



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ARCABOUÇO LITOESTRUTURAL DO SETOR
SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO**

Guilherme Soares Rodrigues Benedito

MONOGRAFIA nº 367

Ouro Preto, agosto de 2020

**ARCABOUÇO LITOESTRUTURAL DO SETOR
SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Msc. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 367

ARCABOUÇO LITOESTRUTURAL DO SETOR SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO

Guilherme Soares Rodrigues Benedito

Orientador

Prof. Dr. Leonardo Eustáquio da Silva Gonçalves

Co-Orientador

Msc. Márcio Antônio da Silva

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2020/1.

OURO PRETO

2020

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão Geral: Guilherme Soares Rodrigues Benedito,

Leonardo Eustáquio da Silva Gonçalves e Márcio Antônio da Silva.

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

B463a Benedito, Guilherme Soares Rodrigues .
Arcabouço litoestrutural do setor setentrional do Cinturão Mineiro.
[manuscrito] / Guilherme Soares Rodrigues Benedito. - 2020.
104 f.: il.: color., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Eustáquio da Silva Gonçalves.
Coorientador: Me. Márcio Antônio da Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Geologia estrutural. 2. Geologia estratigráfica. 3. Geocronologia - Paleoproterozóico - Sideriano. 4. Geocronologia - Paleoproterozóico - Riaciano. I. Gonçalves, Leonardo Eustáquio da Silva. II. Silva, Márcio Antônio da. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 551.243

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

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

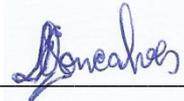
TÍTULO: ARCABOUÇO LITOESTRUTURAL DO SETOR SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO

AUTOR: Guilherme Soares Rodrigues Benedito

ORIENTADOR: Leonardo Eustáquio da Silva Gonçalves

Aprovada em: 06 de agosto de 2020

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Leonardo Eustáquio da Silva Gonçalves _____  _____ DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana (Participação por videoconferência) _____ DEGEO/UFOP

Msc. Marcelo de Souza Marinho (Participação por videoconferência) _____ CPRM

Ouro Preto, 17/08/2020

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais que me deram amor e todas as oportunidades possíveis para que eu pudesse atingir meus objetivos. À minha irmã que sempre esteve ao meu lado com apoio incondicional. Ao companheirismo de meus estimados amigos que sempre me deram força e apoio nas horas de mais necessidade, em especial, Elis, Carolina e André. À minha querida Ana que me ensina a ser melhor dia após dia, seu apoio foi imprescindível para a finalização deste trabalho.

Aos meus orientadores Leonardo e Márcio por me proporcionarem grandes oportunidades de aprendizado, sempre dispostos a ensinar com humildade e paciência. Às pessoas que contribuíram e apoiaram o presente trabalho de diferentes formas, em especial, Diego Gomes, Valter Salino, Marco Couto, Marcelo Marinho, assim como os colegas do Lmic, em especial Isabela e Wilker, cujas discussões e apoio aos trabalhos de campo contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer à Universidade Federal de Ouro Preto, à Escola de Minas, ao Departamento de Geologia, e ao Laboratório de Microscopia e Microanálises por me proporcionarem um ambiente de ensino superior gratuito e de qualidade. À CPRM por me proporcionar no estágio a abertura de novos conhecimentos, tanto técnicos quanto de convivência.

Sumário

FICHA DE APROVAÇÃO	vii
AGRADECIMENTOS.....	ix
SUMÁRIO	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABELAS	xxi
RESUMO	xxiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	1
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.4 JUSTIFICATIVA	4
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
1.5.1 Geofísica	8
1.5.2 Etapas de Campo.....	9
1.5.3 Perfis Litoestruturais	12
1.5.4 Tratamento de dados estruturais.....	12
1.5.5 Petrografia	12
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	13
2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO.....	13
2.1.1 O Cráton São Francisco (CSF).....	13
2.1.2 O Quadrilátero Ferrífero (QF).....	14
2.1.3 Complexos Metamórficos	15
2.1.4 Orogenia Minas	16
2.1.5 O Cinturão Mineiro (CM)	16
2.2 ESTRATIGRAFIA DO CINTURÃO MINEIRO	18
2.2.1 Unidades Supracrustais	19
a) Sequência Metavulcanossedimentar Congonhas-Itaverava	19
b) Sequência Metavulcanossedimentar Rio das Mortes	20
c) Sequência Metavulcanossedimentar Nazareno	20
d) Sequência Metavulcanossedimentar Dores de Campos	21
2.2.2 Rochas Graníticas do Paleoproterozoico.....	21

a) Batólito Cassiterita	22
b) Suíte Resende Costa	22
c) Suíte Lagoa Dourada	23
d) Suíte Serrinha-Tiradentes	23
e) Plúton Congonhas.....	23
f) Batólito Ritápolis.....	24
g) Suíte Alto Maranhão.....	24
2.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL DO CINTURÃO MINEIRO	25
3 RESULTADOS.....	31
3.1 MAPA GEOLÓGICO REGIONAL	31
3.1.1 Imagens de Satélite e Mapas Geofísicos	31
3.1.2 Mapa Geológico Regional Simplificado de Escala 1:400.000	37
3.1.3 Geologia Estrutural.....	40
3.1.4 Perfil Litoestrutural	46
3.2 MAPAS GEOLÓGICOS LOCAIS.....	56
3.2.1 Imagens de Satélite e Mapas Geofísicos	56
3.2.2 Mapas Geológicos Locais de Escala 1:100.000	62
3.2.3 Geologia Estrutural.....	66
3.2.4 Perfil Litoestrutural	69
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	81
5 CONCLUSÕES	87
Referências Bibliográficas	89
Apêndices.....	97

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Imagem de satélite do <i>Google Earth Pro</i> com área de estudo (vermelho) e adjacências....	2
Figura 1.2 - Localização da área de estudo e vias de acesso.	3
Figura 1.3 - Localização esquemática da área de estudo regional (Azul) e as áreas locais, com a indicação dos principais municípios da região. Setor Conselheiro Lafaiete (Vermelho) e Setor Itaverava (Amarelo).....	6
Figura 1.4 - Imagens de satélite retiradas do <i>Google Earth Pro</i> com as áreas e pontos visitados dos trabalhos de campo.....	11
Figura 2.1 - Imagem simplificada do Cráton do São Francisco (CSF), ilustrando: Embasamento Arqueano; Zonas orogênicas Paleoproterozoicas; Orógenos Neoproterozoicos e Coberturas Fanerozoicas.	13
Figura 2.2 - a) Principais Serras que compõe o Quadrilátero Ferrífero. SC: Serra do Curral, SM: Serra da Moeda, SCA: Serra do Caraça, PS: Pico do Sol, PI: Pico do Itacolomi, SOP: Serra de Ouro Preto. b) Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero e embasamento Arqueano na porção sul do Cráton do São Francisco.	15
Figura 2.3 - Esboço do segmento sul do CSF que mostra as configurações dos complexos metamórficos de Campo Belo, Passa Tempo, Bonfim, Santo Antônio do Pirapetinga (SAP) e Belo Horizonte, bem como os domos gnáissicos migmatíticos de SB (Santa Bárbara), CA (Caeté), FL (Florestal), BA (Bação). Orógeno paleoproterozoico (Cinturão Mineiro) e orógenos neoproterozoicos marcam as margens do CSF.	17
Figura 2.4 - Mapa esquemático de detalhe do Cinturão Mineiro com seus respectivos corpos plutônicos e sequências supracrustais, em vermelho a área de estudo do presente trabalho.	19
Figura 2.5 - Articulação das áreas estudadas por Endo (1997) e suas compartimentações. a) 1: Compartimento Sul; 2: Compartimento Oeste; 3: Compartimento Central; 4: Compartimento Leste. b) 1: Domínio Meridional; 2: Domínio Central; 3: Domínio Setentrional NW; 4: Domínio Setentrional NE.	26
Figura 2.6 - Perfil geológico transversal a Serra de Bom Sucesso. 1: Gnaisse e granitos do complexo Campo Belo; 2: Rochas metaultramáficas; 3: Quartzitos; 4: Itabiritos; 5: Quartzo-xistos e anfibolitos.	27
Figura 2.7 - Mapa de subdomínios. A: NW-SE Direcional; B: NW-SE de Cavalgamento; C: N-S Direcional.....	28
Figura 2.8 - Perfil de estrutura em flor na mina de manganês de Morro da Mina, Conselheiro Lafaiete. 1: Intercalações de quartzito, quartzo-mica-xisto, quartzo-biotita-xisto e filito; 2: Gondito; 3: Granitoide. B: Detalhe de estrutura cinemática no flanco Nordeste. C: Detalhe de dobramento no flanco Sudoeste. D: Estereograma das foliações e lineações minerais de estiramento.	28
Figura 2.9 - Ilustração de indicadores cinemáticos sigmoidais presentes na região e estereograma do polo da foliação gnáissica (n=20) e lineação de estiramento mineral para NE.	29
Figura 3.1 - Imagem SRTM 45/45 com sobreposição da rede hidrográfica que evidencia o controle estrutural da região estudada.....	33
Figura 3.2 - a) Mapa aeromagnetométrico (ASA) e b) Mapa de índice máfico (IM), com os principais lineamentos de subsuperfície interpretados para a área de estudo.	34
Figura 3.3 - Mapas aerogamaespectrométricos de a) K (%), b) U (ppm) e c) Th (ppm).	35

Figura 3.4 - Mapas aerogamaespectrométricos para área de estudo: a) Ternário (RGB); b) Ternário (CMY); c) Contagem total (CT).....	36
Figura 3.5 - Mapa geológico regional simplificado da área de estudo, obtido a partir da compilação de dados do Quadro 1.1 e trabalhos de campo específicos.	39
Figura 3.6 - Mapa de domínios estruturais elaborado para a região de estudo. Domínio Oeste (verde), domínio central (rosa) e domínio leste (amarelo).....	43
Figura 3.7 - Estereogramas obtidos com o tratamento estatístico das medidas para cada domínio estrutural, correspondem a densidade de polos de foliação.	44
Figura 3.8 - Estereogramas do domínio Leste obtidos com o tratamento estatístico das medidas para cada domínio estrutural, correspondem a densidade de polos de foliação e a densidade de polos de lineação mineral.	45
Figura 3.9 - Imagem de satélite da região de Jeceaba visitada em campo, com a localização dos pontos analisados e do traçado do perfil litoestrutural AA' (amarelo).	46
Figura 3.10 - Fotografias em planta do metagranitoide do ponto GS-01. a) Porfiroclastos rotacionados com leve assimetria. b) Dobra centimétrica assimétrica de cinemática sinistral. c) Dobra mesoscópica fechada.	48
Figura 3.11 - Fotomicrografia da lâmina delgada GS-01, à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada. a) e b) Visão geral da lâmina e sua foliação definida por biotita (Bt). c) e d) Detalhamento dos grãos de microclíneo (Mc) em conjunto com grãos de plagioclásio (Plg), quartzo (Qtz) e biotita.	48
Figura 3.12 - Fotomicrografia da lâmina delgada GS-01, à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada. a,b) Pertitas bem formadas e alteração de biotita para clorita. c,d) Presença de biotita (Bt) e muscovita (Ms) em meio a massa quartzo-feldspática.	49
Figura 3.13 - Visão geral dos afloramentos nas adjacências da localidade de Bituri. a) Visada para leste de parte da área de estudo (GS-02). b) Granitoide com veios quartzo feldspáticos e algumas apófises indicada pela seta (GS-02). c) Xisto muito intemperizado em contato com granitoide (GS-03).	51
Figura 3.14 - a) Fotografia ilustrativa da região tirada do ponto GS-04. Ao fundo cidade de Jeceaba (visada para SE). b) Sobre a serra temos a expressão local do LJBS. c) Dobras em "S" na serra de Jeceaba, visão em corte NW-SE.....	52
Figura 3.15 - Visão geral dos afloramentos nas adjacências de Jeceaba. a) Fotografia de indicador cinemático do tipo sigma de tamanho decimétrico e cinemática sinistral, observado em xisto (GS-05). b) Metatonalito com enclave melanocrático decimétrico de formato elíptico (GS-06).	52
Figura 3.16 - Fotomicrografia de metatonalito (lâmina GS-06). À esquerda imagens feitas com luz plana e à direita com luz polarizada. a,b) Visão geral da lâmina, onde se observam quartzo (Qtz), plagioclásio (Plg) e biotita (Bt). c,d) Fenocristal de plagioclásio com leve zoneamento concêntrico e intensa macla <i>carlsbad</i> . e) Cristais de biotita dobrados. f) Seção basal de anfibólio (Amp) em contato com grãos de quartzo, biotita e clorita.....	53
Figura 3.17 - Mapa geológico simplificado da região de Jeceaba e perfil litoestrutural AA' (Amarelo) de direção NW-SE.....	54
Figura 3.18 - Perfil geológico litoestrutural das proximidades de Jeceaba/MG, escala 1:50.000.	55
Figura 3.19 - Imagens SRTM associada as redes de drenagens locais e perfil litoestrutural (amarelo). a) Setor Conselheiro Lafaiete b) Setor Itaverava.....	58
Figura 3.20 - Mapas aeromagnetométricos (ASA). a) Setor Conselheiro Lafaiete e b) Setor Itaverava, com o traçado do perfil BB' realizado no respectivo trabalho de campo.....	59

Figura 3.21 - Mapas aerogamaespectrométricos; a) Setor Conselheiro Lafaiete e b) Setor Itaverava, com o traçado do perfil BB' realizado no respectivo trabalho de campo.	60
Figura 3.22 - Mapas de índice máfico (IM). a) Setor Conselheiro Lafaiete e b) Setor Itaverava, com o traçado do perfil BB' realizado no respectivo trabalho de campo.	61
Figura 3.23 - Mapa geológico simplificado do Setor Conselheiro Lafaiete na escala 1:100.000.	64
Figura 3.24 - Mapa geológico simplificado do Setor Itaverava na escala 1:100.000. Perfil litoestrutural BB' (Amarelo).	65
Figura 3.25 - Estereogramas obtidos com o tratamento estatístico das medidas estruturais do SCL, correspondem a densidade de polos de foliação e lineação mineral respectivamente.	67
Figura 3.26 - Estereogramas obtidos com o tratamento estatístico das medidas estruturais do SI, correspondem a densidade de polos de foliação e lineação mineral respectivamente.	68
Figura 3.27 - Imagem de satélite da região de Itaverava e Monsenhor Isidro visitada em campo, com a localização dos pontos analisados e do traçado do perfil litoestrutural BB' (amarelo).	69
Figura 3.28 - Fotografias de campo do ponto GS-07. a) Visão geral dos diques de diabásio aflorantes na região. b) Afloramento de dique de diabásio de coloração ocre e muito intemperizado. c) Diabásio bastante alterado em escala macroscópica.	72
Figura 3.29 - Fotografias em escala de afloramento. a) Rocha metamáfica com injeções graníticas cortada por dique máfico marrom escuro (GS-09). b) Rocha metamáfica com bolsões pegmatíticos e injeções graníticas (GS-08). c) Detalhe das injeções graníticas (GS-08).	72
Figura 3.30 - Fotografia de afloramento do ponto GS-10. a) <i>Boudin</i> de esteatito de dimensão métrica. b) Esteatito com serpentina de nível centimétrico. c) Detalhe do nível de serpentina. d) Porção de esteatito com foliação bem marcada. e) Alteração do esteatito. f) Detalhe de pseudomorfo possivelmente de actinolita de comprimento centimétrico.	73
Figura 3.31 - Granito leucocrático levemente foliado do ponto GS-12. a) Granito muito alterado em escala de afloramento. b) Fotografia de detalhe do granito.	74
Figura 3.32 - Fotografias do ponto GS-13: a,b) Afloramentos de xistos. c) Xisto bastante foliado com clastos milimétricos de quartzo rotacionados.	74
Figura 3.33 - Fotografia do ponto GS-14 de rocha metassedimentar: a) Visão geral do afloramento; b) Foliação (Sn), foliação (Sn+1) e lineação de intersecção (Li); c) Afloramento de rocha metassedimentar bastante foliada, cuja amostra compõe a lâmina delgada GS-14.	75
Figura 3.34 - Fotografia do ponto GS-15, composto por metatonalitos, onde é possível observar a presença de veios de quartzo.	75
Figura 3.35 - Fotomicrografia de metagranito porfíricos que constitui a lâmina delgada do ponto GS-12, à esquerda em luz plana e a direita em luz polarizada. a,b) Visão geral da lâmina, composto por quartzo, feldspatos alcalinos, biotita, muscovita e sericita. c,d) Grão de plagioclásio com macla polissintética em contato com feldspato alcalino ambos muito alterados. e,f) Mirmequita em interação de plagioclásio e quartzo, em contato com diversos grãos sub-arredondados de quartzo. .	76
Figura 3.36 - Fotomicrografia de lâmina delgada do xisto do ponto GS-13, imagens à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada. a,b) Visão geral da lâmina delgada, composta por quartzo (Qtz), biotita (Bt), sericita e opacos. c,d) Detalhe de clasto de quartzo rotacionado, com cinemática sinistral, em meio à foliação demarcada pelos grãos de biotita.	77
Figura 3.37 - Fotomicrografia da lâmina GS-14, composta por carbonato de cálcio (Cal) em contato com grãos de quartzo (Qtz). a) luz plana. b) luz polarizada.	77

- Figura 3.38** - Fotomicrografia de lâmina delgada do xisto do ponto GS-14, composto por quartzo (Qtz), biotita (Bt), sericita (Ser), clorita (Chl) e opacos, imagens à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada: a,b) Porções do xisto com textura granoblástica acima e textura lepidogranoblásticas abaixo. c,d) Porfiroclasto de plagioclásio rotacionado. e,f) Processo de cloritização marcada pela alteração da biotita em clorita..... 78
- Figura 3.39** - Fotomicrografia de lâmina delgada de metatonalito do ponto GS-15, imagens à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada. a,b) Visão geral da lâmina, composta por quartzo, anfibólio, biotita. c,d) Ocorrência de grão de epidoto com allanita ao centro, sobrecrecidos em biotita. e) Visão geral de quartzo (Qtz), titanita (Ttn), anfibólio (Amp), biotita (Bt), epidoto (Ep), allanita (Aln). f) Grão de plagioclásio com macla *carlsbad* e polissintética..... 79
- Figura 3.40** - Perfil litoestrutural BB' realizado em trabalho de campo nas proximidades da cidade de Itaverava, escala 1:50.000. 80
- Figura 4.1** - Ilustração de perfil de dobra esquemática. Posicionamento do tipo de lineação (“a” ou “b”) em relação ao eixo de dobramento; (XYZ): Eixos do elipsóide de deformação, (ABC): Eixos geométricos de simetria. Tipos de tramas penetrativas em rocha, objetos lineares possuem tramas L, chamados de L-tectonitos e objetos planares possuem tramas S, chamados de S- tectonitos..... 85

Índice de Quadros

Quadro 1.1 - Relação dos mapas utilizados para compilação de dados para a elaboração do Mapa Regional (1:400.000).	7
Quadro 1.2 - Características descritivas de dados dos projetos aerogeofísicos realizados pela SEME e CODEMIG utilizados no presente trabalho.	8
Quadro 1.3 - Quadro de coordenadas dos pontos visitados em campo.	10
Quadro 2.1 - Resumo dos principais corpos plutônicos e suas características do CM.	21

Resumo

O Cinturão Mineiro (CM) representa um segmento de orógeno acrescionário Paleoproterozoico preservado na porção sul do Cráton São Francisco. Possui aproximadamente 180 km de extensão e 50 km de largura, é balizado a norte pelo Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso (LJBS), de direção NE-SW, e a leste pelo Lineamento Congonhas-Itaverava (LCI), de direção NW-SE, os quais são entendidos como limites de terrenos geologicamente distintos. O CM é dotado de rochas que exibem amplo espectro temporal (2,47 a 2,09 Ga), é composto essencialmente por ortognaisses e sequências metavulcanossedimentares intrudidas por granitoides e registra condições metamórficas variando de xisto verde a anfibolito. Embora amplamente estudado sob o ponto de vista geocronológico e geoquímico, verifica-se uma carência de estudos, envolvendo, por exemplo, seu arcabouço estrutural, onde se expresse em detalhes a natureza do contato entre as diversas unidades que o constituem. O presente trabalho apresenta o arcabouço litoestrutural da porção setentrional do Cinturão Mineiro, delimitada pela metade norte das folhas geológicas de Entre Rios de Minas (SF.23-X-A-V) e Conselheiro Lafaiete (SF.23-X-A-VI). A partir da compilação e integração de mapas geológicos, obtidos através de trabalhos de graduação e pós-graduação, em conjunto com imagens SRTM, mapas geofísicos de aeromagnetometria, aerogamaespectrometria e índice máfico, pode-se delimitar a morfologia geral das principais unidades aflorantes na área de estudo. Confeccionou-se um mapa na escala 1:400.000 no qual foram delineadas as principais unidades regionais, aqui denominadas por Crosta Arqueana, Crosta Arqueana/Paleoproterozoica, Crosta Indiferenciada, Sequência Metavulcanossedimentar, Sequência Metassedimentar e Granitoides Paleoproterozoicos. Nesta mesma escala, foram subdivididos três domínios estruturais distintos, delimitados pelos lineamentos já citados e individualizados pelas tendências das foliações regionais e pelas respostas geofísicas. O primeiro domínio encontra-se a oeste do LJBS e compreende majoritariamente gnaisses arqueanos, o plano da foliação possui preferencialmente direção NE-SW com concentrações máximas próximas de 300/39. Também ocorrem enxames de diques de orientação preferencial NW-SE, observados através de aeromagnetometria. O segundo, constituído predominantemente por rochas metavulcanossedimentares e granitoides paleoproterozoicos, exibe suas foliações regionais concordantes com as direções preferenciais dos grandes lineamentos regionais. De tal forma que, a foliação apresenta atitude dominante de 140/50 nas proximidades do LJBS, enquanto sua concentração máxima adquire atitude igual a 215/85 nas regiões de influência do LCI. O último domínio está situado a leste do LCI e é composto principalmente por rochas gnáissicas arqueanas e paleoproterozoicas, cuja estruturação geral encontra-se na direção NW-SE, de modo que possui concentração máxima da foliação em 038/44 e lineações minerais em torno de 068/46. Além disso, outros dois mapas geológicos foram elaborados na escala 1:100.000, o que permitiu maior detalhamento das unidades próximas as cidades de Conselheiro Lafaiete e Itaverava. Por fim, os

trabalhos de campo realizados permitiram compreender as relações estratigráficas e analisar indicadores cinemáticos, como dobras e porfiroclastos rotacionados classificados como componentes de movimentações sinistrais nos dois limites. Estas considerações refletem um transporte tectônico de SE para NW nas proximidades do LJBS, a passo que no LCI o transporte se deu de NE para SW. A região lança enormes desafios para sua compreensão estrutural, devido a distribuição heterogênea das informações. De modo que, ainda se faz necessário a realização de trabalhos adicionais a fim de se obter dados de maior detalhe.

Palavras chave: Cinturão Mineiro; Sideriano; Riacciano; Paleoproterozoico; Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso; Lineamento Congonhas-Itaverava.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O presente estudo é parte de um projeto mais amplo que busca entender a evolução geotectônica do Cinturão Mineiro (CM) e sua conexão com o Quadrilátero Ferrífero (QF). Este, realizado no âmbito da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Graduação em Engenharia Geológica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, visou compilar um grande acervo de informações geológicas da região do CM, de modo a integrar dados de antigos relatórios, mapas, imagens aéreas e sensores remotos.

O CM configura-se como segmento de um orógeno acrescionário de direção predominantemente NE-SW, desenvolvido aproximadamente entre 2470 e 2100 Ma, e composto essencialmente por ortognaisses, metagranitoides, metadioritos, metagabros, rochas metavulcânicas, associadas a sequências metavulcanossedimentares (e.g., Alkmim & Teixeira, 2017). Estas rochas são associadas a regimes acrescionários de longa duração com posterior evolução de um arco continental na porção sul do cráton São Francisco e registram condições de fácies metamórfica que variam de xisto verde a anfibolito médio (Ávila *et al.*, 2014; Teixeira *et al.*, 2015). Existem dois grandes lineamentos que delimitam os terrenos arqueanos do Quadrilátero Ferrífero (QF) da porção paleoproterozoica do CM, o lineamento Jeceaba-Bom Sucesso (LJBS) e Congonhas-Itaverava (LCI). Ambos possuem cinemáticas de caráter sinistral, embora tenham sido identificados também cinemáticas dextrais pretéritas por alguns autores (Endo, 1997; Campos & Carneiro, 2008; Vieira *et al.*, 2020).

A maioria dos trabalhos até então realizados sobre o CM possuem abordagem voltada para o contexto litológico, incluindo dados geocronológicos, isotópicos e químicos, de modo que se verifica a ausência de elementos estruturais importantes, como medidas planares e lineares. Dessa forma, este trabalho pretende abordar o contexto litoestrutural ao reunir dados de diversos trabalhos e mapas da literatura a respeito da disposição das grandes unidades estruturais regionais que compõem esse terreno acrescionário.

1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo situa-se na região central de Minas Gerais, delimitada pelos paralelos 20°30'00" e 20°45'00" e meridianos 43°30'00" e 44°30'00" os quais restringem, respectivamente, a metade norte das folhas geológicas de Entre Rios de Minas (SF.23-X-A-V) e Conselheiro Lafaiete (SF.23-X-A-VI), ambas confeccionadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na escala 1:100.000.

Com cerca de 2.800 km² a área engloba parcialmente ou totalmente os municípios de Belo Vale, Catas Altas da Noruega, São Brás do Suaçuí, Conselheiro Lafaiete, Joaquim Murinho, Jeceaba, Congonhas, Ouro Branco, Ouro Preto, Santana dos Montes, Resende Costa, Entre-Rios de Minas, Desterro de Entre-Rios, Passa-Tempo, Piedade dos Gerais, Piracema, Queluzito, Itaverava (Figura 1.1).

Os principais destinos da área de estudo são alcançados por meio de transporte rodoviário (Figura 1.2), de modo que para acessar a cidade de Jeceaba, saindo de Belo Horizonte, segue-se pela BR-356 sentido sul até bifurcação nos residenciais de Alphaville próximo a Lagoa dos Ingleses. Segue-se então pela rodovia BR-040, sentido sul até rotatória que dá acesso a MG-383, sentido oeste passando pelo distrito de Alto Maranhão. Seguindo na MG-383 até o acesso a MG-155 com destino a Jeceaba.

Para acesso a cidade de Conselheiro Lafaiete, saindo de Belo Horizonte, segue-se pela BR-356 sentido sul até bifurcação nos residenciais de Alphaville próximo a Lagoa dos Ingleses, como anteriormente. Segue-se então pela rodovia BR-040, sentido sul com destino a Conselheiro Lafaiete.

Caso o destino seja a cidade de Itaverava, segue-se o mesmo caminho anteriormente descrito até Conselheiro Lafaiete, para então seguir pela saída da rodovia MG-482 com destino a Itaverava. Caso a origem seja Ouro Preto, deve-se tomar a MG-129 sentido a cidade de Ouro Branco e posteriormente acessar a MG-482 em bifurcação com destino a Itaverava.

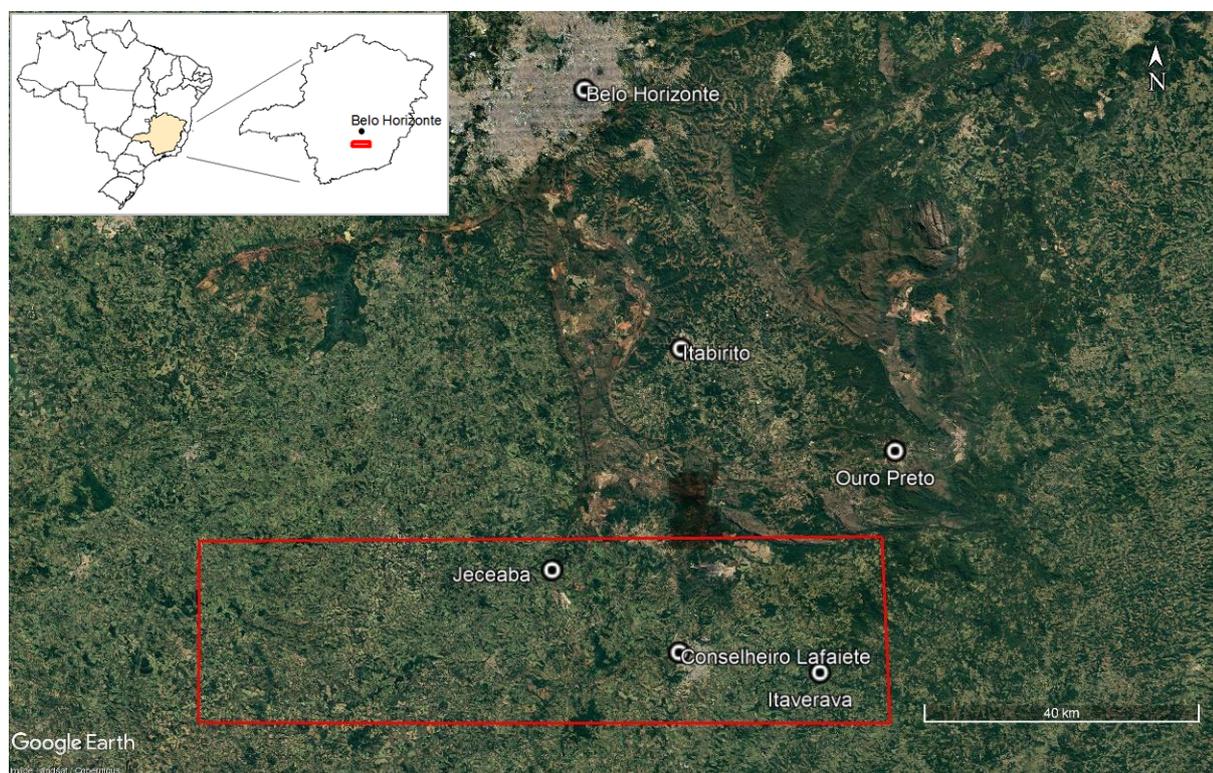


Figura 1.1 - Imagem de satélite do *Google Earth Pro* com área de estudo (vermelho) e adjacências.

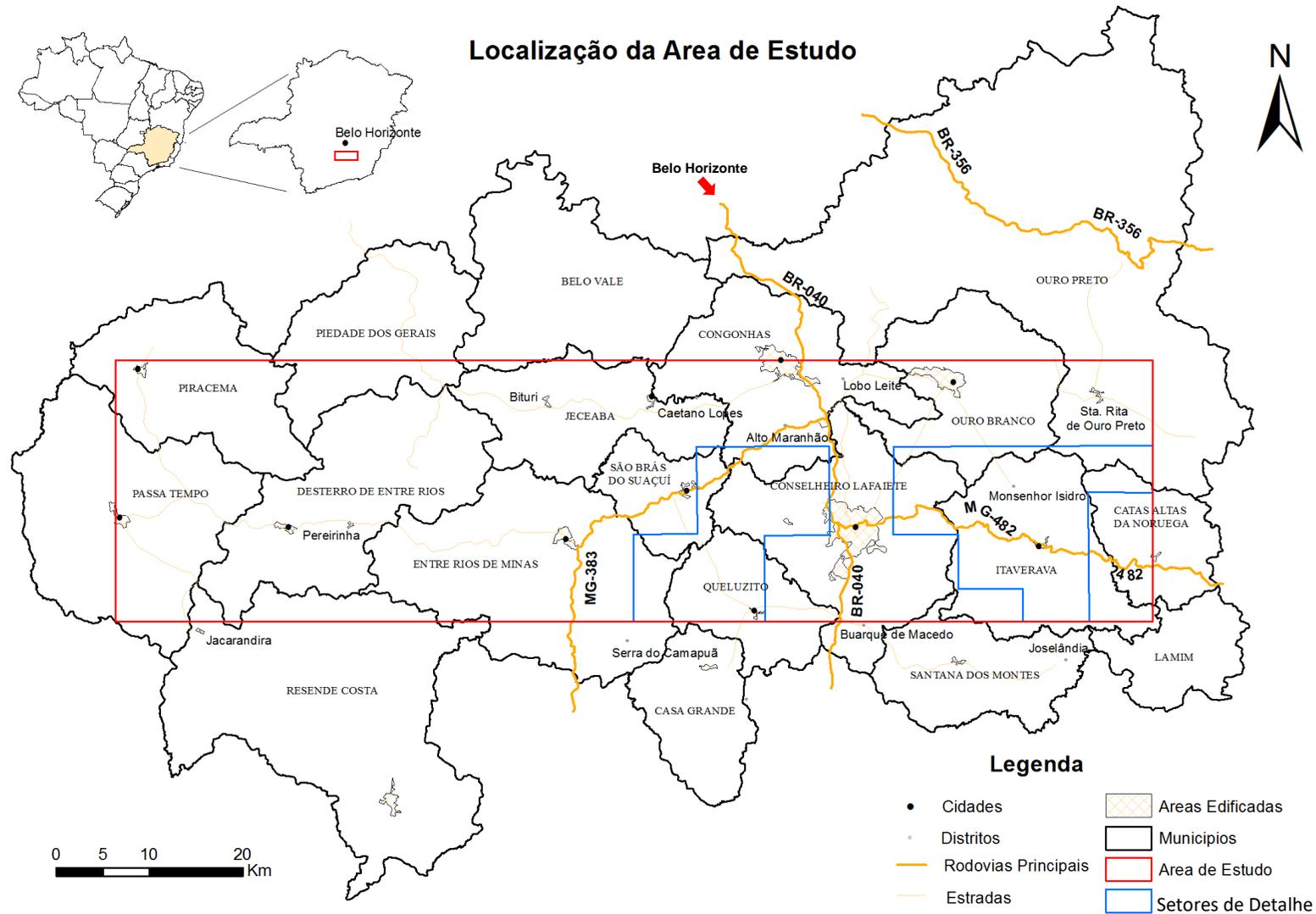


Figura 1.2 - Localização da área de estudo e vias de acesso. Retirado da base de dados do IBGE. <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>.

1.3 OBJETIVOS

Contribuir com o entendimento sobre a evolução geotectônica da porção setentrional do CM é o objetivo principal deste trabalho, que pretende desenvolver estudos sobre uma revisão bibliográfica a respeito da região e sua problemática. Além disso, buscou-se integrar dados de mapeamentos realizados anteriormente em diversas escalas ao reunir trabalhos de graduação, pós-graduação e mapas realizados pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, de modo a apresentar um novo mapa da região, que atente especificamente aos aspectos litoestruturais. Aliado a esses fatos, tem-se como objetivos específicos:

- Elaborar mapa geológico regional na escala 1:400.000, no polígono delimitado pelos paralelos 20°30'00" e 20°45'00" e meridianos 43°30'00" e 44°30'00" e dois outros de maior detalhe na escala 1:100.000 nos polígonos delimitados na Figura 1.2;
- Integrar dados reunidos de diversos trabalhos, a fim de se entender os possíveis ambientes geológicos de formação do CM;
- Elaborar mapas de domínios estruturais baseados em dados compilados da literatura e com apoio de interpretação de mapas aerogeofísicos de gamespectrometria e magnetometria;
- Elaborar seções litoestruturais perpendiculares aos grandes lineamentos;
- Caracterizar petrograficamente alguns dos principais litotipos regionais;
- Traçar os limites laterais e zonas de influência dos lineamentos balizadores do CM, de modo a compreender as discontinuidades crustais e seus significados geológicos na evolução da área de estudo.

1.4 JUSTIFICATIVA

Como dito, os trabalhos anteriores já realizados sobre o CM possuem abordagem mais voltada para o contexto litológico, químico e geocronológico. Ao se verificar a ausência de uma abordagem com foco na análise de elementos estruturais importantes, como medidas planares e lineares, carentes na literatura publicada sobre a região, o entendimento da evolução tectono-estrutural para este segmento crustal fica comprometida. Desse modo, a elaboração de novos mapas geológicos e geofísicos, nas escalas propostas, podem permitir um maior entendimento sobre a geologia estrutural da região e apurar como as rochas supracrustais se dispõem em relação às diferentes feições regionais observadas em mapa e em campo. Portanto, pretende-se contribuir com a reconstrução do arcabouço estrutural da região conforme exposto anteriormente no item 1.3.

Como será visto adiante, os lineamentos Jeceaba-Bom Sucesso e Congonhas-Itaverava são considerados como estruturas marcantes da transição de dois terrenos geologicamente distintos, um

arqueano demarcado por unidades geológicas pertencentes aos núcleos arqueanos do cráton São Francisco e outro paleoproterozoico caracterizado por um conjunto de sequências supracrustais metavulcanossedimentares cortadas por intrusões granitóides que definem o Cinturão Mineiro. Esses lineamentos promovem controles estruturais de diversas mineralizações e outros recursos minerais, tais como ouro, manganês e esteatito. A região de Santa Rita de Ouro Preto por exemplo, possui um polo de rochas ornamentais que utiliza principalmente o esteatito como matéria-prima para artesanatos e constitui uma fonte de renda importante na economia local (Gonçalves *et al.*, 2011).

Além disso, o distrito manganífero de Conselheiro Lafaiete é mundialmente reconhecido pela sua produção de manganês, sendo o depósito de Morro da Mina o mais relevante. Enquadram-se no contexto de sequências com xistos a micas, clorita, anfibólio e talco, anfibólitos e rochas carbonáticas do Grupo Barbacena (Grossi-Sad *et al.*, 1983) ou *greenstone belt* Barbacena (Pires *et al.*, 1977). É importante ressaltar que, historicamente, são conhecidas inúmeras ocorrências de ouro por toda a extensão do Lineamento Congonhas-Itaverava (Seixas, 1988), de modo que durante certos períodos, entre os séculos XVII e XIX, a região entre Congonhas do Campo e Itaverava foi produtora de ouro, e mais recentemente a região foi selecionada como alvo de novas campanhas de pesquisa mineral com foco em ouro e metais base (Corrêa Neto *et al.*, 2012).

Diante disso, entende-se que a área de estudo possui grande relevância, tanto econômica como científica. Deste modo, uma melhor compreensão do contexto geotectônico se faz necessária, uma vez que este pode promover diversas implicações metalogenéticas.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário realizar uma etapa de revisão bibliográfica, na qual foram levantadas, de forma sistemática, informações acerca da geologia do CM e seus processos petrogenéticos vigentes na transição Arqueano-Proterozoico. Foi utilizada grande quantidade de trabalhos de conclusão de curso (TCCs) da UFOP, dissertações, teses e artigos diversos, que evidenciam aspectos geológicos gerais da área de estudo, além de mapas e base de dados do projeto Campo das Vertentes disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

A partir da organização do amplo acervo de mapas geológicos, geofísicos e de imagens de sensores remotos, em conjunto com a pesquisa bibliográfica, compilou-se e interpretou-se os dados obtidos na tentativa da integração de mapas temáticos que permitissem uma discriminação e delimitação dos grandes domínios estruturais. Para isso, todos os materiais listados no Quadro 1.1 foram digitalizados e, depois, georreferenciados e vetorizados individualmente através do *software ArcGis 10.6.1* para então serem sobrepostos na área de estudo. Então, deu-se início a compilação das informações com a integração dos limites entre cada um dos mapas, com intuito de ajustar os contatos litológicos e feições estruturais de modo mais coeso.

Partindo do objetivo de realizar a compilação para confeccionar um mapa regional de escala 1:400.000 utilizou-se como base os mapas das folhas geológicas de Entre Rios de Minas (SF.23-X-A-V) e Conselheiro Lafaiete (SF.23-X-A-VI) confeccionados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM na escala de 1.100.000 - Projeto Campo das Vertentes, mapas de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP nas escalas de 1:10.000 e 1:25.000 (Quadro 1.1), além de mapas geofísicos, que serão descritos no item 1.5.1, para auxiliar na definição de grandes corpos e estruturas. Por fim, imagens radar SRTM de resolução espacial de 30 m obtidas através do site da EMBRAPA com sombreado em 45/45 foram utilizadas para realçar lineamentos que não foram traçados anteriormente em outros trabalhos.

É importante destacar que dentro da área de estudo existem regiões com maior densidade de informação que outras devido aos trabalhos realizados estarem em maior detalhe (1:10.000 e 1:25.000). Deste modo, houve a necessidade da separação de dois setores distintos, aqui nomeados de Setor Itaverava (SI) e Setor Conselheiro Lafaiete (SCL) (Figura 1.3), que abrangem uma compilação de maior detalhe. Para a elaboração dos mapas destes setores, confeccionados na escala 1.100.000, foram utilizadas as respectivas referências destacadas do Quadro 1.1, sendo que as vermelhas foram utilizadas para o SCL e as amarelas para o SI, além dos demais mapas temáticos (descritos no item 1.5.1) e imagens radar SRTM citados anteriormente para o mapa geológico regional.

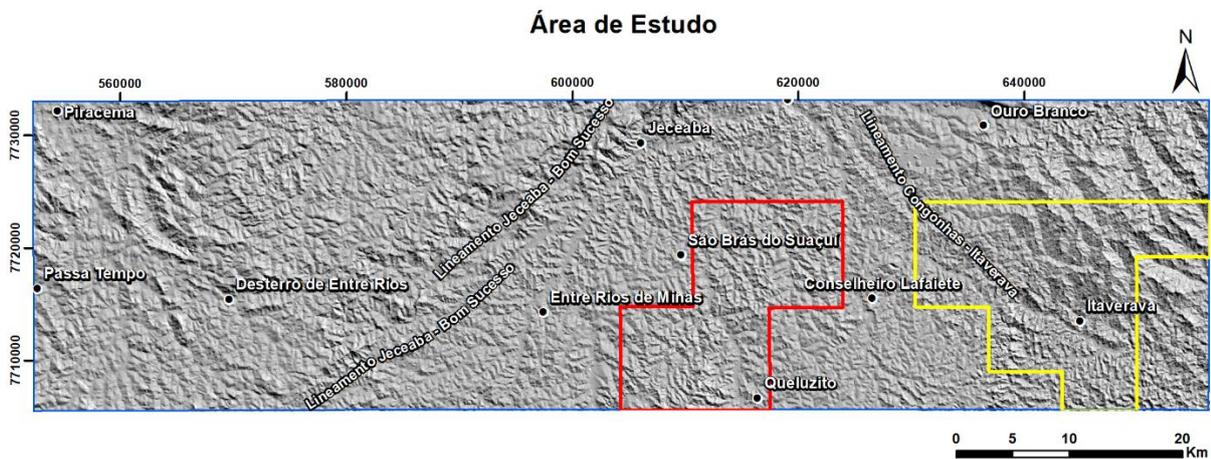


Figura 1.3 - Localização esquemática da área de estudo regional (Azul) e as áreas locais, com a indicação dos principais municípios da região. Setor Conselheiro Lafaiete (Vermelho) e Setor Itaverava (Amarelo).

Quadro 1.1 - Relação de todos os 24 mapas utilizados para compilação de dados para a elaboração do Mapa Regional (1:400.000). Destacados em amarelo estão os que também foram utilizados para confecção do mapa local do SI (1:100.000) e, em vermelho, os que compõem o mapa local do SCL.

	Autor	Fonte	Tipo*	Escala	Ano
1	GUILD, Philip W.; CUNHA, Aristides Nogueira da & POMERENE, Joel B.	USGS	Outros	1:25 000	1960
2	GUILD, Philip W.; CUNHA, Aristides Nogueira da & POMERENE, Joel B.	USGS	Outros	1:25 000	1981
3	SANTOS, Luana Duarte & BALTAZAR, Orivaldo Ferreira	CPRM	Outros	1:100.000	2013
4	SILVA, Rosane Nascimento & BALTAZAR, Orivaldo Ferreira	CPRM	Outros	1:100.000	2013
5	GONÇALVES, Leonardo Eustáquio da Silva & COSTA, João Cláudio Moreira de Oliveira	UFOP	TCC	1:10.000	2007
6	SEIXAS, Luís Antônio Rosa	UnB	MSc.	1:25.000	1988
7	NEVES, Cláudia Mara Sperandio & ARAÚJO, Edmar Eufrásio de	UFOP	TCC	1:10.000	2005
8	VENTURINI, Priscila Nalevaiko & PIRA, Marcus Gutemberg	UFOP	TCC	1:10.000	2005
9	SANTOS, Reginato Fernandes dos & SANTOS, Silas Sena	UFOP	TCC	1:10.000	2005
10	CICOLANI, Igor Tadeu & PEDREIRA, Raíssa Ribeiro do Vale	UFOP	TCC	1:10.000	2005
11	MARTINS, Reinaldo Marques & TAKAYAMA, Patrícia	UFOP	TCC	1:10.000	2005
12	CARNEIRO, Samuel Ricardo Carvalho & DIAS, Adilson Geraldo	UFOP	TCC	1:10.000	2005
13	KOPPERSCHMIDT, Ricardo dos Santos & CAVATERRA, Bruna Antunes	UFOP	TCC	1:10.000	2004
14	CORNEAU, Joselita & SANTOS, Maglius Cardoso	UFOP	TCC	1:10.000	2005
15	GOTTSCHALK, Arnold Hartung & HORTA, Fabiano	UFOP	TCC	1:10.000	2007
16	PEREIRA, Ramon Reis	UFOP	TCC	1:120.000	2013
17	PIRES, Fernando Roberto Mendes	UFRJ	MSc.	1:100.000	1977
18	AQUINO, Eduardo Dias & OLIVEIRA, Elysson Luís da S.	UFOP	TCC	1:25.000	2006
19	LAGES, Geysson de Almeida & SANTOS, Glauber A. Grijó Santos	UFOP	TCC	1:25.000	2006
20	COSTA, Gabriel José Negrini da & MARINHO, Marcelo de Souza.	UFOP	TCC	1:25.000	2006
21	DI SALVIO, Luiz Paulo Pedrosa & BATISTA, Fábio André Miquilis	UFOP	TCC	1:25.000	2006
22	ABREU, Alaor Ribeiro de & OLIVEIRA, Daniela Moreira de	UFOP	TCC	1:25.000	2006
23	SANTOS, Wellington Rodrigo dos & LOMBELLO, Júlio Cezar	UFOP	TCC	1:25.000	2006
24	VIEIRA, Ricardo Brangioni & BRAGA, Sylvania Alves	UFOP	TCC	1:25.000	2006

*MSc: Dissertação de Mestrado. TCC: Trabalho de Conclusão de Curso. Outros: Mapas confeccionados pelos respectivos serviços geológicos.

1.5.1 Geofísica

Para auxiliar a delimitação das unidades litoestratigráficas e traçar estruturas em subsuperfícies foram utilizados mapas geofísicos de Magnetometria com filtro de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) e Derivada Vertical, Gamaespectrometria: (canal Th, U e K), Ternário (RGB e CMY) e Contagem Total (CT). Os mapas foram obtidos de projetos aerogeofísicos das Áreas 14 e 15 contratados pela CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais/CPRM - Serviço Geológico do Brasil e da Área 2 (Blocos Leste e Oeste) pela SEME - Secretaria de Estado de Minas e Energia do Governo de Minas Gerais, respectivamente, e recortados para área de estudo no programa *Oasis Montaj 9.6*. As características dos dados dos projetos aerogeofísicos utilizados neste trabalho estão descritos no Quadro 1.2.

Por fim, utilizando-se a técnica de Índice Máfico (IM), a partir da correlação de dados magnetométricos (ASA) e gamaespectrométricos (K, eTh e eU), foi possível gerar um mapa capaz de realçar e auxiliar na individualização de corpos metamáficos e metaultramáficos (Pires & Morais, 2006). Além disso, colabora na redução de influências de alterações superficiais, uma vez que descarta as interferências de materiais ricos em Fe, muito comuns em superfícies lateríticas (Barbosa, 2012). Para obtenção deste índice utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{Equação 1.1} \quad IM = ASA / (K \times eU \times eTh)$$

Quadro 1.2 - Características descritivas de dados dos projetos aerogeofísicos realizados pela SEME e CODEMIG (Gomes, 2020. no prelo) utilizados no presente trabalho.

Projetos Aerogeofísicos			
Área 2 - Bloco Leste			
Localização		Período	Sistema de Coordenadas
Pitangui - São João Del Rei - Ipatinga		2000/2001	Córrego Alegre
Método	Aquisição de Dados		Vapx*
Magnetometria/Gamaespectrometria	GPS Picodas/NovAtel/Racal		200 km/h
Extensão Total das Linhas de Voo			
Extensão das Linhas de Produção (LP)		Extensão das Linhas de Controle (LC)	
86519,48 km		8663,05 km	
Direção	Espaçamento	Direção	Espaçamento
N30E	250 m	N60W	2500 m
Taxa Média de Amostragem			
Magnetômetro		Espectrômetro	
0,1 s		0,1 s	
Área 2 - Bloco Oeste			
Localização		Período	Sistema de Coordenadas
Pitangui - São João Del Rei - Ipatinga		2000/2001	Córrego Alegre
Método	Aquisição de Dados		Vapx*
Magnetometria/Gamaespectrometria	GPS Picodas/NovAtel/Racal		200 km/h
Extensão Total das Linhas de Voo			
Extensão das Linhas de Produção (LP)		Extensão das Linhas de Controle (LC)	
54610,69 km		5468,07 km	

Quadro 1.2 - Continuação das características descritivas de dados dos projetos aerogeofísicos realizados pela SEME e CODEMIG (Gomes, 2020, no prelo) utilizados no presente trabalho.

Área 2 - Bloco Oeste			
Direção	Espaçamento	Direção	Espaçamento
N30W	250 m	N60E	2500 m
Taxa Média de Amostragem			
Magnetômetro		Espectrômetro	
0,1 s		0,1 s	
Área 14			
Localização		Período	Sistema de Coordenadas
Poços de Caldas - Varginha - Andrelândia		2010/2011	WGS-84
Método	Aquisição de Dados		Hm*
Magnetometria/Gamaespectrometria	FASDAS		100 m
Extensão Total das Linhas de Voo			
Extensão das Linhas de Produção (LP)		Extensão das Linhas de Controle (LC)	
49353,73 km		-	
Direção	Espaçamento	Direção	Espaçamento
NS	500 m	EW	10.000 m
Taxa Média de Amostragem			
Magnetômetro (7,3 m)		Espectrômetro (73 m)	
0,1 s		0,1 s	
Área 15			
Localização		Período	Sistema de Coordenadas
Juiz de Fora - Cataguases - Manhuaçu		2010/2011	Córrego Alegre
Método	Aquisição de Dados		Hm*
Magnetometria/Gamaespectrometria	FASDAS		100 m
Extensão Total das Linhas de Voo'			
Extensão das Linhas de Produção (LP)		Extensão das Linhas de Controle (LC)	
76954,60 km		-	
Direção	Espaçamento	Direção	Espaçamento
NS	500 m	EW	10.000 m
Taxa Média de Amostragem			
Magnetômetro (6,7 m)		Espectrômetro (67 m)	
0,1 s		0,1 s	

*Hm: Altura média de voo; Vapx: Velocidade aproximada de voo.

1.5.2 Etapas de Campo

Para o desenvolvimento das atividades de campo foram utilizados materiais convencionais, além de imagens de satélites do banco de dados do *software Google Earth Pro* para auxiliar na confecção dos mapas e verificar se estruturas regionais são aflorantes e visíveis na escala estudada. Também foram empregados mapas topográficos do IBGE de escala 1:50.000 das folhas de Belo Vale, Entre Rios de Minas, Conselheiro Lafaiete, Itabirito e Ouro Branco.

Foram realizadas duas campanhas de campo que serviram para coleta de dados litológicos e estruturais, amostragem de rochas para análises petrográficas e confirmação da cinemática das estruturas observadas nos dois grandes lineamentos já citados e em suas adjacências.

O primeiro trabalho de campo ocorrido no dia 19/05/2019 nas proximidades do município de Jeceaba, consistiu em realizar um perfil na serra homônima com intuito de verificar a cinemática local do lineamento Jeceaba-Bom Sucesso, além de amostragem de rochas. O perfil possui direção NW-SE e iniciou-se nas proximidades do distrito de Bituri com caminhamento para sudeste, com destino à Jeceaba (Figura 1.4 - laranja). Por fim, o trabalho de campo do dia 28/09/2019 consistiu em realizar um perfil geológico de direção NE-SW, aproximadamente entre o distrito de Santa Rita de Ouro Preto e o município de Itaverava (Figura 1.4 - vermelho).

Ao longo deste processo, foram descritos e analisados 15 pontos e coletadas 6 amostras representativas dos principais litotipos da área de estudo, para a confecção de lâminas delgadas destinadas a descrição petrográficas (ver item 1.5.3). A localização dos pontos estudados nas campanhas de campo encontra-se no Quadro 1.3 e Figura 1.4.

Quadro 1.3 - Quadro de coordenadas dos pontos visitados em campo.

Pontos de Campo	Data	Coordenadas UTM SIRGAS 2000 23K		Altitude (m)	Observação*
		Latitude	Longitude		
GS-01	19/05/2019	7734253	597618	894	A/L/O
GS-02		7732065	599509	983	
GS-03		7730768	601868	891	
GS-04		7729692	604345	1065	
GS-05		7729868	604995	1036	
GS-06		7726652	608676	856	A/L
GS-07	28/09/2019	7720975	647795	1215	
GS-08		7720477	647994	1208	
GS-09		7720306	647102	1231	
GS-10		7719013	646009	1130	
GS-11		7718510	640927	956	
GS-12		7717280	640331	934	A/L
GS-13		7716779	639958	885	A/L/O
GS-14		7715618	639934	860	A/L
GS-15		7715051	637939	914	A/L/O

*A: amostra coletada; L: lâmina confeccionada. O: Amostra/lâmina orientada.

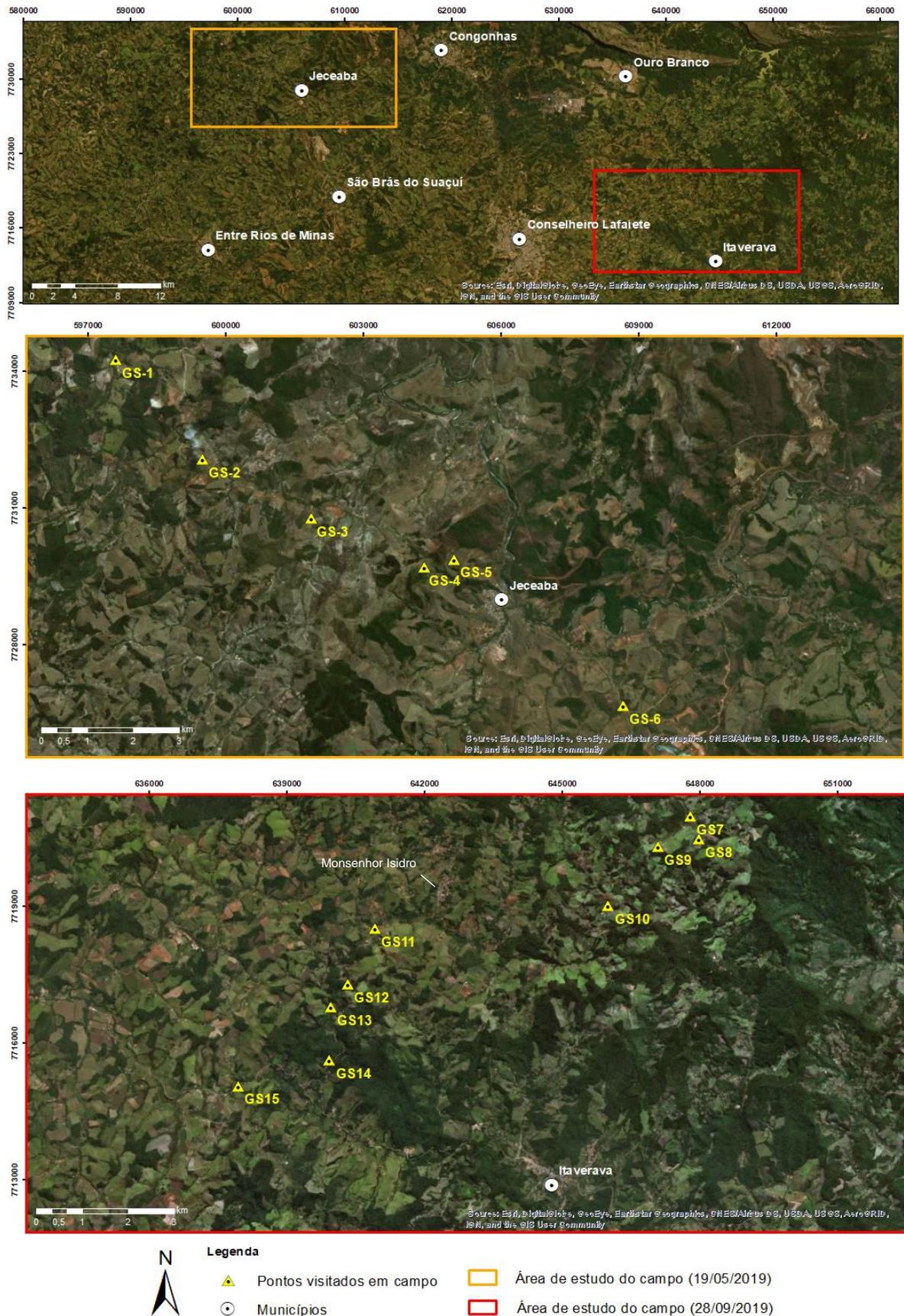


Figura 1.4 - Imagens de satélite retiradas do *Google Earth Pro* com as áreas e pontos visitados dos trabalhos de campo.

1.5.3 Perfis Litoestruturais

Dois perfis litoestruturais foram traçados tomando como base os pontos visitados nas atividades de campo com o intuito de se reconhecer os principais tipos de rochas, suas estruturas internas e verificar a cinemática dominante dos lineamentos interceptados e em suas áreas adjacentes. Primeiramente, ambos perfis foram confeccionados em papel milimetrado na escala de 1:50.000 e com exagero vertical de 2x, e posteriormente digitalizados através do *software CorelDraw 2018*.

1.5.4 Tratamento de dados estruturais

As medidas estruturais foram reunidas e vetorizadas individualmente no *software Arcgis 10.6.1*, organizadas conforme suas fontes e posteriormente reunidas em tabelas no *software Microsoft Excel*. A partir daí, foram estabelecidos domínios estruturais regionais, de modo que, fossem selecionadas regiões que pudessem ser separadas de acordo com a tendência das medidas estruturais, junto ao auxílio das imagens de satélite e aeromagnetometria. Para tanto, primeiramente verificou-se as regiões que possuíam atitudes preferenciais comuns, estabelecendo uma atitude regional à área, para em seguida verificar nos mapas aerogeofísicos e imagens de satélite a compartimentação visualizada na Figura 3.6. A partir daí, foram estabelecidos três domínios estruturais distintos e confeccionados estereogramas de estruturas planares e lineares para cada domínio individualizado que serão detalhados no item 3.1.3.

Para a análise das medidas estruturais, tanto de linha como de plano, foi utilizado o *software OpenStereo 0.1.2* para confecção dos estereogramas numa rede equiárea de *Schmidt* de hemisfério inferior. Ressalta-se que para as áreas com maior densidade de informações foram consideradas as direções preferenciais obtidas através do agrupamento de medidas em determinadas regiões, com a finalidade de diminuir e homogeneizar os dados para a escala de estudo.

1.5.5 Petrografia

De posse das amostras coletadas em campo foram confeccionadas seis (6) lâminas petrográficas em seções delgadas polidas no laboratório de laminação do DEGEO/UFOP. Buscou-se serrar as amostras orientadas para confeccionar lâminas de acordo com a seção XZ do elipsóide de deformação para estudo topológico e avaliação dos indicadores cinemáticos, sendo a direção X a de máximo estiramento mineral e Z a de máximo encurtamento. Como visto no Quadro 1.3, duas delas são provenientes da região de Jeceaba e as outras quatro são da região de Itaverava.

Posterior à laminação, foram realizadas as descrições petrográficas, considerando os aspectos mineralógicos e microestruturais. Para isso, utilizou-se o microscópio Olympus BX51 do Laboratório de Microscopia e Microanálises (LMic) do DEGEO/UFOP. As descrições foram executadas à luz transmitida plana e polarizada, e com o auxílio da máquina fotográfica digital *Olympus U-TV0.5XC-3* acoplada ao microscópio foi possível obter fotomicrografias a partir do *software ImageView*.

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

2.1.1 O Cráton São Francisco (CSF)

O Cráton do São Francisco possui cerca de 650.000 km² (Figura 2.1) e ocupa grande parte dos estados da Bahia e Minas Gerais, além de pequenas porções de Goiás, Tocantins, Piauí e Sergipe. Formou-se ao término do Ciclo Transamazônico e configura-se como uma área poupada das deformações ocorridas durante a orogenia Brasiliana-Pan-Africana por volta de 600 Ma (Almeida, 1977). O CSF possui dois principais registros de seu desenvolvimento, o primeiro consiste no enorme volume de crosta continental gerado no Arqueano, o segundo refere-se à aglutinação dessas massas continentais no Paleoproterozoico devido ao desenvolvimento de arcos juvenis e continentais, resultantes da subducção de crosta oceânica (Alkmim & Noce, 2006; Noce *et al.*, 2007).

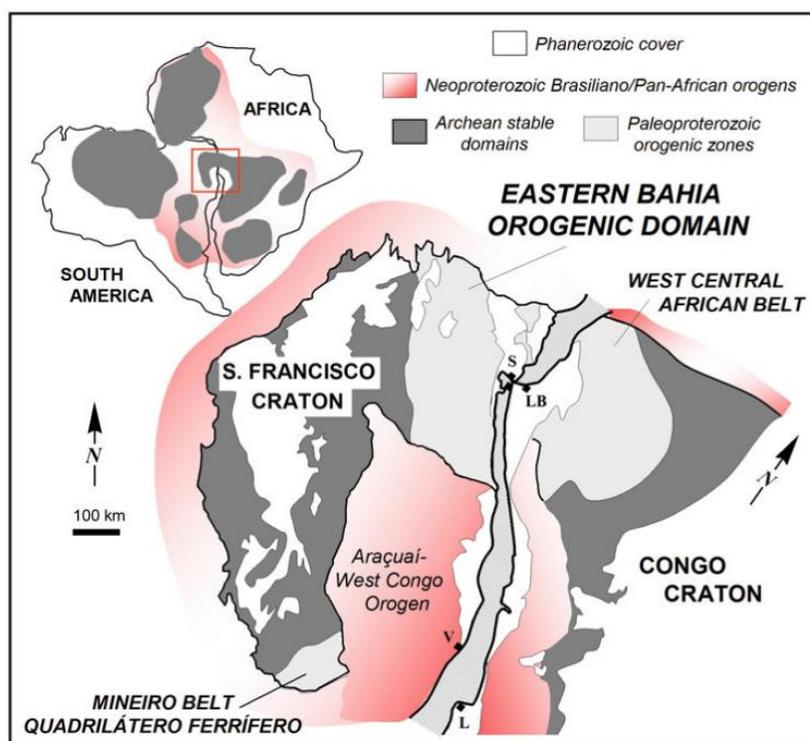


Figura 2.1 - Imagem simplificada do Cráton do São Francisco (CSF), ilustrando: Embasamento Arqueano; Zonas orogênicas Paleoproterozoicas; Orógenos Neoproterozoicos e Coberturas Fanerozoicas. V = Vitória; S = Salvador; L = Luanda; LB = Libreville. Extraído de Barbosa & Barbosa (2017).

Este domínio geotectônico abrange dois cinturões paleoproterozoicos, um a norte com idades entre 2450-2000 Ma conhecido como Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá, localizado no domínio orogênico do Leste da Bahia e outro a sul de idade entre 2470-2000 Ma, o Cinturão Mineiro (Figura

2.1). Além destes, os cinturões Neoproterozoicos demarcam, por sua vez, sua configuração final marginal, associada ao ciclo orogênico Brasileiro-Pan Africano (e.g., Almeida, 1977; Campos Neto *et al.*, 2011; Trouw *et al.*, 2013).

2.1.2 O Quadrilátero Ferrífero (QF)

A região do QF abrange aproximadamente 7.000 km² englobando várias cidades mineiras, dentre elas a cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais (Dorr, 1969; Alkmim & Teixeira, 2017). É formada por quatro serras principais sustentadas predominantemente por quartzitos e formações ferríferas bandadas, de grande expressão em mapas e sensores remotos, demarcados pelas seguintes serras: Serra do Curral, Serra de Ouro Preto, Serra da Moeda e Serra do Caraça (Figura 2.2).

De acordo com Alkmim & Teixeira (2017), o QF encontra-se na zona externa de dois orógenos superpostos, situado na zona antepaís de um orógeno de idade Riaciana-Orosiriana, que engloba o CM e o substrato retrabalhado da margem leste do CSF. Além disso, grande parte da porção leste do QF foi afetada por outro evento orogênico, chamado de Brasileiro, de idade Ediacarana, que desenvolveu o orógeno *Araçuaí Congo Ocidental* na borda leste do cráton São Francisco (Machado *et al.*, 1996a, b; Alkmim & Marshak, 1998; Alkmim, 2004; Teixeira *et al.*, 2015).

O Quadrilátero Ferrífero é considerado como um antepaís de idade paleoproterozoica no qual expõe rochas paleo a neoarqueanas do embasamento, exhibe núcleos de complexos metamórficos composta por gnaisses do tipo TTG, migmatitos e granitoides (Machado & Carneiro 1992; Lana *et al.*, 2013; Romano *et al.*, 2013; Teixeira *et al.*, 2017). Além destes, ocorrem rochas metassedimentares e metavulcânicas neoarqueanas que compõem o Supergrupo Rio das Velhas (Loczy & Ladeira, 1976), hospedeiras de mineralizações de ouro típicas de sequências *greenstone belts* (Baltazar & Zucchetti, 2007; Machado *et al.*, 1992, 1996a, b).

Cabe destacar que as sucessões metassedimentares encontram-se em discordância angular com o embasamento, depositadas entre os períodos Sideriano e Orosiriano, que originaram o Supergrupo Minas (SGM), o Grupo Sabará e o Grupo Itacolomi (Machado *et al.*, 1996 a,b). As unidades litoestratigráficas pertencentes ao Supergrupo Minas são, da base para o topo: 1) Grupo Caraça: formado por rochas metassedimentares clásticas interpretadas como provenientes de depósitos aluviais, eólicos e marinhos (Alkmim & Noce, 2006); 2) Grupo Itabira: registra a transgressão marinha e subsidência termal da margem passiva Minas, composto por itabiritos, anfíbio-itabiritos, dolomitos e carbonatos (Babinski *et al.* 1995); 3) Grupo Piracicaba: constituído por metarenitos, metapelitos e metapelitos carbonáticos; 4) Grupo Sabará: composto por metagrauvacas e tufos (Reis *et al.* 2002; Alkmim & Noce, 2006).

O Grupo Itacolomi (Dorr, 1969) compreende uma espessa sequência de arenitos, conglomerados e pelitos e corresponde a um complexo aluvial com locais de transição marinha (Alkmim, 1987), além

de estar em inconformidade com o topo do Supergrupo Minas. Existem clastos de arenitos, pelitos e formações ferríferas bandadas, provenientes provavelmente do SGM, o que sugere que o Grupo Itacolomi tenha se formado como um depósito intermolassa pós-orogênico como interpretado inicialmente por Barbosa (1968) e Dorr (1969).

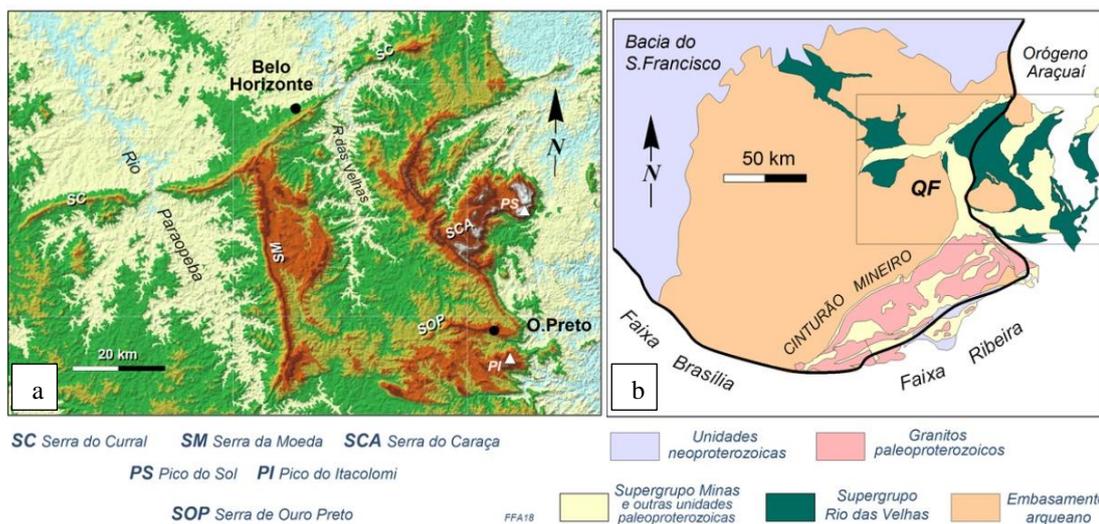


Figura 2.2 - a) Principais Serras que compõem o Quadrilátero Ferrífero. SC: Serra do Curral, SM: Serra da Moeda, SCA: Serra do Caraça, PS: Pico do Sol, PI: Pico do Itacolomi, SOP: Serra de Ouro Preto. Retirado de Lobato & Costa, 2018. b) Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero e embasamento Arqueano na porção sul do Cráton do São Francisco, linha em preto demarca os limites do CSF.

2.1.3 Complexos Metamórficos

Os complexos metamórficos são segmentos de crosta continental que compreendem rochas cristalinas de idade arqueana e ocorrem na forma de estruturas dômicas na região do Quadrilátero Ferrífero. São constituídos por rochas gnáissicas polideformadas, que formam núcleos de rochas tonalíticas-trondjemíticas-granodioríticas (TTGs). Localmente, essas rochas são migmatizadas e associadas a intrusões de granitos, granodioritos e rochas máficas e ultramáficas (Carneiro, 1992; Queiroz *et al.*, 2019).

Em geral, possuem metamorfismo regional em condições de fácies anfíbolito (Noce, 1995; Alkmim & Marshak, 1998) e podem posteriormente apresentar condições retrometamórficas sob fácies xisto verde. Estes complexos estão posicionados geograficamente no QF da seguinte forma: Complexo Bonfim a oeste (Machado & Carneiro, 1992), Complexo Santo Antônio do Pirapetinga a sudeste (Raposo, 1991), Complexo Belo Horizonte a noroeste (Machado & Noce, 1993), Complexo Caeté ao norte, Complexo Santa Bárbara na porção leste e Complexo Bação na região central (Machado *et al.*, 1992) (Figura 2.3).

Os complexos metamórficos Bonfim e Santo Antônio do Pirapetinga ocupam grande parte da área de estudo do presente trabalho, situados respectivamente a oeste e a leste (Figura 2.3), onde os complexos representados em rosa ocupam a área de estudo destacada em vermelho. O Complexo

Bonfim corresponde a gnaisses TTGs e migmatitos metamorfisados em fácies anfibolito e intrudidos por granitoides de composição tonalítica a granítica (Grossi Sad, 1983; Teixeira, 2000; Carneiro, 1992). Localmente, fazem contato com os metassedimentos do Supergrupo Minas (SGM) através de zona de cisalhamento definida pelo LJBS. Por outro lado, o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga possui rochas que estão altamente deformadas em zonas miloníticas e com bandamento metamórfico. É composto por rochas metamáficas e metaultramáficas intimamente associadas a gnaisses tonalíticos a trondhjémíticos e bandas subordinadas de xisto, formação ferrífera e quartzito como caracterizado por Raposo (1991).

2.1.4 Orogenia Minas

Orógenos acrescionários formam-se geralmente em ambientes de subducção de crosta oceânica (Condie & Kröner, 2013) e registram diferentes estágios evolutivos marcados por assembleias tectonoestratigráficas distintas, sobrepostas umas às outras, e separadas por falhamentos. O intervalo de 2100-1800 Ma foi definido por Zhao *et al.* (2002) como um período de intensas colisões e construções orogênicas que possibilitaram a edificação do supercontinente Columbia. A Orogenia Acrescionária Minas ocorreu ao sul do CSF entre 2470-2000 Ma (Teixeira *et al.*, 2015; Barbosa *et al.*, 2019) e apresenta-se como parte deste contexto, que permitiu a formação do Cinturão Mineiro, região foco do presente estudo.

2.1.5 O Cinturão Mineiro (CM)

Definido inicialmente por Teixeira (1985), o CM possui aproximadamente 180 km de extensão e 50 km de largura e localiza-se a sudoeste do QF, extremidade sul do CSF. Corresponde a um cinturão orogênico de idade paleoproterozoica de direção geral NE-SW que engloba rochas, predominantemente, com idades entre 2470 Ma e 2100 Ma (Noce, 2000; Ávila *et al.*, 2010; 2014; Seixas *et al.*, 2012; 2013; Barbosa, 2015; Barbosa *et al.*, 2015; Teixeira *et al.*, 2015). De forma geral, pode ser caracterizado pela intrusão de corpos de composição tonalítica, trondhjémítica, granítica e diorítica em sequências metavulcanossedimentares do tipo *greenstone belt* (Vieira *et al.*, 2020).

O limite norte do CM é dado por dois grandes lineamentos que são bastante evidenciados na topografia, os quais separam limites de terrenos geotectonicamente distintos. O primeiro ocorre a noroeste da área de estudo e separa terrenos compostos por gnaisses arqueanos do Complexo Bonfim e rochas paleoproterozoicas do CM, chamado de Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso, de direção NE-SW, é caracterizado por estruturas de campo que apresentam componentes de cisalhamento sinistrais. O segundo, Lineamento Congonhas-Itaverava situa-se a nordeste da região estudada e possui direção NW-SE, de modo a separar rochas arqueanas a paleoproterozoicas (Complexo Santo Antônio do Pirapetinga) das rochas metavulcanossedimentares e plútons paleoproterozoicos do CM. Além destes, a extremidade

sul do CM é definida um pouco além da zona de cisalhamento Lenheiro (Teixeira & Figueiredo, 1991), assumida como o limite inferior local do CSF (Figura 2.3).

As assinaturas geoquímicas dos corpos plutônicos paleoproterozoicos do CM correspondem a magmatismo relacionado a subducção, de modo que atualmente são interpretados como arcos juvenis com diferentes graus de diferenciação magmática (Moreira *et al.*, 2018). Os trabalhos da literatura, como Ávila *et al.* (2018), interpretam a existência de um processo acrescionário que envolveu três arcos magmáticos que exibem idades e características distintas, denominados como: Resende Costa, Serrinha e Ritápolis.

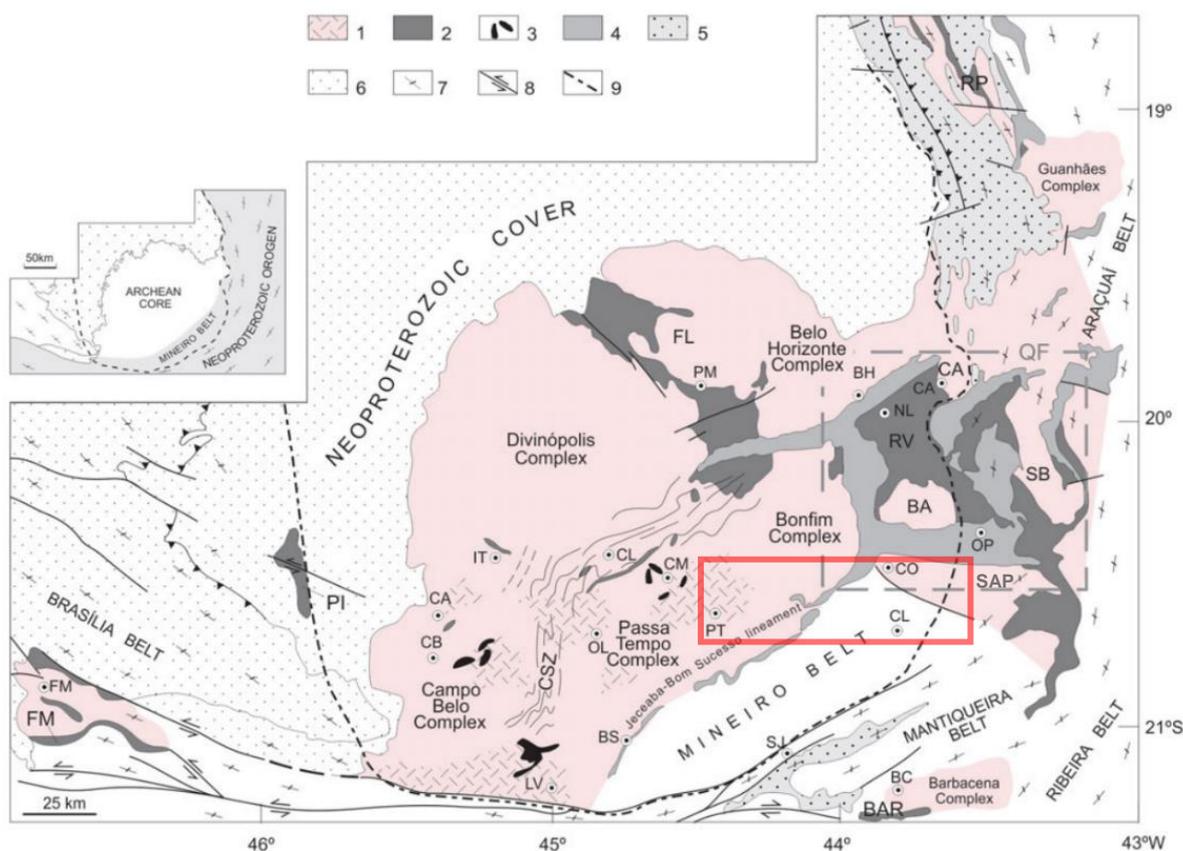


Figura 2.3 - Esboço do segmento sul do CSF que mostra as configurações dos complexos metamórficos de Campo Belo, Passa Tempo, Bonfim, Santo Antônio do Pirapetinga (SAP) e Belo Horizonte, bem como os domos gnáissicos migmatíticos de SB (Santa Bárbara), CA (Caeté), FL (Florestal), BA (Bação). Orógeno paleoproterozoico (Cinturão Mineiro) e orógenos neoproterozoicos marcam as margens do CSF. Siglas: CSZ = Cláudio shear zone. Cidades: FM (Fortaleza de Minas), CB (Campo Belo), CA (Candeias), IT (Itapeçerica), CL (Cláudio), CM (Carmópolis de Minas), OL (Oliveira), PT (Passa Tempo), LV (Lavras), BS (Bom Sucesso), PM (Pará de Minas), NL (Nova Lima), CA (Caeté), OP (Ouro Preto), CO (Congonhas), CL (Conselheiro Lafaiete), SJ (São João del Rei), BC (Barbacena). Legenda: 1: Crosta Arqueana; 2: *Greenstone Belts* Arqueanos: RV (Supergrupo Rio das Velhas), RP (Rio Paraúna), PI (Piumhi), FM (Fortaleza de Minas), BAR (Barbacena), 3: Complexos máficos-ultramáficos. 4: Supergrupo Minas, 5: Supergrupo Espinhaço, 6: Grupo Bambuí, 7: Retrabalhamento Neoproterozoico, 8: Falhas, 9: Limites do CSF. A região em vermelho corresponde a área de estudo deste trabalho. Extraído e modificado de Teixeira *et al.* (2017).

O arco Resende Costa, segundo Ávila *et al.* (2018), evolui simultaneamente ao Supergrupo Minas e corresponde ao arco mais antigo deles, constituído pelo ortognaisse Resende Costa com idades entre 2351 ± 48 a 2317 ± 16 Ma (Teixeira *et al.*, 2015) e 2122 ± 7 e 2149 ± 14 Ma segundo Moreira *et al.* (2018), batólito Cassiterita e a Suíte Lagoa Dourada. O batólito Cassiterita possui composição tonalítica-granodiorítica e associa-se a um ambiente intra-oceânico, corresponde atualmente ao corpo mais antigo dentro desse referido arco, datado em 2472 ± 11 e 2414 ± 29 Ma (Barbosa, 2015), embora dados isotópicos anteriores tenham apontado idades de 2162 ± 10 Ma (Ávila *et al.*, 2006). A Suíte Lagoa Dourada também se configura nesse cenário e possui idades entre 2356 ± 3 e 2350 ± 4 Ma (Seixas *et al.*, 2012). Mais recentemente, o batólito Cassiterita foi posto como um arco intra-oceânico à parte devido a diferenças de idade e características distintas em dados de aeromagnetometria e aerogamaespectrometria (Araújo *et al.*, 2019).

O arco Serrinha é representado por rochas vulcânicas (andesitos, dacitos) e corpos subvulcânicos riacianos (granófiros, tonalitos, quartzo dioritos e granodioritos), difere substancialmente do arco anterior devido seu nível crustal e idades (Ávila *et al.*, 2018). Esse arco, datado entre 2227 ± 22 e 2204 ± 11 Ma, encontra-se associado a sequência metassedimentar de Dores de Campos, de idade de deposição máxima de 2088 ± 12 Ma, cujos sedimentos são provenientes do próprio arco. Corroborado por dados geoquímicos e geocronológicos é indicado também um ambiente de formação intra-oceânico.

Por fim, o arco magmático Ritápolis é o mais recente e possui plútons de idades entre 2191 ± 9 até 2111 ± 4 Ma (Ávila *et al.*, 2018). O arco é representado por gnaisses, dioritos, granodioritos e granitos, representado pelo metagranitoide Ritápolis (Barbosa, 2015) e corpos de dimensões batolíticas como o metadiorito Rio Grande. Somado a isto, esse arco apresenta idades com TDM entre 2,3 e 3,1 Ga e $\epsilon\text{Nd}(t)$ fortemente negativo (-4,7 a -7,7) indicando contribuição crustal, de modo que seu ambiente de formação é considerado como continental (Ávila *et al.*, 2018).

2.2 ESTRATIGRAFIA DO CINTURÃO MINEIRO

O CM apresenta rochas de idades paleoproterozoicas, como por exemplo, ortognaisses (trondhjémíticos, granodioríticos, graníticos), corpos ígneos indeformados (gabros, dioritos, granitos) e sequências supracrustais (Figura 2.4) (Noce *et al.*, 2000; Seixas *et al.*, 2012; 2013; Ávila *et al.*, 2014; Barbosa, 2015; Teixeira *et al.*, 2015). De modo geral, as unidades litoestratigráficas presentes no CM, que serão melhor descritas nos itens seguintes, possuem um metamorfismo regional de fácies anfíbolito à xisto verde (Toledo, 2002; Cherman, 2004; Ávila *et al.*, 2010). Cabe destacar que atualmente não há uma coluna estratigráfica unificada para o CM, no entanto, suas rochas enquadram-se temporalmente entre o intervalo de deposição das unidades do SGM.

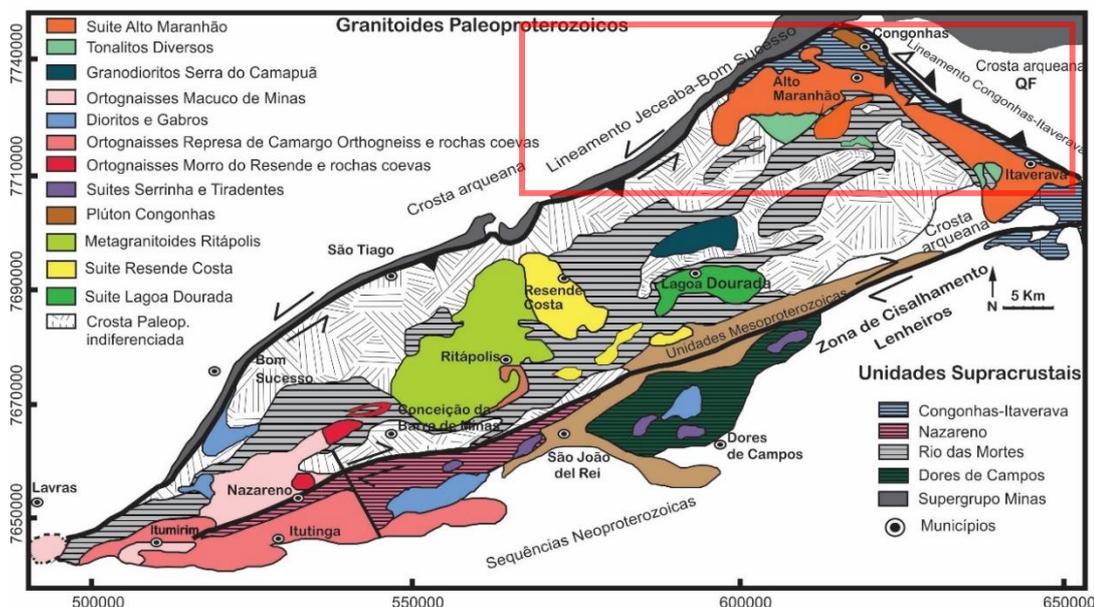


Figura 2.4 - Mapa esquemático de detalhe do Cinturão Mineiro com seus respectivos corpos plutônicos e seqüências supracrustais, em vermelho a área de estudo do presente trabalho. Modificado de Vieira *et al.* (2020).

2.2.1 Unidades Supracrustais

As unidades supracrustais são caracterizadas por quatro seqüências paleoproterozoicas informais, sendo elas: Congonhas-Itaverava, Rio das Mortes, Nazareno e Dores de Campos. Anteriormente entendidas como uma extensão neoarqueana da seqüência do Supergrupo Rio das Velhas (SGRV) expostas no QF (Seixas, 1988; Zucchetti *et al.*, 1996; Baltazar & Zucchetti, 2007), em contraponto, Barbosa (1985) as entende como unidades arqueanas distintas, sem correlação com as expostas no QF. Atualmente sabe-se que as rochas supracrustais são paleoproterozoicas e apresentam idades relativas à anfíbolitos e sedimentos datados entre 2350 e 2100 Ma (Ávila *et al.*, 2014; Teixeira *et al.*, 2015).

a) Seqüência Metavulcanossedimentar Congonhas-Itaverava

A seqüência metavulcanossedimentar Congonhas-Itaverava ocorre no limite nordeste do CM e possui cerca de 50 km de comprimento por 3 km de largura e está sob condições de metamorfismo de fácies xisto verde. É intrudida pelo Plúton Congonhas de 2195 ± 15 Ma (Seixas *et al.*, 2013), possui em sua unidade basal rochas máficas e ultramáficas (komatiitos). Em suas porções centrais apresentam formações ferríferas bandadas, mármore e pelitos, além de grauvacas e folhelhos negros nas porções superiores da unidade (Corrêa Neto *et al.*, 2012). De acordo com os trabalhos de Corrêa Neto *et al.* (2011) e Teixeira *et al.* (2015), idades U/Pb extraídas de zircões detríticos da sucessão superior indicam idade máxima de deposição em 2349 ± 14 Ma, sendo que Teixeira *et al.* (2015) consideram que as mesmas teriam se desenvolvido num ambiente intra-oceânico.

b) Sequência Metavulcanossedimentar Rio das Mortes

A sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes (Quéméneur & Vidal, 1989) foi primeiramente definida como Serie Barbacena (Barbosa, 1954) e posteriormente como uma sequência *greenstone belt* denominada Grupo Barbacena (Pires, 1977; 1978). Esta sequência ocupa maior extensão areal em relação as demais unidades supracrustais e localiza-se entre o Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso e a zona de cisalhamento Lenheiro. Historicamente foram utilizados diversos nomes para designar esta sequência, que é atualmente subdividida em 3 formações. Da base para o topo, ocorrem as unidades metamáficas/metaultramáficas, Formação Lafaiete e a Formação Santo Amaro.

A unidade metamáfica/metaultramáfica consiste em anfibolito cinza-escuro, fino a médio, bem foliado (metabasalto) e com frequentes intercalações tectônicas métricas de gnaiss bandado, tipo TTG, de seu embasamento (Santos *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013). A Formação Lafaiete corresponde a uma sequência siliciclástica de metagrauvaca-argilito representada por sericita-clorita xisto, sericita xisto, biotita-quartzo xisto, xisto carbonoso e manganífero; metabasito, anfibolito fino (actinolita xisto), além de rochas gabróides com textura ígnea preservada a plagioclásio-quartzo-clorita-anfibólio milonito, com intercalações tectônicas locais (Santos *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013). Já a Formação Santo Amaro, segundo Grossi Sad (1983), apresenta litologias como quartzitos sericíticos associados a filitos pelíticos, podendo ser encontrados de forma laminada e cataclasada.

Resumidamente a sequência é composta principalmente por filitos intimamente associados a gonditos, quartzitos e anfibolitos toleíticos de idade 2231 ± 5 e 2202 ± 11 Ma (Ávila *et al.*, 2012), além de rochas ultramáficas em expressão minoritária (Ávila, 2000; Ávila *et al.*, 2010). É intrudida por diversos corpos plutônicos de diferentes idades, como por exemplo, a Suíte Alto Maranhão 2130 ± 2 e 2124 ± 1 Ma, o Plúton Congonhas 2195 ± 15 Ma, o Batólito Ritápolis de 2150–2100 Ma, a Suíte Resende Costa de 2122 ± 7 e 2149 ± 14 Ma (Barbosa, 2015).

c) Sequência Metavulcanossedimentar Nazareno

A sequência metavulcanossedimentar Nazareno localiza-se a sul da ZC Lenheiro e possui aproximadamente 45km de extensão (Ávila *et al.*, 2010). É composta sobretudo por rochas máficas e ultramáficas, caracterizada por metakomatiitos com textura *spinifex* nas porções basais da unidade. Nas seções intermediárias e superiores ocorrem anfibolitos (metabasaltos), filitos, quartzitos e gonditos (Toledo, 2002; Ávila *et al.*, 2010). Zircões detriticos recuperados de quartzitos resultaram em idades (2047 a 2210 Ma) predominantemente paleoproterozoicas que, de acordo com Teixeira *et al.* (2012), indicam proveniência de rochas das Suítes Serrinha, Resende Costa e Lagoa Dourada.

Os anfibolitos da sequência Nazareno forneceram idades U/Pb de cristalização de 2223 ± 4 e 2276 ± 14 Ma através de datações em zircões (Ávila *et al.*, 2010; 2012). Assim, as idades mais antigas

dos sedimentos da sequência Nazareno sugerem uma deposição muito anterior a deposição dos sedimentos da sequência Rio das Mortes, segundo Alkmim & Teixeira (2017).

d) Sequência Metavulcanossedimentar Dores de Campos

A sequência metavulcanossedimentar Dores de Campos localizada a sul da ZC Lenheiro é composta essencialmente de anfibolitos, filitos, gonditos e quartzitos, além de rochas metaultramáficas na base da sequência (Ávila *et al.*, 2014). Estudos de proveniência conduzidos por Teixeira *et al.* (2012) e Ávila *et al.* (2014) indicam um pico de populações de zircões mais jovens em 2088 ± 12 Ma, extraídos de quartzitos ferruginosos, filitos carbonosos e diamictitos, de modo a sugerir que a sequência Dores de Campos foi depositada anterior a esse período. No mesmo estudo, outros picos de idades paleoproterozoicas indicam proveniência da Suíte Lagoa Dourada, Tiradentes e Resende Costa. Além disso, Ávila *et al.* (2014) obtiveram idades U/Pb em zircão de 2255 ± 51 Ma para camadas de anfibolito dentro desta mesma sequência.

2.2.2 Rochas Graníticas do Paleoproterozoico

Esta unidade é constituída por corpos graníticos agrupados como plútons, Suítes e batólitos, de idades Siderianas e Riacianas e que compõem a feição proeminente do CM (Alkmim & Teixeira, 2017). Estas rochas geralmente apresentam natureza calcioalcalina (Noce *et al.*, 2000; Chermam & Valença, 2005; Ávila *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 2015) e são formadas em regimes de subducção de placa oceânica com bolsões de magmas básicos estacionados abaixo da crosta (*magma underplating*), que geram fusão parcial e uma assimilação crustal variável (Noce *et al.*, 2000). Os plútons mais estudados e relevantes em termos de idade de cristalização e petrogênese para a evolução do CM encontram-se brevemente descritos a seguir e no quadro abaixo (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 - Resumo dos principais corpos plutônicos e suas características do CM. Modificado de Alkmim & Teixeira (2017).

Idades (U/Pb _(zr))	Plútons, batólitos e Suítes	Tipo de Rocha	Geoquímica	Referências*
2472 ± 11 Ma	Cassiterita	Tonalito, trondhjemito	Afinidade com TTG, peraluminosos, alto Al ₂ O ₃	3, 7, 10
2122 ± 84 Ma 2149 ± 74 Ma	Resende Costa	Tonalito, trondhjemito	Afinidade com TTG, peraluminosos, alto Al ₂ O ₃	11
2356 ± 3 Ma	Lagoa Dourada	Tonalito, trondhjemito	Afinidade com TTG, peraluminosos, alto Al ₂ O ₃	6, 7
2227 ± 22 Ma	Serrinha-Tiradentes	Gabro, quartzio diorito, granodiorito, granofiro, subvulcânico e vulcânico.	Sub-alcalina e calcioalcalinas, metaluminosa e peraluminosas.	4, 5

Quadro 2.1 – Continuação do resumo dos principais corpos plutônicos e suas características do CM. Modificado de Alkmim & Teixeira (2017).

Idades (U/Pb _(zr))	Plútons, batólitos e Suítes	Tipo de Rocha	Geoquímica	Referências*
2195 ± 15 Ma	Congonhas	Granodiorito, trondhjemito	Metaluminosa a ligeiramente peraluminosa	2, 12
2123 ± 33 Ma	Ritápolis	Tonalito, Granito	Calcioalcalino, Peraluminosos a metaluminoso	1, 7, 8, 9, 10
2128 ± 10 Ma	Alto Maranhão	Tonalitos com enclaves dioríticos	Calcioalcalino, Afinidade TTG, Alto Al ₂ O ₃ , metaluminoso	1, 2

*Dados compilados de: (1) Noce *et al.* (2000), (2) Seixas *et al.* (2013), (3) Barbosa *et al.* (2015), (4) Ávila *et al.* (2010), (5) Ávila *et al.* (2014), (6) Seixas *et al.* (2012), (7) Teixeira *et al.* (2015), (8) Ávila *et al.* (2003), (9) Vasconcelos (2015), (10) Barbosa (2015), (11) Moreira *et al.* (2018), (12) Seixas (2000).

a) Batólito Cassiterita

O batólito Cassiterita corresponde ao corpo plutônico mais antigo até o momento, no qual o método U/Pb em zircão permitiu obter idades entre 2472-2414 Ma (Barbosa, 2015), embora dados isotópicos anteriores tenham apontado idades de 2162 ± 10 Ma (Ávila *et al.*, 2006). Possui direção NE-SW e ocorre na porção sudoeste do CM, com dimensão aproximada de 150 km². Suas rochas são relativamente pouco diferenciadas com composições tonalítica e trondhjemítica (Ávila *et al.*, 2003). Além de ser intrudido por granitoides e pegmatitos, o batólito contém xenólitos de rochas máficas e ultramáficas. De acordo com Barbosa (2015) a afinidade TTG de alto Al₂O₃ do ortognaisse pode ser indicada através dos elementos maiores e menores. Além disso, a fusão parcial é interpretada como o principal mecanismo de diferenciação magmática quando se analisa os elementos traço. Desse modo, entende-se que este conjunto de rochas poderia ser produto do desenvolvimento de um arco oceânico.

b) Suíte Resende Costa

A Suíte Resende Costa é formada por ortognaisses peraluminosos, assembleias tipo TTG e anfíbolitos. Valores de εNd(t) e εSr(t), obtidos de rochas gnáissicas, sugerem magmatismo de curta duração de uma fonte paleoproterozoica levemente empobrecida (Teixeira *et al.*, 2015). Além disso, os dados geoquímicos disponíveis até o momento indicam uma fonte parental de magma toleítico. Segundo os mesmos autores, a Suíte possui rochas com idades de 2351 ± 48 a 2317 ± 16 Ma em concordância com idades obtidas de Sm–Nd com TDM entre 2300 e 2500 Ma. Em contraposição, Moreira *et al.* (2018) apresentam idades diferentes para a Suíte, 2122 ± 84 e 2149 ± 74 Ma por método U/Pb em zircão, interpretando que as idades obtidas por Teixeira *et al.* (2015), anteriormente citadas, correspondem a zircões herdados e não a cristais de zircões ígneos.

c) **Suíte Lagoa Dourada**

A Suíte Lagoa Dourada ocorre como uma intrusão de aproximadamente 18 km de extensão e 8km de largura na porção central do CM. É composta por biotita trondhjemitos e tonalitos da série biotita-hornblenda. Seixas *et al.* (2012) descrevem rochas metaluminosas a levemente peraluminosas com baixo #Mg e altos valores de Ca, datadas em 2356 ± 3 e 2350 ± 4 Ma. Interessante ressaltar que se trata de um evento ígneo estabelecido em um intervalo de tempo no qual é relatado uma quietude magmática global. Além disso, assinaturas geoquímicas e valores de $\epsilon\text{Nd}(t)$ entre +2,1 e +1,0 indicam origem de fusões derivadas de uma fonte basáltica toleítica juvenil de curta residência crustal.

d) **Suíte Serrinha-Tiradentes**

Localizadas a sul da zona de cisalhamento Lenheiro, a Suíte Serrinha (Ávila *et al.*, 2010) e a Suíte Tiradentes (Ávila *et al.*, 2014) são compostas por plútons e rochas vulcânicas que intrudem as unidades supracrustais e compreendem pequena extensão areal. A Suíte Serrinha compreende rochas vulcânicas e subvulcânicas, como por exemplo dacitos e granófiros (2227 ± 22 a 2211 ± 22 Ma) que apresentam texturas gráficas e microporfíricas, além de amígdalas preenchidas por quartzo e epidoto. A Suíte Serrinha apresenta caráter geoquímico levemente metaluminoso para peraluminoso com afinidade trondhjemítica, além de altas concentrações de elementos terras raras pesados (Ávila *et al.*, 2010, 2014). A Suíte Tiradentes é composta por andesitos bem preservados, dacitos, granófiros associados a rochas metassedimentares e possui dimensões aproximadas de 500 m por 10 km. Ávila *et al.* (2010, 2014) obtiveram idades U/Pb de cristalização de 2217 ± 23 e 2204 ± 11 Ma, sendo que essas Suítes são compostas principalmente por tonalitos e granitos metaluminosos à peraluminosos e forneceram idades Sm–Nd com TDM de rocha total entre 2600 e 2300 Ma e valores de $\epsilon\text{Nd}(t)$ de -0,9 e +2,3 que comprovam o caráter juvenil desses granitoides.

e) **Plúton Congonhas**

O trabalho de mapeamento realizado por Guild (1957) no convênio DNPM/USGS relatou pela primeira vez a presença de corpos plutônicos intrusivos, entre eles o Plúton Congonhas. Esses corpos intrudem as rochas supracrustais, denominadas pelo autor como *Greenschist Sequence*, na porção norte do CM. Com composição granodiorítica à trondhjemítica e caráter metaluminoso a ligeiramente peraluminoso, Seixas (2000) caracterizou o plúton Congonhas como proveniente de um pulso magmático relativamente homogêneo e evoluído, cujo conteúdo em elementos traço se aproxima de Suítes TTG's de alto alumínio derivado de fonte crustal. O corpo intrusivo foi datado primeiramente por Seixas & Baars (2004), que determinaram a idade de cristalização em 2195 ± 18 Ma pelo método U/Pb em zircões. Posteriormente, tal idade foi confirmada por Seixas *et al.* (2013), que obtiveram dados próximos (2195 ± 15 Ma).

f) Batólito Ritápolis

O Batólito Ritápolis corresponde a maior intrusão do CM e ocupa sua porção central, e é composto por leucogranitos, granodioritos e tonalitos foliados que ocorrem em diferentes fácies macroscópicas. Além disso, é abundante em diques pegmatíticos e xenólitos provenientes das rochas encaixantes. De acordo com dados geoquímicos atuais, tais rochas possuem características calcioalcalinas, que variam entre peraluminosas a levemente metaluminosas e possuem uma assinatura crustal que sugerem ter sido geradas em uma margem continental ativa (Barbosa, 2015).

Dados geocronológicos U/Pb SHRIMP de zircões obtidos por (Teixeira *et al.*, 2014) em metagranitos indicaram idades de cristalização em 2123 ± 33 Ma (MSWD = 8.5) e intercepto inferior na curva concordia em 697 ± 96 Ma, a qual sinaliza a perda de Pb pela abertura do sistema. Além disso, a grande variação dos valores de $\epsilon_{Nd}(t)$ entre -7,3 à -1,8, juntamente com idades Arqueanas de Sm-Nd com TDM de até 3100 Ma e altas razões de $^{87}Sr/^{86}Sr$, indicam uma significativa contribuição de um componente crustal antigo durante a sua formação (Barbosa, 2015).

Combinando os dados de geoquímica de Barbosa (2015) e outros da literatura, o batólito Ritápolis foi caracterizado como um arco magmático calcioalcalino desenvolvido no intervalo de 2170-2100 Ma. Novas idades U/Pb de zircões definiram dois estágios distintos de processos plutônicos, o primeiro datado em 2170-2140 Ma em metaquartzo-dioritos, metagranitoides e ortognaisses e o segundo com idade de 2140-2100 Ma, datado em metadioritos, metagranitoides e ortognaisses (Noce *et al.*, 2000; Barbosa *et al.*, 2015). Juntos, o batólito Ritápolis e a Suíte Alto Maranhão compõem os eventos magmáticos mais recentes, até o momento registrados, que ocorreram no CM.

g) Suíte Alto Maranhão

Seixas *et al.* (2013) indicam que a Suíte Alto Maranhão é constituída majoritariamente por tonalitos fortemente foliados de afinidade adakítica, localmente abundante em enclaves máficos e de mistura magmáticas difusas (*mingling structures*). Intrude sequências vulcanossedimentares da porção nordeste do CM. Idades fornecidas através de U/Pb em grãos de zircões e titanitas indicam que a Suíte Alto Maranhão se cristalizou por volta de 2130 ± 2 e 2124 ± 1 Ma (Noce *et al.*, 2000; Seixas *et al.*, 2013). Além disso, idades Sm-Nd com TDM de rocha total foram indicadas entre 2400 e 2300 Ma e além de valores de $\epsilon_{Nd}(t)$ de -1,0 e +0,9 são novamente indicadores de um caráter juvenil e de curta residência crustal do magma precursor. Segundo (Seixas *et al.*, 2013) a Suíte Alto Maranhão foi provavelmente formada em uma cunha do manto na qual ocorrem diferentes graus de metassomatismo de acordo com a fusão em diferentes profundidades da placa subductante.

2.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL DO CINTURÃO MINEIRO

Os limites do CM a norte são caracterizados principalmente pelos lineamentos paleoproterozoicos denominados Jeceaba-Bom Sucesso e Congonhas-Itaverava. Campos & Carneiro (2008) interpretam tais estruturas como zonas de suturas em contraposição aos terrenos arqueanos adjacentes. Essa interpretação decorre de rochas graníticas e unidades supracrustais que forneceram indícios de assinaturas juvenis e configurações típicas de arcos oceânicos.

No setor noroeste do CM, o limite é demarcado pelo lineamento Jeceaba-Bom Sucesso que corresponde a uma zona de cisalhamento de cinemática sinistral que afeta tanto as unidades do embasamento como as supracrustais do Supergrupo Minas (Endo, 1997; Campos & Carneiro, 2008; Neri *et al.*, 2013). No limite nordeste, o lineamento Congonhas-Itaverava possui direção NW-SE e mergulho para NE e, também, caracteriza-se pela cinemática sinistral, intensamente afetada por hidrotermalismo de forma a propiciar mineralizações de ouro ao longo do lineamento (Corrêa Neto., 2012). O limite sul do CM, por sua vez, é dado pelo lineamento Lenheiro, de direção NE-SW com cinemática preferencialmente dextral (Endo, 1997; Alkmim & Teixeira, 2017) que, segundo Ávila *et al.* (2000, 2014), subdivide o CM em dois blocos continentais paleoproterozoicos distintos com assembleias crustais diferentes.

Importante ressaltar que, segundo Endo (1997), o CM possui estruturas dominantes orientadas a NE-SW com camadas que apresentam mergulhos para SE ou NW, a depender se estão próximas de zonas de cisalhamento ou dobramentos, com característica foliação penetrativa. Indicadores cinemáticos de diversas escalas indicam predominância de uma cinemática sinistral, tanto no Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso quanto no Lineamento Congonhas-Itaverava, sendo que, no entanto, é possível observar movimentações dextrais que indicam estruturas relictas de uma cinemática mais antiga. Verifica-se, em ambos, uma superposição cinemática do componente sinistral sobre o dextral, uma vez que a deflexão da foliação milonítica indica o registro do componente dextral ao passo que as dobras assimétricas de padrão “S” e estruturas S/C indicam a componente sinistral (Endo, 1997).

Mais detalhadamente, Endo (1997) contribuiu com estudos estruturais do Quadrilátero Ferrífero em setores compartimentados, e os analisa de forma sistemática. Destes, apenas o compartimento Sul (Figura 2.5a) é relevante para o presente trabalho. O mesmo autor considera que o compartimento Sul possui litotipos correlacionáveis aos Supergrupos Rio das Velhas e Minas e se apresentam em estreitas exposições, tectonicamente segmentadas segundo direção geral NE-SW e mergulhos de moderado a alto para SE, correspondente ao lineamento Jeceaba-Bom Sucesso, de modo que, predominam na região deformações direcionais.

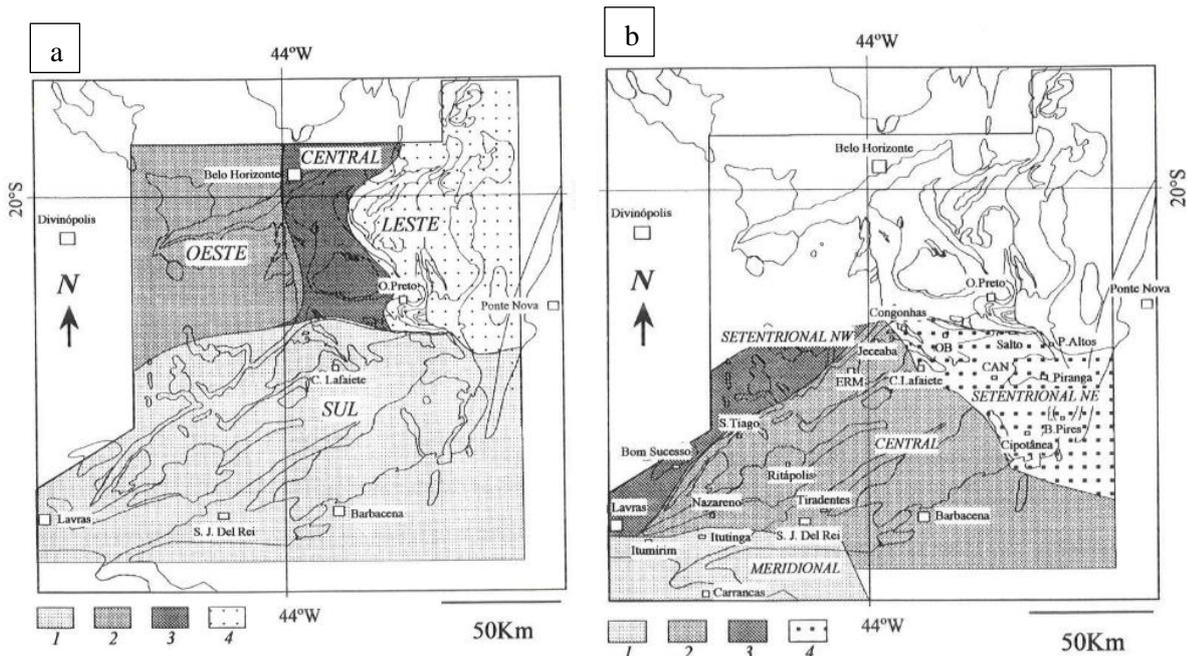


Figura 2.5 - Articulação das áreas estudadas por Endo (1997) e suas compartimentações. a) 1: Compartimento Sul; 2: Compartimento Oeste; 3: Compartimento Central; 4: Compartimento Leste. b) 1: Domínio Meridional; 2: Domínio Central; 3: Domínio Setentrional NW; 4: Domínio Setentrional NE. ERM- Entre Rios de Minas; CAN- Catas Altas da Noruega; OB- Ouro Branco.

Por sua vez, o compartimento Sul foi subdividido em quatro domínios (Figura 2.5b), são eles: Setentrional NW, Central, Setentrional NE e Meridional (Endo, 1997). Dessa subdivisão apenas os três primeiros interessam para este trabalho, de modo que serão apresentados a seguir.

A região denominada como domínio Central pelo autor mencionado possui deformações características de cisalhamentos direcionais e reativações de alto ângulo. De modo geral, apresenta *trend* estrutural em NE-SW que acompanha a direção da serra de Bom Sucesso, que possui direção N30-60E com mergulhos moderados a elevados para SE ou NW. Segundo o autor, existe a presença de um sinclinal homônimo à serra (Figura 2.6), de direção N10-30E e mergulhos de 60 a 85° ora para NW ora SE, com eixo coincidente com o alinhamento da serra. A sudeste é reportado um componente de cisalhamento direcional sinistral que se sobrepõe a um componente dextral. Além disso, é posto que o sistema de falhas de empurrão de baixo ângulo secciona a trama prévia e promove o transporte de massas de SE para NW, embora localmente sejam observadas retroempurrões para SE.

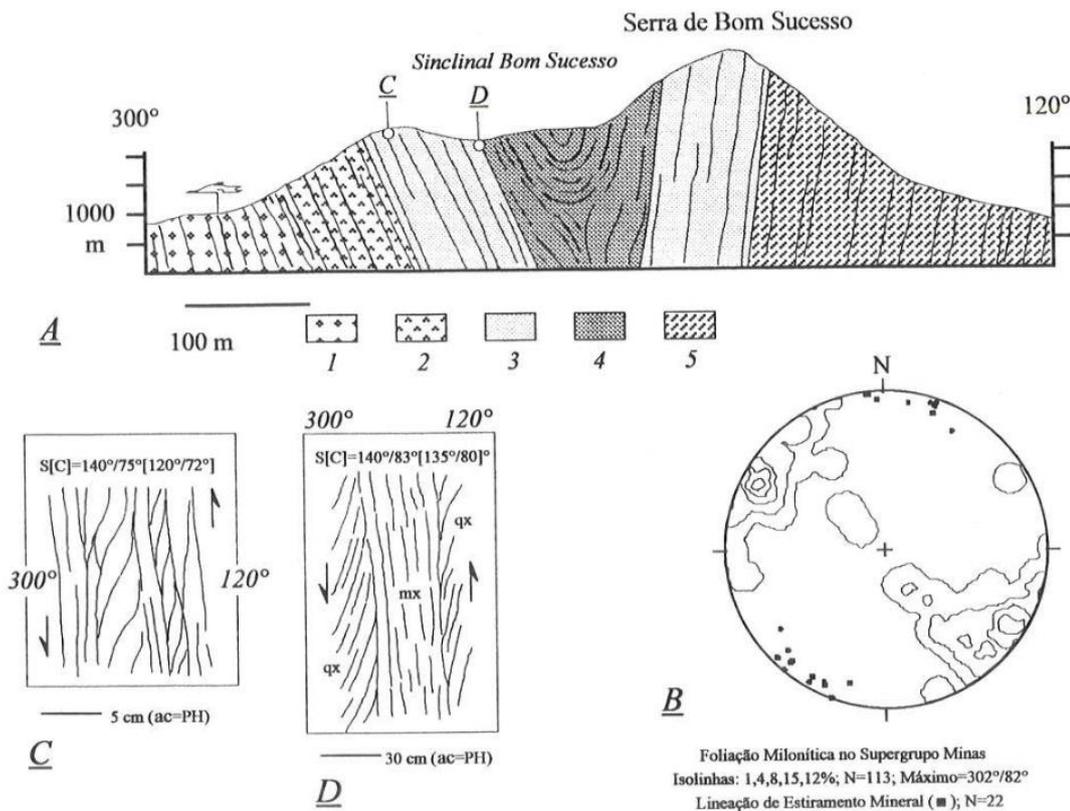


Figura 2.6 - Perfil geológico transversal a Serra de Bom Sucesso. 1: Gnaiss e granitos do complexo Campo Belo; 2: Rochas metaultramáficas; 3: Quartzitos; 4: Itabiritos; 5: Quartzo-xistos e anfibolitos. A: Perfil da Serra de Bom Sucesso. B: Estereograma de foliação do Perfil. C, D: Ilustração de afloramento do Perfil. Extraído de Endo (1997).

O domínio Setentrional NW, estudado por Endo (1997), é composto pelo embasamento arqueano de alto grau metamórfico correspondente aos Complexos Campo Belo e Bonfim, que abrangem gnaisses de composição granítica, migmatitos e charnoquitos. A noroeste de Jeceaba, os gnaisses apresentam orientação preferencial N-S com atitudes próximas a 130/80 e componente cinemático direcional dextral. À época, Endo já relatava a ocorrência de enxames de diques máficos de direção NW-SE na região.

De modo geral, o domínio Setentrional NE (Endo, 1997) possui direção NW-SE e compreende rochas correlatas ao Supergrupo Rio das Velhas (SGRV), nomeadas como Complexo Santo Antônio do Pirapetinga (Raposo, 1991), e abrange rochas metamáficas, metaultramáficas, gnaisses e granitoides. Endo (1997) em sua descrição separa-o em subdomínios, são eles: NW-SE Direcional, NW-SE de Cavalgamento e N-S Direcional (Figura 2.7). Apenas os dois primeiros subdomínios serão analisados devido as respectivas localizações e interesse deste trabalho.

O subdomínio NW-SE Direcional é caracterizado pelo alto ângulo dos planos de cisalhamento influenciado pelo Lineamento Congonhas-Itaverava. A zona de cisalhamento possui variação de intensidade de deformação a medida que se caminha para NE, além de feições de cisalhamento anastomosadas de caráter dúctil a dúctil-rúptil (Endo, 1997). O mesmo autor sugere a existência de

estrutura em flor positiva nas proximidades de Conselheiro Lafaiete (Figura 2.8), mais especificamente nas unidades metassedimentares de Morro da Mina, as quais alojam minério de manganês e apresentam estruturas S/C com componente cinemático direcional sinistral, que novamente se sobrepõe a um componente pretérito dextral.

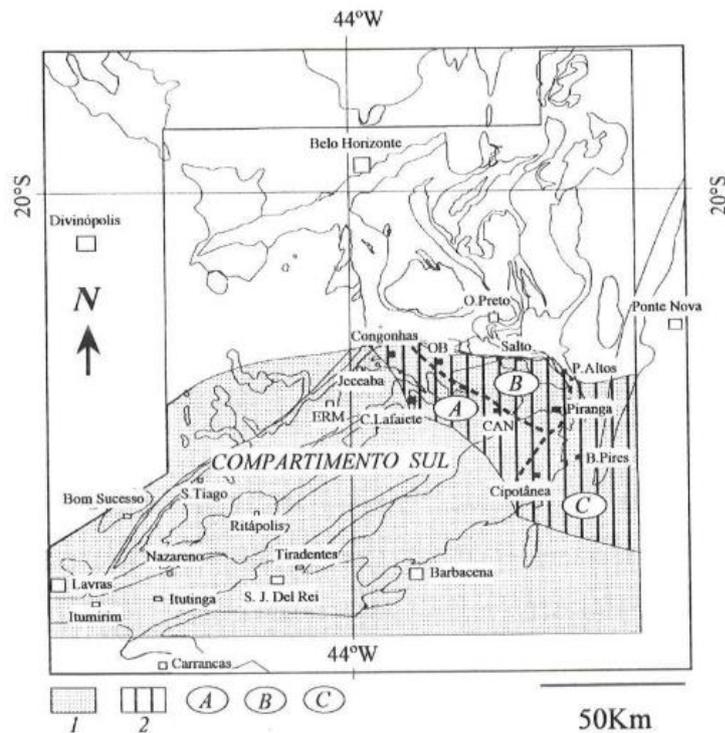


Figura 2.7 - Mapa de subdomínios. A: NW-SE Direcional; B: NW-SE de Cavalgamento; C: N-S Direcional. Extraído de Endo (1997).

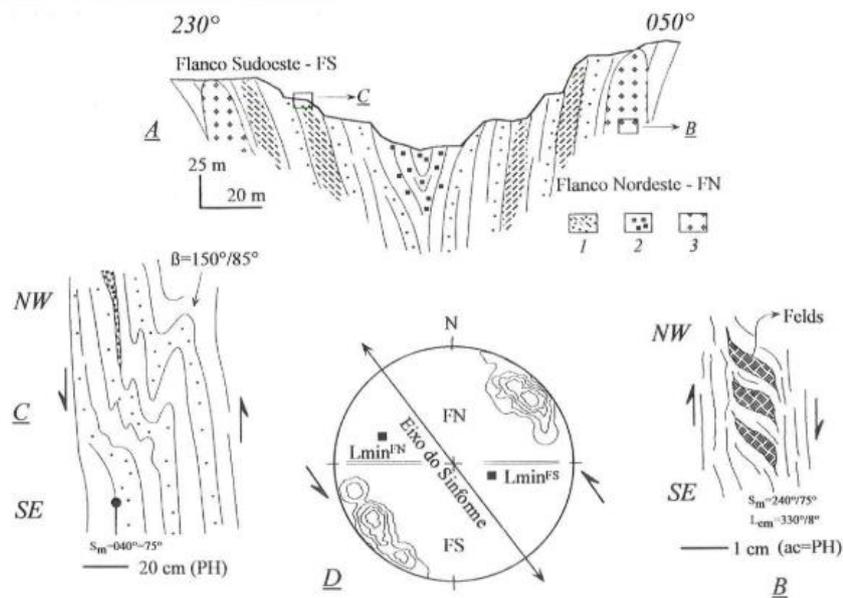


Figura 2.8 - Perfil de estrutura em flor na mina de manganês de Morro da Mina, Conselheiro Lafaiete. 1: Intercalações de quartzito, quartzo-mica-xisto, quartzo-biotita-xisto e filito; 2: Gondito; 3: Granitoide. B: Detalhe

de estrutura cinemática no flanco Nordeste. C: Detalhe de dobramento no flanco Sudoeste. D: Estereograma das foliações e lineações minerais de estiramento. Extraído de Endo (1997).

O subdomínio NW-SE de Cavalgamento de Endo (1997), por sua vez, possui mergulhos moderados a baixos para NE, além de apresentar indicadores cinemáticos como estruturas S/C, sigmoides de foliação, veios de pegmatitos boudinados e sigmoidais, além de lineações de estiramento mineral para NE (Figura 2.9). Essa última, permite indicar ocorrência de um transporte de massas de NE para SW. Ocorrem também lineações minerais secundárias com baixo caimento para SE com os indicadores cinemáticos demonstrando cisalhamento direcional, sinistral.

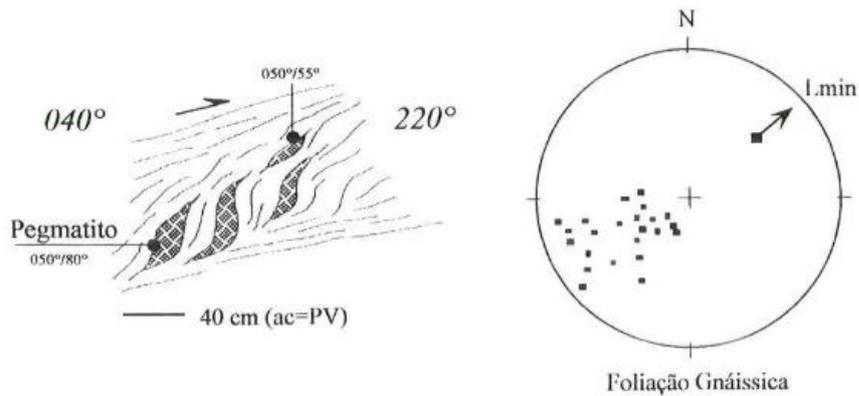


Figura 2.9 - Ilustração de indicadores cinemáticos sigmoidais presentes na região e estereograma do polo da foliação gnáissica (n=20) e lineação de estiramento mineral para NE. Extraído de Endo (1997).

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1 MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

3.1.1 Imagens de Satélite e Mapas Geofísicos

A partir das imagens de radar SRTM é possível perceber como os padrões de drenagem aparentam ser estruturalmente controlados em alguns casos (Figura 3.1). Embora estes sejam predominantemente dendríticos, é comum, nas proximidades dos lineamentos a captura das drenagens, o que as tornam retilíneas e paralelas aos principais lineamentos morfoestruturais. Por sua vez, as áreas correspondentes aos terrenos mais antigos, externas aos lineamentos, apresentam maior rugosidade e os maiores declives.

Os mapas geofísicos, aqui descritos, foram confeccionados a partir de dados de aerolevantamentos elencados no Quadro 1.2. O mapa aeromagnetométrico de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) fornece anomalias monopolares que são ótimas para auxiliar na delimitação de estruturas. Nele, é possível observar tanto anomalias positivas quanto negativas (Figura 3.2a), de modo que a amplitude das respostas magnetométricas varia de acordo com a susceptibilidade magnética das rochas. São visíveis feições estruturais importantes que preferencialmente ocupam a porção oeste da área de estudo, onde verifica-se abundantes estruturas lineares de orientação NW-SE (Figura 3.2a), bem como as observadas na porção central de direção E-W.

O método de Índice Máfico (IM) possibilita a eliminação de influências promovidas por solos ricos em ferro, salientando as assinaturas das fontes magnéticas originadas pelo substrato litológico (Barbosa, 2012). Deste modo, a partir da análise dos dados de IM, foi possível evidenciar e melhor delimitar os corpos máficos e ultramáficos, permitindo individualizar as feições com intensidade alta do campo magnético (coloração branca e rosa) relacionado à presença de rochas máficas e ultramáficas, que compreendem majoritariamente as regiões leste e central da área de estudo (Figura 3.2b).

Os mapas aerogamaespectrométricos, por outro lado, são úteis na delimitação de litologias devido as diferentes assembleias mineralógicas presentes nas rochas, o que permite diferentes resultados. Essas respostas geofísicas variam em função da concentração de radioelementos presentes nas rochas, que ao emitir partículas no ambiente são captadas pelo sensor e integra os dados para a formação dos mapas dos canais individualizados dos elementos de K, U e Th (Figura 3.3).

Os mapas ternários utilizam associações de cores a determinado radioelemento a depender do padrão de coloração utilizado (RGB ou CMY), de modo que retratam a porcentagem de potássio, tório

e urânio (em ppm) respectivamente. Ambos foram confeccionados para se perceber as diferenças de contraste entre eles, no caso do padrão RGB as estruturas que melhor se destacam são as sequências metassedimentares da porção central da área de estudo, bem como o Lineamento Congonhas-Itaverava (Figura 3.4a). Já o padrão de cor CMY proporciona um destaque das estruturas da porção oeste da área de estudo que compreende os gnaisses do complexo metamórfico Bonfim (Figura 3.4b). O mapa de Contagem Total (CT), por sua vez, leva em consideração todas as medições de raios gama dentro do alcance de 0,41 a 2,81 MeV e não apenas os espectros de K, Th e U (Figura 3.4c).

Ao analisar os mapas há uma notável diferença da resposta geofísica da porção oeste para o restante da área. Existe um forte sinal positivo na aerogamaespectrometria, tanto de contagem total quanto nos canais individualizados e ternários, que diferencia essa região das outras (Figura 3.3 e Figura 3.4). Por outro lado, na região central e leste da área ocorrem respostas negativas na coloração azul que coincidem com as sequências metavulcanossedimentares. Os mapas geofísicos gerados reforçam a assinatura dos lineamentos Jeceaba-Bom Sucesso e Congonhas-Itaverava, que embora sejam visíveis nas imagens de satélite são, por sua vez, realçadas pelas suas propriedades geofísicas (Figura 3.2; Figura 3.3 e Figura 3.4).

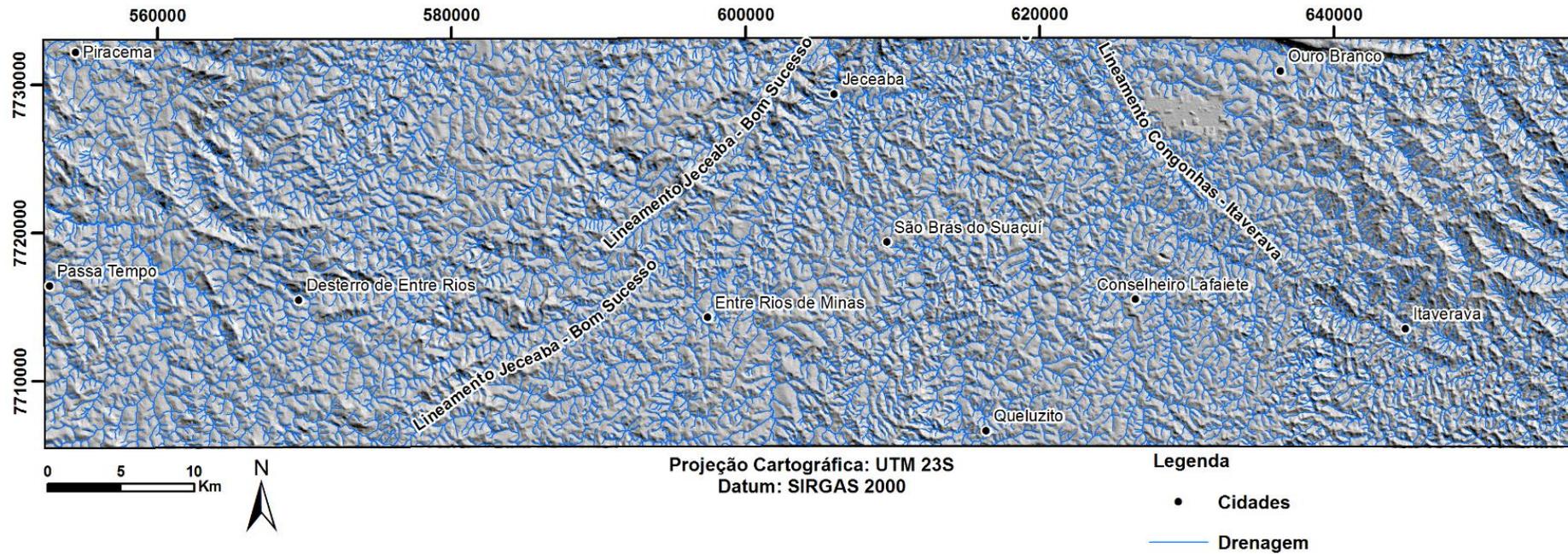


Figura 3.1 - Imagem SRTM 45/45 com sobreposição da rede hidrográfica que evidencia o controle estrutural da região estudada. Modificado da EMBRAPA.

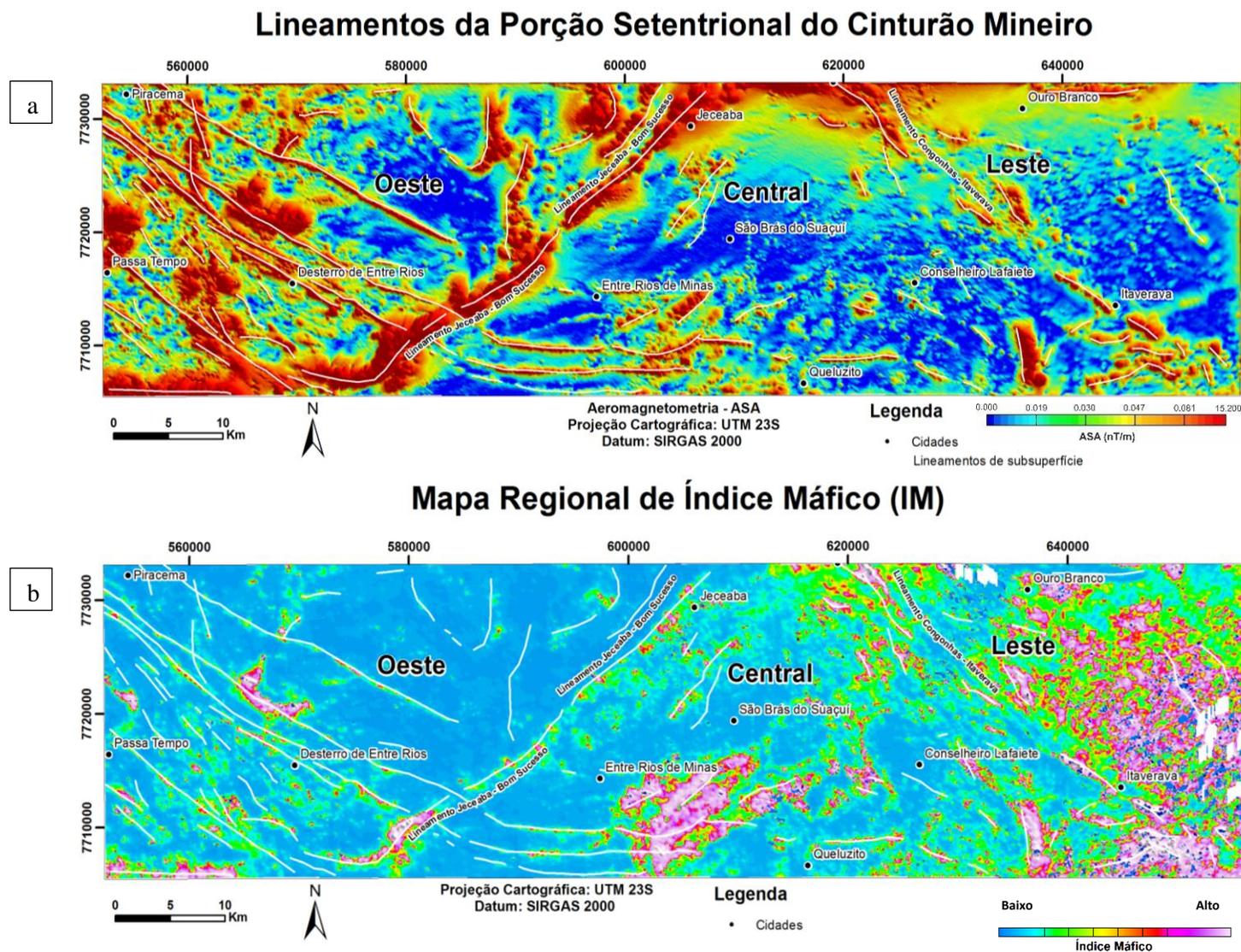


Figura 3.2 - a) Mapa aeromagnetométrico (ASA) e b) Mapa de índice máfico (IM), com os principais lineamentos de subsuperfície interpretados para a área de estudo.

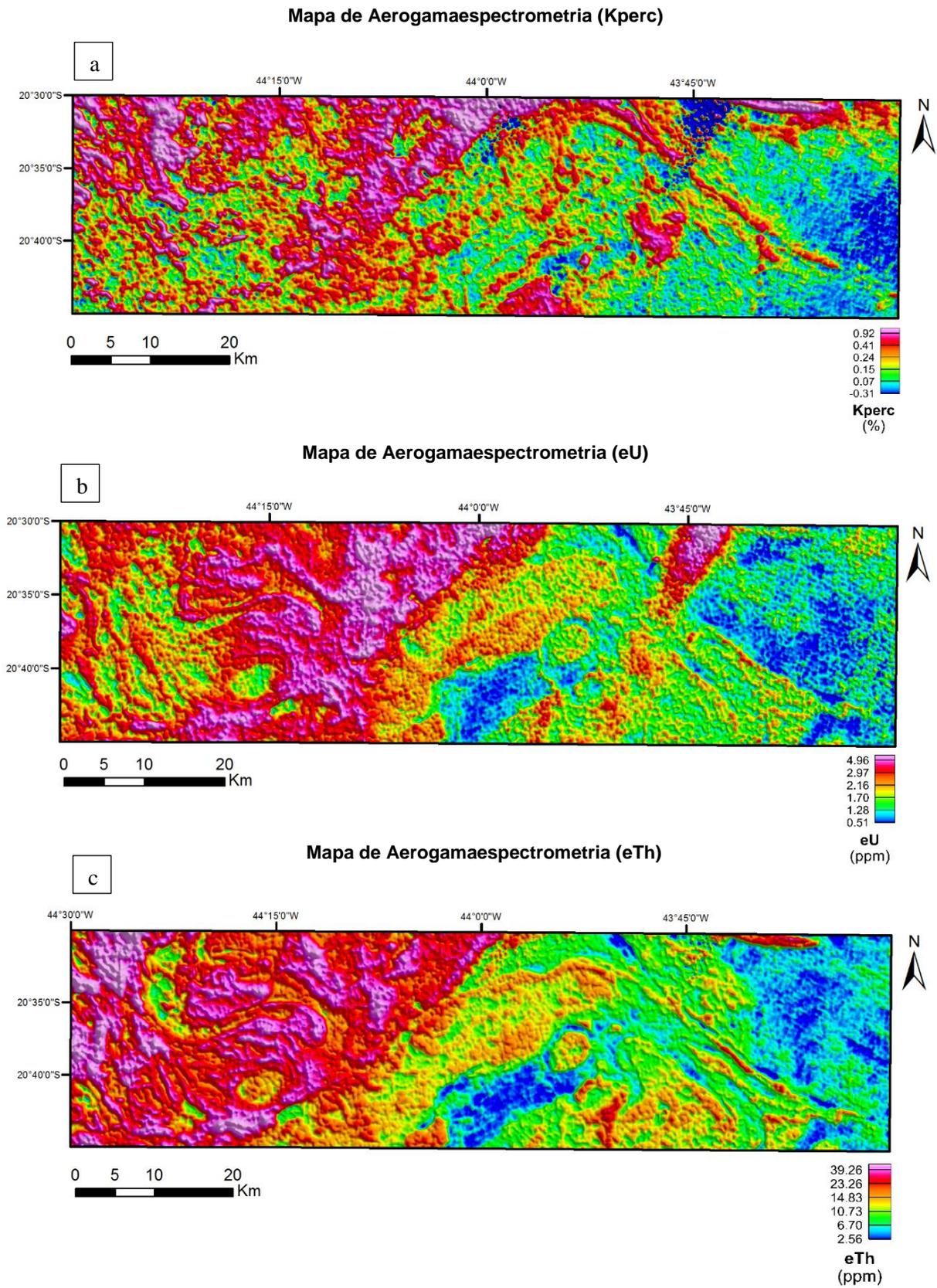


Figura 3.3 - Mapas aerogamaespectrométricos de a) K (%), b) U (ppm) e c) Th (ppm).

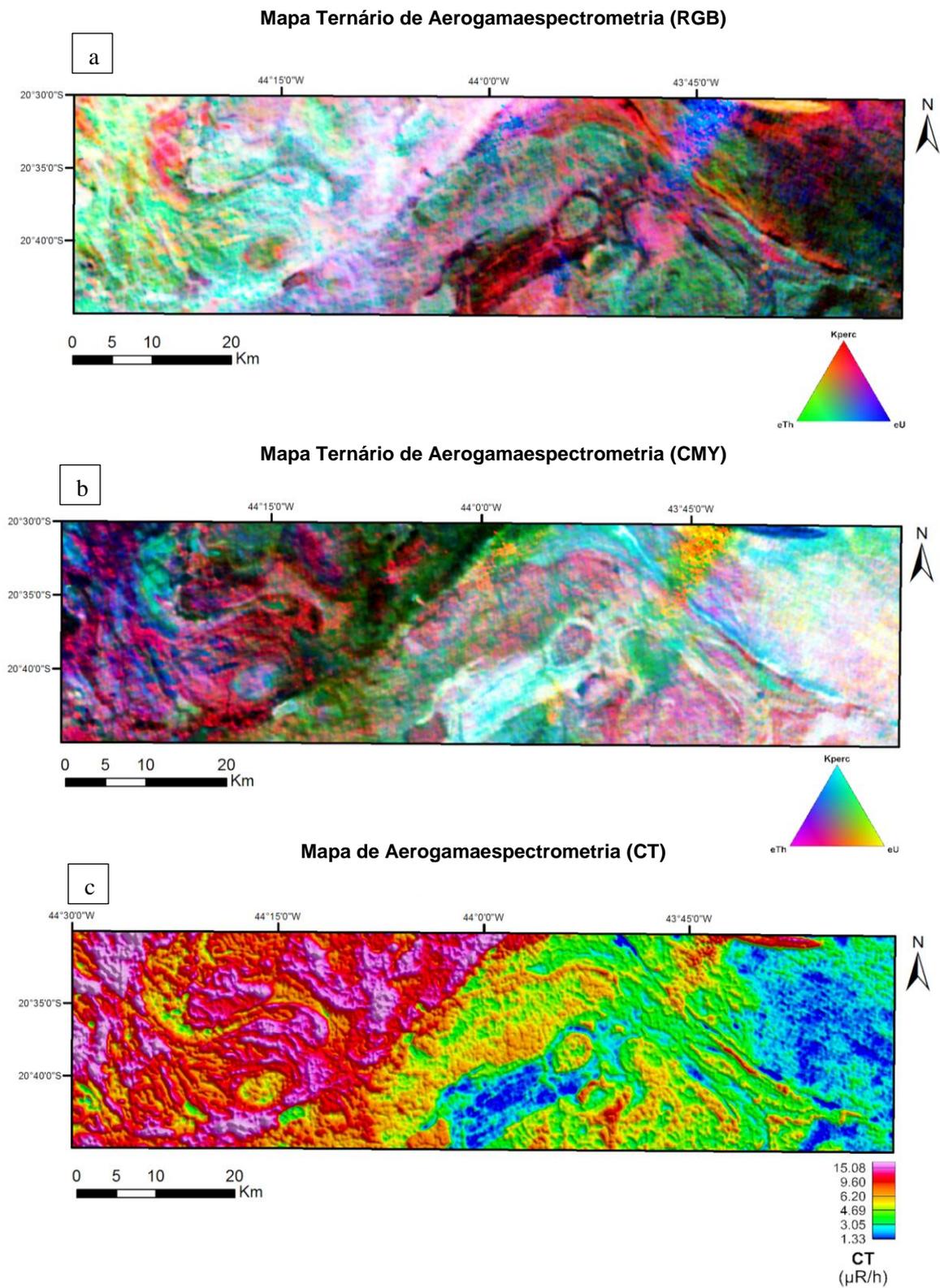


Figura 3.4 - Mapas aerogamaespectrométricos para área de estudo: a) Ternário (RGB); b) Ternário (CMY); c) Contagem total (CT).

3.1.2 Mapa Geológico Regional Simplificado de Escala 1:400.000

A partir das imagens de satélite, mapas compilados (Quadro 1.1) e aerogeofísicos, além de dados de campo, foi possível confeccionar um mapa geológico regional simplificado (Figura 3.5), em escala de 1:400.000, no qual sua elaboração teve intenção de contemplar grandes unidades geológicas. Os lineamentos Jeceaba-Bom Sucesso e Congonhas-Itaverava são as principais feições estruturais da área de estudo e limitam os terrenos, aqui simplificados e denominados: i) Crosta Arqueana, ii) Crosta Arqueana/Paleoproterozoica, iii) Crosta Indiferenciada, iv) Sequência Metavulcanossedimentar, v) Sequência Metassedimentar e vi) Granitoides Paleoproterozoicos. Além da compartimentação geológica da área nestas seis unidades litoestratigráficas, são apresentadas 175 medidas estruturais que foram obtidas a partir do refinamento dos dados disponíveis na literatura, onde 147 correspondem a dados planares e 28 lineares.

A unidade retratada como Crosta Arqueana, situa-se na porção oeste do mapa e é limitada, a leste, pelo lineamento Jeceaba-Bom Sucesso (Figura 3.5). Representada pelo Complexo Arqueano Bonfim, esta unidade compreende ortognaisses graníticos à trondhjemíticos geralmente migmatizados, localmente nomeados de Granito Bituri, Alto Jacarandá e Gnaiss Alberto Flores (Silva *et al.*, 2013). Nesta unidade as rochas se dispõem preferencialmente na direção NE-SW com mergulhos para NW e apresentam importantes feições aeromagnetométricas de subsuperfície.

A crosta Arqueana/Paleoproterozoica, por sua vez, situada na parte leste da área de estudo e limitada, a oeste, pelo Lineamento Congonhas-Itaverava, corresponde majoritariamente às rochas do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga (Raposo, 1991). É composta por gnaisses, rochas ultramáficas e máficas que eram historicamente correlacionadas com o Supergrupo Rio das Velhas, mas que foram retratadas como complexo devido a escala de mapeamentos anteriormente realizados (Raposo, 1991). Por outro lado, a Crosta Indiferenciada trata-se de rochas granito gnáissicas de idade incerta encontradas na região central do CM cujas características litológicas diferem das unidades seguintes.

A Sequência Metassedimentar é delimitada a oeste pela Crosta Arqueana e a leste pela Sequência Metavulcanossedimentar e Granitoides Paleoproterozoicos (Figura 3.5). É composta por rochas metassedimentares clásticas e químicas, de modo que suas principais litologias correspondem a mica xistos, quartzo-mica xistos, quartzitos, xistos carbonáticos grafitosos, formações ferríferas bandadas e xistos ferruginosos, além de clorita xistos e biotita-muscovita xistos. Essa sequência é correlacionada as rochas metassedimentares pertencentes ao Supergrupo Minas (Machado Filho *et al.*, 1983; Chemale Jr. *et al.*, 1992; Marshak *et al.*, 1992; Quéméneur *et al.*, 2003). No entanto, essa correlação é discutível visto que a região passou aparentemente pelo efeito de diversos eventos tectônicos associados a duas orogêneses desde o paleo ao neoproterozoico (Neri, 2013). Desse modo, o referido autor aponta a dificuldade de se estabelecer uma correlação direta com o Supergrupo Minas,

devido à falta de estruturas e critérios geotais. Embora os metassedimentos que acompanham a direção da Serra de Bom Sucesso possam pertencer a um prolongamento da Bacia Minas, Neri (2013) ressalta diversas lacunas e opta por denominá-la informalmente de sequência metassedimentar Bom Sucesso.

Na porção central do mapa, limitada pelos lineamentos anteriormente mencionados encontram-se as unidades: Sequência Metavulcanossedimentar e Granitoides Paleoproterozoicos. A primeira, corresponde às rochas ultramáficas, máficas, siliciclásticas e clastoquímicas usualmente retratadas na literatura como pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas (Baltazar & Zucchetti 2007), mas que atualmente é entendida como pertencente a Sequência Metavulcanossedimentar Congonhas-Itaverava (Barbosa, 2015), localizada nas proximidades dos lineamentos já citados, bem como a Sequência Metavulcanossedimentar Rio das Mortes. Já os Granitoides Paleoproterozoicos que intrudem as sequências metavulcanossedimentares são compostos principalmente por tonalitos, com presença de enclaves melanocráticos alongados e secundariamente quartzo-dioritos, pertencentes a Suíte Alto Maranhão (Seixas *et al.*, 2013). Além disso, abrangem rochas do Plúton Congonhas de composição granodiorítica à trondhjemítica.

Mapa Geológico da Porção Setentrional do Cinturão Mineiro

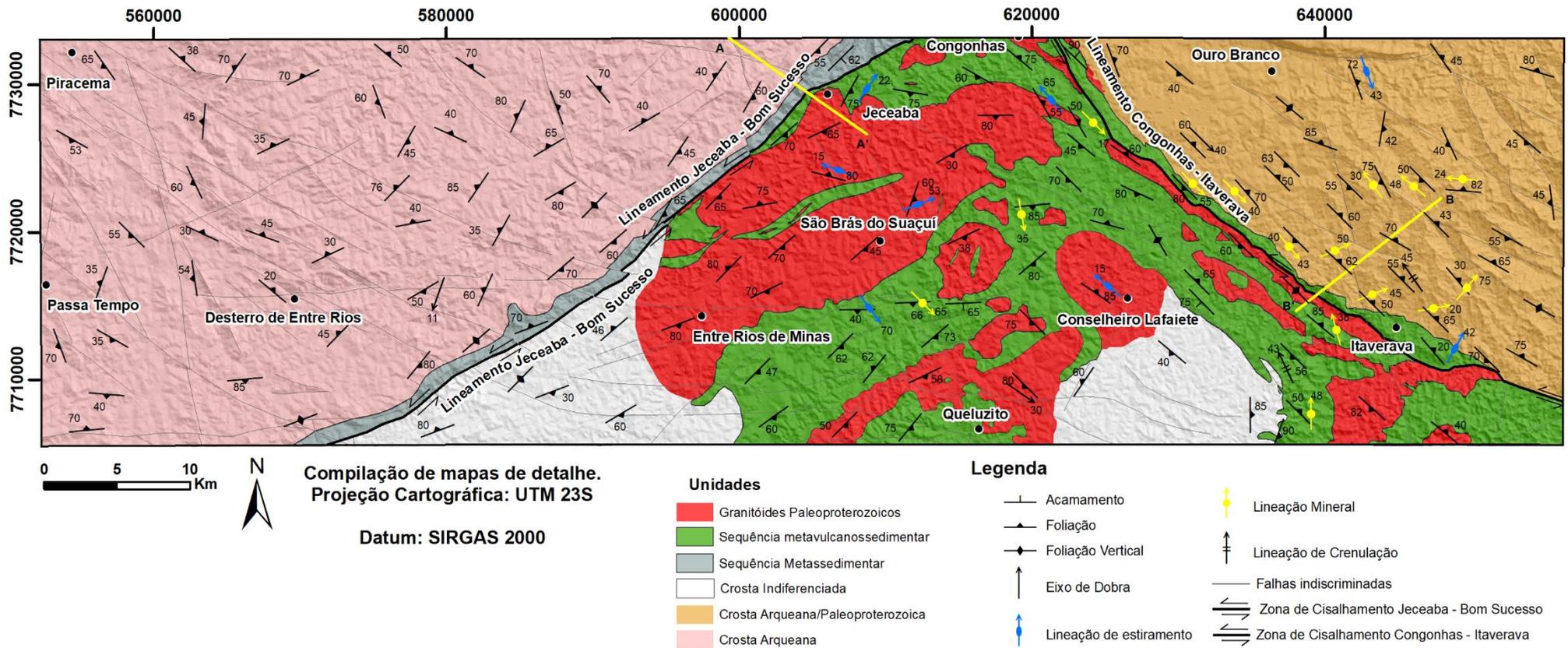


Figura 3.5 - Mapa geológico regional simplificado da área de estudo, obtido a partir da compilação de dados do Quadro 1.1 e trabalhos de campo específicos. Os perfis litoestruturais AA' e BB' encontram-se perpendiculares aos lineamentos (amarelo).

3.1.3 Geologia Estrutural

Os dados estruturais utilizados neste trabalho se baseiam majoritariamente em medidas coletadas e filtradas na compilação de dados dos mapas geológicos listados no Quadro 1.1. No entanto, novas medidas foram tomadas ao realizarmos os trabalhos de campo, descritos no item 3.1.2 e somam-se ao estudo. No total, foram compiladas cerca de 1597 medidas estruturais, sendo 1498 medidas planares e 99 medidas lineares. As estruturas planares analisadas correspondem a medidas de acamamento e foliação, enquanto as estruturas lineares contemplam eixos de dobras, lineação de crenulação, lineação mineral e lineação de estiramento, que reunidas compõe o mapa regional confeccionado.

Importante ressaltar que a lineação mineral tratada no presente trabalho refere-se à orientação preferencial de minerais euédricos ou subédricos, normalmente prismáticos ou alongados segundo um eixo cristalográfico, como anfibólios e micas. Já a lineação de estiramento é definida por grãos deformados de minerais, como por exemplo o quartzo, que normalmente forma grãos equidimensionais ou por agregados lineares de grãos equidimensionais recristalizados. As medidas lineares possuem distribuição heterogênea e acabam por apresentar maior concentração na região leste da área de estudo, o que dificulta a compreensão de estruturas mais amplas como dobras e fases deformacionais em outras porções do mapa regional.

Desse modo, partiu-se para uma visualização compartimentada da área de estudo em domínios estruturais que definem padrões de atitudes em regiões distintas, portanto foram confeccionados estereogramas com medidas planares e lineares (Figura 3.7 e Figura 3.8). As principais feições estruturais encontradas na área de estudo são os lineamentos Jeceaba-Bom Sucesso e Congonhas-Itaverava, que foram utilizados como ponto de partida para divisão dos domínios estruturais.

O LJBS encontra-se na porção oeste da área de estudo e separa as rochas arqueanas do complexo Bonfim das sequencias metassedimentares e plutonismos paleoproterozoicos do CM. Apresenta direção predominante NE-SW e mergulhos com alto ângulo entre 60° e 80°, ora para NW ora para SE. Sua influência nas rochas circunvizinhas pode ser observada pela orientação da foliação e ângulos elevados de mergulho (Figura 3.6). Além disso, também são evidenciados pela presença de diversos indicadores cinemáticos como, por exemplo, dobras assimétricas (Figura 3.14c) e porfiroclastos rotacionados do tipo sigma (Figura 3.15a), que evidenciam componentes de cisalhamento direcional sinistral. Tais dados corroboram aqueles apresentados por Endo (1997) que caracteriza a cinemática do LJBS com movimentos sinistrais, que se sobrepõe a outra dextral mais antiga, como visto no item 2.3.

O LCI encontra-se na porção leste da área de estudo e separa rochas paleoproterozoicas do CM (*stritu sensu*) das rochas arqueanas/paleoproterozoicas do complexo Santo Antônio do Pirapetinga. O lineamento possui direção NW-SE e as rochas sob sua influência, em geral, apresentam mergulhos de

alto ângulo para NE, no entanto também são verificados mergulhos para SW. O aumento dessa influência pode ser observado conforme ocorre aproximação com o lineamento, isto pode ser observado através de verticalização da foliação e indicadores cinemáticos de caráter sinistral, melhor detalhado no item 3.2.3. Importante ressaltar também que autores como Endo (1997) e Vieira *et al.* (2020) trazem indicadores de caráter dextral para a região, no entanto essa cinemática não foi verificada nos campos do presente trabalho. As características estruturais encontradas mostram a ocorrência de variações na intensidade de deformação e corroboram em parte os estudos expostos por Endo (1997).

A seguir serão descritos os domínios estruturais que compartimentam a área de estudo e seus respectivos estereogramas.

Domínios Estruturais

Para o estabelecimento de domínios estruturais regionais foram selecionadas regiões que pudessem ser separadas de acordo com a tendência das medidas estruturais, de modo que as imagens de satélite e magnetometria auxiliassem na distinção destes. Portanto, primeiramente verificou-se as regiões que possuíam atitudes preferenciais comuns, estabelecendo uma atitude regional à área, para em seguida, verificar nos mapas aerogeofísicos e imagens de satélite a compartimentação visualizada na Figura 3.6. A partir daí, foram estabelecidos três domínios estruturais distintos, nomeados como Oeste, Central e Leste.

O Domínio Oeste da área de estudo, limitado a leste pelo LJBS, compreende majoritariamente gnaisses arqueanos do complexo Bonfim, cuja foliação preferencial tem direção NE-SW e mergulho para NW, de modo que a partir de sua compilação obteve-se densidade máxima próxima de 300/39 (Figura 3.7a). Tem-se ainda neste domínio lineamentos importantes em subsuperfície de orientação preferencial NW-SE que ocupam grande parte da área, embora ocorram ainda geometrias côncavas para norte e oeste de corpos no setor NE do domínio, observados no mapa aeromagnetométrico – ASA da Figura 3.2a. Através de uma correlação com a literatura, observa-se que esse domínio é correspondente em partes ao domínio Setentrional NW do trabalho de Endo (1997) (vide Figura 2.5).

O Domínio Central corresponde ao domínio clássico do CM (Teixeira, 1985) e é constituído predominantemente por rochas metavulcanossedimentares intrudidos por granitoides paleoproterozoicos. Essas rochas apresentam-se foliadas e suas atitudes exibem um formato de arco, de modo que as foliações regionais são concordantes com as direções preferenciais dos grandes lineamentos regionais, que o balizam. Nesse sentido, a partir da compilação dos dados estruturais e análise do estereograma resultante observa-se que a foliação regional possui atitude dominante de 140/50 nas proximidades do LJBS, ao passo que sua concentração máxima adquire atitude de 215/85 nas regiões de influência do LCI, como observado no estereograma da Figura 3.7b. São observados ainda, de forma menos expressiva que no domínio anterior, diques subverticais de direção preferencial

E-W. Cerceado pelos LJBS e LCI o respectivo domínio possui resposta de intensidade moderada observada pelos lineamentos magnetométricos que por sua vez, apresentam-se rearranjados na direção E-W nas proximidades da cidade de Entre Rios de Minas, ao passo que mais a leste temos lineamentos de direção N-S próximo às cidades de Conselheiro Lafaiete e Itaverava. Existe relação geográfica observada entre este e o domínio correspondente ao trabalho de Endo (1997), também chamado de domínio Central (Figura 2.5).

Por último, o Domínio Leste é delimitado, a oeste, pelo LCI em contato transpressional sinistral com o domínio anterior e é composto principalmente por rochas gnáissicas arqueanas à paleoproterozoicas e rochas ultramáficas e máficas pertencentes ao Complexo Santo Antônio do Pirapetinga. O domínio possui estruturação geral de direção NW-SE com mergulho para NE. O refinamento dos dados estruturais gerou para esse domínio uma densidade de foliação de concentração máxima próxima de 038/44 e lineações minerais de 068/46 (Figura 3.8). Apesar do *trend* E-W da Serra de Ouro Branco a norte, são visíveis em subsuperfície lineamentos de baixa intensidade de direção NNW/SSE (Figura 3.2). Os dados compilados permitiram a confecção do mapa de domínios estruturais apresentado na Figura 3.6, o qual encontra correspondência nos mapas geofísicos e imagens de satélite elaborados para a região. Cabe ressaltar que existe uma correlação geográfica entre este domínio e o domínio Setentrional NE do trabalho de Endo (1997) (Figura 2.5).

Nesse domínio ocorrem grandes dobramentos marcados por eixo, de orientação NW-SE e caimento entorno de 40° para SE, e foliações opostas que ora mergulham para NE ora para SW. Além disso, ocorrem lineações minerais que, quando próximas ao LCI apresentam-se paralelas a direção da foliação. A medida que se caminha para NE essa lineação mineral deflete, de modo a ficar perpendicular a foliação e com caimento para NE. Por fim, a lineação retoma orientação paralela a foliação, porém com caimento para NW. Ainda, nas proximidades de Itaverava, a lineação de estiramento apresenta caimento para NE. Grande parte dos resultados obtidos estão em conformidade com o observado por Endo (1997) (Figura 2.9).

Mapa de Domínios Estruturais

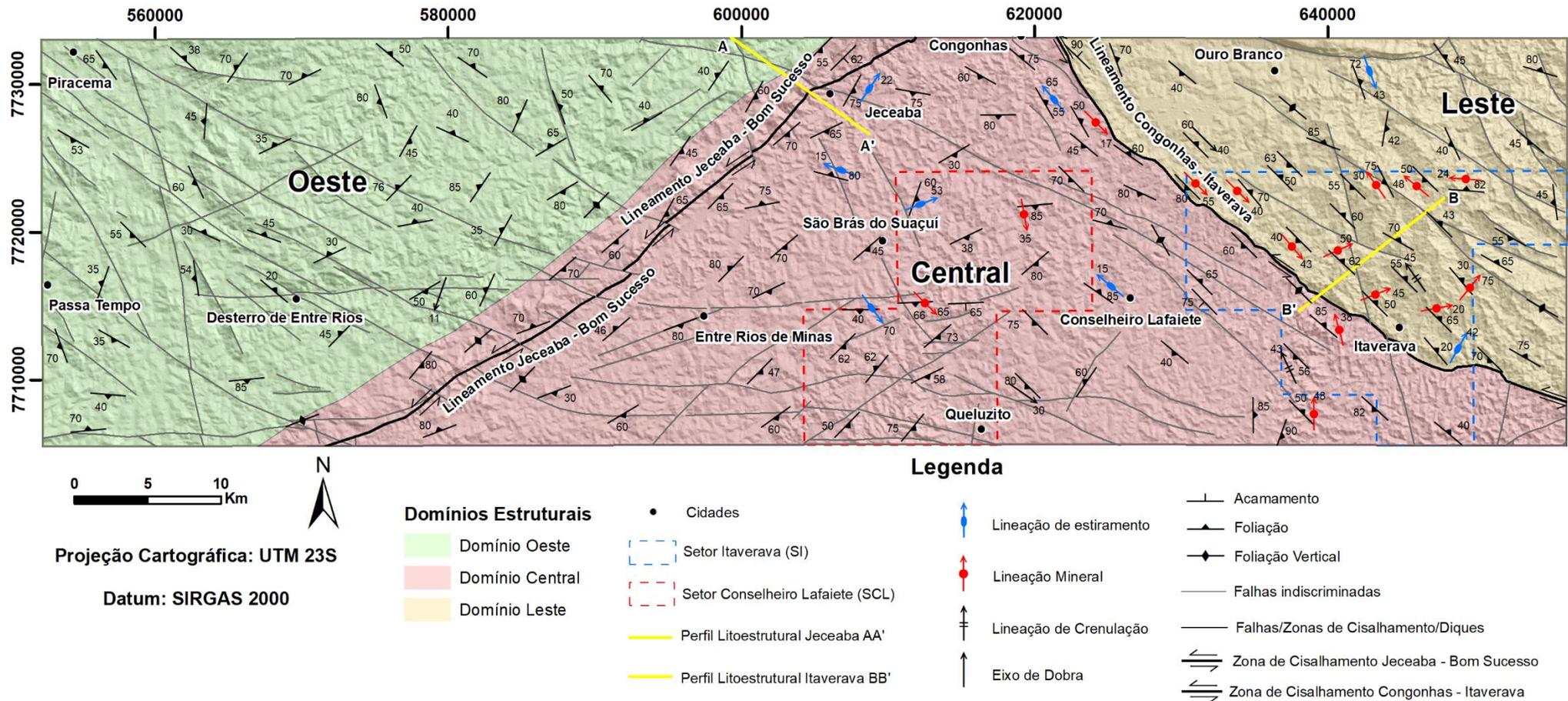


Figura 3.6 - Mapa de domínios estruturais elaborado para a região de estudo. Domínio Oeste (verde), domínio central (rosa) e domínio leste (amarelo).

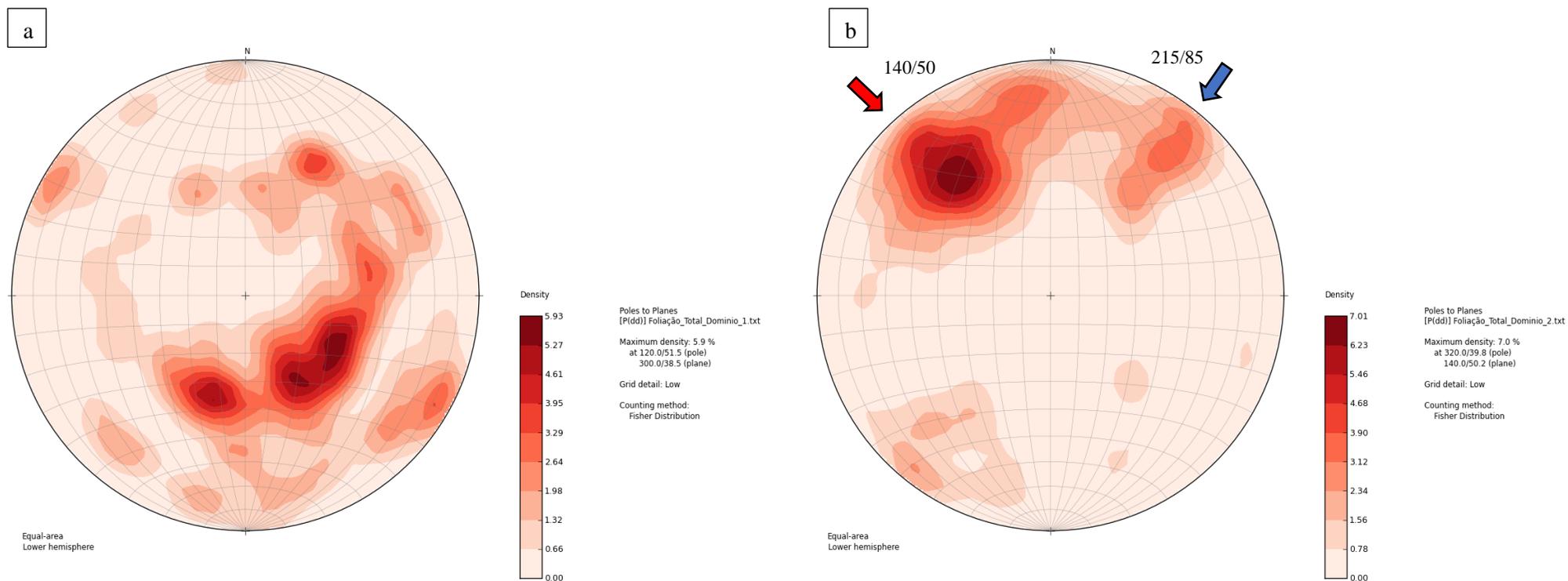


Figura 3.7 - Estereogramas obtidos com o tratamento estatístico das medidas para cada domínio estrutural, correspondem a densidade de polos de foliação. a) Estereograma do domínio Oeste com a máxima densidade de foliação no plano 300/39 (n=85); b) Estereograma do domínio Central com a máxima densidade de foliação em 140/50 (n=189), seta vermelha corresponde a medidas obtidas próximas ao LJBS e seta azul a medidas próximas ao LCI.

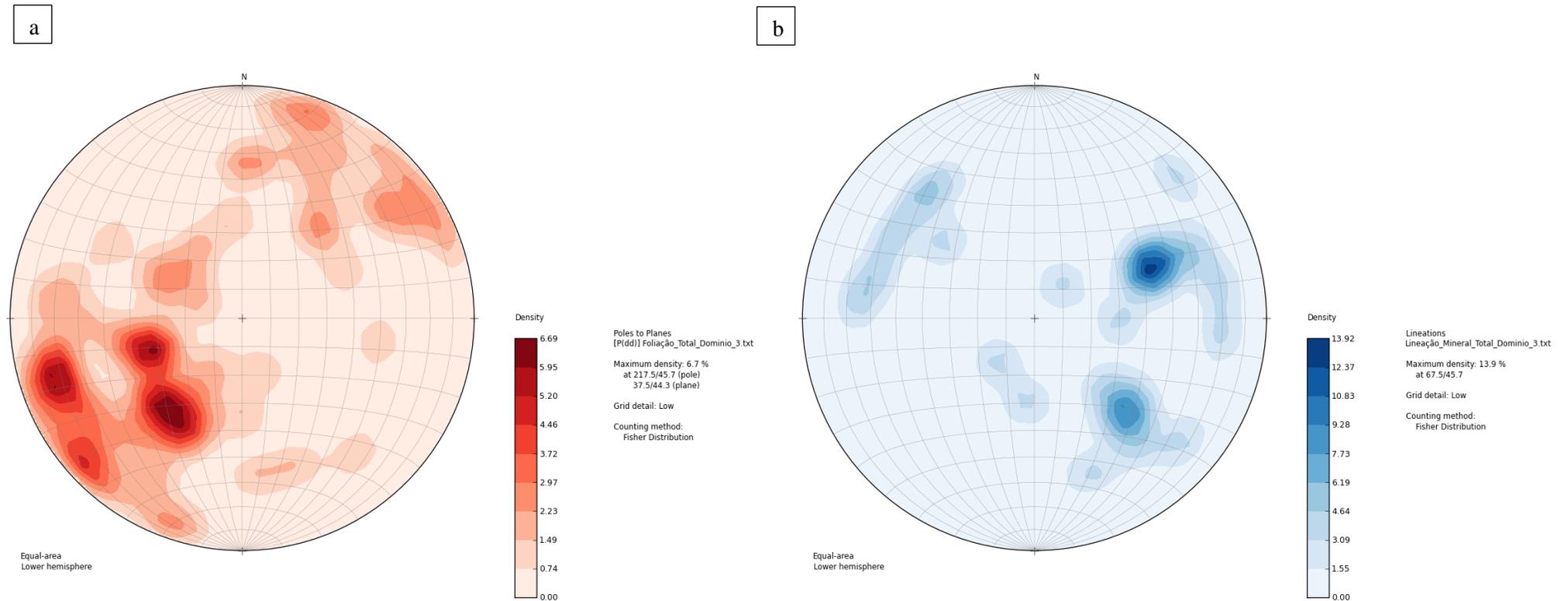


Figura 3.8 - Estereogramas do domínio Leste obtidos com o tratamento estatístico das medidas para cada domínio estrutural, correspondem a densidade de polos de foliação e a densidade de polos de lineação mineral. a) Densidade máxima da foliação igual a 038/44 (n=66); b) Densidade máxima da lineação mineral em 068/46 (n=26).

3.1.4 Perfil Litoestrutural

O trabalho de campo realizado no dia 19/05/2019, nas proximidades da cidade de Jeceaba, permitiu o reconhecimento regional das unidades expostas naquela região e contribuiu para a confecção de um perfil litoestrutural apresentado a seguir (Figura 3.18). Além disso, serão apresentados aspectos gerais de campo e descrições das lâminas petrográficas delgadas polidas, exibidas detalhadamente no apêndice. Devido a diferença de escala entre o mapa geológico regional confeccionado no presente trabalho e a realização do perfil litoestrutural foram utilizados os mapas geológicos das folhas Entre Rios de Minas e Conselheiro Lafaiete (Silva *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2013) para abordar de modo mais detalhado as relações de campo.

Buscou-se realizar o perfil perpendicularmente ao lineamento Jeceaba–Bom Sucesso e à conformação geral das unidades visitadas a fim de que as estruturas vistas em campo, de modo geral, se apresentem com mergulho verdadeiro. Assim, as medidas coletadas são corretamente analisadas em seus planos de máxima anisotropia, ou seja, no perfil da estrutura (Cowan, 2016).

O perfil A-A' possui orientação NW-SE, com início nas proximidades da localidade de Bituri onde afloram rochas arqueanas do Complexo Bonfim (Figura 3.13a) e término nas proximidades de Jeceaba e Caetano Lopes, sentido as rochas paleoproterozoicas do CM (Figura 3.9).

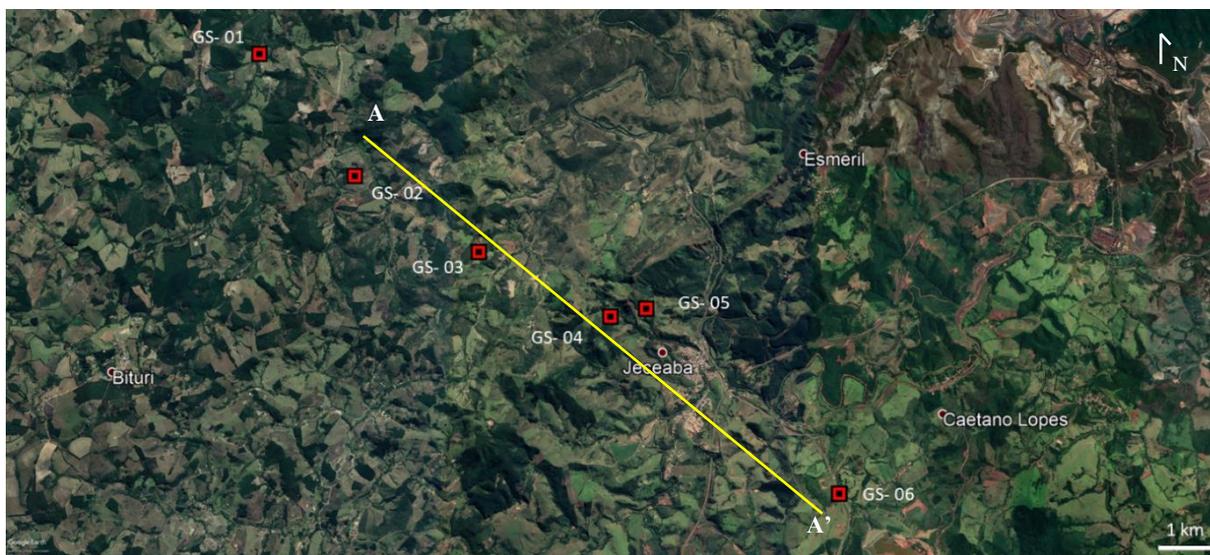


Figura 3.9 - Imagem de satélite da região de Jeceaba visitada em campo, com a localização dos pontos analisados e do traçado do perfil litoestrutural AA' (amarelo). Retirada do *Google Earth Pro*.

As informações a seguir resumizam os aspectos de campo e microestruturais observados nos diferentes pontos visitados, que por consequência, representam as principais feições locais das unidades exibidas no mapa da Figura 3.17.

O afloramento à beira do Ribeirão dos Paivas, ponto GS-01, próximo ao distrito de Bituri, encontra-se pouco além dos limites da área de estudo e corresponde a um metagranitoide que foi

mapeado e nomeado como Granito Bituri por Silva *et al.* (2013). A rocha de coloração marrom acinzentada possui granulação fina com porfiroclastos de quartzo centimétricos rotacionados com leve ou nenhuma assimetria, o que dificulta a identificação de uma cinemática preponderante.

Tanto a foliação principal observada quanto a lineação de estiramento estão muito bem marcadas no afloramento e apresentam respectivamente atitude de 260/70 e 175/70, sendo ainda observados veios de quartzo concordantes com a foliação principal. Além disso, de modo geral, ocorrem dobramentos em diversas escalas (Figura 3.10b,c) na maioria apresentam cinemática sinistral (Figura 3.10b). Outro indicador cinemático importante são os pares S-C, sendo a banda S demarcada pela biotita com atitude de 295/68 e a banda C de atitude próximas a 255/53, o que implica em uma vorticidade anti-horária.

A rocha (GS-01, Apêndice) apresenta como mineralogia quartzo, biotita, plagioclásio, microclíneo, muscovita e clorita (Figura 3.11). Os cristais de biotita possuem pleocroísmo marrom amarelado para incolor e geralmente estão alterados e transformados em clorita, que por sua vez, apresentam cor esverdeada à azul berlim anômala à nicóis cruzados. É comum verificar a interação dos feldspatos potássicos com o plagioclásio que resultam na formação de pertitas bem formadas (Figura 3.12a,b). Próximo a Igreja de Nossa Senhora das Graças (GS-02), ocorre um expressivo corpo granitoide na forma de lajedo (Figura 3.13a,b), no qual a foliação dominante tem atitude por volta de 320/60, embora localmente, seja observado variações para a posição 070/57. Neste corpo ocorrem diques leucocráticos subverticais de composição quartzo feldspática e granulação interna variável, com direção preferencial de N20-40W, embora outras orientações também sejam observadas. Além disso, são frequentemente verificadas apófises que se ramificam dos diques, como se observa na Figura 3.13b.

Ao longo do perfil realizado afloram anfibolitos, de acordo com o mapa da Figura 3.17, denominados no mapeamento da CPRM (Silva *et al.*, 2013) como anfibolito Paraopeba. Entretanto, particularmente ao longo do perfil AA' o litotipo observado, nos limites do Anfibolito Paraopeba mostrado na Figura 3.13c, trata-se de xisto em avançado processo intempérico que aflora como pequeno corpo verticalizado (GS-03), em contato com granitoides em condições semelhantes de intemperismo. Possui coloração avermelhada escura e sua foliação principal varia em torno de 120/70 e 078/90, sendo que em porções locais são encontradas atitudes de 055/65 associadas a uma lineação mineral em 045/55.

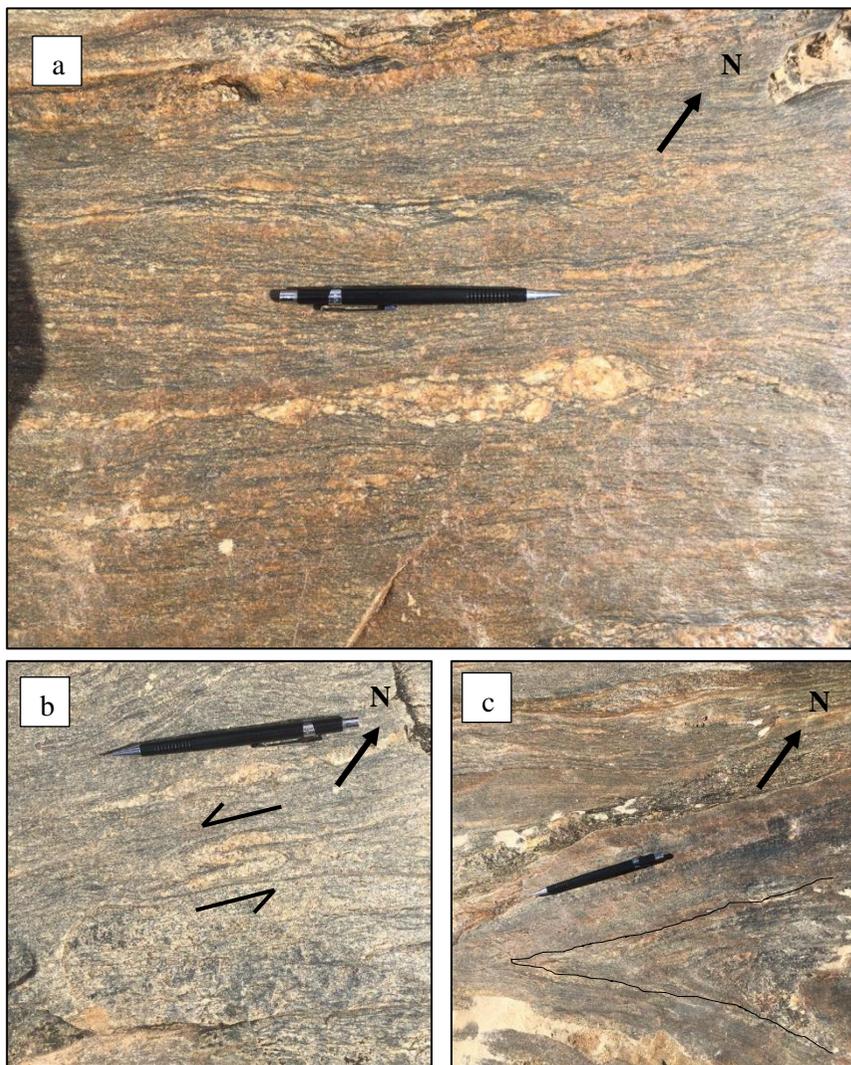


Figura 3.10 - Fotografias em planta do metagranitoide do ponto GS-01. a) Porfiroclastos rotacionados com leve assimetria. b) Dobra centimétrica assimétrica de cinemática sinistral. c) Dobra mesoscópica fechada.

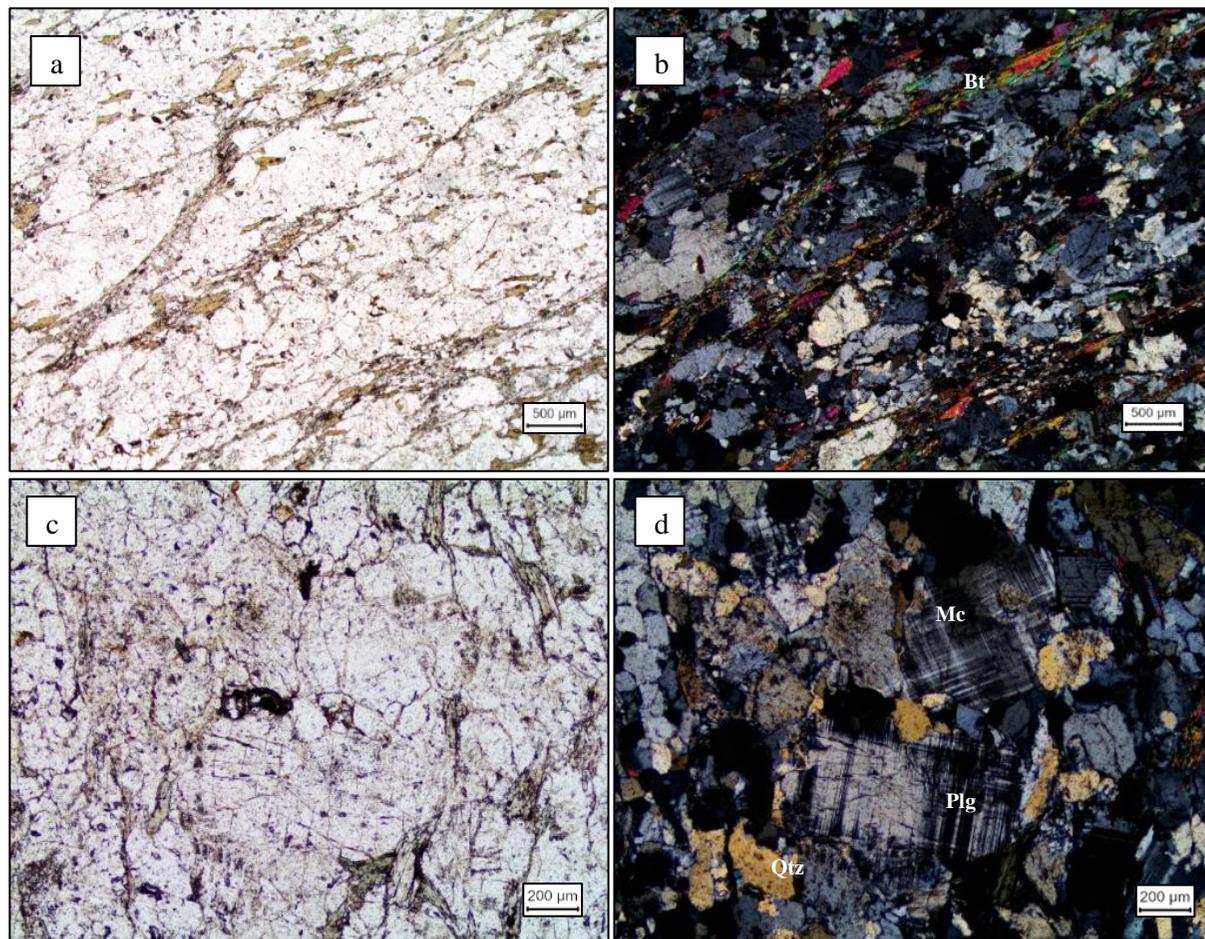


Figura 3.11 - Fotomicrografia da lâmina delgada GS-01, à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada. a) e b) Visão geral da lâmina e sua foliação definida por biotita (Bt). c) e d) Detalhamento dos grãos de microclíneo (Mc) em conjunto com grãos de plagioclásio (Plg), quartzo (Qtz) e biotita.

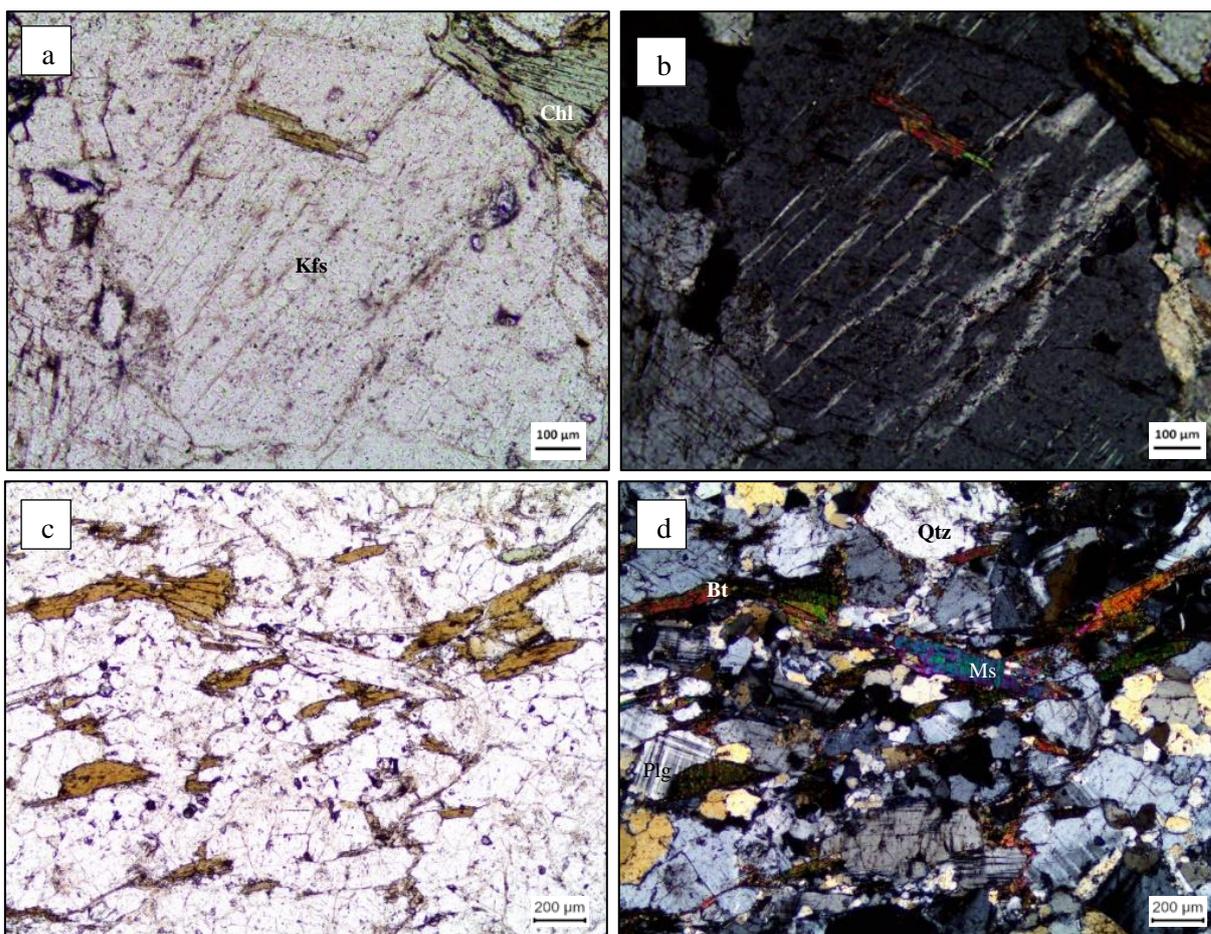


Figura 3.12 - Fotomicrografia da lâmina delgada GS-01, à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada. a,b) Pertitas bem formadas e alteração de biotita para clorita. c,d) Presença de biotita (Bt) e muscovita (Ms) em meio a massa quartzo-feldspática.

O lineamento Jeceaba – Bom Sucesso é facilmente reconhecido (Figura 3.14b) na área de estudo devido sua configuração geomorfológica que, na região, edifica a serra de Jeceaba. No alto da serra (Figura 3.14a), ocorrem rochas de composição quartzosa (GS-04), que corresponde a uma parte da sequência metassedimentar do Supergrupo Minas, mapeada como Grupo Caraça. Apresentam coloração branca acinzentada e granulação muito fina com clastos centimétricos de quartzo arredondados. Além disso, possuem foliação com atitudes próximas a 150/60 e dobramentos em forma de “S”, cujo eixo de dobra está orientado aproximadamente em 157/58 e os flancos estão em 105/68 e 165/58.

Seguindo o caminhamento de NW para SE, ainda compondo o Supergrupo Minas, ocorrem os grupos Itabira e Piracicaba. O primeiro está em contato com o topo do Grupo Caraça, sendo composto por itabiritos, itabiritos dolomíticos, dolomitos, filitos e xistos (Silva *et al.*, 2013). Entretanto, nenhum litotipo dessa unidade pode ser observada em campo, no traçado do perfil AA'. Por outro lado, o Grupo Piracicaba, faz contato com o topo do Grupo Itabira, é composto por quartzito, quartzito ferruginoso, quartzito mica xisto, sericita xisto, xisto grafitoso e filito (Silva *et al.*, 2013). Nos limites cartografados

desse grupo, pode-se observar ao longo do perfil AA' xistos de coloração amarronzada a avermelhada (GS-05), de xistosidade próxima a 100/80 associada a uma lineação mineral de 020/15. É possível observar a ocorrência de indicadores cinemáticos decimétricos do tipo sigma composto por porfiroclastos de quartzo rotacionados, que marcam uma rotação sinistral (Figura 3.15a).

Por fim, a sudeste do município de Jeceaba afloram tonalitos (GS-06) acinzentados de granulação fina a média, pertencentes a Suíte Alto Maranhão. Esses, possuem foliação aproximada de 120/67 e lineação mineral em 020/40. São comuns a ocorrência de alguns enclaves melanocráticos, possivelmente gabróicos ou dioríticos, de granulação fina que, geralmente, apresentam formas elipsoidais (Figura 3.15b). Em lâmina, o tonalito apresenta composição mineralógica composta por quartzo, plagioclásio, biotita, anfibólio e zoizita (Figura 3.16). Os grãos de quartzo possuem granulação variada entre 0,05 a 1 mm e coloração amarelada quando observados à luz polarizada. Os contatos entre os grãos de quartzo e os demais minerais são retos a interlobados e, em alguns casos, ocorrem subgrãos. Alguns cristais de biotita mostram-se dobrados e exibem extinção ondulante e olho de pássaro. O plagioclásio frequentemente possui inclusões de biotita e apresentam-se geralmente com contatos retos a suturados, além de apresentar macla polissintética, baixa birrefringência e baixo relevo. É possível perceber subgrãos de plagioclásio em cristais do mesmo mineral, além de macla *carlsbad* e leve zoneamento concêntrico (Figura 3.16d). O anfibólio possui hábito prismático e pleocroísmo em tons amarronzados, encontra-se ocasionalmente seções basais. Apresenta ocasionalmente macla, juntamente com extinção paralela a clivagem. Além disso, em muitas porções da lâmina é possível evidenciar o processo de cloritização associados a biotita, bem como de saussuritização associado a epidoto de granulação fina inclusos em grãos de plagioclásio.

Ressalta-se que entre o Supergrupo Minas e a Suíte Alto Maranhão, descritas anteriormente, ocorrem sequências de rochas metavulcânicas máficas e ultramáficas associadas com rochas metassedimentares, como xistos e formações ferríferas bandadas, que correspondem ao Grupo Nova Lima (Silva *et al.*, 2013). Apesar de tais sequências não serem observadas ao longo do trabalho de campo, assim como as rochas do Grupo Itabira, o perfil AA' (Figura 3.18) exhibe o Grupo Nova Lima sobreposto ao Supergrupo Minas, o que poderia se configurar como uma inversão estratigráfica. Entretanto as formações pertencentes ao Supergrupo Minas estão em posição estratigráfica normal, o que levanta questionamentos a respeito de como essa inversão estratigráfica possa ter ocorrido. Desse modo, as possíveis explicações retratadas na literatura serão discutidas no capítulo 4.

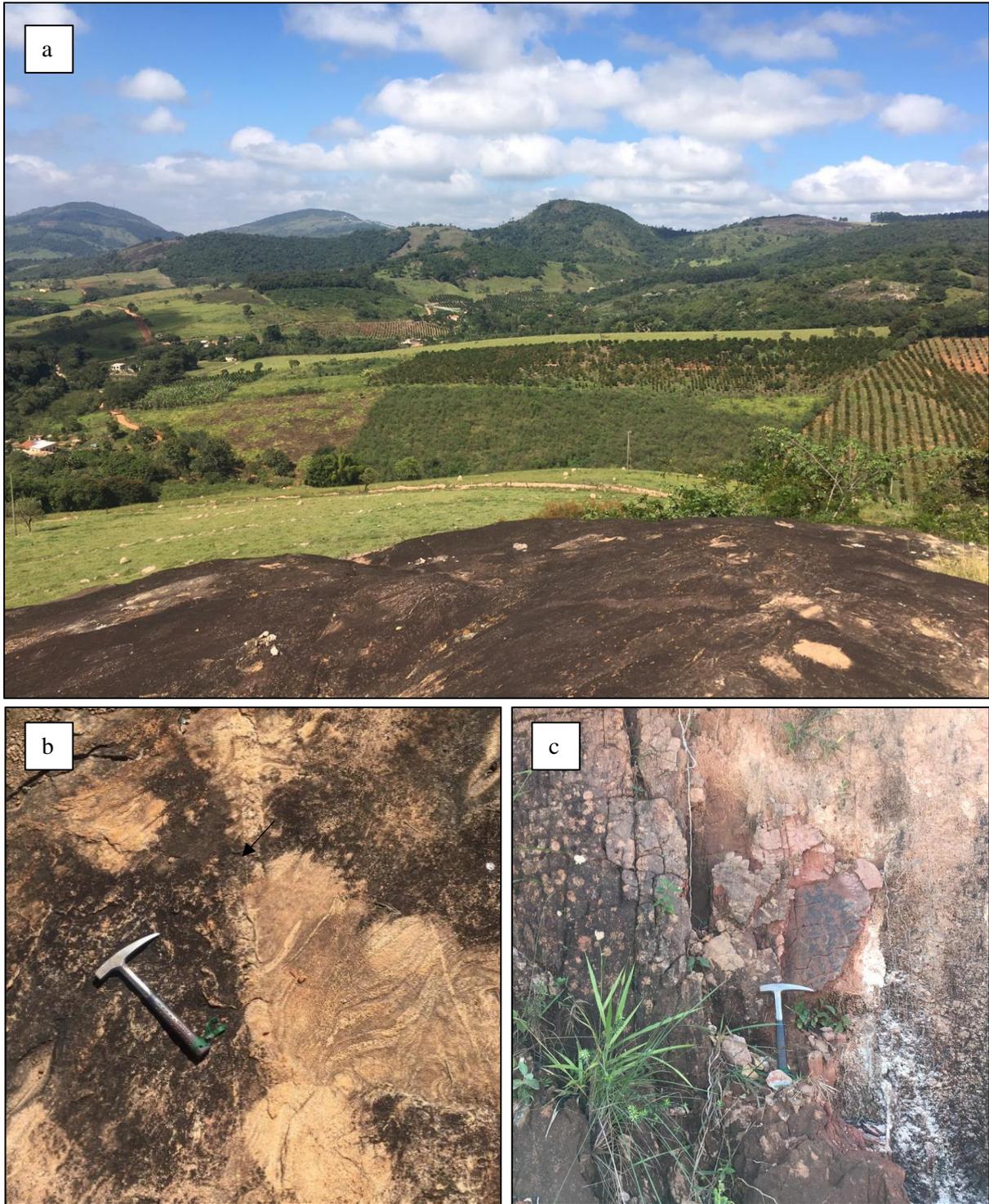


Figura 3.13 - Visão geral dos afloramentos nas adjacências da localidade de Bituri. a) Visada para leste de parte da área de estudo (GS-02). b) Granitoide com veios quartzo feldspáticos e algumas apófises indicada pela seta (GS-02). c) Xisto muito intemperizado em contato com granitoide (GS-03).

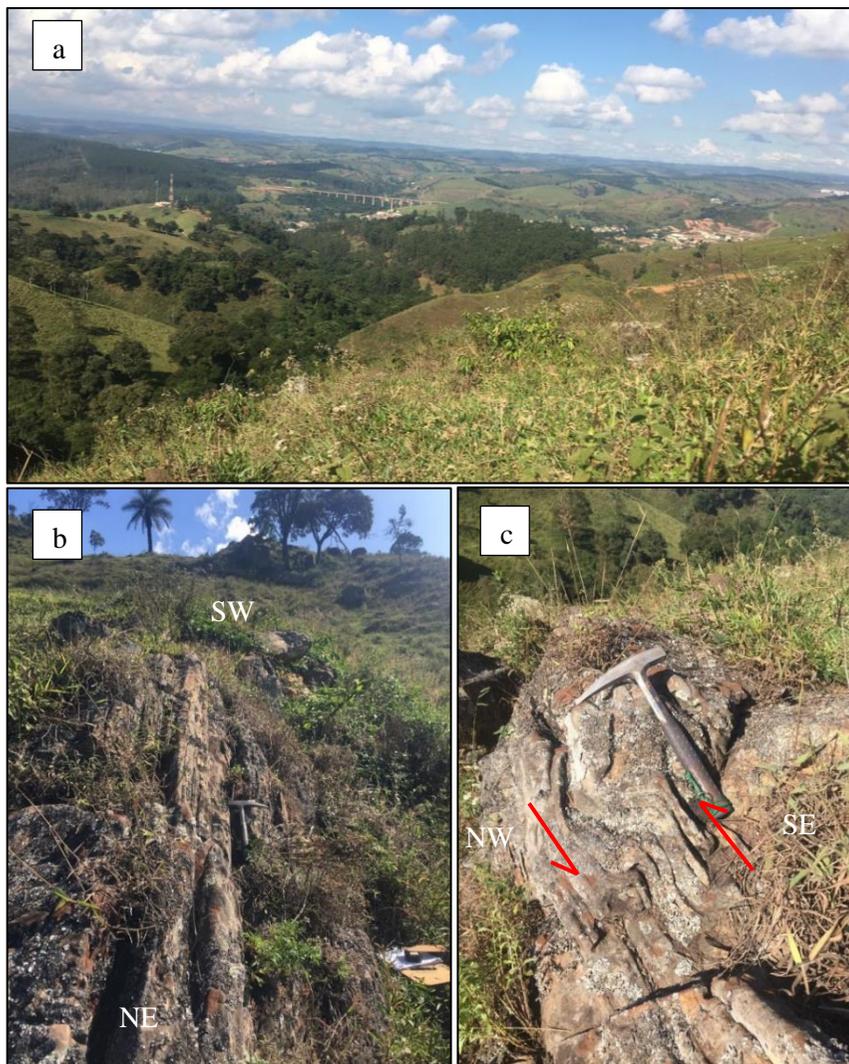


Figura 3.14 - a) Fotografia ilustrativa da região tirada do ponto GS-04. Ao fundo cidade de Jeceaba (visada para SE). b) Sobre a serra temos a expressão local do LJBS. c) Dobras em "S" na serra de Jeceaba, visão em corte NW-SE.

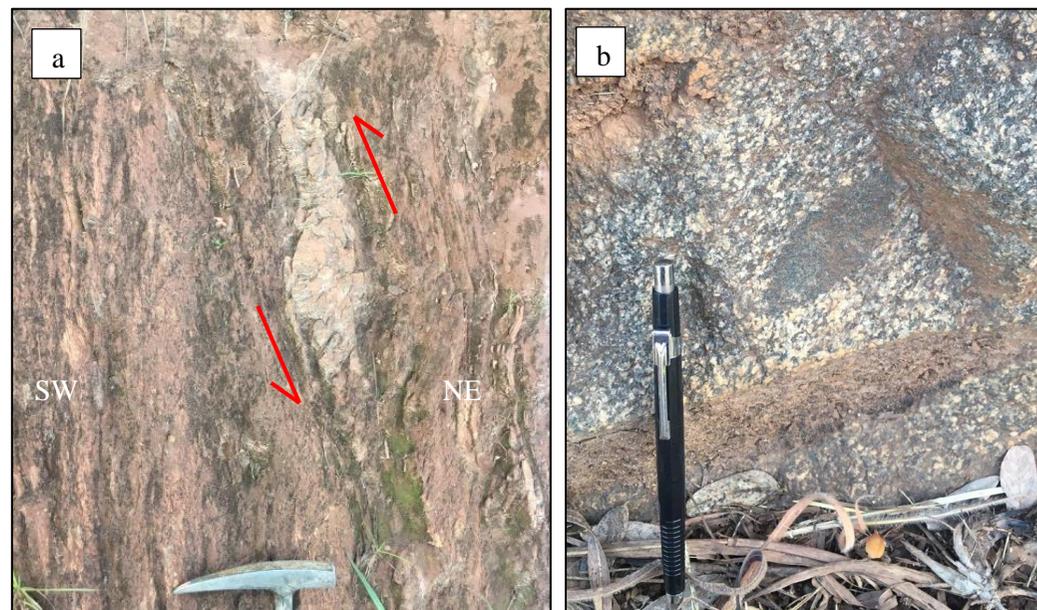


Figura 3.15 - Visão geral dos afloramentos nas adjacências de Jeceaba. a) Fotografia de indicador cinemático do tipo sigma de tamanho decimétrico e cinemática sinistral, observado em xisto (GS-05). b) Metatonalito com enclave melanocrático decimétrico de formato elíptico (GS-06).

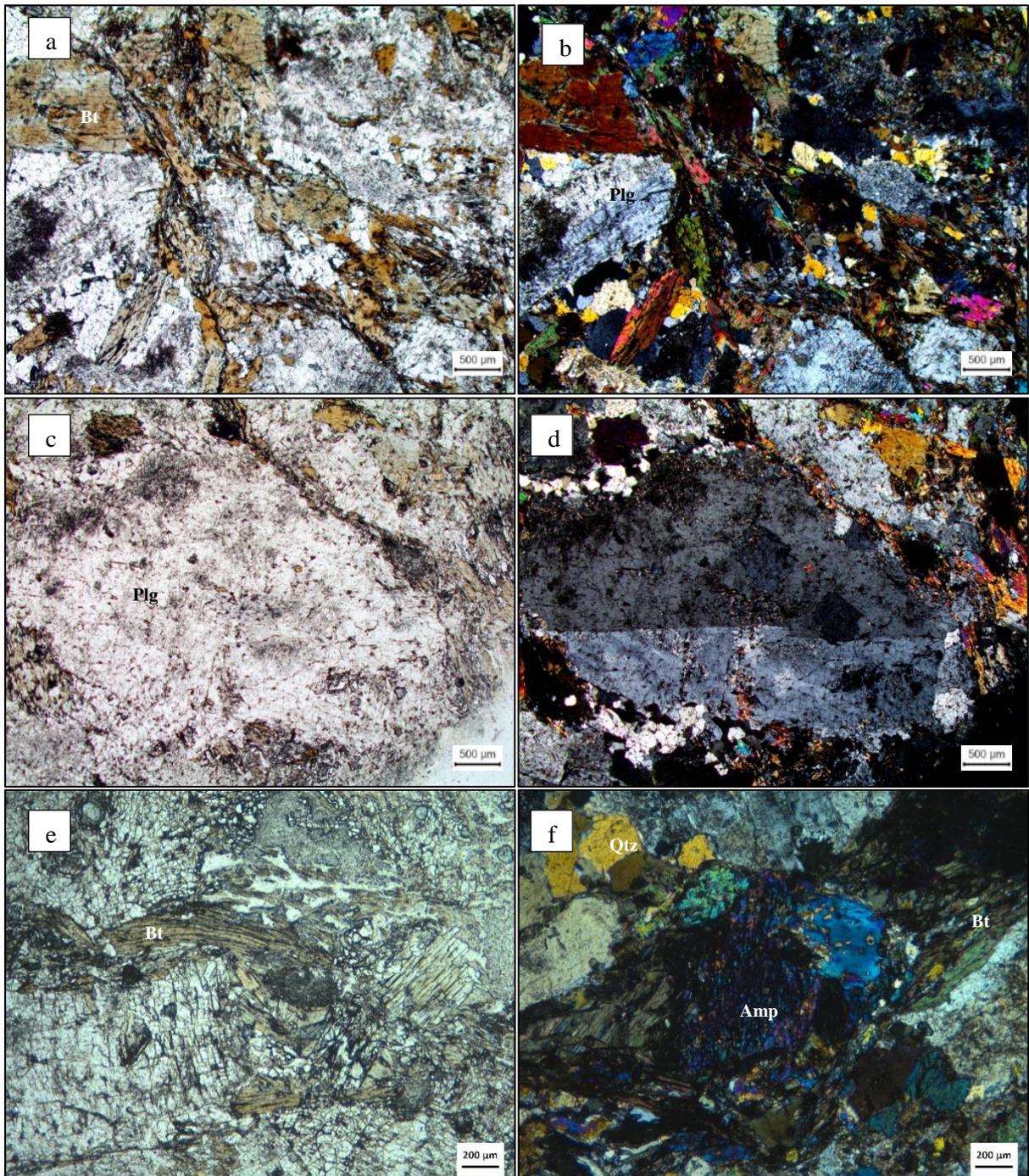


Figura 3.16 - Fotomicrografia de metatonalito (lâmina GS-06). À esquerda imagens feitas com luz plana e à direita com luz polarizada. a,b) Visão geral da lâmina, onde se observam quartzo (Qtz), plagioclásio (Plg) e biotita (Bt). c,d) Fenocristal de plagioclásio com leve zoneamento concêntrico e intensa macla *carlsbad*. e) Cristais de biotita dobrados. f) Seção basal de anfibólio (Amp) em contato com grãos de quartzo, biotita e clorita.

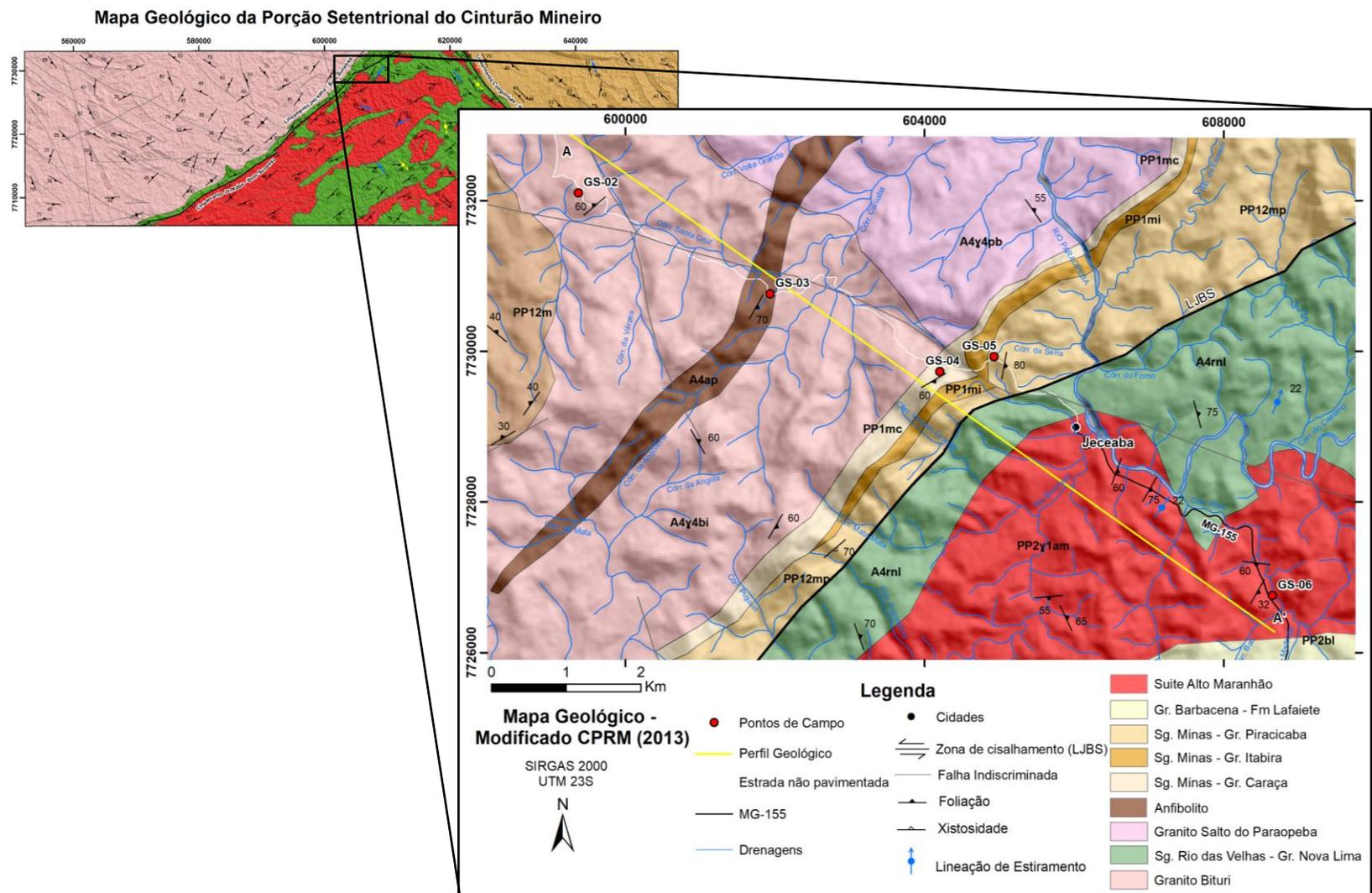


Figura 3.17 - Mapa geológico simplificado da região de Jeceaba e perfil litoestrutural AA' (Amarelo) de direção NW-SE. Retirado e modificado dos mapas das folhas Entre Rios de Minas e Conselheiro Lafaiete de escala 1:100.000 (Silva *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2013).

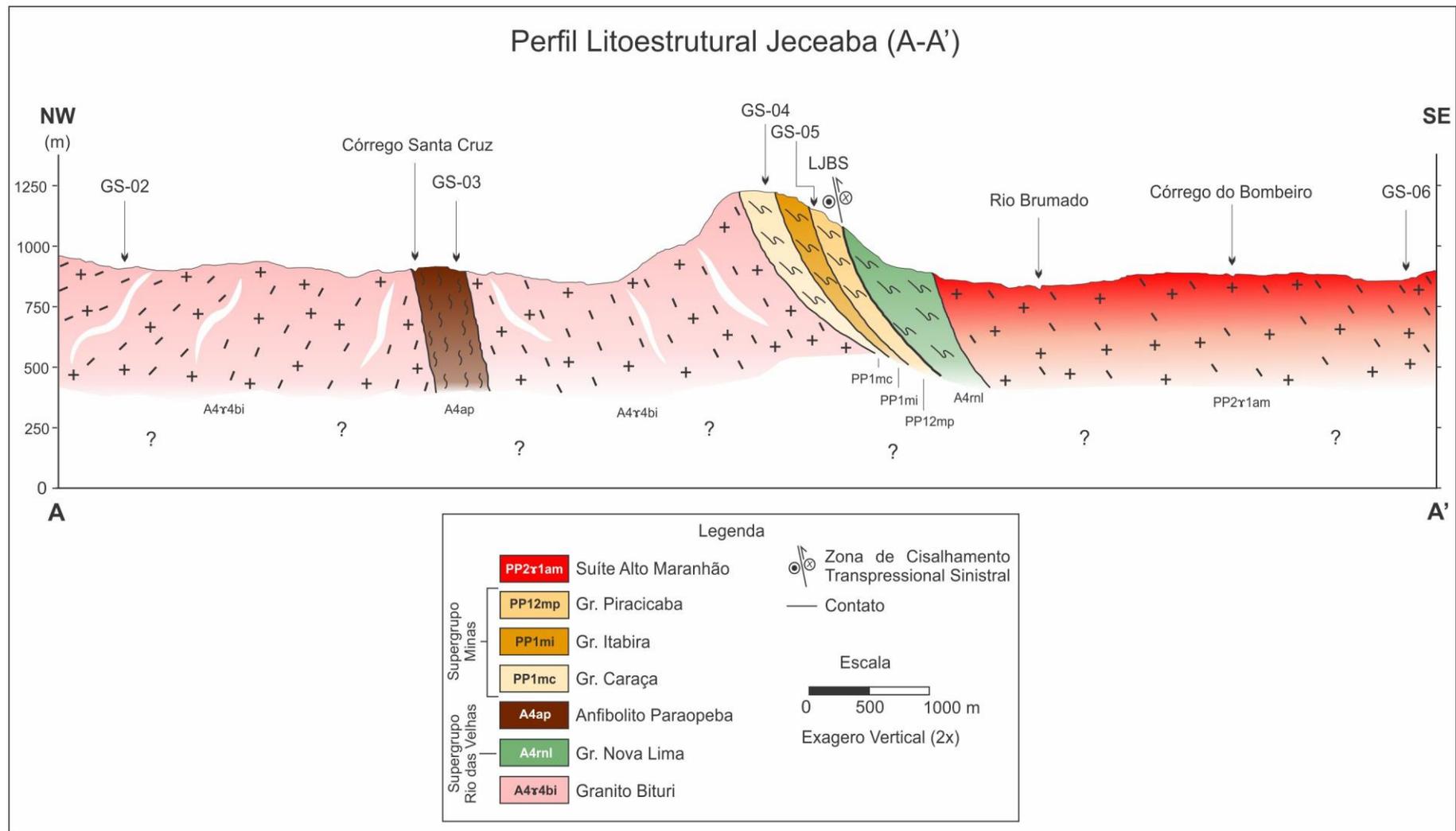


Figura 3.18 - Perfil geológico litoestrutural das proximidades de Jeceaba/MG, escala 1:50.000, ver mapa de pontos para localização do perfil (Figura 3.17).

3.2 MAPAS GEOLÓGICOS LOCAIS

Como visto no Item 1.5, devido à alta densidade de mapas compilados na porções central e leste da área de estudo, verificou-se a necessidade da separação e confecção de dois mapas locais em escala de maior detalhe, denominados Setor Conselheiro Lafaiete (SCL) e Setor Itaverava (SI). Para a confecção do SCL foram utilizados 7 mapas de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) e 1 de mestrado, ao passo que, para o SI foram utilizados 11 mapas (TCC) e 1 de mestrado, como mostrado no Quadro 1.1. Desse modo, a seguir serão apresentadas imagens de satélite, mapas geofísicos e geológicos, estereogramas de medidas estruturais, juntamente com resultados obtidos em campo e perfil litoestrutural. A apresentação desses dados permitirá uma visão mais detalhada dos referidos setores, que já foram contextualizadas em âmbito regional.

3.2.1 Imagens de Satélite e Mapas Geofísicos

As imagens de satélite SRTM permitem compreender como as condições geomorfológicas e estruturais influenciam os padrões das redes de drenagem, sendo possível observar forte controle estrutural nas mesmas, como capturas de drenagem e padrões dendríticos. No mapa do Setor Conselheiro Lafaiete, os padrões de drenagem são predominantemente dendríticos, porém localmente, possuem orientação preferencial N-S (Figura 3.19a). Já nas proximidades do município de Itaverava observa-se como o lineamento homônimo captura diversas drenagens, de modo a formar um canal de direção NW-SE, denominado como ribeirão Pé de Morro, que se estende por quase a totalidade do mapa do Setor Itaverava (Figura 3.19b).

A seguir serão discutidos os mapas geofísicos e suas correlações com os mapas geológicos de cada setor, onde é possível notar feições coincidentes entre os diferentes tipos de mapas. Os métodos geofísicos de aeromagnetometria, aerogamaespectrometria e índice máfico também fornecem padrões similares entre si.

O SCL apresenta no mapa aeromagnetométrico respostas altas à susceptibilidade magnética (vermelho) predominantes na porção S-SW (Figura 3.20a) e, respostas mais brandas (azul) ocorrem na porção central e norte. Já no mapa aerogamaespectrométrico (Figura 3.21a) o setor apresenta fortes respostas em cores preta e vermelha, que correspondem as sequências de rochas metassedimentares do mapa geológico (Figura 3.23). Ainda, é possível verificar na porção central do mapa uma expressiva anomalia de cor azul clara que ocorre ao centro dessa sequência, possui forma elíptica, com eixo maior de direção NE-SW, e provavelmente corresponde à intrusão de tonalitos devido a correlação com o mapa geológico. Essa relação também é evidenciada no mapa de índice máfico (Figura 3.22a), de modo que as mais altas respostas de cores rosa a branca, coincidem com as regiões pretas e vermelhas

observadas no mapa aerogamaespectrométrico e se sobrepõem as rochas metassedimentares registradas no mapa geológico local.

Por sua vez, o SI apresenta um mapa aeromagnetométrico (Figura 3.20b) com forte coloração avermelhada, demarcada pelos mais altos valores de susceptibilidade magnética da área. As regiões em azul marcam o oposto, menores susceptibilidades magnéticas. Essas repousam sobre a porção nordeste do setor, visitada em trabalho de campo para a confecção do respectivo perfil litoestrutural que será descrito adiante.

Ainda, o mapa aerogamaespectrométrico (Figura 3.21b) do mesmo setor possui porções de coloração preta que coincidem com as regiões compiladas e mapeadas como rochas metamáficas e metaultramáficas. A coloração avermelhada coincide, por sua vez com rochas metassedimentares. É interessante notar que o LCI fica muito bem demarcado pela coloração rosa que delimita duas porções distintas do mapa, uma a oeste e outra a leste. Além disso, ao verificar o mapa de índice máfico (Figura 3.22b), que utiliza os parâmetros citados na Equação 1.1, é possível notar novamente a expressão do LCI, demarcada pela coloração rosa a branca que indica os maiores valores de índice máfico.

Em síntese, os setores apresentam visíveis assinaturas coincidentes entre os diferentes métodos analisados, como visto por exemplo na expressão do LCI (SI). No mapa aeromagnetométrico (Figura 3.20b) os mais altos valores (vermelho) repousam sobre o lineamento, assim como no mapa aerogamaespectrométrico (Figura 3.21b) que demarca a mesma feição com cores em rosa e preto, esse padrão se repete demarcado no mapa de índice máfico com suas respectivas cores (Figura 3.22b).

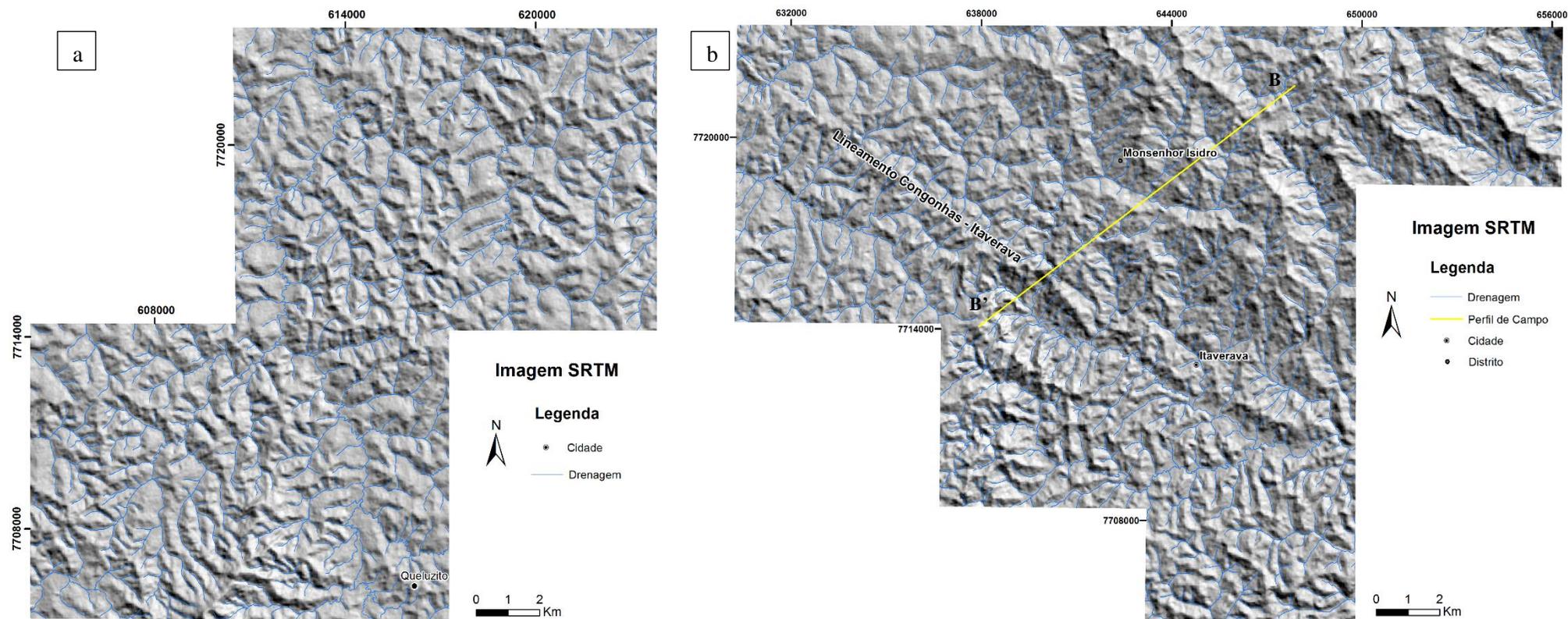


Figura 3.19 - Imagens SRTM associada as redes de drenagens locais e perfil litoestrutural (amarelo). a) Setor Conselho Lafaiete b) Setor Itaverava. Modificado da EMBRAPA.

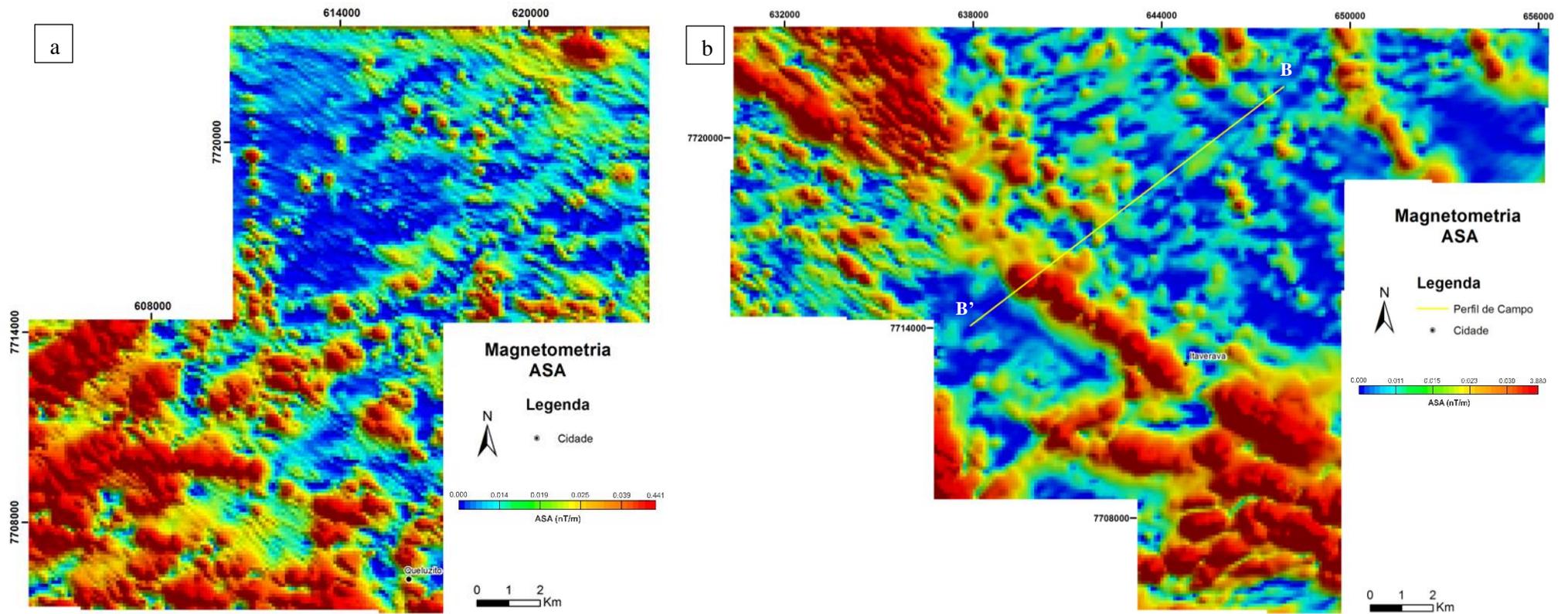


Figura 3.20 - Mapas aeromagnetométricos (ASA). a) Setor Conselheiro Lafaiete e b) Setor Itaverava, com o traçado do perfil BB' realizado no respectivo trabalho de campo.

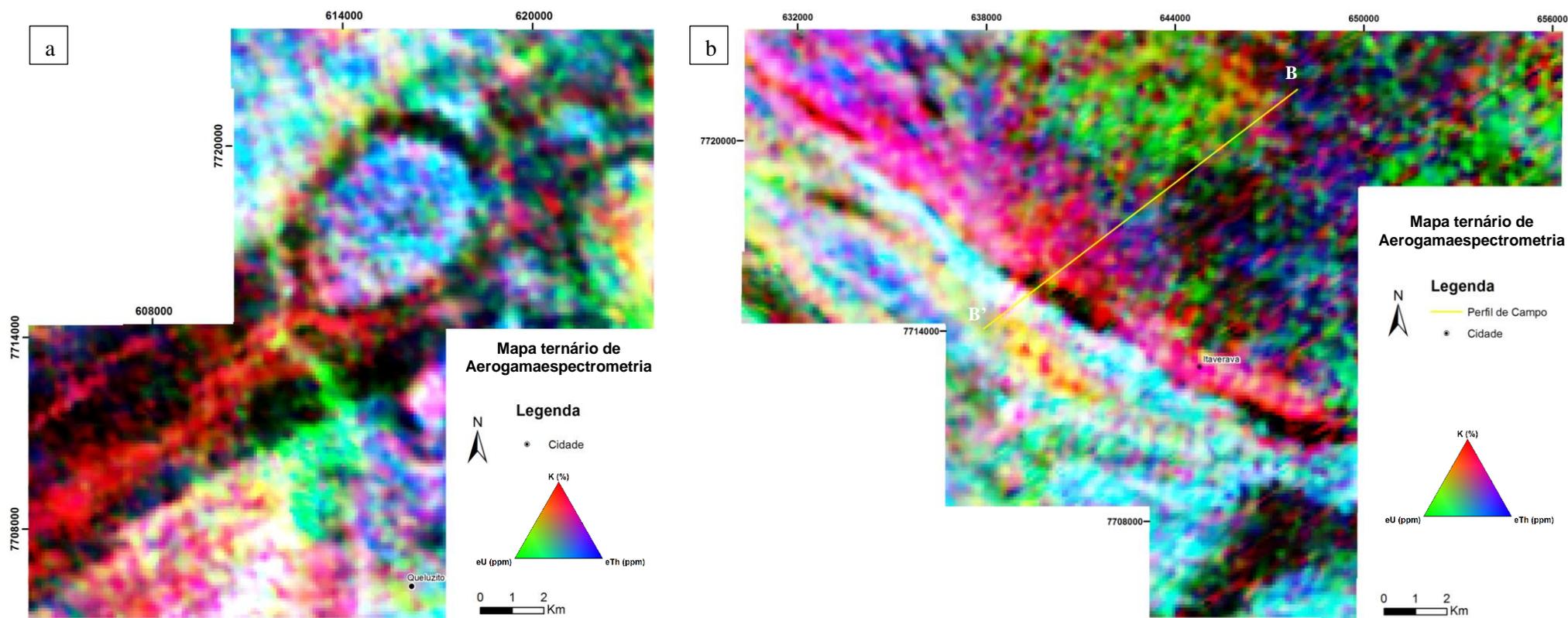


Figura 3.21 - Mapas aerogamaespectrométricos; a) Setor Conselheiro Lafaiete e b) Setor Itaverava, com o traçado do perfil BB' realizado no respectivo trabalho de campo.

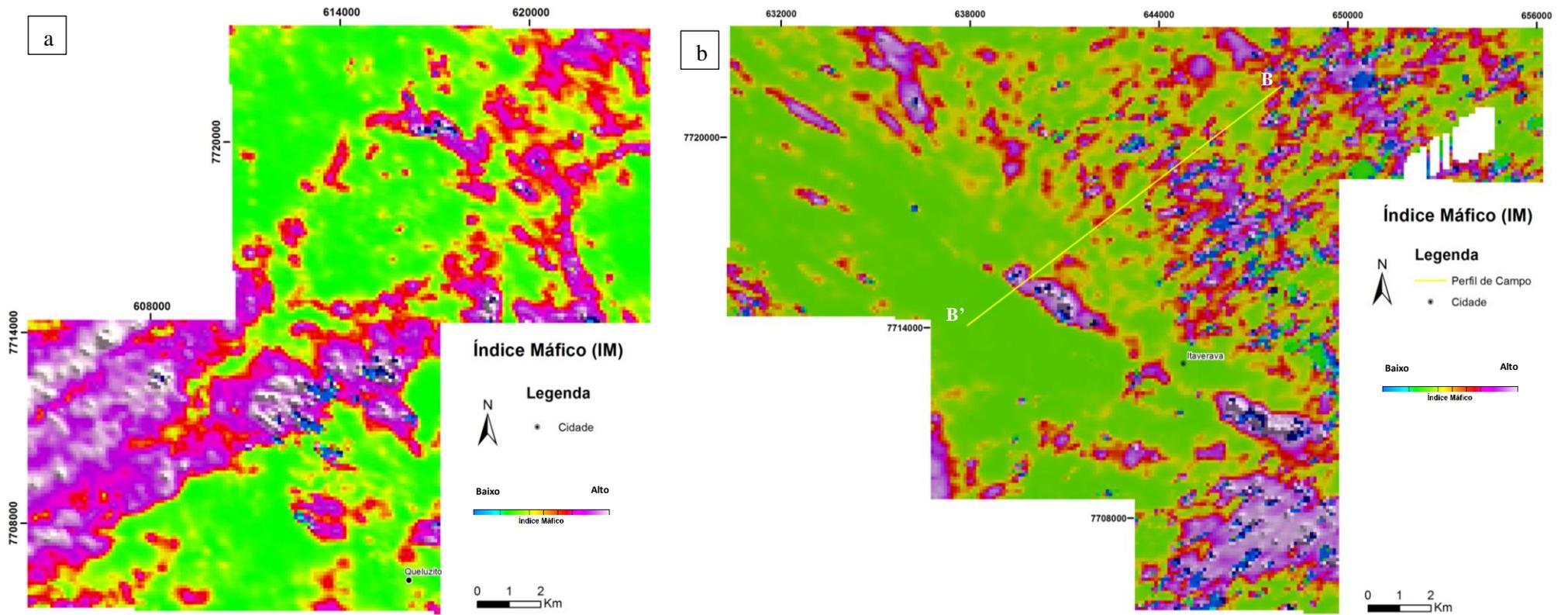


Figura 3.22 - Mapas de índice máfico (IM). a) Setor Conselheiro Lafaiete e b) Setor Itaverava, com o traçado do perfil BB' realizado no respectivo trabalho de campo.

3.2.2 Mapas Geológicos Locais de Escala 1:100.000

Localizado na porção mais central da área de estudo, o Setor Conselheiro Lafaiete (Figura 1.3) apresenta litologias com morfologia externa de orientação preferencial NE-SW, concordantes com a direção regional do CM. De modo geral, o mapa geológico deste setor (Figura 3.23) apresenta predominantemente uma sequência metavulcanossedimentar, de mesma direção, caracterizada por xistos. Além disso, também é composta por quartzitos, gonditos, *cherts* e grafita xistos com características siliciclásticas e clastoquímicas, que estão situados entre os xistos e tonalitos. Pequenos corpos de rochas metamáficas e metaultramáficas situados nas porções sul e sudoeste do mapa SCL, além de corpos anfibolíticos no extremo nordeste, também fazem parte dessa sequência. Esse segmento de rochas pode ser correlacionado ao *greenstone belt* Rio das Mortes (item 2.2.1b), uma vez que os corpos de rochas máficas e ultramáficas podem corresponder as suas unidades basais. Enquanto os xistos, anfibolitos e as demais porções siliciclásticas e clastoquímicas correspondem as formações superiores Lafaiete e Santo Amaro.

O setor possui relevantes intrusões plutônicas, com formatos elípticos a circulares, compostos predominantemente por tonalitos pouco deformados, que se estabelecem ao intrudir a sequência metavulcanossedimentar. Essas rochas são correspondentes a Suíte Alto Maranhão que compreendem também biotita-epidoto tonalitos, biotita-muscovita-epidoto tonalitos, quartzo-dioritos, metatonalitos, metagranodioritos. Por fim, sedimentos aluvionares depositados nas áreas de planícies do rio Paraopeba ocupam as porções sul e central, recobrando tonalitos, rochas metassedimentares, quartzitos e gonditos. No mapa geológico do Setor Conselheiro Lafaiete (Figura 3.23) é possível observar a distribuição e as relações das litologias descritas.

O Setor Itaverava, por sua vez, localiza-se na porção leste da área de estudo (Figura 1.3) e sua principal feição estrutural corresponde ao LCI, de direção NW-SE. A oeste do lineamento predominam litologias de características siliciclásticas e clastoquímicas semelhantes as descritas no setor anterior, compostas principalmente por xistos, gonditos e *cherts*, além de pequenas porções de rochas metamáficas e metaultramáficas (Figura 3.24). No entanto, essa sequência pode ser correlacionada a Sequência Metavulcanossedimentar Congonhas-Itaverava, anteriormente mapeada por outros autores como pertencente ao Supergrupo Rio das Velhas (Baltazar & Zucchetti, 2007). Similar ao que ocorre no setor anterior, essa sequência encontra-se também intrudida por rochas plutônicas que são correspondentes a Suíte Alto Maranhão, que predominantemente balizam paralelamente o lineamento.

Em contrapartida, a leste do lineamento predominam em suas adjacências formações ferríferas bandadas e xistos compostos majoritariamente por clorita-actinolita xistos. No restante da área ocorrem rochas do embasamento gnáissico dobradas e intercaladas com grandes lentes de rochas metamáficas e metaultramáficas, que apresentam estruturas maciças e foliadas e direção NW-SE. A associação dessas

litologias é correspondente ao Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, descrito no item 2.1.3. Além disso, ao longo do setor ocorrem sedimentos recentes depositados em planícies aluviais de diversas drenagens como por exemplo, os ribeirões Pé de Morro e Mata Cavalos e córregos dos Moreiras e Vargas.

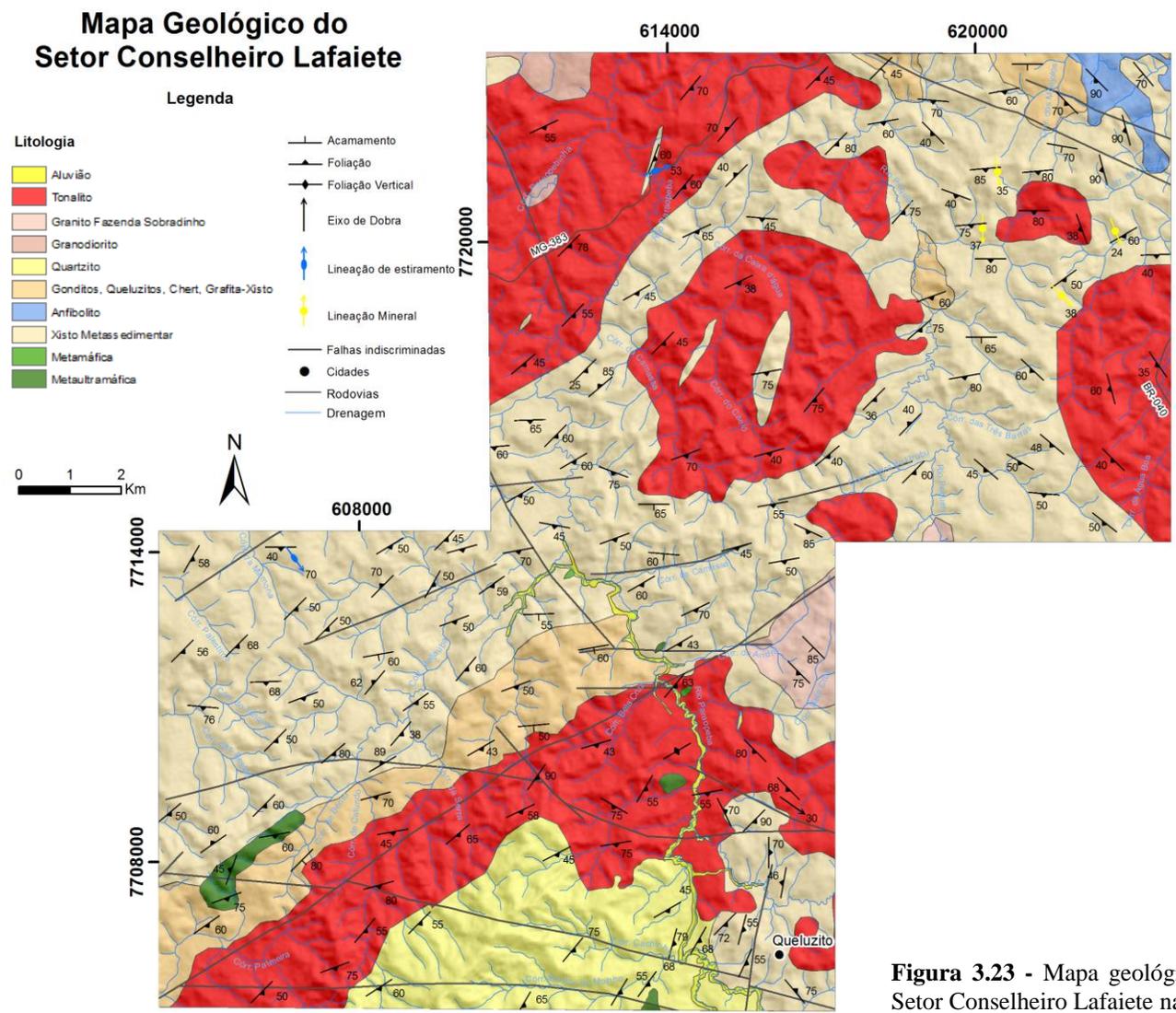


Figura 3.23 - Mapa geológico simplificado do Setor Conselheiro Lafaiete na escala 1:100.000.

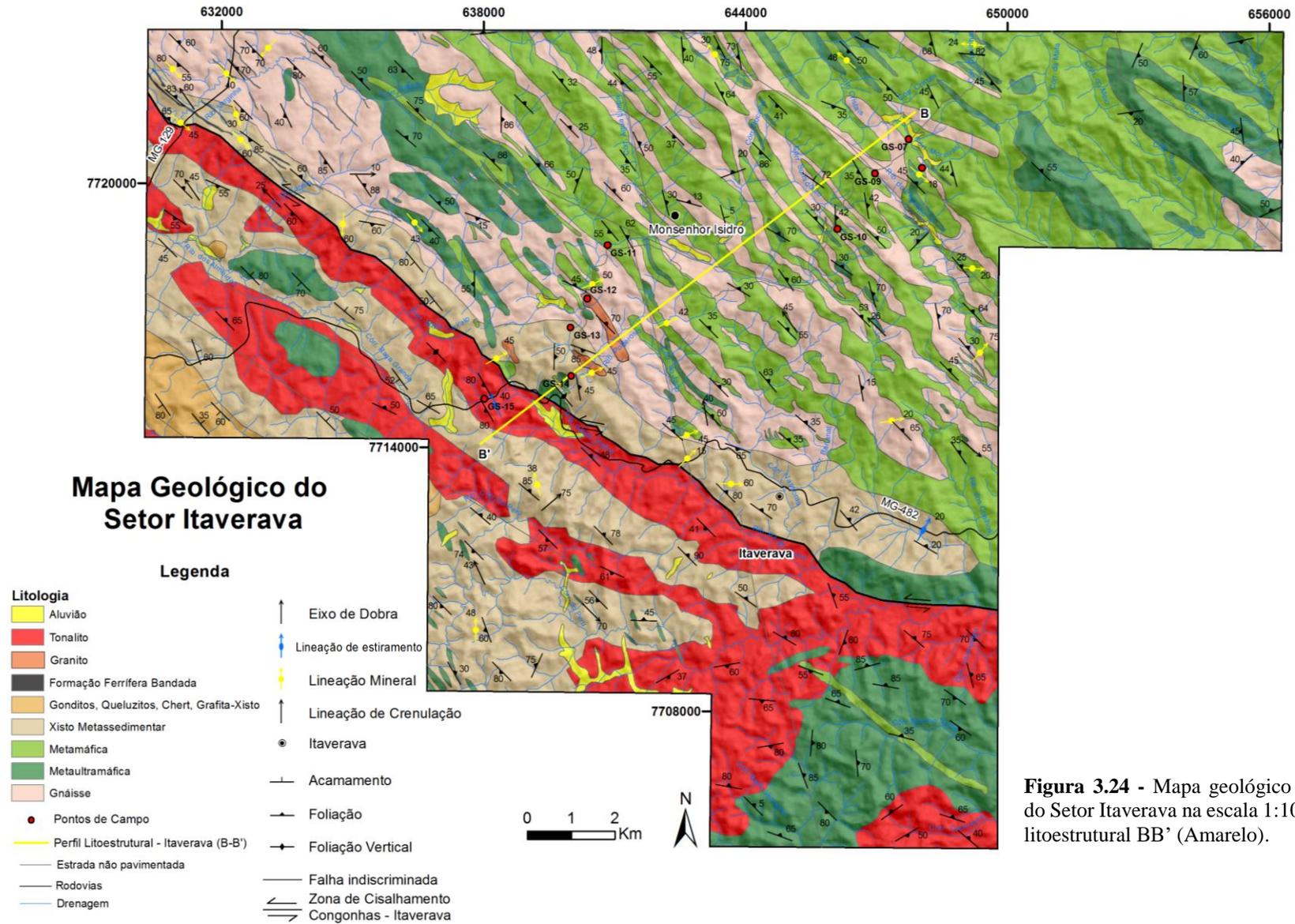


Figura 3.24 - Mapa geológico simplificado do Setor Itaverava na escala 1:100.000. Perfil litoestrutural BB' (Amarelo).

3.2.3 Geologia Estrutural

O mapa do Setor Conselheiro Lafaiete (Figura 3.23), como já mencionado ocorre na porção central da área de estudo e está situado entre os dois principais lineamentos da área, LJBS e LCI. De modo geral, as litologias possuem foliações que acompanham as direções preferenciais desses dois lineamentos, de modo que suas foliações são concordantes com o *trend* destes, assim como mostrado no estereograma do domínio Central (Figura 3.7b). Portanto, a oeste do setor, as foliações possuem direção NE-SW e mergulho para SE, de modo que na parte leste estas possuem direção NW-SE e mergulho para SW.

Após tratamento dos dados estruturais, foram obtidas para esse setor cerca de 162 medidas, das quais: 155 são medidas planares de foliações e 7 medidas lineares, sendo 1 eixo de dobra, 4 de lineação mineral e 2 de lineação de estiramento. O agrupamento das principais medidas pode ser analisado no estereograma da Figura 3.25 composto pelo tratamento estatístico de foliação e lineação mineral. De modo geral, o estereograma com as medidas de foliação apresenta direção predominante NE-SW e mergulhos próximos à 60°, sendo que a maior densidade de dados ocorre para o plano 138/56 (Figura 3.25a). Os dados de lineação mineral, por sua vez, apresentam maiores densidades em atitudes próximas a 174/34 (Figura 3.26b).

O mapa do Setor Itaverava (Figura 3.24) apresenta, como indicado anteriormente, uma feição estrutural característica demarcada pela verticalização das foliações do LCI. Suas rochas apresentam foliações com direção NW-SE e mergulhos predominantemente para NE, embora ocorram também mergulhos para SW. Essa variação na direção de mergulho constitui algo normal em ambientes muito deformados, onde predominam dobramentos, de modo que, a depender do local de aferição da medida obtém-se essa dualidade.

Para esse setor, foram utilizadas 207 medidas no total, das quais: 170 são medidas planares, sendo que 155 são de foliações e 15 de acamamentos, e 37 medidas lineares, onde 4 são eixos de dobras, 7 lineações de crenulação, 24 lineações minerais e 2 lineações de estiramento. De modo geral, a foliação deste setor tem direção próxima a NW-SE e mergulho altos em torno de 60° (Figura 3.26a), na qual a maior densidade ocorre por volta de 044/62. Já a lineação mineral predominante ocorre em 067/45 (Figura 3.26b).

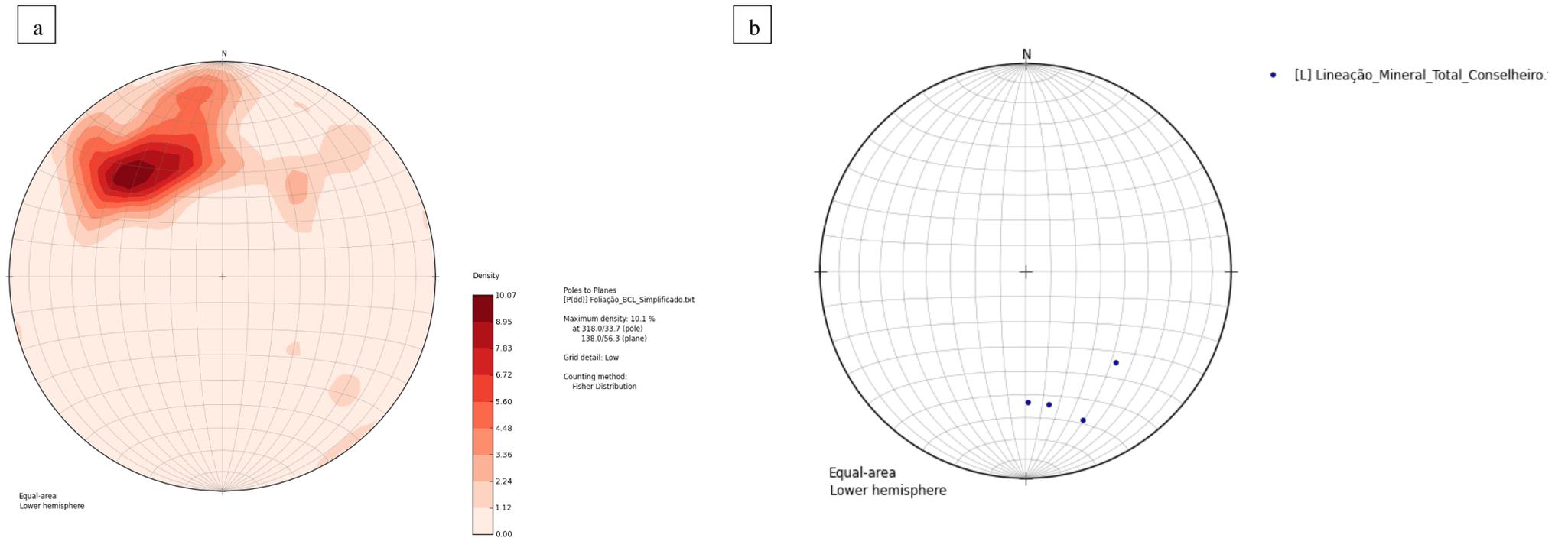


Figura 3.25 - Estereogramas obtidos com o tratamento estatístico das medidas estruturais do SCL, correspondem a densidade de polos de foliação e lineação mineral respectivamente. a) Estereograma com a máxima densidade de foliações no plano 138/56 (n=142); b) Estereograma com a medidas de lineação mineral próximas a 174/34 (n=4).

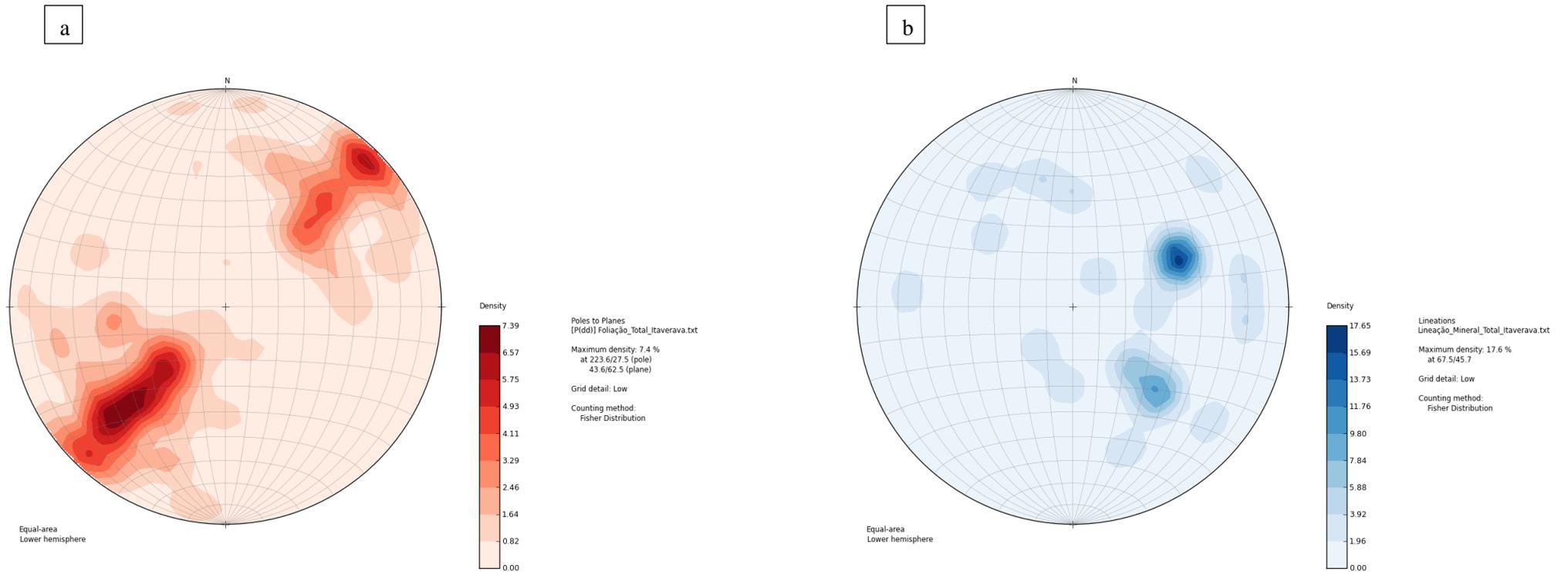


Figura 3.26 - Estereogramas obtidos com o tratamento estatístico das medidas estruturais do SI, correspondem a densidade de polos de foliação e lineação mineral respectivamente. a) Estereograma com a máxima densidade de foliações no plano 044/62 (n=155); b) Estereograma com a máxima densidade de lineação mineral em 067/46 (n=24).

3.2.4 Perfil Litoestrutural

O trabalho de campo realizado no dia 28/09/2019 no Setor Itaverava, nas proximidades do município homônimo (Figura 3.27), permitiu a verificação de algumas das litologias aflorantes e reconhecimento da disposição do LCI em campo. Com isso, foi possível a confecção de seu respectivo perfil litoestrutural esquemático (Figura 3.40). Os principais aspectos das litologias observadas e mapeadas ao longo do perfil serão apresentados a seguir, bem como as descrições petrográficas de lâminas delgadas polidas, que são exibidas a frente e mais detalhadamente no apêndice. Ainda cabe ressaltar que, como descrito no item 3.1.2, neste caso também buscou-se realizar o perfil perpendicularmente ao lineamento, desta vez como alvo de estudo o LCI. Além disso, devido à natureza deste trabalho, que se propõe principalmente a compilar mapas prévios, seguiu-se as descrições dos demais autores quando não houve possibilidade de verificação em campo.

O perfil B-B' possui orientação NE-SW, com início nas proximidades de Santa Rita de Ouro Preto, onde afloram rochas gnáissicas dobradas intercaladas com rochas metamáficas e metaultramáficas, sentido aos xistos e tonalitos a SW (Figura 3.40).

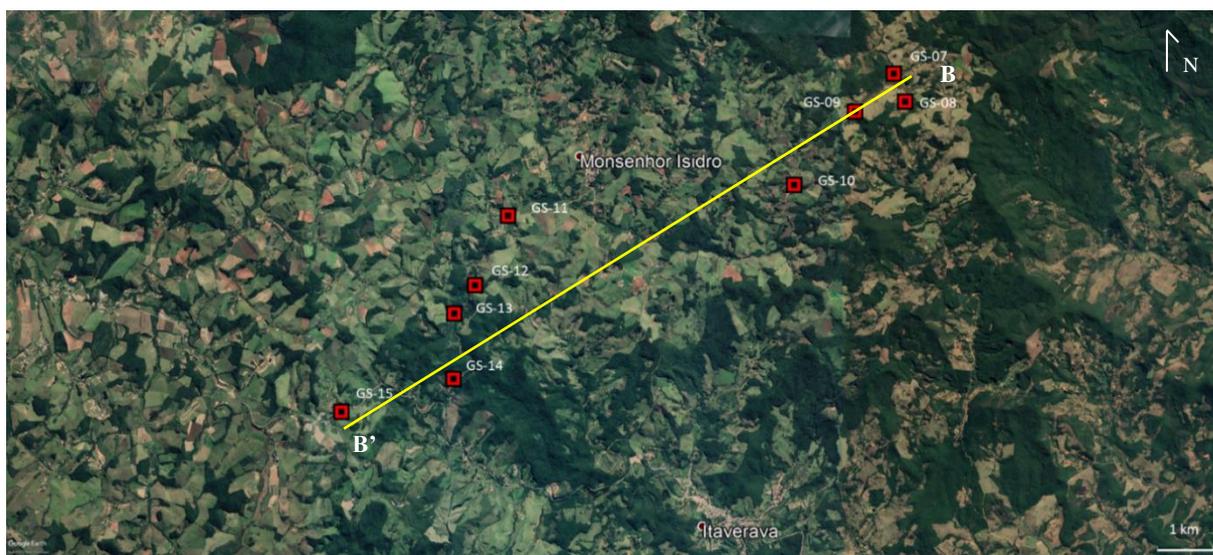


Figura 3.27 - Imagem de satélite da região de Itaverava e Monsenhor Isidro visitada em campo, com a localização dos pontos analisados e do traçado do perfil litoestrutural BB' (amarelo). Retirada do *Google Earth Pro*.

Muitos autores que contribuíram para o mapeamento da região descrevem gnaisses, que compõem relevante área no SI, como constituintes do embasamento. Embora não tenham sido observados em campo, esses gnaisses são descritos como bandados e de composição quartzofeldspática, e que devido ao intemperismo geralmente afloram como saprólitos. Em campo essas rochas mostram-se majoritariamente leucocráticas a mesocráticas, de coloração esbranquiçada a rosa, e suas

estruturas mostram-se bandadas, cisalhadas e/ou brechadas com frequentes bolsões, veios e corpos pegmatíticos.

Diques de rochas hipoabissais, como o diabásio, cortam as sequências supracrustais e costumam ser de difícil acompanhamento em campo devido ao seu espaçamento e escassez de afloramentos (Figura 3.28), o que também dificulta uma definição de orientação. Possuem composição basáltica e coloração ocre amarelada, além de exibirem feldspatos muito alterados como no ponto GS-07 (Figura 3.28b,c). De modo geral, os afloramentos apresentam-se muito intemperizados e com diversos padrões de fratura. Importante destacar que pela escala adotada não é possível sua representação em mapa e perfil.

Rochas metamáficas de coloração avermelhada a arroxeadas apresentam-se com intenso processo intempérico, possuem composição argilosa e presença de feldspatos transformados em caulim (Figura 3.29). Nessas rochas ocorrem intrusões de composição quartzo-feldspática e coloração esbranquiçada que formam venulações subconcordantes à foliação, de atitude próximas a 040/80, também sendo comum se manifestarem como bolsões pegmatíticos e veios de quartzo, como observado nos pontos GS-08 e GS-09 que podem estar dobrados.

Trabalhos mineiros são geralmente desenvolvidos em tais bolsões, como pode-se observar pela ocorrência de galeria abandonada de poucos metros de profundidade no ponto GS-08, cuja entrada apresenta azimute 310°, concordante com a direção das camadas. Ocorrem também diferentes gerações de veios, como por exemplo, os veios máficos de coloração marrom escura que cortam toda a sequência metamáfica mencionada e seus bolsões pegmatíticos (Figura 3.29a). Devido ao alto grau de intemperismo, algumas feições passam a ficar realçadas em escala de afloramento devido a maior resistência aos processos intempéricos. Um exemplo disso são porções locais de veios de quartzo boudinados, concordantes com a foliação, cujas feições se sobressaem.

É comum a ocorrência de rochas metaultramáficas, como as verificadas nos pontos GS-10 e GS-11 (Figura 3.30). Apesar de bastante intemperizados, esteatitos exibem agulhas finas e alongadas de actinolita de hábito acicular que chegam a atingir 3 cm de comprimento (Figura 3.30b). Juntamente a estas rochas, foram encontradas estruturas do tipo *boxwork* de minerais pertencentes ao sistema isométrico, provavelmente pirita e/ou magnetita, além de ocorrer óxido de manganês nos planos de fraturas.

Ao se aproximar do LCI de NE para SW, conforme realizado no perfil, afloram corpos graníticos félsicos muito intemperizados e de coloração esbranquiçada, como observado no ponto GS-12, que corresponde a um saprólito de corpo ígneo leucogranítico (Figura 3.31). A rocha exhibe foliação discreta, granulação fina e poucos minerais máficos à vista desarmada. Em lâmina delgada, a granulação varia entre fina a muito fina, com composição mineralógica corresponde a quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, biotita e muscovita. Cabe ressaltar que ocorrem subgrãos de quartzo e alteração do

plagioclásio para sericita. O material observado em lâmina encontra-se muito alterado, não sendo possível identificar com exatidão o feldspato potássico presente, além de apresentar sistematicamente textura mimerquítica.

São registrados xistos de origem clástica, como observados nos pontos GS-13 e GS-14. Apresentam foliações bem desenvolvidas e marcadas por minerais lamelares, como as micas, enquanto que os grãos de quartzo são arredondados e muitas vezes rotacionados como os da Figura 3.32. Em lâmina, ambas as rochas desses pontos possuem composição mineralógica semelhantes entre si, sendo compostos predominantemente por quartzo, biotita e sericita, são encontrados carbonato de cálcio precipitados no xisto do ponto GS-14. A substituição da biotita por clorita também é verificada em intenso processo de cloritização devido ao alto grau de intemperismo da rocha. De modo geral, os xistos apresentam granulação variada, entre fina e média, e textura granolepidoblástica com porfiroclastos de quartzo rotacionados que marcam movimentação sinistral. No ponto GS-14 são observadas estruturas em lápis que marcam feições de L-tectonito, as atitudes das foliações encontradas foram 091/50 para Sn e 103/63 para Sn+1, marcadas por uma lineação de intersecção em 022/23, na qual apresentam uma relação anti-horária para o conjunto de foliações (Figura 3.33b).

Neste setor, metatonalitos pouco deformados, de direção NW-SE, intrudem as sequências metavulcanossedimentares e delimitam o LCI, de mesma direção. Esses apresentam coloração acinzentada e granulação média (Figura 3.34), contém enclaves máficos com alta razão comprimento/largura e veios centimétricos de quartzo. A foliação encontra-se bem desenvolvida e não foi possível observar medidas de estiramento mineral. Em lâmina delgada, o metatonalito (GS-15) apresenta a seguinte composição mineralógica: quartzo, plagioclásio, biotita e anfibólio. Como minerais acessórios são encontrados titanita, epidoto, allanita, apatita, clinozoisita e opacos. De modo geral, a rocha apresenta ao microscópio granulação variada entre muito fina a média e alguns grãos de plagioclásio podem estar dobrados e apresentar dois tipos de macla, *carlsbad* e polissintética, que ocorrem em conjunto no mesmo grão (Figura 3.39). Por fim, nota-se um processo de biotitização ao se observar a alteração do anfibólio para biotita (Figura 3.35).



Figura 3.28 - Fotografias de campo do ponto GS-07. a) Visão geral dos diques de diabásio aflorantes na região. b) Afloramento de dique de diabásio de coloração ocre e muito intemperizado. c) Diabásio bastante alterado em escala macroscópica.

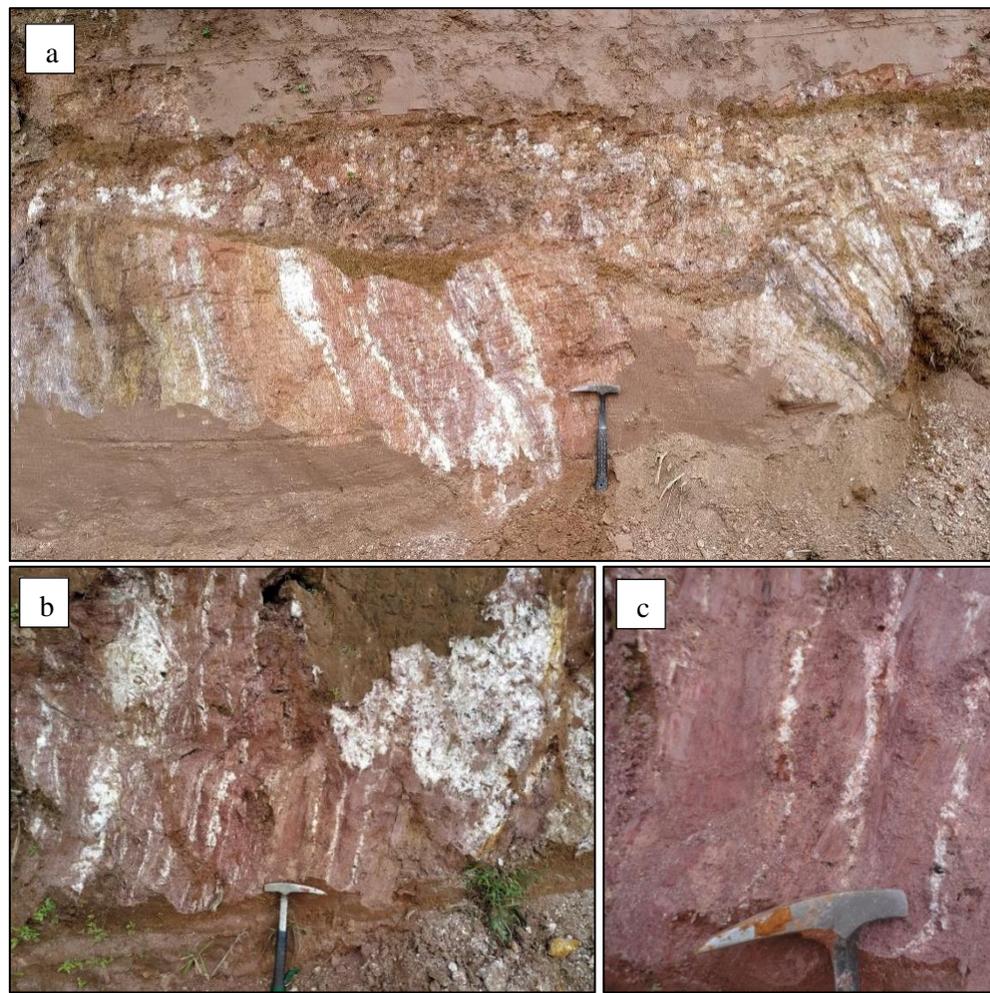


Figura 3.29 - Fotografias em escala de afloramento. a) Rocha metamáfica com injeções graníticas cortada por dique máfico marrom escuro (GS-09). b) Rocha metamáfica com bolsões pegmatíticos e injeções graníticas (GS-08). c) Detalhe das injeções graníticas (GS-08).



Figura 3.30 - Fotografia de afloramento do ponto GS-10. a) *Boudin* de esteatito de dimensão métrica. b) Esteatito com serpentina de nível centimétrico. c) Detalhe do nível de serpentina. d) Porção de esteatito com foliação bem marcada. e) Alteração do esteatito. f) Detalhe de pseudomorfo possivelmente de actinolita de comprimento centimétrico.



Figura 3.31 - Granito leucocrático levemente foliado do ponto GS-12. a) Granito muito alterado em escala de afloramento. b) Fotografia de detalhe do granito.

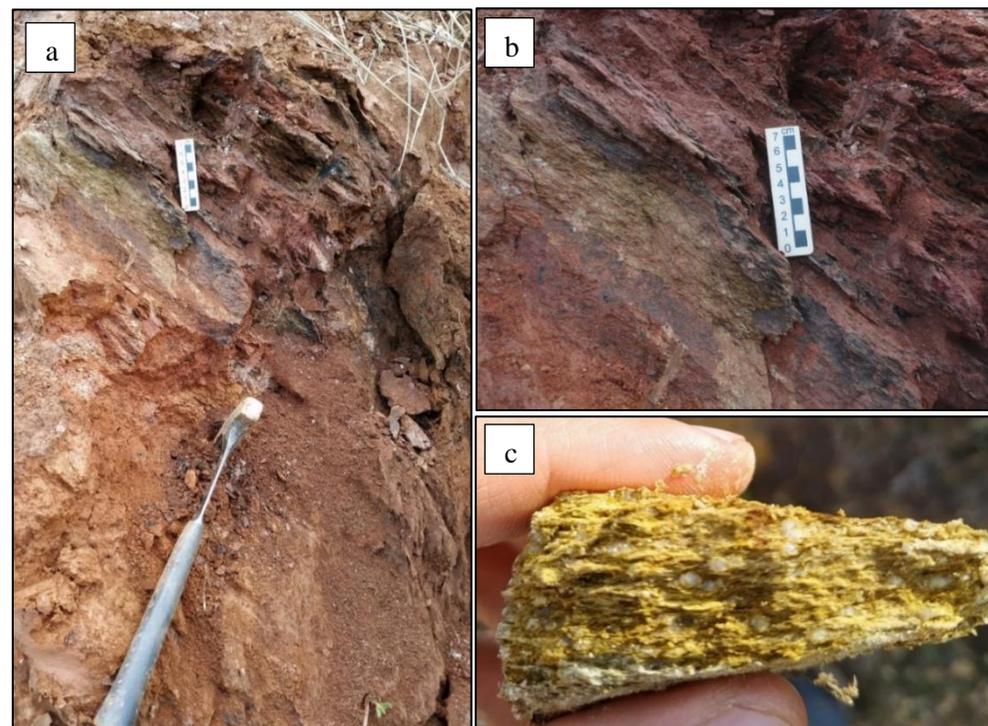


Figura 3.32 - Fotografias do ponto GS-13: a,b) Afloramentos de xistos. c) Xisto bastante foliado com clastos milimétricos de quartzo rotacionados.

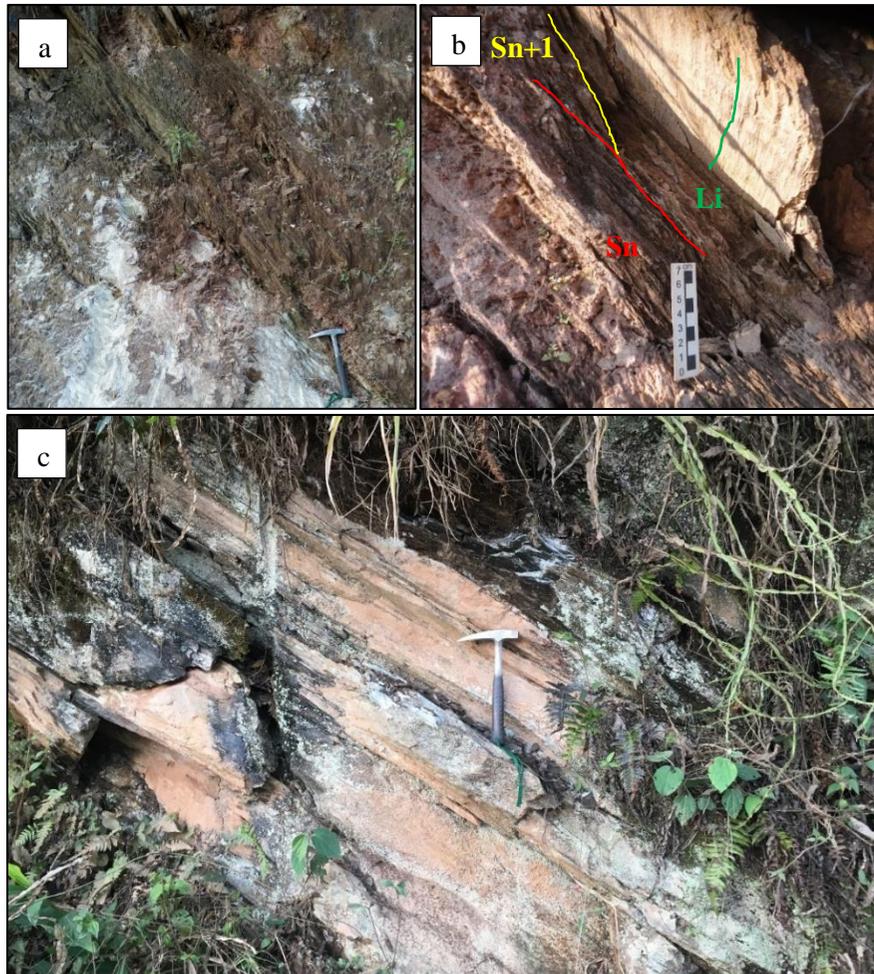


Figura 3.33 - Fotografia do ponto GS-14 de rocha metassedimentar: a) Visão geral do afloramento; b) Foliação (S_n), foliação (S_{n+1}) e lineação de intersecção (L_i); c) Afloramento de rocha metassedimentar bastante foliada, cuja amostra compõe a lâmina delgada GS-14.



Figura 3.34 - Fotografia do ponto GS-15, composto por metatonalitos, onde é possível observar a presença de veios de quartzo.

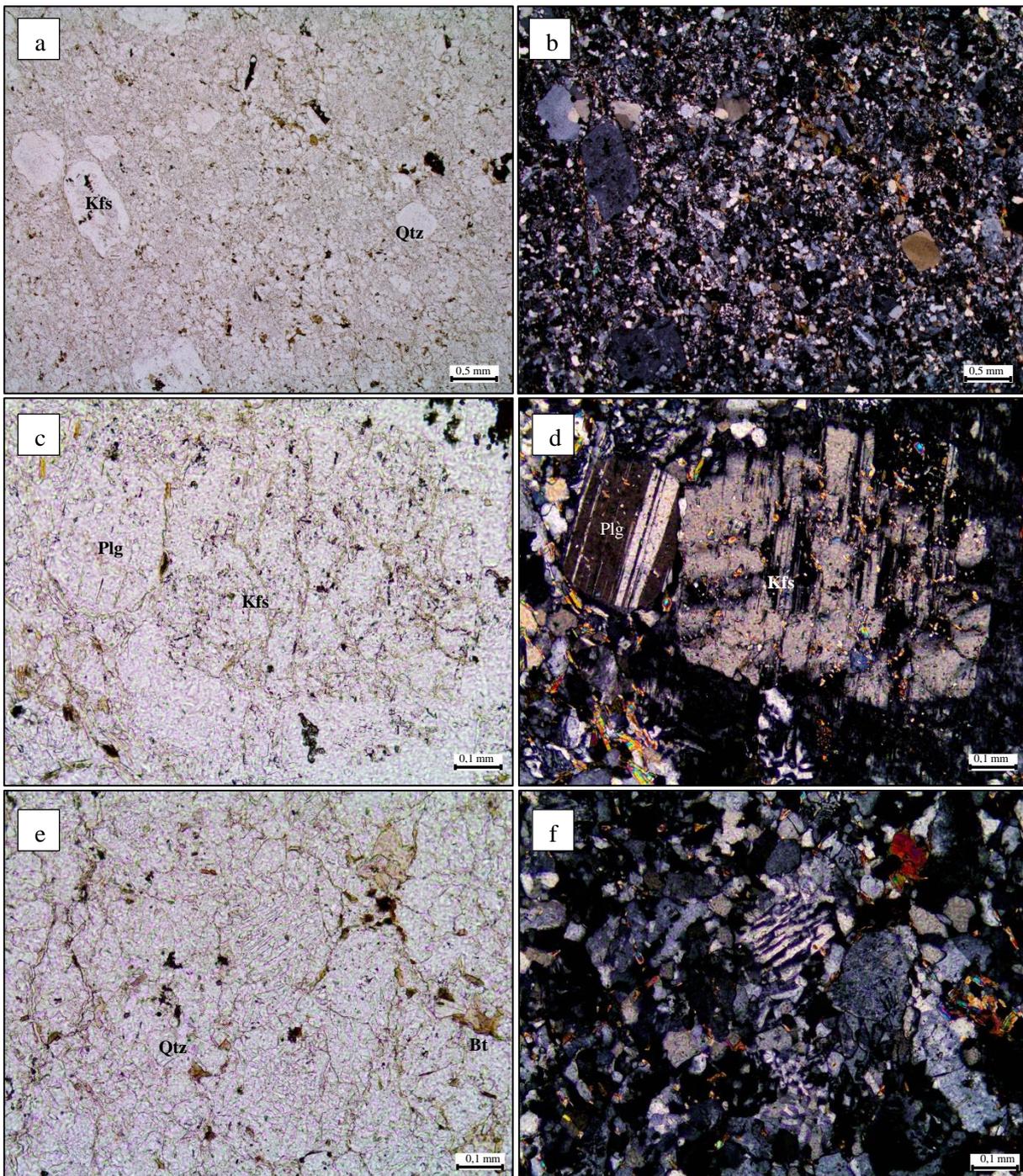


Figura 3.35 - Fotomicrografia de metagranito porfirítico que constitui a lâmina delgada do ponto GS-12, à esquerda em luz plana e a direita em luz polarizada. a,b) Visão geral da lâmina, composto por quartzo, feldspatos alcalinos, biotita, muscovita e sericita. c,d) Grão de plagioclásio com macla polissintética em contato com feldspato alcalino ambos muito alterados. e,f) Mirmequita em interação de plagioclásio e quartzo, em contato com diversos grãos sub-arredondados de quartzo.

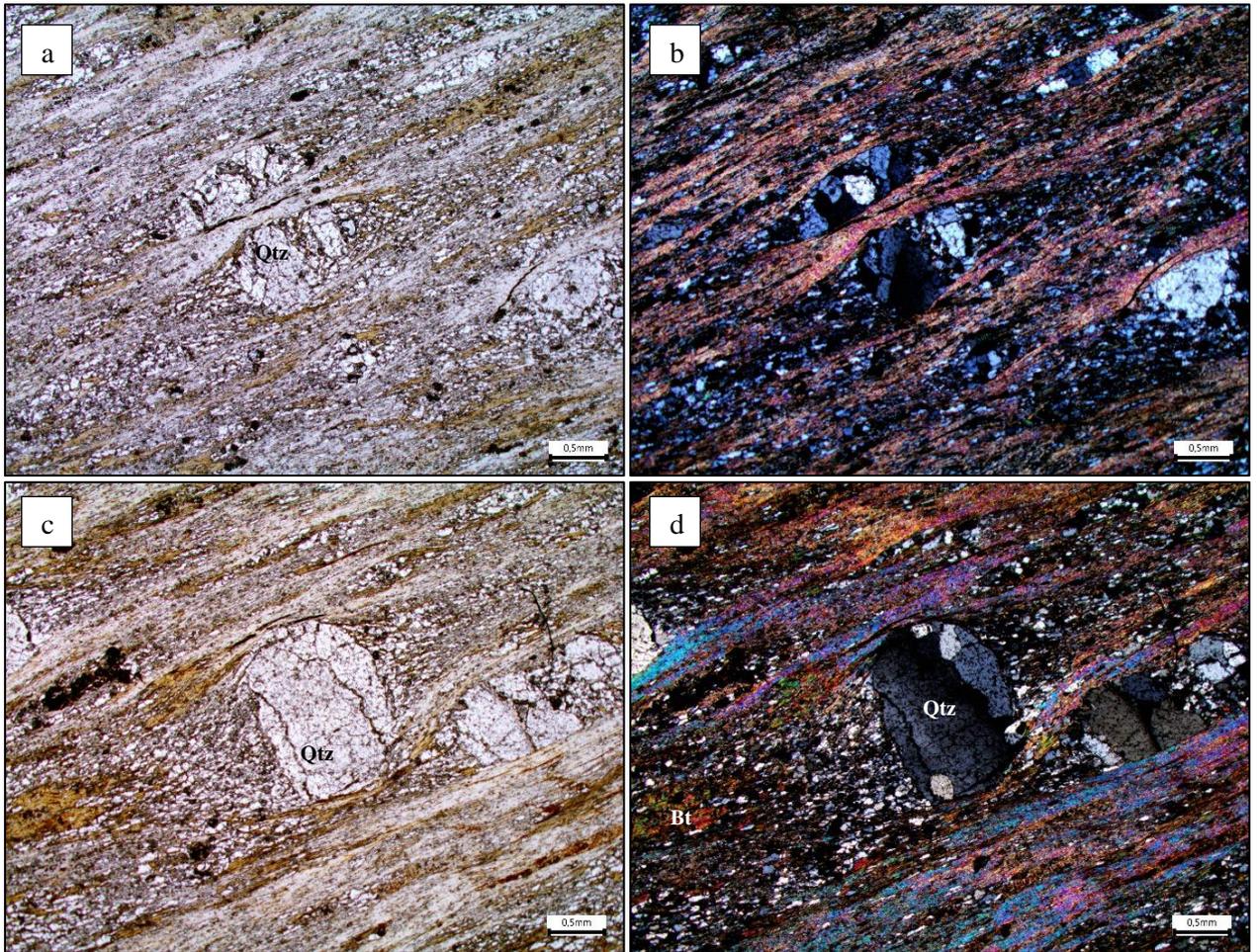


Figura 3.36 - Fotomicrografia de lâmina delgada do xisto do ponto GS-13, imagens à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada. a,b) Visão geral da lâmina delgada, composta por quartzo (Qtz), biotita (Bt), sericita e opacos. c,d) Detalhe de clasto de quartzo rotacionado, com cinemática sinistral, em meio à foliação demarcada pelos grãos de biotita.

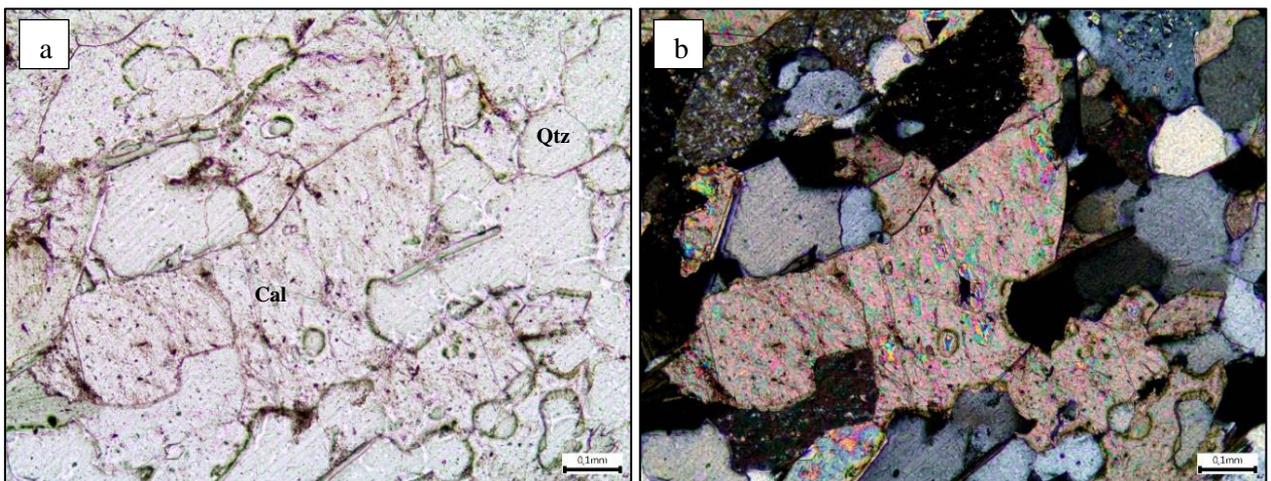


Figura 3.37 - Fotomicrografia da lâmina GS-14, composta por carbonato de cálcio (Cal) em contato com grãos de quartzo (Qtz). a) luz plana. b) luz polarizada.

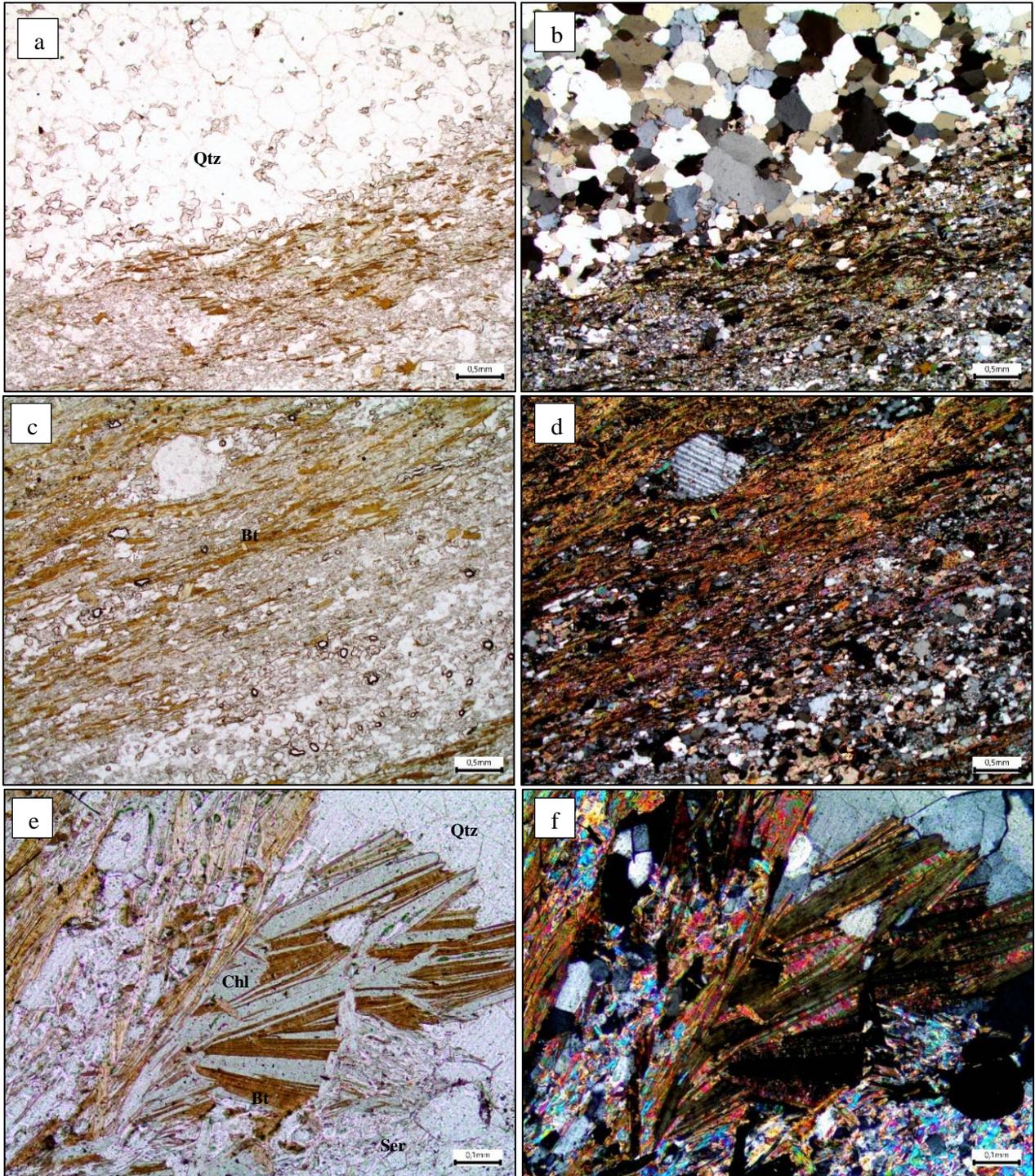


Figura 3.38 - Fotomicrografia de lâmina delgada do xisto do ponto GS-14, composto por quartzo (Qtz), biotita (Bt), sericita (Ser), clorita (Chl) e opacos, imagens à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada: a,b) Porções do xisto com textura granoblástica acima e textura lepidogranoblásticas abaixo. c,d) Porfiroclasto de plagioclásio rotacionado. e,f) Processo de cloritização marcada pela alteração da biotita em clorita.

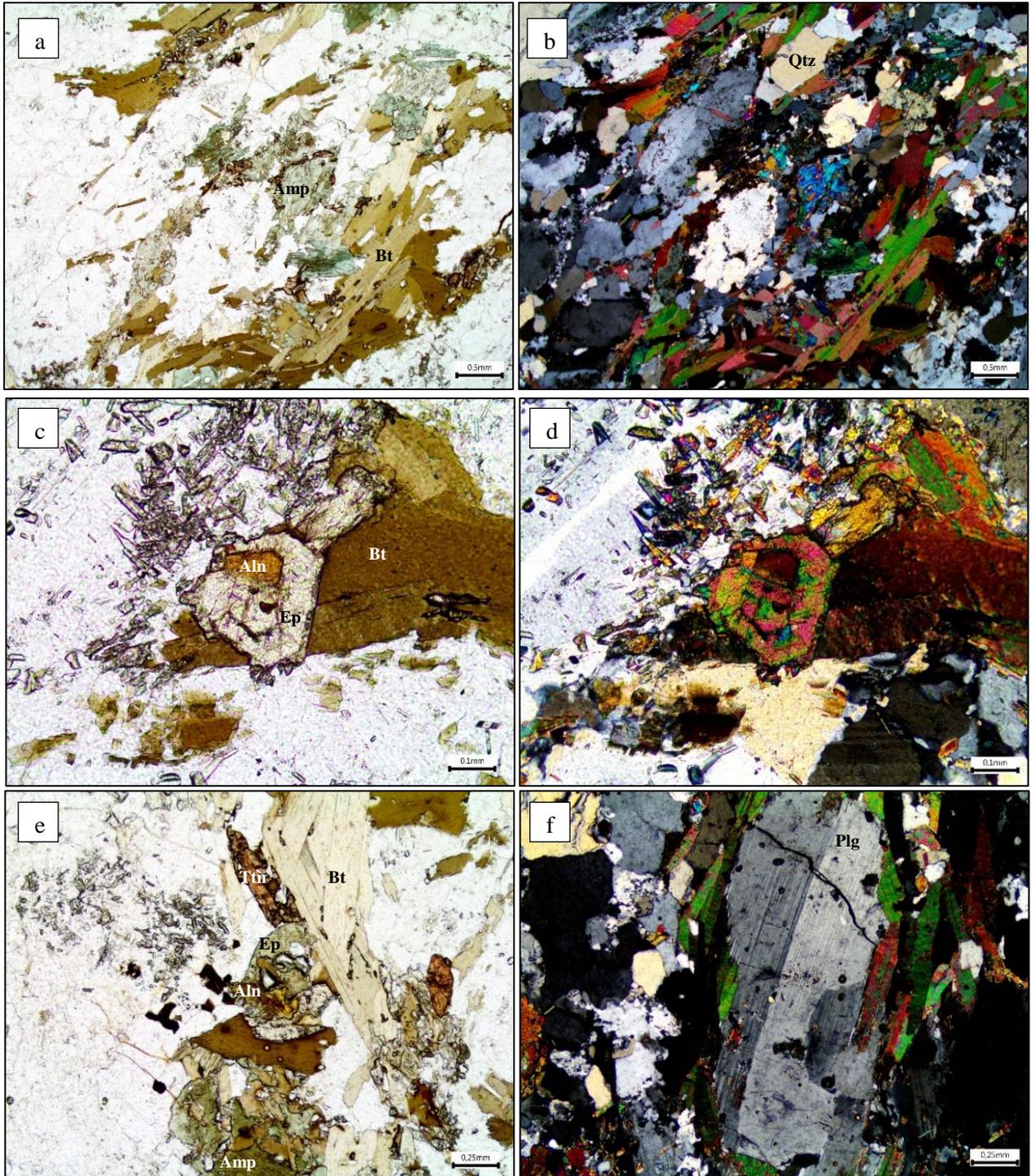


Figura 3.39 - Fotomicrografia de lâmina delgada de metatonalito do ponto GS-15, imagens à esquerda com luz plana e à direita com luz polarizada. a,b) Visão geral da lâmina, composta por quartzo, anfibólio, biotita. c,d) Ocorrência de grão de epidoto com allanita ao centro, sobrecrecidos em biotita. e) Visão geral de quartzo (Qtz), titanita (Ttn), anfibólio (Amp), biotita (Bt), epidoto (Ep), allanita (Aln). f) Grão de plagioclásio com macla *carlsbad* e polissintética.

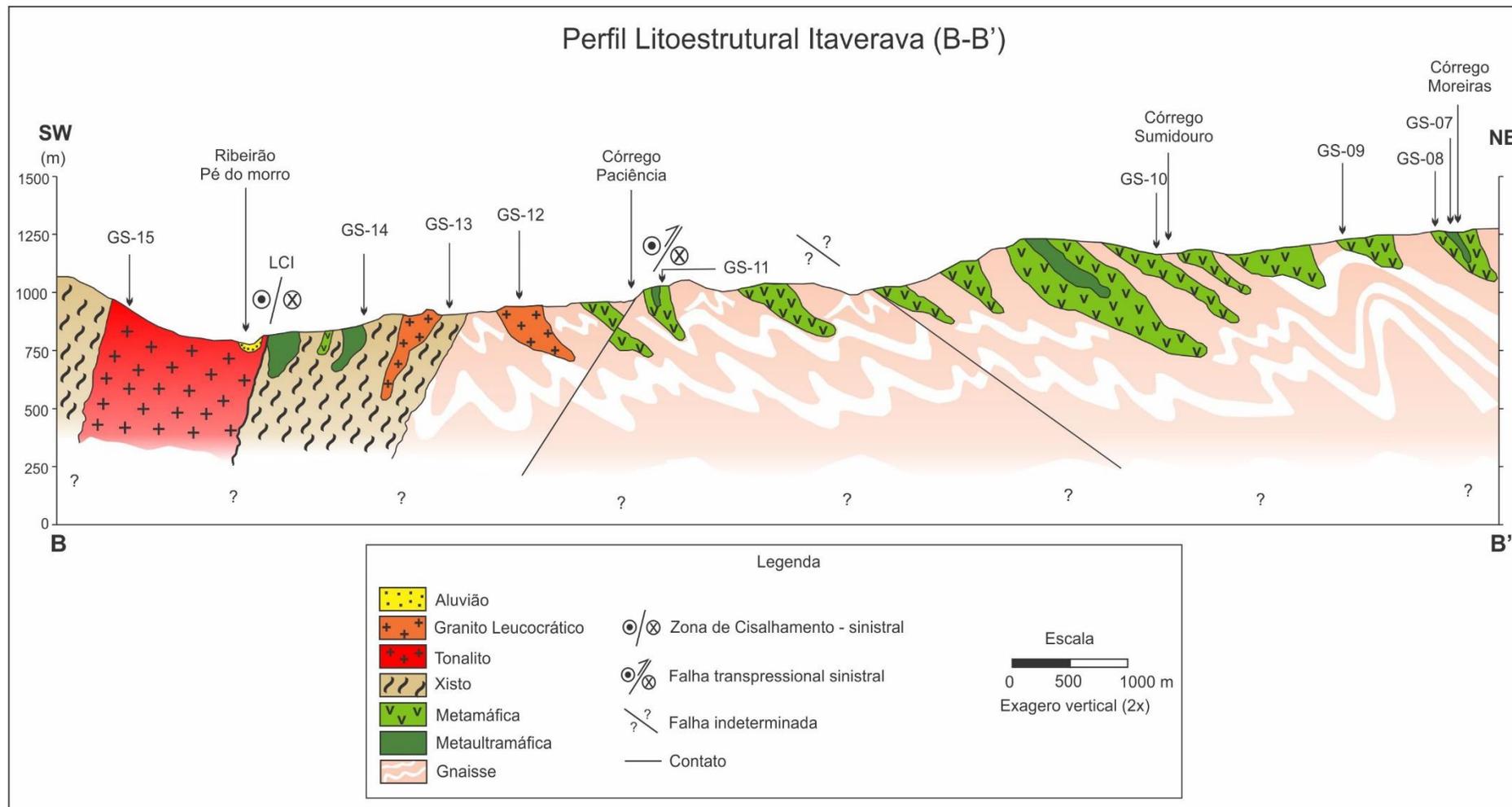


Figura 3.40 - Perfil litoestrutural BB' realizado em trabalho de campo nas proximidades da cidade de Itaverava. Escala 1:50.000, ver mapa geológico (**Figura 3.24**) para localização do perfil.

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As características metodológicas gerais adotadas neste trabalho priorizaram a compilação de mapas da literatura, sendo que campanhas de campo em locais específicos colaboraram para a integração das informações. Buscou-se, portanto, comparar as feições observadas nos dias de trabalho de campo com a cartografia disponível. Nos casos em que não houve a compatibilidade direta entre ambas, utilizou-se de mapas geofísicos como balizadores e procedeu-se os ajustes necessários.

Ressalta-se a grande dificuldade em se estabelecer as melhores correlações entre as unidades estratigráficas formais atualmente reconhecidas no Cinturão Mineiro (CM) com aquelas cartografadas nos mapas de trabalhos de graduação, visto que os últimos se utilizam, em sua maioria, de nomenclatura por litologia. Apesar disso, ainda é possível estabelecer relações, identificar e inferir as unidades correlatas a partir de comparações entre mapas regionais e descrições litológicas. O trabalho de campo nas proximidades de Itaverava foi considerada como de grande importância para o desenvolvimento do trabalho, visto que se configura no limite nordeste do CM, separado pelo Lineamento Congonhas-Itaverava.

De modo geral, as respostas obtidas nos mapas geofísicos reforçam e coincidem com a maioria das feições observadas nos mapas geológicos compilados. Além disso, os trabalhos de campo realizados também mostram correlações coerentes com os mapas geológicos consultados, não havendo discrepâncias entre os mapeamentos realizados anteriormente e os resultados obtidos neste trabalho. Por fim, destaca-se que os aspectos estruturais observados em campo e lâminas petrográficas confirmam as cinemáticas dos grandes lineamentos como apresentadas na literatura e serão descritos detalhadamente ao longo desse capítulo.

As imagens geofísicas auxiliaram substancialmente o entendimento e identificação de padrões litoestruturais regionais, mais especificamente as grandes estruturas e variedades litológicas apresentam anomalias que podem ser percebidas nos mapas regionais de aeromagnetometria (ASA) e aerogamaespectrometria. Com isso, foi possível traçar os principais lineamentos cujas assinaturas correspondem principalmente a falhamentos, diques e/ou direções de corpos ígneos. Como exemplo, as principais feições observadas são os lineamentos Jeceaba-Bom Sucesso e Congonhas-Itaverava, com as respectivas direções em NE-SW e NW-SE. Subordinadamente, ocorrem estruturas lineares em subsuperfície onde predominam direções NW-SE e E-W (Figura 3.2a). Desse modo, é possível a definição de orientações preferenciais em cada porção da área de estudo. Além disso, pode-se

estabelecer correlações entre tais estruturas e os diques máficos observados por Endo (1997) na região do Complexo Bonfim.

O mapa de índice máfico, por sua vez, auxiliou na individualização de corpos metamáfico-metaultramáficos devido à baixa contagem dos três radioelementos e alta magnetização, de modo a ressaltar regiões com altas respostas ao método (Pires & Moraes, 2006). Sendo assim, são verificados corpos com essa afinidade, que coincidem com as sequências metavulcanossedimentares Congonhas-Itaverava e Rio das Mortes na porção central, além do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga na porção leste da área de estudo. Essa relação pode ser verificada ainda nos mapas aerogamaespectrométricos ao se analisar regiões de coloração azulada no mapa de contagem total (Figura 3.4c), realçando-se baixa resposta a contagem de radioisótopos. Por fim, a relação ocorre também no mapa ternário RGB (Figura 3.4a), nas colorações pretas e vermelhas que indicam enriquecimento em potássio, e que novamente colaboram a delimitação das sequências metavulcanossedimentares já citadas.

Nesse sentido, um aspecto que levanta discussões é a possível superestimação do volume de gnaisses retratados nos mapas compilados que compõem a porção leste do Setor Itaverava, uma vez que os mapas geofísicos demonstram baixas respostas a elementos radiométricos. Como já descrito, essa é uma característica consistente com rochas metamáficas e metaultramáficas, em contraposição aos gnaisses que foram mapeados, cujas respostas deveriam ser mais elevadas como na região oeste do Complexo Bonfim.

Uma questão importante obtida neste trabalho pode ser observada ao se analisar o perfil litoestrutural AA' da região de Jeceaba (Figura 3.18), onde o Grupo Nova Lima encontra-se estratigraficamente acima do Supergrupo Minas, como já descrito no item 3.1.4. Rochas mais antigas sobre rochas mais novas podem caracterizar um cenário de inversão estratigráfica. Isto pode ser comumente explicado por falhamentos e/ou dobramentos, sejam eles compostos ou não. Quando a inversão é causada por dobramentos é natural a repetição de camadas, entretanto quando ocasionadas por falhamentos ocorrem mais comumente omissão das mesmas.

Entretanto, ressalta-se que a estratigrafia do Supergrupo Minas se encontra em sua posição normal, o que suscita questionamentos de como essa possível inversão estratigráfica possa ter ocorrido. Para elucidar tal questão utilizou-se os trabalhos de Endo (1997) e Neri (2013) que contribuíram para o entendimento litoestrutural da porção sul do LJBS, próximo à cidade de Lavras - MG.

Os estudos de Endo (1997) explicam o posicionamento estrutural e topológico através da presença de um sinclinal (vide Figura 2.6). Por ora, a configuração do perfil AA' realizado nesse trabalho encontra dificuldades para adotar a mesma explicação, primeiramente por conta da ausência da duplicação de camadas, que é geralmente ocasionada em situações desse tipo. Outra inconsistência

encontrada é o posicionamento estratigráfico normal das unidades do Supergrupo Minas. Ao traçar um paralelo com tal explicação, o perfil confeccionado poderia ser entendido como o flanco inverso desse possível sinclinal, no entanto as unidades deveriam estar todas invertidas estratigraficamente, o que não foi observado em campo.

Neri (2013) por outro lado, apresenta como proposta um perfil com falhamento reverso que posiciona o *greenstone belt* Rio das Mortes, antigamente entendido como Supergrupo Rio das Velhas, sobre as sequências metassedimentares correlacionadas ao Supergrupo Minas. O autor entende que inicialmente houve um movimento reverso em rampa frontal, com transporte de massa de SE para NW, associado à foliação principal e ao conjunto de dobras regionais e locais. Posteriormente, as rampas frontais assumiram movimento oblíquo, originando as lineações de estiramento com caimento para NE. Os dados do presente trabalho são corroborados também pelas lineações observadas por Neri (2013), que são concordante com os resultados expostos (Figura 3.17).

As litologias adjacentes ao LCI, mapa do Setor Itaverava (Figura 3.24), compõem as principais rochas da sequência metavulcanossedimentar Congonhas-Itaverava e do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga. Essas unidades guardam semelhanças àquelas do Supergrupo Rio das Velhas, de modo que em trabalhos anteriores o SGRV era prolongado do QF até as regiões mais a sul. Entretanto, dados apresentados por Corrêa-Neto et al. (2012) e Teixeira et al. (2015) revelaram que esse prolongamento das unidades do Supergrupo Rio das Velhas para além dos limites do QF em direção ao CM não se confirma.

Análises obtidas em zircão detrítico em metagrauvas indicam que o topo da sequência metavulcanossedimentar Congonhas-Itaverava apresenta idades U-Pb de máxima deposição próximas a 2349+14Ma (Corrêa Neto et al., 2011, Teixeira et al., 2015). Além disso, nas proximidades de Piranga, análises isotópicas em xistos, realizadas em grãos de zircão, demonstram que a idade máxima de deposição de sequências sedimentares associadas ao Complexo Santo Antônio do Pirapetinga ocorreu em torno de 1875 ± 51 Ma (Queiroz, 2019). Portanto, as idades Paleoproterozoica e Mesoproterozoicas, respectivamente, não podem ser correlacionáveis ao *greenstone belt* Rio das Velhas, que são correspondentes ao Arqueano (Baltazar & Zucchetti, 2007). Embora tais trabalhos configurem grande avanço para o entendimento da região, ainda se faz necessário mapeamento geológico de detalhe e estudos geocronológicos sistemáticos.

Quanto à geologia estrutural, este trabalho mostrou que tanto o LJBS quanto o LCI apresentam cinemáticas caracterizadas por movimentos oblíquos sinistrais e são concordantes com as descritas na literatura. Embora Endo (1997) descreva a ocorrência de uma superposição cinemática sinistral sobre outra mais antiga, de movimentação dextral para o LCI, não foi possível verificar este cenário em campo. Entretanto ressalta-se que tal padrão cinemático observado por Endo (1997) não é aqui descartado, visto

que devido à complexidade da região seriam necessários diversos trabalhos de campo para a confirmação dessa configuração estrutural.

O Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso assinala um transporte tectônico de SE para NW. Sua influência nas rochas adjacentes é caracterizada por foliações que apresentam direção NE-SW e mergulhos variáveis para SE, concordantes com resultados obtidos por Neri (2013). A lineação de estiramento mineral próxima ao traçado do perfil AA' possui baixo ângulo de caimento para NE assim como nas observações do mesmo autor. Por outro lado, o Lineamento Congonhas-Itaverava é caracterizado por transporte tectônico de NE para SW. Em suas proximidades passa a ocorrer a verticalização da foliação, o que talvez possa ser explicada pela presença dos tonalitos da Suíte Alto Maranhão. A maior competência a esforços deformacionais dos tonalitos, que delimitam grande parte do lineamento, poderiam influenciar na foliação regional ao agir como anteparo a essa movimentação.

Cabe ressaltar que as foliações contidas no estereograma da Figura 3.7b, pertencentes ao domínio estrutural Central, possuem atitudes dominantes de 140/50 nas proximidades do LJBS. Ao passo que, nas regiões de influência do LCI sua concentração máxima passa a adquirir atitudes de 215/85. Entretanto, é possível observar foliações com direções E-W, como as observadas na porção central do Setor Conselheiro Lafaiete, que aparentemente não passaram por influência dos principais lineamentos, LJBS e LCI.

Ao se analisar o arcabouço estrutural regional, torna-se imprescindível a identificação de feições estruturais para verificar indícios de como as rochas supracrustais se relacionam entre si. Deste modo, as medidas lineares tornam-se muito importantes para tal estudo, principalmente as lineações minerais, lineações de estiramento mineral e eixos de dobras. A primeira corresponde a uma orientação preferencial dos minerais, geralmente prismáticos, que são rotacionados e se orientam em determinado eixo cristalográfico. Já a outra é definida por grãos minerais, geralmente equidimensionais, ou por seixos e oólitos, que quando deformados tornam-se estirados em uma direção preferencial.

Quando estas lineações encontram-se em domínios de dobramentos, sua tipologia passa a ser um fator relevante, uma vez que corroboram para identificação de estruturas regionais. Próximas aos flancos as lineações são perpendiculares aos eixos de dobras e correspondem a lineações de tipo "a" (Figura 4.1a), de modo que as rochas nessas condições exibem trama de S-tectonitos (Figura 4.1b). Enquanto, ao se aproximarem da zona de charneira as lineações tendem a se paralelizar com o eixo de dobramento e são caracterizadas como de tipo "b", assim as rochas nessas condições se apresentam com trama de L-tectonitos.

Nos trabalhos compilados, a princípio, não foi possível fazer a distinção dos tipos de lineações coletadas. No entanto, no mapa regional de domínios estruturais (Figura 3.6), especificamente no domínio Leste, é possível perceber em qual categoria se enquadram tais lineações. Os principais eixos

de dobramentos nesse domínio, de direção NW-SE, possibilitam juntamente com a deflexão das lineações minerais a identificação dos tipos de trama ao longo do domínio (Figura 3.6).

Por exemplo, próximo ao LCI as lineações minerais apresentam caimento de baixo ângulo para SE e ao adentrar o domínio essa lineação rotaciona sentido anti-horário e estabelece caimentos para NE. Logo em seguida, retornam ao *trend* anterior, no entanto rotacionadas 180°, com caimento para NW. Essa mudança provavelmente ocorre devido ao local de aferição das medidas, quando localizadas em zonas de charneira, apresentam-se paralelas ao eixo de dobras, sendo do tipo “b” (L-Tectonito). Por outro lado, quando localizadas afastadas dos eixos, regiões de flanco, apresentam-se perpendiculares ao eixo de dobramento, sendo assim de tipo “a” (S-Tectonito). Ressalta-se que ao longo perfil BB’ realizado neste trabalho pode-se observar no xisto do ponto GS-14 feições que se enquadram na definição de L-tectonito, além disso o xisto apresenta lineação de intersecção em 022/23 e relação anti-horária entre suas foliações (Figura 3.33b).

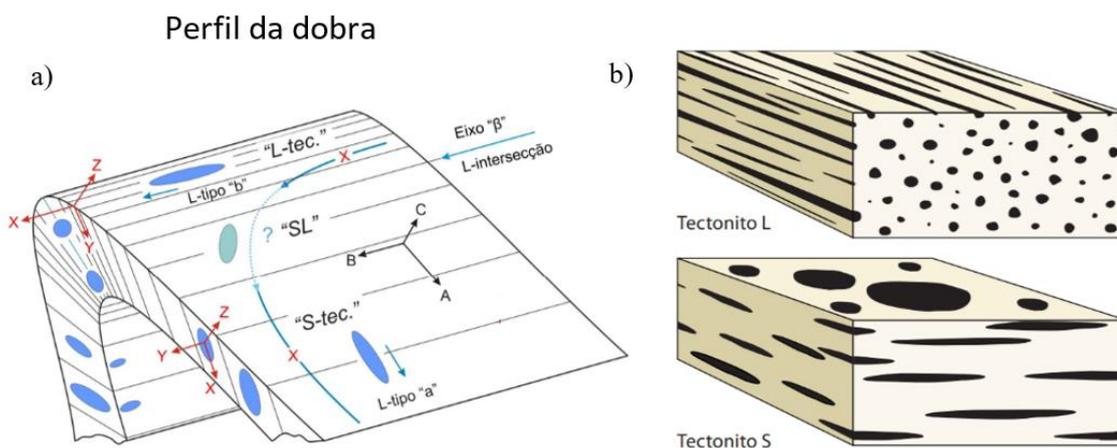


Figura 4.1 - Ilustração de perfil de dobra esquemática. Posicionamento do tipo de lineação (“a” ou “b”) em relação ao eixo de dobramento; (XYZ): Eixos do elipsóide de deformação, (ABC): Eixos geométricos de simetria. Tipos de tramas penetrativas em rocha, objetos lineares possuem tramas L, chamados de L-tectonitos e objetos planares possuem tramas S, chamados de S- tectonitos. Extraído de Ramsay (1967) e Fossen (2018).

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

A partir do presente trabalho foi possível a elaboração de novos mapas da região setentrional do Cinturão Mineiro. Ao longo do trabalho também foram realizados estudos de maior detalhe em regiões de maior densidade de informações, denominadas como Setores Conselheiro Lafaiete e Itaverava. Os mapas, tanto geológicos quanto geofísicos, contribuíram para o entendimento do arcabouço estrutural atual, ao possibilitarem a visualização de estruturas regionais como dobramentos, falhamentos e colocação de plútons, além da movimentação cinemática dos lineamentos Jeceaba-Bom Sucesso e Congonhas-Itaverava, que podem ser entendidos como grandes zonas de cisalhamento regionais.

Como visto, os lineamentos mencionados são considerados estruturas marcantes da transição entre terrenos geologicamente distintos ao balizarem os limites entre o Cinturão Mineiro e as unidades adjacentes, que envolvem os Complexos Metamórficos (Bonfim e Santo Antônio do Pirapetinga, por exemplo) e sequências supracrustais do Quadrilátero Ferrífero. Essa distinção pode ser verificada pelo mapa de domínios estruturais, estereogramas e perfis litoestruturais. Outro fator pertinente é a forte correlação entre as feições geofísicas e geológicas, que ao serem comparadas, demonstram grandes semelhanças entre si. Em conjunto, esses resultados contribuíram para o entendimento da relação entre os lineamentos e as unidades adjacentes.

Em resumo, o objetivo geral do trabalho foi alcançado, de modo a contribuir com o entendimento do arcabouço litoestrutural da porção setentrional do CM. A seguir encontram-se objetivos específicos que foram atingidos:

- Elaboração de mapa geológico regional e dois outros de maior detalhe.
- Elaboração de mapas de domínios estruturais.
- Elaboração de seções litoestruturais perpendiculares aos grandes lineamentos.
- Caracterização petrográfica dos principais litotipos vistos em campo.

Apesar disso, a região lança enormes desafios para sua compreensão estrutural, já que o alto grau de intemperismo provoca espaçamento de afloramentos frescos e dificulta em muito seu mapeamento. Devido a distribuição heterogênea das informações entende-se, dada a importância do assunto, que ainda é necessária a realização de trabalhos de campo adicionais a fim de se obter dados de maior detalhe para somar às informações regionais compiladas.

Referências Bibliográficas

- Abreu A. R. de. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-18, escala 1:25.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final de Graduação, 103p.
- Alkmim F. F. 1987. Modelo deposicional para a sequência de metassedimentos da Serra de Ouro Branco, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Boletim Soc. Bras. Geol./Núcleo MG*, 6: 47–68.
- Alkmim F. F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto *et al.* (eds) *Geologia do Continente Sul-Americano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Becca, São Paulo, 17–35.
- Alkmim F. F. & Marshak, S., 1998. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research* 90, 29–58.
- Alkmim F. F. & Noce C.M., 2006. The Paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton. IGCP 509 Field Workshop. Bahia and Minas Gerais, Brazil. Field Guide & Abstracts. 114p.
- Alkmim F. F. & Teixeira W. 2017. The Paleoproterozoic Mineiro Belt and the Quadrilátero Ferrífero. In: Heilbron M., Cordani U., Alkmim F. (Eds.). *São Francisco Craton, Eastern Brazil. Regional Geology Reviews*. New York, Springer, p. 71-94.
- Almeida F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7(4):349-364.
- Aquino E. D. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-10, escala 1:25.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 56p.
- Araújo E. E. de, Fernandes S. M. 2005. *Contribuição à geologia da Folha SF-23X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-09. escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 64p.
- Ávila C. A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João del Rei, Minas Gerais*. Federal University of Rio de Janeiro, unpublished Ph. D. thesis, 401p
- Ávila C. A., Bongioiolo E.M., Neumann R., Teixeira W. 2018. Cinturão mineiro: novos dados e proposta de evolução. In: 49º Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro. *Anais*.
- Ávila, C. A., Cherman, A.F., Valença, J.G., 2008. Metamorfismo Paleoproterozóico no Cinturão Mineiro: considerações petrográficas a partir dos dioritos Brumado e Rio Grande. *Arquivos do Museu Nacional* 66, 631–660.
- Ávila C. A., Teixeira W., Bongioiolo E. M., Dussin, I. A. 2014. Siderian and rhyacian magmatism associated with the Mineiro belt, southern edge of São Francisco Craton. *Comunicações Geológicas*. 101. 41-43.
- Ávila C. A., Teixeira W., Bongioiolo E. M., Dussin I. A., Vieira T. A. T. 2014. Rhyacian evolution of subvolcanic and metasedimentary rocks of the southern segment of the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, 243, 221–251.
- Ávila C.A., Teixeira W., Cordani U. G., Barrueto H. R., Pereira R. M., Martins V. T. S., Dunyi L. 2006. The Glória quartz-monzodiorite: Isotopic and chemical evidence of arc-related magmatism in the central part of the paleoproterozoic Mineiro belt, Minas Gerais State, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências* 78, 543–556.
- Ávila C. A., Teixeira W., Cordani U. G., Moura C. A. V., Pereira R. M. 2010. Rhyacian (2.23- 2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences* 29, 464–482.

- Ávila C. A., Teixeira W., Vasques F. S. G., Dussin I. A., Mendes J. C. 2012. Geoquímica e idade U/Pb (LA-ICPMS) da crosta oceânica anfíbolítica riaciana do cinturão Mineiro, borda meridional do cráton São Francisco. In: 46° Congresso Brasileiro de Geologia, Santos, *Anais*.
- Ávila C. A.; Valença J. G., Moura C. A. V., Klein V. C., Pereira R. M. 2003. Geoquímica e idade do Tonalito/trondhjemitó Cassiterita, borda meridional do Cráton São Francisco, Minas Gerais. *Arquivos do Museu Nacional*, 61(4): 267–284
- Babinski M., Chemale Jr. F., Van Schmus W. R. 1995. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Research*, 72, 235–245.
- Barbosa A. L. M. 1968. Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero. Ed. Escola de Minas, Ouro Preto, 47p.
- Barbosa I. O. 2012. *Modelo de depósito do Complexo Máfico-Ultramáfico de Niquelândia, GO, com base em dados multitemáticos*. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Distrito Federal. Tese de Doutorado, 97p.
- Barbosa M. I. M. 1985. *Geoquímica das Faixas Máficas-Ultramáficas, Plutonitos e Magmatitos do "Greenstone Belt" Barbacena, na Região de Conselheiro Lafaiete (MG)*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Unpubl. Master Thesis, 227p.
- Barbosa N. S. 2015. Evolução paleoproterozoica do cinturão mineiro: geocronologia U/Pb, isótopos de nd-hf-sr e geoquímica de rochas plutônicas. Universidade de São Paulo, PhD Thesis, 229p.
- Barbosa O. 1954. Resumo da Geologia do Estado de Minas Gerais. *Boletim do Departamento de Serviços Geográfico e Geológico*, 3:1-40.
- Barbosa J. S. F & Barbosa R. G. 2017. The Paleoproterozoic Eastern Bahia Orogenic Domain. In: Heilbron M., Cordani U., Alkmim F. (Eds.). *São Francisco Craton, Eastern Brazil. Regional Geology Reviews*. New York, Springer, p. 57-70.
- Barbosa N. S., Teixeira W., Ávila C. A., Montecinos P. M., Bongioio E. M. 2015. 2.17–2.10 Ga plutonic episodes in the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil: U/Pb ages, geochemical constraints and tectonics. *Precambrian Research*, 270:204-225.
- Baltazar O. F. & Zucchetti M. 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the regional setting of gold deposits. *Ore Geol. Rev.* 32, 471–499.
- Batista F. A. M., Gomes C. J. S. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-17, escala 1:25.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 52p.
- Braga S. A. 2006. *Geologia da folha Conselheiro Lafaiete SF-23-X-A-VI-1: ortofotocarta 42-17-22, escala 1:25.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 64p.
- BRASIL - Ministério das Minas e Energia & USGS - United States Department of the Interior Geological Survey. 1960. Mapa geológico perfil do quadrângulo de Jeceaba, Minas Gerais, Brasil [material cartográfico] = Geologic map and section of the Jeceaba quadrangle, Minas Gerais, Brazil. Washington, D.C.: Interior Geological Survey. 1 mapa: color 1:25.000.
- BRASIL - Ministério das Minas e Energia & USGS - United States Department of the Interior Geological Survey. 1955. Mapa geológico e perfil do Quadrângulo de Congonhas, Minas Gerais, Brasil [material cartográfico] = Geologic map and section of the Congonhas quadrangle, Minas Gerais, Brazil. Washington, D.C.: Interior Geological Survey. 1 mapa: color 1:25.000.
- Campos J. C. S. & Carneiro M. A. 2008. Neoproterozoic and Paleoproterozoic granitoids marginal to the Jeceaba-Bom Sucesso lineament (SE border of the southern São Francisco craton): Genesis and tectonic evolution. *Journal of South American Earth Sciences* 26, 463–484.
- Campos Neto M. C., Basei M. A. S., Janasi V. A., Moraes R. 2011. Orogen migration and tectonic setting of the Andrelândia Nappe system: an Ediacaran western Gondwana collage, south of São Francisco craton. *J. S. Am. Earth Sci.* 32 (4), 393–406.

- Carneiro M.A. 1992. *O Complexo Metamórfico do Bonfim Setentrional - Quadrilátero Ferrífero, MG: litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 233 p.
- Carneiro S. R. C. 2005. *Contribuição à geologia da Folha SF-23X-A-VI-2: Ouro Branco, MG - ortofotocarta 42-18-15, escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 65p.
- Cavatterra B. A., Martins Neto M. A. 2005. *Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-18, Escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 82p.
- Chemale Jr. F., Rosière C. A., Endo I. 1992. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: um modelo. *Pesquisas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, v. 18, p. 104-127.
- Cherman A. F. 2004. *Geologia, Petrologia e Geocronologia de Ortognaisses Paleoproterozóicos da Borda Meridional do Cráton São Francisco, na Região entre Itumirim e Nazareno - Minas Gerais*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, 259p.
- Cherman A. F. & Valença J. G. 2005. Geologia e geocronologia dos ortognaisses paleo-proterozóicos da borda meridional do Craton do São Francisco, entre as cidades de Nazareno e Lavras, sul de Minas Gerais. *Anais do Simpósio sobre o cráton São Francisco*, Salvador. SBG 1, 147–150.
- Cicolani I. T., Mendes J. C. 2005. *Contribuição à geologia da Folha SF-X-A-VI-2 (Ouro Branco, Minas Gerais): ortofotocarta 42-18-13, escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 76p.
- Condie K. C. & Aster R. C. 2013. Refinement of the supercontinent cycle with Hf, Nd and Sr isotopes. *Geoscience Frontiers* 4, 667 e 680.
- Condie K. C., Neill C. O., Aster R. C. 2009. Evidence and implications for a widespread magmatic shutdown for 250 My on Earth. *Earth and Planetary Science Letters* 282, 294–298.
- Corneau J. 2005. *Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, MG - ortofotocarta 42-18-23, Escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 60p.
- Corrêa Neto A. V., Almeida A. M. de, Caputo Neto V., Campos Guerrero J. 2012. Alteração hidrotermal em zona de cisalhamento associada ao lineamento Congonhas, Sul do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Anuário Do Instituto de Geociências* 35, 55–64.
- Corrêa Neto A. V., Almeida A. M., Silva O. S., Vasques F. S. G. 2011. O cinturão metavulcanossedimentar Itaverava- Congonhas, uma entidade Paleoproterozóica do sul do Quadrilátero Ferrífero (MG). In: *Simpósio de Geologia do Sudeste 12*. Nova Friburgo, RJ. Publicação em CD-ROM. *Anais*, p. 56.
- Costa G. J. N. da, Newton Souza G. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-14, escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 72p.
- Cowan J. 2016. Why I Give Geological Cross-sections the Cold Shoulder. Disponível em http://www.orefind.com/blog/orefind_blog/2016/05/06/why-i-give-geological-cross-sections-the-cold-shoulder. Acessado em dez/2018.
- Dias A. G. 2005. *Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-15, Escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 69p.
- Di Salvio L. P. P., Gomes C. J. S. 2006. *Geologia na escala 1:25.000 da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-17*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 54p.
- Dorr J. V. N II. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 641-A, p. 1–110

- Endo I. 1997. *Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da placa sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de doutoramento, 243p.
- Fossen H. 2018. *Geologia Estrutural (2ªed)*. Tradução Fábio R. D. de Andrade. São Paulo, Oficina de Textos, 584p.
- Gomes, D. G. C. 2020. Atlas Aerogeofísico do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil – CPRM. No prelo.
- Gonçalves L. E. da S. & Costa J. C. M. de O. 2007. *Estratigrafia e Geologia Estrutural da Porção Meridional do Quadrilátero Ferrífero, MG: Ortofotocarta 42-18-03 (Escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 97p.
- Gonçalves L. E da S., Costa J. C. M. de O., Endo I., Roeser H. M. P. 2011. Geometria, petrografia e deformação de corpos ultramáficos metamorfisados da região de Santa Rita de Ouro Preto, MG, Brasil. *Genomos*, 19(1): 10-17.
- Gottschalk A. H., Horta F. I. 2007. *Contribuição à Geologia da Ortofoto 42-18-12, escala 1:10.000 (Folha SF.23-X-B-IV), Município de Ouro Preto, MG*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 56p.
- Grossi Sad J. H., Pinto C. P., Duarte C. L. 1983. Geologia do Distrito Manganêsífero de Conselheiro Lafaiete, MG. In: 2º Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte. SBG-MG, *Anais...*, *Boletim 3*, p. 259-270.
- Guild P. W. 1957. Geology and mineral resources of the Congonhas district, Minas Gerais, Brazil. In: *Professional Paper*, Washington, USGS/DNPM, 290, 89p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1976. Folhas Topográficas: Folha Belo Vale - SF.23-X-A-II-4, escala 1:50.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=sobre>. Acesso em mai/2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1976. Folhas Topográficas: Folha Conselheiro Lafaiete - SF.23-X-A-VI-1, escala 1:50.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=sobre>. Acesso em mai/2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1976. Folhas Topográficas: Folha Entre Rios de Minas - SF.23-X-A-V-2, escala 1:50.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=sobre>. Acesso em mai/2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1976. Folhas Topográficas: Folha Itabirito - SF.23-X-A-III-3, escala 1:50.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=sobre>. Acesso em mai/2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1976. Folhas Topográficas: Folha Ouro Branco – SF.23-X-A-VI-2, escala 1:50.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=sobre>. Acesso em mai/2020.
- Kearey P., Klepeis A.; Vine F. J. (2009). *Global Tectonics*, 3ªed. Wiley Blackwell. 482p.
- Kopperschmidt R. dos S. 2004. *Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-18 (Escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 69p.
- Lages G. de A., Roeser H. M. P. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-11, (Escala 1:25.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 76p.
- Lana C., Alkmim F. F., Armstrong R., Scholz R., Romano R., Nalini Junior H. A. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, 231, 157–173.

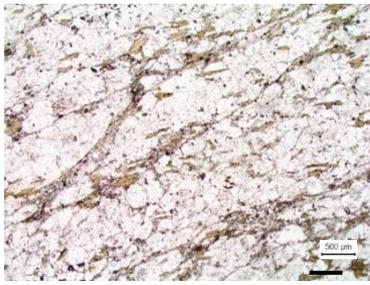
- Lobato L.M. & Costa M.A. da. 2018. Recursos minerais no cenário geológico de Minas Gerais. Capítulo Ouro. Belo Horizonte: Companhia De Desenvolvimento de Minas Gerais – CODEMGE.
- Loczy, L., Ladeira, E.A., 1976. Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica. Editora Edgar Blücher, São Paulo, 528 p.
- Lombello J. C. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-14, (Escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 59p.
- Machado Filho L., Ribeiro M. W., Gonzalez S. R., Schenini C. A., Santos A. N., Palmeira R. C. B., Teixeira W., Castro H. E. F. 1983. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Projeto RADAM BRASIL. Rio de Janeiro. 304p.
- Machado N. & Carneiro M. 1992. U/Pb evidence of late Archean tectonothermal activity on the southern São Francisco shield, Brazil. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 29(11):2341-2346.
- Machado N. & Noce C.M. 1993. A evolução do Setor Sul do Cráton São Francisco entre 3,1 2 0,5 Ga baseada em geocronologia U/Pb. In: Simp. Craton São Francisco, 2. Salvador, 1993. *Anais...* Salvador, SBG-BA, SE/SBG. p.100- 102.
- Machado N., Noce C. M., Ladeira E. A., Belo de Oliveira O. 1992. U/Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, 104, 1221–1227.
- Machado N., Schrank A., Noce C.M., Galthier G. 1996a. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth Planet. Sci. Lett.* 141:259-276.
- Machado N., Valladares C., Heilbron M., Valeriano C., 1996b. U e Pb geochronology of central Ribeira belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. *Precambrian Research* 79, 347 e 361.
- Marinho M. de S. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-14, escala 1:25.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Dissertação de Mestrado, 91p.
- Marshak S., Alkmim F. F., Evangelista H. J. 1992. Proterozoic crustal extension and the generation of dome and keel structure in an granite-greenstone terrane. *Nature*, v. 357, p. 491-493.
- Martins R. M. 2005. *Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-14, Escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 80p.
- Moreira H., Seixas L., Storey C., Fowler M., Lasalle S., Stevenson R., Lana C. 2018. Evolution of Siderian juvenile crust to Rhyacian high Ba-Sr magmatism in the Mineiro Belt, southern São Francisco Craton. *Geoscience Frontiers*.
- Neri M. E. N. V., Rosière C. A., Lana C. C. 2013. Supergrupo Minas na Serra de Bom Sucesso, extreme sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – MG: petrografia, geoquímica e isótopos de U/Pb. *Série Científica Geologia USP* 13, 175–202.
- Neves C. M. S., Fernandes S. M. 2005. *Contribuição à geologia da Folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-09. escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 67p.
- Noce C. M. 1995. *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, PhD Thesis, 129p.
- Noce C. M., Pedrosa-Soares A. C., Silva L. C., Alkmim F. F. 2007. O embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos*, 15(1):17-23.

- Noce C. M., Teixeira W., Quéméneur J. J. G., Martins V. T. S., Bolzachini É. 2000. Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from the southern Sao Francisco Craton and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny. *Journal of South American Earth Sciences* 13, 225–239.
- Oliveira D. M. de, 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete/MG - ortofotocarta 42-17-18 (Escala 1:25.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Dissertação de Mestrado, 76p.
- Pedreira R. R. do V. 2005. *Contribuição à geologia da Folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-13 (escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 75p.
- Pereira R. R. 2014. *Geoquímica das rochas metaultramáficas, metamáficas e metafélicas da região de Catas Altas da Noruega e Piranga - Bloco Ouro Branco, MG*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 62p.
- Pira M. G. 2005. *Contribuição à geologia da Folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, MG - ortofotocarta 42-18-10, escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 70p.
- Pires F. R. M. 1977. Geologia do Distrito Manganêsífero de Conselheiro Lafaiete. Tese de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 344 p.
- Pires F. R. M. 1978. The Archean Barbacena greenstone Belt in its typical development and the itabirite distribution at the Lafaiete District. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 59:599-600.
- Pires A. C. B. & Moraes R. A. V. 2006. New processing technologies applied do airborne geophysical data: impact on interpretation. In: 2º Simpósio Brasileiro de Exploração Mineral, SIMEXMIN, 2006, Ouro Preto, MG.
- Queiroz Y. da S., Queiroga G., Moraes R. de, Fernandes V. M. T., Medeiros-Junior E., Jordt-Evangelista H., Schulz B., Schmiedel J., Martins M., Castro M. P. de, Lana C. 2019. Pseudosection modeling and U/Pb geochronology on Piranga schists: role of Brasiliano Orogeny in the Southeastern Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Braz. J. Geol.*, São Paulo, v. 49, n.3, e20180136.
- Quéméneur J. J. G., Ribeiro A., Trouw R. A. J., Paciullo F. V. P., Heilbron, M. 2003. Geologia da folha Lavras 1: 100.000. In: Soares, A. C. P. (Org.). Projeto Sul de Minas. Belo Horizonte: CODEMIG. p. 259-316
- Quéméneur J. J. G. & Vidal P. 1989. Primeiras datações radiométricas dos granitos da região de São João del Rei, Minas Gerais. 5º Simpósio de Geologia de Minas Gerais, p. 50- 54. Minas Gerais, SBG-MG.
- Ramsay J. G. 1967. Folding and fracturing of rocks. New York, McGraw hill. 568p.
- Raposo F. O. (org.) 1991. Rio Espera, Folha SF.23-X-B-IV, Estado de Minas Gerais - Texto explicativo e mapas em escala 1:100.000 (geológico e metalogenético). Brasília, DNPM-CPRM (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB). 200p.
- Reis L. A., Martins-Neto M. A., Gomes N. S., Endo, I. 2002. A bacia de antepaís paleoproterozóica Sabará, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Brasileira de Geociências*, 32, 43–58.
- Romano R., Lana C., Alkmim F. F., Stevens G., Armstrong R. 2013. Stabilization of the southern portion of the São Francisco craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Research* 224, 143–159.
- Santos G. G. A. dos, 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-11, (Escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 63p.
- Santos, L. D. & Baltazar O. F. 2013. Carta geológica: Folha Conselheiro Lafaiete - SF.23-X-A-VI, escala 1:100.000. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21429>. Acessado em mai/2020.
- Santos, M. C. 2005. *Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, MG - ortofotocarta 42-18-23 em Escala 1:10.000*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 61p.

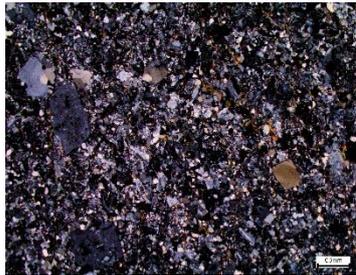
- Santos R. F. dos, 2005. *Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, MG - ortofotocarta 42-18-11, subárea 11-N (Escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 165p.
- Santos S. S. 2005. *Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-11 (Escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 77p.
- Santos, W. R. dos, 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1: Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais - ortofotocarta 42-17-14, (Escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 59p.
- Seixas, L. A. R. 1988. *Geologia e Metalotectos de Ouro de uma Fração do Lineamento Congonhas, MG*. Instituto de Geociências, Universidade Nacional de Brasília. Dissertação de Mestrado, 116 p.
- Seixas L. A. R. 2000. *Pétrologie de la suite TTG de la bordure nord du batholite d'Alto Maranhão et du pluton Congonhas, Minas Gerais, Brésil*. Centre Scientifique d'Orsay, Université de Paris-Sud, Orsay, France & Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Tese de Doutorado, 202p.
- Seixas L. A. R. & Baars F. J. 2004. Amalgamação transamazônica (2.2-2.1 Ga) ao longo do Lineamento Congonhas. In: 42º Congresso Brasileiro de Geologia, *Resumos*, CD-ROM.
- Seixas L. A. R., David J., Stevenson R. 2012. Geochemistry, Nd isotopes and U/Pb geochronology of a 2350Ma TTG suite, Minas Gerais, Brazil: Implications for the crustal evolution of the southern São Francisco craton. *Precambrian Research* 196–197, 61–80.
- Seixas L. A. R., Bardintzeff J. M., Stevenson R., Bonin B. 2013. Petrology of the high-Mg tonalites and dioritic enclaves of the ca. 2130 Ma Alto Maranhão suite: evidence for a major juvenile crustal addition event during the Rhyacian orogenesis, Mineiro Belt, southeast Brazil. *Precambrian Research*, 238:18-41.
- Silva L. C., Armstrong R., Noce C. M., Carneiro M., Pimentel M., Pedrosa-Soares A. C., Leite C., Vieira V. S., Silva M., Paes V., Cardoso-Filho J. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novo dados U/Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Móvel Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4):513-528.
- Silva, R. S. & Baltazar, O. F. 2013. Carta geológica: Folha Entre Rios de Minas - SF.23-X-A-V, escala 1:100.000. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17750>. Acessado em mai/2020.
- Takayama P. 2005. *Contribuição à geologia da Folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-14 (escala 1:10.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 85p.
- Teixeira W. 1985. Esboço da evolução geotectônica da parte sul do cráton do São Francisco: uma interpretação com base nos dados Rb-Sr, K-Ar, Pb-Pb e traços de fissão. In: 3º Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte. *Boletim SBG-MG*, v. 3, p. 28-44.
- Teixeira W., Ávila C. A., Dussin I. A., Vasques F. S. G., Hollanda M. H. M., 2012. Geocronologia U/Pb (LA-ICPMS) em zircão detrítico de rochas metassedimentares paleoproterozoicas da parte sul do Craton do São Francisco: proveniência, delimitação temporal e implicações tectônicas. 12º Simpósio de Geologia do Sudeste/16º Simpósio de Geologia de MG. Nova Friburgo, Sociedade Brasileira
- Teixeira W., Ávila C. A., Dussin I. A., Corrêa Neto A. V., Bongioiolo E. M., Santos J. O., Barbosa N. 2015. A juvenile accretion episode (2.35-2.32Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U/Pb-Hf and geochemical evidences. *Precambrian Research* 256, 148–169.
- Teixeira W. & Figueiredo M. C. H. 1991. An outline of early Proterozoic crustal evolution in the São Francisco region, Brazil: A review. *Precambrian Research*, 53(1-2):1-22.
- Teixeira W., Oliveira E. P., Marques L. S. 2017. Nature and Evolution of the Archean Crust of the São Francisco Craton. In: Heilbron M., Cordani U., Alkmim F. (Eds.). São Francisco Craton, Eastern Brazil. *Regional Geology Reviews*. New York, Springer, p. 29-56.
- Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J., Noce C. M., Carneiro M. A. 2000 Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Fo A., Campos D.A.

- (eds.) Tectonic Evolution of South América. Rio de Janeiro, 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, p. 101–137.
- Toledo C. L. B. 2002. *Evolução geológica das rochas máficas e ultramáficas no Greenstone Belt Barbacena, região de Nazareno, MG*. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Tese de Doutorado, 307 p.
- Trouw R. A. J., Peternel R., Ribeiro A., Heilbron M., Vinagre R., Duffles P., Trouw C. C., Fontainha M., Kussama H. H., 2013. A new interpretation for the interference zone between the southern Brasília belt and the central Ribeira belt, SE Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 48, 43–57.
- Vasconcelos F. F. 2015. *Evolução geológica, metamorfismo e metas- somatismo da região ao redor da Mina de Volta Grande, Nazareno, Estado de Minas Gerais*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Unpublished Master Dissertation, 129p.
- Venturini P. N., Seixas L. A. R., Endo I., Roeser H. M. P. 2005. Contribuição à geologia da folha SF-23-X-A-VI-2: Ouro Branco, Minas Gerais - ortofotocarta 42-18-10 (Escala 1:10.000). Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 59p.
- Vieira R. B. 2006. *Geologia da folha SF-23-X-A-VI-1 (Conselheiro Lafaiete - MG): orotofotocarta 42-17-22 (Escala 1:25.000)*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Monografia do Trabalho Final, 107p.
- Vieira, R. R., 2019. *Análise petrográfica, microestrutural e de química mineral em rochas da Suíte alto maranhão – cinturão mineiro*. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Dissertação de Mestrado, 152p
- Vieira R. R., Gonçalves C. C., Gonçalves L. 2020. Evidências da colocação sintectônica de plutons revelada por estudos de campo, petrográficos, microestruturais e de química mineral: estudo de caso da Suíte alto maranhão (2130 ma), cinturão mineiro. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* 43, 376–396.
- Zhao G. C., Cawood P. A., Wilde S. A., Sun M. 2002. Review of global 2.1 – 1.8 Ga orogens: implications for a pre-Rodinia supercontinent. *Earth-Sciences Revised*. v. 59, p. 125– 162.
- Zucchetti M., Baltazar O. F., Raposo F. O. 1996. Estratigrafia. In: companhia de pesquisa de recursos minerais. Projeto rio das velhas–texto explicativo do mapa geológico integrado, escala 1:100.000. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM– Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 13–42.

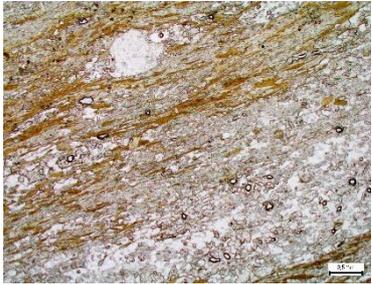
Apêndices

 UFOP Universidade Federal de Ouro Preto	FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DO SETOR SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO	 LMic Laboratório de Microscopia e Microanálise
	Orientador: Leonardo Golçalves	 CPRM Serviço Geológico do Brasil
Lâmina: GS-01		
Descrição: Guilherme Soares Rodrigues Benedito		
Descrição Macroscópica		
Rocha intemperizada de coloração marrom acinzentada e granulação fina. Foliação bem marcada com presença de diversas dobras em variadas escalas.		
Descrição Microscópica		
<u>Minerais Identificados</u>		
Minerais Essenciais:	Quartzo (30%); Plagioclásio (25%); Microclina (20%); Biotita (20%).	
Minerais Acessórios:	Clorita (4%); Moscovita (1%) Opacos (<1%).	
Processos de Alteração:	Biotita-> Clorita	
Descrição Microscópica da Lâmina	Fotomicrografias	
Rocha composta por quartzo, plagioclásio,biotita, microclina, muscovita, clorita e opacos. A granulação varia de média a muito fina, medindo entre 1,5 a 0,125 mm, os grãos de quartzo são subangulosos a subarredondados, possuem relevo baixo, baixa birrefringência, contatos retos, extinção ondulante e presença de subgrãos. Biotita promove a foliação da rocha e em alguns casos é substituída por clorita. São verificadas perlititas em grãos de feldspatos alcalinos.	 	
	Visão Geral da Lâmina. Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados	
Nome da Rocha:	Metagranito	

 UFOP Universidade Federal de Ouro Preto	FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DO SETOR SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO Orientador: Leonardo Golçalves	 Laboratório de Microscopia e Microanálises  Serviço Geológico do Brasil
Lâmina: GS-06 Descrição: Guilherme Soares Rodrigues Benedito		
Descrição Macroscópica		
Rocha composta por quartzo, plagioclásio e biotita. Possui veios de quartzo de espessura centimétrica e enclaves melanocráticos elipsoidais de tamanhos centimétricos.		
Descrição Microscópica		
Minerais Identificados		
Minerais Essenciais:	Quartzo (20%); Plagioclásio (30%); Biotita (25%); Anfibólio (20%).	
Minerais Acessórios:	Titanita (1%); Epidoto (1%); Allanita (1%); Apatita (1%); Opacos (1%).	
Processos de Alteração:	Anfibólio > Biotita (Biotitização)/ Plagioclásio-> Epidoto (Saussuritização)	
Descrição Microscópica da Lâmina Rocha com granulação que varia de média a muito fina composta por quartzo, plagioclásio, biotita, anfibólio, titanita, epidoto, allanita, apresentando textura granoblástica. Os grãos de quartzo possuem granulação entre 0,05 e 1,0 mm, são subangulosos a subarredondados, possuem relevo baixo, baixa birrefringência, contatos retos, extinção ondulante e presença de subgrãos. Localmente, ocorre em um mesmo grão de plagioclásio a macla polissintética e a macla Carlsbar. Ocorre epidoto de granulação muito fina em grãos de plagioclásio (Saussuritização). Além disso, é verificado a presença de grão de biotita dobrado. Allanita ocorre geralmente dentro do epidoto de granulações maiores.	Fotomicrografias   Visão Geral da Lâmina. Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados	
Nome da Rocha:	Metatonalito	

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC	
 UFOP Universidade Federal de Ouro Preto	EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DO SETOR SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO
 Laboratório de Microscopia e Microanálises	 Serviço Geológico do Brasil
Orientador: Leonardo Golçalves	
Lâmina: GS-12	
Descrição: Guilherme Soares Rodrigues Benedito	
Descrição Macroscópica	
Rocha muito intemperizada de coloração esbranquiçada e granulação de areia fina a média, possui poucos opacos e está levemente foliada.	
Descrição Microscópica	
Minerais Identificados	
Minerais Essenciais:	Quartzo (40%); Plagioclásio (30%);Feldspato potássico (20%);Biotita (5%); Muscovita (5%).
Minerais Acessórios:	Sericita (<1%); Opacos (<1%).
Processos de Alteração:	Plagioclásio > Sericita (Seritização)
Descrição Microscópica da Lâmina	Fotomicrografias
Rocha muito alterada cuja granulação varia de fina a muito fina, composta por quartzo, plagioclásio, biotita, feldspato potássico e opacos. Grãos de quartzo medem entre 0,1 a 0,75 mm, são subangulosos a subarredondados, possuem relevo baixo, baixa birrefringência, contatos retos, extinção ondulante e presença de subgrãos. Muscovita e sericita ocorrem dispersas e possuem granulação muito fina. Não foi possível a identificação do feldspato potássico. Textura mimerquítica ocorre frequentemente por toda a lâmina.	 
Visão Geral da Lâmina. Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados	
Nome da Rocha:	Metagranito

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC	
 UFOP <small>Universidade Federal de Ouro Preto</small>	EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DO SETOR SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO
 <small>Laboratório de Microscopia e Microanálises</small>	 <small>Serviço Geológico do Brasil</small>
Orientador: Leonardo Golçalves	
Lâmina: GS-13	
Descrição: Guilherme Soares Rodrigues Benedito	
Descrição Macroscópica	
Rocha muito intemperizada de coloração ocre a avermelhada e granulação de areia fina a média. Metassedimento.	
Descrição Microscópica	
<u>Minerais Identificados</u>	
Minerais Essenciais:	Quartzo (40%); Sericita (35%); Biotita (20%); ;
Minerais Acessórios:	Opacos (5%).
Processos de Alteração:	Biotita -> Sericita (Seritização)
Descrição Microscópica da Lâmina	Fotomicrografias
Rocha muito alterada cuja granulação varia de fina a média composta por quartzo,sericita, biotita e opacos, apresentando textura granolepidoblástica com porfiroclastos rotacionados. Porfiroclastos possuem granulação até 5mm. Os grãos de quartzo possuem granulação de 0,05 a 0,5mm e são subarredondados de baixo relevo, baixa birrefringência, contatos retos a ameboides, extinção ondulante e presença de subgrãos. Muscovita e sericita salientam a porção foliada e possuem granulação muito fina, menores que 0,05 mm.	 
	Visão Geral da Lâmina. Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados
Nome da Rocha:	Quartzo Sericita Xisto

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC	
 UFOP Universidade Federal de Ouro Preto	EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DO SETOR SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO
 Laboratório de Microscopia e Microanálises	 CPRM Serviço Geológico do Brasil
Orientador: Leonardo Golçalves	
Lâmina: GS-14	
Descrição: Guilherme Soares Rodrigues Benedito	
Descrição Macroscópica	
Rocha bastante intemperizada de coloração amarelada e granulação de areia fina. Metassedimento.	
Descrição Microscópica	
<u>Minerais Identificados</u>	
Minerais Essenciais:	Quartzo (55%); Biotita (15%); Sericita (15%); Clorita (10%); Calcita (5%)
Minerais Acessórios:	Opacos (<1%);
Processos de Alteração:	Biotita>Clorita (Cloritização)
Descrição Microscópica da Lâmina	Fotomicrografias
Rocha muito alterada cuja granulação varia de fina a muito fina, é composta por quartzo, biotita, sericita, clorita e opacos. Apresentando textura granolepidoblástica com porfiroclastos rotacionados. Porfiroclastos possuem granulação até 1 mm, os grãos de quartzo possuem granulação de 0,05 a 1,0 mm e são subangulosos a subarredondados, possuem relevo baixo, baixa birrefringência, contatos retos, extinção ondulante e presença de subgrãos. Muscovita e sericita salientam a porção foliada que possui granulação granulação muito fina, menor que 0,5 mm. Ocorre processo de cloritização que transforma os grãos de biotita em clorita. Ocorre precipitação carbonato de cálcio (Calcita).	 
	Visão Geral da Lâmina. Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados
Nome da Rocha:	Quartzo Sericita Xisto

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC	
 UFOP Universidade Federal de Ouro Preto	EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA DO SETOR SETENTRIONAL DO CINTURÃO MINEIRO
Orientador: Leonardo Golçalves	
 Laboratório de Microscopia e Microanálises	
 Serviço Geológico do Brasil	
Lâmina: GS-15	
Descrição: Guilherme Soares Rodrigues Benedito	
Descrição Macroscópica	
Rocha composta por quartzo, plagioclásio e biotita. Possui veios de quartzo de espessura centimétrica. Levemente foliada.	
Descrição Microscópica	
<u>Minerais Identificados</u>	
Minerais Essenciais:	Quartzo (15%); Plagioclásio (35%); Biotita (20%); Anfibólio (20%).
Minerais Acessórios:	Titanita (4%); Epidoto (2%); Allanita (2%); Apatita (1%); Clinozoizita (<1%); Opacos (1%).
Processos de Alteração:	Anfibolio > Biotita (Biotitização)
Descrição Microscópica da Lâmina	Fotomicrografias
Rocha composta por quartzo, plagioclásio, anfibólio, biotita, titanita, epidoto, allanita, apatita, clinozoizita e opacos. Apresenta textura granoblástica e granulação que varia de muito fina a média. Os grãos de quartzo possuem granulação entre 0,25 e 1,5 mm, são subangulosos a subarredondados, possuem relevo baixo, baixa birrefringência, contatos retos, extinção ondulante e presença de subgrãos. Grão de plagioclásio pode apresentar tanto macla polissintética quanto macla Carlsbar, em alguns casos ambas no mesmo grão. Ocorre localmente um grão dobrado de plagioclásio. Allanita ocorre geralmente incluso em epidoto, mas pode ocorrer sozinha e com bordas de clinozoizita.	
	
	Visão Geral da Lâmina. Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados
Nome da Rocha:	Metatonalito