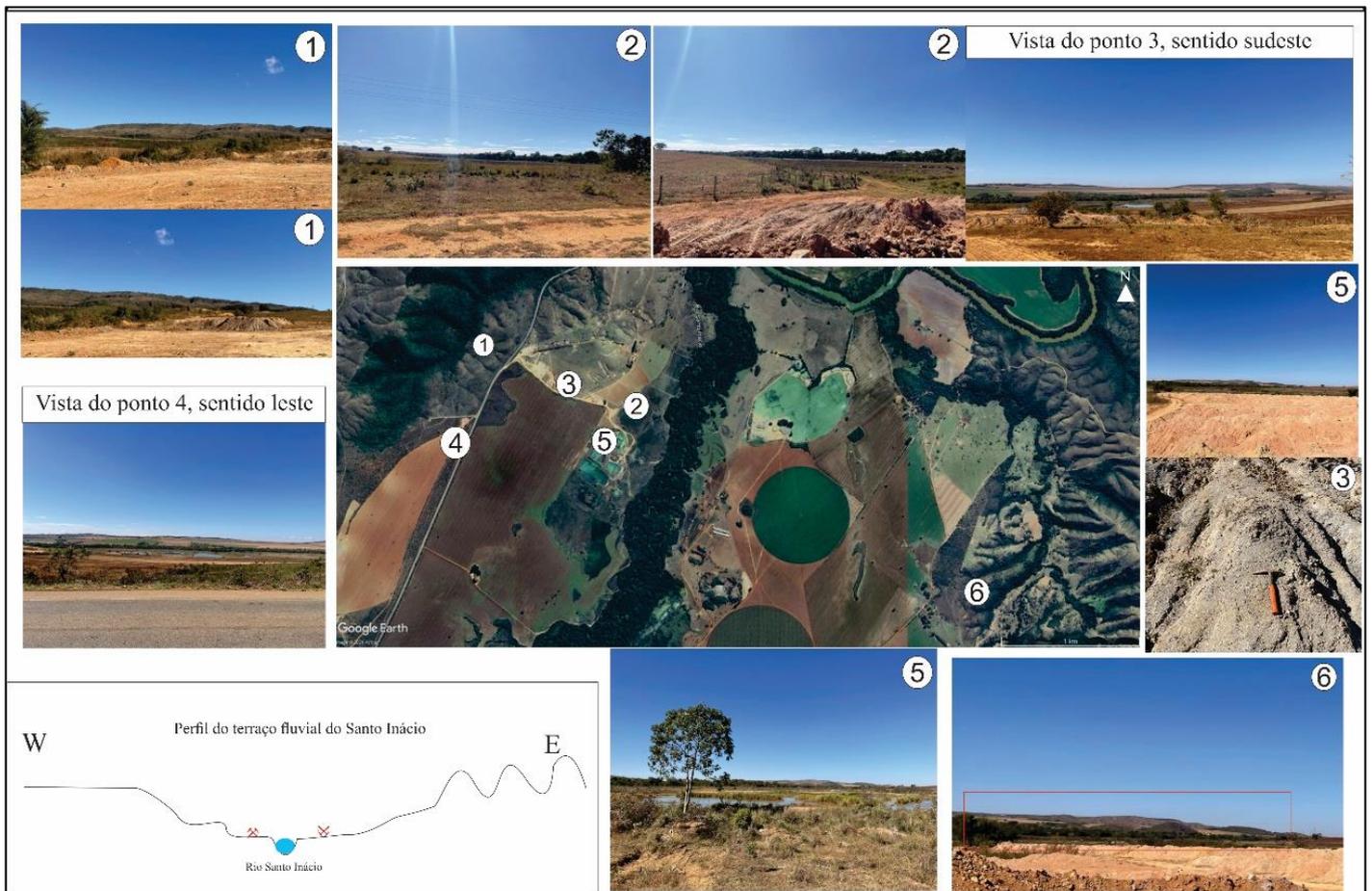
aplainada os dados podem estar em conflitos, como foi explicado por Valeriano (2008) no item 5.3 Cartas de Orientações de Vertentes.

Na região mais baixa de Várzea é esperado um predomínio maior de cores frias, o que é respondido com a carta de curvatura horizontal (APÊNDICE T). As drenagens têm o mesmo comportamento das demais áreas. Os dados, de altitude e declividade, desse mapa foram complementados com informações inseridas manualmente, pois os mesmos foram comprometidos devido a vegetação presente no local.

Por fim na carta de curvatura vertical o domínio de cores frias também está presente, onde a maioria da região varia de muito côncava até côncava (APÊNDICE X).

Na Figura 14 é evidenciado a uniformidade do relevo na maior parte da área, o que é confirmado pelos mapas de Hipsometria e Declividade da área. Com uma pequena alteração do relevo bem ao fundo das fotos, que são registrados nas extremidades leste e oeste dos mapas.

Figura 14 - Fotos do relevo da área da cava de argila de Várzea em Coromandel (MG).



Fonte: O autor (2024).

As informações adquiridas nos mapas morfométricos e morfológicos (APÊNDICES A à X) foram sintetizadas no Quadro (1), com destaque para a informação encontrada nas áreas imediatas ao posicionamento das cavas. A partir de suas análises foi possível identificar os compartimentos geomorfológicos em que as cavas se localizam, conforme pode ser observado na última coluna do Quadro 3.

Quadro 3 - Quadro síntese dos mapeamentos morfométricos e morfológicos.

Áreas dos mapeamentos ao entorno das cavas (Fase 1)	Litologia (Féboli e Pinheiro, 2013 e 2015) (Chaves e Dias, 2017)	Bacia de Drenagem (APÊNDICES A a D)	Hipsometria (m) (APÊNDICES E a I)	Declividade (%) (APÊNDICES J a L)	Orientação de Vertente (APÊNDICES M a P)	Curvatura Horizontal (APÊNDICES Q a T)	Curvatura Vertical (APÊNDICES U a X)	Compartimentos geomorfológicos
Areia (12,2 km ²)	Arenitos e Coberturas Detríticas	Córrego da Água Fria	920-960 > 960	5 - 12 12 - 20 20 - 30	SO, O e NE	Muito divergente	Muito convexo	Front escarpado em rebordo de chapada (canais de primeira ordem da margem esquerda do Rio Bagagem)
Diamante (23,3 km ²)	Arenitos e Coberturas	Córrego da Água Suja e Rio Bagagem	800-920 920-960	2 - 5 5 - 12 12 - 20	L, SE, S, O, SO e NO	Planar, divergente e Muito convergente	Muito côncava, côncavo, convexo	Front escarpado em rebordo de chapada (canais de primeira ordem da margem direita do Rio Bagagem)
Táguá (24,7 km ²)	Coberturas eluvionares e rochas vulcânicas	Córrego da Gairoba	920-960	2 - 5 5 - 12 12 - 20	NO, L, SO, S, SO e O	Muito divergente, divergente, planar e convergente	Muito convexo, convexo e côncavo	Rebordo de relevos residuais com topos tabulares. Canais de primeira ordem do Rio Douradinho.
Várzea (29,5 km ²)	Siltitos cinza a esverdeado e lentes de arenito	Rio Santo Inácio	760-800	> 2 2 - 5 5 - 12	Plano, L, SE, S, O, SO, N e NO	Muito convergente e convergente	Muito côncavo e côncavo	Planície e terraços fluviais do Rio Santo Inácio

Fonte: O autor (2024).

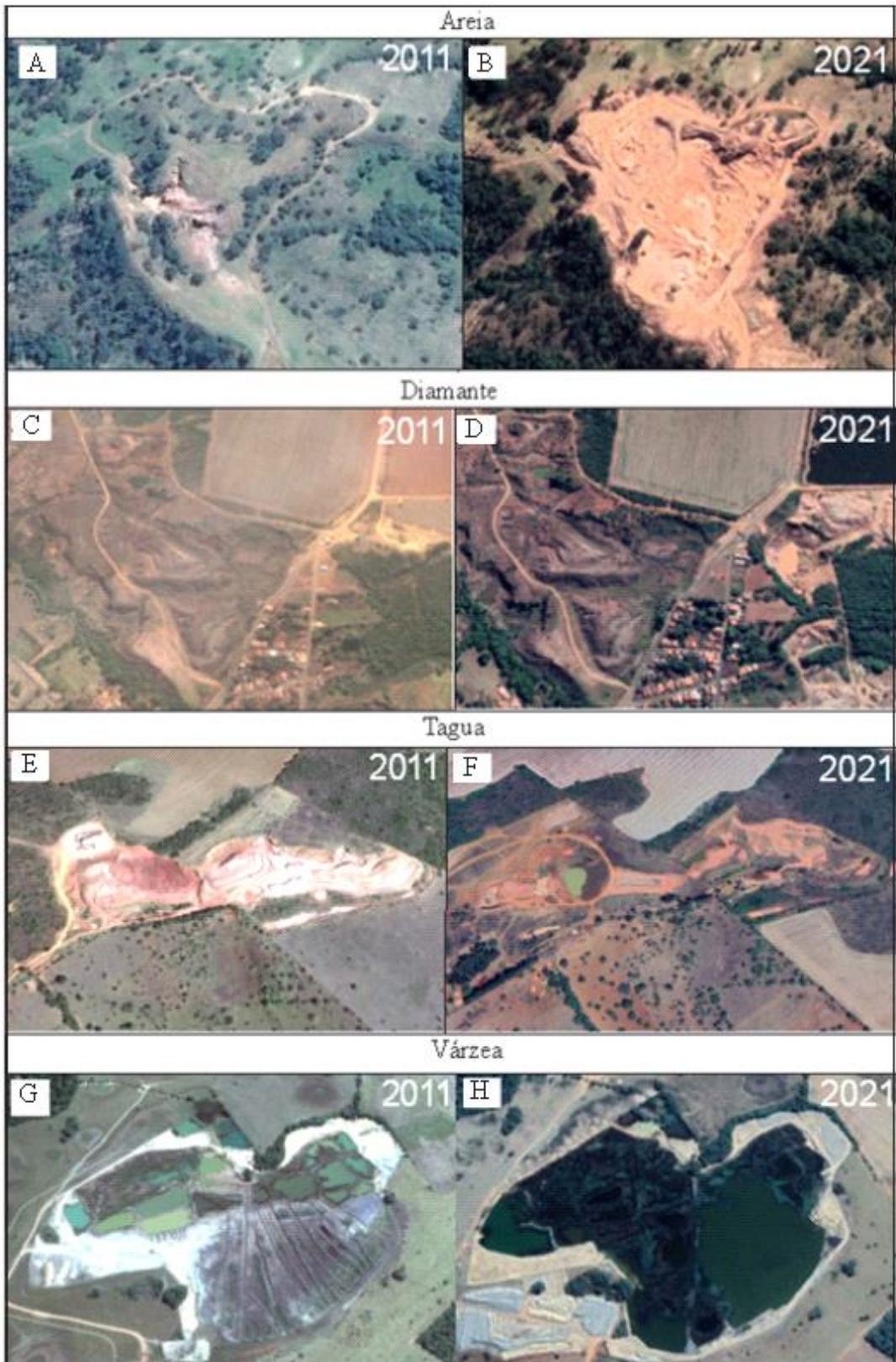
Nas imagens da Figura 15 são encontrados os cenários de 2011 e 2021 para as quatro cavas. Pode-se notar a diferença que existe nas áreas com o passar de 10 anos, o que demonstra a ação humana que modificou o relevo local.

Nas imagens da área onde se contra a cava de areia é possível notar um momento pré-cava (Figura 15A) e um cenário onde a exploração de areia já estava sendo feita (Figura 15B). No cenário de 2011 da cava de diamante em Romaria (Figura 15C) observa-

se maior interferência antrópica, que se ampliou para o cenário de 2021 (Figura 15D). Nas cavas de Taguá e Várzea, também já existiam as atividades de exploração em 2011 (Figuras 15, F e G), com mudanças, sobretudo ao afloramento e posicionamento de lençol d'água para os cenários de 2021 (Figuras 15, H e I).

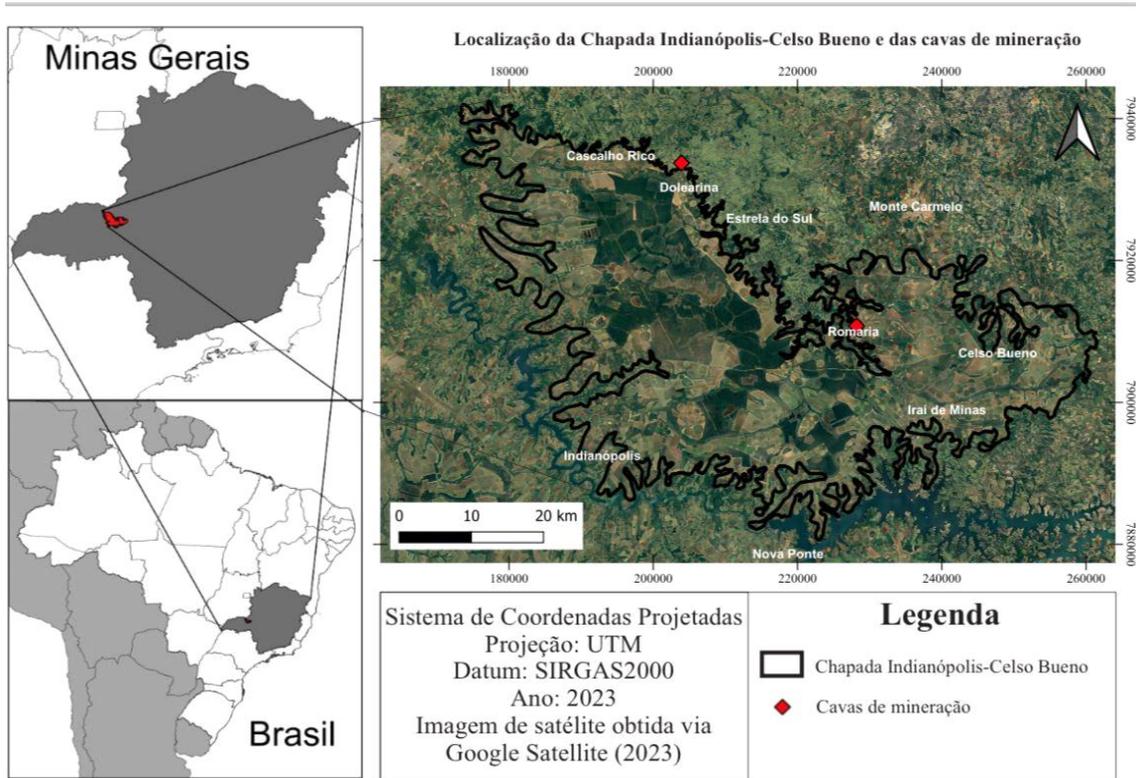
Essas imagens foram avaliadas com melhor detalhe, para a organização das cartas geomorfológicas de detalhe, a fim de se executar uma cartografia geomorfológica retrospectiva. Chegou-se a uma decisão da escolha de duas cavas para o estudo mais de detalhes, sendo elas a de areia e diamante. Isso se deve a maior disparidade entre os cenários selecionados (2011 e 2021). Além disso, as suas escolhas se devem às localizações quanto aos compartimentos geomorfológicos identificados e apresentados no Quadro 3. Pode se observar que ambas as cavas estão posicionadas em *front* escarpados de rebordos de chapada. Esse posicionamento geomorfológico fica evidente na imagem de satélite da Figura 16, onde se observa as duas cavas posicionadas no rebordo da chapada Indianópolis Celso-Bueno.

Figura 15 - Imagens comparativas dos anos 2011 e 2021.



Fonte: Google Earth Pro.

Figura 16 - Mapa de localização da Chapada Indianópolis-Celso Bueno com as cavas de areia e diamante.



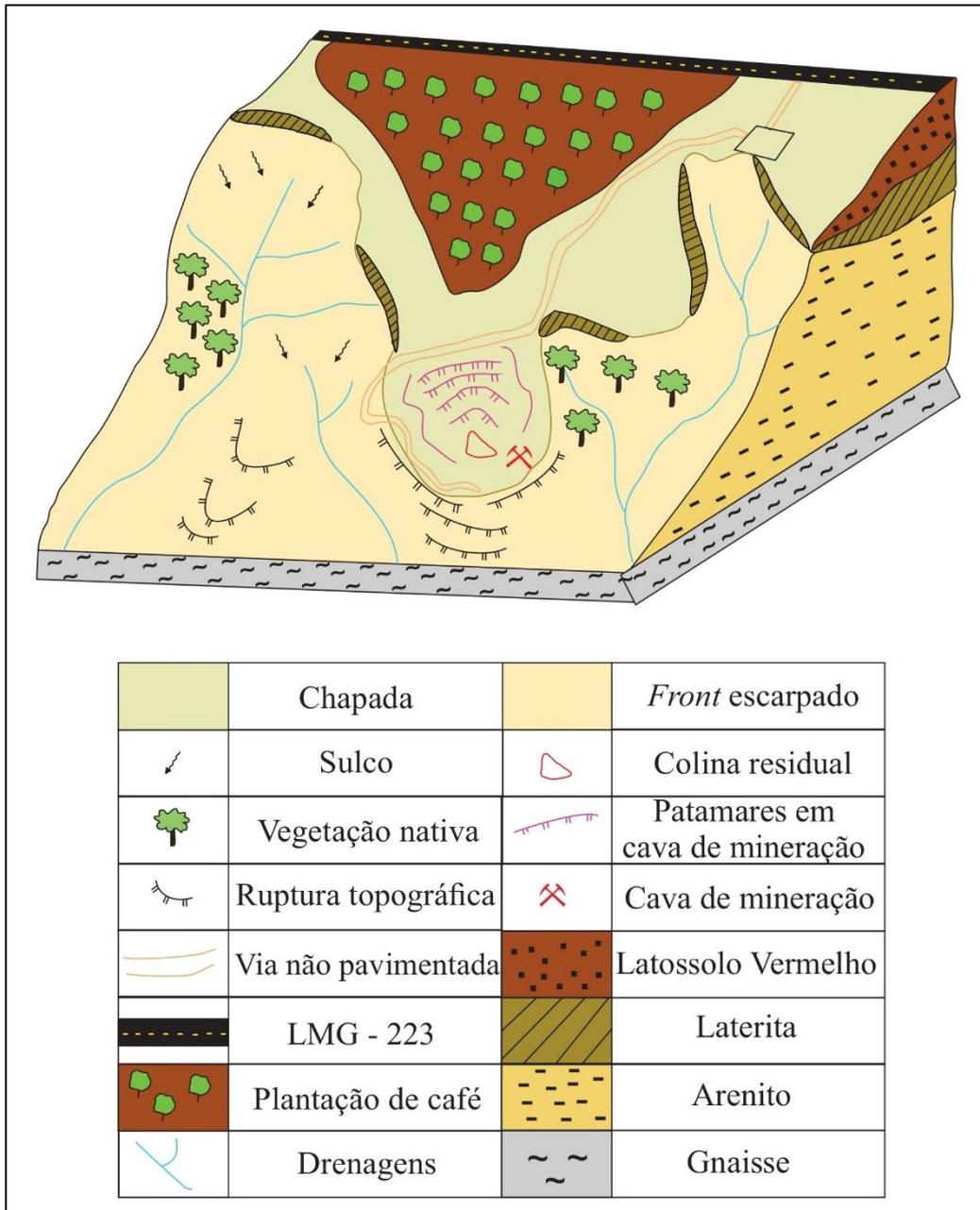
Fonte: Adaptado de Luna *et. al* (2023).

Com os blocos diagramas apresentados abaixo podem-se notar as semelhanças geomorfológicas das duas áreas, tenso em vista que as cavas se alojam nos *fronts* escarpados que transicionam os topos tabulares de chapada para os planaltos dissecados.

Em relação a litologia, Féboli e Pinheiro (2013, 2015), Chaves e Dias (2017) mapearam nas áreas coberturas superficiais cenozóicas, referenciadas por Motta (2004) como Latossolos Vermelhos. Em Dolearina também se tem a presença de coberturas detritico-lateríticas, que atua como controladora do relevo, segurando o avanço da erosão regressiva. Já em Romaria nota-se a presença de conglomerados (Barbosa *et. al*, 1970). Abaixo de ambas as camadas são encontrados arenitos da Formação Marília (Chaves; Dias, 2017), que por sua vez estão sobrepostos a gnaisses na região da cava de areia, e a micaxistos do Grupo Araxá enquanto na cava de diamante (Ferreira *et al*, 2007).

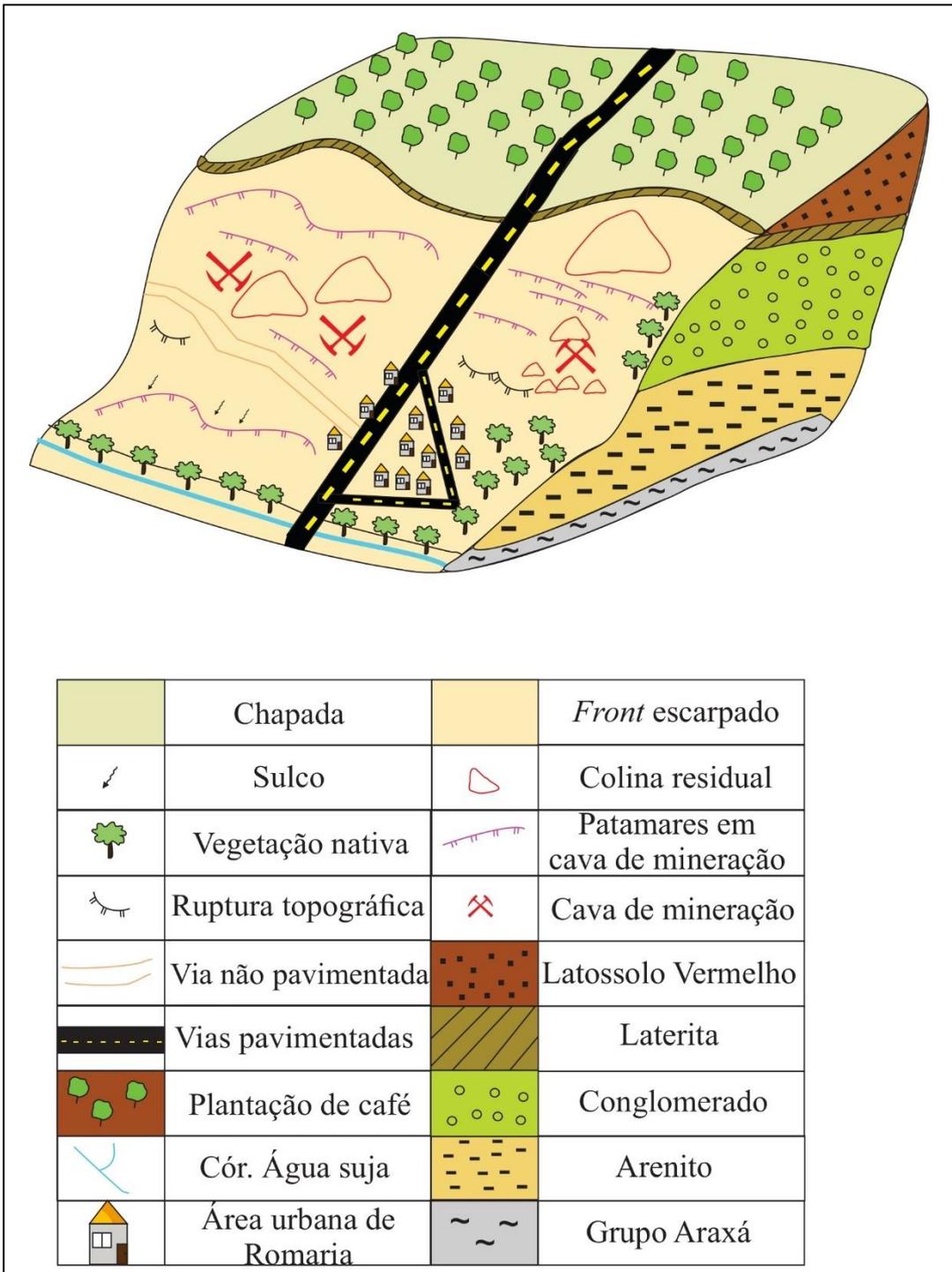
Para as áreas das duas cavas o Rio Bagagem comporta-se como nível de base. Porém a cava de Dolearina abriga canais de primeira ordem do córrego Água Fria, afluente da margem esquerda do Rio Bagagem, ao passo que em Romaria, córrego Água Suja disseca o front escarpado, senso afluente da margem direita.

Figura 17 - Bloco diagrama da cava de areia - Dolearina (MG).



Fonte: O autor (2024).

Figura 18 - Bloco diagrama de diamante - Romaria (MG).



Fonte: O autor (2024).

5.2 Cartografia geomorfológica retrospectiva nas cavas de areia e diamante

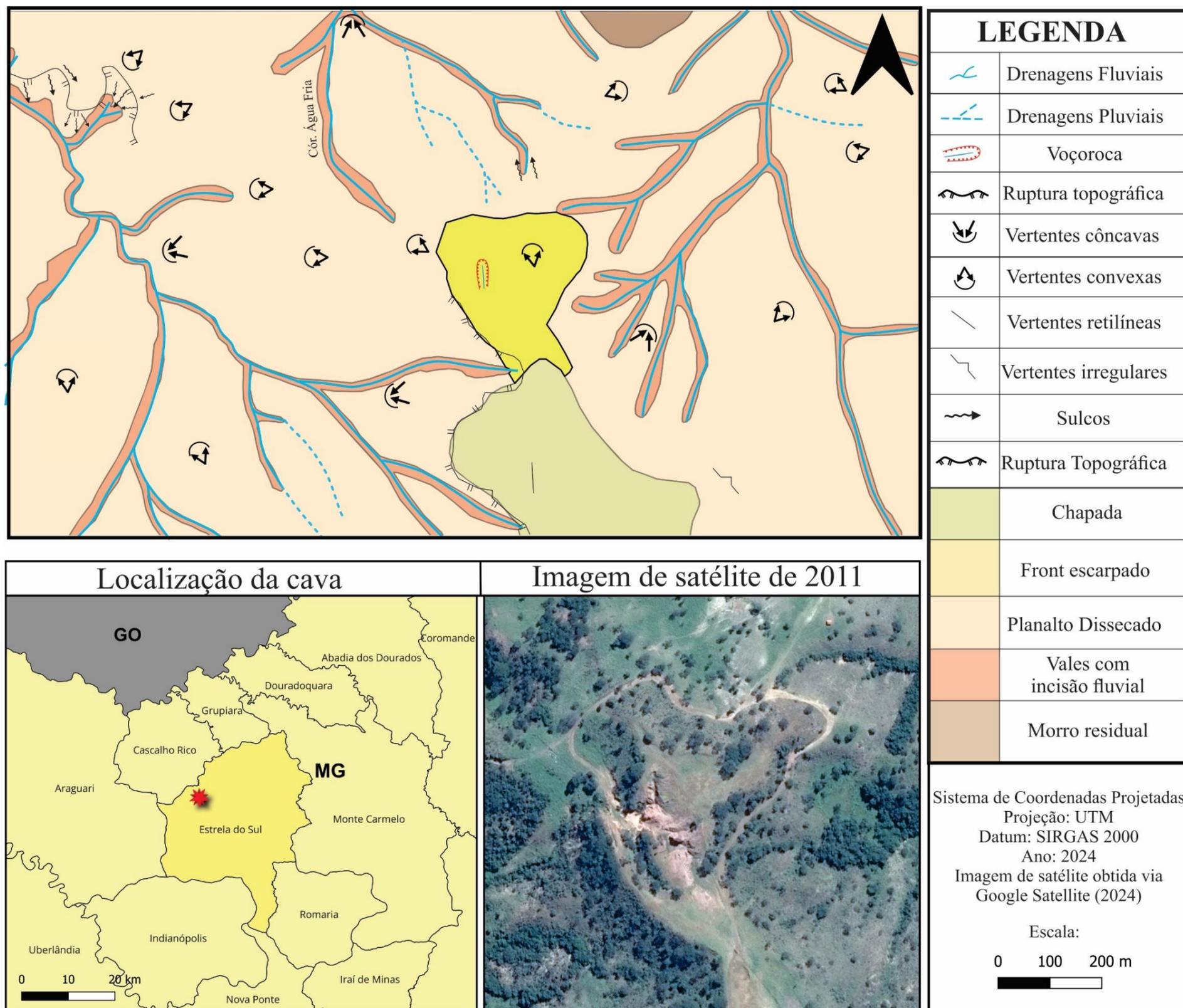
Após a seleção das duas cavas foram confeccionados os mapas geomorfológicos retrospectivos de detalhes, com o uso de imagens de satélite fazendo uso dos anáglifos.

A cava de areia tem área de 53.151 m². No cenário de 2011 (Figura 19) representa um momento pré-cava, sem implantação da mineração, com um topo convexo recoberto por vegetação nativa. Nota-se uma ravina ou voçoroca já presente na área, que possivelmente tenha sido utilizada como meio para início da exploração, devido à exposição dos arenitos.

É possível encontrar na área algumas rupturas topográficas, a noroeste do mapa. Também é observado o trabalho de dissecação realizado pelas drenagens, principalmente nos segmentos da Escarpa e dos Planaltos Dissecados. Essa dissecação promove a erosão regressiva da escarpa, gerando formas residuais em frente ao *front* escarpado. O trabalho de Batista (2023) reconheceu essas formas residuais, que estão sustentadas por arenitos e por lateritas, ambas também presentes na escarpa erosiva.

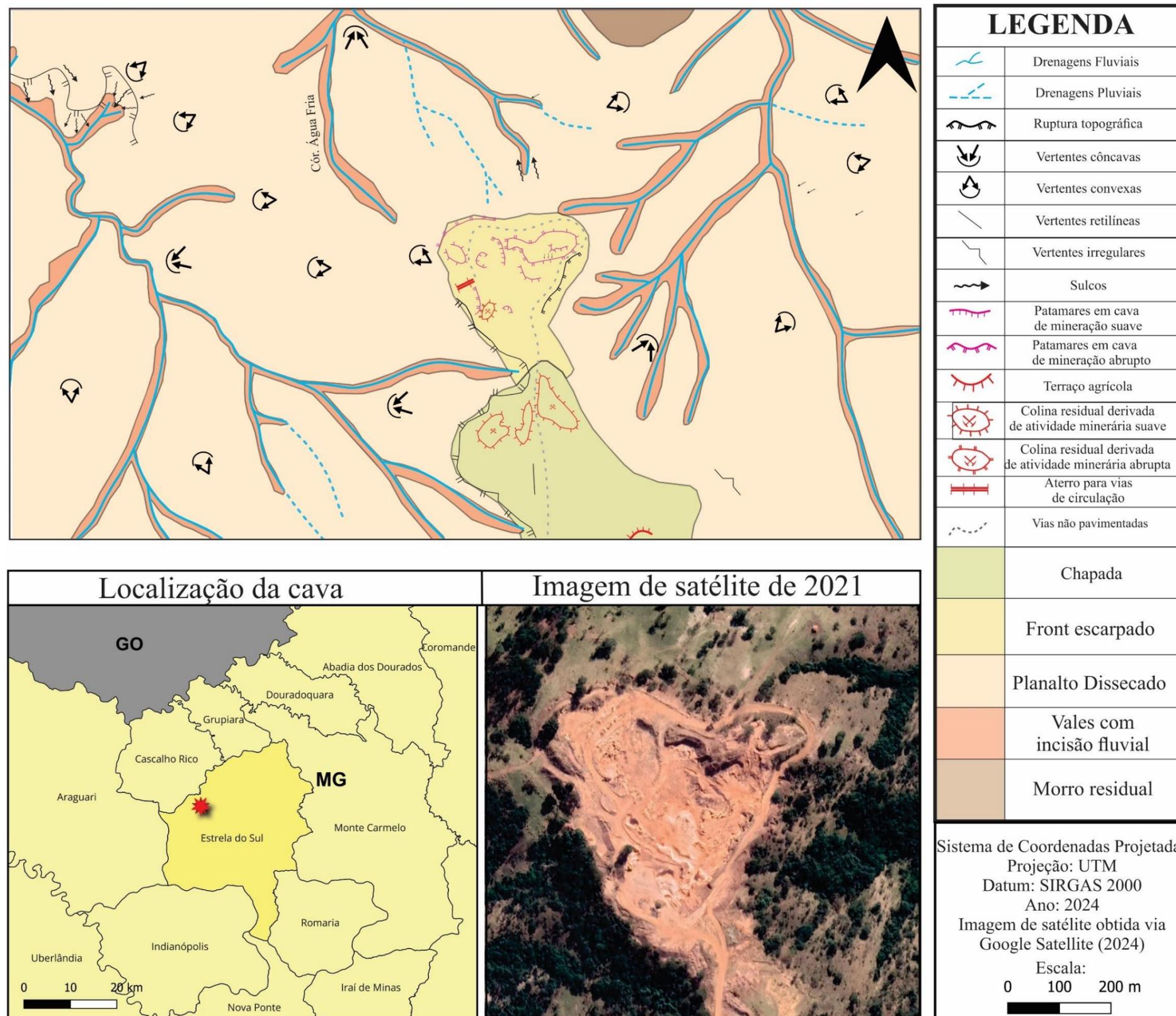
No ano de 2021 já se observa a instalação da cava com atividades minerárias, onde o relevo adquiriu muitas alterações e feições antropogênicas, que foram mapeadas na Figura 18. As principais feições referem-se aos patamares em cava de mineração suave e abrupto, colinas residuais e aterro para vias de circulação

Figura 19 - Mapa geomorfológico da cava de areia - cenário de pré-cava (2011).



Fonte: O autor (2024).

Figura 20 - Mapa geomorfológico da cava de areia - cenário de cava ativa (2021).



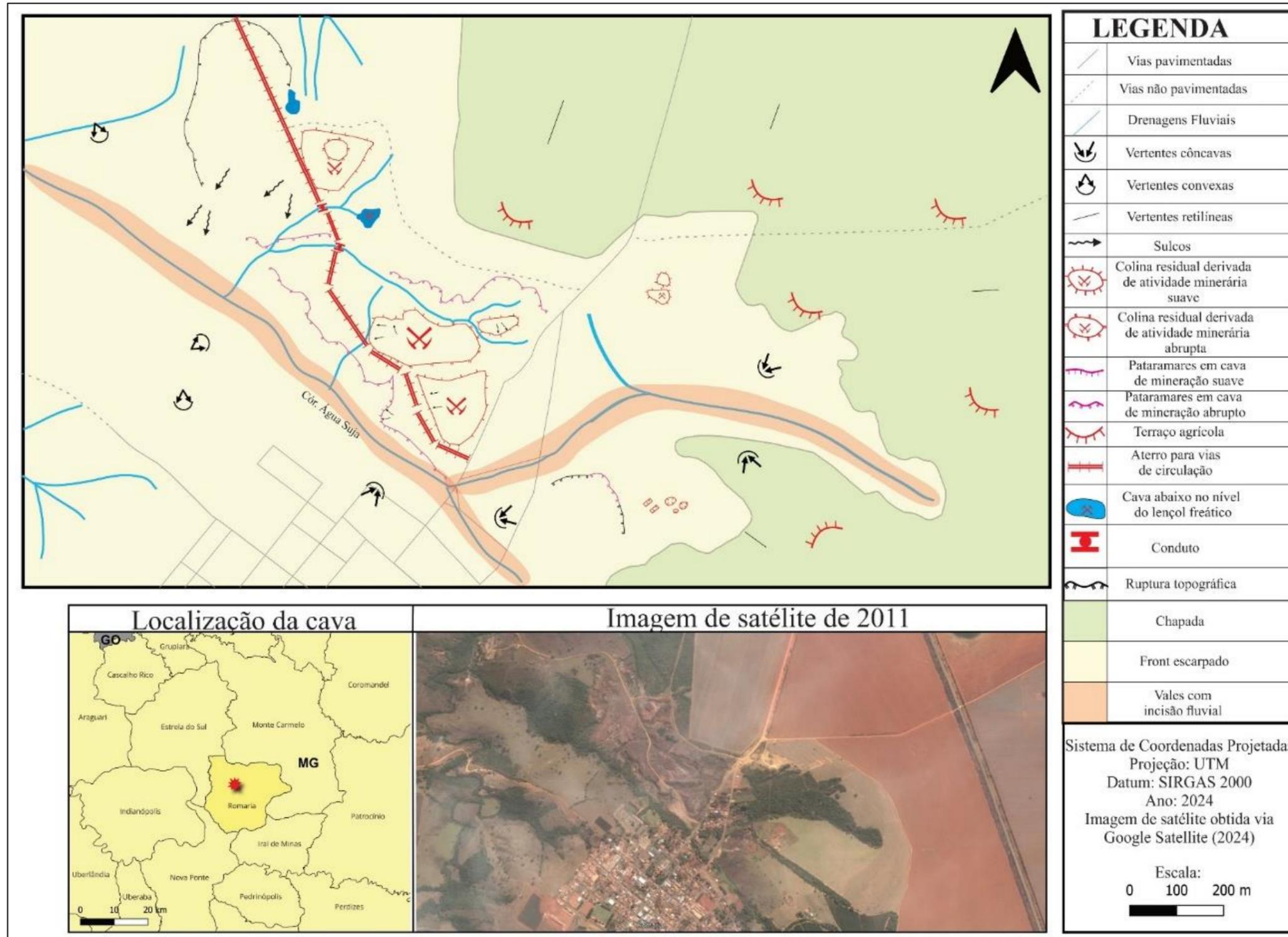
Fonte: O autor (2024).

As mudanças se encontram todas dentro do domínio geomorfológico do *front* escarpado. A voçoroca identificada no ano de 2011 não é mais reconhecida, devido ao retrabalhamento de materiais que houve na área, com a exploração da areia e remoção da mesma, agora se encontra um aterro para vias de circulação. A área era mapeada como vertente convexa, que também não é mais notada, já que a cava agora encontra-se mais plana.

Na área de Romaria, destinada à exploração de diamante, a cava tem área de 464.803 m². O cenário de 2011 já possuía uma cava desativada há muitos anos que remonta a história da formação da cidade, que fica mais a oeste do quadrante. Já no setor mais a leste observa-se a retomada das atividades minerárias, com feições iniciais da exploração.

No setor oeste foi mapeada as feições de uma cava desativada, com presença marcante de colinas residuais, patamares em cava de mineração, conduto e cavas abaixo do nível do lençol freático. Essas feições estão vinculadas ao período da garimpagem, momento em que se projetavam água em direção as paredes em busca dos diamantes, conforme relatos de morador da cidade. Essa atividade de “lavar” os paredões foi que deu origem ao nome do córrego presente na cidade, o córrego Água Suja, que também já foi nome da cidade de Romaria, pois o material desagregado das escarpas se dirigiam ao leito do córrego, deixando a água barrenta.

Figura 21 - Mapa geomorfológico da cava de diamante - cenário de pós-cava e cava ativa (estágio inicial) (2011).



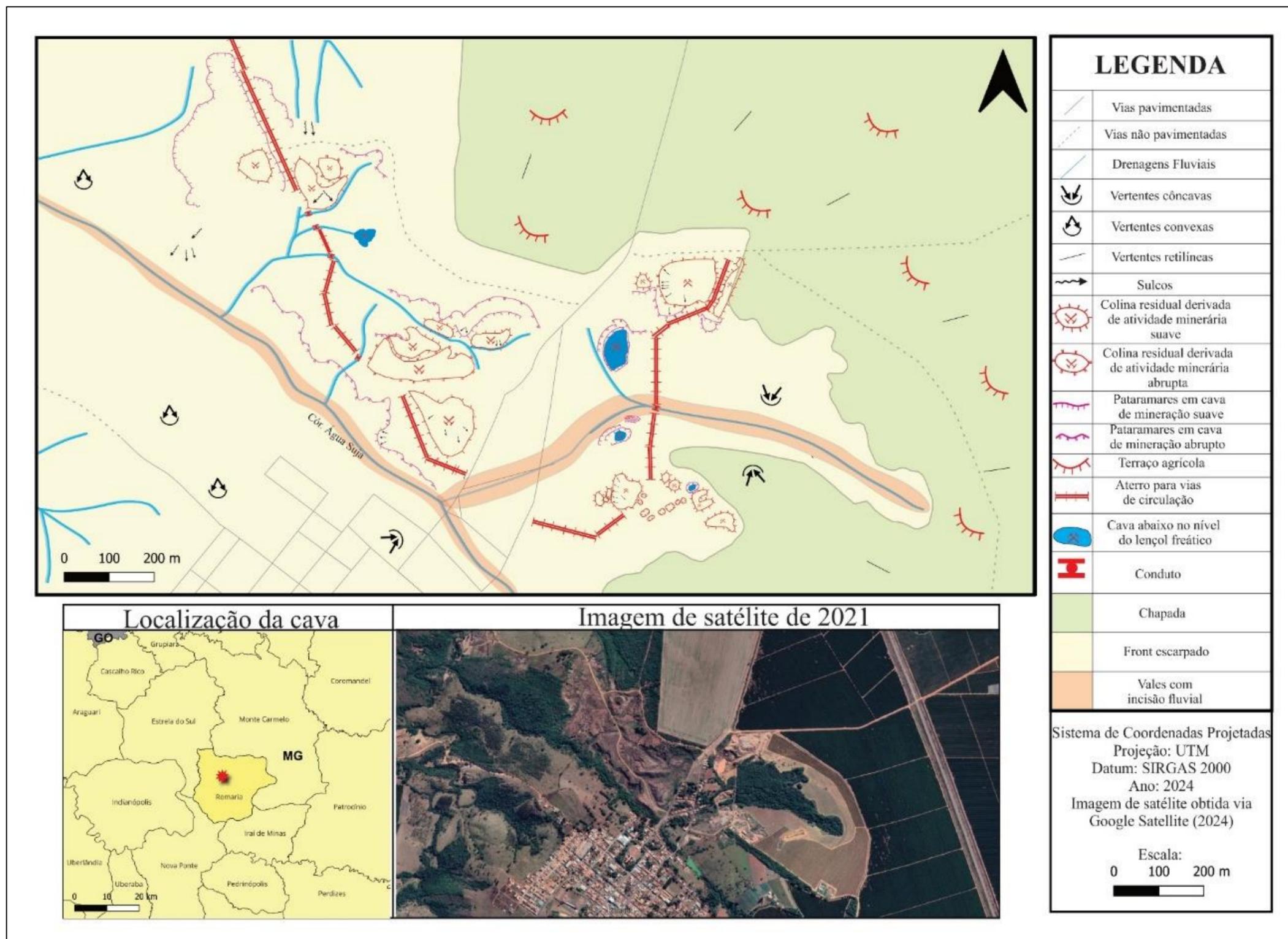
Fonte: O autor (2024).

No cenário de 2021 pode-se notar a evolução da cava na parte leste da área, onde muitas feições foram mapeadas como os patamares em cava de mineração, colinas residuais, cavas abaixo do nível do lençol freático e aterros para circulação de veículos. Com o avanço da mineração o relevo se altera, como observado nos patamares de mineração, onde relevo original escarpado com rupturas topográficas foi aproveitado para a retirada de material.

Algumas feições registradas nessa cava não foram vistas na cava de areia, como os tanques, usados para a limpeza do material extraído. Ainda há alguns condutos, que servem para ajudar a orientar as drenagens para que vias possam se instalar, de modo a facilitar o deslocamento de veículos.

Assim como na região de Dolearina, a cava se encontra no mesmo domínio geomorfológico escarpado, com a instalação das cavas no sentido do *front* em direção a chapada. Ainda é possível verificar a aparição de sulcos erosivos nas colinas residuais, tanto na cava desativada, como na cava ativa.

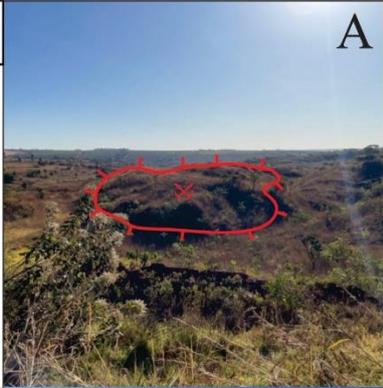
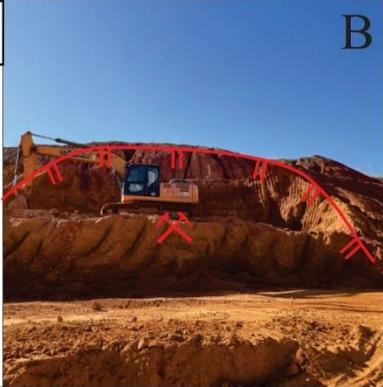
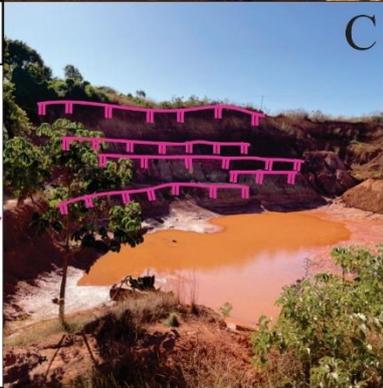
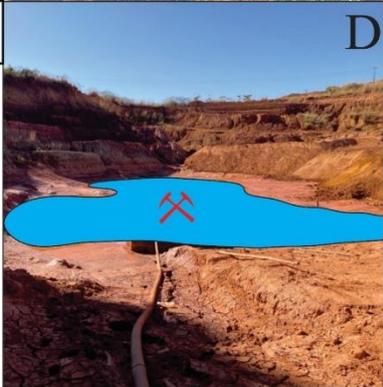
Figura 22 - Mapa geomorfológico da cava de diamante - cenário de pós-cava e cava-ativa – (2021).



Fonte: O autor (2024).

Com a finalidade de demonstrar as feições em detalhe mapeadas e suas simbologias adotadas, organizaram-se as pranchas apresentadas nas figuras 23, 24 e 25 para as cavas estudadas. Na Figura 23 tem-se como exemplo as simbologias como a de colina residual derivada de atividade minerária tanto suave (Figura 23 A) como abrupta (Figura 23 B). A diferença de uma para outra é o nível de inclinação da colina. Ambas foram mapeadas nas duas cavas de interesse, porém as fotografias (Figura 23 A e B) foram registradas na cava de Romaria. Na mesma prancha ainda se pode visualizar os patamares em cava de mineração abrupto (Figura 23 C), onde se dá a retirada de material e a cava abaixo do nível do lençol freático (Figura 23 D), onde é exposto o nível d'água, formando uma área alagada.

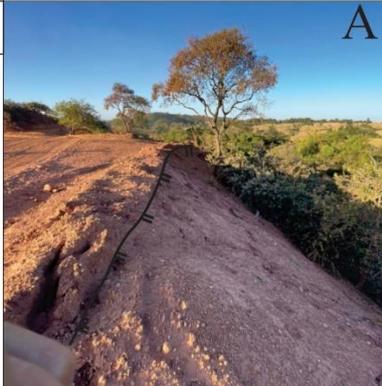
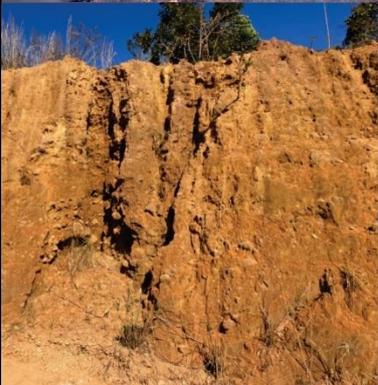
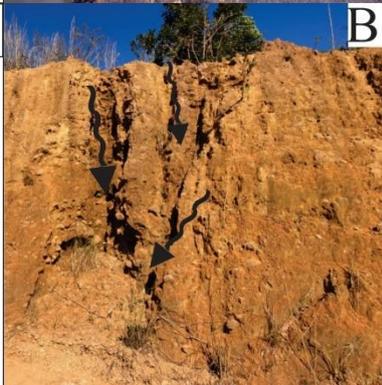
Figura 23 - Pranchas de fotos demonstrando as feições mapeadas.

Foto em campo	Legenda	Simbologia aplicada
	<p data-bbox="667 331 930 365">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="635 454 770 611">Colina residual derivada de atividade minerária</p> <p data-bbox="810 488 882 521">Suave</p> 	<p data-bbox="1321 331 1361 365">A</p> 
	<p data-bbox="667 719 930 752">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="635 842 770 999">Colina residual derivada de atividade minerária</p> <p data-bbox="810 875 882 909">Abrupta</p> 	<p data-bbox="1321 719 1361 752">B</p> 
	<p data-bbox="667 1106 930 1140">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="635 1252 770 1375">Patamares em cava de mineração</p> <p data-bbox="810 1285 882 1319">Abrupta</p> 	<p data-bbox="1321 1106 1361 1140">C</p> 
	<p data-bbox="667 1494 930 1527">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="635 1639 770 1762">Cava abaixo do nível do lençol freático</p> 	<p data-bbox="1321 1494 1361 1527">D</p> 

Fonte: O autor (2024).

Na Figura 24 se registra duas simbologias pré-cava, sendo as rupturas topográficas (Figura 24 E) com desnível na topografia eos sulcos erosivos (Figura 24 F), formados por processos erosivos lineares pluviais no terreno. Ainda na mesma Figura são ilustradas mais duas simbologias antropogênicas, referentes ao conduto (Figura 24 G), que desvia o cursos d'água, e o aterro para vias de circulação (Figura 24 H).

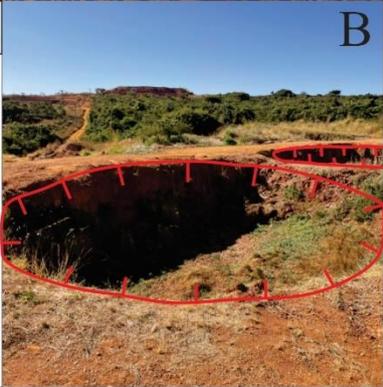
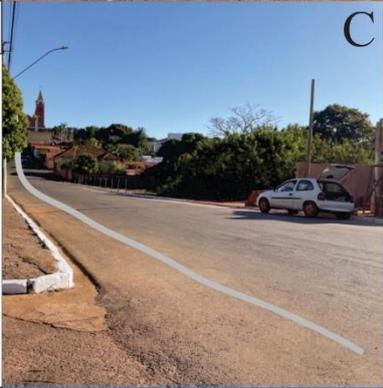
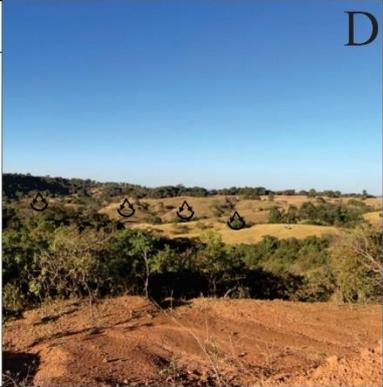
Figura 24 - Pranchas de fotos demonstrando as feições mapeadas.

Foto em campo	Legenda	Simbologia aplicada
	<p data-bbox="699 324 922 360">Feição denudativa</p> <p data-bbox="635 504 778 571">Ruptura Topográfica</p> 	 <p data-bbox="1326 315 1369 360" style="text-align: right;">A</p>
	<p data-bbox="699 710 922 745">Feição denudativa</p> <p data-bbox="671 907 742 943">Sulco</p> 	 <p data-bbox="1326 701 1369 745" style="text-align: right;">B</p>
	<p data-bbox="683 1104 927 1140">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="651 1294 758 1330">Conduto</p> 	 <p data-bbox="1326 1086 1369 1131" style="text-align: right;">C</p>
	<p data-bbox="683 1489 927 1525">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="624 1653 788 1749">Aterro para vias de circulação</p> 	 <p data-bbox="1326 1471 1369 1516" style="text-align: right;">D</p>

Fonte: O autor (2024).

Já na Figura 25 é apresentado mais quatro simbologias, dentre elas os patamares em cava de mineração suave (Figura 25 I), que diferentemente da abrupta, suas paredes apresentam menor inclinação, seguida pela simbologia do tanque (Figura 25 J), é utilizado para lavagem do material extraído. As vias pavimentadas (Figura 25 K) no mapa indicam a área urbana da cidade de Romaria, enquanto as vertentes convexas (Figura 25 L) representam a feição original derivada da evolução do relevo.

Figura 25 - Pranchas de fotos demonstrando as feições mapeadas.

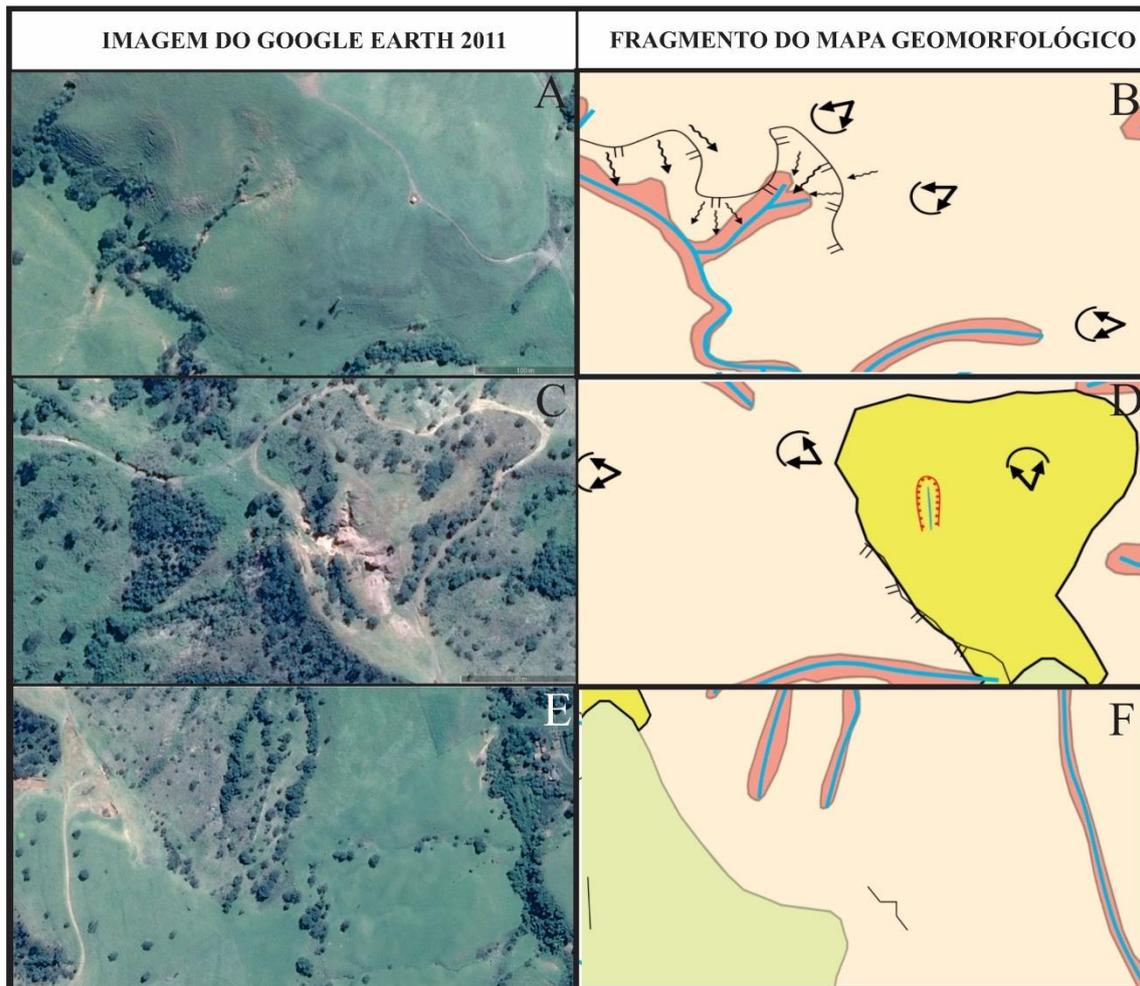
Foto em campo	Legenda	Simbologia aplicada
	<p data-bbox="676 324 920 360">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="639 488 772 584">Patamares em cava de mineração</p> <p data-bbox="820 510 975 539">Suave </p>	<p data-bbox="1321 324 1358 360">A</p> 
	<p data-bbox="676 712 920 748">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="660 904 746 936">Tanque</p> 	<p data-bbox="1321 712 1358 748">B</p> 
	<p data-bbox="676 1099 920 1135">Modelado antrópico</p> <p data-bbox="624 1279 788 1346">Vias pavimentadas</p> 	<p data-bbox="1321 1099 1358 1135">C</p> 
	<p data-bbox="676 1487 920 1523">Formas de vertentes</p> <p data-bbox="651 1682 756 1713">Convexa</p> 	<p data-bbox="1321 1487 1358 1523">D</p> 

Fonte: O autor (2024).

Também se organizaram pranchas (Figuras 26 a 29) com fragmentos retirados dos mapas geomorfológicos de detalhe e de imagens do *Google Earth PRO*, para demonstrar a representação espacial das feições nas imagens de satélite.

Na Figura 26 foram retirados três fragmentos do mapa geomorfológico da área da cava de areia no ano de 2011. Nesse mapa pode-se notar mais simbologias de feições que antecedem à cava, como por exemplo nas imagens 26 A e B, que representam rupturas topográficas e sulcos em vertentes predominantemente convexas. Já nas imagens 26 C e D representam o local onde a cava foi instalada, porém em um momento pré-cava, sendo possível identificar uma ravina ou voçoroca no local, além de um segmento de vertente convexa com ruptura topográfica instalada. Por fim, nas imagens 26 E e F se tem cabeceiras de drenagem que se instalam em vertentes retilíneas e irregulares.

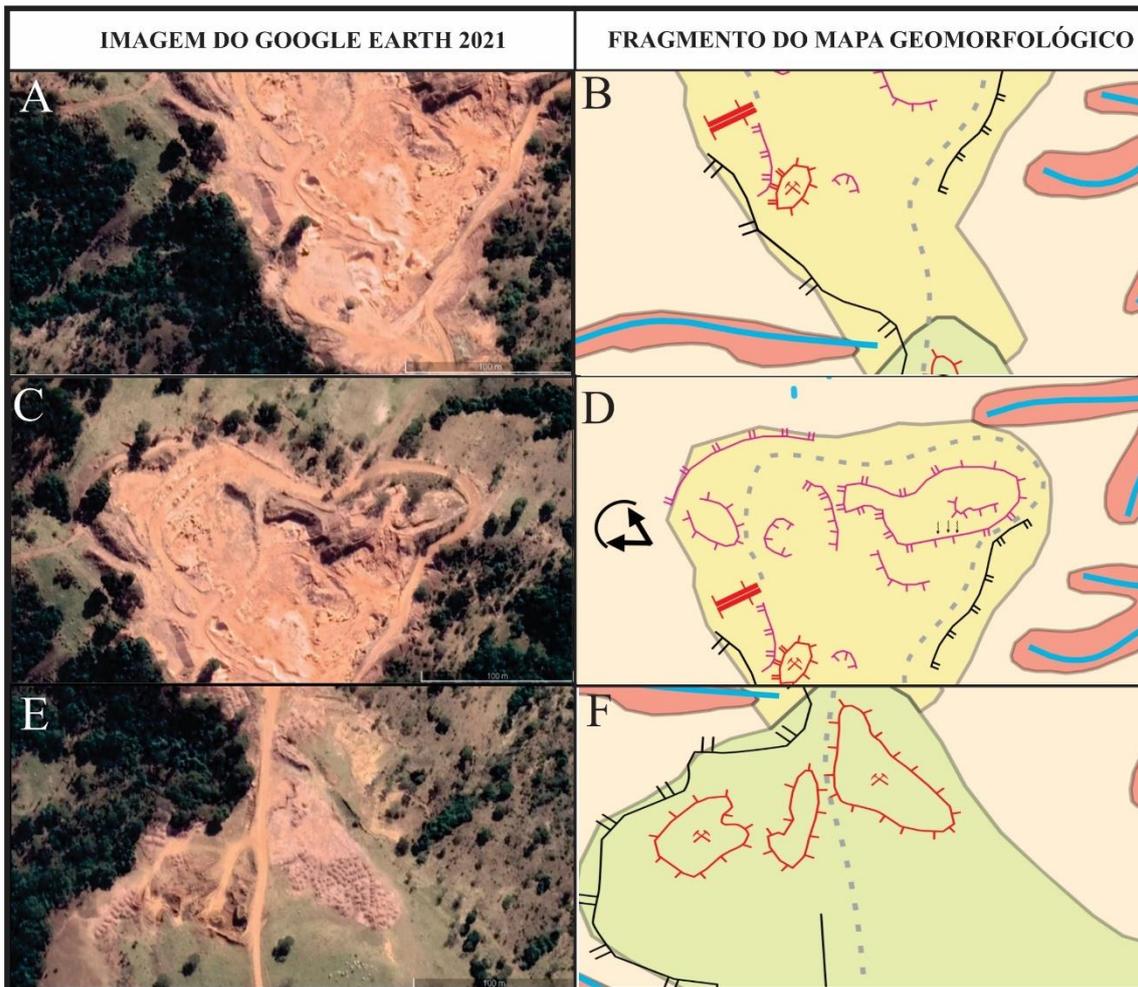
Figura 26 - Prancha com imagens do Google e fragmentos do mapa geomorfológico da cava de areia no ano de 2011.



Fonte: O autor (2024).

A figura 27 já representa um cenário de cava ativa com feições atuais observadas em campo. As primeiras quatro imagens (27A, B, C e D) representam a área total da cava de areia com a instalação de feições como patamares de escavação, colinas residuais, aterro e sulcos. Já na imagens 27 E e F observa-se uma área de depósito de material, que representam colinas residuais de areia, que devido ao seu tamanho não foi possível mapear na escala do trabalho, mas notadamente reconhecida em campo.

Figura 27 - Prancha com imagens do Google e fragmentos do mapa geomorfológico cava de areia no ano de 2021.



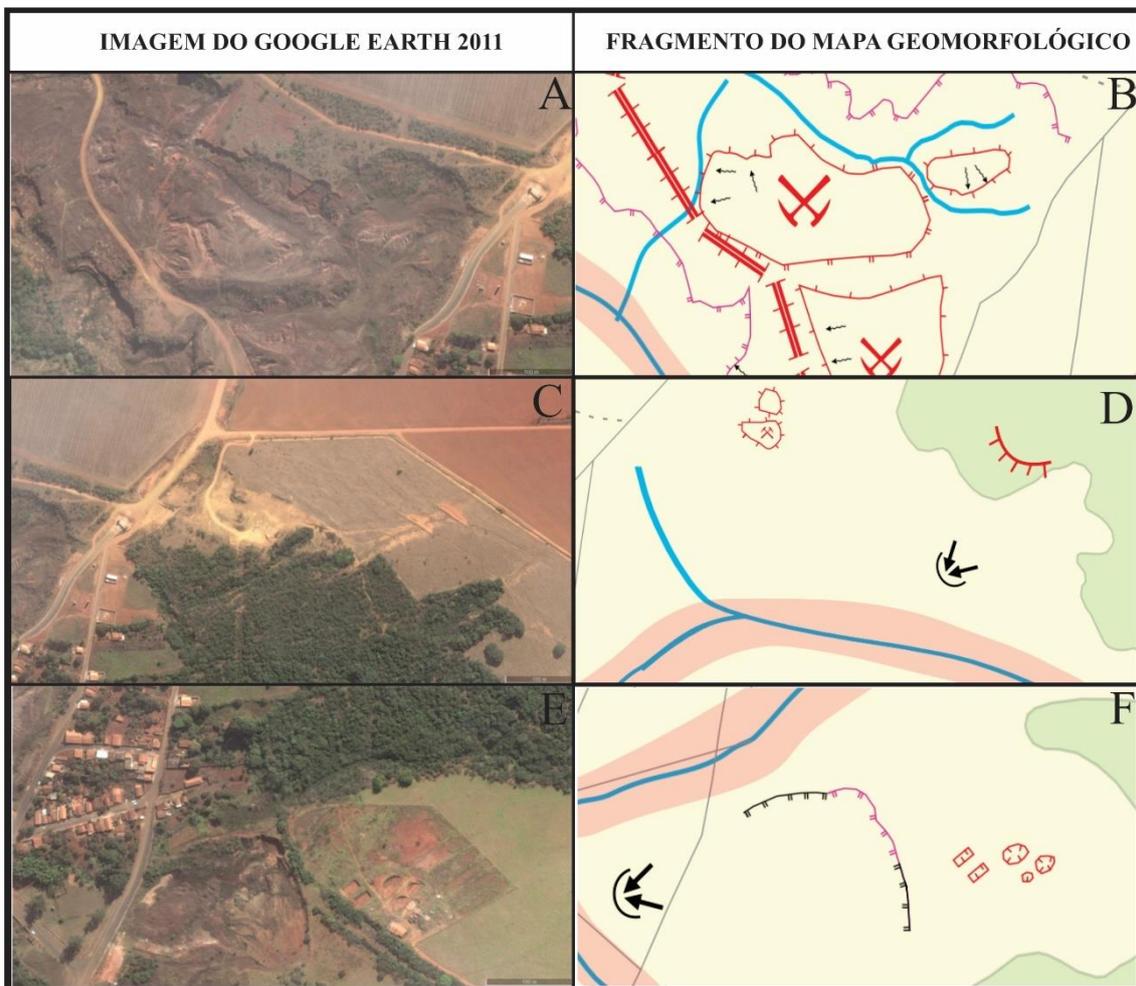
Fonte: O autor (2024).

Na Figura 28 é exibido o cenário da extração/exploração de diamante no ano de 2011, em área de cava desativada (A e B). Essa cava desativada possui muitas simbologias que só foram possíveis serem mapeadas através dos anáglifos. Como exemplo, destaca-se a identificação das drenagens que passam no interior da cava. Além

disso, observam-se os sulcos erosivos se formando sobre as colinas residuais, demonstrando a ação das precipitações sobre uma feição antropogênica.

Já no setor leste do mapa (Figura 22), foram destacados dois fragmentos. Nas Figuras 28 C e D notam-se o princípio da cava (cenário pré-cava), ainda com pouca alteração antropogênica minerária no relevo, possibilitando analisar completamente as mudanças no cenário seguinte (Figura 29). Do mesmo modo que os fragmentos 28 E e F, está em um cenário pré-cava.

Figura 28 - Prancha com fragmentos de imagens do Google e do mapa geomorfológico cava de diamante no ano de 2011.

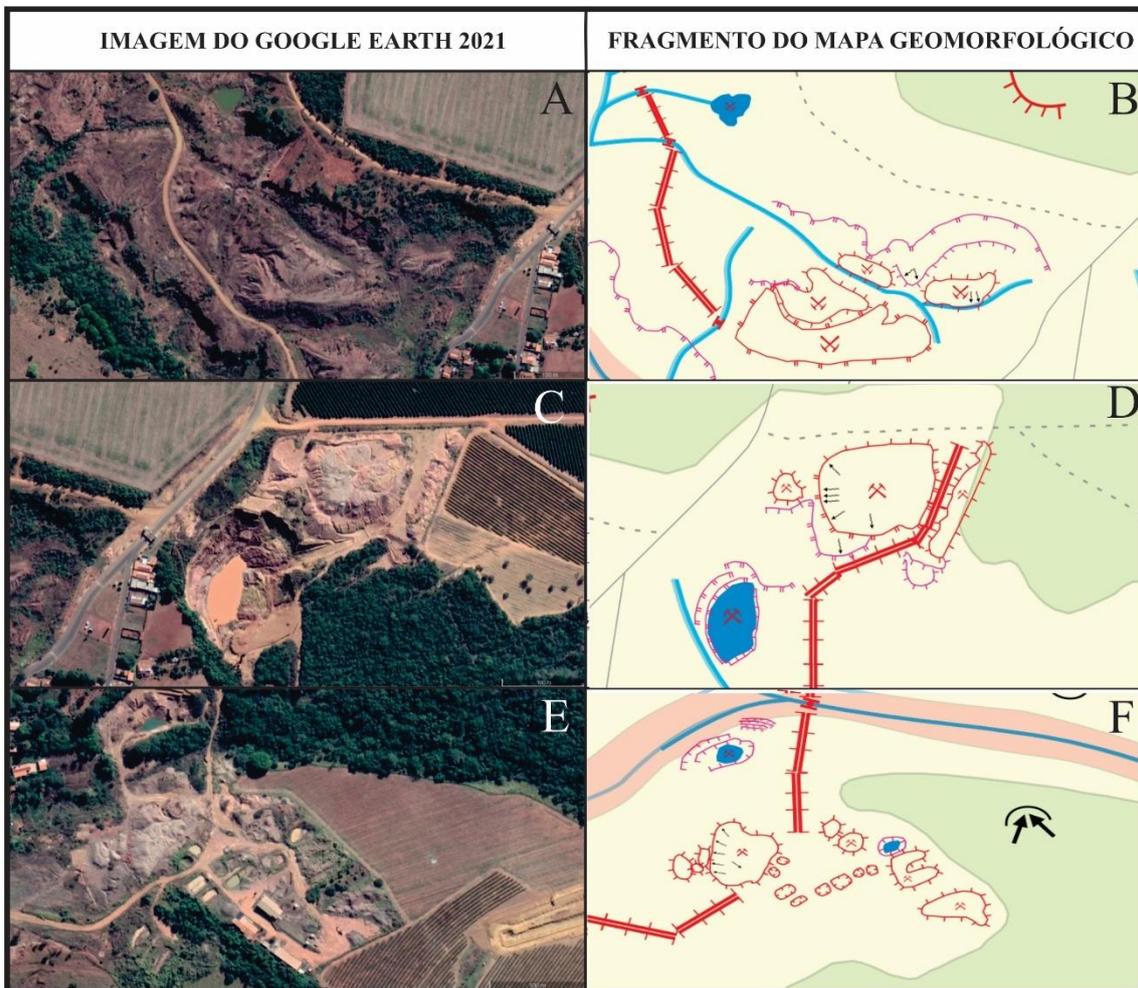


Fonte: O autor (2024).

Por fim, na última prancha (Figura 29) é apresentado o cenário da cava de diamante em 2021. Nos fragmentos 29 A e B, pode-se notar a antiga cava localizada a oeste do mapa (Figura 29), porém não houve significativas mudanças neste setor em relação ao ano de 2011.

As mudanças significativas ocorreram no setor leste com a instalação de nova cava resultando em alteração do terreno, Nos fragmentos 29 C e D, ao norte do mapa (Figura 29), fica claro o local de extração do material, com uma cava profunda, evidenciada pelos patamares em cava de mineração abruptos e pela colina residual grande, comparada com as observadas anteriormente (2011). Ainda lado leste, tem-se os fragmentos 29 E e F, que demonstram uma menor área de retirada de material, com patamares mais suavizados, mas que integra o conjunto da mineração, onde o material é lavado e separado, com alguns tanques e colinas residuais menores.

Figura 29 - Prancha com imagens do Google e fragmentos do mapa geomorfológico cava de diamante no ano de 2021.



Fonte: O autor (2024).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos foram alcançados, possibilitando a identificação precisa dos compartimentos geomorfológicos por meio de análises morfométricas e morfológicas, conforme demonstrado na Fase 1. A aplicação da cartografia geomorfológica retrospectiva nas cavas de areia e diamante, considerando cenários pré-cava e/ou cava em atividade e cava recente/atual, permitiu uma compreensão da evolução do relevo em resposta às atividades minerárias (Fase 2).

A análise comparativa dos compartimentos geomorfológicos nas regiões de Dolearina e Romaria revelou similaridade, caracterizada por altitudes e declividades semelhantes, o que justificou a seleção dessas áreas para a segunda fase do estudo. As cavas de argila, por sua vez, apresentaram maior heterogeneidade. A cava de argila tágua, embora com litologia distinta, demonstrou afinidades com as cavas de areia e diamante em termos de altimetria e declividade, mas localizando-se em rebordo de relevo residual com topos tabulares. A cava de argila de várzea, por sua vez, destacou-se por apresentar características morfométricas distintas, associadas à sua localização em uma planície e terraço fluvial.

A seleção das duas cavas para a segunda fase da investigação e a aplicação da metodologia proposta com uso de anáglifo, permitiram uma análise detalhada das transformações antrópicas no relevo. Os resultados obtidos, evidenciados nos mapas e pranchas, demonstram as feições resultantes das ações antropogênicas no modelado, com mudanças significativas nos cenários originais.

Neste estudo, foram elaborados produtos cartográficos para a análise geomorfológica, incluindo mapas de hipsometria e declividade. A utilização de mapas de orientação, curvatura de vertente (vertical e horizontal) e a criação de anáglifos representam uma contribuição original para a caracterização do relevo das áreas estudadas. Procurou-se detalhar as técnicas da metodologia empregada neste trabalho, que pode servir como referência para futuras pesquisas, facilitando a reprodução dos resultados e a aplicação em outros contextos. Também deixa-se a possibilidade da aplicação da cartografia geomorfológica retrospectiva para as cavas de argilas de várzea e Taguá.

Além disso, a ampla produção e apresentação de mapas temáticos podem contribuir com o planejamento de recuperação ambiental das áreas das cavas. Também

podem colaborar como orientação metodológica de produção cartográfica para a identificação de compartimentos geomorfológicos que subsidiem o reconhecimento de futuras áreas com potencial econômico mineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Contribuição a geomorfologia da área dos cerrados. *In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 1971, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: EDUSP, 1971, p. 97-103.

ALMEIDA, F. F. M. **Origem e evolução da plataforma brasileira**. Rio de Janeiro: DNPM, 1967.

ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. *In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS*, 1., 1981, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1981, p. 1-10.

BACCARO, C. A. D. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro: estudo preliminar. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 3, n. 5/ 6, 1991. DOI: 10.14393/SN-v3-1991-60687. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/60687>. Acesso em: 18 out. 2024.

BACCARO, C. A. V.; FERREIRA, I. L.; ROCHA, M. R.; RODRIGUES, S. C. Mapa geomorfológico do Triangulo Mineiro: uma abordagem morfoestrutural-escultural. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 13, n. 25, 2001. DOI: 10.14393/SN-v13-2001-29958. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/29958>. Acesso em: 18 out. 2024.

BARBOSA, O. *et al.* **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1970.

CAMPOS, J. E.G.; DARDENNE, M. A. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 269-282, set. 1997.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S. l.]: [s.n.], [2005]. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia_Geologia/Geomorfologia_ValterCasseti.pdf. Acesso em: 24 out. 2024.

CHAVES, M. L.; DIAS, C. H. **Relatório técnico e mapa geológico: folha Estrela do Sul (SE.23-YA-IV)**. Escala 1:100.000. CODEMIG, 2017. Disponível em: http://www.portalgeologia.com.br/wp-content/uploads/2015/09/EstreladoSul_geologia.pdf. Acesso em: 21 out. 2024.

FÉBOLI, W. L.; PINHEIRO, M. A. P. **Carta Geológica: folha SE.23-Y-A-II – Coromandel**. Escala 1:100.000. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2013. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/19397/4/Folha_Coromandel.pdf. Acesso em: 21 out. 2024.

FÉBOLI, W. L.; PINHEIRO, M. A. P. **Carta Geológica**: folha SE.23-Y-A-V – Monte Carmelo. Escala 1:100.000. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2015. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/bitstream/doc/19397/16/Folha_Monte_Carmelo.pdf. Acesso em: 21 out. 2024.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratiográfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 717-728, dez. 2000. DOI: 10.25249/0375-7536.2000304717728.

FERREIRA, I. L.; SOUZA, L. H.; RODRIGUES, S. C. Estudos geomorfológicos em áreas amostrais da bacia do rio Araguari–MG: destaque para a importância da cartografia geomorfológica. **Revista Espaço e Geografia**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 143-171, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M.; SILVA, L. J. Compartimentação Tectônica na porção oriental da Província Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Camboriú, SC, **Anais** [...], Camboriú, SC, 1994, p. 215-216.

GIOVANINI, A. **Hipsometria**: o que é e para que serve?. [S. l.], 27 nov. 2019. Portal: Adenilson Giovanini. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/hipsometria/>. Acesso em: 21 out. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (Brasil). **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos, 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: 21 out. 2024.

LUNA, C. A.; BATISTA, L. F. F.; SILVA, B. F.; SILVA, L. F. V.; SILVEIRA, A. 2023. Micromorfologia de horizontes B latossólicos na Chapada de Indianópolis-Celso Bueno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 38., 2023. Florianópolis, 2023. **Anais** [...]. Florianópolis: Epagri, 2023, p. 27.

MILANI, E. J. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (org.). **Geologia do continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004, p. 265-280.

MIYAZAKI, L. C. P.; DE OLIVEIRA G. Anáglifo, fotointerpretação e imagens do *Google Earth* como alternativa para elaboração do mapeamento geomorfológico da Serra do Corpo Seco-Ituiutaba-MG (Brasil). **Physis Terrae-Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 43-65, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21814/physisterrae.2978>. Disponível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/article/view/2978/3235>. Acesso em: 21 out. 2024.

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

NIR, D. **Man**: a geomorphological agent. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983.

PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T. da; CUNHA, C. M. L. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: uma aplicação na área do complexo argileiro de Santa Gertrudes/SP. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, Recife. **Anais** [...]. Recife: [Universidade Federal de Pernambuco], 2010, p. 1-14.

PASCHOAL, L. G.; CUNHA, C. M. L. da; CONCEIÇÃO, F. T. da. A cartografia geomorfológica como subsídio para a análise do relevo antropogênico em área de mineração. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 379-391, 2013. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i4.282>. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/282/268>. Acesso em: 21 out. 2024.

PASCHOAL, L.; RAMOS, A.; CUNHA, L.; CUNHA, C. M. L. Estudos geomorfológicos em área de mineração em Portugal: cartografia geomorfológica para análise do impacto sobre o relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 61-78, 2016. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i1.497>. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/497/520>. Acesso em: 21 out. 2024.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1974.

PIMENTEL, M. M. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v. 46, p. 67-82, Jun. 2016. Supl. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-4889201620150004>. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/30488/1/ARTIGO_TectonicEvolutionNeoproterozoic.pdf. Acesso em: 21 out. 2024.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro, Folha SE.22. Goiânia, vol. 31. 1983.

RASSI, R. **Origem e significado de estruturas de deformação sinsedimentar da formação posse, cretáceo superior da bacia sanfranciscana**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2021.

RODRIGUES, C. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da geomorfologia: tributo a leituras geográficas. *In*: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. D. **Geografias de São Paulo**: representações e crise da metrópole. São Paulo: Editora Contexto, 2004. v. 1, p. 89-114.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 17, p. 101-111, 2005. DOI:

<https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0008>. Disponível em:
<https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47278/51014>. Acesso em: 21 out. 2024.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Ed. Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>. Disponível em:
<https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47108/50829>. Acesso em: 21 out. 2024.

SANTOS, A. R. dos. **A importância dos aspectos conceituais e metodológicos na prática da geologia de engenharia**. Texto dirigido à estudantes de Geologia, 2021. Não publicado. Disponível em:
https://drive.google.com/file/d/1j8oglbtr9DEk3qGVR4XAGcPyrE7w_bu7/view.
Acesso em: 24 out. 2024.

SANTOS, B. L. **Petrologia e geologia estrutural da faixa Brasília na região de Estrela do Sul-MG: implicações tectônicas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/7b57bf9f-d6b2-407a-acaf-d76969be805e/content>. Acesso em: 21 out. 2024.

SEER, H. J. *et al.* Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na faixa de dobramentos Brasília. **Revista Brasileira de Geociências**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 385-396, 2001.

SEER, H. J.; MORAES, L. C. **Projeto Triângulo Mineiro – Geologia Regional do Triângulo Mineiro**. CODEMIG. 2017.

SILVA, C. H.; SIMÕES, L. S. A.; KRYMSKY, R.; MACAMBIRA, M. J. B. Proveniência e idade do metamorfismo das rochas da Faixa Brasília, na região de Tapira (SW de Minas Gerais). **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-66, jul. 2006. DOI: <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000200005>.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Elaboração de um tutorial de cartografia geomorfológica como alternativa para o ensino de geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 85-94, 10 dez. 2009.

SILVA, B. F. da; 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**, [S. l.], v. 72, n. 3, p. 474–489, 2020. DOI: 10.14393/rbcv72n3-53365. Disponível em:
<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/53365>. Acesso em: 18 out. 2024.

SILVA, B. F. da. **Relações relevo-rocha-solo em borda de chapada no Triângulo Mineiro - Nova Ponte (MG)**. 2023. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

SIMON, L. A. H.; LUPINACCI, C. M. **Cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento**. Pelotas: Editora da UFPel, 2019.

SOUZA, R. C. M. A mineração na região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba: agente de modernização e formação de fronteira. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 11, n. 3, p. 21-33, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5216/ag.v11i3.53151>. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/53151/25611>. Acesso em: 21 out. 2024.

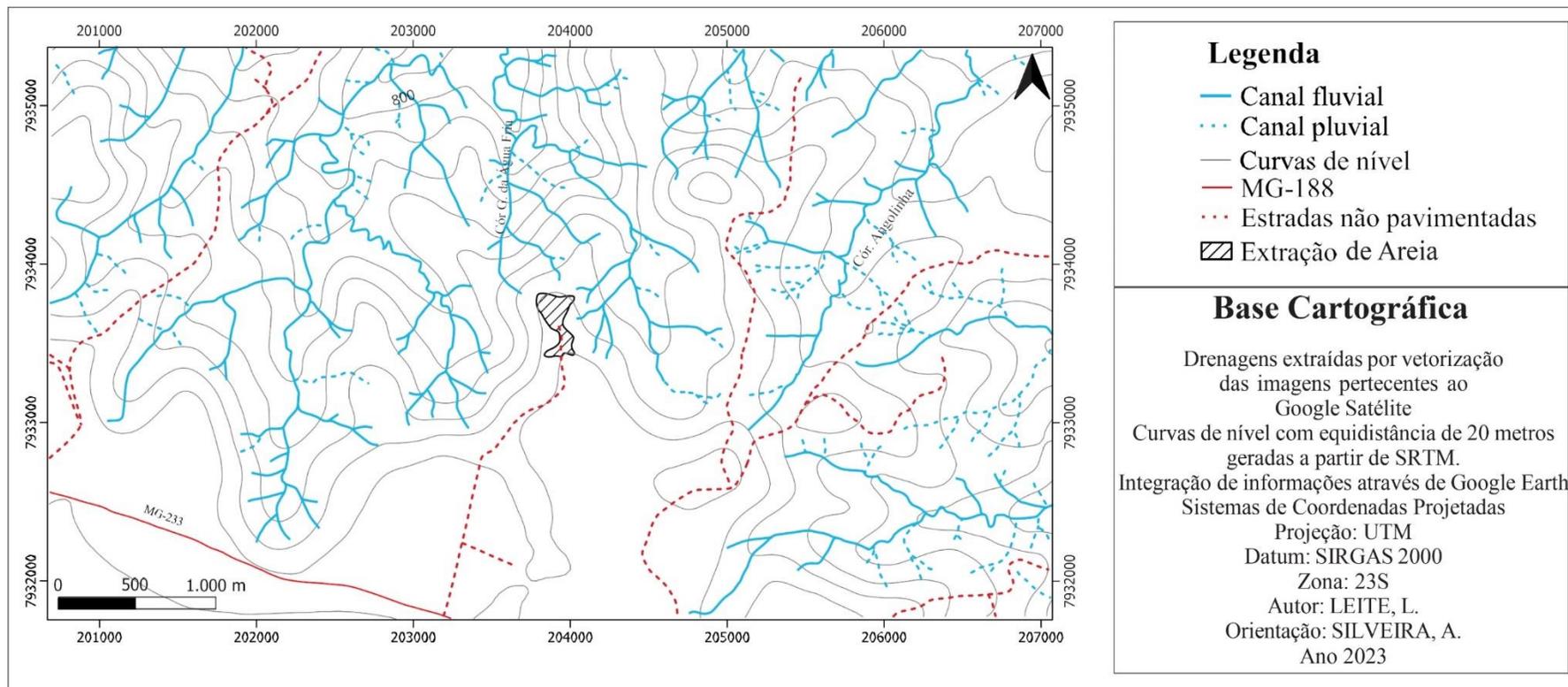
TRICART, J. Principes et méthodes de la géomorphologie. **Soil Science**, [S. l.], v. 100, n. 4, p. 300, 1965.

UHLEIN, A. *et al.* Tectônica da faixa de dobramentos Brasília: setores setentrional e meridional. **Geonomos**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 1-14, 12 jan. 2012. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v2i20.243>.

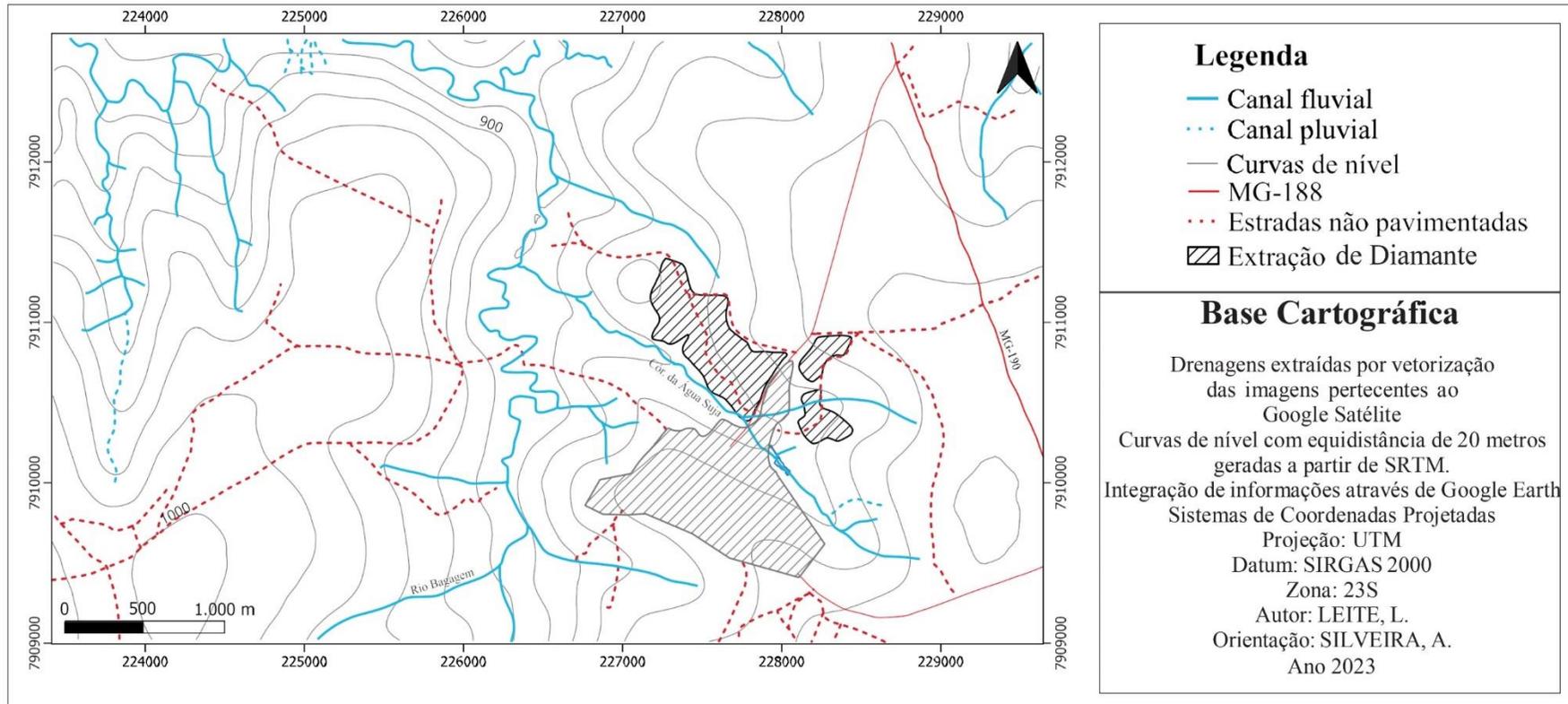
VALERIANO, M. M. **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais, 2008.

ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M. N. Correlação entre uso da terra e feições geomorfológicas: uma proposta de análise a partir da cartografia retrospectiva. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 32, p. 494-512, 2020.

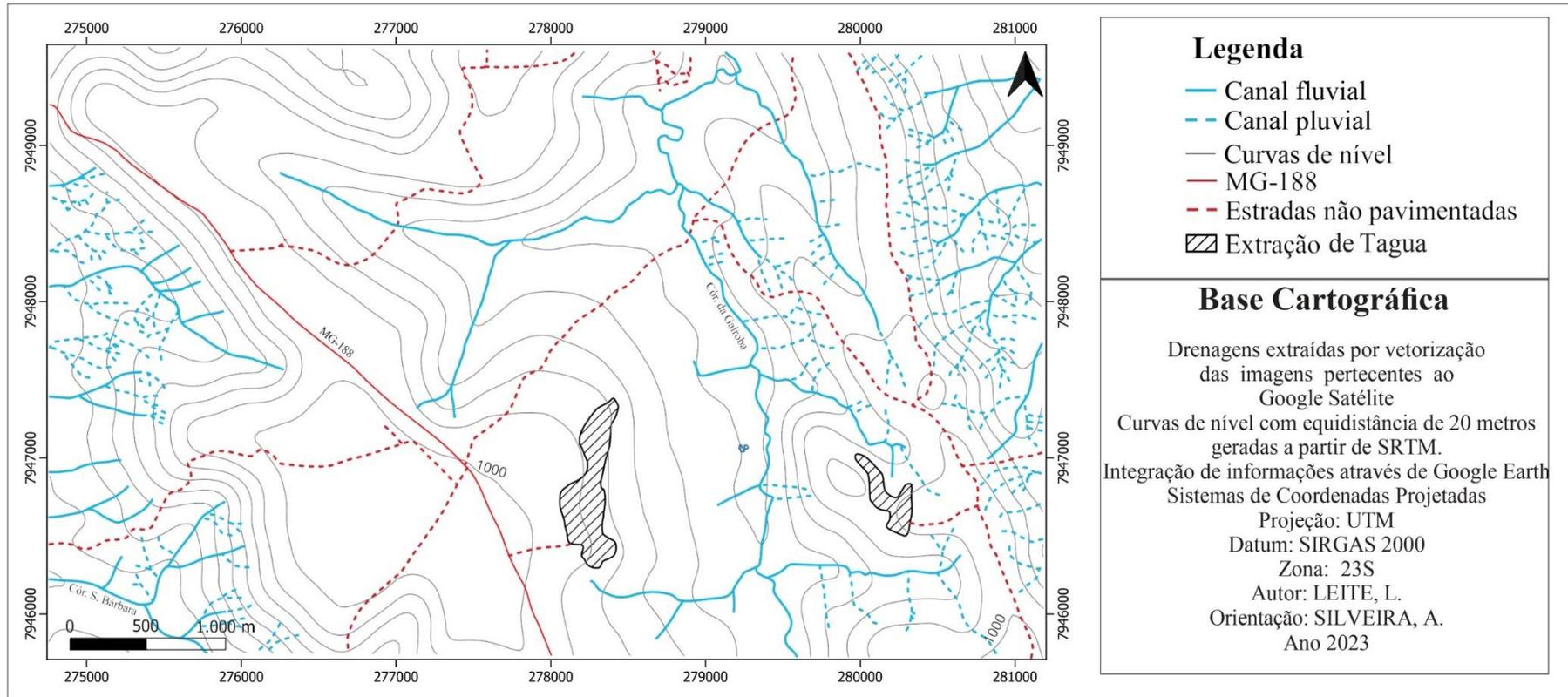
APÊNDICE A – BASE CARTOGRÁFICA DA CAVA DE AREIA



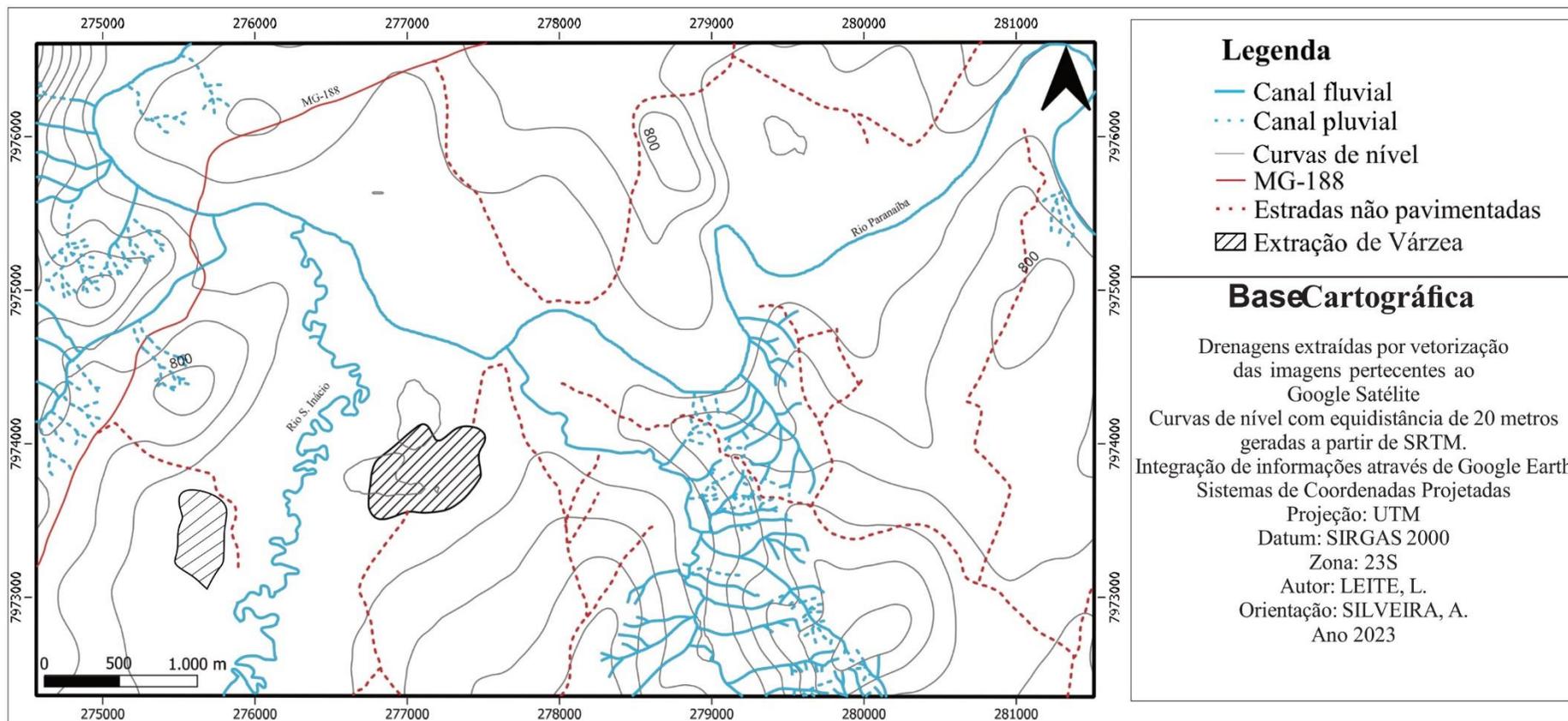
APÊNDICE B – BASE CARTOGRÁFICA DA CAVA DE DIAMANTE



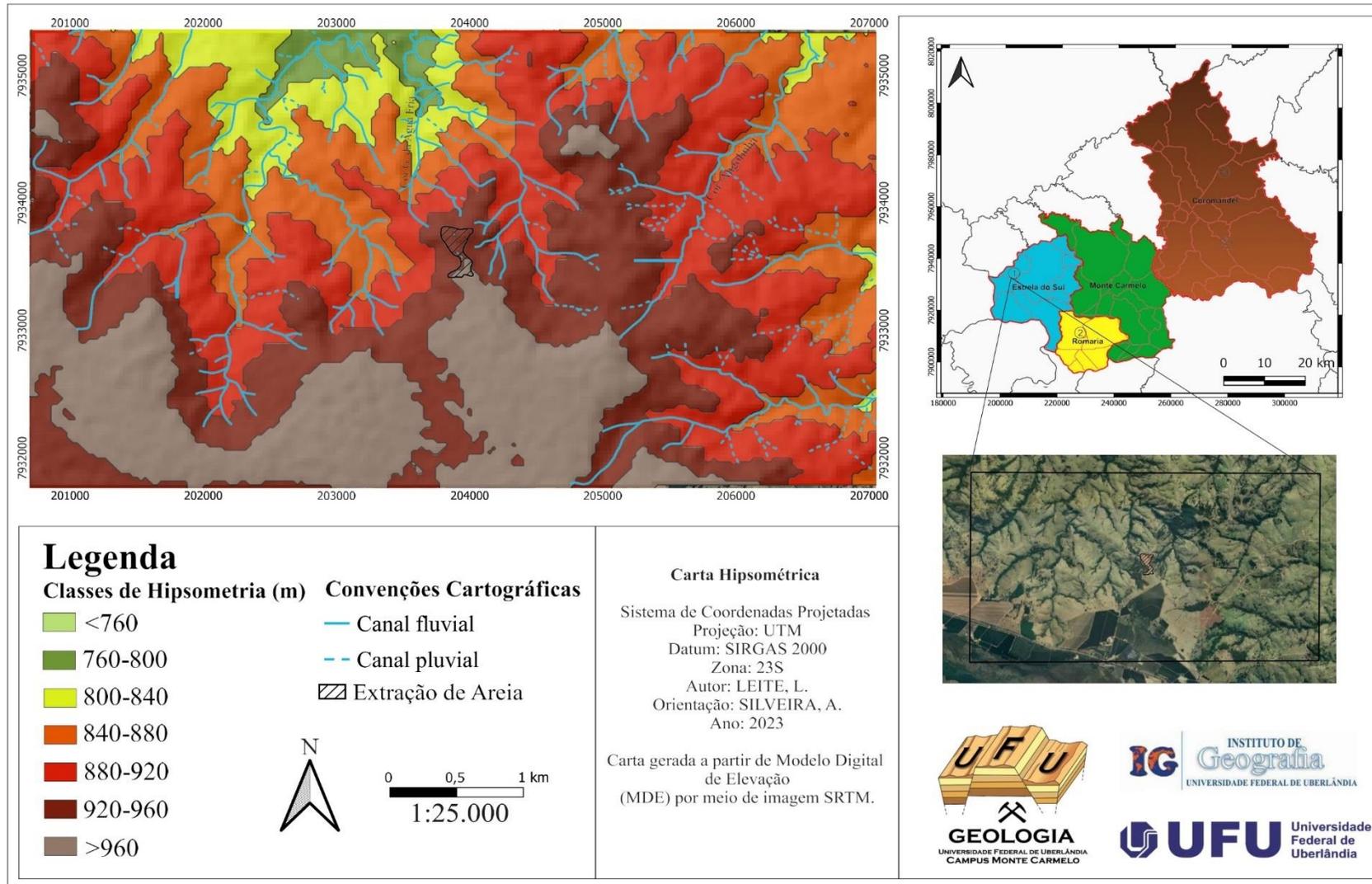
APÊNDICE C – BASE CARTOGRÁFICA DA CAVA DE TAGUÁ



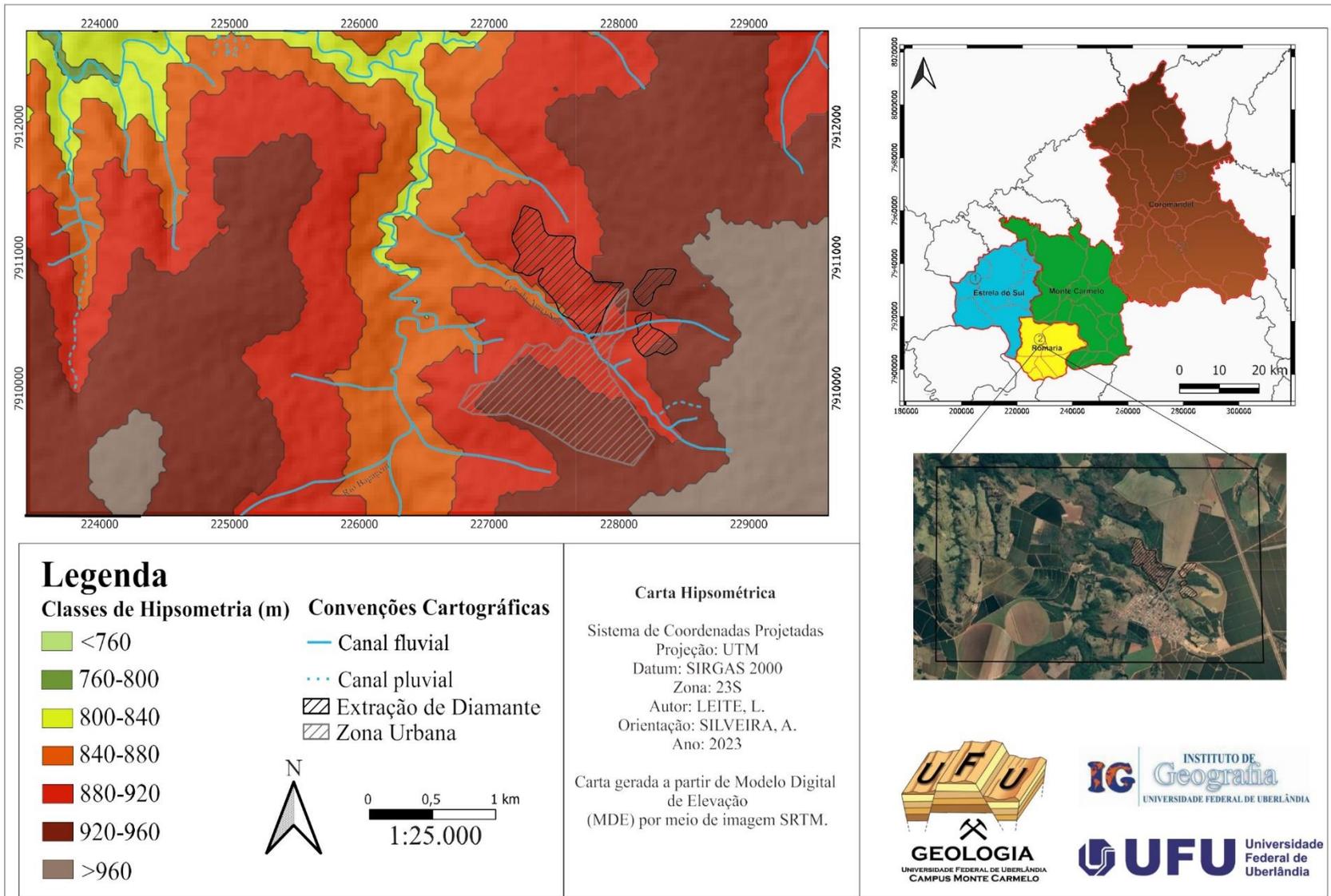
APÊNDICE D – BASE CARTOGRÁFICA DA CAVA DE VÁRZEA



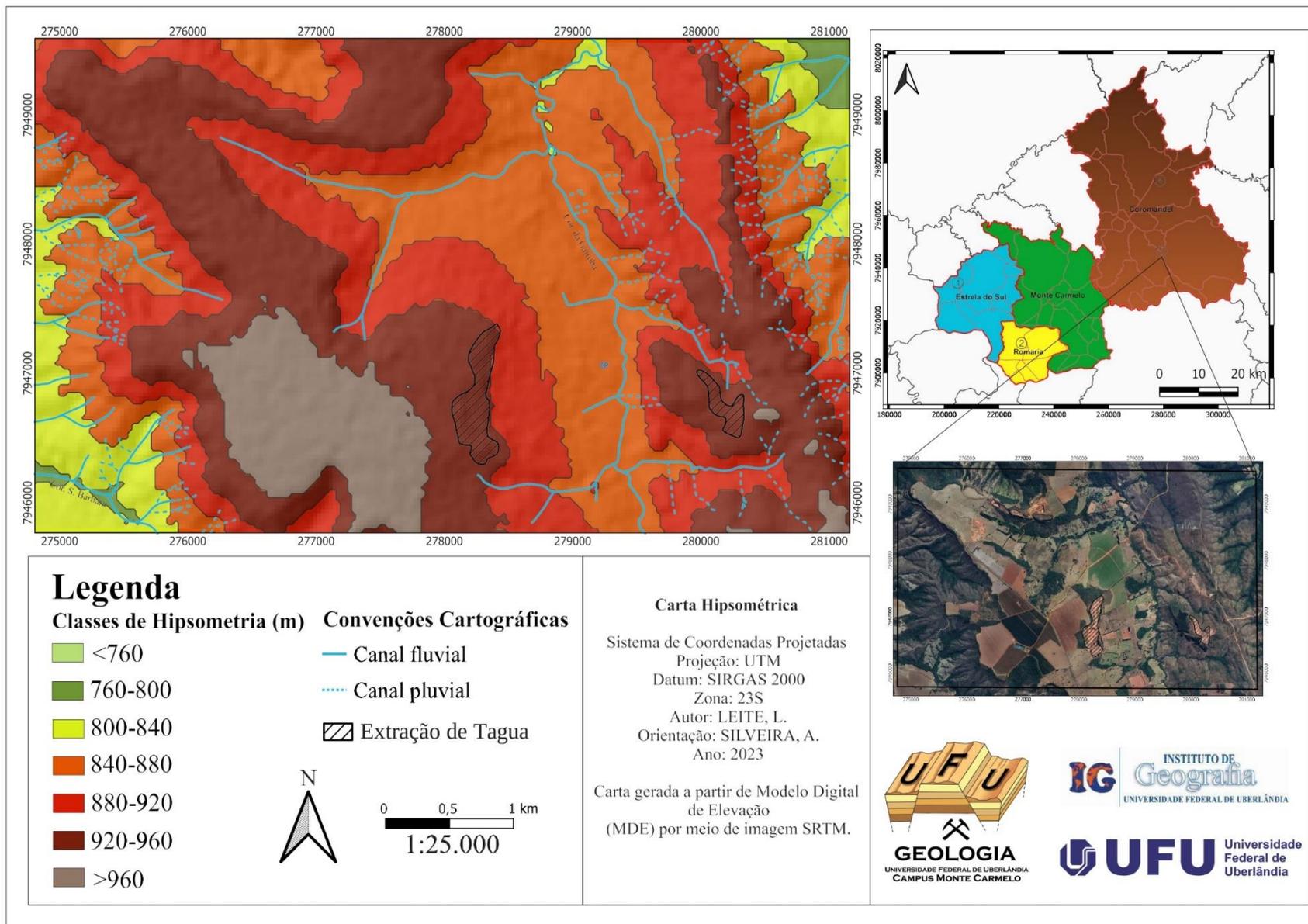
APÊNDICE E – CARTA HIPSOMETRICA DA CAVA DE AREIA



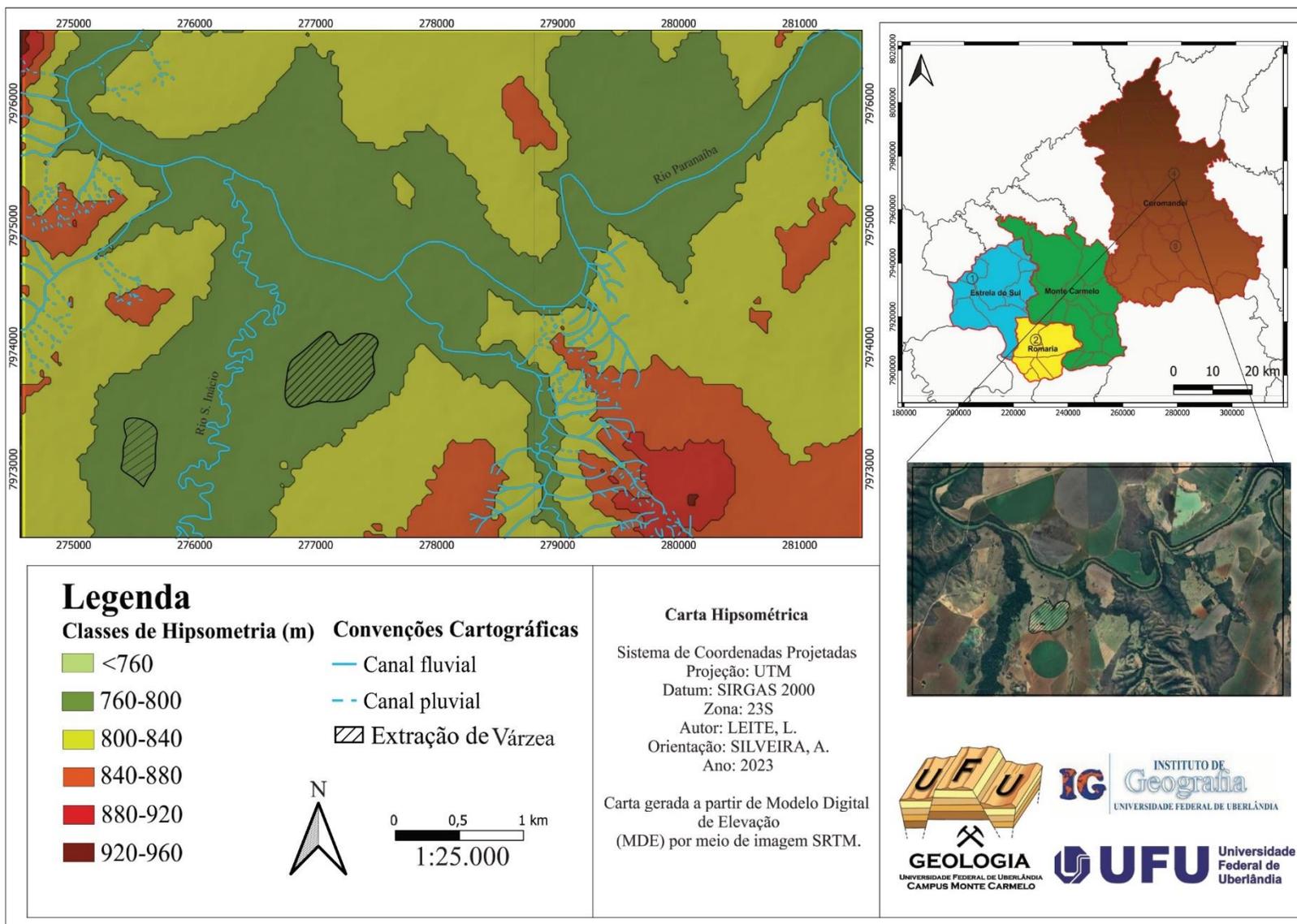
APÊNDICE F - CARTA HIPSOMETRICA DA CAVA DE DIAMANTE



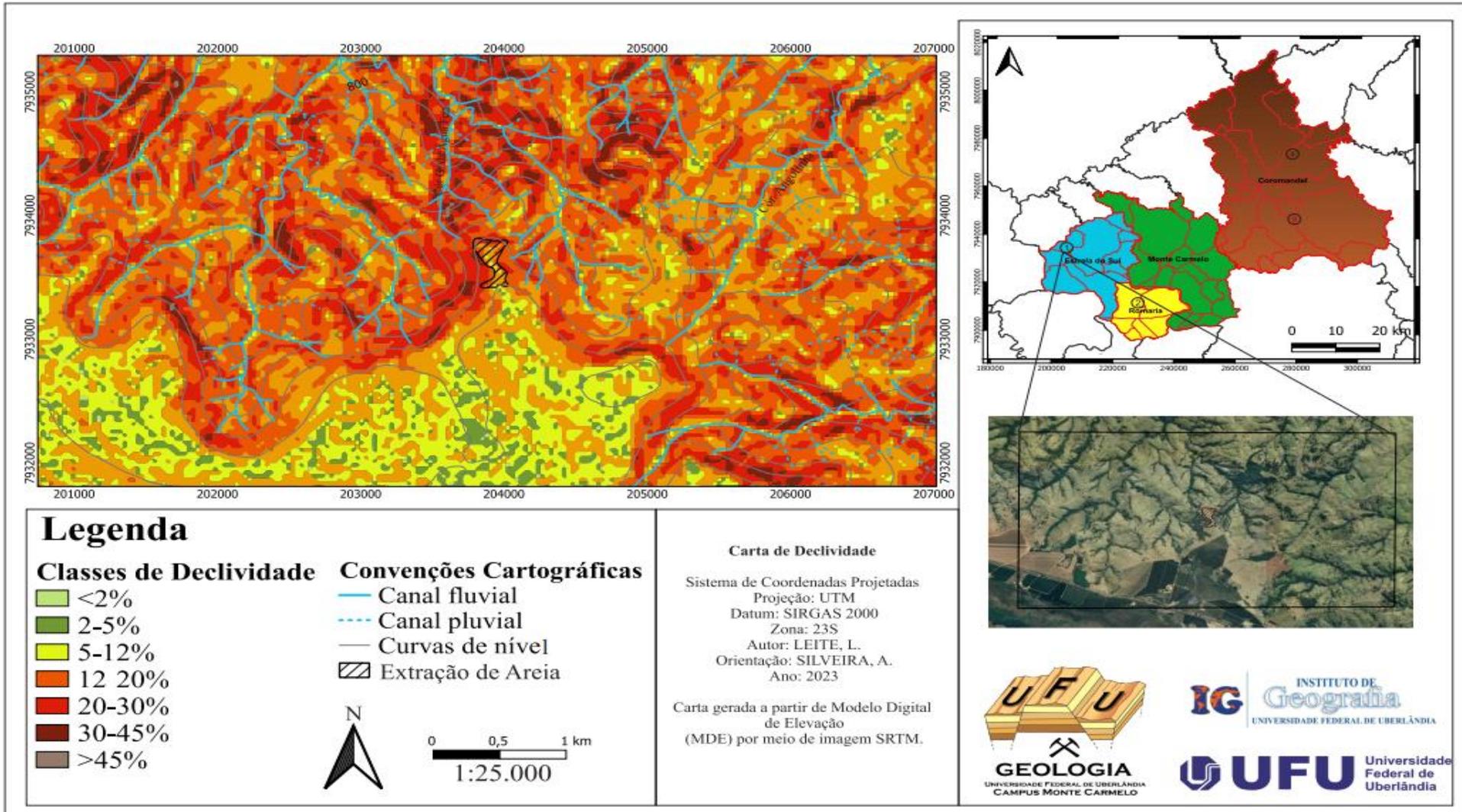
APÊNDICE G - CARTA HIPSOMETRICA DA CAVA DE TÁGUA



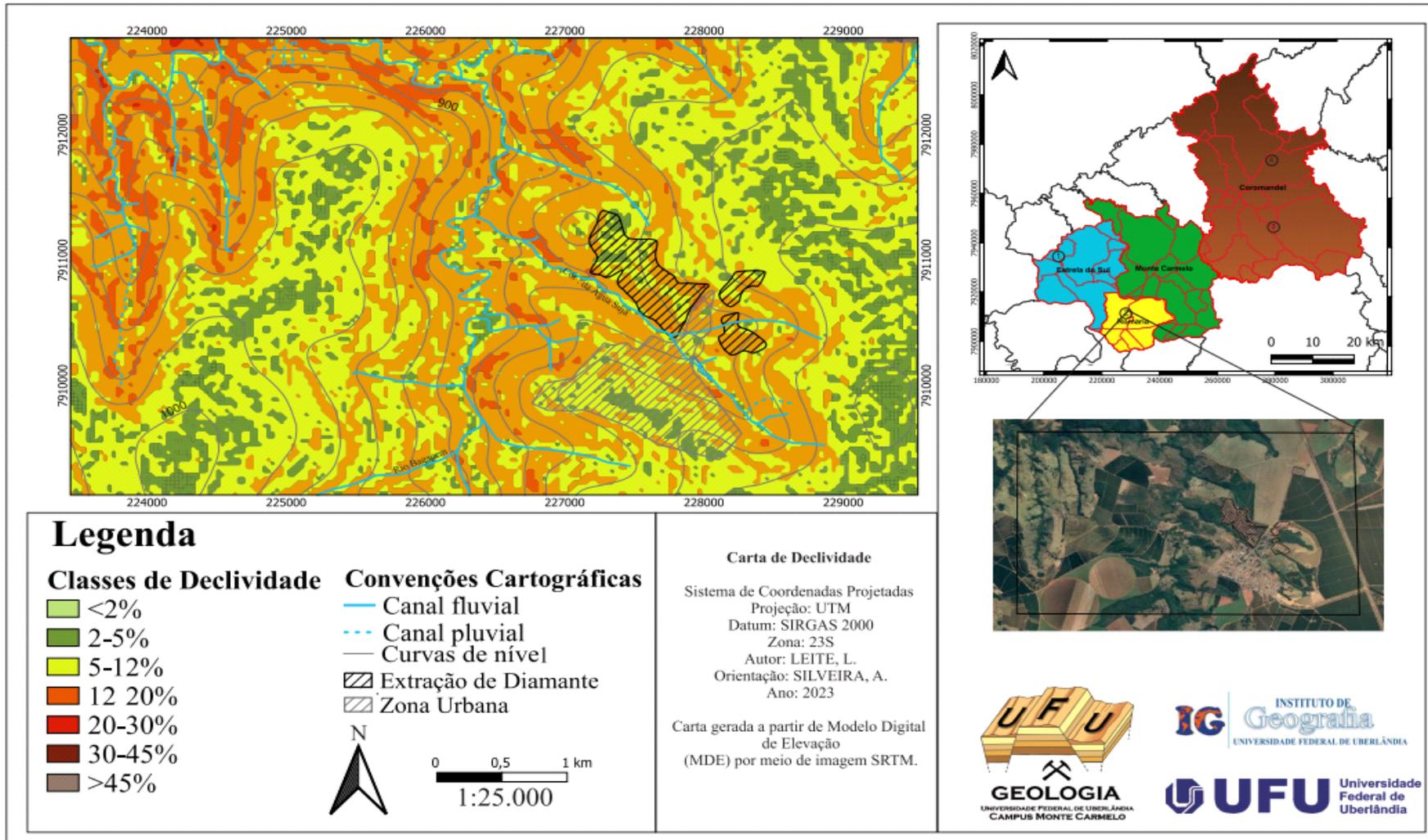
APÊNDICE H - CARTA HIPSOMETRICA DA CAVA DE VÁRZEA



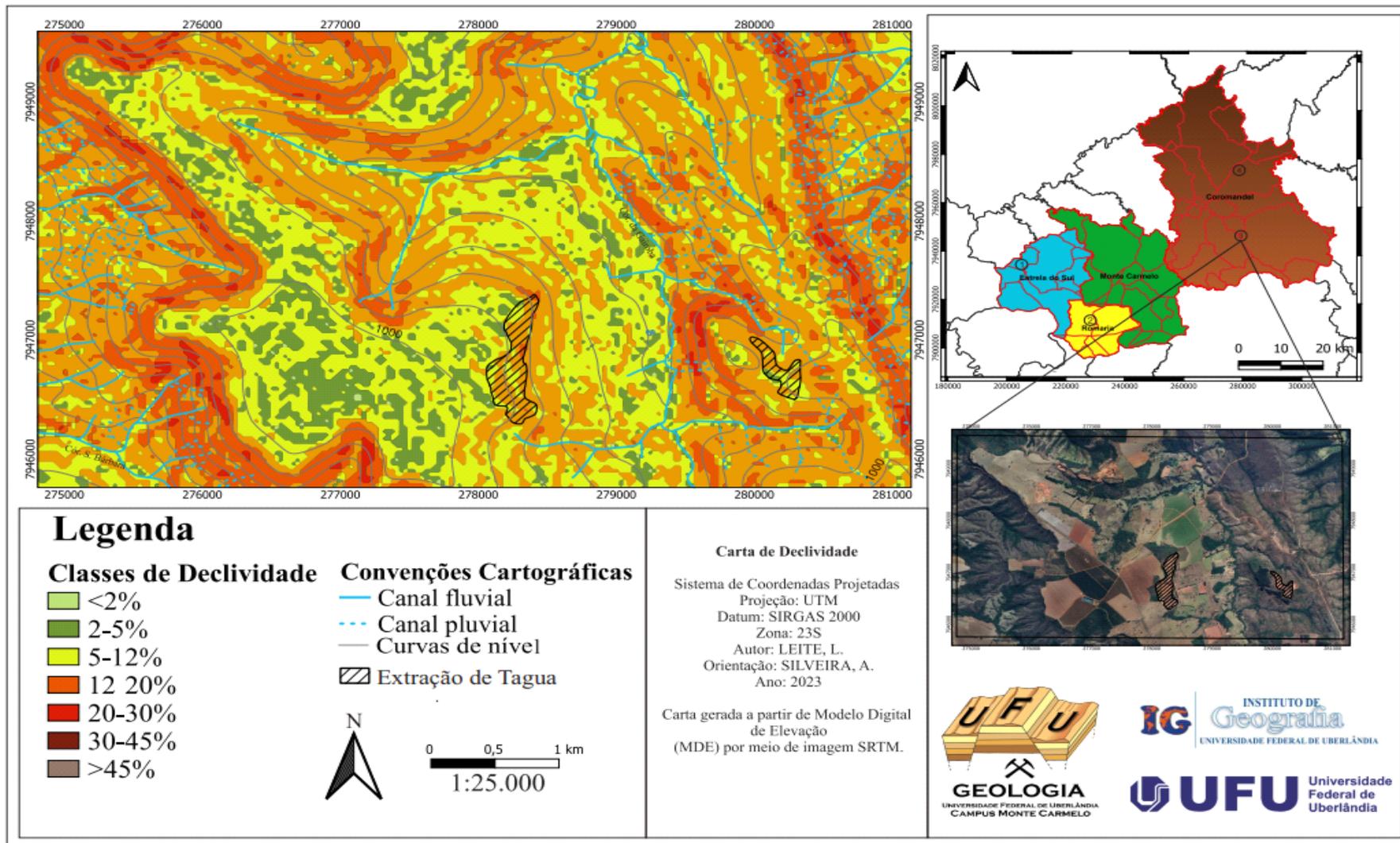
APÊNDICE I – CARTA DE DECLIVIDADE DA CAVA DE AREIA



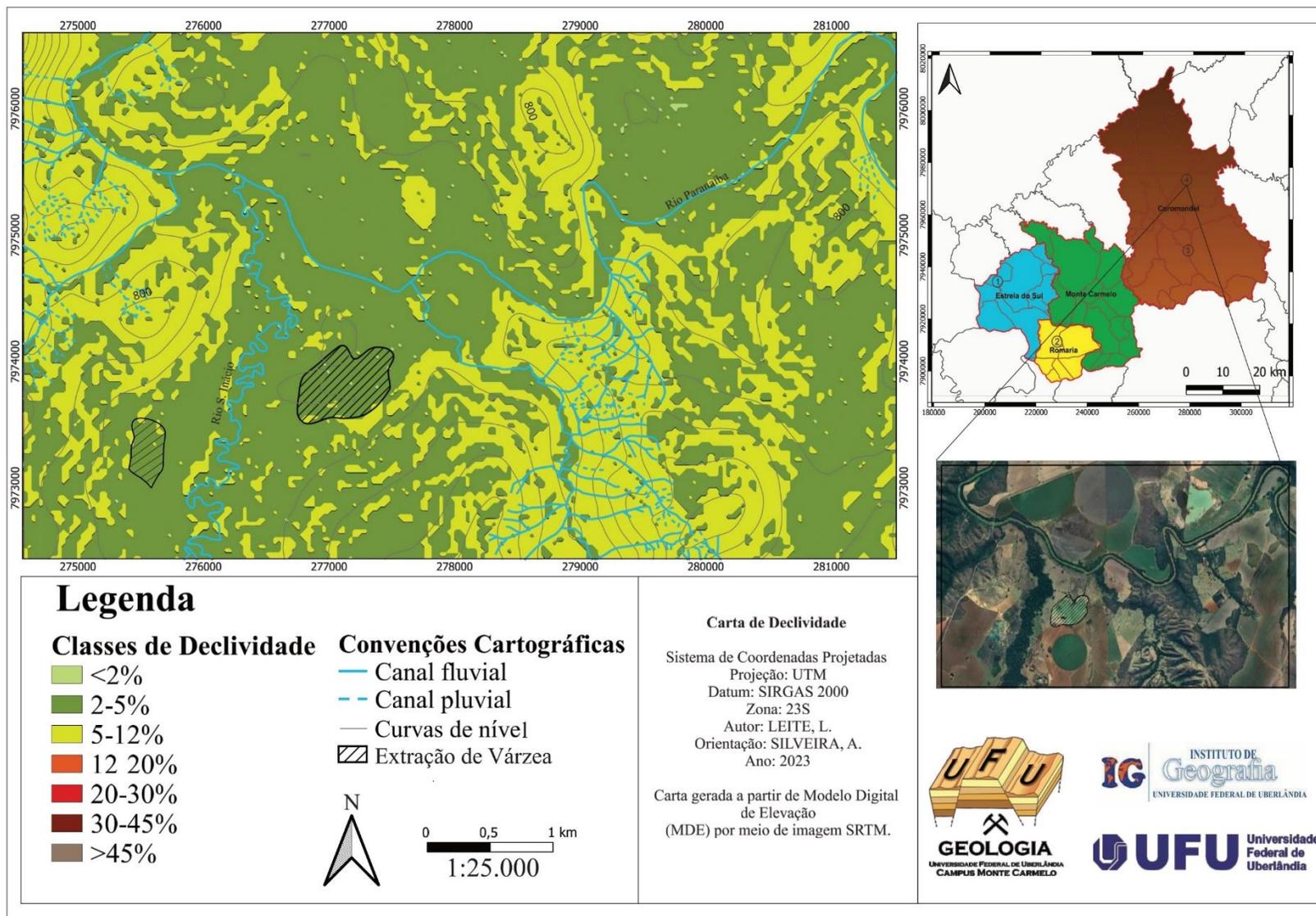
APÊNDICE J - CARTA DE DECLIVIDADE DA CAVA DE DIAMANTE



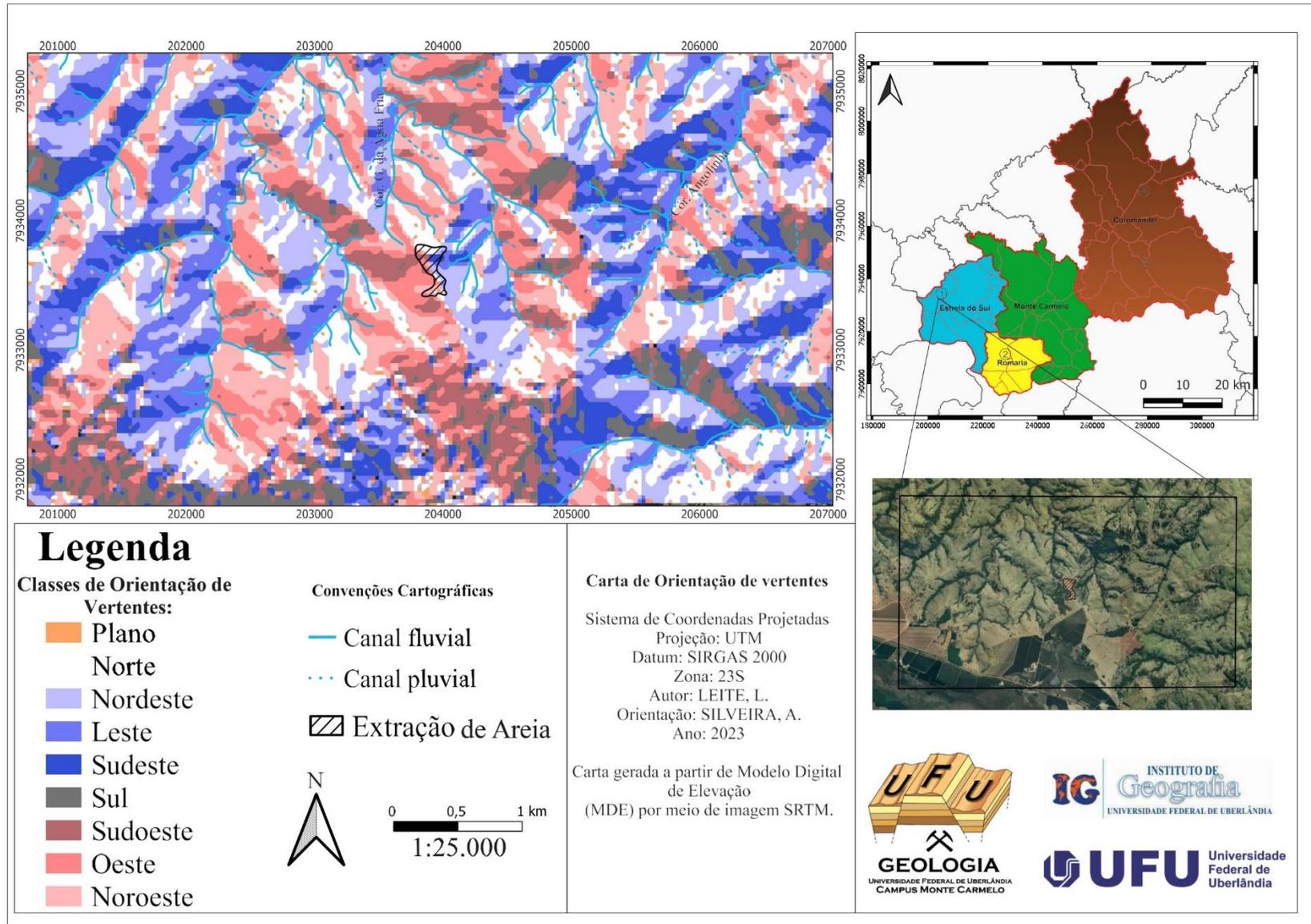
APÊNDICE K - CARTA DE DECLIVIDADE DA CAVA DE TÁGUA



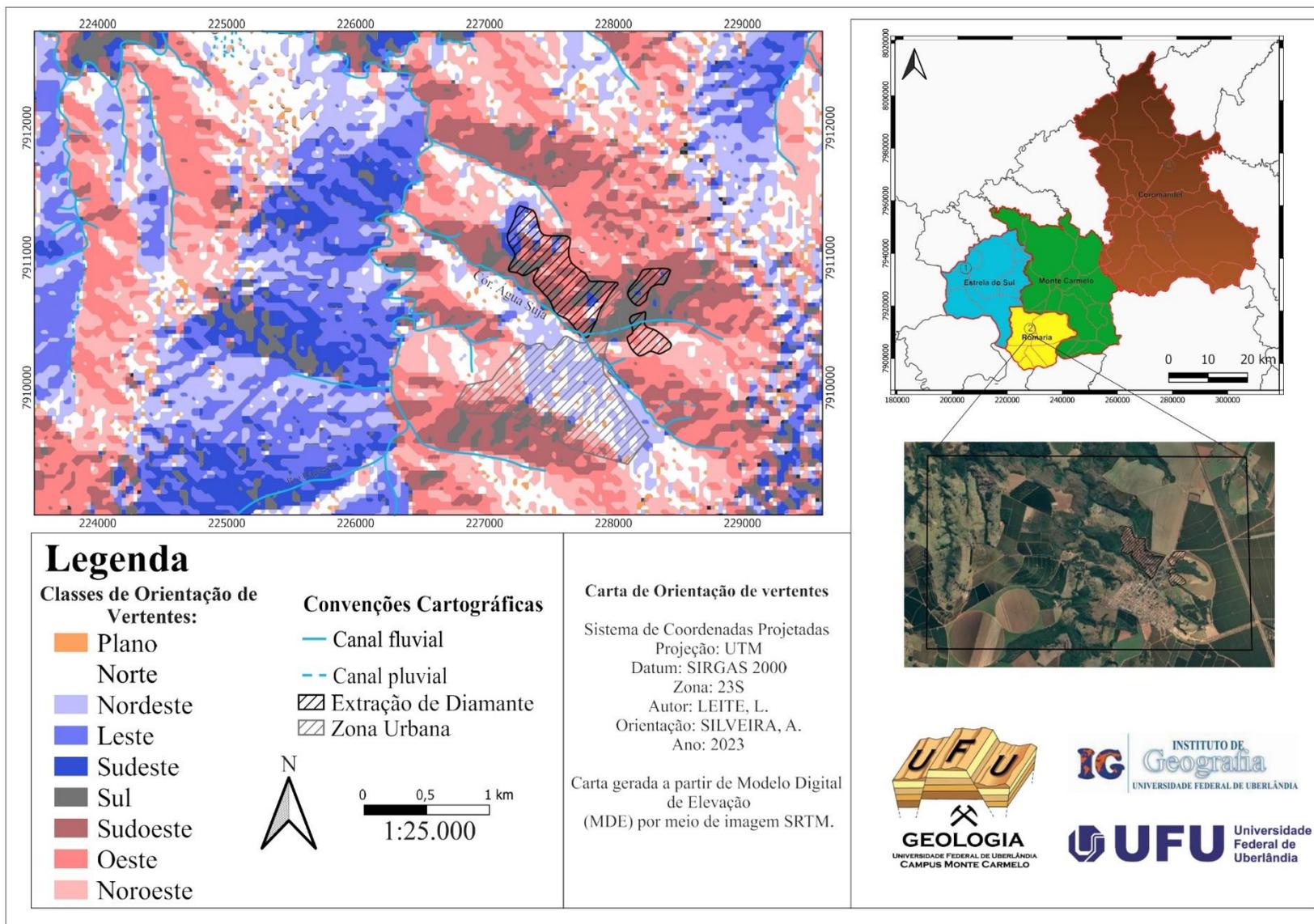
APÊNDICE L - CARTA DE DECLIVIDADE DA CAVA DE VÁRZEA



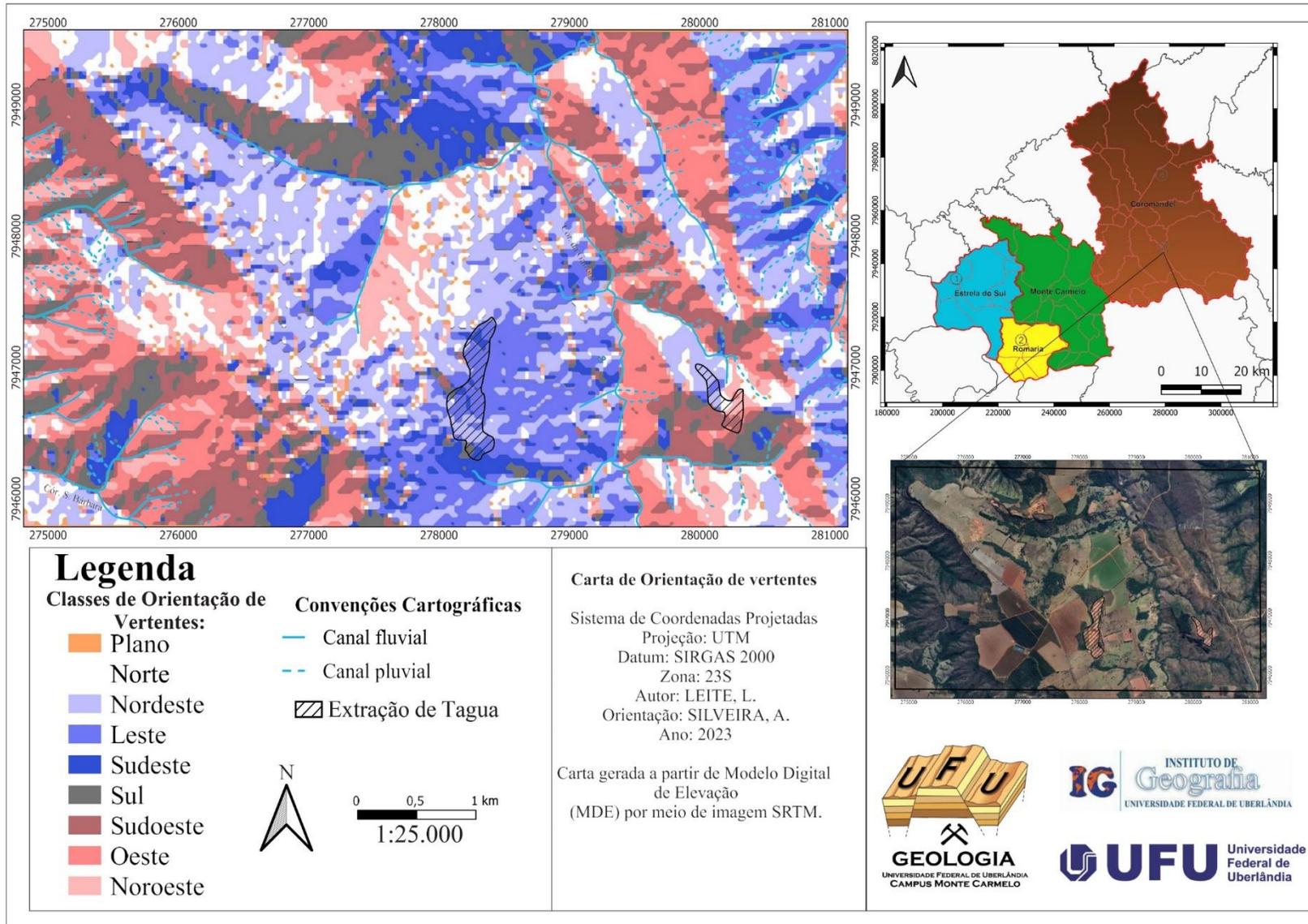
APÊNDICE M - CARTA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA CAVA DE AREIA



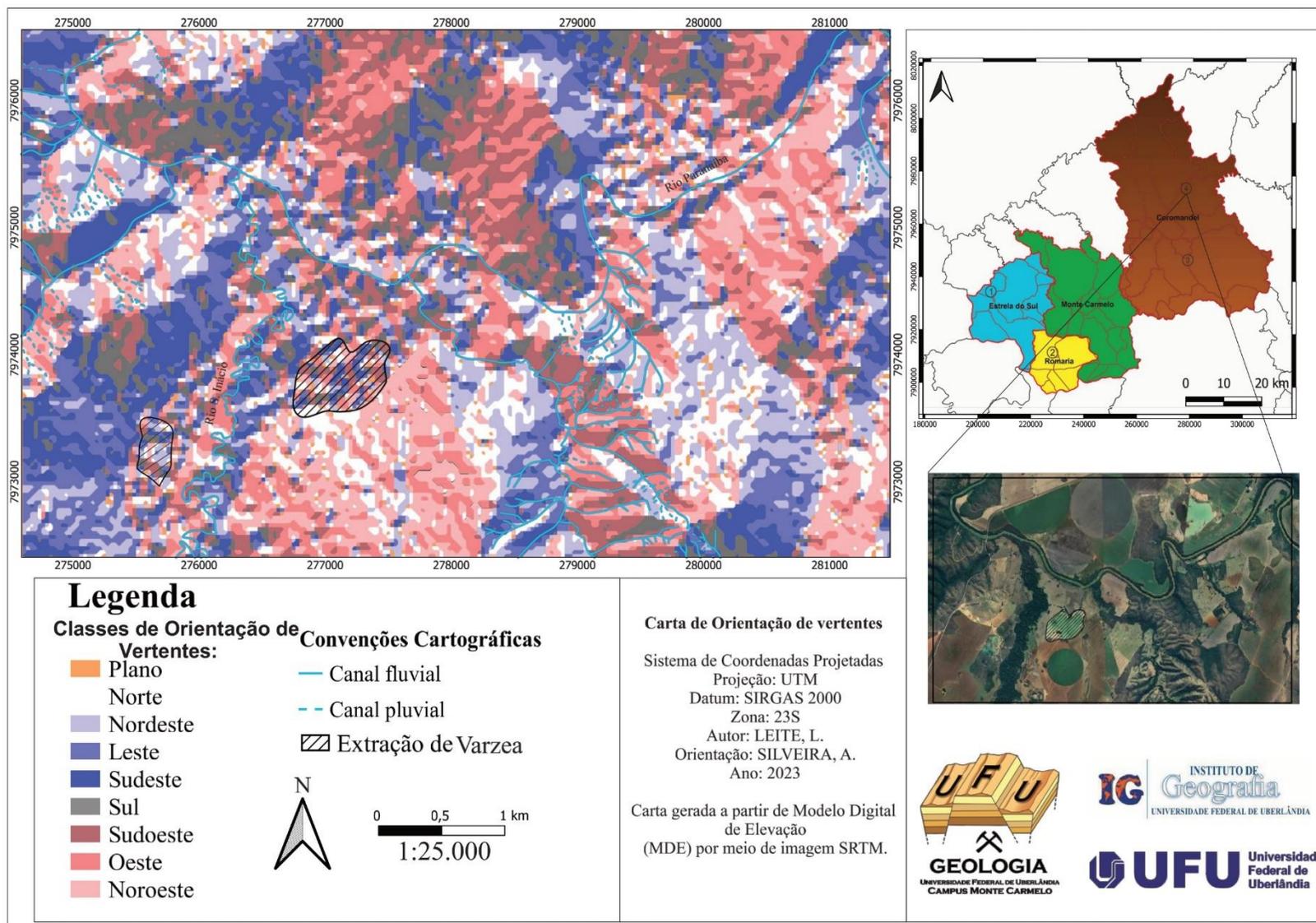
APÊNDICE N - CARTA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA CAVA DE DIAMANTE



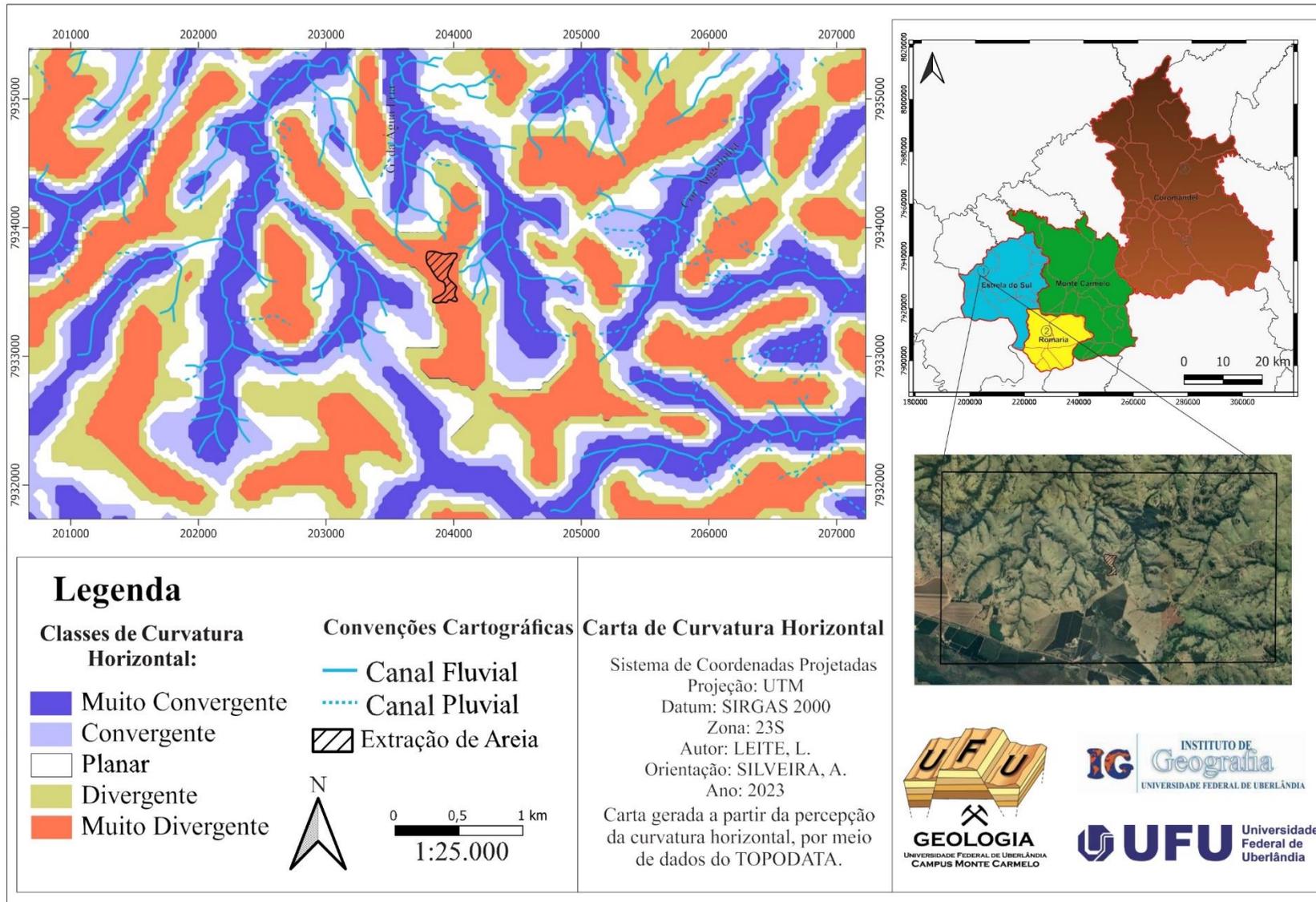
APÊNDICE O - CARTA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA CAVA DE TÁGUA



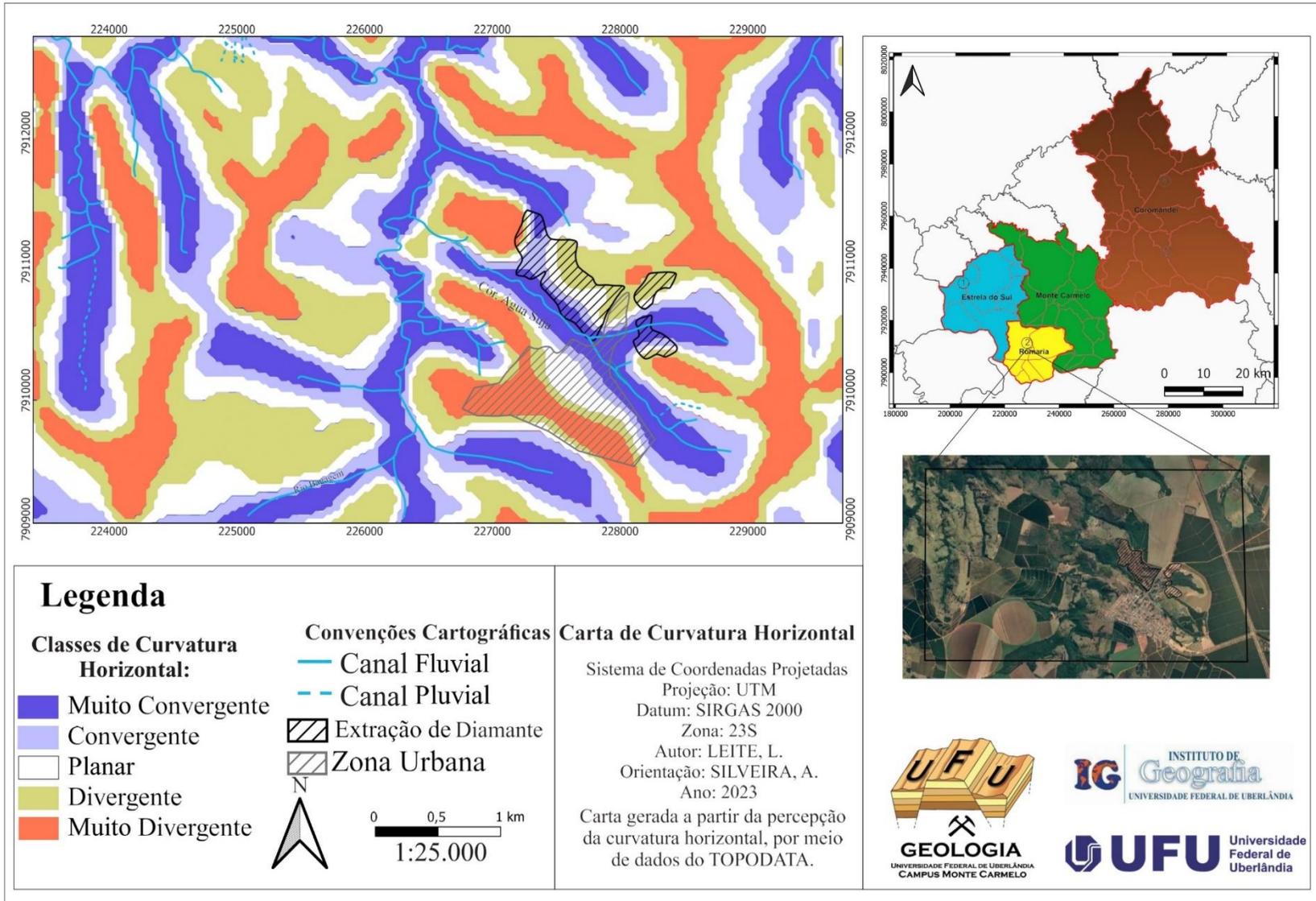
APÊNDICE P - CARTA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA CAVA DE VÁRZEA



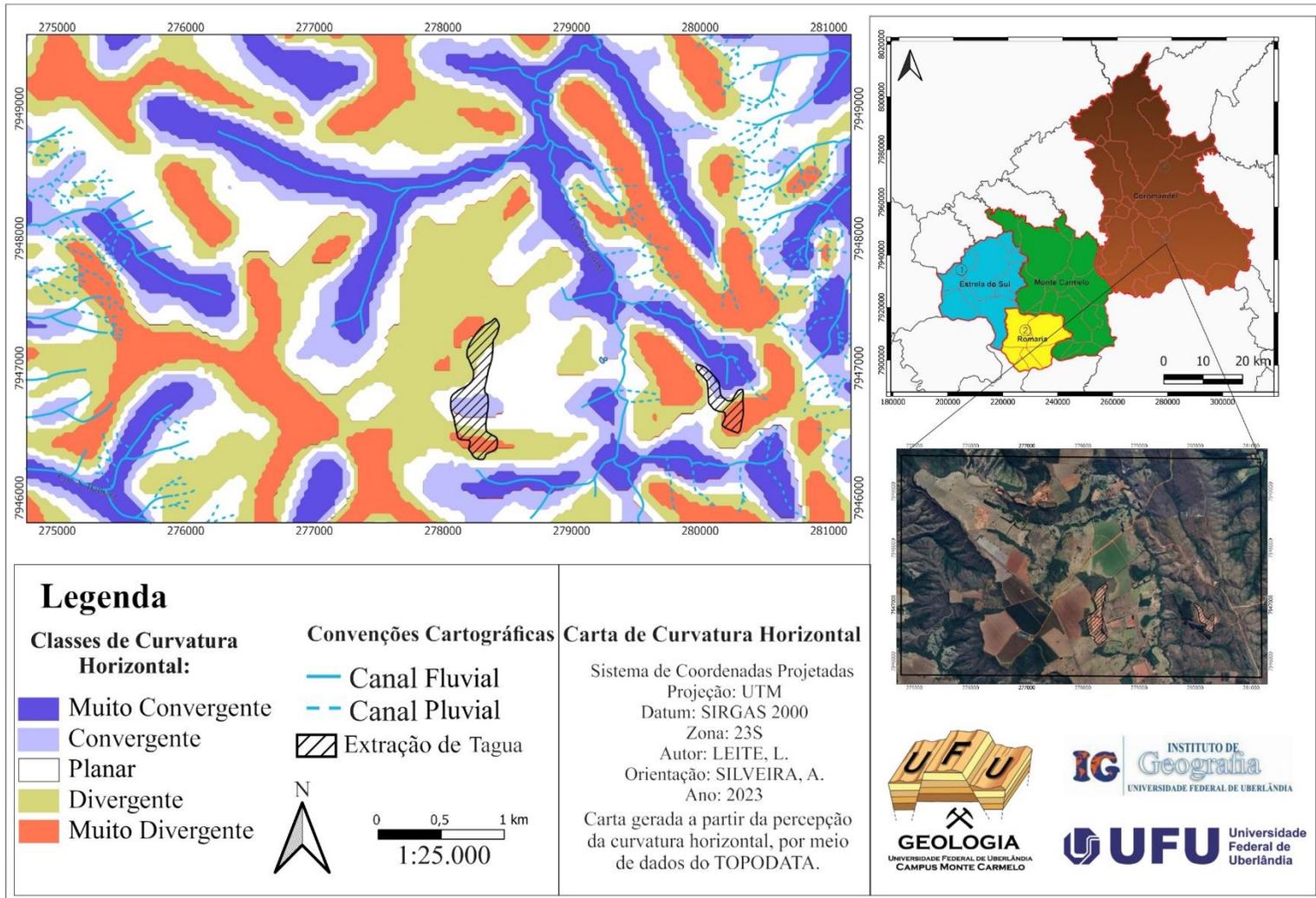
APÊNDICE Q - CARTA DE CURVATURA HORIZONTAL DA CAVA DE AREIA



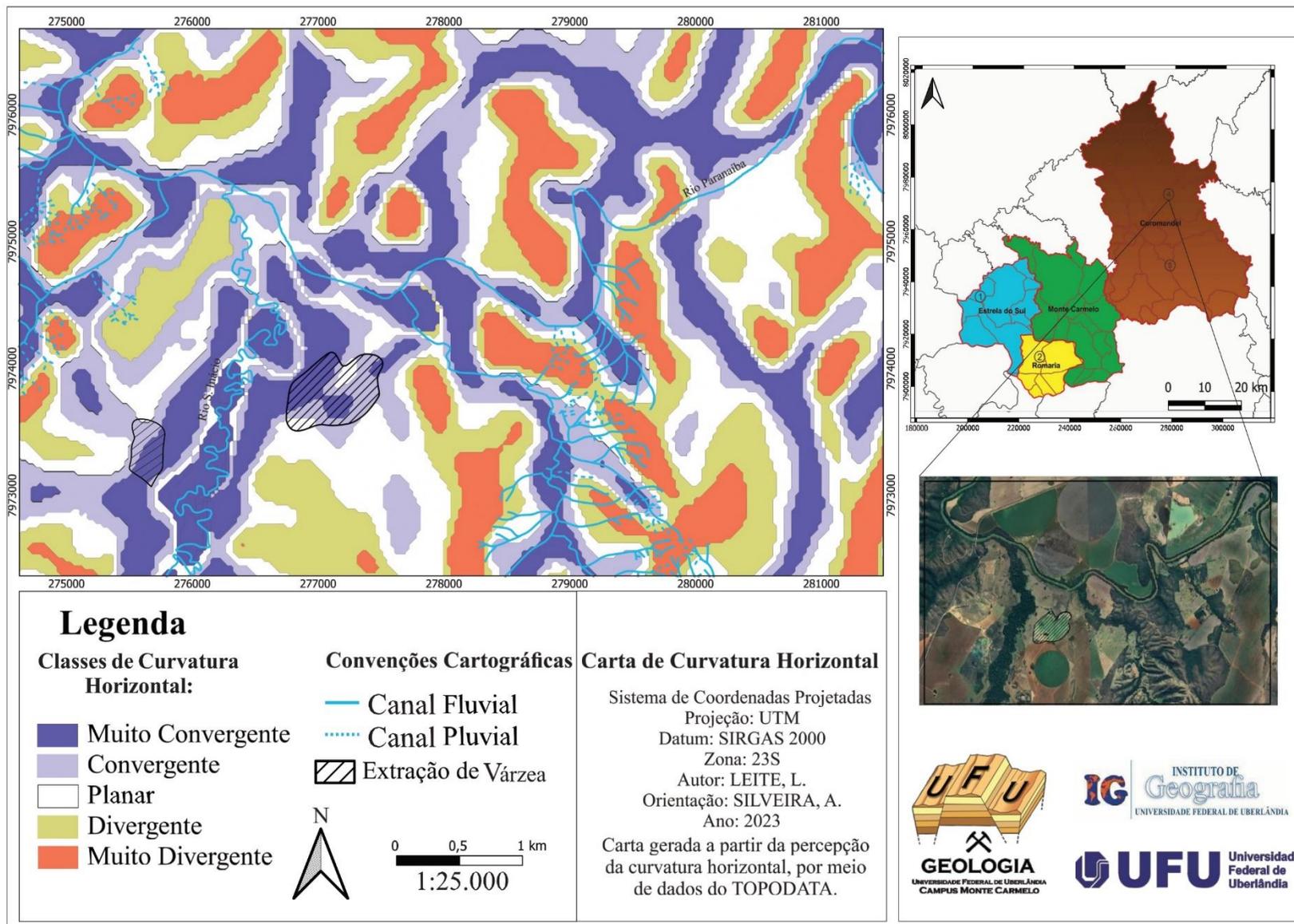
APÊNDICE R - CARTA DE CURVATURA HORIZONTAL DA CAVA DE DIAMANTE



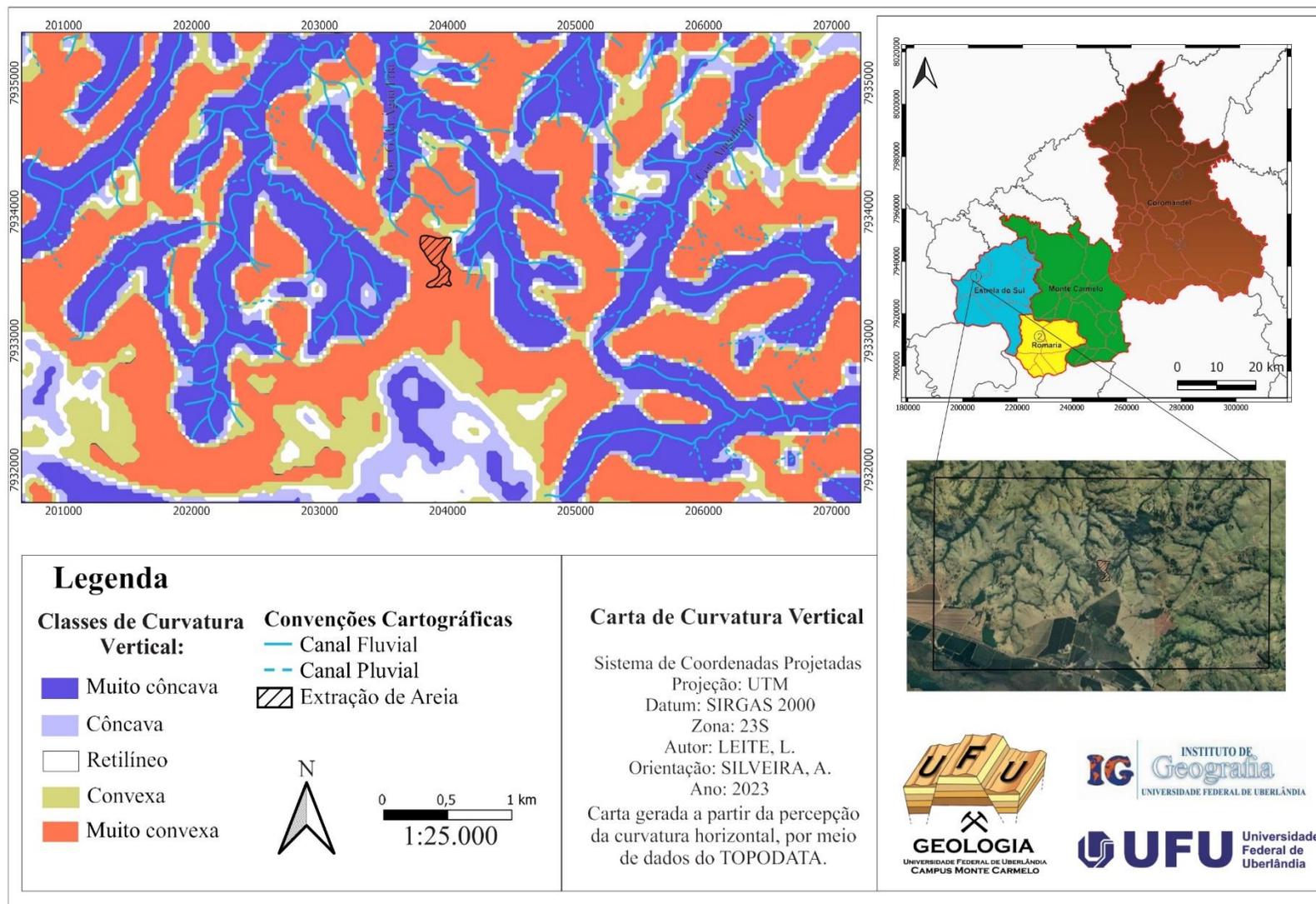
APÊNDICE S - CARTA DE CURVATURA HORIZONTAL DA CAVA DE TÁGUA



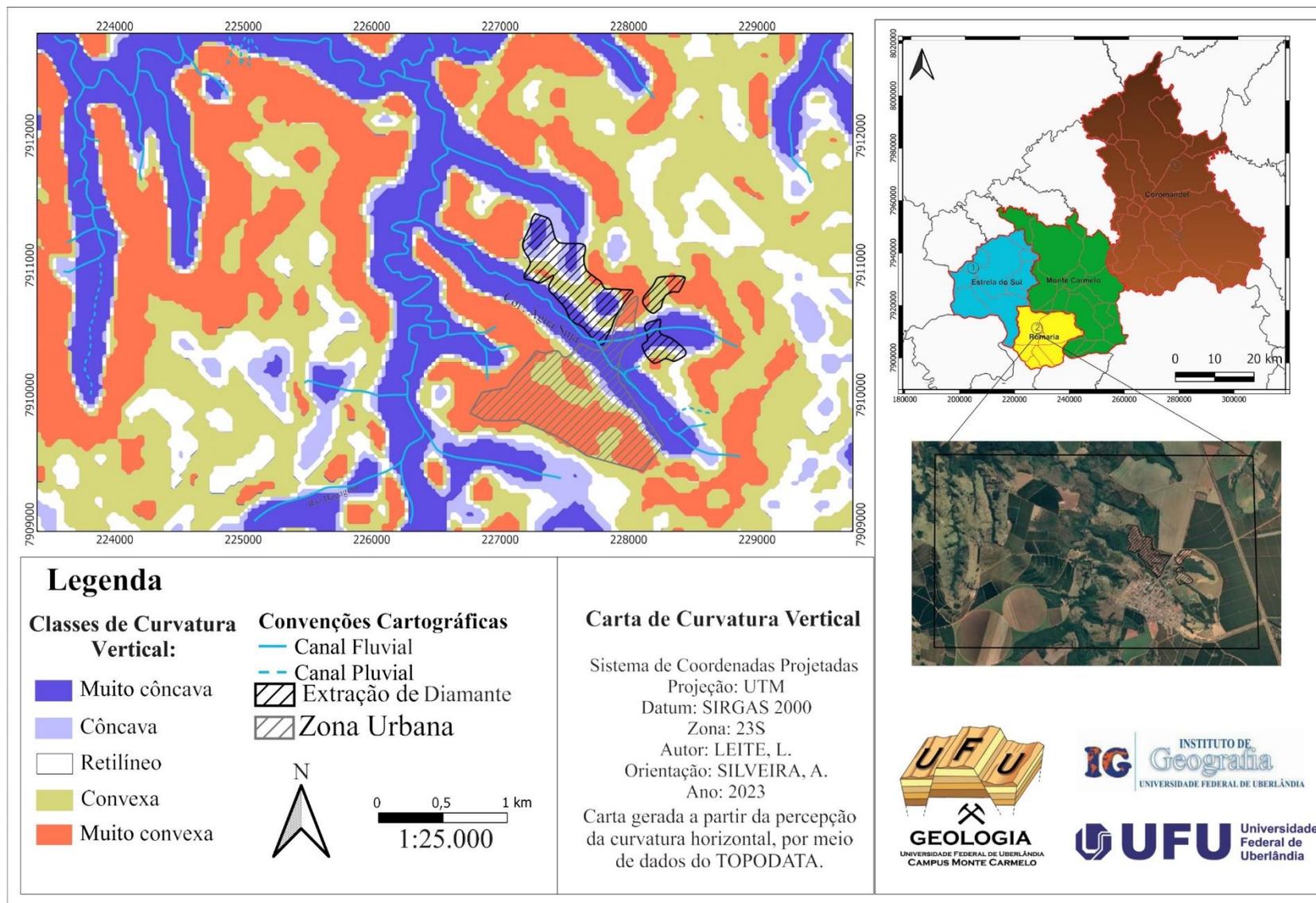
APÊNDICE T - CARTA DE CURVATURA HORIZONTAL DA CAVA DE VÁRZEA



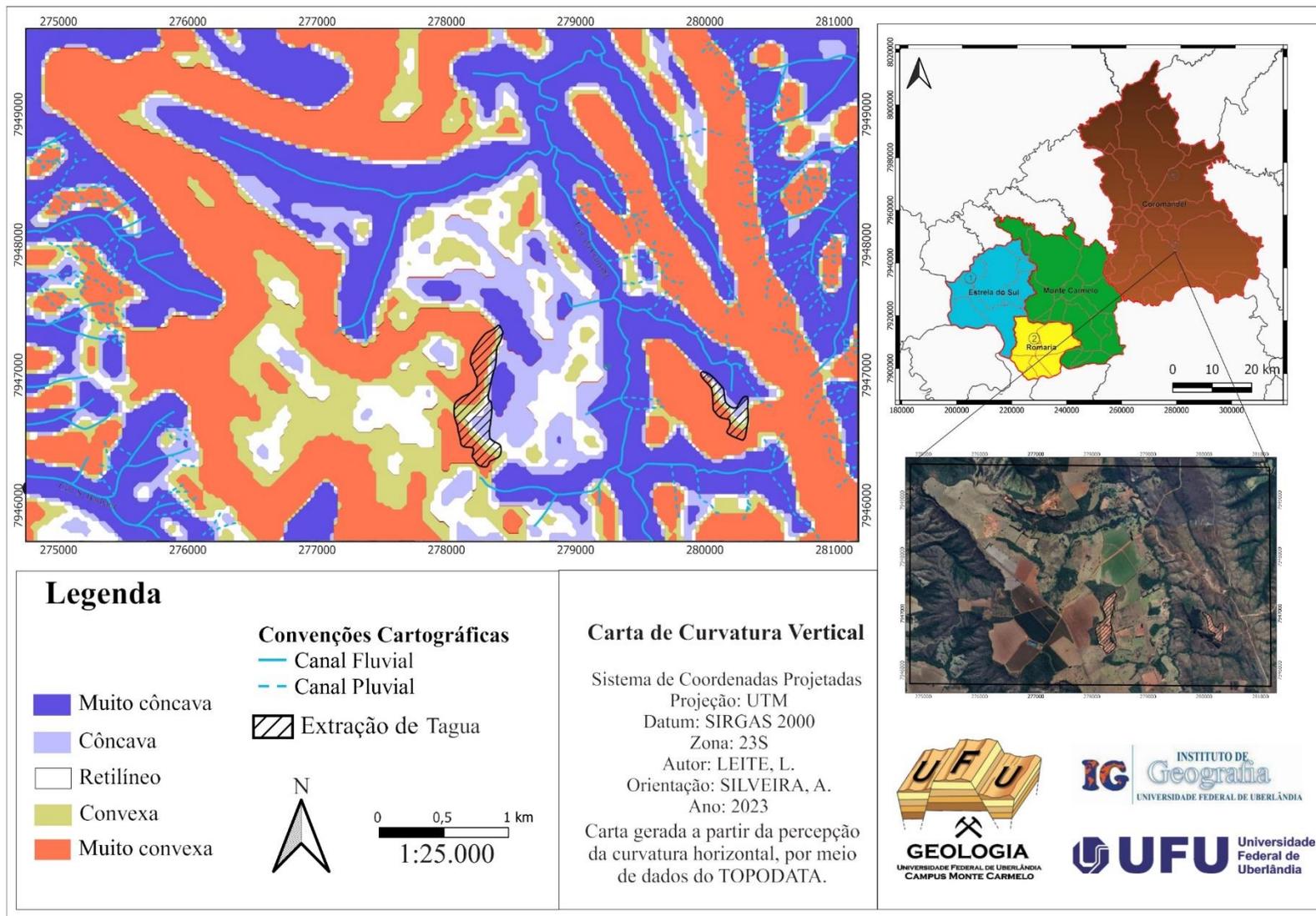
APÊNDICE U - CARTA DE CURVATURA VERTICAL DA CAVA DE AREIA



APÊNDICE V - CARTA DE CURVATURA VERTICAL DA CAVA DE DIAMANTE



APÊNDICE W - CARTA DE CURVATURA VERTICAL DA CAVA DE TÁGUA



APÊNDICE X - CARTA DE CURVATURA VERTICAL DA CAVA DE VÁRZEA

