



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



THALES HENRIQUE STILHANO CORDEIRO

**ARCABOUÇO LITOESTRUTURAL DA REGIÃO DA SERRA DA BRÍGIDA, NO
FLANCO SUL DA ANTICLINAL MARIANA, OURO PRETO - MG**

OURO PRETO

Agosto 2025

THALES HENRIQUE STILHANO CORDEIRO

**ARCABOUÇO LITOESTRUTURAL DA REGIÃO DA SERRA DA BRÍGIDA, NO
FLANCO SUL DA ANTICLINAL MARIANA, OURO PRETO - MG**

Projeto Final de Curso de curso II apresentado ao
Departamento de Geologia da Escola de Minas da
Universidade Federal de Ouro Preto como requisito
final na avaliação da disciplina Projeto Final de Curso
II – GEO 144 ano 2025/2

Ouro Preto, 2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C794a Cordeiro, Thales Henrique Stilhano.

Arcabouço litoestrutural da região da Serra da Brígida, no flanco sul da Anticlinal Mariana, Ouro Preto - MG. [manuscrito] / Thales Henrique Stilhano Cordeiro. - 2025.

77 f.: il.: color., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Eugênia Silva de Souza.

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Augusta Gonçalves Fujaco.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Geologia estrutural. 2. Quadrilátero Ferrífero (MG). 3. Crátons. 4. Sensoriamento remoto. 5. Minas e mineração. 6. Risco geológico. I. Souza, Maria Eugênia Silva de. II. Fujaco, Maria Augusta Gonçalves. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 551.243.4

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Thales Henrique Stilhano Cordeiro

Arcabouço litoestrutural da região da Serra da Brígida, no flanco Sul da Anticlinal Mariana, Ouro Preto - MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Geólogo

Aprovada em 01 de setembro de 2025

Membros da banca

Doutora Maria Eugênia Silva de Souza - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
Doutor Daniel Francisco Martins de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)
Geólogo Amabiliane Gonzaga Queiroz (Universidade Federal de Ouro Preto)

Maria Eugênia Silva de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/10/2025



Documento assinado eletronicamente por **Maria Eugênia Silva de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/10/2025, às 15:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0990961** e o código CRC **A09AD9DE**.

Dedico especialmente este trabalho à minha família e principalmente meus avós Jair Stilhano, Suely Stilhano e Irani Cordeiro (In Memoriam).

AGRADECIMENTOS

À minha família, William Cordeiro, Adriana Stilhano Cordeiro e Ana Beatriz Stilhano Cordeiro que sempre foram a minha maior base de apoio e inspiração nessa trajetória. À meus avós Jair Stilhano, Suely Stilhano e Irani Cordeiro (In Memoriam) por me mostrarem o que é o amor e o apoio incondicional. A meu primo Felipe Stilhano ser meu melhor amigo e irmão de vida. À meus tios e tias por sempre me apoiarem mesmo longe de casa.

Aos meus amigos do período 21.2 e de Ouro Preto Lucca, Yan, Daniel, Maria Clara, Izadora, Lanita, Juan, Marcola, Confu, Monbs, Igor, Ana Luíza, Iasmyn Mattedi, Sofia Etrusco, Lucas Passos, João Vitor e Tilt.

Aos meus amigos de Mogi das Cruzes e irmãos de vida Matheus Rodrigues, Edgar Campetelli, Felipe Rodrigues, Anailton Costa S. Neto, Gustavo Furtado, William Freeman, Thales Silva, Luiz Parente e Luiz Tatin.

À República Baviera especialmente à Filipe (Pingunha), Mauro (Calvéio), Pedro (Japonês), Sávio (Barranqueiro), João P. (Mijôncio) e Pedro Bissarro (Incronha).

Às repúblicas Ohana, Volkana, Indignação e CB em especial à Seráh?, Xalêra, MPB, Dona, Precipitada, Faustop, Kinder e Digão (Vinil).

Aos ex-alunos e moradores da República Jardim Zoológico especialmente à Matheus (Emocionado), Ângelo (Chororô), Lucas (Recruta), Gustavo (Deselegante), Vinicius (Mijabox), Yago (Compêra), Cauã (Cuadrado) e Gustavo (Kacto) e Raimunda.

À Maria Dias por ter sido parte da paisagem da minha vida, por ter caminhado comigo em um trecho desta jornada, pela cumplicidade e por ter sido o porto seguro em uma fase tão crucial da minha vida. Esta vitória também te pertence.

À Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos (SICEG) em especial à Túlio, Bárbara, Matheus, Caio, Murilo, Maria Luiza, Filipe, Bruna, Mariana e Yasmin.

Agradeço, em especial, à minha orientadora, Professora Maria Eugênia Silva de Souza, pela paciência, e pelos valiosos ensinamentos que me acompanharam durante toda a pesquisa. À co-orientadora e amiga, Professora Maria Augusta Gonçalves Fujaco, pelo suporte técnico e pelas contribuições cruciais que enriqueceram este estudo.

À Universidade Federal de Ouro Preto e o Departamento de Geologia, pelo ambiente de pesquisa e pela estrutura que possibilitaram a execução deste trabalho.

Aos colaboradores da CSN – Mineração, da Geologia de Mina, Hidrogeologia e Geotecnia em especial à Derick Guerra, Rodrigo Lordão, Anna, Letícia, Samara, João, Thalita, Danilo, Edson, Alex, Gustavo, Daniela, Roberto, Álvaro, Jean e Ronaldo, pela paciência e experiência que me proporcionaram.

Agradeço a todos os professores do DEGEO em especial à Alice, Tazava, Gláucia, Adivane, João Hippert e Isaac, que foram fundamentais na minha formação acadêmica.

RESUMO

O presente trabalho realiza a caracterização detalhada do arcabouço litoestrutural e do contexto geofísico da Serra da Brígida, localizada no flanco sul da *Anticlinal de Mariana*, setor de elevada complexidade estrutural e de significativa relevância geológica no Quadrilátero Ferrífero (QFe), sul do Cráton do São Francisco. A motivação principal deste estudo é o importante significado geológico da área como uma a principal região produtora de ouro no Brasil durante o século XVIII e, posteriormente, como uma área de grande destaque na produção de ferro. A investigação foca no flanco sul da *Anticlinal de Mariana*, que tem grande valor patrimonial também, tanto pelas intensas alterações paisagísticas em função da mineração, quanto por abrigar sítios arqueológicos. Nesse contexto, o estudo busca elaborar um modelo integrado que caracterize os aspectos geológicos e geofísicos da região de estudo, através de seções geológicas, colunas estratigráficas e mapas temáticos. Para isso, a metodologia adotada abarcou uma revisão bibliográfica abrangente, a compilação crítica de dados e a utilização de técnicas de campo e de sensoriamento remoto. A análise do relevo, com um destaque para as variações de declividade e hipsométricas, foi fundamental para evidenciar as anomalias fisiográficas controladas por falhas de empurrão. A partir da interpretação destes dados, em conjunto com estruturas planares e lineares, observadas em uma etapa de reconhecimento de campo, onde foi possível propor modelos evolutivos que sugerem que a elevação da Serra da Brígida é resultado de um complexo sistema de dobramentos recumbentes (*nappes*) que deslizam sobre a superfície de descolamento basal da Zona de Cisalhamento São Vicente ou que sua elevação está associada sistemas simples de empurrões influenciados pela nucleação de novos planos de falha associados à esta superfície.

Palavras-chave: Arcabouço litoestrutural, Serra da Brígida, Anticlinal de Mariana, Quadrilátero Ferrífero, Cráton do São Francisco, sensoriamento remoto, mineração, patrimônio arqueológico, riscos geológicos, *nappes*.

ABSTRACT

The present work carries out a detailed characterization of the lithostructural framework and the geophysical context of Serra da Brígida, located on the southern flank of the Mariana Anticline, a sector of high structural complexity and significant geological relevance in the Iron Quadrangle (QFe), south of the São Francisco Craton. The main motivation for this study is the important geological significance of the area as a major gold-producing region in Brazil during the 18th century and, subsequently, as an area of great prominence in iron production. The investigation focuses on the southern flank of the Mariana Anticline, which also has great heritage value, both due to the intense landscape changes caused by mining and for housing archaeological sites. In this context, the study seeks to elaborate an integrated model that characterizes the geological and geophysical aspects of the study area, through geological sections, stratigraphic columns, and thematic maps. For this, the adopted methodology encompassed a comprehensive literature review, critical data compilation, and the use of field and remote sensing techniques. The analysis of the relief, with an emphasis on slope and hypsometric variations, was fundamental to highlight the physiographic anomalies controlled by thrust faults. From the interpretation of these data, together with planar and linear structures observed during a field reconnaissance stage, it was possible to propose evolutionary models suggesting that the elevation of Serra da Brígida is the result of a complex system of recumbent folds (nappes) that slide over the basal detachment surface of the São Vicente Shear Zone, or that its elevation is associated with simple thrust systems influenced by the nucleation of new fault planes associated with this surfasse.

Keywords: Lithostructural framework, Serra da Brígida, Mariana Anticline, Iron Quadrangle, São Francisco Craton, remote sensing, mining, archaeological heritage, geological risks, nappes.

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1 - Mapa de localização e vias de acesso da área de estudo.	13
FIG. 2: Mapa hipsométrico mostra a elevação da região mapeada. As cores quentes indicam regiões mais altas enquanto as cores frias, indicam regiões de menor elevação.	14
FIG. 3 - Mapa de localização geoespacial da área de estudo.	16
FIG. 4 - Mapa topográfico da região da Serra da Brígida.	17
FIG. 5 - Mapa geológico base da área de estudo com seus elementos geomorfológicos... 18	
FIG. 6 - Mapa de declividade, evidenciando a variação de declividade do terreno (em graus). As cores quentes indicam um relevo mais inclinado enquanto as cores mais frias mostram um terreno plano.	19
FIG. 7 - Mapa ilustrativo do Cráton do São Francisco salientado (em vermelho, ao extremo sul) a região onde afloram rochas do embasamento. O limite à direita deste retângulo representa o Quadrilátero Ferrífero (QFe).	20
FIG. 8: Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco meridional, destacando sua relação com as faixas de idade brasileira, o Bloco Barbacena e o Quadrilátero Ferrífero (QFe).	21
FIG. 9 - Coluna litoestratigráfica o Quadrilátero Ferrífero.	23
FIG. 10 - Coluna estratigráfica do Supergrupo Rio das Velhas, modificado de Endo <i>et al.</i> , 2019b.	24
FIG. 11 - Coluna estratigráfica do Supergrupo Minas.	25
FIG. 12: O quadro mostra uma síntese eventos tectônicos do Quadrilátero Ferrífero (QFe), com foco nos processos e produtos tectono-deformacionais, magmáticos e sedimentares.	29
FIG. 13 - Ilustração esquemática da característica do sistema de <i>nappes</i> no Quadrilátero Ferrífero. Falhas: AQ – Falha Água Quente, SV - Falha São Vicente, SB - Falha São Bento. <i>Nappes</i> : NC - <i>Nappe</i> Curral, NOP - <i>Nappe</i> Ouro Preto, NSR - <i>Nappe</i> Santa Rita, NIRP - <i>Nappe</i> Itabira-Rio Piracicaba.....	31
FIG. 14 - Mapa litoestrutural do Anticlinal de Mariana, destacando-se, em vermelho, a região de estudo.....	33
Figura 15: Mapa hipsométrico modificado da Serra da Brígida. A imagem destaca as variações altimétricas. (A) A linha vermelha indica uma crista com orientação NE-SW/NNE-SSW, que se alinha ao contato com as rochas do Grupo Nova Lima. (B) As linhas azuis delimitam o segmento da serra com concavidade voltada para NW enquanto ainda existe um lineamento sentido WNW-ESE. (C) A área em roxo representa a predominância de unidades do Supergrupo Minas (SGM) em terrenos de cotas mais elevadas.	36
FIG. 16: A) Mapa de declividade modificado mostrando as áreas 1, 2 e 3 onde é possível observar diferentes contrastes na declividade. B) Mapa geológico modificado mostrando as mesmas áreas que em (A) em comparativo.....	38
FIG. 17: A) Mapa geológico anterior. B) Mapa geológico corrigido da região de Serra da Brígida com os pontos mapeados convenções estruturais.	39

- FIG. 18: A) Unidade metassedimentar referente ao ponto 1 mostrando o alto grau de intemperismo e a presença de argila. B) Foto relacionado ao ponto 4-B mostrando o a mesma unidade com as mesmas características de (A) mas contendo planos de foliação ainda visíveis. 40
- FIG. 19: Estereograma mostrando os planos e polos de foliação das unidades metassedimentares visitadas em campo do Grupo Nova Lima. 41
- FIG. 20: A) Quartzitos com acamamento preservado e planos de foliação. B) Presença de lineação de crenulação observadas em níveis sericíticos. C) Quartzito fortemente silicificado com acamamento observado e aumento de granulação ao topo. D) Foto em perfil mostrando planos de foliação dobrados. 42
- FIG. 21: A) Estereograma referente aos planos de acamamento (S0) onde mostra os polos e direções destes planos. B) Da mesma forma que em (A), porém a figura (B) ilustra as medidas dos planos de xistosidade (Sn) da Formação Moeda. 43
- FIG. 22: Estereograma que mostra as medidas dos polos referente a interseção entre acamamento e a foliação (Li). 43
- FIG. 23: Estereograma mostrando as principais direções das lineações de crenulação, a primeira a E e a segunda para S. 44
- FIG. 24: A) A foto mostra dobras macroscópicas (linha tracejada vermelha) sobre porções filíticas observadas em campo na Formação Cauê. B) Nesta foto, estão salientadas as porções filíticas com regiões (retângulos vermelhos) em que é possível observar lineações de crenulação. 45
- FIG. 25: Estereograma indicando as medidas da lineação de crenulação da Formação Cauê com direção aproximadamente N-S. 46
- FIG. 26: Na foto, observa-se a cobertura laterítica constituída pelas cangas. 47
- FIG. 27: A) A foto mostra um contato próximo entre os quartzitos da Fm. Moeda com hidrotermalitos, a linha pontilhada vermelha divide os dois litotipos. B) Essa foto mostra, pela linha pontilhada vermelha, a região em que se encontra o contato tectônico evidenciado pela presença de hidrotermalitos. 48
- FIG. 28: Seção geológica E-W com exagero vertical, que mostra a progressão de esforços (representado pela seta vermelha). A) Formação inicial de dobramentos sobre os planos de falha. B) Dobramento dos flancos das *nappes* resultantes da progressão da deformação. 54
- FIG. 29: Ilustração simplificada que mostra a evolução da *nappe* regional a partir de um plano de empurrão. A) Plano inicial indeformado ou pouco deformado. B) Início dos esforços sobre um plano de falha pré-existente. C) Evolução do dobramento sobre a superfície de falha. D) Progressão da deformação e a formação de *nappes*. 55
- FIG. 30: A) Desenvolvimento de uma sequência de empurrão *piggy-back*. B) Desenvolvimento de uma sequência de empurrão *overstep*. 55
- FIG. 31: Seção geológica E-W, com exagero vertical, mostrando apenas os planos de empurrão da área. 56
- Figura 32: Modelo 3D simplificado que mostra o resultado da deformação que soergueu a Serra da Brígida. Os planos em verelhos mostram superfícies de empurrão. 57

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	11
APRESENTAÇÃO	11
1.1 APRESENTAÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	12
1.4 ASPECTOS FISIográficos	13
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	14
1.5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
1.6 SENSORIAMENTO REMOTO.....	15
1.6.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE.....	15
1.6.2 CONFECÇÃO DE MAPAS TOPOGRÁFICOS	16
1.6.3 ELABORAÇÃO DO MAPA GEOLÓGICO BASE	18
1.6.4 ELABORAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO (MDT)	19
CAPÍTULO 2.....	20
CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	20
2.1 O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO	20
2.2 O QUADRILÁTERO FERRÍFERO.....	21
2.3 LITOESTRATIGRAFIA DO QFE	22
2.3.1 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS (SGRV)	23
2.3.1.1 GRUPO NOVA LIMA	24
2.3.2 SUPERGRUPO MINAS (SGM).....	24
2.3.2.1 GRUPO CARAÇA.....	25
2.3.2.2 FORMAÇÃO MOEDA	25
2.3.2.3 GRUPO ITABIRA.....	25
2.3.2.4 FORMAÇÃO CAUÊ	26
2.3.3 COBERTURA CENOZOICA	26
2.3.3.1 CANGAS.....	26
2.4 CONSOLIDAÇÃO DA MODELAGEM EVOLUTIVA DO QFE	27
2.5 ARCABOUÇO ESTRUTURAL DO QFE.....	30
2.5.1 ANTICLINAL DE MARIANA	32
2.5.2 ZONA DE CISALHAMENTO SÃO VICENTE (ZCSV)	33
2.5.3 FALHA SÃO BENTO (FSB)	34

CAPÍTULO 3	RESULTADOS.....	35
3.1	RELEVO.....	35
3.1.1	HIPSOMETRIA.....	35
3.1.2	DECLIVIDADE	37
3.2	RECONHECIMENTO GEOLÓGICO DE CAMPO.....	38
3.2.1	GRUPO NOVA LIMA	39
3.2.2	FORMAÇÃO MOEDA	41
3.2.3	FORMAÇÃO CAUÊ	44
3.2.4	COBERTURA DETRITO-LATERÍTICA.....	46
3.2.5	HIDROTERMALITOS.....	47
CAPÍTULO 4	DISCUSSÕES.....	49
4.1	ANOMALIAS FISIOGRAFICAS.....	49
4.2	ESTRUTURAS PLANARES	50
4.2.1	ACAMAMENTO	50
4.2.2	FOLIAÇÃO.....	50
4.3	ESTRUTURAS LINEARES COMO INDICATIVOS DE EVENTOS DEFORMACIONAIS	51
4.3.1	LINEAÇÕES DE CRENULAÇÃO.....	51
4.3.2	LINEAÇÕES DE INTERSEÇÃO	51
4.3.3	LINEAÇÃO DE ESTIRAMENTO	52
4.4	PROPOSIÇÃO DE MODELOS EVOLUTIVOS	52
4.4.1	NAPPES EM SISTEMA DE EMPURRÕES.....	52
4.4.2	SISTEMAS DE EMPURRÃO	56
CAPÍTULO 5	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

CAPÍTULO 1

APRESENTAÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero (QFe) (Dorr, 1969; Alkmim & Teixeira, 2017) constitui uma das províncias metalogenéticas mais importantes do mundo, situado no centro-sudeste de Minas Gerais e reconhecido pela ocorrência de expressivos depósitos de ferro e ouro. A região é também um dos laboratórios naturais mais estudados da geologia brasileira e mundial, resultado de sua complexidade estrutural e diversidade litoestratigráfica. Os primeiros levantamentos sistemáticos foram conduzidos pelo United States Geological Survey (USGS) entre 1945 e 1965, sendo posteriormente compilados por Dorr (1969). Desde então, acumulou-se um vasto corpo de dados geológicos, com ênfase em estudos estruturais, geotectônicos, geocronológicos e metalogenéticos (Noce *et al.*, 1992; Endo, 1997; Alkmim & Marshak, 1998; Almeida *et al.*, 2001).

A evolução estrutural do QFe está associada a múltiplos eventos tectônicos que afetaram a borda meridional do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977; Endo, 1997; Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2005), gerando *nappes*, megadobras alóctones e complexos sistemas de falhas e zonas de cisalhamento. Entre as principais estruturas, destaca-se o Anticlinal de Mariana, delimitado por importantes falhas regionais, como a Falha de São Vicente (Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2005), e inserido no contexto da *Nappe* Ouro Preto.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objeto de estudo a Serra da Brígida (SB), situada no flanco sul do Anticlinal de Mariana. A área em questão destaca-se tanto pela relevância geológica, em razão de sua elevada complexidade estrutural e do potencial para o entendimento das interações entre deformação tectônica e evolução morfoestrutural. Do ponto de vista patrimonial, destaca-se pela presença do sítio arqueológico do Morro da Queimada e pelos registros de modificações significativas na paisagem, associadas tanto à mineração ao longo dos últimos três séculos e da atividade de extração de bauxita nas últimas décadas.

O trabalho fundamenta-se em um contexto metodológico que integra levantamento de dados de campo, análises de bancos de dados e técnicas de sensoriamento remoto (RADAR),

possibilitando a investigação sistemática das interações entre estruturas deformacionais e a evolução morfoestrutural da área de estudo.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é compreender as relações de controle exercidas pelas estruturas deformacionais registradas na região da SB com o relevo associado. Para tal, tem-se como objetivos específicos:

- a) Produzir mapas temáticos derivados de dados de sensoriamento remoto (RADAR), com o intuito de avaliar as relações entre as estruturas mapeadas em diferentes escalas (regional e local) e a morfologia do relevo;
- b) Refinar o mapeamento geológico da Serra da Brígida, incorporando ajustes em escala local a partir da integração de dados de campo e de sensoriamento remoto;
- c) Propor um modelo evolutivo que sintetize e integre os aspectos estruturais e morfoestruturais característicos da região de estudo;

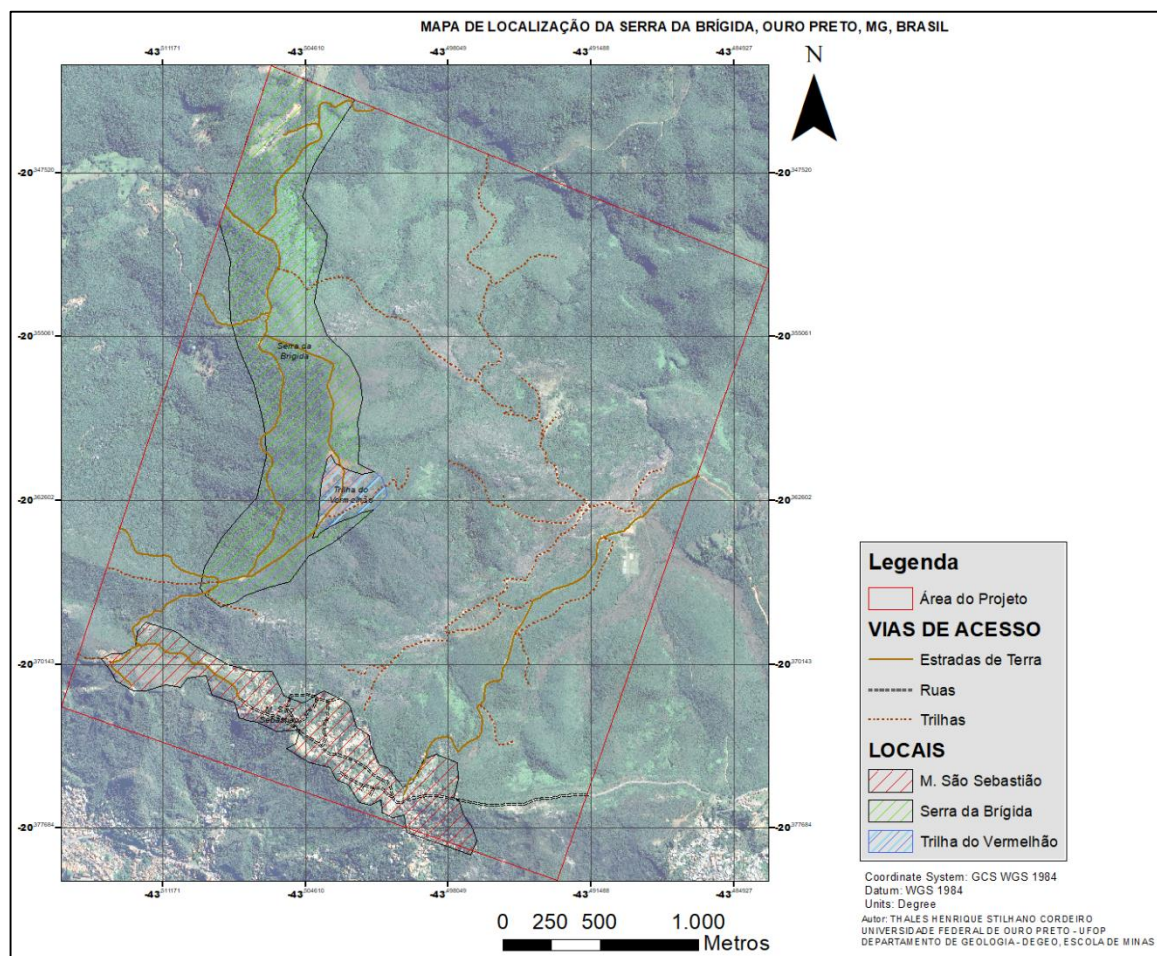
1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo está situada no bairro Morro São Sebastião, localizado no município de Ouro Preto, região centro sul do estado de Minas Gerais (FIG. 1).

O acesso inicial ocorre a partir de Belo Horizonte pela BR-356 em direção a Ouro Preto.

A partir do município de Ouro Preto, o acesso ao bairro pode ser feito pela BR-356, por duas rotas principais: a Rua Quinze de Agosto, com início na Praça Tiradentes, e a Rua Henri Gorceix, também originada no centro histórico. Alternativamente, a área pode ser alcançada pela Estrada da Purificação, que se conecta à MG-129 em direção a Antônio Pereira. Para atingir as regiões centrais do polígono de estudo, destacam-se duas vias que partem do bairro Morro São Sebastião: a Rua Rio Doce, que se inicia no bairro e termina no Parque das Andorinhas, e a Rua Rio das Velhas, situada nos limites finais da área urbana, seguindo paralelamente à Serra da Brígida até a Trilha do Vermelhão (FIG. 1). Além dessas opções, diversas trilhas não pavimentadas permitem o acesso a setores mais remotos da área de estudo.

FIG. 1 - Mapa de localização e vias de acesso da área de estudo.

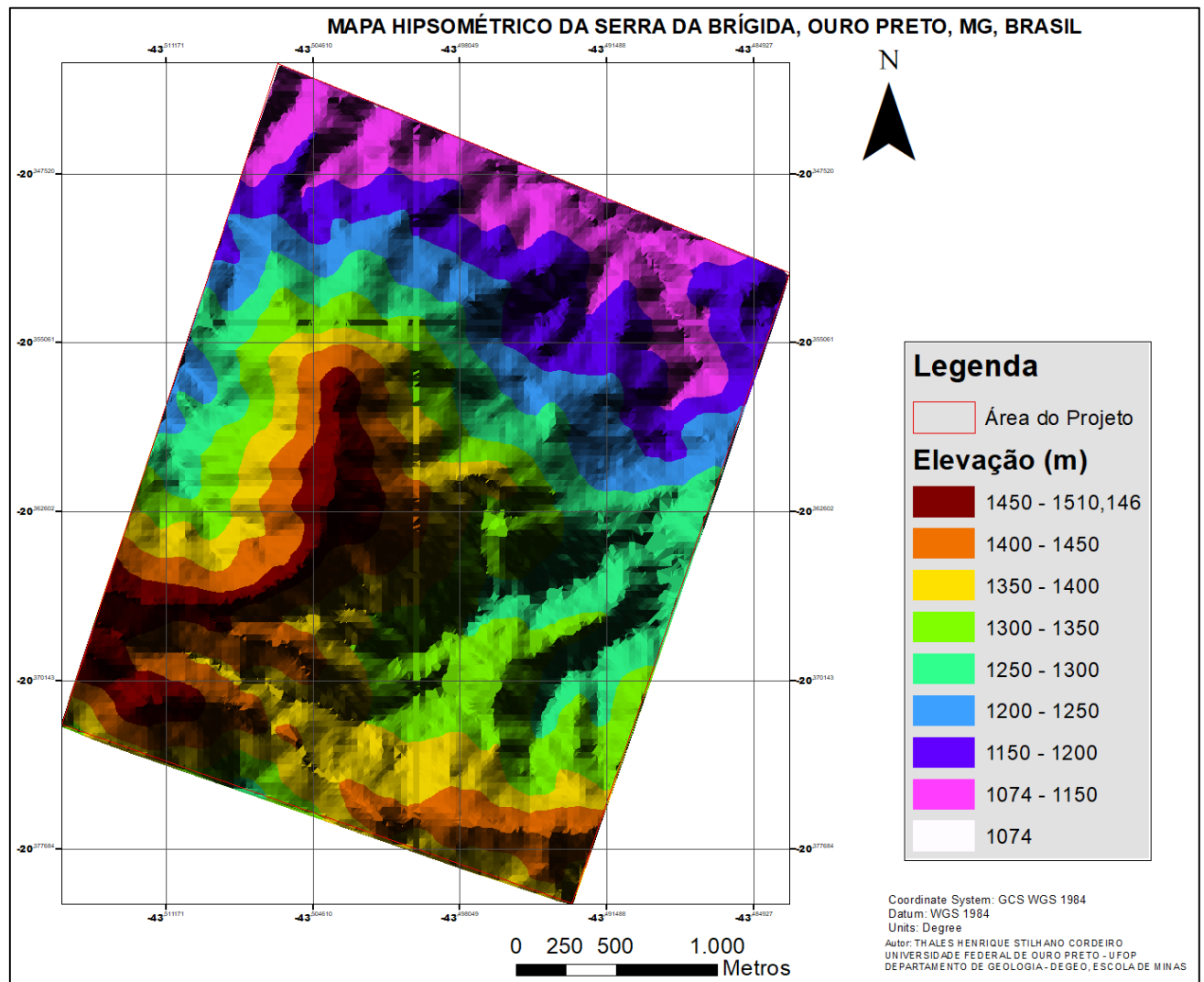


Fonte: Elaborado pelo autor.

1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A área em que este trabalho está situado possui algumas expressões morfológicas que são visualmente características, conforme a FIG. 2, na porção sul, é visível um segmento de serra com cristas de direção aproximadamente E-W, com altitudes variando entre 1350 e 1510 metros. Na porção oeste, está localizada a Serra da Brígida, um segmento de serra curvilíneo, com concavidade para NW. Nesta porção, são encontradas as maiores altitudes com a predominância de elevações entre 1400 e 1510 metros, e nela, está situada a trilha do Vermelho e o mirante da Serra da Brígida (FIG. 1). Na região leste, concentram-se cristas com direção NW-SE e vales paralelos. Por fim, na zona norte, concentram-se as mais baixas altitudes, com variações entre 1074 e 1250 metros, possuindo áreas de drenagens com direções E-W, e também, as cristas e vales de menor expressão possuem direções com tendência à N-S, sendo algumas curvilíneas migrando para NE-SW.

FIG. 2: Mapa hipsométrico mostra a elevação da região mapeada. As cores quentes indicam regiões mais altas enquanto as cores frias, indicam regiões de menor elevação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

1.5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente foi conduzido um estudo preliminar da região da Anticlinal de Mariana. A escolha desse setor baseou-se em três fatores principais: (1) o contexto histórico, marcado pelo elevado interesse econômico e pela expressiva geodiversidade; (2) a variabilidade tectonoestrutural, evidenciada pela presença de estruturas relevantes, como falhas e dobramentos; e (3) a escassez de dados, considerando tratar-se de uma área ainda pouco explorada em termos de pesquisa e com reduzida abordagem na literatura.

Após a escolha do polígono, como parte importante do pré-campo, deu-se início a etapa de geoprocessamento inicial onde foram elaboradas diversas bases cartográficas com a intenção de contribuir para a etapa de mapeamento.

1.6 SENSORIAMENTO REMOTO

1.6.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE

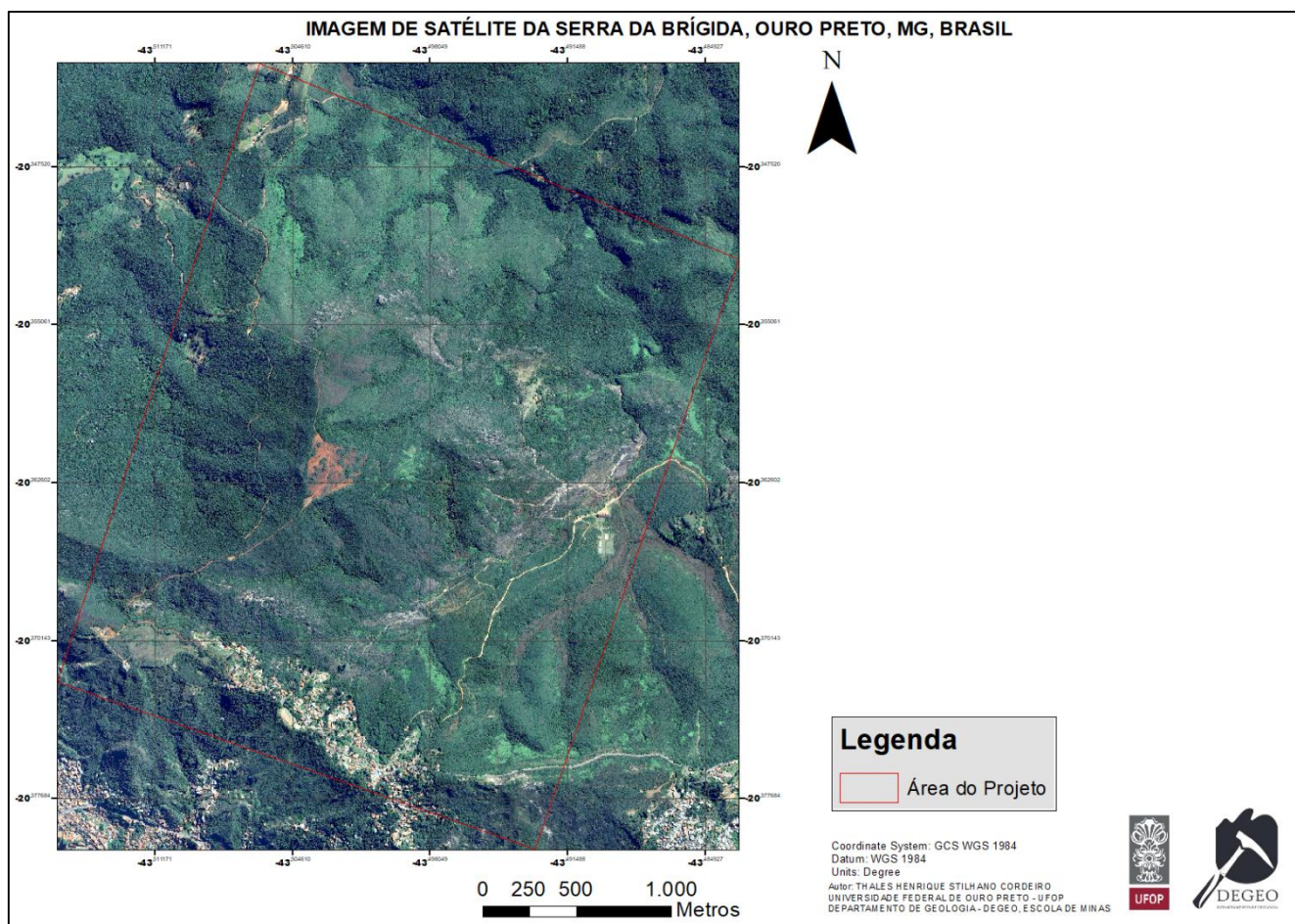
Para a compreensão de aspectos morfológicos e urbanos, é indispensável o uso de um mapa georreferenciado elaborado a partir de imagens de satélite, o qual servirá de base para a interpretação detalhada da região de estudo.

Inicialmente as imagens de satélite foram exportadas do software GoogleEarth de resolução 8192x4320 pixels (8k UHD). Com isso, a imagem foi importada para o software ArcMap onde foi feito manualmente seu georreferenciamento. A escolha do georreferenciamento manual em detrimento do uso de imagens já georreferenciadas por softwares (como o SAS Planet), a fim de garantir maior qualidade visual ao produto final, mantendo os principais aspectos morfológicos e evitando possíveis distorções.

Após o georreferenciamento, a próxima etapa foi escolher o datum de localização para que fosse possível o incremento de linhas de grade com localização, com isso foi decidido o uso do datum WGS 1984 em graus decimais (latitude e longitude).

A última etapa consistiu na definição final do layout e exportação do mapa georreferenciado, que foi usado para a confecção dos mapas topográficos (FIG. 3).

FIG. 3 - Mapa de localização geoespacial da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.6.2 CONFECÇÃO DE MAPAS TOPOGRÁFICOS

Para a elaboração dos mapas topográficos, e consequentemente, dos mapas geológicos base e modelo digital de terreno, foi necessária a aquisição de imagens de RADAR (*Radio Detection and Ranging*). O RADAR baseia-se no princípio de emissão de pulsos de ondas eletromagnéticas por meio de um sensor ativo, que são refletidos por objetos no ambiente e posteriormente absorvidos por sensores, que geralmente são emitidos/absorvidos por estes mesmos equipamentos.

Foram utilizadas imagens da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibilizadas gratuitamente pelo site Earth Explorer da USGS (United States Geological Survey). Os dados foram adquiridos no formato GeoTIFF e já vêm georreferenciados no datum WGS84.

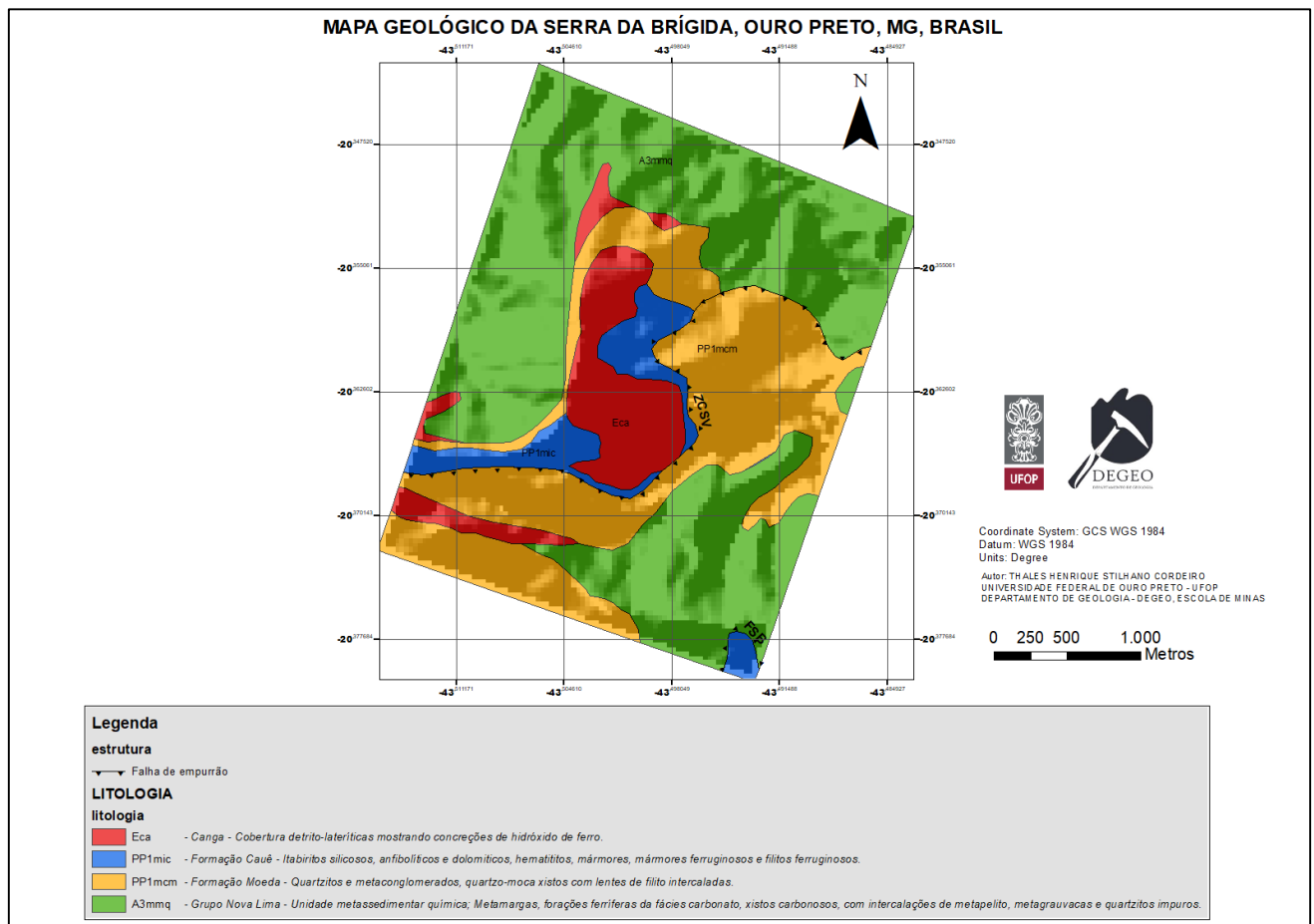
1.6.3 ELABORAÇÃO DO MAPA GEOLÓGICO BASE

Como parte importante para os trabalhos de campo, foi necessário a elaboração de um recorte do mapa geológico regional a fim de adquirir informações sobre a litologia local, e com isso, foi usado de base o Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero (Endo, *et al.*, 2019) em escala 1:150.000.

Esta base cartográfica foi importada para o ArcMap e sobreposta pelo polígono na área, para, posteriormente, realizar eventuais ajustes litológicos, bem como estruturas (falhas e dobramentos). A fim de se destacar o relevo e suas litologias associadas, foi também colocado por meio de transparência, uma imagem de *hillshade* derivada da base SRTM (FIG. 5).

Por fim, foram adicionados os elementos cartográficos para uma melhor leitura desta base.

FIG. 5 - Mapa geológico base da área de estudo com seus elementos geomorfológicos.



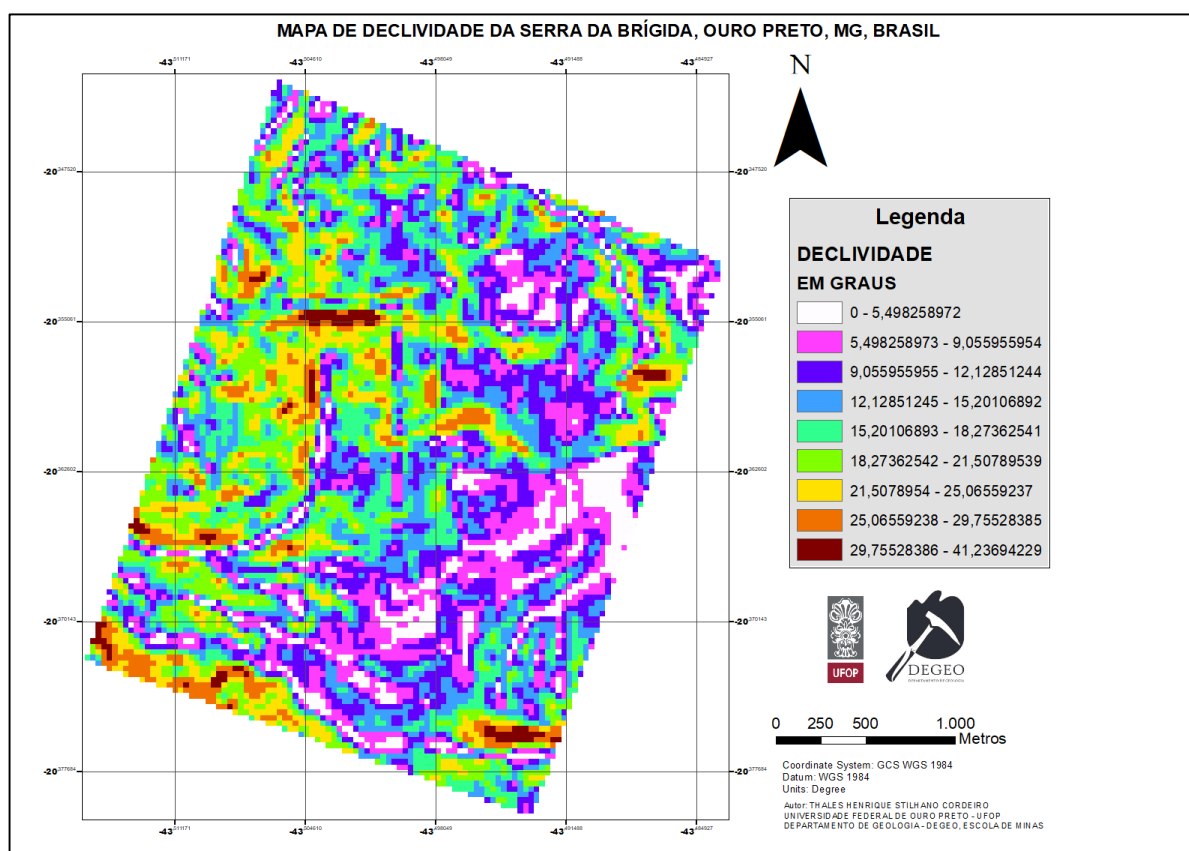
Fonte: Elaborado pelo autor.

1.6.4 ELABORAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO (MDT)

As últimas bases cartográficas elaboradas foram modelos digitais de terreno. Os modelos digitais de terreno (MDT) são imagens/arquivos que contém informações de elevação ou dados que refletem uma característica específica da superfície. Sobre este ponto, foi produzido dois principais mapas, que serão utilizados para facilitar a localização de contatos e estruturas de falha. A primeira base (FIG. 2) foi um mapa hipsométrico que indica a altitude do terreno.

A segunda (FIG. 6) foi um mapa de declividade que indica a inclinação do terreno em graus usando as curvas de nível, antes processadas. Posteriormente, foi usado a ferramenta *Slope*, incluída no ArcMap. Então, em ambos os produtos, foram adicionadas informações cartográficas.

FIG. 6 - Mapa de declividade, evidenciando a variação de declividade do terreno (em graus). As cores quentes indicam um relevo mais inclinado enquanto as cores mais frias mostram um terreno plano.



Fonte: Elaborado pelo autor.

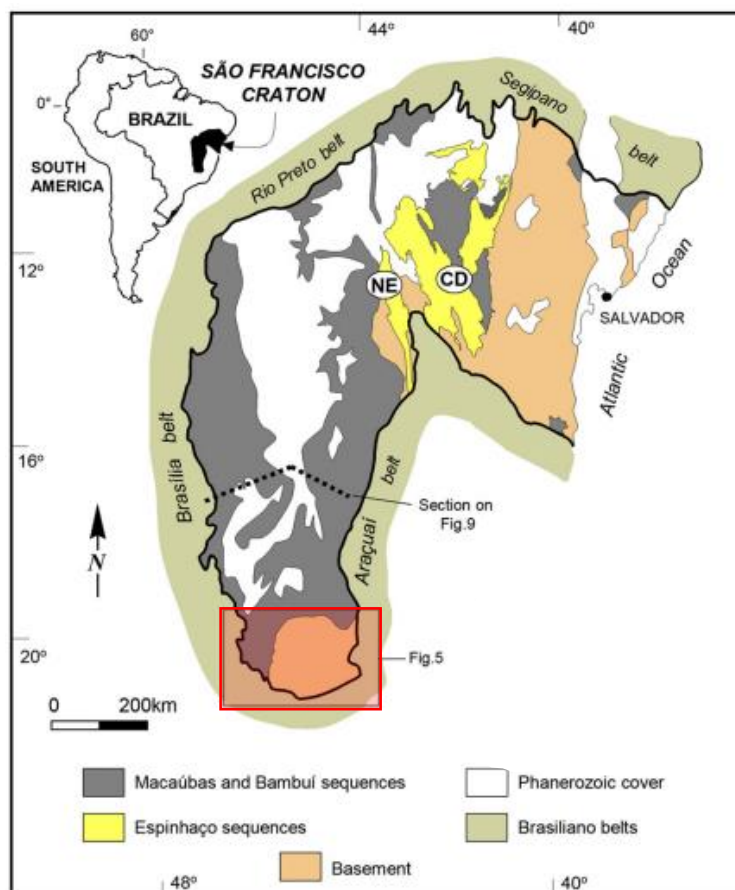
CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

O Cráton do São Francisco (CSF) está localizado no centro-leste da plataforma Sul-Americana, abrange a maior parte dos estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás (FIG. 7) e é caracterizado como uma unidade geotectônica delimitada por orógenos brasileiros, com destaque para o Araçuaí, Ribeira e Brasília, (Almeida, 1977; Heilbron *et al.*, 2017), correspondendo como uma das regiões mais estudadas no Brasil por conter importantes províncias metalogenéticas.

FIG. 7 - Mapa ilustrativo do Cráton do São Francisco salientado (em vermelho, ao extremo sul) a região onde afloram rochas do embasamento. O limite à direita deste retângulo representa o Quadrilátero Ferrífero (QFe).



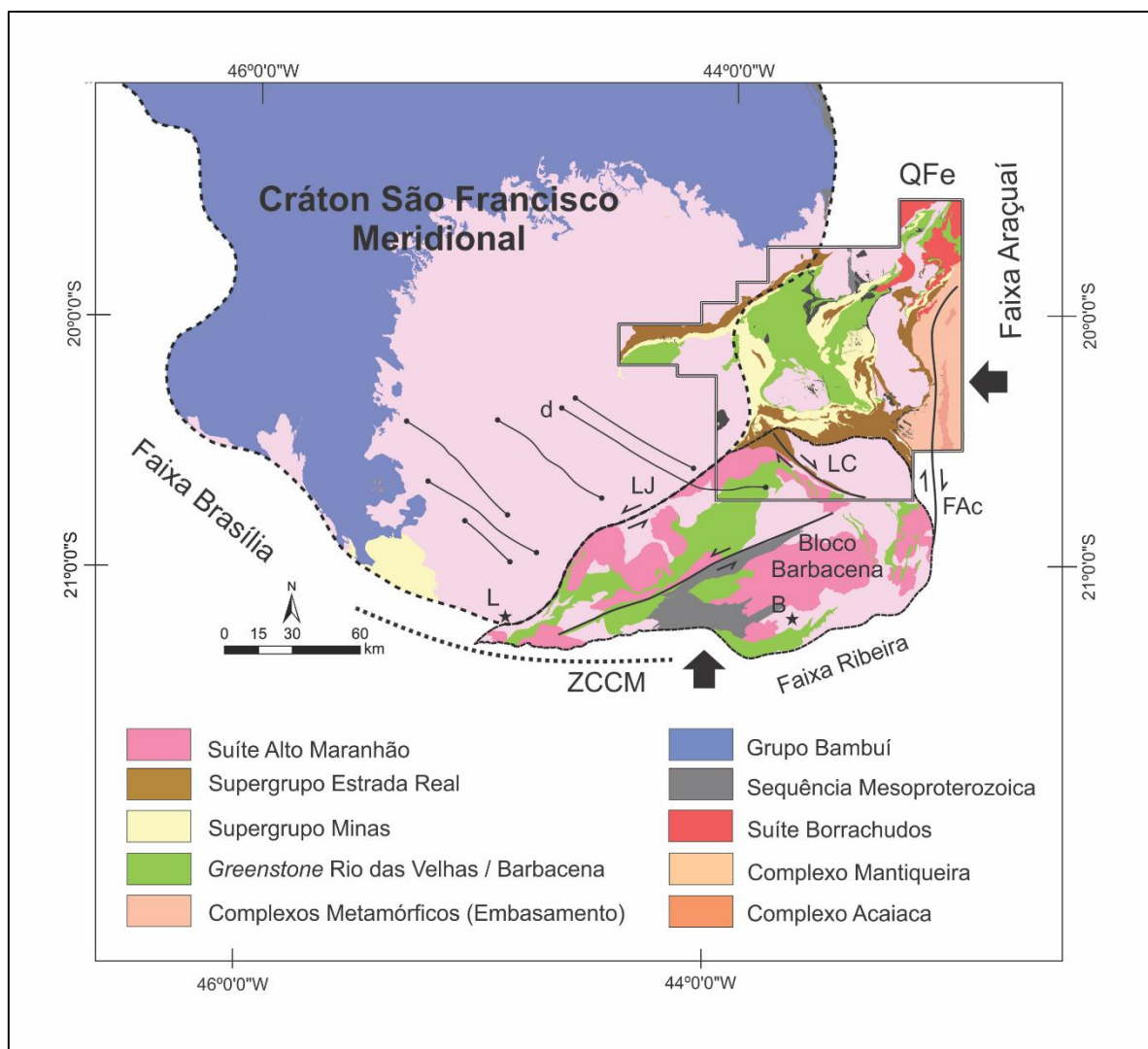
Fonte: Modificado de Alkmim e Martins-Neto (2012).

2.2 O QUADRILÁTERO FERRÍFERO

Ao extremo sul do CSF, está localizado o Quadrilátero Ferrífero (QFe), uma megaestrutura que é resultado de várias fases e eventos tectônicos distintos e compreende diversas unidades (FIG. 8) com diferentes processos de deformação e idades.

De acordo com Chemale Jr. *et al.*, (1994), a região foi afetada por dois eventos principais: um de caráter extensional, no Paleoproterozoico, e um compressivo no Neoproterozoico. Já Endo (1997) propõe a sobreposição de três ciclos tectônicos principais: Jequié, Transamazônico e Brasiliano. Modelos mais recentes, de Almeida *et al.*, (2002) e Endo *et al.*, (2005), simplificam essa evolução em duas fases de deformação: a formação de grandes dobras recumbentes e o posterior redobramento dessas estruturas.

FIG. 8: Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco meridional, destacando sua relação com as faixas de idade brasileira, o Bloco Barbacena e o Quadrilátero Ferrífero (QFe).



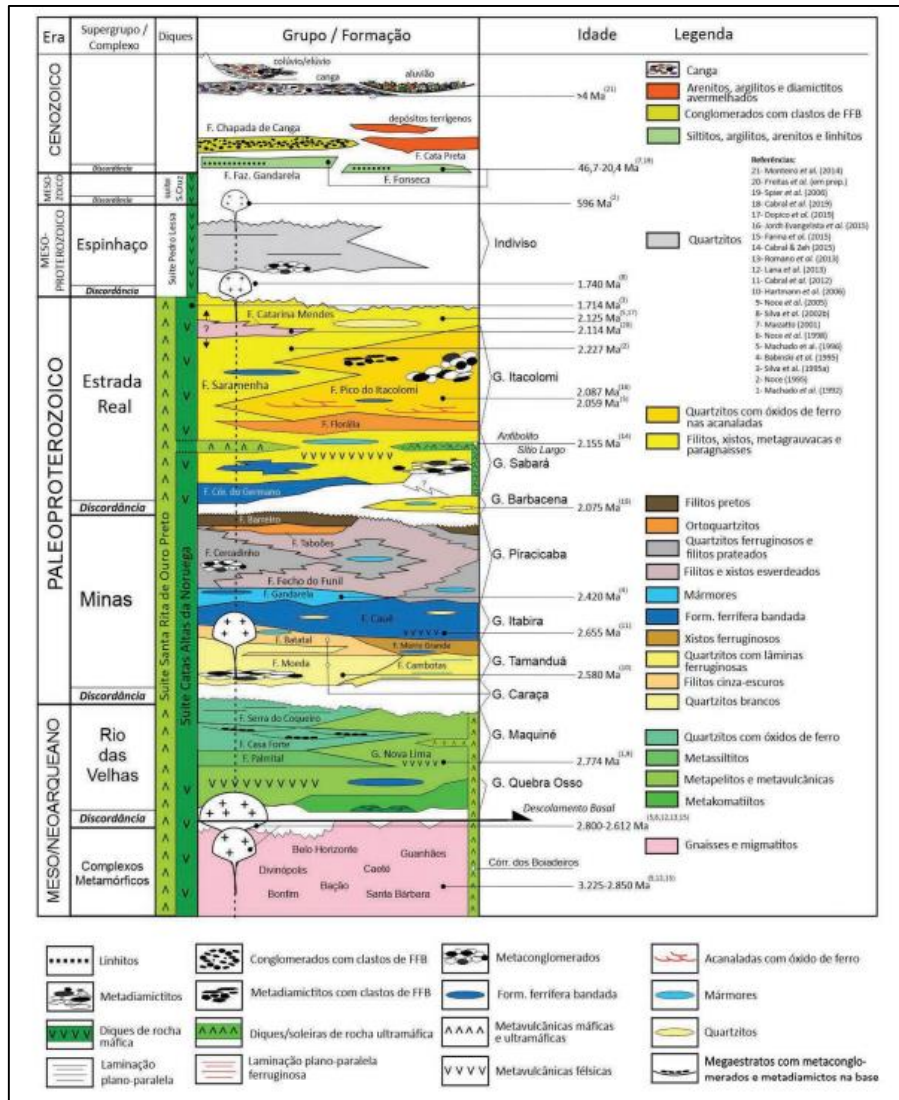
Fonte: Endo *et al.*, 2020.

2.3 LITOESTRATIGRAFIA DO QFE

O arcabouço litoestratigráfico da área é composto por diversas unidades, entre elas pode-se citar: i) Complexos granito-gnáissicos, constituídos por ortognaisses; Unidades metavulcanossedimentares e vulcânicas do Supergrupo Rio das Velhas; ii) Unidades metassedimentares e químicas paleoproterozóicas do Supergrupo Minas; iii) Quartzitos e filitos do Supergrupo Estrada Real; iv) Unidades Cenozóicas compostas por arenitos e sedimentos não consolidados (FIG. 9). (Dorr, 1969; Endo, 1997; Alkmim; Marshak 1998; Farina *et al.*, 2015; Farina *et al.*, 2016).

Na área deste trabalho estão destacadas unidades metavulcânicas do Supergrupo Rio das Velhas, especificamente rochas do Grupo Nova Lima, unidades metassedimentares da Formação Moeda e rochas metassedimentares químicas da Formação Cauê, integrantes do Supergrupo Minas.

FIG. 9 - Coluna litoestratigráfica o Quadrilátero Ferrífero.



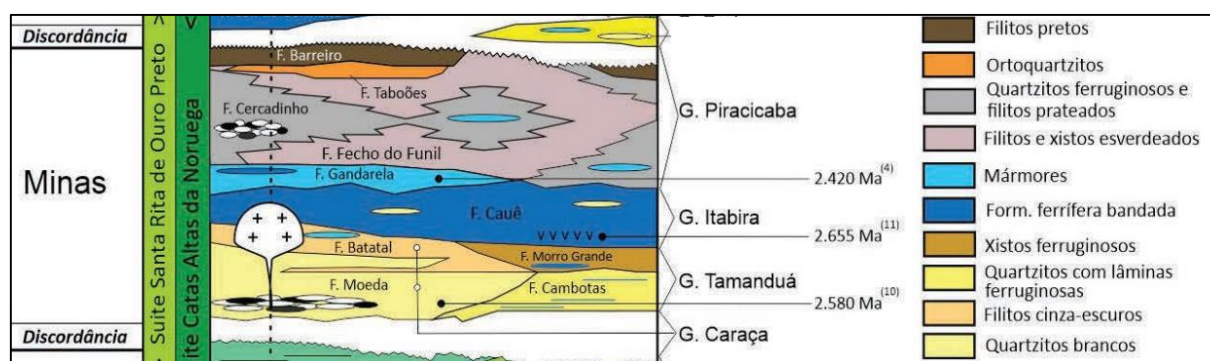
Fonte: Modificado de Endo *et al.*, 2019b.

2.3.1 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS (SGRV)

O Supergrupo Rio das Velhas (SGRV) foi reconhecido inicialmente por Almeida (1976) como *greenstone belts* e posteriormente estudado por autores como Ladeira (1980), Oliveira et al (1983), Zucchetti, Lobato & Baltazar (2000). Essa unidade foi reconhecida por rochas metavulcânicas, metavulcanossedimentares e sedimentares-químicas. O SGRV é composto pelas principais unidades estratigráficas (FIG. 10), da base para o topo (Endo *et al.*, 2019b): i) Grupo Quebra Osso; ii) Grupo Nova Lima; iii) Formação Palmital; iv) Formação Casa Forte; v) Formação Serra do Coqueiro.

O SGM, da base para o topo, é composto pelos grupos Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba (FIG. 11), constituindo uma sucessão de sequências metassedimentares (Dorr, 1969). No escopo deste trabalho serão abordados os grupos Caraça e Itabira, onde na área do trabalho, estão presentes a Formação Moeda e a Formação Cauê, integrantes do Grupo Caraça e do Grupo Itabira, respectivamente.

FIG. 11 - Coluna estratigráfica do Supergrupo Minas.



Fonte: Modificado de Endo *et al.*, 2019b.

2.3.2.1 GRUPO CARAÇA

O Grupo Caraça, definido por Dorr *et al.* (1957) é constituído majoritariamente por unidades psamíticas, pelitos e conglomerados de características aluviais e marinhos, as quais representam a mudança de uma fase rifte para um ambiente tectônico de margem passiva (Dorr *et al.*, 1957; Dorr, 1969; Alkmim e Marshak, 1998). Este grupo é constituído, da base para o topo, pela Formação Batatal e pela Formação Moeda (Dorr, 1969).

2.3.2.2 FORMAÇÃO MOEDA

A Formação Moeda (FIG. 11), com aproximadamente 500 metros de espessura é composta por quartzitos, quartzitos sericíticos, filitos e metaconglomerados (Dorr, 1969) e possui uma certa relevância econômica pela concentração aurífera localizada nos seus metaconglomerados, caracterizando um importante depósito de paleoplacer (Lobato e Pedrosa-Soares, 1993). Essa unidade está localizada na região sul e central da área de estudo (FIG. 3).

2.3.2.3 GRUPO ITABIRA

O Grupo Itabira, estratigraficamente acima do Grupo Caraça, possui uma grande importância econômica, devido a exploração de minério de ferro nas últimas décadas e é composto pela Formação Cauê e Formação Gandarela (Dorr, 1969) representando o estágio

íntegro de uma bacia de margem passiva, pela presença da deposição química de sedimentos (Alkmim e Marshak, 1998).

A Formação Cauê (FIG. 11), abordada no próximo tópico, é composta majoritariamente por formações ferríferas bandadas (BIF's) sendo algumas porções anfíbolíticas e dolomíticas (Dorr, 1969), enquanto a Formação Gandarela, que sobrepõe a Fm. Cauê, é composta predominantemente por mármore dolomíticos, dolomitos ferruginosos e itabiritos e filitos localizados (Dorr *et al.*, 1957).

2.3.2.4 FORMAÇÃO CAUÊ

Como integrante do Grupo Itabira, a Formação Cauê é composta essencialmente por itabiritos, itabiritos anfíbolíticos, itabiritos dolomíticos, filitos e quartzitos e mármore subordinados (Dorr *et al.*, 1957; Dorr, 1969). Com aproximadamente 300 metros de espessura, podendo alcançar mais de 1500 metros devido a deformação atuante no QFe (Dorr *et al.*, 1957; Dorr, 1969, Amorim & Alkmim, 2011), essa unidade representa um dos maiores corpos de ferro de alto teor, caracterizando uma importância extremamente relevante para a economia do país. Essa unidade é encontrada juntamente à Formação Moeda e também pode ser localizada na porção central e sul da área do trabalho.

2.3.3 COBERTURA CENOZOICA

Os sedimentos de idade cenozoica (FIG. 9) encontrados no QFe encontrando-se à bacias restritas, sendo designadas pela Formação Fonseca, Formação Fazenda do Gandarela e Formação Gongo Soco e são constituídas majoritariamente por argilitos, siltitos, conglomerados e canga (Dorr 1969; Endo *et al.*, 2019).

2.3.3.1 CANGAS

A canga é caracterizada como um aglomerado de rocha formada por fragmentos de formações ferríferas, filitos e quartzo unidos por um cimento de óxido de ferro (Dorr, 1969). No QFe, a principal fonte detrítica das cangas é derivada da Formação Cauê, e seu cimento limonítico foi dissolvido no estado ferroso, transportado e redepositado na superfície. Assim, há a conversão, pela mudança do estado de oxidação, do ferro ferroso solúvel em ferro insolúvel (Dorr, 1969; Endo *et al.*, 2019).

2.4 CONSOLIDAÇÃO DA MODELAGEM EVOLUIVA DO QFE

O Quadrilátero Ferrífero (QFe) apresenta um arcabouço estrutural de elevada complexidade, marcado pela grande diversidade de estruturas e pela superposição de múltiplos eventos deformacionais. Portanto, é inevitável que para este trabalho sejam analisadas a evolução do pensamento evolutivo para o QFe para o modelamento da região de estudo.

O trabalho de Chemale Jr. *et al.* (1994), propõe um modelo de evolução no qual identifica dois principais eventos deformacionais que afetaram a região. O primeiro, de caráter extensional ocorreu no Paleoproterozoico (2,1 – 1,7 Ga), pertencente ao ciclo Transamazônico, foi responsável pela formação dos domos granito-gnáissicos e megassinclinais. O segundo, um evento compressivo Neoproterozoico (650 – 500 Ma), parte do ciclo Brasileiro/Pan Africano, resultando na criação de um cinturão de dobras e cavalgamento (fold-and-thrust belt) com vergência para leste.

Endo (1997) propõe que a evolução do QFe ocorreu por uma superposição de três principais ciclos tectônicos, sendo eles o Jequié, Transamazônico e Brasileiro. O ciclo Jequié ocorreu entre 2.780 e 2.555 Ma sendo caracterizado por um regime transpressional. Esse ciclo foi dividido em três eventos tectônicos. O primeiro (Rio das Velhas I), caracterizado como de maior intensidade é atribuído à orogênese Rio das Velhas e gerou fraturas de direção N-E e NE-SW servindo como um alojamento para granitoides. O segundo evento (Rio das Velhas II) gerou a superposição paralela de planos de cisalhamento e a geração de falhamentos de orientação principal NW-SE e E-W. O terceiro evento (Rio das Velhas III) foi atribuído à orogênese Maquiné e foi responsável pelo alojamento de plútons e pela reativação de estruturas anteriores.

Para o ciclo Transamazônico, o autor subdivide em quatro eventos tectônicos, sendo dois extensionais e dois compressivos de forma alternada e foram interpretados como dois megaeventos progressivos. O primeiro foi relacionado a orogênese Minas, que culminou na inversão da bacia de mesmo nome e gerou descontinuidades de regime dextral com transportes para SW com a formação de estruturas posteriores de regime transtrativo, também dextral. Endo (1997) também cita as feições estruturais geradas por este evento, entre elas desacatam-se as zonas de cisalhamento Moeda-Bonfim, Água Quente e Curral e domos representado pelos complexos metamórficos Bação, Caeté, Santa Bárbara e Bonfim (FIG. 12). O segundo megaevento, denominado pelo autor como orogênese Itacolomi, seria responsável pelo

transporte tectônico das unidades para N-NW e cinemática sinistral e por forças extensionais para SE.

O ciclo Brasileiro (FIG. 12), pelo ponto de vista de Endo (1997), foi subdividido em dois eventos tectônicos transpressionais de direções NE-SW. O primeiro e mais antigo evento, possui cinemática dextral gerou sistemas de cavalgamentos e dobramentos com transporte tectônico para NW e outras regiões (porção setentrional) para W culminando no estreitamento do Sinclinal Moeda e no deslocamento do domo do Bação. Por fim, o segundo evento é caracterizado por ser uma fase extensional posterior a orogênese e originou sistemas de dobras com vergência para leste e o soerguimento do embasamento. Ainda definiu um evento tardio, com baixa intensidade, caracterizado por um cisalhamento sinistral transpressivo. Esta fase é observada por dobramentos com planos axiais de direções NE-SW e E-W e pela reativação localizada de estruturas preexistentes.

Nos anos recentes, Almeida *et al.* (2002), Endo *et al.* (2005) & Endo *et al.* (2020) introduziram um modelo evolutivo para o QFe o qual testemunham duas fases principais de deformação (FIG. 12). A primeira foi responsável pela geração de megadobramentos recumbentes (discutido no capítulo 2) que foram transportados ao longo de um plano de cavalgamento (nappes) e associadas a elas, houve a geração de uma xistosidade penetrativa S1 plano paralela ao acamamento. A segunda fase foi responsável pelo redobramento dos flancos das nappes, indicado pela presença de uma clivagem S2 penetrativa e oblíqua ao acamamento, com vergências para SSW e lineações de interseção com caimentos para ESE.

FIG. 12: O quadro mostra uma síntese eventos tectônicos do Quadrilátero Ferrífero (QFe), com foco nos processos e produtos tectono-deformacionais, magmáticos e sedimentares.

Era	Eventos Tectônicos	Regime Tectônico	Fase de Deformação	Processos e Produtos Tectônicos	
				Domínio da <i>Nappe</i> Curral	Domínio do Sistema de <i>Nappes</i> Ouro Preto
Cenozoico	Sul-Atlântico			Formação de depósitos terrígenos, aluviões, elúvios e colúvios	
		Compressão	F5	Fase de fraturamentos, falhamentos e reativações de descontinuidades crustais herdadas.	
		Extensão		Deposição dos sedimentos que compõem as formações Fonseca, e Fazenda do Gandarela e Gongo Soco e posteriormente das formações Cata Preta e Chapada de Canga.	
Mesozoico		Extensão		Magmatismo máfico: Suíte Santa Cruz	
Neoproterozoico	Brasiliano	Compressão NS	F4	Nucleação dos sinformes Dom Bosco, Nova Lima-Brumal e Itabira e antiformes Furquim e João Monlevade de direções axiais EW por processo de indentação do bloco Barbacena com movimento de sul para norte. Redobramento do sinforme Dom Bosco: Dobra em "L" de Almas-Segredo (<i>miter folding</i>). Formação de clivagens de crenulação E-W e dobras de escala mesoscópica vergentes para N. Intrusão de corpos de granitos e pegmatitos no domínio do sinforme Dom Bosco. Reativação das falhas Marinho da Serra, Cata Branca, Congonhas e correlatas (cinemática dextral). Rotação horária, de aproximadamente 45°, dos diques das suítes Santa Rita de Ouro Preto e Catas Altas da Noruega no domínio de influência do bloco Barbacena. Amplificação e rotação dos sinclinórios de Itabira e João Monlevade-Rio Piracicaba por mecanismo de <i>flanking folds</i>.	
		Compressão EW	F3	Formação de clivagens de crenulação N-S e dobras de escala mesoscópica vergentes para W e, localmente, para E. Inversão do flanco E do Sinclinal Moeda. Nucleação do Sinclinal Cláudio Manoel e Anticlinal Acaiaca. Reativação de descontinuidades pretéritas com geração de foliação nas rochas máficas e ultramáficas. Geração dos sinclinais Alegria e Fábrica Nova por mecanismo de <i>flanking folds</i> sem geração de clivagem plano-axial associada. Geração de estruturas Andersonianas (fraturas conjugadas, de alívio e de tração) e posteriormente basculadas para E. Fraturas de alívio NS preenchidas por veios de quartzo e de tração preenchidas por corpos de hematita. Falhas Marinho da Serra, Cata Branca, Congonhas e correlatas (cinemática sinistral).	
		Extensão		Magmatismo máfico: Suíte Pedro Lessa	

Era	Eventos Tectônicos	Regime Tectônico	Fase de Deformação	Processos e Produtos Tectônicos	
Meso-proterozoico	Espinhaço	Extensão	Formação da bacia Espinhaço		
Paleoproterozoico	Pós-Minas	Extensão	Magmatismo máfico/ultramáfico e alcalino: diques de direção E-W e N-S: Suíte Santa Rita de Ouro Preto/Suíte Catas Altas da Noruega e Suíte Borrachudos.		
	Minas	Compresão	F2	Fase F2: Localmente presente no domínio da estrutura <i>pop-up</i> delimitado pelas falhas Casa Branca e Serra das Gaivotas. Dobras de propagação da falha Cata Branca: Morro do Chapéu e Pau Branco. Xistosidade plano-axial S2 associada na dobra de Morro do Chapéu.	Fase F2: Nucleação do Sistema de <i>Nappes</i> Ouro Preto por redobramento coaxial da <i>nappe</i> F1. Polaridade metamórfica crescente para NNE de fácies xisto-verde para anfibolito. Xistosidade plano-axial S2 associada. Nucleação da Anticlinal de Mariana por ramificação de uma falha cega de lapa da Zona de Cisalhamento São Vicente (Descolamento Basal), na etapa tardia fase F2.
		Compresão	F1	Fase F1: Nucleação da <i>Nappe</i> Curral com vergência para NNE. Polaridade metamórfica crescente para SSW de fácies xisto-verde para anfibolito. Xistosidade plano-axial S1 associada. Intrusão de corpos graníticos no domínio de antepaís (Sinclinal Mangabeiras e Serra do Curral): Ex. Morro do Papagaio	Nucleação da <i>Nappe</i> da fase F1 com vergência para sul: Pré-Sistema de <i>Nappes</i> Ouro Preto.
		Inversão da bacia Minas			
Arqueano	Mamona, Rio das Velhas (I e II) e Santa Bárbara	Eventos tectono-metamórficos pré-Minas			

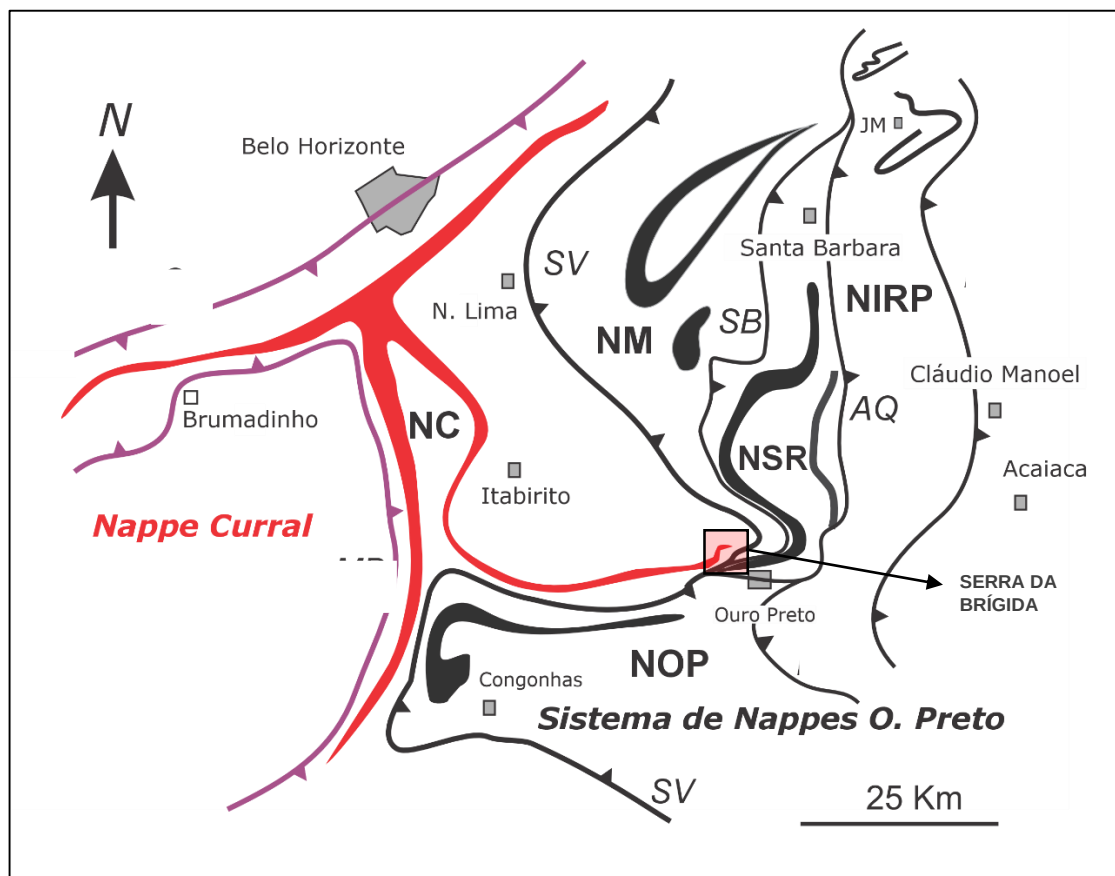
Fonte: Endo *et al.* (2020)

2.5 ARCABOUÇO ESTRUTURAL DO QFE

Como abordado anteriormente, devido a intensas fases e eventos deformacionais que atuaram sobre o QFe, seu arcabouço estrutural é complexo e gera, até hoje, muitas discussões sobre seu modelo evolutivo. Nele existem inúmeros dobramentos de várias gerações e morfologias, estes que estão associados a fases e eventos deformacionais tectônicos distintos.

Com um enfoque nestes dobramentos, são caracterizadas as principais estruturas regionais em: *Nappe* Curral, Sistema de *Nappes* Ouro Preto e dobras de terceira geração, resultantes da amplificação ou do redobramento (FIG. 13) (Dorr, 1969; Endo, 1997; Almeida *et al.*, 2001; Almeida *et al.*, 2002).

FIG. 13 - Ilustração esquemática da característica do sistema de *nappes* no Quadrilátero Ferrífero. Falhas: AQ – Falha Água Quente, SV - Falha São Vicente, SB - Falha São Bento. *Nappes*: NC - *Nappe* Curral, NOP - *Nappe* Ouro Preto, NSR - *Nappe* Santa Rita, NIRP - *Nappe* Itabira-Rio Piracicaba.



Fonte: Modificado de Endo *et al.*, 2019b.

A *Nappe* Curral é caracterizada como uma megadobra alóctone com vergência para norte e compõe a maior parte da geometria do QFe. É observado, na região da Serra do Curral, a Série Minas em posição estratigráfica invertida, e em seu núcleo é possível observar as unidades do SGRV. Essa megadobra possui sua zona de charneira evidenciada pela Serra do Curral e seu flanco normal é observado como uma região redobrada, representada pelo Sinclinal Moeda esse, por sua vez, é recoberto pela *Nappe* Ouro Preto, sendo infletido para formar o Anticlinal de Mariana (Endo *et al.*, 2005). Nesta estrutura, ocorrem diversos dobramentos de segunda ordem, essas são: Anticlinal Bonfim, Anticlinal Curral, Sinclinal Moeda, Sinclinal da

Mutuca, Anticlinal do Fechos, Anticlinal Catarina, Sinclinal das Gaivotas, Sinclinal Mangabeiras (Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2005; Endo *et al.*, 2020).

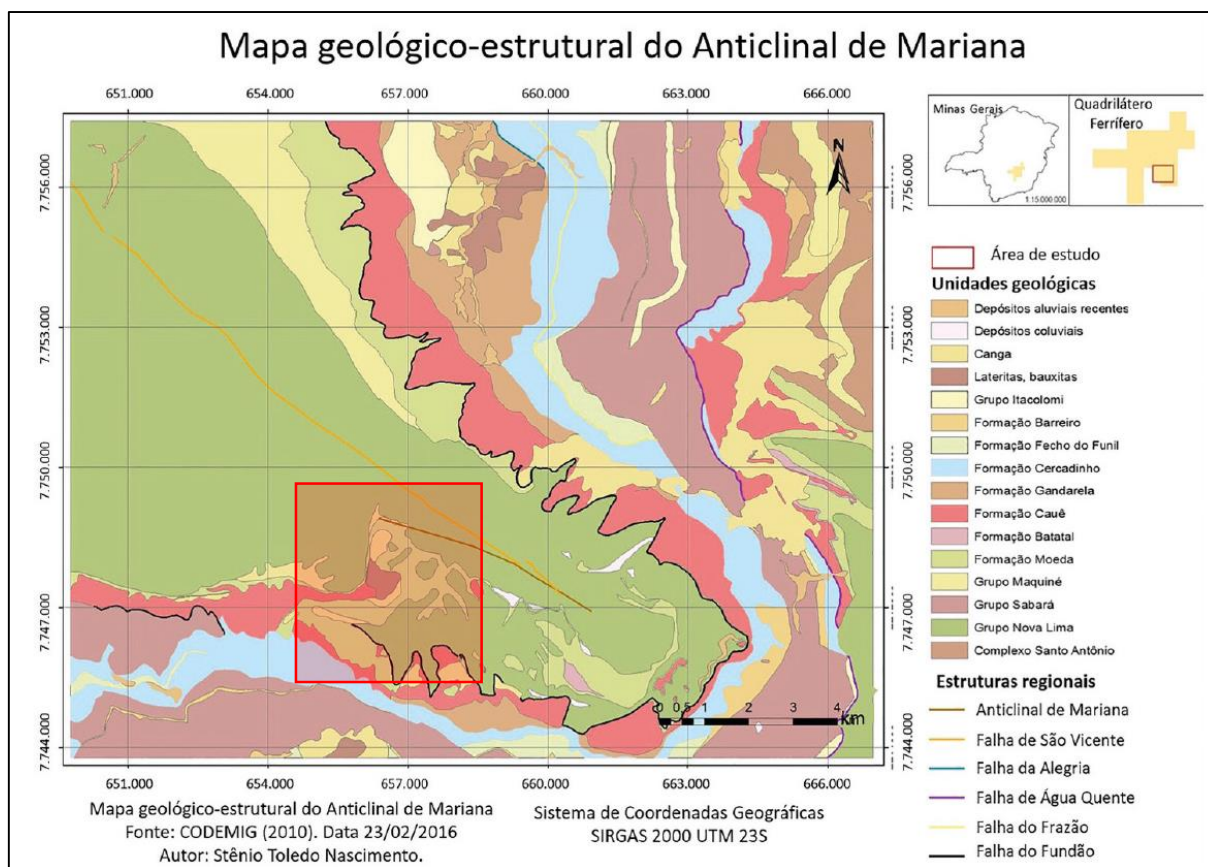
O sistema de *Nappes* de Ouro Preto, da mesma forma que a *Nappe* Curral, compreende um sistema de dobramentos alóctones que está situado sobre ela, com vergência para S-SW, esse sistema é constituído de quatro principais *nappes*, sendo elas: *Nappe* Maquiné; *Nappe* Santa Rita; *Nappe* Ouro Preto e *Nappe* Itabira-Rio Piracicaba. São associadas as seguintes estruturas: Sinclinal Gandarela; Sinclinal Ouro Fino; Anticlinal Conceição; Sinclinal Santa Rita; Sinclinório de Itabira; Sinclinório de João Monlevade-Rio Piracicaba; Anticlinal de Mariana; Sinclinal Dom Bosco (Dorr, 1969; Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2005; Endo *et al.*, 2020).

Este trabalho tem um enfoque em 3 principais estruturas anteriormente citadas, a *Nappe* Ouro Preto, sendo um elemento representativo do sistema de *Nappes* de Ouro Preto; o Anticlinal de Mariana; e as estruturas associadas a esse sistema, como a Zona de Cisalhamento São Vicente e a Falha São Bento, estruturas associadas ao sistema de *nappes* citado.

2.5.1 ANTICLINAL DE MARIANA

Em geral, o Anticlinal de Mariana (FIG. 14) pode ser entendido como uma estruturação de um alçamento estrutural e tectônico de uma porção do Complexo Bação por meio de uma superfície da Zona de Cisalhamento São Vicente, no momento de soerguimento, o que pode ser compreendido como um resultado da manifestação tectônica relacionada ao sistema de *Nappes* Ouro Preto. Ainda nessa megaestrutura, são observadas falhas regionais ao longo de sua continuidade como a Falha de Alegria, Falha de Água Quente e Falha do Frazão (Alkmim; Marshak, 1998, Almeida *et al.*, 2001; Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2005, Endo *et al.*, 2020).

FIG. 14 - Mapa litoestrutural do Anticlinal de Mariana, destacando-se, em vermelho, a região de estudo.



Fonte: Modificado de Nascimento e Castro (2019). Disponível em:

<https://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-6-1477.html>.

2.5.2 ZONA DE CISALHAMENTO SÃO VICENTE (ZCSV)

A Zona de Cisalhamento São Vicente (ZCSV) é caracterizada como uma superfície de descolamento basal relacionada diretamente ao Sistema de *Nappes* Ouro Preto (FIG. 13 e 14). Essa estrutura possui cinemática dirigida para SSW, com a existência de estruturas de vorticidade horária, e também, anti-horárias, compreendidas respectivamente como transporte do descolamento basal e como parte do sistema de dobras da *Nappe* Maquiné (FIG. 13) (Dorr, 1969; Endo, 1997; Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2005). Em relação à sua localização, a ZCSV se estende praticamente de norte a sul, ascendendo estratigraficamente, aumentando sua inclinação até atingir o Supergrupo Minas, na região da Serra da Brígida, onde este trabalho foi realizado (Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2005).

2.5.3 FALHA SÃO BENTO (FSB)

A Falha São Bento (FSB) é considerada a superfície delimitadora da *nappe* Santa Rita e da *Nappe* Maquiné (FIG. 13), da mesma forma que a ZCSV, ela possui a característica do aumento de inclinação até tingir o topo do Grupo Caraça do SGM, finalizando na região da serra de Capanema (Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2019a; Endo *et al.*, 2019b). Essa estrutura, mesmo que restrita, está presente na região do extremo-sudeste deste trabalho (FIG. 13 e 14).

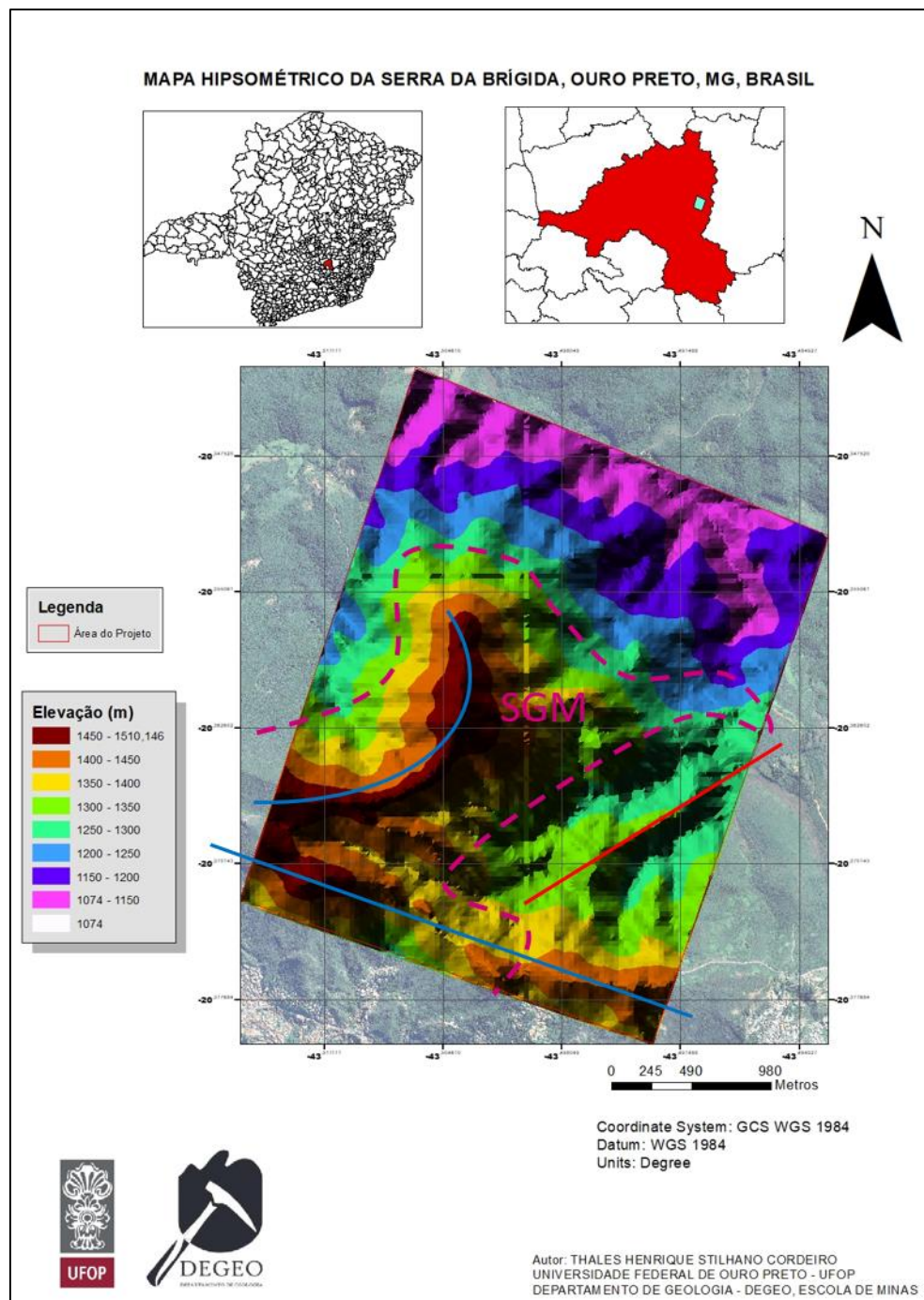
3.1 RELEVO

Os mapas de relevo elaborados (FIG. 2 e FIG. 6) fornecem informações para a identificação de anomalias estruturais, como o alçamento da Serra da Brígida como um lineamento com concavidade para NW e cristas curvilíneas paralelas. Tais feições são evidenciadas tanto por terrenos de elevadas altitudes quanto por lineamentos que resultam de uma ausência de variação na declividade.

3.1.1 HIPSOMETRIA

A análise hipsométrica da área de estudo, mostrada na FIG. 2, permitiu identificar diferentes altitudes do relevo (FIG. 15), com feições descritas anteriormente. A distribuição das elevações mostra uma variação significativa, com cotas que variam aproximadamente entre 350 m e 380 m. Observa-se que nas menores elevações ocorrem rochas do Grupo Nova Lima (SGRV), enquanto as regiões de maior altitude são constituídas pelas rochas do SGM. As cristas com direções preferenciais NE-SW e NNE-SSW estão, de modo geral, alinhadas aos contatos entre as mesmas unidades. Adicionalmente, a oeste da Zona de Cisalhamento São Vicente (ZCSV), predominam terrenos formados por unidades do SGM, os quais apresentam cotas acentuadamente mais elevadas. Além disso, observa-se que o segmento de serras com orientação WNW-ESE apresenta uma curvatura, conferindo-lhe uma concavidade voltada para NW. Este segmento corresponde à Serra da Brígida.

Figura 15: Mapa hipsométrico modificado da Serra da Brígida. A imagem destaca as variações altimétricas. (A) A linha vermelha indica uma crista com orientação NE-SW/NNE-SSW, que se alinha ao contato com as rochas do Grupo Nova Lima. (B) As linhas azuis delimitam o segmento da serra com concavidade voltada para NW enquanto ainda existe um lineamento sentido WNW-ESE. (C) A área em roxo representa a predominância de unidades do Supergrupo Minas (SGM) em terrenos de cotas mais elevadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

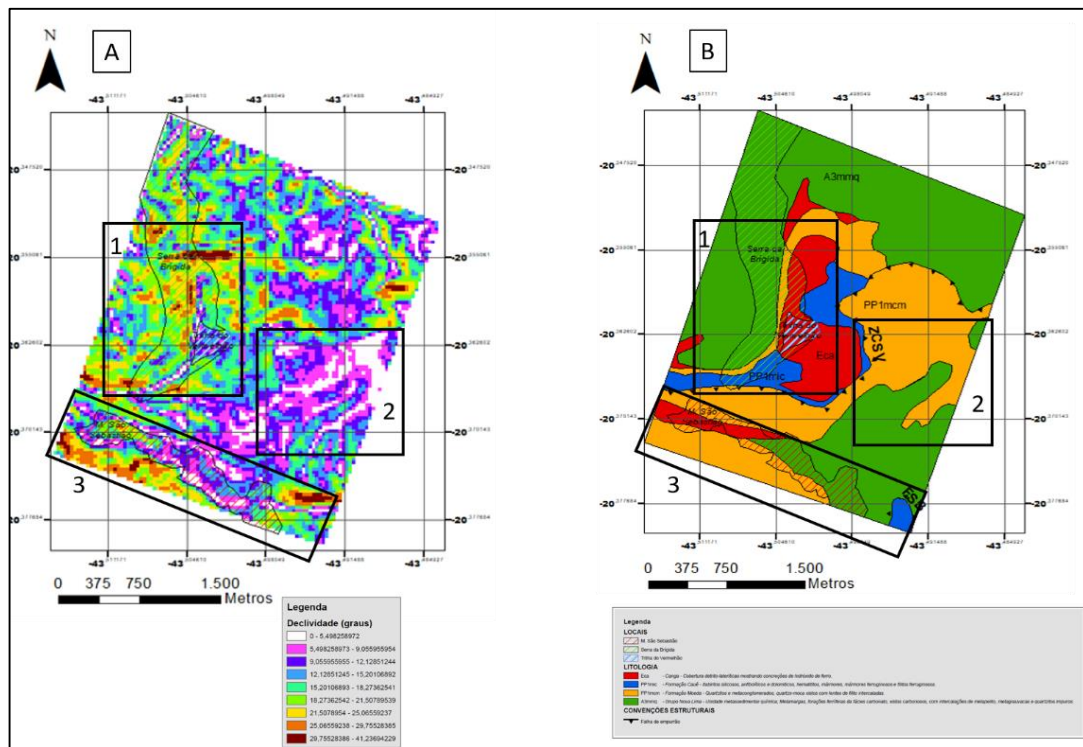
3.1.2 DECLIVIDADE

O mapa de declividade da área de estudo, representado nas FIGS. 6 e 15, revelam uma distribuição heterogênea da inclinação do terreno. Observam-se zonas de baixa declividade (menos de 10°) e áreas de alta declividade (acima de 30°). A análise da declividade permite identificar padrões distintos no relevo, com destaque para a presença de feições lineares de baixa e alta declividade.

As áreas com menor inclinação (FIG. 16-A), que tendem a ser mais planas, ocorrem preferencialmente a leste e também a sul. Essas áreas coincidem principalmente entre o contato litológico entre o SGRV e o SGM, mas também são observadas entre os contatos das próprias unidades do SGM (FIG. 16-B). Ademais, esses lineamentos subdividem áreas de maiores e menores altitudes.

As áreas com inclinações mais elevadas são encontradas principalmente na Serra da Brígida, onde as mesmas também conferem com o contato litológico entre as unidades do SGRV e SGM (FIG. 16-B). Adicionalmente, essas altas inclinações, em algumas localidades, coincidem com o lineamento da ZCSV, ocorrendo tanto sobre a zona de cisalhamento quanto em alinhamentos paralelos a ela.

FIG. 16: A) Mapa de declividade modificado mostrando as áreas 1, 2 e 3 onde é possível observar diferentes contrastes na declividade. B) Mapa geológico modificado mostrando as mesmas áreas que em (A) em comparativo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

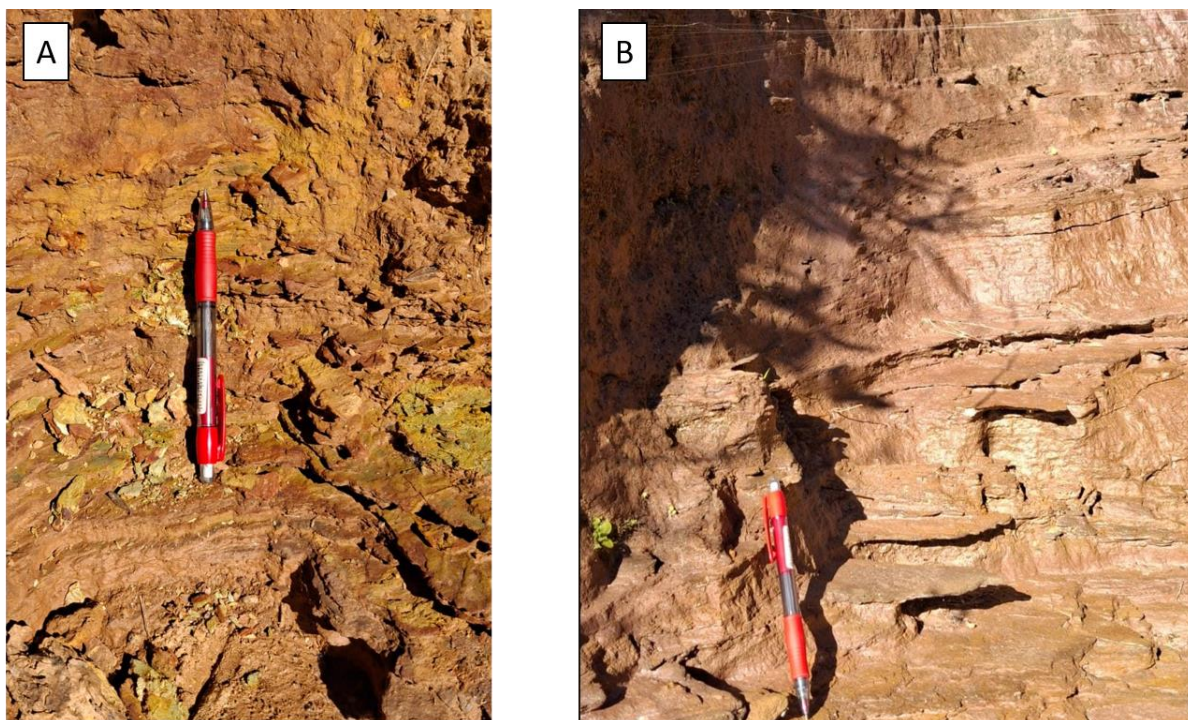
3.2 RECONHECIMENTO GEOLÓGICO DE CAMPO

Este tópico trata-se da apresentação e discussão dos resultados obtidos pelo reconhecimento geológico da região da Serra da Brígida, no dia 23 de Junho de 2025. Devido à natureza do trabalho, as observações e anotações em campo tiveram um foco nas principais unidades geológicas presentes na área, com a visita de pontos relativamente bem conhecidos na região, dos principais aspectos estruturais proeminentes e da relação espacial entre elas (principalmente pela confecções de uma seção geológica e estereogramas) (FIG. 17). Os dados coletados, embora pontuais, foram essenciais para o fornecimento de informações importantes sobre a geologia estrutural da região, colaborando juntamente aos dados de morfologia, permitindo inferências preliminares sobre a história tectônica da região e a proposição de ajustes no mapa geológico preexistente.

Nesta etapa de campo, foram visitados ao total 13 pontos, sendo eles numerados de 1 a 12, tendo em consideração que o ponto 4 foi separado em 4-A e 4-B e foi atribuído ao ponto 12 como sendo um ponto de controle ao final do campo de reconhecimento.

Em geral essas rochas possuem granulação fina e são compostas majoritariamente por quartzo e filossilicatos, com níveis sericíticos e apresentam anfibólios em porções mais preservadas.

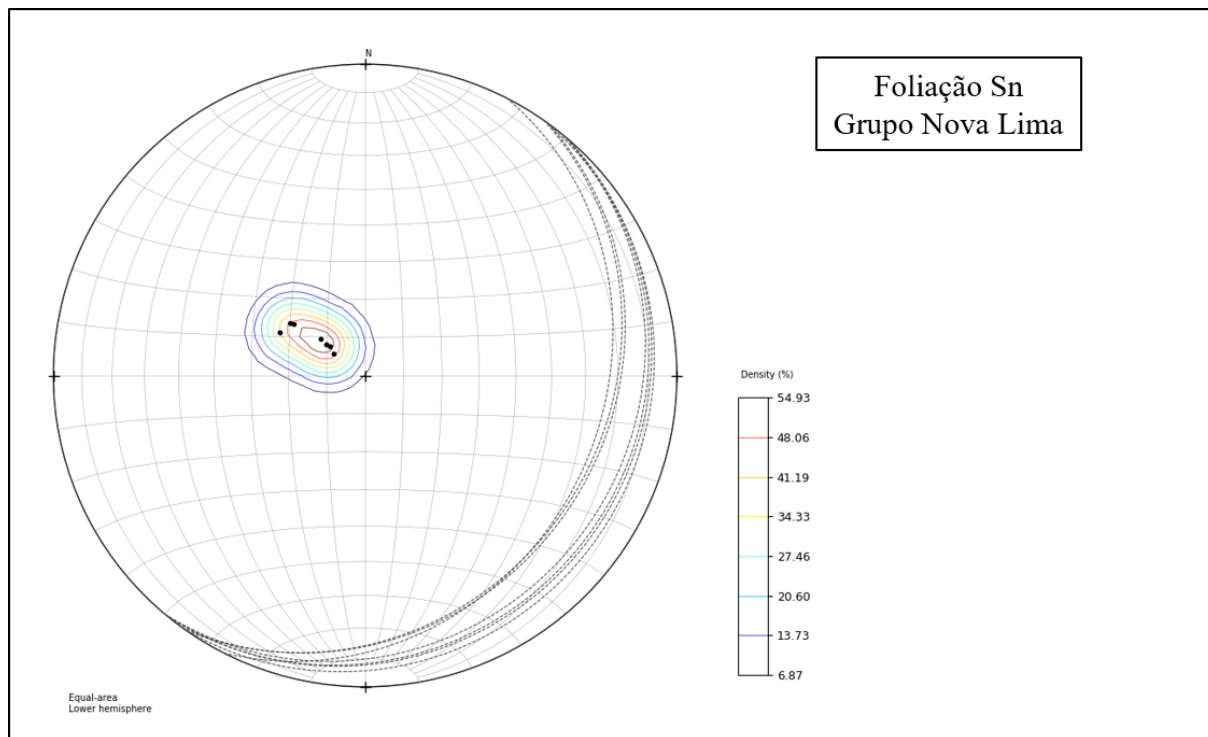
FIG. 18: A) Unidade metassedimentar referente ao ponto 1 mostrando o alto grau de intemperismo e a presença de argila. B) Foto relacionado ao ponto 4-B mostrando o a mesma unidade com as mesmas características de (A) mas contendo planos de foliação ainda visíveis.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sua granulação e a presença de filossilicatos, permitiu a fácil observação de sua foliação e lineações de crenulação de um evento mais recente, e também de eventos deformacionais anteriores. Em média, sua foliação mais antiga, possui medidas entre 164/26 e 190/16 interpretadas como uma foliação anterior preservada (FIG. 19) e sua lineação de crenulação mais antiga, apresenta medida 265/04. Em relação às medidas relacionadas ao evento mais recente, a foliação apresentou pouca variação, com média de 126/17 e sua lineação de crenulação com medida 180/10.

FIG. 19: Estereograma mostrando os planos e polos de foliação das unidades metassedimentares visitadas em campo do Grupo Nova Lima.

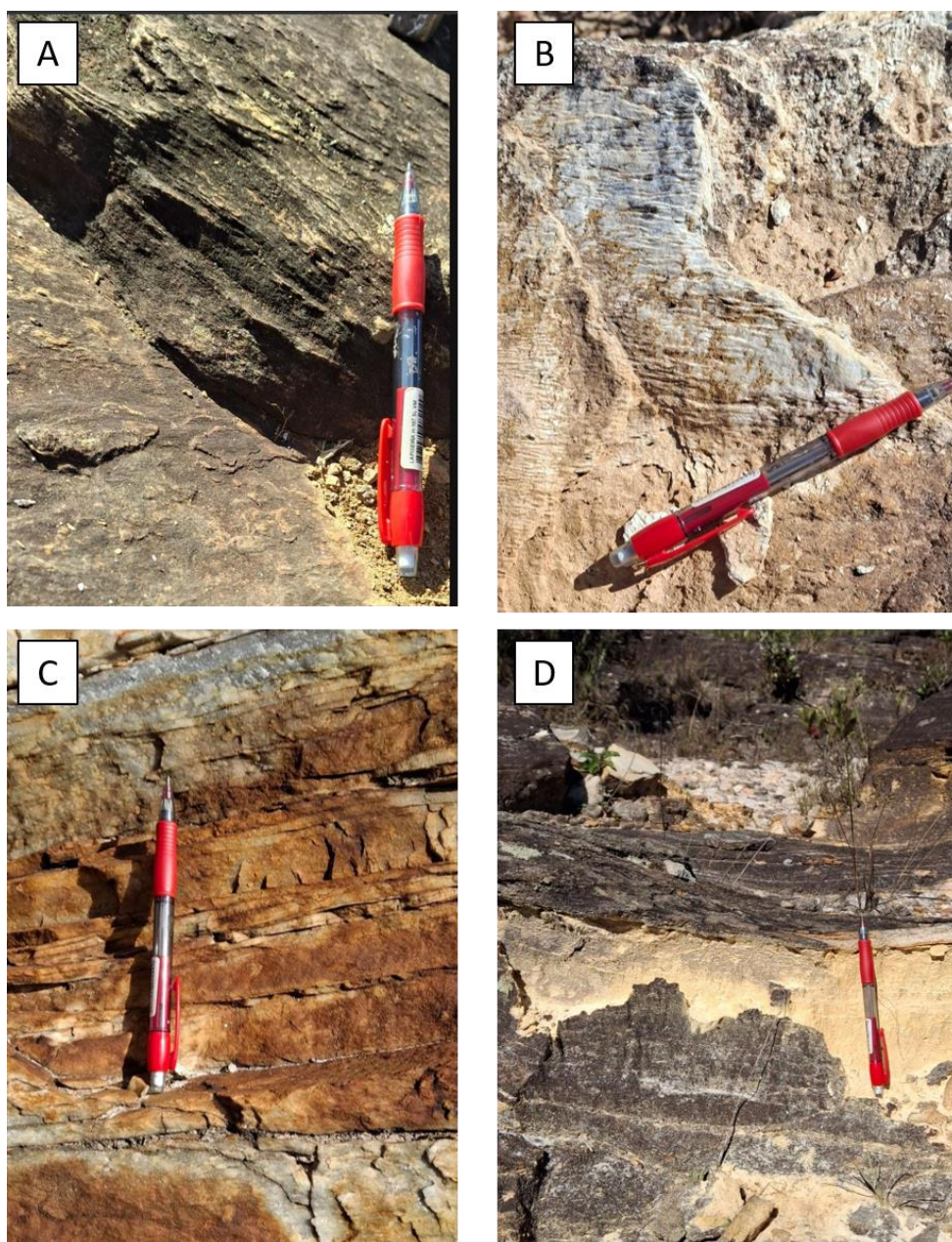


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.2 FORMAÇÃO MOEDA

As unidades da Formação Moeda foram reconhecidas, respectivamente nos pontos 2, 4-B, 5, 6, 7, 9 e 11 e são constituídas por quartzitos e quartzitos sericíticos. Essas rochas possuem granulação fina à média, com textura em geral equigranular, às vezes silicificadas, compostas principalmente por quartzo mas em alguns pontos é possível observar uma maior presença de sericita ou em regiões fraturadas com a presença de fluidos que precipitaram um maior nível sericítico (FIG. 20). Em geral devido a reologia e características químicas desta unidade, foi possível encontrar o acamamento (S0). Também, se apresentando de forma discreta, foi possível encontrar planos de foliação penetrativos (Sn) e lineações de interseção (Li). Nas porções em que foi observado um nível sericítico, também foi possível observar lineações de crenulação com duas direções preferenciais distintas (Lc e Lc-1).

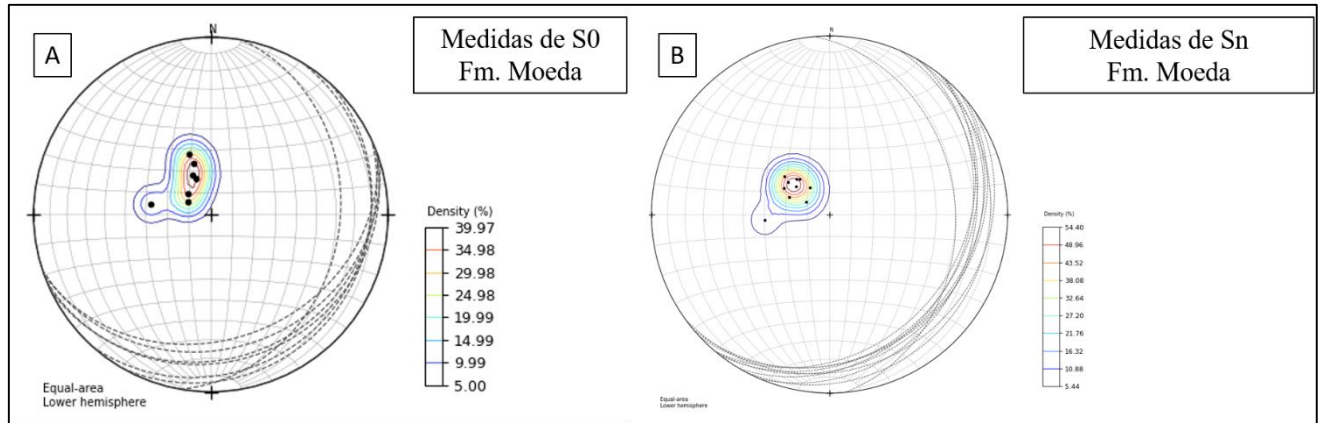
FIG. 20: A) Quartzitos com acamamento preservado e planos de foliação. B) Presença de lineação de crenulação observadas em níveis sericíticos. C) Quartzito fortemente silicificado com acamamento observado e aumento de granulação ao topo. D) Foto em perfil mostrando planos de foliação dobrados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

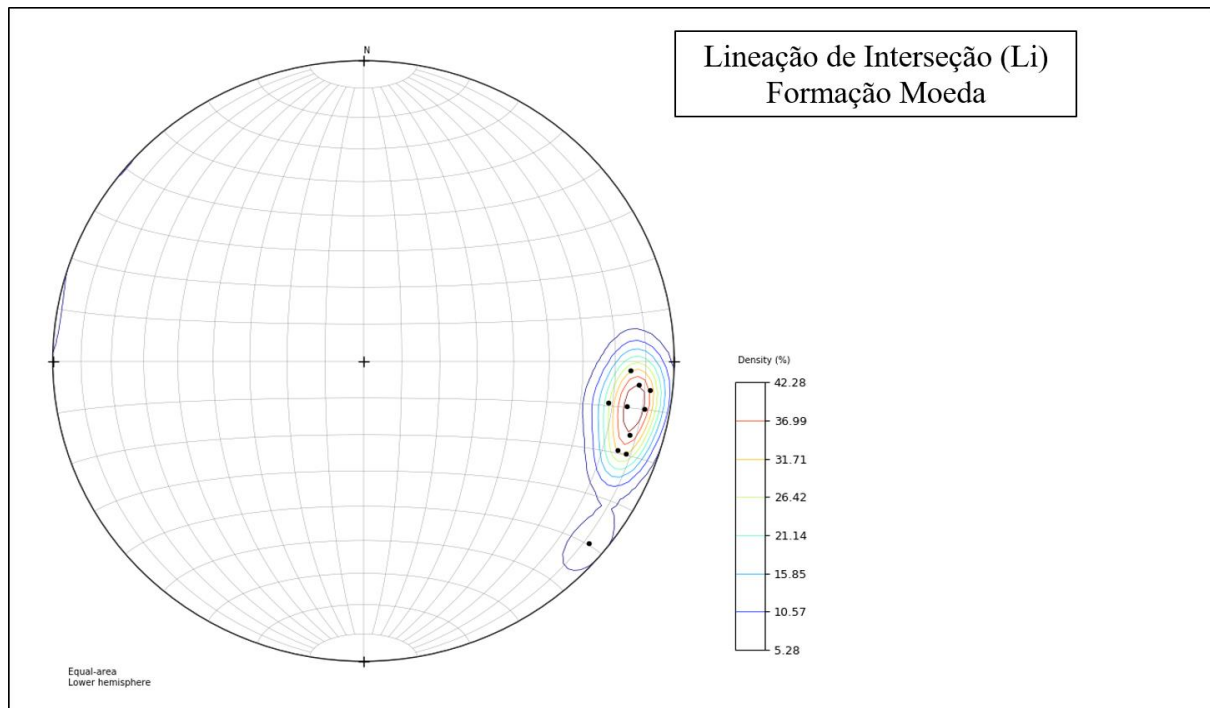
Em geral as medidas de Sn se apresentaram com uma medida média 124/21 mostrando uma direção preferencial para SE. De forma semelhante, como S0 estava com medidas próximas à Sn, esperava-se que as medidas possuísem poucas variações, no entanto, a média das medidas foram 141/21 indicando uma obliquidade de aproximadamente 17 graus, com direção para SE (FIG. 21 e FIG. 22).

FIG. 21: A) Estereograma referente aos planos de acamamento (S_0) onde mostra os polos e direções destes planos. B) Da mesma forma que em (A), porém a figura (B) ilustra as medidas dos planos de xistosidade (S_n) da Formação Moeda.



Fonte: Elaborado pelo autor.

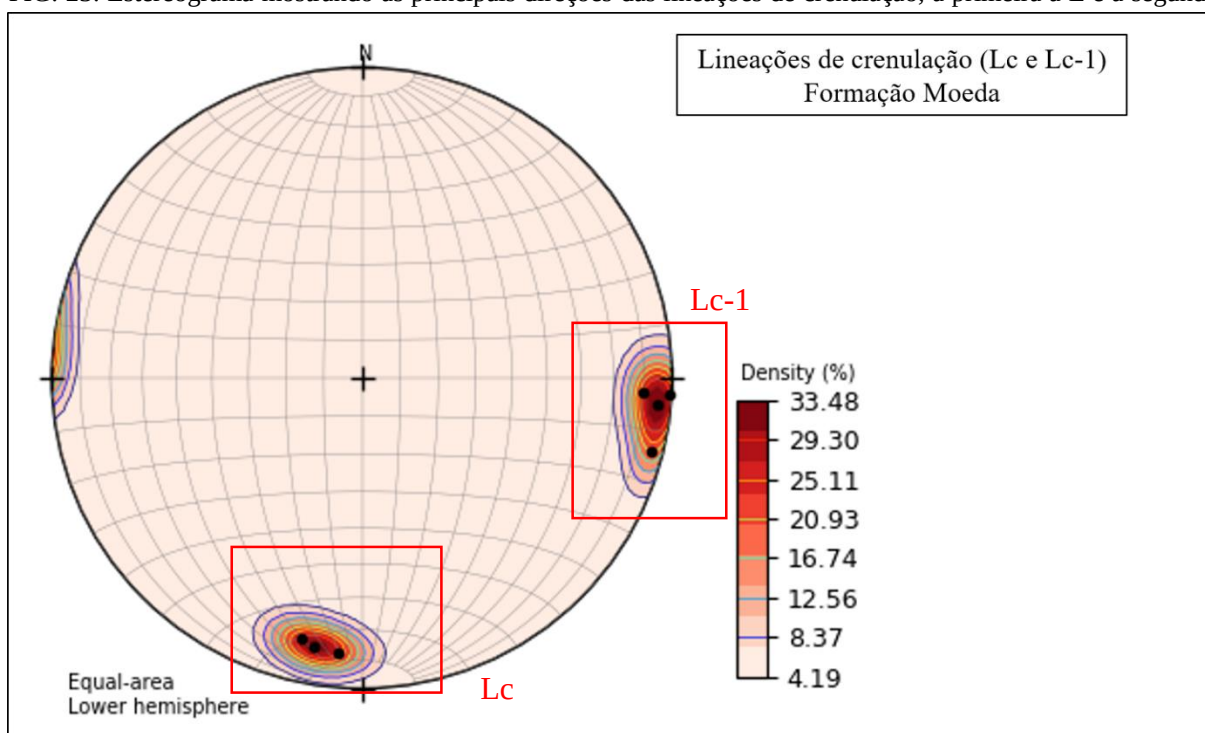
FIG. 22: Estereograma que mostra as medidas dos polos referente a interseção entre acamamento e a foliação (L_i).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação as lineações de crenulação encontradas nestes pontos, pode-se observar duas principais direções preferenciais, a primeira, chamada de Lc-1, tem direção praticamente E-W indicando um encurtamento de direção N-S. A segunda ordenada como Lc possui direção N-S indicando um encurtamento perpendicular E-W (FIG. 23). Ambas as direções de Lc-1 e Lc eram esperadas conforme o conhecimento geológico da área, entretanto, era esperado também que a Lc-1, gerada por um evento deformacional anterior, seria ofuscada pelos esforços que geraram a Lc posterior.

FIG. 23: Estereograma mostrando as principais direções das lineações de crenulação, a primeira a E e a segunda

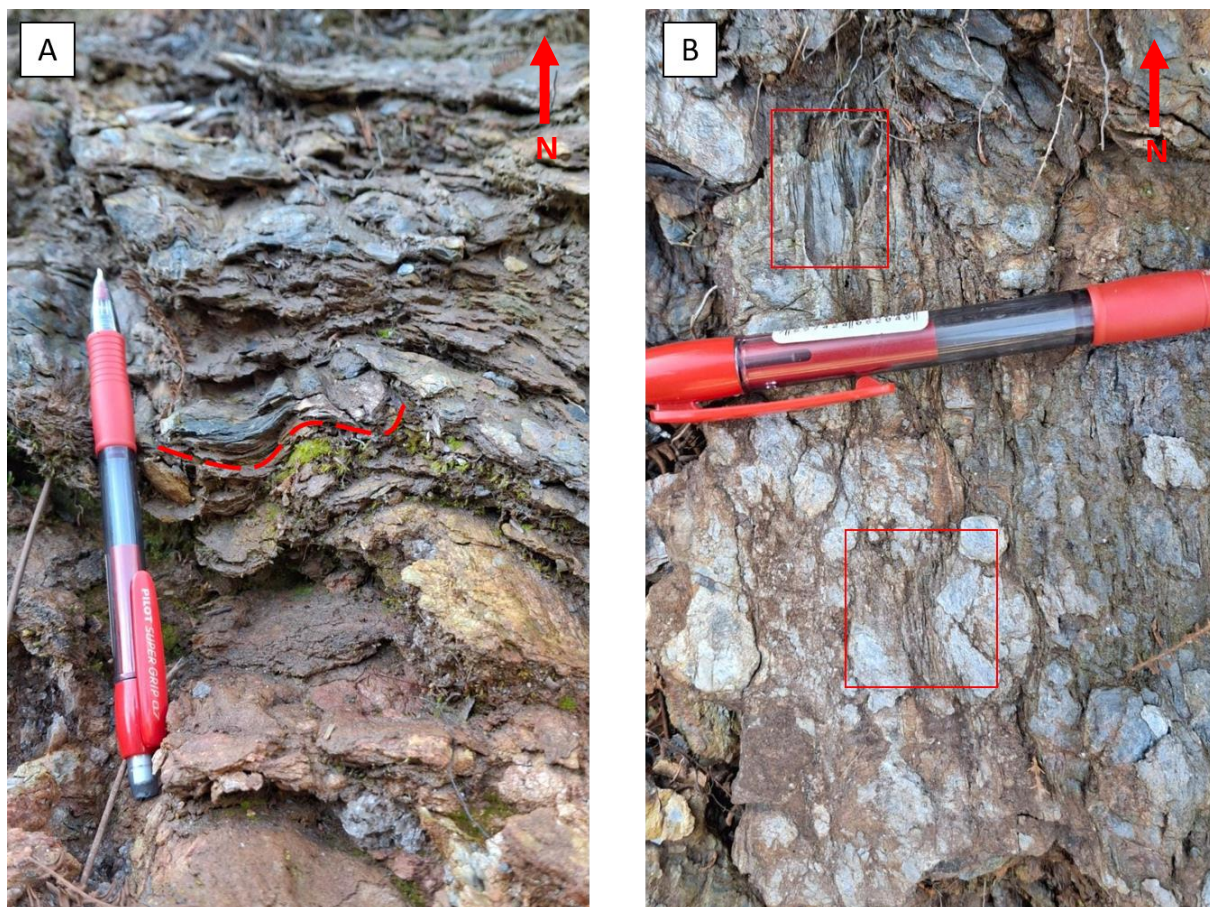


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3 FORMAÇÃO CAUÊ

As litologias da Formação Cauê foram observadas no ponto 10, localizadas praticamente sobre o contato com os quartzitos da Formação Moeda e sobre a Falha de São Vicente. São constituídas por uma rocha com foliação milimétrica e de granulação fina, composta por quartzo, filossilicatos e óxidos de ferro com porções lenticulares mais filíticas (FIG. 24) ricas em filossilicatos e óxido de ferro, na maioria, caracterizando um quartzito ferruginoso. Também foram identificadas adiante, no ponto 8, siltitos compostos por sedimentos siliciclásticos de granulação fina à muito fina pertencentes a esta unidade.

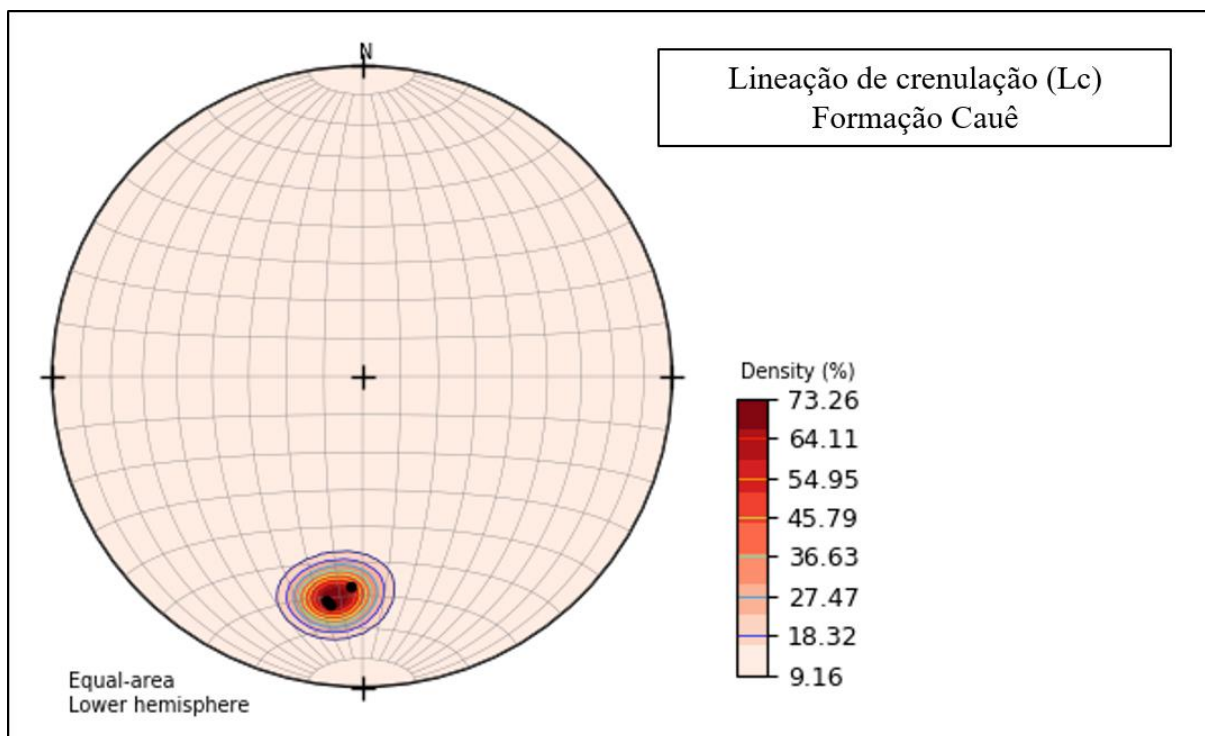
FIG. 24: A) A foto mostra dobras macroscópicas (linha tracejada vermelha) sobre porções filíticas observadas em campo na Formação Cauê. B) Nesta foto, estão salientadas as porções filíticas com regiões (retângulos vermelhos) em que é possível observar lineações de crenulação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em geral, essas unidades apresentaram medidas de lineação de crenulação com atitude média de 186/29 (FIG. 25). Também foram observadas dobras macroscópicas (FIG. 24A) locais com eixo de 200/26 e flancos com atitudes de 110/32 e 170/32, respectivamente.

FIG. 25: Estereograma indicando as medidas da lineação de crenulação da Formação Cauê com direção aproximadamente N-S.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.4 COBERTURA DETRITO-LATERÍTICA

Durante a etapa de campo, foi observada cobertura detrito-laterítica tanto no caminhamento quanto especificamente no ponto de controle 12. Essas coberturas são constituídas principalmente por cangas compostas por óxidos e hidróxidos de ferro (FIG. 26), sendo também atribuídas a Formação Cauê. Este tópico foi separado da descrição anterior, porque, devido à natureza dessa cobertura, não foi possível realizar medições estruturais.

FIG. 26: Na foto, observa-se a cobertura laterítica constituída pelas cangas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.5 HIDROTERMALITOS

No ponto 8, foi possível identificar grandes veios de quartzo com espessuras que variam acima de 2 m, apresentando textura sacroidal juntamente com quartzitos da Formação Moeda, indicando uma forte percolação de fluidos o que pode ter relação direta com a proximidade com a zona de cisalhamento São Vicente, sendo assim, foi observado um contato tectônico com a unidade sobreposta (FIG. 27). Foram medidas atitudes tanto dos quartzitos quanto destes hidrotermalitos. Seu acamamento possui atitude de 91/18 e foi observado um plano de foliação com medida 82/25.

FIG. 27: A) A foto mostra um contato próximo entre os quartzitos da Fm. Moeda com hidrotermalitos, a linha pontilhada vermelha divide os dois litotipos. B) Essa foto mostra, pela linha pontilhada vermelha, a região em que se encontra o contato tectônico evidenciado pela presença de hidrotermalitos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 ANOMALIAS FISIOGRÁFICAS

Os planos de anomalias estruturais, principalmente falhas normais, reversas e de empurrões configuram saliências morfológicas características como alçamento, curvaturas e alta declividade. Silva e Oliveira (2009) simulam o desenvolvimento de sistemas de empurrões curvilíneos em ambientes compressionais, com o objetivo visualizar os estágios nas formações de saliências, que são segmentos curvos com convexidade na direção do transporte tectônico e também compreender como a influência de obstáculos que alteram a geometria das estruturas fisiográficas resultantes. A deformação em experimentos de caixa de areia teve como um dos resultados a criação de empurrões, retro-empurrões e falhas transcorrentes oblíquas que servem de ligação entre diferentes segmentos da deformação.

Nesse contexto, foram identificadas diversas anomalias fisiográficas na área do trabalho, conforme ilustrado nas FIGS. 2, 6, 15 e 16. A principal delas é a diferença de elevação (FIG. 15), onde se observa que em áreas mais altas predominam rochas do SGM, principalmente quartzitos da Formação Moeda. Por outro lado, em áreas mais baixas predominam as unidades metassedimentares do Grupo Nova Lima.

Essa diferença de relevo se dá por dois fatores principais:

- i) Composição Mineralógica: a presença majoritária de quartzo e óxidos de ferro confere maior resistência às unidades frente ao intemperismo químico. Em contraste, os xistos do Grupo Nova Lima possuem maior susceptibilidade à dissolução.
- ii) Controle Estrutural: a elevação da Serra da Brígida é controlada por falhas de empurrão, que soerguem o terreno e causam as altas elevações observadas.

Outro aspecto importante diz respeito à influência do controle estrutural na acentuada variação de declividade da região. A análise comparativa da FIG. 16 revela que alguns contatos litoestratigráficos exibem altas e baixas inclinações, uma característica que coincide com a localização de planos de falha, de maneira que torna-se mais fácil, juntando-se à análise estratigráfica, traçar as superfícies de falha. De forma semelhante ao trabalho de Silva e Oliveira (2009), é possível, também ao nível de imagens de satélite, observar o resultado geomorfológico das superfícies de falha.

É importante ressaltar algumas observações. A primeira é que o contraste notório de declividade nem sempre necessariamente mostra uma superfície de empurrão, sendo essencial a análise tectono-estratigráfica de campo para observar evidências destas estruturas.

A segunda observação é que, nas FIGS. 6 e 16, um tipo de saliência similar foi identificado nas cangas na porção sudoeste da área, onde se localiza o bairro do Morro São Sebastião. Contudo, nenhuma falha de empurrão foi catalogada neste trabalho devido à dificuldade de acesso a afloramentos, o que impediu a coleta de dados de campo.

4.2 ESTRUTURAS PLANARES

As estruturas planares são fundamentais para a compreensão do arcabouço estratigráfico-estrutural neste trabalho. Nesse sentido, as atitudes do acamamento (S0) evidenciam o empilhamento das camadas e auxiliam na localização de regiões onde, na direção do topo das camadas, ocorrem unidades mais antigas, o que corrobora com a identificação de falhas e sistemas de empurrão. Também, a superposição de planos de xistosidade possibilita a elucidação da sequência de eventos tectônicos posteriores.

4.2.1 ACAMAMENTO

O acamamento, na área de estudo (S0), geralmente apresenta direção média entre NNW-SSE e NE-SW, com os planos mergulhando para SE em ângulos que variam entre 12° e 20°. À medida que se avança para leste, observa-se um aumento do mergulho, atingindo um máximo de 30°, sugerindo que nessa direção deveriam ser observadas rochas em um nível estratigráfico mais elevado. Entretanto, a leste, observa-se uma repetição de unidades estratigráficas, com alternância entre rochas mais antigas do Grupo Nova Lima e mais novas do Supergrupo Minas. Essa repetição foi causada por uma série de falhas de empurrão (*thrust faults*), com uma leve inflexão à NE e com vergência para W, fazendo com que unidades mais antigas sejam empurradas tectonicamente acima de unidades mais novas. Alguns autores, como Endo *et al.* (2012) e Rossi (2014), caracterizaram, para a região de Fábrica Nova, direções semelhantes às que foram observadas.

4.2.2 FOLIAÇÃO

Como citado no capítulo anterior, a xistosidade pode ser observada tanto nas unidades do Grupo Nova Lima quanto nas unidades do Supergrupo Minas, e apresenta direção NNE-SSW com mergulho para ESE, caracterizando um esforço compressivo E-W que desenvolveu

estes planos. Outra importante observação é a comparação da sua direção com o acamamento S0, onde se mostra com direção e mergulho praticamente paralelo em muitos casos.

4.3 ESTRUTURAS LINEARES COMO INDICATIVOS DE EVENTOS DEFORMACIONAIS

A estabilização do arcabouço estratigráfico e estrutural da região da Serra da Brígida como parte do flanco sul da Anticlinal de Mariana, é possivelmente resultado da formação de estruturas de caráter rúptil e dúctil-rúptil relacionadas ao evento deformacional Minas (FIG. 12), o mesmo que, compreende um esforço compressivo quase ortogonal ao primeiro, fornecendo estruturas de eixos com aproximadamente 90 graus entre as de primeira geração.

4.3.1 LINEAÇÕES DE CRENULAÇÃO

A definição destes eventos e estruturas podem ser observados pelas atitudes das lineações de crenulação observadas, onde prevaleceram duas principais direções: i) a primeira (L1) com direções E-W, implicando um vetor de encurtamento principal (σ_1 do elipsoide de tensão) orientado em uma direção aproximadamente N-S. Nesse contexto, sobre a região do Quadrilátero Ferrífero, foi documentado por Alkmim & Marshak (1998), uma fase compressiva deformacional complexa em que foi associada a uma componente de encurtamento principal N-S ou NW-SE/NE-SW referente à Orogenia Transamazônica, de 2,2-1,9 Ga. Estruturas que foram observadas pelas lineações de crenulação com atitudes aproximadamente E-W indicam este mesmo encurtamento, entretanto, segundo o quadro de Endo *et al.* (2020) (FIG. 12) estas estruturas foram correlacionadas, neste trabalho, como estruturas da fase F4 do evento Brasileiro, que também indicam este vetor de encurtamento; ii) a segunda com direções N-S e NNE-SSW (L2), implicando um vetor de encurtamento σ_1 orientado com direção aproximadamente E-W. Alguns trabalhos produzidos na região da Anticlinal de Mariana, como Kattah (2018), indicam lineações de crenulação N-S e NE-SW e as atribuem ao ciclo orogênico Brasileiro. Desta forma, neste trabalho, as medidas de lineação de crenulação encontradas com estas atitudes, foram atribuídas a fase F3 deste ciclo segundo Endo *et al.* (2020).

4.3.2 LINEAÇÕES DE INTERSEÇÃO

Outra estrutura linear relevante a ser observada é a lineação de interseção entre o plano axial de acamamento e o plano com a xistosidade axial-planar. Essa estrutura tende a ser paralela ao eixo das dobras geradas pela fase de deformação, perpendicular à direção do

encurtamento, que produziu essa xistosidade. Sendo assim, foi visto que a lineação de interseção (Li) possui direções N-S com mudança à oeste para SE-NW, caracterizando uma fase com esforço de encurtamento principal (σ_1) E-W. Alguns autores que descrevem a orogenia brasileira como Alkmin e Marshak (2006) & Kattah (2018) incluem o desenvolvimento de dobras, e consequentemente, de lineações de interseção, com uma orientação regional dos eixos entre N-S NNW-SSW. Com isso as medidas observadas foram relacionadas ao evento deformacional do ciclo orogênico brasileiro (FIG. 12), com mudança de direção do encurtamento de E-W para SE-NW à oeste respectivo à fase F3.

4.3.3 LINEAÇÃO DE ESTIRAMENTO

Embora identificada em apenas um ponto visitado, a lineação de estiramento mineral revelou-se crucial para a observação do transporte tectônico e para auxiliar na localização de novos planos de falha. Essa lineação apresenta atitudes de 93/34 e 80/37 e está aproximadamente alinhada ao plano de xistosidade, o qual também contém indicadores cinemáticos sinistrais. Esse arranjo sugere a presença de uma zona de cisalhamento delimitada por uma falha de empurrão com transporte tectônico para NW (FIG. 17), a qual não foi catalogada no mapeamento de Endo *et al.* (2019), que serviu como base cartográfica para este trabalho (FIG. 5).

4.4 PROPOSIÇÃO DE MODELOS EVOLUTIVOS

A análise dos dados fisiográficos e tectonoestratigráficos obtidos por meio de um reconhecimento regional, permitiram a elaboração de um modelo evolutivo para a região da Serra da Brígida. Nesse sentido este trabalho apresenta algumas hipóteses com o intuito de explicar as feições estruturais bem como compreender como esse “alçamento” das unidades do Supergrupo Minas em direção à zona de charneira da Anticlinal de Mariana ocorreu.

A discussão e apresentação das interpretações estruturais serão abordadas principalmente por meio de seções geológicas e a corroboração de medidas de planos e linhas com trabalhos anteriores.

4.4.1 NAPPES EM SISTEMA DE EMPURRÕES

A partir da integração da observação fisiográfica de declividade e dos dados litoestruturais (evidenciados por lineações de estiramento e foliações miloníticas) na região do Mirante da Serra da Brígida e no Parque das Andorinhas (evidenciado por aspectos fisiográficos

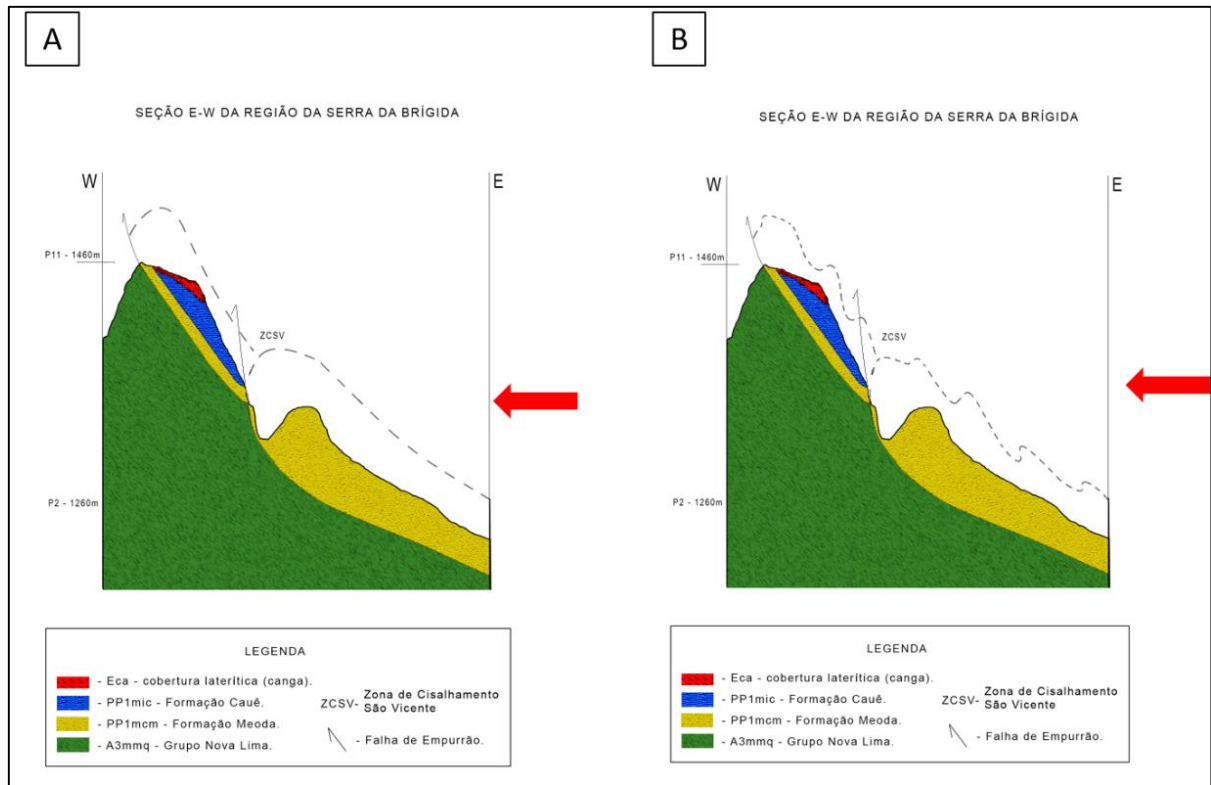
e tectonoestratigráficos), propõe-se que a Zona de Cisalhamento São Vicente (ZCSV) e os novos planos de falhas de empurrão identificados integram um sistema complexo de dobras recumbentes, o qual originou *nappes* locais (FIG. 28).

A gênese destas estruturas está associada a uma movimentação tectônica de direção principal NW a qual empurrou as unidades dos SGM e SGRV de modo que a evolução desses dobramentos, desenvolvidos sobre uma superfície de descolamento basal definida pela ZCSV, resultou na geração de lineações de crenulação com direção ENE–WSW e lineações de estiramento orientadas NNW–SSE. À medida que a deformação evoluiu, novos dobramentos se formaram sobre o flanco normal da *nappe* (FIG. 29), gerando uma superposição de deformações.

As evidências de variações cíclicas entre vorticidades horárias e anti-horárias coexistindo pode ser explicado pela cinemática do descolamento basal para SSW e pelo sistema de dobras sobre a *nappe* Maquiné, respectivamente. (Almeida *et al.*, 2002; Endo *et al.*, 2005; Endo *et al.*, 2019a,b; Endo *et al.*, 2020).

Sobre o contexto evolutivo, a estrutura instalada na região é considerada como parte de uma estruturação sobre dobramentos relacionados possivelmente com esforços brasileiros de direções E-W e N-S, principalmente, sendo associada às fases F3 e F4, respectivamente.

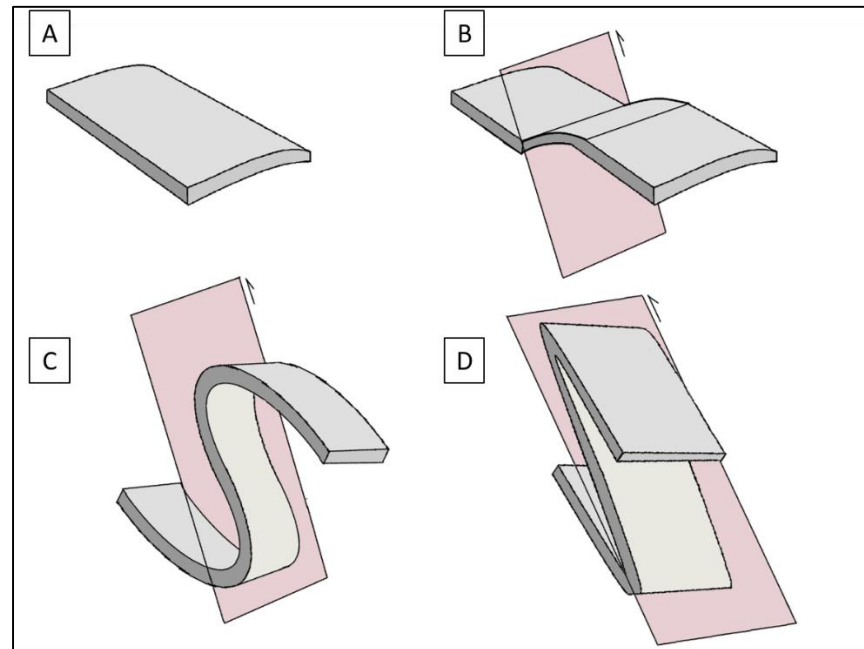
FIG. 28: Seção geológica E-W com exagero vertical de 7,5x, que mostra a progressão de esforços (representado pela seta vermelha). A) Formação inicial de dobramentos sobre os planos de falha. B) Dobramento dos flancos das *nappes* resultantes da progressão da deformação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente estes esforços relacionados à fase F3 atuaram sobre as unidades da região originando um dobramento recumbente principal que deslizou sobre a superfície de descolamento basal da ZCSV já estabelecida como delimitante da *nappe* Maquiné (FIG. 29). A progressão deste evento tectônico relacionado à fase F4 culminou na formação de novos planos de empurrão subparalelos à superfície principal, e além disso gerou outras superfícies de dobras recumbentes sobre eles, fazendo com que haja a superposição das unidades.

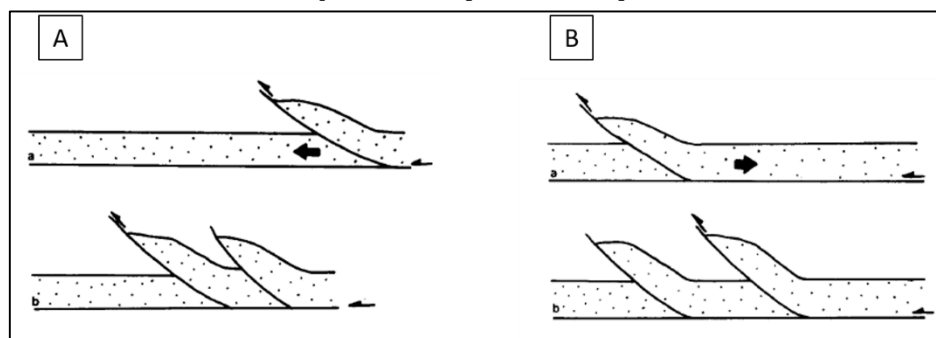
FIG. 29: Ilustração simplificada que mostra a evolução da *nappe* regional a partir de um plano de empurrão. A) Plano inicial indeformado ou pouco deformado. B) Início dos esforços sobre um plano de falha pré-existente. C) Evolução do dobramento sobre a superfície de falha. D) Progressão da deformação e a formação de *nappes*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A formação de novas superfícies de empurrão tanto em direção ao estiramento para NW quanto na direção oposta podem ser vistos como desenvolvimentos de empurrões sequenciais *piggy-back* e *overstep*, respectivamente (Butler, 1982). A mudança entre um regime sequencial de *piggy-back* e *overstep* (FIG. 30) pode evidenciar ou uma quietude entre os eventos compressivos de diferentes intensidades ou uma mudança no comportamento mecânico das supracrustais funcionando como um anteparo estrutural.

FIG. 30: A) Desenvolvimento de uma sequência de empurrão *piggy-back*. B) Desenvolvimento de uma sequência de empurrão *overstep*.



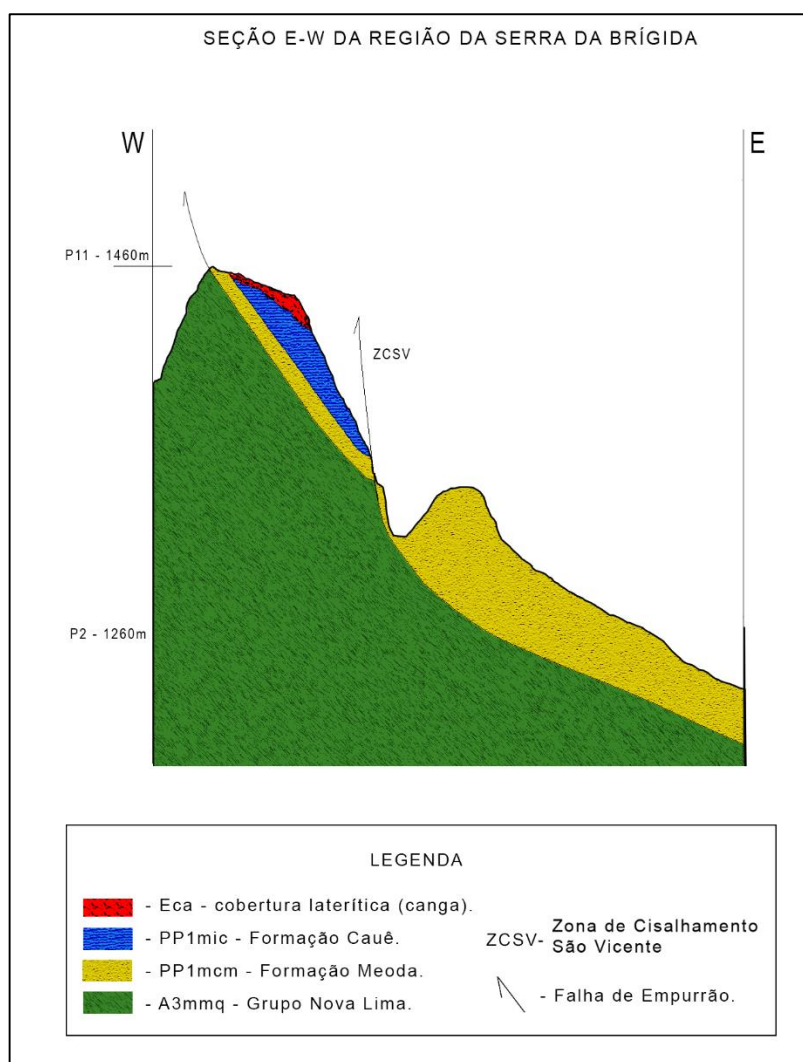
Fonte: Modificado de Butler (1982).

4.4.2 SISTEMAS DE EMPURRÃO

Diferentemente da hipótese apresentada anteriormente, a proposição deste modelo evolutivo baseia-se em um sistema simples de empurrões (FIG. 31), porém ainda divide similaridades com o modelo anterior, pois ambos consideram os esforços principais como sendo de idade brasileira (fases F3 e F4).

Baseando-se em Endo (1997), o primeiro esforço brasileiro de caráter compressivo da fase F3, com direção NW, foi responsável pela geração dos sistemas de empurrão observados na região pela lineação de estiramento também para NW e foliação milonítica (FIG. 32). Esses sistemas de empurrão funcionaram de maneira semelhante ao modelo anterior, porém a ciclicidade entre os regimes sequenciais de *piggy-back* e *overstep* (FIG. 30) são controlados pela variabilidade da intensidade de deformação juntamente ao caráter mecânico das unidades.

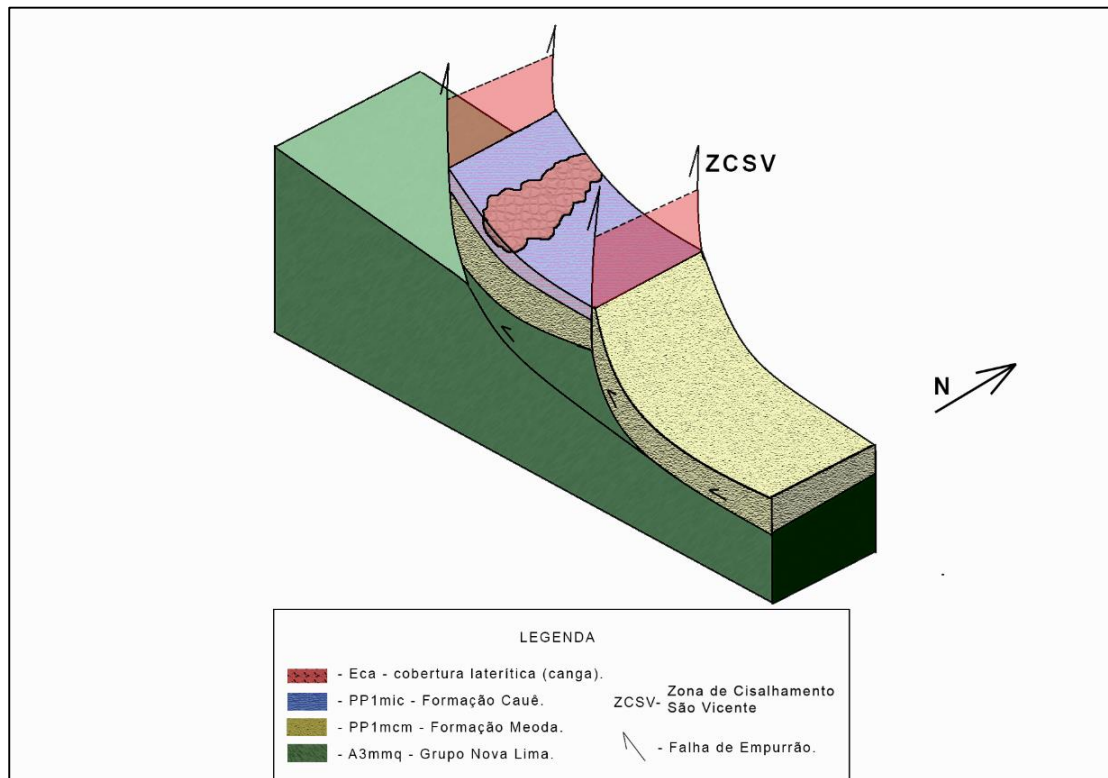
FIG. 31: Seção geológica E-W, com exagero vertical de 7,5x, mostrando apenas os planos de empurrão da área.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, o segundo evento relacionado à fase F4 de idade brasileira foi responsável pela geração de lineações de crenulação NW-SE, pela xistosidade também NW-SE e por dobramentos suaves vergentes para leste.

Figura 32: Modelo 3D simplificado que mostra o resultado da deformação que soergueu a Serra da Brígida. Os planos em verelhos mostram superfícies de empurrão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo concluído a caracterização do arcabouço litoestrutural da região da Serra da Brígida. Considerando a Terra como um meio fortemente heterogêneo, a integração multidisciplinar destes dados é fundamental para a caracterização estrutural e para a interpretação regional, evidenciando que aspectos como a complexidade estrutural resulta em um relevo mais acentuado e característico.

Os resultados obtidos demonstram que a complexidade tectônica da região é maior do que se supunha, o que reforça a importância de estudos multidisciplinares para a compreensão da evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero. Apesar dos resultados promissores, a escassez de dados geofísicos na área de estudo limitou uma análise mais aprofundada de algumas estruturas em subsuperfície bem como o modelamento mais preciso de anomalias estruturais.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de novas campanhas de levantamentos geofísicos e estruturais detalhados em menor escala e a análise petrográfica das amostras coletadas, a fim de refinar os modelos propostos e aprofundar o conhecimento geológico sobre a evolução da região.

Conclui-se que este trabalho realizado na Serra da Brígida preenche uma lacuna no conhecimento geológico da região. Esse presente trabalho possui uma grande importância para a ciência regional, pois apesar da área se localizar bem próxima Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), ainda há uma evidente ausência de dados sobre a região, o que confere ao presente trabalho um papel crucial na compreensão da complexidade tectônica do Quadrilátero Ferrífero e na contribuição para a ciência e a gestão do patrimônio geológico da cidade de Ouro Preto, Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO. *REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS*, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

ALMEIDA, F. F. M. ESTRUTURAS DO PRÉ-CAMBRIANO INFERIOR BRASILEIRO. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., 1976, OURO PRETO. BOLETIM DE RESUMOS. OURO PRETO: *SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA*, 1976. p. 201-202.

ALMEIDA, L. G.; OLIVEIRA, D. J.; ENDO, I. O ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO-ESTRUTURAL DA REGIÃO DE DOM BOSCO/BELA VISTA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, COMO MANIFESTAÇÃO DA OROGÊNESE MINAS COM POLARIDADE TECTÔNICA PARA SUDOESTE. IN: *SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, BELO HORIZONTE, 2001. ANAIS... BELO HORIZONTE: NÚCLEO MINAS GERAIS, 2001. ARQUIVO ELETRÔNICO.

ALMEIDA, L. G.; ENDO, I.; FONSECA, M. A. SISTEMA DE NAPPES NA PORÇÃO MERIDIONAL DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, JOÃO PESSOA. ANAIS... JOÃO PESSOA: SBG, 2002. p. 615.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. TRANSAMAZONIAN OROGENY IN THE SOUTHERN SÃO FRANCISCO CRATON REGION, MINAS GERAIS, BRAZIL: EVIDENCE FOR PALEOPROTEROZOIC COLLISION AND COLLAPSE IN THE QUADRILÁTERO FERRÍFERO. *PRECAMBRIAN RESEARCH*, v. 90, p. 29-58, 8 JAN. 1998.

ALKMIM, FERNANDO F.; MARSHAK, STEPHEN. THE BRASILIANO OROGEN IN THE QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRAZIL: A REVIEW. *JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES*, OXFORD, v. 20, n. 1-2, p. 119-132, JUL./DEZ. 2006.

ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. PROTEROZOIC FIRST-ORDER SEDIMENTARY SEQUENCES OF THE SÃO FRANCISCO CRATON, EASTERN BRAZIL. *MARINE AND PETROLEUM GEOLOGY*, v. 33, p. 127-139, 2012.

ALKMIM, FERNANDO E TEIXEIRA, WILSON. THE PALEOPROTEROZOIC MINEIRO BELT AND THE QUADRILÁTERO FERRÍFERO. SÃO FRANCISCO CRATON, EASTERN BRAZIL: TECTONIC GENEALOGY OF A MINIATURE CONTINENT. TRADUÇÃO . NEW YORK, NY: SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://REPOSITORIO.USP.BR/DIRECTBITSTREAM/39D52805-A061-480E-ADF8-7DD862D6A007/2796496.PDF](https://repositorio.usp.br/directbitstream/39d52805-a061-480e-adf8-7dd862d6a007/2796496.pdf). ACESSO EM: 03 SET. 2025.

AMORIM, L. Q.; ALKMIM, F. F. NEW ORE TYPES FROM THE CAUÊ Banded Iron-Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil – Responses to the Growing Demand. In: IRON ORE CONFERENCE. Belo Horizonte, 2011.

BABINSKI, M.; CHEMALE, F. JR.; VAN SCHMUS, W. R. THE Pb/Pb AGE OF THE MINAS SUPERGROUP CARBONATE ROCKS, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, BRAZIL. *PRECAMBRIAN RESEARCH*, v. 72, p. 235-245, 1995.

BUTLER, R. W. H. THE TERMINOLOGY OF STRUCTURES IN THRUST BELTS. *JOURNAL OF STRUCTURAL GEOLOGY*, v. 4, n. 3, p. 239-245, 1982.

CHEMALE F. JR., ROSIÉRE C. A., ENDO, I. 1994. THE TECTONIC EVOLUTION OF THE QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRAZIL. *PRECAMBRIAN RESEARCH*, 65:25-54.

DORR II, J. V. N. PHYSIOGRAPHIC, STRATIGRAPHIC AND STRUCTURAL DEVELOPMENT OF THE QUADRILÁTERO FERRÍFERO, BRAZIL. WASHINGTON: *USGS/ DNPM*, 1969. (PROFESSIONAL PAPER, 641A).

DORR II, J. V. N.; GAIR, J. E.; POMENERE, J. B.; RYNEARSON, G. A. REVISÃO DA ESTRATIGRAFIA PRÉ-CAMBRIANA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO. *BRAZIL DEPART. NAC. PRODUÇÃO MINERAL*, DIV. FOMENTO PRODUÇÃO MINERAL, n. 9, p. 31, 1957.

ENDO, I. REGIMES TECTÔNICOS DO ARQUEANO E PROTEROZOICO NO INTERIOR DA PLACA SANFRANCISCANA: QUADRILÁTERO FERRÍFERO E ÁREAS ADJACENTES. 1997. TESE (DOUTORADO) – *UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO*, SÃO PAULO, 1997.

ENDO I, OLIVEIRA A. H., PERES G. G., GUIMARAES M. L. V., LAGOEIRO L. E., MACHADO R., ZAVAGLIA, G., ROSAS C. F. MELO R. J. 2005. NAPPE CURRAL: UMA MEGAESTRUTURA ALÓCTONE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO E CONTROLE DA MINERALIZAÇÃO. In: X SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS / IV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS, CURITIBA. *BOLETIM DE RESUMOS EXPANDIDOS*, p. 279-282.

ENDO I., MARIANO D. F., ROSSI D. Q. 2012. ESTRATIGRAFIA E ARCABOUÇO ESTRUTURAL DOS DISTRITOS FERRÍFEROS DE FÁBRICA NOVA E COMPLEXO FAZENDÃO, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG. CONVÊNIO CVRD_UFOP, RELATÓRIO INTERNO. 116p.

ENDO, I. ET AL. MAPA GEOLÓGICO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL. ESCALA 1:150.000: UMA CELEBRAÇÃO DO CINQUENTENÁRIO DA OBRA DE DORR (1969). OURO PRETO: *DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DA ESCOLA DE MINAS – UFOP - CENTRO DE ESTUDOS*

AVANÇADOS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, 2019A. DISPONÍVEL EM: <WWW.QFE2050.UFOP.BR>.

ENDO, I. *ET AL.* ESTRATIGRAFIA E ARCABOUÇO ESTRUTURAL DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO: NOTA EXPLICATIVA DO MAPA GEOLÓGICO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL. ESCALA 1:150.000. OURO PRETO: *DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DA ESCOLA DE MINAS – UFOP - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO*, 2019B. DISPONÍVEL EM: <WWW.QFE2050.UFOP.BR>.

ENDO, ISSAMU *ET AL.* ESTRATIGRAFIA E EVOLUÇÃO ESTRUTURAL DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS. QUADRILÁTERO FERRÍFERO: AVANÇOS DO CONHECIMENTO NOS ÚLTIMOS 50 ANOS. TRADUÇÃO . BELO HORIZNTE, MG: 3I EDITORA, 2020. p. 70-113. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://REPOSITORIO.USP.BR/DIRECTBITSTREAM/CE698998-978F-41FD-B9FE-D6CF749CDA33/3086757.PDF](https://repositorio.usp.br/directbitstream/ce698998-978f-41fd-b9fe-d6cf749cda33/3086757.pdf). ACESSO EM: 06 AGO. 2025.

FARINA, F. *ET AL.* THE ARCHEAN–PALEOPROTEROZOIC EVOLUTION OF THE QUADRILÁTERO FERRÍFERO (BRAZIL): CURRENT MODELS AND OPEN QUESTIONS. *JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES*, v. 68, p. 4-21, 2016.

FARINA, F. *ET AL.* THE NEOARCHEAN TRANSITION BETWEEN MEDIUM- AND HIGH-K GRANITOIDS: CLUES FROM THE SOUTHERN SÃO FRANCISCO CRATON (BRAZIL). *PRECAMBRIAN RESEARCH*, v. 266, p. 375-394, 5 JUN. 2015. DISPONÍVEL EM: <WWW.ELSEVIER.COM/LOCATE/PRECAMRES>. ACESSO EM: 30 MAIO 2023.

GAIR, J. E. GEOLOGY AND ORE DEPOSITS OF THE NOVA LIMA AND RIO ACIMA QUADRANGLES, MINAS GERAIS, BRAZIL. *UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY*, 1962. 67 p. (PROFESSIONAL PAPER, 341-A).

HEILBRON, M.; CORDANI, U. G.; ALKMIM, F. F. SÃO FRANCISCO CRATON, EASTERN BRAZIL: TECTONIC GENEALOGY OF A MINIATURE CONTINENT. *REGIONAL GEOLOGY REVIEWS*. CHAM: SPRINGER INTERNATIONAL PUBLISHING, 2017. ISBN 978-3-319-01715-0. DOI: 10.1007/978-3-319-01715-0.

HARTMANN, L. A. *ET AL.* PROVENANCE AND AGE DELIMITATION OF QUADRILÁTERO FERRÍFERO SANDSTONES BASED ON ZIRCON UEPB ISOTOPES. *JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES*, v. 20, p. 273-285, 2006.

KATTAH, JOÃO CARLOS. ARCABOUÇO TECTONO-ESTRATIGRÁFICO DA REGIÃO PERICLINAL DA ANTICLINAL DE MARIANA – QUADRILÁTERO FERRÍFERO. 2018. 150 F. DISSERTAÇÃO

(MESTRADO EM GEOLOGIA) – ESCOLA DE MINAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, OURO PRETO, 2018.

LADEIRA, E. A. METALLOGENESIS OF GOLD AT THE MORRO VELHO MINE IN THE NOVA LIMA DISTRICT. QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRAZIL. 1980. PHD THESIS – *UNIVERSITY OF WESTERN ONTARIO*, ONTARIO, 272 p.

LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C. SÍNTESE DOS RECURSOS MINERAIS DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E FAIXAS MARGINAIS EM MINAS GERAIS. *GEONOMOS*, v. 1, n. 1, p. 51-64, 1993.

LOBATO, L. M. *ET AL.* DEPÓSITO DE OURO CUIABÁ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS. IN: JOST, H.; BROD, J. A.; QUEIROZ, E. T. (COORD.). CARACTERIZAÇÃO DE DEPÓSITOS AURÍFEROS EM DISTRITOS MINEIROS BRASILEIROS. BRASÍLIA: *DNPM/ADIMB*, 2001A. p. 3-77.

LOBATO, L. M. *ET AL.* GEOLOGIA DO DEPÓSITO DE OURO CUIABÁ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS. IN: JOST, H.; BROD, J. A.; QUEIROZ, E. T. (ORG.). CARACTERIZAÇÃO DE DEPÓSITOS AURÍFEROS EM DISTRITOS MINEIROS BRASILEIROS. BRASÍLIA: *DNPM/ADIMB*, 2001B. p. 3-77.

NASCIMENTO, STÊNIO TOLEDO; CASTRO, PAULO DE TARSO AMORIM. MODELAGEM DA GEODIVERSIDADE PARA O ANTICLINAL DE MARIANA, SUDESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL. *GEOLOGIA USP, SÉRIE CIENTÍFICA*, SÃO PAULO, v. 19, n. 1, p. 111-127, MAR. 2019. DISPONÍVEL EM: <www.igc.usp.br/geologiausp>.

NOCE, C. M. *ET AL.* A SEQUÊNCIA VULCANOSSEDIMENTAR DO GRUPO NOVA LIMA NA REGIÃO DE PIEDADE DO PARAÓPEBA, BORDA OESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS. *REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS*, v. 22, n. 2, p. 175-183, 1992.

OLIVEIRA, G. A. E.; CLEMENTE, P. L. C.; VIAL, D. S. EXCURSÃO À MINA DE MORRO VELHO. IN: *SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 2., 1983. BOLETIM, v. 3, p. 497-505.

ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. O QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG, BRASIL: ASPECTOS SOBRE SUA HISTÓRIA, SEUS RECURSOS MINERAIS E PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS. *GEONOMOS*, v. 18, n. 1, p. 33-37, 2010.

ROSSI D. Q. 2014. ESTRATIGRAFIA E ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA REGIÃO DE FÁBRICA NOVA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS. MS DISSERTATION, DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, ESCOLA DE MINAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, OURO PRETO, 103p.

SILVA, F. C. A. DA; OLIVEIRA, F. J. DA S. DESENVOLVIMENTO DE TRAÇOS ESTRUTURAIS CURVILÍNEOS EM CINTURÕES DE EMPURRÕES: VISUALIZAÇÃO EM MODELAGEM FÍSICA. *REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS*, v. 39, n. 1, p. 138-150, MAR. 2009.

ZUCCHETTI, M.; LOBATO, L. M.; BALTAZAR, O. F. VOLCANIC AND VOLCANICLASTIC FEATURES IN ARCHEAN ROCKS AND THEIR TECTONIC ENVIRONMENTS, RIO DAS VELHAS GREENSTONE BELT, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG - BRAZIL. *REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS*, v. 30, n. 3, p. 388-392, 2000.

APÊNDICE A

Planilha com informações dos pontos visitados.

APÊNDICE B

Mapa geológico da região da Serra da Brígida proposto - Escala 1:15.000.

APÊNDICE C

Mapa hipsométrico da região da Serra da Brígida - Escala 1:15.000.

APÊNDICE D

Mapas complementares da região da Serra da Brígida - Escala 1:15.000.

APÊNDICE E

Mapa topográfico da região da Serra da Brígida - Escala 1:15.000.

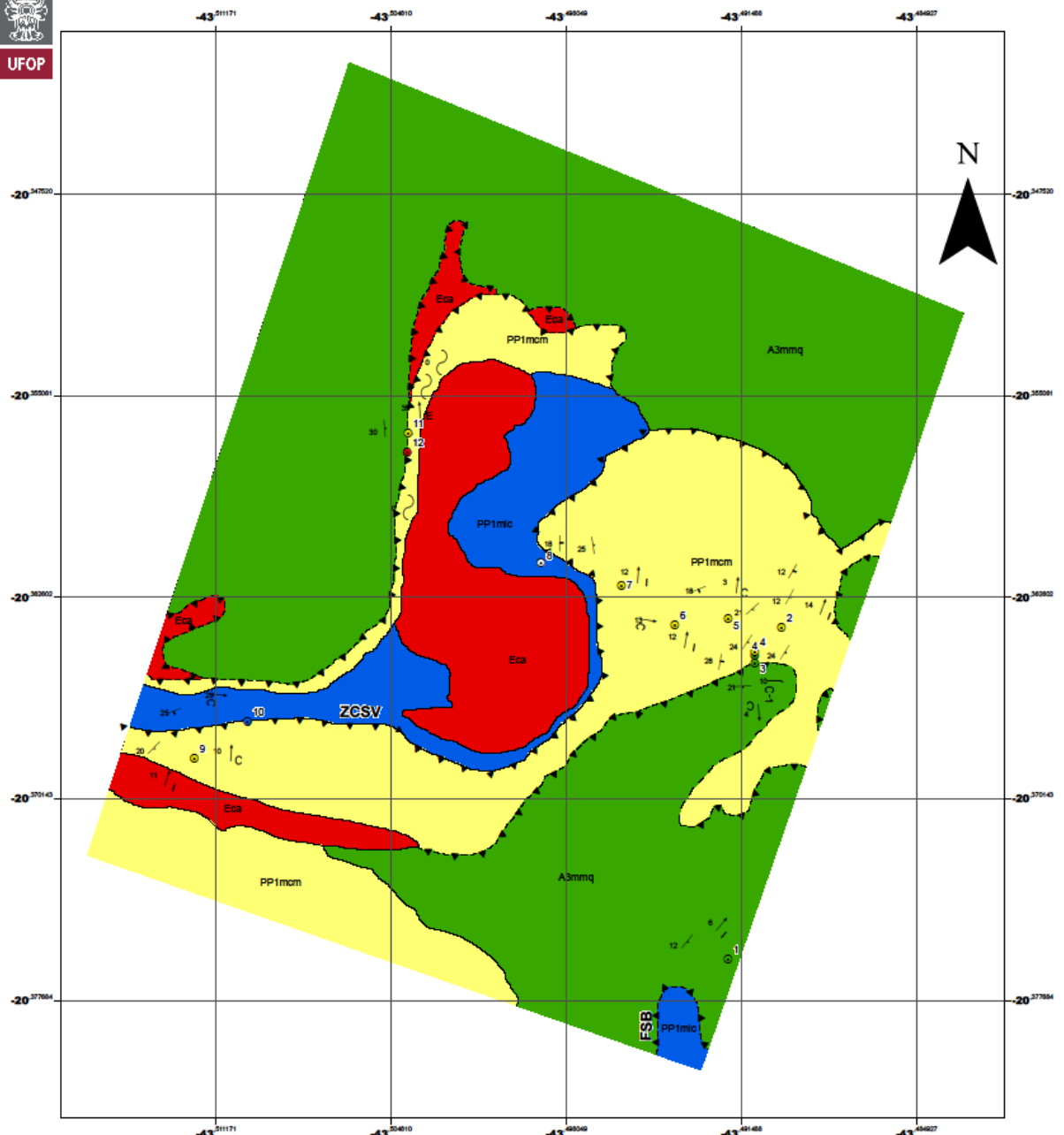
APÊNDICE F

Mapa de satélite da região da Serra da Brígida - Escala 1:15.000.

Ponto	Data	Toponímia	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Litotipo	Formação / Unidade	Grupo	Supergrupo
P1	23/06/2025	Estrada entre o mosteiro e o Bar o Baú	-20,376160	-43,491660	1425	Quartzito Xisto	Metassedimentar clástica	Grupo Nova Lima	Supegrupo Rio das Velhas
P2	23/06/2025	Parque das Andorinhas	-20,363717	-43,489561	1260	Quartzito	Formação Moeda	Grupo Caraça	Supergrupo Minas
P3	23/06/2025	Trilha secundária do Parque das Andorinhas	-20,365072	-43,490589	1283	Quartzito Xisto	Metassedimentar clástica	Grupo Nova Lima	Supegrupo Rio das Velhas
P4-A	23/06/2025	Quiosque Parque das Andorinhas	-20,364806	-43,491157	1277	Quartzito-Sericita Xisto	Metassedimentar clástica	Grupo Nova Lima	Supegrupo Rio das Velhas
P4-B	23/06/2025	Quiosque Parque das Andorinhas	-20,364647	-43,491226	1278	Quartzito	Formação Moeda	Grupo Caraça	Supergrupo Minas
P5	23/06/2025	Trilha para o Vermelhão (Parque das Andorinhas)	-20,363411	-43,491958	1283	Quartzito Sericítico	Formação Moeda	Grupo Caraça	Supergrupo Minas
P6	23/06/2025	Trilha do Vermelhão (Pq. Das Andorinhas)	-20,363655	-43,494261	1313	Quartzito Sericítico	Formação Moeda	Grupo Caraça	Supergrupo Minas
P7	23/06/2025	Subida para o final da trilha do Vermelhão (Pq. Das Andorinhas)	-20,362187	-43,496345	1346	Quartzito Sericítico	Formação Moeda	Grupo Caraça	Supergrupo Minas
P8	23/06/2025	Final da Trilha do Vermelhão (Pq. Das Andorinhas)	-20,361330	-43,498771	1377	Hidrotermalitos	?	?	?
P9	23/06/2025	Estrada para o Bar do Ricardo	-20,368632	-43,512080	1436	Quartzito	Formação Moeda	Grupo Caraça	Supergrupo Minas
P10	23/06/2025	Corte de estrada em direção ao Bar do Ricardo	-20,367236	-43,510132	1449	Quartzito ferruginoso	Formação Cauê	Grupo Itabira	Supergrupo Minas
P11	23/06/2025	Mirante da Serra da Brígida	-20,356460	-43,503638	1463	Quartzito Sericítico	Formação Moeda	Grupo Caraça	Supergrupo Minas



MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DA SERRA DA BRÍGIDA, OURO PRETO, MG.



Estruturas regionais

- ▲--- Falha de empurrão - Inferido
- ▲--- Falha de empurrão - Direto
- Contato - Inferido
- Contato Direto

0 250 500 1.000
1:15.000
Metros

Elementos estruturais

- ~ - Foliação milonítica
- ↑C-1 - Lineação de crenulação anterior.
- ↑I - Lineação de interseção.
- ↑ - Foliação.
- ↑C - Lineação de crenulação.
- ↑E - Lineação de estiramento mineral.
- ↑ - Acamamento.
- ↑ - Foliação anterior.

Litologia

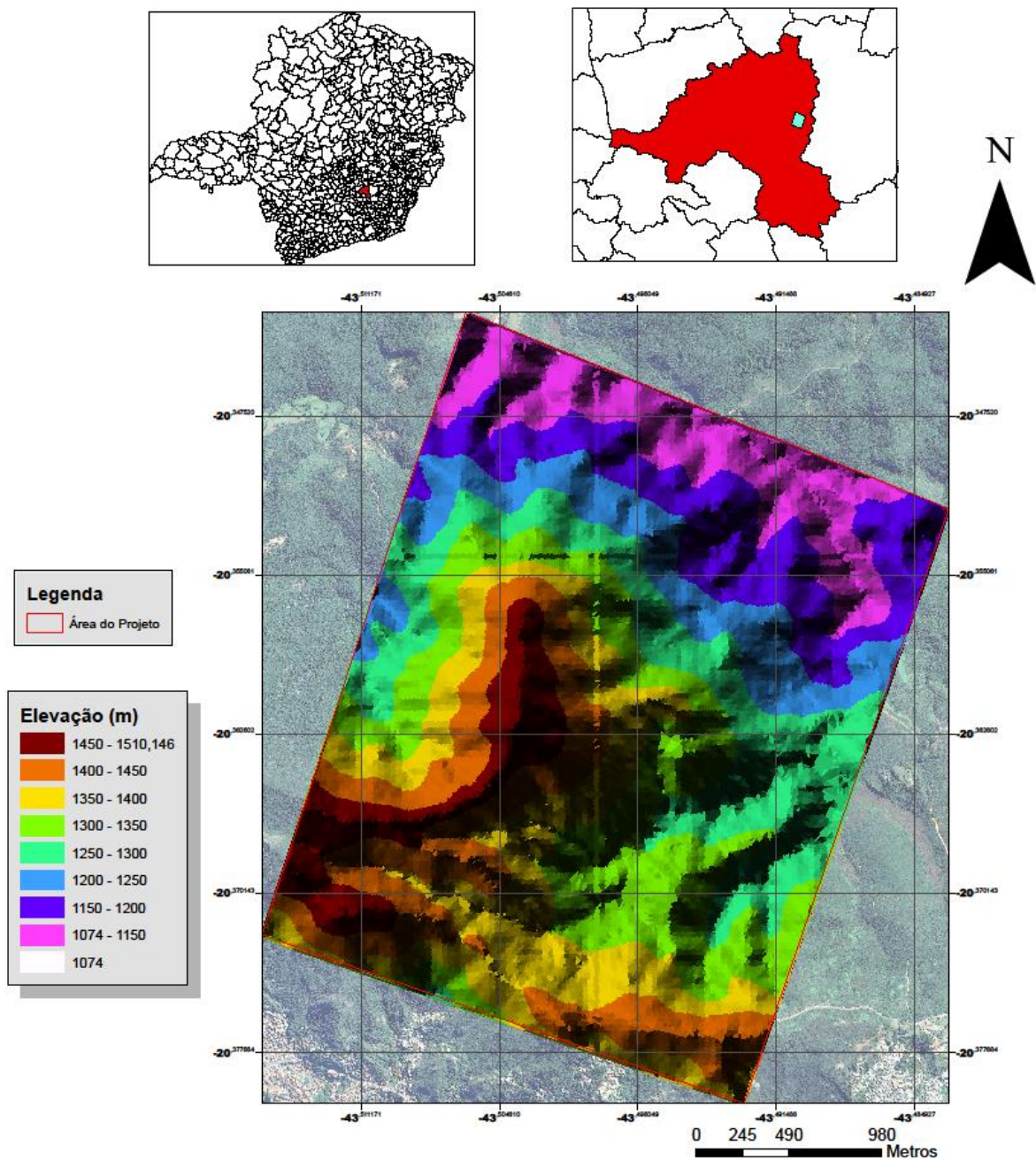
Código

- Eca - Canga - Cobertura deóito-laterítica mostrando concreções de hidróxido de ferro.
- PP1mcm - Formação Cavé - Habitats silíceos, anfibolíticos e dolomíticos, hematíticos, mármores, mármores ferruginosos e filitos ferruginosos.
- PP1mcm - Formação Moeda - Quartzitos e metaconglomerados, quartzo-níxe xistos com lentes de filito intercaladas.
- A3mmq - Grupo Nova Lima - Unidade metasedimentar quílica; Melanogres, fósseis ferríferos de filites carbonáceos, xistos carbonáceos, com intercalações de metapelito, metagrauwacas e quartzitos ímpuros.



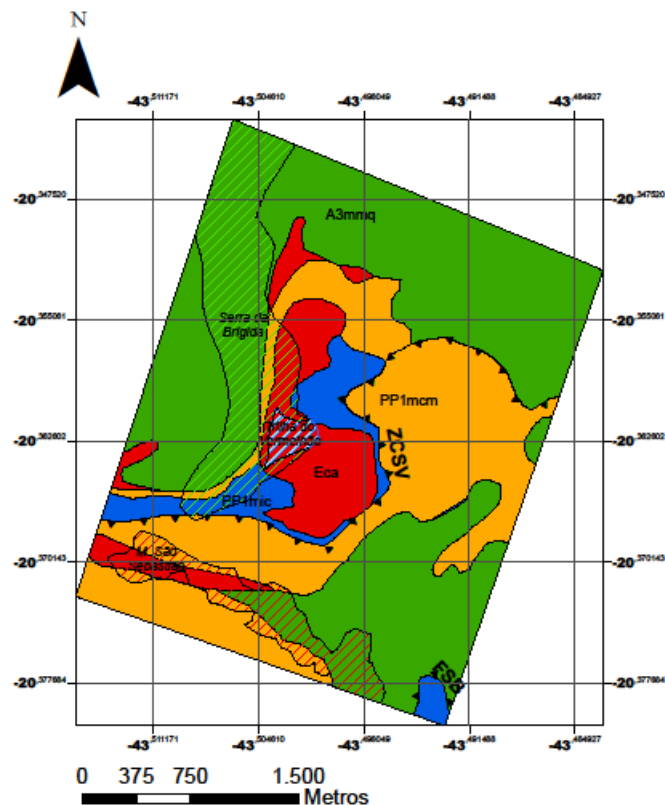
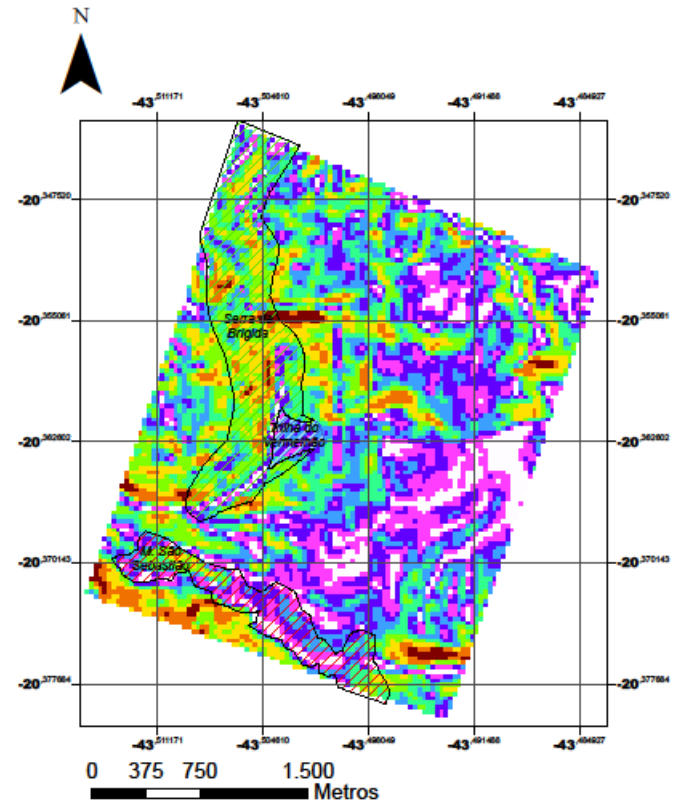
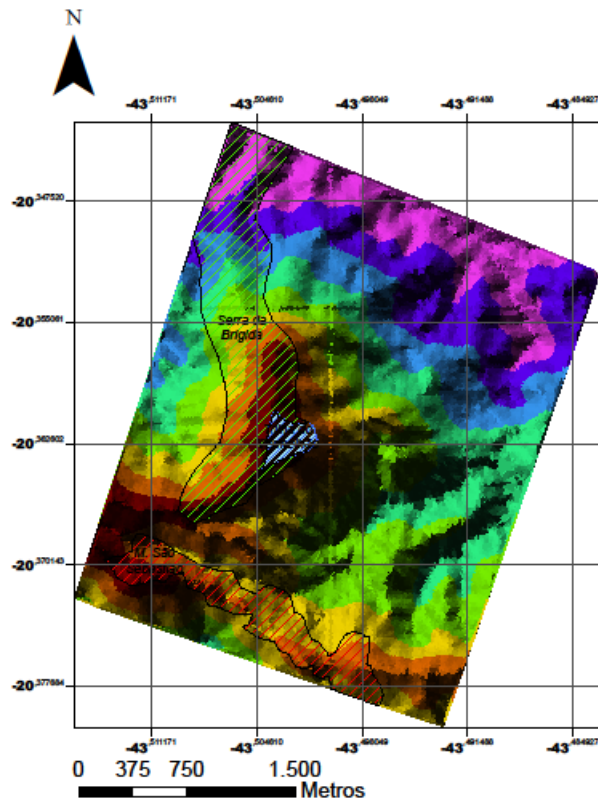
Autor: Thales Henrique Stilhano Cordeiro
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
Coordinate System: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Units: Degree

MAPA HIPSOMÉTRICO DA SERRA DA BRÍGIDA, OURO PRETO, MG, BRASIL



Autor: THALES HENRIQUE STILHANO CORDEIRO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - DEGEO, ESCOLA DE MINAS

MAPAS COMPLEMENTARES DA REGIÃO DA SERRA DA BRÍGIDA, OURO PRETO, MG.



Legenda	
Elevação (m)	
1450 - 1510,146	
1400 - 1450	
1350 - 1400	
1300 - 1350	
1250 - 1300	
1200 - 1250	
1150 - 1200	
1074 - 1150	
1074	

Legenda	
Declividade (graus)	
0 - 5,498258972	
5,498258973 - 9,055955954	
9,055955955 - 12,12851244	
12,12851245 - 15,20106892	
15,20106893 - 18,27362541	
18,27362542 - 21,50789539	
21,5078954 - 25,06559237	
25,06559238 - 29,75528385	
29,75528386 - 41,23694229	

Legenda	
LOCAS	
PP1mcm	PP1mcm
PP1mcm	PP1mcm
PP1mcm	PP1mcm
LITOLOGIA	
A3mniq	A3mniq
PP1mcm	PP1mcm
PP1mcm	PP1mcm
PP1mcm	PP1mcm
CONVENÇÕES ESTRUTURAIS	
PP1mcm	PP1mcm

Coordinate System: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Units: Degree



MAPA TOPOGRÁFICO DA REGIÃO DA SERRA DA BRÍGIDA, OURO PRETO, MG.

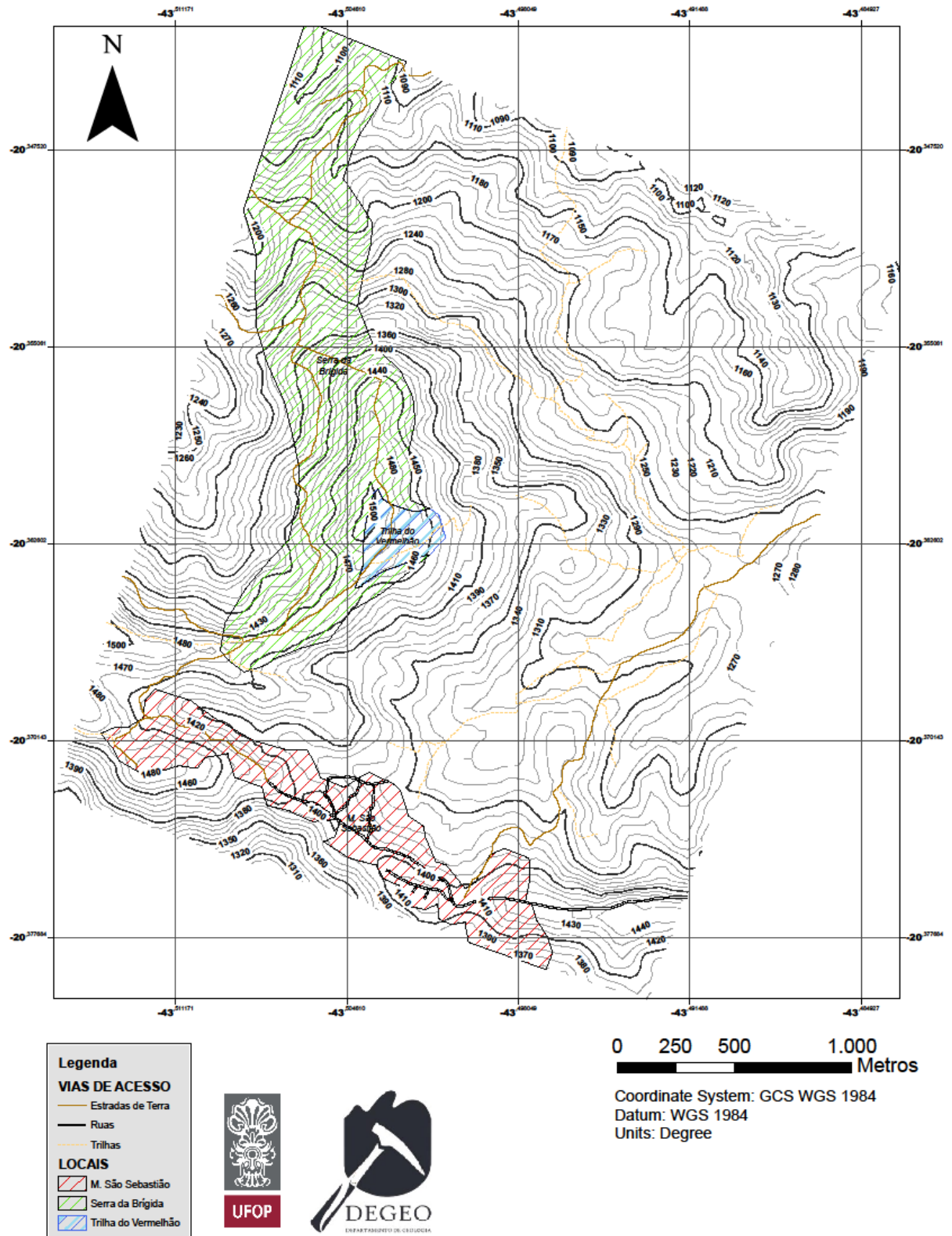
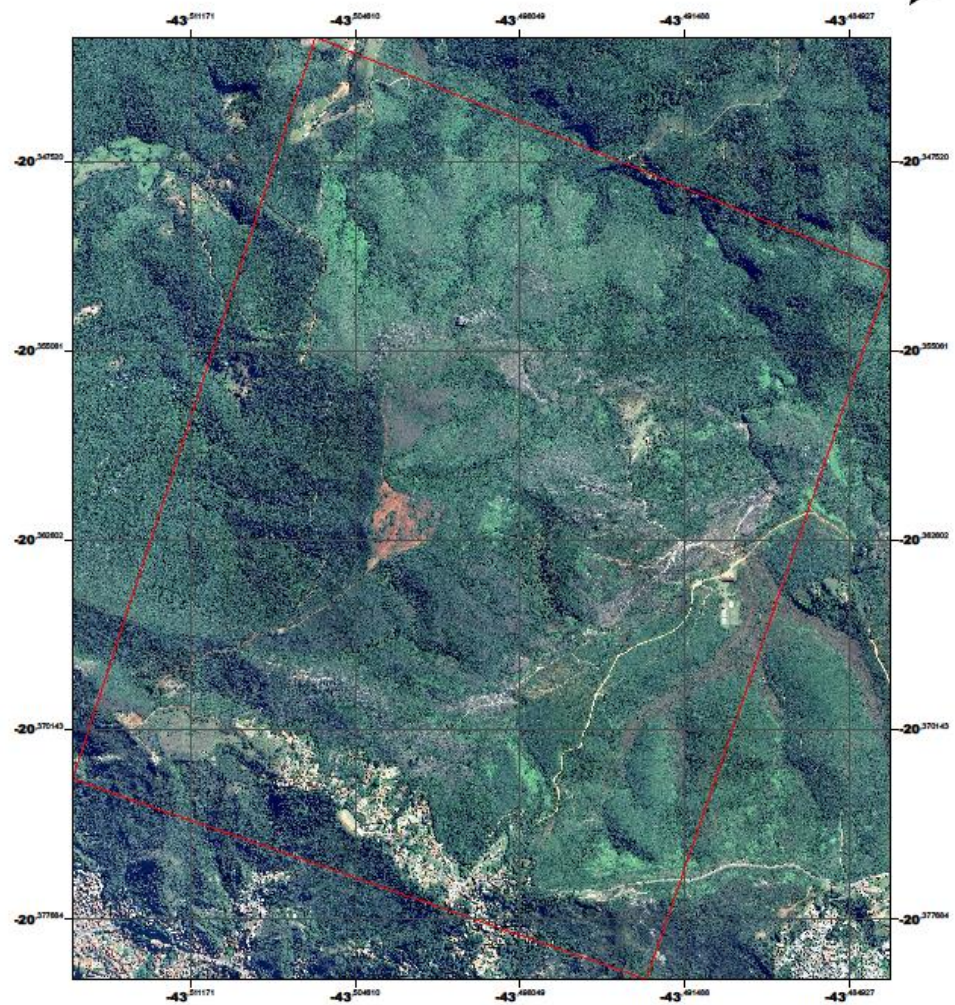
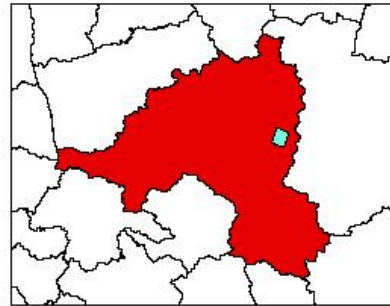
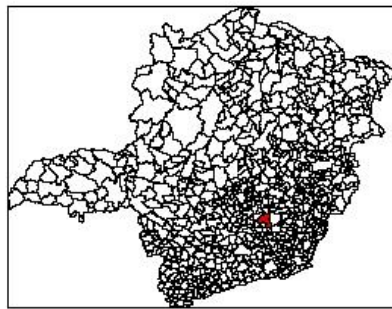


IMAGEM DE SATÉLITE DA SERRA DA BRÍGIDA, OURO PRETO, MG, BRASIL



0 250 500 1.000
Metros

Coordinate System: GCS WGS 1984

Datum: WGS 1984

Units: Degree



Autor: THALES HENRIQUE STILHANO CORDEIRO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - DEGEO, ESCOLA DE MINAS