

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CAMPUS MONTE CARMELO

Instituto de Geografia – Graduação em Geologia

LEONARDO ANTONIO VILLALBA

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DO GRANITO
DOURADOQUARA, DOURADOQUARA – MG**

MONTE CARMELO - MG

2026

LEONARDO ANTONIO VILLALBA

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DO GRANITO
DOURADOQUARA, DOURADOQUARA – MG**

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

Área de concentração: Geologia

Orientador: Prof. Dr. Otávio Augusto Ruiz Paccola
Vieira.

MONTE CARMELO – MG

2026

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao programa PIVIC da Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de iniciar meus estudos científicos de forma voluntária, auxiliando na origem das pesquisas que resultaram nesta monografia. Também agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através da bolsa de iniciação científica, que viabilizou o desenvolvimento da pesquisa, etapa crucial que permitiu o adiantamento e a estruturação deste trabalho.

Agradeço também a todos os professores, técnicos e demais funcionários da UFU, que fazem o curso de Geologia ser completo e algo especial para todos os alunos que possuem o prazer de desfrutar de um mundo tão bonito. Em especial gostaria de agradecer ao meu Orientador Otávio, que sempre deu todo suporte necessário com muita paciência e dedicação. Além de orientador e professor, virou um grande amigo...Obrigado Mestre.

Em especial eu gostaria de agradecer aos meus pais, Juan Pablo Villalba e Adriana Villalba por tudo. O apoio de vocês me fez ser forte em todos os momentos bons e principalmente nos difíceis que eu estive longe, me fez ser forte em todas as comemorações que não estive presente por estar correndo atrás do meu sonho...Obrigado pelo incentivo em todas as decisões que eu tomei na minha vida, sem dúvidas não há sorte maior do que ter pais tão dedicados e generosos como vocês. Também agradeço ao meu melhor amigo e irmão Pedro Villalba, que sempre me aconselhou e me ouviu, você sempre me serviu de inspiração. Agradeço a toda minha família pelo apoio. Amo vocês.

Um agradecimento a todos meus amigos e principalmente os que fiz na faculdade e que levarei para a vida. Agradeço ao Tuts, Felipão, Kaio, Foca, Cheppinha e Tata. Sem vocês nada disso teria acontecido.

Por fim, agradeço *in memoriam* aqueles que infelizmente não estarão aqui para desfrutar deste momento especial, mas que em vida sempre estiveram ao meu lado. Aos meus abuelitos queridos, Dona Ana e Juan Faustino, agradeço imensamente todo o amor. Também agradeço ao meu amigo e geólogo Dr. Sérgio Liotte, que no começo disso tudo sempre me apoiou e me contou coisas lindas sobre a geologia. Sei que de algum lugar estão olhando e felizes com este momento.

A todos, meus mais sinceros obrigado.

RESUMO

No entorno do município de Douradoquara (MG), situado no Triângulo Mineiro, ocorrem rochas metassedimentares e metamáficas neoproterozoicas do Grupo Araxá, além de granitoides associados ao Complexo Monte Carmelo. Essas litologias inserem-se no setor meridional da Faixa de Dobramentos Brasília e estão relacionadas a um evento sin-tectônico, responsável pela intrusão dos granitoides ao longo das foliações regionais e zonas de cisalhamento desenvolvidas nos xistos. O Granito Douradoquara localiza-se a oeste do município de Douradoquara - MG e encontra-se previamente mapeado pela CODEMIG (Folha Catalão – SE.23-Y-A-I, 2017), na escala 1:100.000. O presente trabalho teve como objetivo o mapeamento desse corpo granítico na escala 1:30.000, visando um maior nível de detalhamento, bem como a individualização e caracterização de suas fácies a partir de variações texturais, composicionais e estruturais. A metodologia empregada foi dividida em três etapas. A etapa de pré-campo consistiu em levantamento bibliográfico, análise de imagens de satélite, interpretação e tratamento de dados de imagens aerogeofísicas e interpretação de lineamentos estruturais, permitindo a delimitação preliminar de zonas com características geomorfológicas e estruturais semelhantes. A etapa de campo envolveu o mapeamento geológico dos litotipos aflorantes, com distinção baseada em critérios texturais, mineralógicos e estruturais, além do registro fotográfico e coleta de amostras. Por fim, a etapa de pós-campo compreendeu análises macroscópicas e microscópicas das amostras, possibilitando sua classificação e a diferenciação em fácies, culminando na elaboração de um novo mapa geológico com redefinição dos limites do corpo granítico. Os resultados indicam que a área correspondente à unidade Granito Douradoquara é menor do que aquela apresentada no mapeamento regional em escala 1:100.000 da CODEMIG, sendo observada maior predominância das rochas encaixantes metassedimentares e metamáficas do Grupo Araxá, representadas principalmente por quartzo-muscovita-biotita xisto com granada e anfíbolitos em formato de lentes com trend NW-SE. Os granitoides apresentam-se foliados, com orientação preferencial segundo o trend regional NW-SE. A mineralogia essencial é composta por quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita, muscovita e granada, permitindo a classificação dos litotipos como monzogranitos a granodioritos de textura inequigranular. Com base nas diferenças de coloração e composição mineralógica, o corpo foi subdividido em duas fácies: fácies cinza inequigranular e fácies cinza esbranquiçado inequigranular, com sua principal distinção entre si atrelada à presença de muscovita primária na fácies cinza esbranquiçado inequigranular. A presença de minerais aluminosos, como granada e muscovita primária, indica que o Granito Douradoquara é resultado de fusão crustal, caracterizando-se como um granito peraluminoso do

tipo S. A ocorrência de bolsões quartzo-feldspáticos em meio a foliação do quartzo-biotita-muscovita xisto com granada e a foliação magmática com trend regional NW-SE evidenciam sua colocação sin-tectônica, fortemente controlada pela estruturação das rochas encaixantes, refletindo o aproveitamento dessas estruturas no momento da intrusão, além dos processos deformacionais atuantes durante a evolução neoproterozoica da Faixa de Dobramentos Brasília.

PALAVRAS CHAVES: Complexo Monte Carmelo, Douradoquara, Granito, Faixa Brasília Meridional, Fácies.

ABSTRACT

In the surroundings of the municipality of Douradoquara (MG), located in the Triângulo Mineiro region, Neoproterozoic metasedimentary and metamafic rocks of the Araxá Group occur, as well as granitoids associated with the Monte Carmelo Complex. These lithologies are inserted in the southern sector of the Brasília Fold Belt and are related to a syn-tectonic event responsible for the intrusion of granitoids along regional foliations and shear zones developed within the schists. The Douradoquara Granite is located west of the municipality of Douradoquara, Minas Gerais, and was previously mapped by CODEMIG (Catalão Sheet – SE.23-Y-A-I, 2017) at a 1:100,000 scale. The present study aimed to map this granitic body at a 1:30,000 scale, seeking a higher level of detail, as well as the individualization and characterization of its facies based on textural, compositional, and structural variations. The applied methodology was divided into three stages. The pre-field stage consisted of bibliographic review, satellite image analysis, interpretation and processing of aerogeophysical image data, and interpretation of structural lineaments, allowing the preliminary delimitation of zones with similar geomorphological and structural characteristics. The field stage involved geological mapping of the outcropping lithotypes, distinguished based on textural, mineralogical, and structural criteria, in addition to photographic documentation and sample collection. Finally, the post-field stage comprised macroscopic and microscopic analyses of the samples, enabling their classification and differentiation into facies, culminating in the elaboration of a new geological map with redefined limits of the granitic body. The results indicate that the area corresponding to the Douradoquara Granite unit is smaller than that presented in the regional 1:100,000-scale mapping by CODEMIG, with a greater predominance of metasedimentary and metamafic host rocks of the Araxá Group, mainly represented by garnet-bearing quartz–muscovite–biotite schist and amphibolites occurring as lenses with a NW–SE trend. The granitoids are foliated, with preferential orientation according to the regional NW–SE trend. The essential mineralogy consists of quartz, microcline, oligoclase, biotite, muscovite, and garnet, allowing the classification of the lithotypes as inequigranular monzogranites to granodiorites. Based on differences in color and mineralogical composition, the body was subdivided into two facies: inequigranular gray facies and inequigranular whitish-gray facies, with their main distinction related to the presence of primary muscovite in the inequigranular whitish-gray facies. The presence of aluminous minerals, such as garnet and primary muscovite, indicates that the Douradoquara Granite resulted from crustal melting, characterizing it as a peraluminous S-type granite. The occurrence of quartz-feldspathic pockets

within the foliation of garnet-bearing quartz–biotite–muscovite schist and the magmatic foliation with a regional NW–SE trend evidence its syn-tectonic emplacement, strongly controlled by the structural framework of the host rocks, reflecting the exploitation of these structures during intrusion, as well as the deformational processes active during the Neoproterozoic evolution of the Brasília Fold Belt

KEYWORDS: Monte Carmelo Complex, Douradoquara, Granite, Southern Brasília Belt, Facies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização de Monte Carmelo a Douradoquara – MG.....	3
Figura 2: Contexto geotectônico do Brasil Central.....	7
Figura 3: Mapa estrutural da Faixa de Dobramentos Brasília. Área de estudo destacado pelo retângulo vermelho.....	9
Figura 4: Mapa Geológico do Terreno Araxá.....	11
Figura 5: Diagrama QAP (Steckeisen, 1967) com amostras do Complexo Monte Carmelo.....	13
Figura 6: Correlação entre litotipos em uma coloração ternária RGB.....	16
Figura 7: Mapas aerogamaespectométricos da área de estudo.....	18
Figura 8: Mapa de pontos da região de estudo.....	19
Figura 9: Mapa geológico simplificado do Granito Douradoquara.....	18
Figura 10: Forma de afloramento, relevo e amostras do quartzo-muscovita-biotita xisto com granada.....	21
Figura 11: Fotomicrografias do quartzo-muscovita-biotita xisto com granada.....	23
Figura 12: Forma de afloramento, forma de relevo e amostras do anfibolito.....	24
Figura 13: Fotomicrografias do anfibolito.....	25
Figura 14: Formas de afloramento, geomorfologia, relação de contato, solos típicos e estruturação do Granito Douradoquara.....	28
Figura 15: Amostras de mão do Granito Douradoquara evidenciando suas características texturais e de estrutura.....	30
Figura 16: Diagrama QAP. Classificação do Granito Douradoquara.....	31
Figura 17: Foto macroscópica das rochas associadas a fácies cinza.....	34
Figura 18: Fotomicrografias da fácies cinza.....	35
Figura 19: Foto macroscópica das rochas associadas a fácies cinza esbranquiçado.....	37
Figura 20: Fotomicrografias da fácies cinza esbranquiçado.....	38
Figura 21: Regiões aplainadas com cobertura latossolizada.....	40
Figura 22: Mapa com comparativo entre o granito mapeado pela CODEMIG e o Granito Douradoquara.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Amostras separadas para confecção de lâminas petrográficas.....	6
Tabela 2: Tabela com informações gerais da fácies cinza.	32
Tabela 3: Tabela com informações gerais da fácies cinza esbranquiçado.	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bt - Biotita

Chl – Clorita

CSF – Cráton São Francisco

Dp - Diopsídio

GA - Grupo Araxá

Grt - Granada

Hbl - Hornblenda

K – Potássio

Mc - Microclínio

Mnz - Monazita

Ms - Muscovita

Olg - Oligoclásio

Op - Minerais opacos

Qz - Quartzo

Pl – Plagioclásio

ppm – partes por milhão

Src – Sericita

Th - Tório

Tnt - Titanita

Tr – Tremolita

U – Urânio

Zrn – Zircão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	2
1.1.2 Objetivo geral	2
1.1.3 Objetivos específicos.....	2
1.2. Justificativa	2
1.3. Localização e Vias de Acesso	3
2. MATERIAIS E MÉTODOS	3
2.1. Pré-Campo	4
2.1.1. Levantamento Bibliográfico.....	4
2.1.2. Confecção da base cartográfica	4
2.2. Etapa de campo.....	4
2.3. Pós Campo.....	5
3. GEOLOGIA REGIONAL	6
3.1. Faixa de Dobramentos Brasília	7
3.2. Grupo Araxá.....	10
3.3. Complexo Monte Carmelo	12
4. Resultados aerogamaespectrométricos: Referencial Teórico	14
4.1. Resultados aerogamaespectrométricos.....	16
5. RESULTADOS	19
5.1. Geologia Local	19
5.2. Grupo Araxá.....	20
5.2.1. Quartzo-muscovita-biotita xisto com granada.....	20
5.2.2. Anfibolito.....	23
5.3. Complexo Monte Carmelo – Granito Douradoquara	27
5.3.1. Fácies cinza	31
5.3.2. Fácies cinza esbranquiçado	36
5.4. Cobertura latossolizada	39
6. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	40
7. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

A área de estudo se insere no contexto geotectônico da Província Tocantins, no setor meridional da Faixa de Dobramentos Brasília. A Faixa de Dobramentos Brasília compreende um cinturão orogênico neoproterozoico, que na porção meridional é resultado da colisão entre os crátons São Francisco na borda NE e Paranapanema a SW (Uhlein *et al.*, 2012).

O corpo granítico estudado denominado como “Granito Douradoquara” para esta atual monografia, se encontra a sudoeste do município de Douradoquara – MG. Esta intrusão granítica é pertencente ao Complexo Monte Carmelo (CMC), inicialmente denominado como complexo granítico-gnáissico por Barbosa *et al.* (1970), interpretado como litotipos mais antigos sotopostos aos xistos do Grupo Araxá e intercalados com anfibolitos. Posteriormente, o CMC recebe sua atual nomenclatura apresentada no trabalho de Pereira *et al.* (1983) e passa a ter uma maior gama de estudos. Seer *et al.* (2001) apontam que a gênese destes granitoides está relacionado a intrusões de granitos leucocráticos durante o processo de colisão, reinterpretando a ideia anterior descrita por Barbosa *et al.* (1970) como litotipos que fazem parte do embasamento pré-colisão.

A partir de trabalhos geocronológicos, petrográficos e geoquímicos, Seer e Moraes (2013) interpretaram o CMC como um batólito deformado de caráter metaluminoso a peraluminoso indicando uma possível gênese relacionada a um arco vulcânico em ambiente colisional de 790 Ma, dessa forma fornecendo conhecimentos valiosos sobre a evolução tectônica da região.

As informações discutidas acima buscam demonstrar os principais trabalhos feitos na região e as principais características do Complexo Monte Carmelo, entretanto os trabalhos em sua grande maioria foram feitos de maneira regional, abrangendo uma escala menor de detalhes a respeito do CMC. É importante ressaltar que os afloramentos graníticos da região de estudo não possuem nenhum trabalho realizado anteriormente. Desta forma, a presente monografia buscará trazer novos conhecimentos e dados para o estudo do Complexo Monte Carmelo como um todo.

1.1. Objetivos

1.1.2 Objetivo geral

O projeto tem como principal objetivo realizar o mapeamento geológico do Granito Douradoquara em escala 1:30.000 (escala mais adequada em relação as dimensões da área) e sua caracterização petrográfica.

1.1.3 Objetivos específicos

- Delimitar as diferentes fácies que compõem o Granito Douradoquara;
- Identificar e descrever as estruturas e feições deformacionais presentes no corpo granítico e nas rochas encaixantes;
- Correlacionar as características faciológicas e estruturais com dados aerogamaespectrométricos, buscando compreender as variações composicionais e geométricas do corpo;
- Discutir a gênese do Granito Douradoquara com base em suas características petrográficas e estruturais, relacionando-o ao contexto tectônico do Complexo Monte Carmelo e da Faixa Brasília Meridional;

1.2. Justificativa

A confecção desta monografia se justifica devido a carência de estudos em escala de semi-detalle e estudos específicos sobre a distinção de fácies em formações graníticas da região, relacionadas ao Complexo Monte Carmelo. Grande parte dos trabalhos existentes abordam o tema em escalas mais amplas de mapeamento geológico, como 1:100.000 (Folha Catalão - SE.23-Y-A-I, 2017.), o que limita a compreensão detalhada dos processos geológicos envolvidos na formação e desenvolvimento das intrusões graníticas locais.

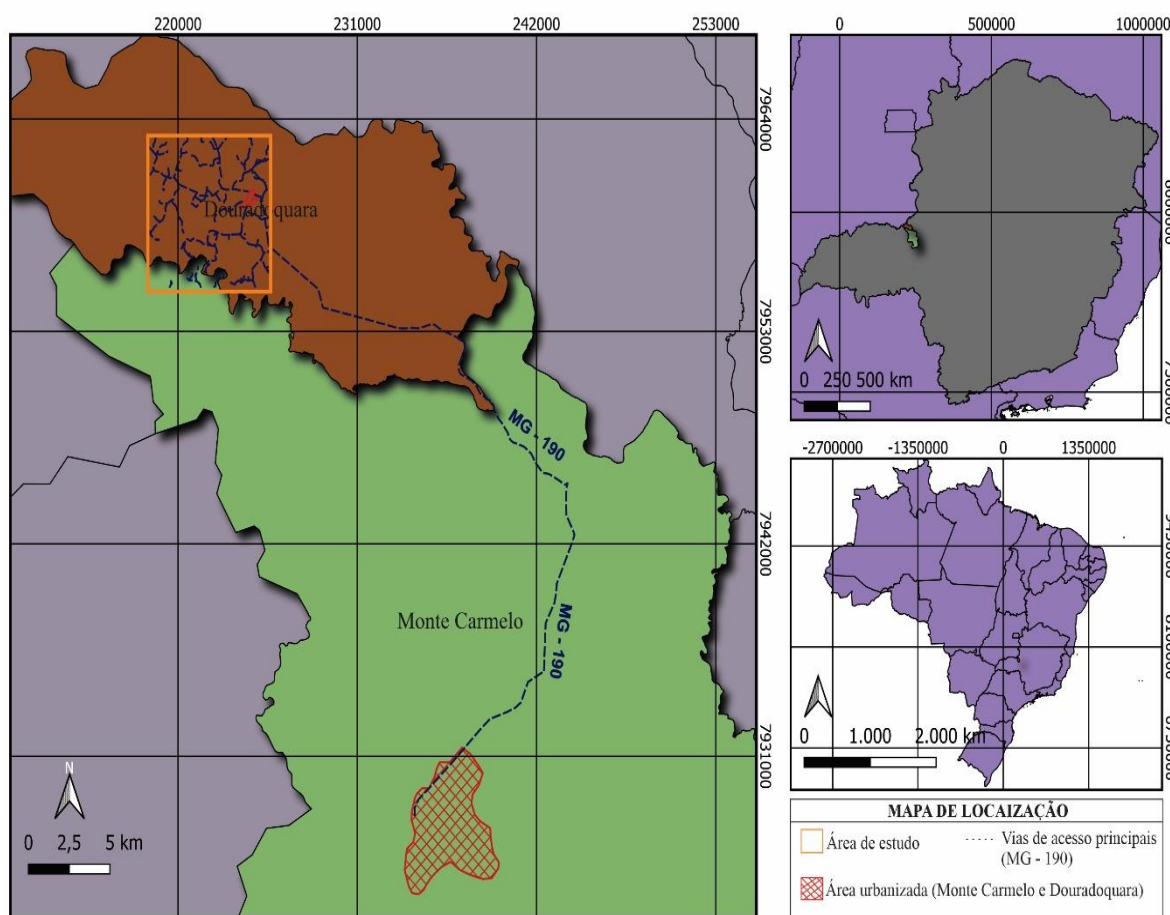
Essa ausência de informações mais precisas aponta para uma lacuna no conhecimento, especialmente no que se refere à caracterização dos processos petrogenéticos e a delimitação dos limites do corpo rochoso. A partir de um novo mapeamento e caracterização do Granito Douradoquara, é possível agregar para o conhecimento geológico da região atrelado principalmente ao Complexo Monte Carmelo.

1.3. Localização e Vias de Acesso

A área de pesquisa se localiza entre os municípios de Douradoquara e a região rural de Monte Carmelo (UTM – y_1 : 7963006; x_1 : 218257; y_2 : 7955345; x_2 : 225548 - zona 23S), ambos localizados em Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba.

A partir da saída de Monte Carmelo, é preciso percorrer a MG – 190 por aproximadamente 21,4 km e depois na rotatória pegar a segunda saída à esquerda, onde é percorrido mais um trecho de aproximadamente 27,6 km a oeste, até chegar nas mediações do município de Douradoquara – MG (Figura 1)

Figura 1: Mapa de localização de Monte Carmelo a Douradoquara - MG.



Fonte: O autor.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Ao longo do projeto foram realizadas três etapas distintas: Pré-Campo, Etapa de Campo e Pós Campo, nas quais todas se mostram essenciais para alcançar o objetivo proposto.

2.1. Pré-Campo

2.1.1. Levantamento Bibliográfico

Essa etapa inicial teve como foco o levantamento de referências bibliográficas acerca da área de estudo e região, buscando a análise e interpretação dos diferentes autores a respeito do Complexo Monte Carmelo e sua evolução geológica, auxiliando na base teórica que compõe este trabalho. O levantamento bibliográfico foi feito através de repositórios acadêmicos e revistas científicas com foco em geociências, além de materiais publicados pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG) e Serviço Geológico do Brasil (SGB).

2.1.2. Confeção da base cartográfica

O estudo da área de campo teve como início a fotointerpretação, a fim de compreender antecipadamente o que poderia ser encontrado na etapa de campo. Com isso, foram gerados os mapas preliminares de base topográfica e fotogeológico (APÊNDICE C). As principais fontes para geração dos mapas foram obtidas por banco de dados da CPRM (Companhia Pesquisa e Recurso Mineral), CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), ALOS PALSAR (Alaska Satellite Facility) e Google Earth. A partir do tratamento dos dados obtidos, foi possível gerar os mapas anteriormente citados por meio do *software* QGIS. Também foram processadas imagens aerogeofísicas do tipo gamaespectométrica no *software* *Oasis montaj* para auxiliar na compreensão da geometria e respostas do Granito Douradoquara em relação a diagramas de potássio (K), tório (Th), urânio (U) e ternário.

As informações coletadas na etapa preliminar foram utilizadas para organizar o cronograma das atividades em campo, incluindo a escolha do trajeto a ser seguido, locais de interesse que possivelmente afloram o corpo granítico e seus limites e estruturas importantes de serem checadas na etapa posterior.

2.2. Etapa de campo

A etapa de campo foi realizada ao longo de duas excursões: no dia 25/11/2023, onde foi trabalhado de maneira mais abrangente os principais locais com afloramento, a relação de contato com as rochas encaixantes, a estruturação do corpo granítico e a coleta de amostras para posteriormente estudar a petrografia. No dia 13/04/2024, foi realizado um mapeamento

geológico com maior detalhe buscando delimitar todo o corpo granítico e suas características estruturais, composicionais e texturais.

Nessa etapa foi necessário utilizar diversos materiais de campo, sendo eles: lupa de bolso, martelo, imã, bússola e o uso do celular para o aplicativo de GPS *Avenza Maps* e para registros fotográficos. Por fim, foram realizados ao total 47 pontos (APÊNDICE A), visando sempre coletar as amostras mais representativas para serem estudadas na etapa posterior.

2.3. Pós Campo

O pós campo consistiu em integrar os dados obtidos nas etapas anteriores buscando delimitar e caracterizar o Granito Douradoquara, a fim de desenvolver o mapa geológico (APÊNDICE B) e o mapa de pontos (APÊNDICE A).

As amostras mais representativas foram coletadas e separadas para confecção de lâminas petrográficas no laboratório petrográfico da UFPE (Tabela 1) e, posteriormente, descritas macroscopicamente e microscopicamente no Laboratório de Petrografia da Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Monte Carmelo, visando apontar as divisões faciológicas do Granito Douradoquara e as principais características das rochas encaixantes. Para a delimitação e mapeamento das fácies do Granito Douradoquara, adotaram-se os critérios de mapeamento faciológico plutônico propostos por Wernick (1998). As fácies foram identificadas e cartografadas em escala de campo e descrição petrográfica macro e microscópica, utilizando-se como guias: Variações texturais; variações mineralógicas; índice de coloração distinto e aspectos cromáticos da rocha.

Ao concluir a integração de todas as etapas, foi possível a elaboração desta monografia, permitindo explorar e discutir os principais resultados e a gênese do Granito Douradoquara. Com isso, é possível realizar uma comparação criteriosa com estudos previamente publicados.

Tabela 1 - Amostras separadas para confecção de lâminas petrográficas.

AMOSTRAS	DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA	UNIDADE	LITOLOGIA
LV-41	✓	Grupo Araxá	Quartzo-muscovita-biotita xisto
LV-32	✓	Grupo Araxá	Anfibolito
LV-06	✓	Complexo Monte Carmelo	Granito
LV-13	✓	Complexo Monte Carmelo	Granito
LV-23	✓	Complexo Monte Carmelo	Granito
LV-26	✓	Complexo Monte Carmelo	Granito
LV-27	✓	Complexo Monte Carmelo	Granito

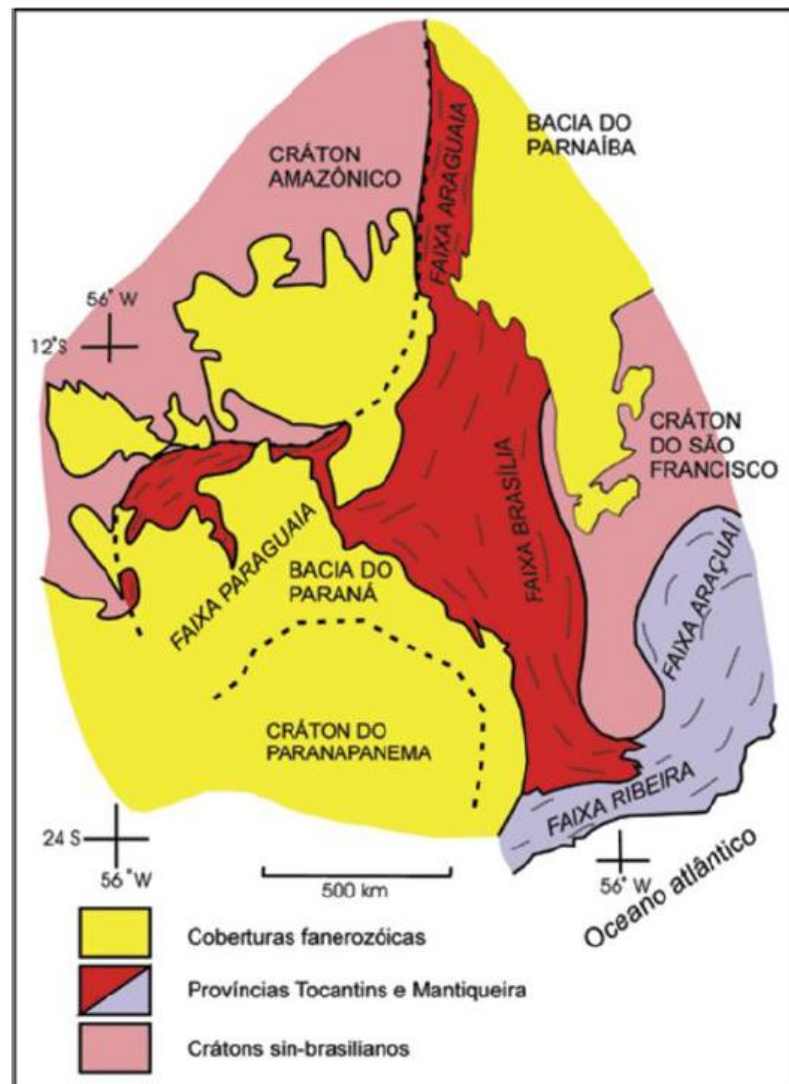
Fonte: O autor.

3. GEOLOGIA REGIONAL

Almeida *et al.* (1981) denominam a Província Tocantins como um conjunto de cinturões que margeiam a leste da placa Amazonas-Pampia. Sua formação está atrelada a colisão entre os blocos paleocontinentais alóctones Amazônico, São Francisco-Congo e Paranapanema, que ocorreram durante a amalgamação do Gondwana Ocidental no Neoproterozoico, formando então um longo sistema orogênico que se estende por milhares de quilômetros (Pimentel, 2016).

A Província Estrutural do Tocantins pode ser dividida em três cinturões orogênicos: O cinturão Araguaia-Paraguai, apresentando vergência tectônica em direção às margens leste e sudeste do Cráton Amazônico respectivamente; e o Cinturão Brasília, que apresenta vergência em direção ao Cráton São Francisco (Valeriano *et al.*, 2004) (Figura 2).

Figura 2: Contexto geotectônico do Brasil Central.



Fonte: Valeriano *et al.* (2004).

3.1. Faixa de Dobramentos Brasília

A Faixa de Dobramentos Brasília ocorre na porção leste da Província Tocantins e na região da borda ocidental do Cráton São Francisco (CSF), situando-se em partes dos estados de Tocantins, Goiás e Minas Gerais, com dimensões estimadas em 1200 km de comprimento e 300 km de largura (Uhlein *et al.*, 2012).

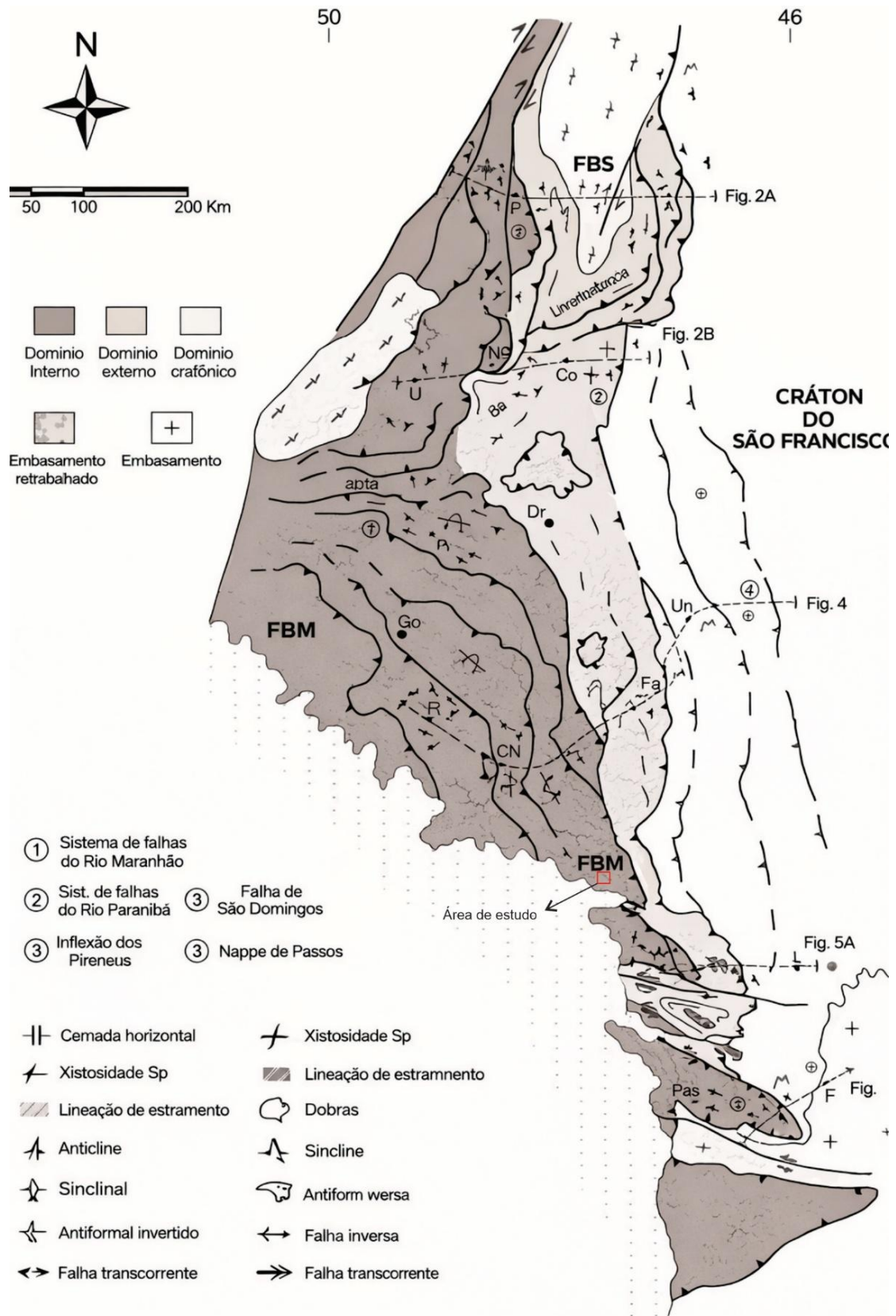
A Faixa de Dobramentos Brasília é definida como um sistema orogênico neoproterozoico de evolução complexa e possivelmente diacrônica que apresenta vergência tectônica para a porção oeste do CSF e aumento da deformação e grau metamórfico de leste para oeste (Fuck *et al.*, 1994; Uhlein *et al.*, 2012).

A Faixa de Dobramentos Brasília pode ser dividida em duas grandes porções: A porção meridional, resultado da interação entre os Crátons São Francisco e Paranapanema, contendo estrutura de cinturão de dobras e empurrão; e a porção setentrional, que vem da interação entre os Crátons do São Francisco e Amazônico e é marcada por domínios retrabalhados com intensidade variável e zonas de cisalhamento reversas e transcorrentes (Fonseca, 1996; Valeriano *et al.*, 2004; Uhlein *et al.*, 2012).

Fuck *et al.* (1994) dividem a Faixa de Dobramentos Brasília Meridional em três segmentos tectônicos, de leste para oeste: O domínio cratônico (I), Domínio Externo (II) e Domínio Interno (III). O domínio cratônico é representado por rochas do embasamento (sem envolvimento com a deformação), pelo Grupo Bambuí e Grupo Vazante, envolvendo plataformas carbonáticas e depósitos siliciclásticos. A interação entre esta zona cratônica e a faixa móvel foi essencial para a formação de faixas dobradas e empurradas e para a acomodação do encurtamento crustal durante a colisão continental (Dardenne, 2000). O domínio externo é composto por unidades metassedimentares mesoproterozoicas dos Grupos Paranoá, Canastra, Araí, Natividade e porções rejuvenescidas do embasamento arqueano - paleoproterozoico (Fuck *et al.*, 1994; Uhlein *et al.*, 2012). O domínio interno é composto por um sistema de *nappes* vergentes para ESE (Santos, 2019), constituídos por rochas metassedimentares e metavulcânicas do Grupo Araxá, intrusões graníticas do Complexo Monte Carmelo nos metassedimentos, rochas do Grupo Serra da Mesa e porções do Maciço de Goiás (Pimentel *et al.*, 2000; Santos, 2019).

A área de estudo se localiza tectonicamente no domínio interno da Faixa de Dobramentos Brasília Meridional, representada por rochas do Grupo Araxá e Complexo Monte Carmelo. A figura 3 demonstra a distribuição da Faixa de Dobramentos Brasília e onde se encontra aproximadamente a área de estudo neste contexto.

Figura 3: Mapa estrutural da Faixa de Dobramentos Brasília. Área de estudo destacado pelo retângulo vermelho.



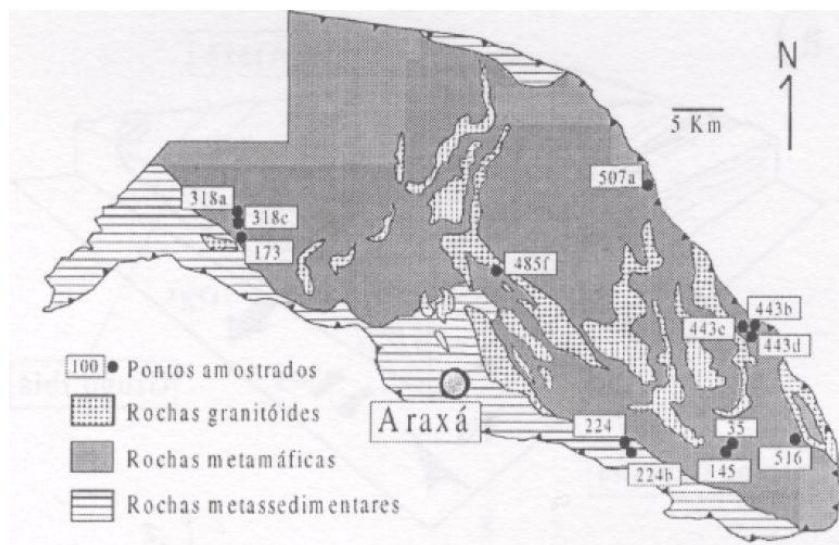
Fonte: Adaptado de Uhlein *et al.* (2012)

3.2. Grupo Araxá

Devido a sua complexidade estrutural e litológica, o Grupo Araxá vem sendo destacado na literatura por diversos autores a anos. Barbosa *et al.* (1955) inicialmente definiram o Grupo Araxá como Formação, posteriormente alterado para Grupo no trabalho de Barbosa *et al.* (1969, 1970), onde foi definido pelos autores como um conjunto de metamorfitos de fácies epidoto-anfibolito composto por micaxistos e quartzitos que se intercalam com anfibolitos que ocorrem acima do embasamento granítico-gnáissico (Barbosa *et al.*, 1970).

A pesquisa conduzida por Seer (1999) trouxe novas perspectivas ao estudo sobre o Grupo Araxá, ao evidenciar um volume significativo de rochas metamáficas, assim passando a tratar a unidade como um fragmento de crosta oceânica e ao observar que ela foi intrudida por granitos leucocráticos durante a colisão. Desta forma, o embasamento cristalino anteriormente interpretado por Barbosa *et al.* (1970) passou a ser tratado como corpos graníticos sin-colisionais intensamente deformados (Seer, 1999). Assim, Seer (1999) também separa a sinforma de Araxá (uma dobra sinformal regional, localizada na porção sul da Faixa de Dobramentos de Brasília) em lasca inferior, representada pelo Terreno tectonicoestratigráfico Canastra, um fragmento de margem continental passiva; e lasca intermediária, representada pelo Terreno Ibiá, um fragmento de porção sedimentar de arco vulcânico.

Na região oeste de Minas Gerais representada pelo Terreno tectonicoestratigráfico Araxá (Figura 4), as rochas metamáficas são compostas por anfibolitos grossos a finos (sugerindo a relação com protólito gabroico e basáltico, respectivamente), clorita-anfibólio xistos e clorita xistos, também podendo ocorrer pontualmente rochas ultramáficas como serpentinitos e anfibólio-talco xistos (Seer *et al.*, 2001). Os anfibolitos são principalmente compostos por anfibólio, plagioclásio, granada, quartzo, titanita, clinozoizita, epidoto, clorita, biotita, mica branca, apatita e minerais opacos. Já as metassedimentares são representadas por quartzo-mica xistos, mica xistos, granada-quartzo-mica xistos, granada-cloritoide-quartzo-mica xistos, quartzitos e quartzitos micáceos. Quando vistas com granulação mais grossa, estas rochas refletem o metamorfismo inicial M₁, com a paragênese descrita por biotita-mica branca-granada-quartzo, assim estando na fácies xisto verde – zona da granada (Seer *et al.*, 2001). Eventos posteriores (RM2/D2), subdivididos em um evento precoce (D_{2p}) e outro tardio (D_{2t}), se desenvolvem sob fase colisional e provocam imbricamento das lascas gerado por zonas de cisalhamento sub-horizontais que condicionam um regime retrogressivo a fácies xisto verde, gerando xistosidade milonítica S₂ (Seer *et al.*, 2001).

Figura 4: Mapa Geológico do Terreno Araxá.

Fonte: Seer *et al.* (2001).

Piauilino (2021) estudou a geoquímica das rochas metamáficas da sequência Veríssimo e do Grupo Araxá à NW da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, a fim de compreender os cenários magmáticos antigos. O autor obteve como resultado, através das rochas anfibolíticas, que ocorreram três eventos magmáticos. O primeiro evento é ligado ao desenvolvimento de margem passiva e extensão continental de 979 Ma, gerando basalto toleítico de baixo K tipo E-MORB e com idade TDM entre 1,26 e 1,82 Ga. O segundo evento está relacionado com uma extensão de arco anterior/posterior, representado por basaltos E-MORB com anomalias negativas de Nb-Ta, sendo cogenético com o Grupo Araxá. O último evento magmático está representado por basalto/gabro tipo OIB, sin- a tardi-tectônico, gerado em torno de 651 Ma e com idade TDM em 1,18 Ga, que pode estar associado a colisão continental e fechamento do oceano neoproterozoico (Piauilino, 2021).

Em suma, as rochas do Grupo Araxá foram depositadas em um contexto de margem passiva na porção sudeste da Faixa de Dobramentos Brasília (Piauilino, 2019), onde os metassedimentos são oriundos de ambiente marinho profundo, posteriormente metamorfisados durante o fechamento do oceano neoproterozoico; já as rochas metamáficas são representadas por basaltos do tipo E-MORB, que demonstram sua relação com a crosta oceânica (Seer *et al.*, 2001).

3.3. Complexo Monte Carmelo

A primeira discussão envolvendo os litotipos do Complexo Monte Carmelo teve início no trabalho de Barbosa (1937), onde o autor pontua que na área estudada, as intrusões graníticas eram menos expressivas em comparação a extensão das rochas metassedimentares. Posteriormente, Barbosa *et al.* (1970) interpretam o Complexo Monte Carmelo como algo relevante, um batólito que faz parte do embasamento cristalino a partir de um complexo granítico-gnáissico aflorando na região entre Araxá, Estrela do Sul até Abadia dos Dourados. Mais tarde, Pereira *et al.* (1983) definiram a nomenclatura atual “Complexo Monte Carmelo” para denominar as rochas intrusivas de composição granítica e granodiorítica da região (Pereira *et al.*, 1983; Brod *et al.*, 1991).

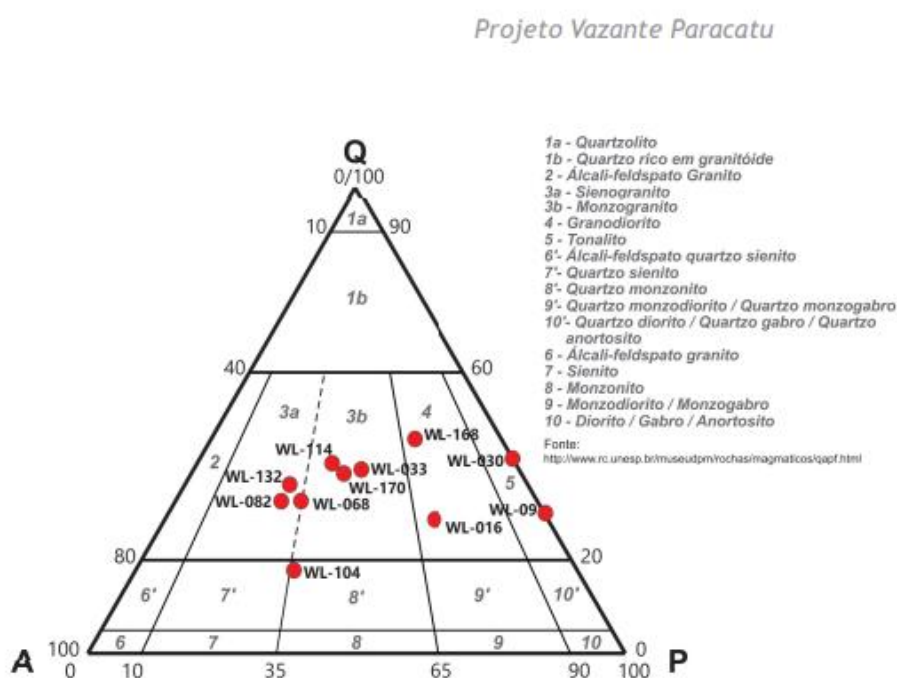
O complexo refere-se a um batólito situado entre as cidades de Monte Carmelo e Abadia dos Dourados (Seer e Moraes, 2013), onde o corpo granítico aflora como quatro corpos alongados isolados em volta dos córregos da região (como o de Santa Rosa, córrego do Bros, córrego Cavacos) e ao norte de Silvano – MG (Féboli, 2017). Os granitoides do Complexo Monte Carmelo ocorrem como uma intrusão sin-tectônica nos metassedimentos da lasca intermediária do Grupo Araxá, apresentando-se também próximos a anfibolitos médios a grossos em formato lenticular. (Brod *et al.*, 1991; Seer *et al.*, 2007; Seer e Moraes, 2013).

As rochas que compõe o Complexo Monte Carmelo são representadas por granitoides de caráter peraluminoso (Tipo - S) e metaluminoso (Tipo - I) (Seer e Moraes, 2013). (Santos, 2019) classifica as rochas do Complexo Monte Carmelo como granodioritos, compostos por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, biotita, apatita, zircão, epidoto e muscovita, que apresentam textura inequigranular ou porfiroclástica e ocorrências de bolsões félsicos pegmatíticos compostos por quartzo e feldspato. Seer e Moraes (2013) os classificam em tonalito e granodiorito, constituídos por quartzo, ortoclásio, plagioclásio, biotita, titanita, apatita e zircão, havendo também epidoto e sericita como mineral secundário indicando alteração hidrotermal. Os litotipos possuem a coloração cinza com tamanho fino a médio, textura equigranular e se encontram levemente deformados. Os autores também citam a presença de sienogranito e monzogranito cuja textura e os minerais citados são iguais aos tonalitos e granodioritos, porém com o acréscimo de muscovita e granada respectivamente.

Apesar de ser um complexo ígneo representado por um batólito, o trabalho de Féboli (2017) apresenta os granitoides do Complexo Monte Carmelo com estrutura e textura de um aspecto gnáissico ou gnáissico milonítico, com bandamento metamórfico irregular definido

pela granulação e pela quantidade de biotita, onde o k-feldspato ocorre em cristais tabulares dispersos de até 10 centímetros de comprimento fortemente estirados e a granada localmente no formato de cristais arredondados e sigmoidais de até três milímetros com sombra de pressão. Através da figura 5, é possível identificar os granitoides classificados por Féboli (2017) ao estudar o Complexo Monte Carmelo.

Figura 5: Diagrama QAP (Steckeisen, 1967) com amostras do Complexo Monte Carmelo.



Fonte: Féboli (2017)

O trabalho de Seer *et al.* (2007) indica que os granitoides do CMC estão associados a uma zona de cisalhamento com direção preferencial para NW e apresentam intensa deformação quando em contato com rochas encaixantes, principalmente na borda dos corpos, porém mais bem preservados na porção interna. Quando deformados, é visto nos litotipos foliação de baixo ângulo com mergulho predominante para oeste que se associam a lineação mineral e dobras isoclinais regionais.

Segundo Seer e Moraes (2013), a gênese do Complexo Monte Carmelo está associada ao segundo episódio de granitogênese no setor meridional da Faixa de Dobramentos Brasília que ocorreram ao longo do Neoproterozoico (790 Ma) e está associado a eventos magmáticos pré-colisionais. Os autores citam que em 630 Ma estas rochas foram parcialmente retrabalhadas durante um evento colisional, cujo dados isotópicos Sm-Nd observados pela razão ϵ_{Nd}

negativos (-2,218) e TDM de 1,29 Ga indicam que sua origem se deu a partir de fontes juvenis no final do Mesoproterozoico, similar aos granitos do Arco magmático de Goiás, sendo assim testemunho de um arco magmático nesta região.

4. RESULTADOS AEROGAMAESPECTROMÉTRICOS: REFERENCIAL TEÓRICO

A partir dos dados aerogeofísicos obtidos pelo Programa de Levantamento Aerogeofísicos de Minas Gerais, fornecidos pela CODEMIG, CPRM e Ministério de Minas e Energia (2005; 2006), foi possível obter dados gamaespectrométricos da Área 7 - Patos de Minas-Araxá-Divinópolis, região de voo em que a área de estudo se encontra inserida.

Para estes dados aerogamaespectrométricos levantados na área, foram considerados espaçamentos de 400 m para as linhas de voo e 8000 m para as linhas de controle (CODEMIG, CPRM – SGB, 2005; 2006), logo o espaçamento utilizado para tratamento dos dados na região de estudo foi de 100 m, representado por 1/4 do levantamento original, a fim de melhorar a qualidade dos dados durante o processamento no *software Oasis Montaj*.

Os mapas de cunho aerogamaespectrométricos visam medir a taxa de radiação gama do potássio, urânio e tório presentes nos litotipos (Minty, 1997). Tais medidas ocorrem provenientes dos primeiros 30 a 40 cm de rocha aflorante, porém é detectado também em material intemperizado e solos (Ferreira *et al.*, 2016). A medição ocorre através de cristais detectores que absorvem a radiação gama destes elementos. A cintilação da radiação no cristal detector é medida em cps (contagem por segundo), porém quando se tem sistemas calibradores, o potássio pode ser medido em porcentagem e o tório e urânio em partes por milhão (Alves *et al.*, 2022). Para a presente monografia a unidade de medida adotada é em porcentagem (K) e ppm (U e Th).

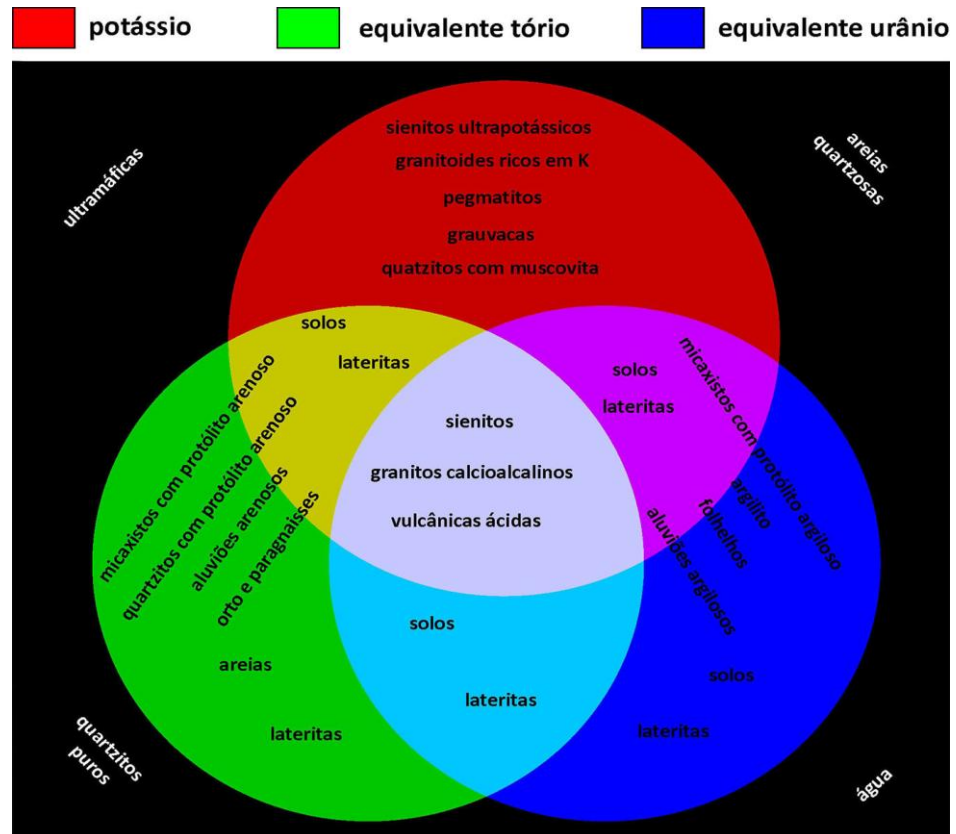
É importante ressaltar que um levantamento aerogamaespectrométrico pode ser influenciado por diversas variáveis além dos minerais radioativos presentes nas rochas e geometria do corpo (Ferreira *et al.*, 2016). Alves *et al.* (2022) alertam que, para estes casos, deve ser levado em consideração o efeito causado por coberturas sedimentares alóctones, vegetação e corpos de água que ocorrem na área de levantamento. Portanto, entende-se que para obter uma melhor interpretação dos dados gamaespectrométricos, é importante compreender a respeito da abundância desses radionuclídeos (K, U e Th) na crosta superior, suas ocorrências em minerais e rochas e seus aspectos geoquímicos (Ferreira *et al.*, 2016).

O potássio é o elemento com maior distribuição na crosta (2,35%) e são encontrados principalmente em feldspatos potássicos (Ortoclásio e Microclínio, com aproximadamente 13% K) e micas (Biotita e Muscovita, com cerca de 8% K), segundo Dickson & Scott (1997). É comum ocorrer também em argilominerais como illita (teor médio de 6,2% K), porém é majoritariamente encontrado em rochas ígneas ácidas, como granitos e rochas com abundância de minerais micáceos (Ferreira *et al.*, 2016).

O urânio e o tório ocorrem em minerais acessórios, como monazita, zircão e apatita, e representam os menores componentes da crosta com aproximadamente 3 e 12 ppm respectivamente (Dickson & Scott, 1997). Diferente do potássio, que perante o intemperismo se torna móvel, o urânio e tório, por estarem inseridos em minerais acessórios estáveis diante a efeitos intempéricos, podem se acumular em depósitos, solos e aluviões (Ferreira *et al.*, 2016).

Em mapas aerogamaespectométricos, a fim de analisar a relação mútua dos três radionuclídeos, é proposto a análise de uma composição ternária RGB em que cada cor representa um elemento. Alves *et al.* (2022) atribuem em seu trabalho a cor vermelha (R-*red*) para rochas ricas em K, verde (G-*green*) para rochas ricas em Th e azul (B-*blue*) para as ricas em U. Quando os três elementos são altos a soma das cores é branca e quando baixos ou em corpos de água, preta (Alves *et al.*, 2022). A figura 6 traz um diagrama de Venn relacionando os distintos radioelementos e suas respectivas colorações, a fim de elucidar quais tipos de rochas e materiais são representados pelas cores em um mapa gamaespectométrico.

Figura 6: Correlação entre litotipos e colorações em uma composição ternária RGB.



Fonte: Alves *et al.* (2022).

4.1. RESULTADOS AEROGAMAESPECTROMÉTRICOS

O mapa de contagem de potássio para a região de estudo (Figura 7 – A) exibe uma certa dispersão das concentrações de K ao longo da área. É possível dividir a contagem em três colorações: Azul e verde, representando zonas com menor teor de potássio (0,1 – 1,8% K), que ocorrem em áreas proximais a corpos hídricos e nas porções com cobertura latossolizada (porção norte da área). Colorações avermelhadas representam zonas de maior resposta ao potássio (1,8 – 4,1%), representadas a nordeste, oeste e região central da área. Interpreta-se uma maior resposta em áreas com predominância do quartzo-biotita-muscovita xisto com granada e em drenagens mais entalhadas, podendo ocorrer devido a abundância de mica e argilominerais que, em regime de drenagem, pode apresentar conservação parcial ou total de K (Ulbrich *et al.* 2009).

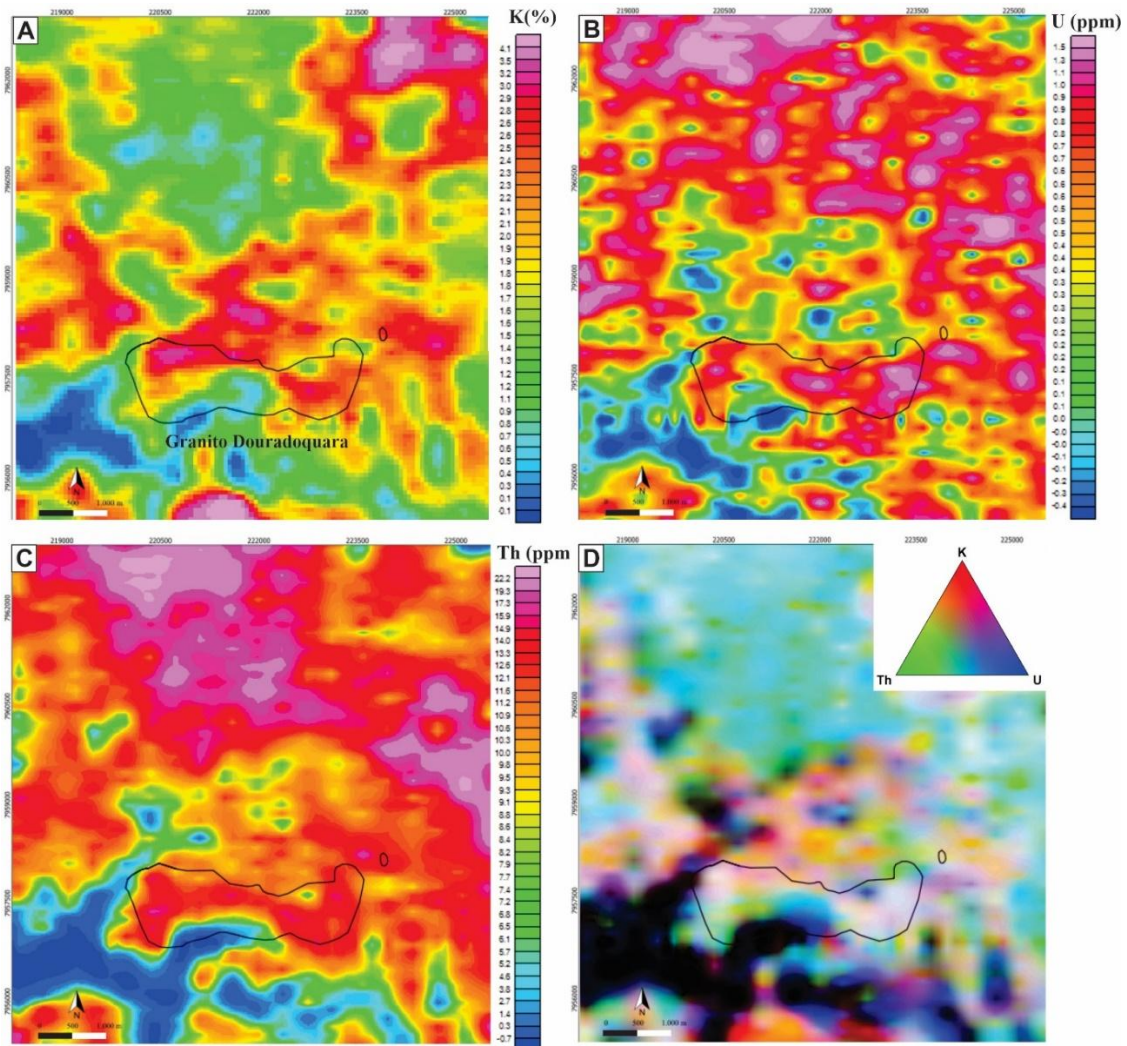
Nas regiões voltadas ao Granito Douradoquara, concentram-se no limite da borda superior esquerda e na porção inferior direita, havendo provavelmente devido a maior concentração de minerais micáceos e maior exposição de rochas aflorantes nos respectivos locais mencionados. Nota-se a menor concentração de potássio na parte centro-sul do GD, área

próxima a represa Emborcação e zonas com vegetação densa. Ocorre também picos de K em pontos onde há drenagens dissecadas e em zonas com concentração de bolsão quartzo-feldspático intrudido no xisto do Grupo Araxá.

As contagens de urânio e tório trazem resultados similares de concentração ao longo da área. O urânio (Figura 7 – B) demonstra picos entre 0,7 e 1,5 ppm ao longo do corpo granítico e picos ao longo da porção norte. Apesar das concentrações em algumas regiões, os valores em ppm de urânio estão abaixo da média encontradas na crosta continental que, segundo Dickson & Scott (1997), é de aproximadamente 3 ppm para este radionuclídeo. O valor baixo de urânio pode ser decorrente da baixa concentração de minerais acessórios nos litotipos da região.

É notável a concentração de U e Th em áreas com predomínio de cobertura latossolizada, zonas com drenagens e zonas com solos mais desenvolvidos (Figura 7 – C). O trabalho de Ulbrich *et al.* (2009) indica algumas possibilidades de respostas a Urânio e Tório em ambientes de cobertura, sendo, para a área de estudo, possivelmente atrelado a mobilização dos elementos U e Th após a sua extração das fases hospedeiras durante o intemperismo através de águas intersticiais, onde ocorre interação com substâncias orgânicas e inorgânicas que geram “agregados” de óxidos, muitas vezes preenchidos em sua carapaça por materiais enriquecidos em U e Th (Ulbrich *et al.* 2009).

Figura 7: Mapas aerogamaespectrométricos da área de estudo. A) Mapa de contagem de potássio - K (%), exibindo a delimitação e nomenclatura do corpo granítico. B) Mapa de contagem de urânio - U (ppm). C) Mapa de contagem de Tório - Th (ppm). D) Mapa de composição ternária.



Fonte: O autor.

Altos valores de Tório e a presença de Urânio na área de delimitação do Granito Douradoquara auxiliaram significativamente para compreensão da geometria do corpo e seus limites. Os valores mais altos de Th ficam entre 12.5 e 14.9 ppm, ou seja, acima da média encontrada na crosta superior de 12 ppm (Dickson & Scott, 1997).

A composição ternária auxilia a delimitação do Granito Douradoquara a partir da coloração branca (Figura 7 – D), resultado da soma dos três radionuclídeos comumente encontrados em granitoides (Alves *et al.*, 2022), como demonstrado na figura 20. Assim como nos mapas aerogamaespectrométricos de K, U e Th, é notável a menor concentração dos elementos na porção centro-sul do corpo granítico, explicado pela presença do corpo de água e

vegetação densa.

A aerogamaespectrometria mostrou-se uma ferramenta importante para a delimitação e compreensão do Granito Douradoquara, uma vez que os padrões de distribuição de K, U e Th separados e juntos (Composição ternária) demonstram uma nítida diferença, principalmente nas regiões oeste e sul do Granito Douradoquara, assim facilitando a compreensão quanto aos limites do corpo granítico.

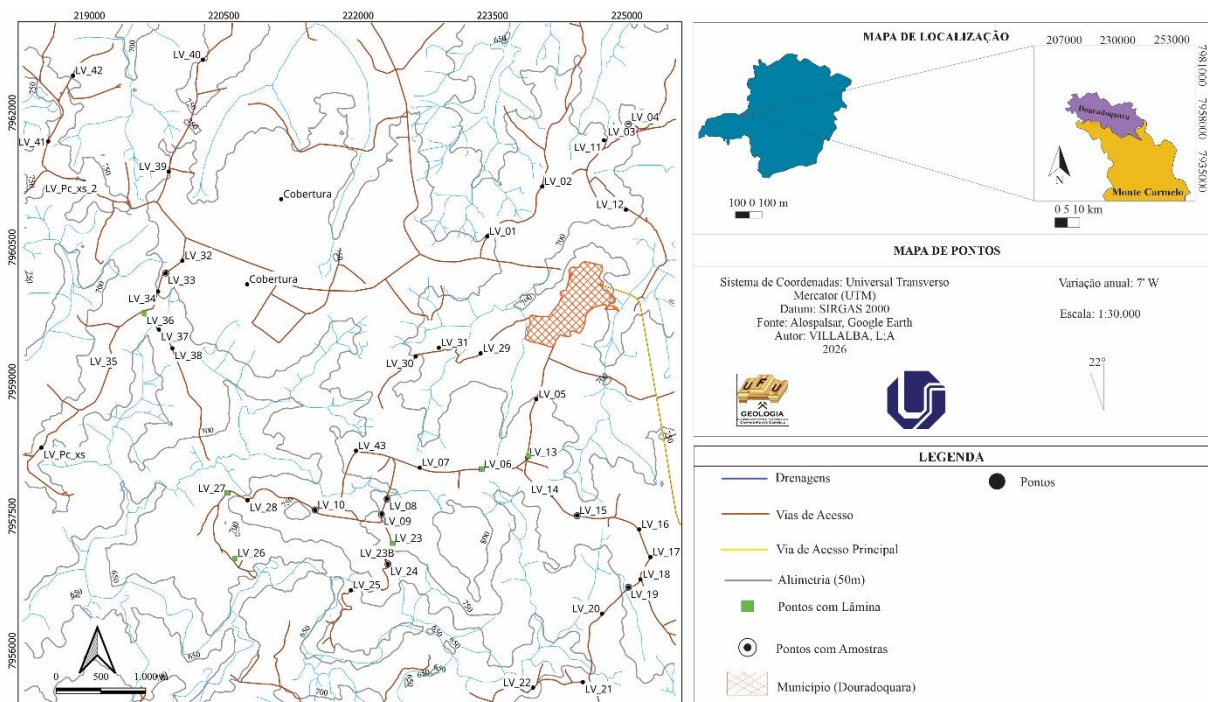
5. RESULTADOS

5.1. Geologia Local

Os litotipos identificados em campo são representados por duas unidades litoestratigráficas distintas: Grupo Araxá, alusivo as principais rochas encaixantes do Complexo Monte Carmelo na área de estudo; e o próprio Complexo Monte Carmelo, que abrange o Granito Douradoquara. Também foram vistas coberturas recentes, representadas por regiões aplainadas latossolizadas.

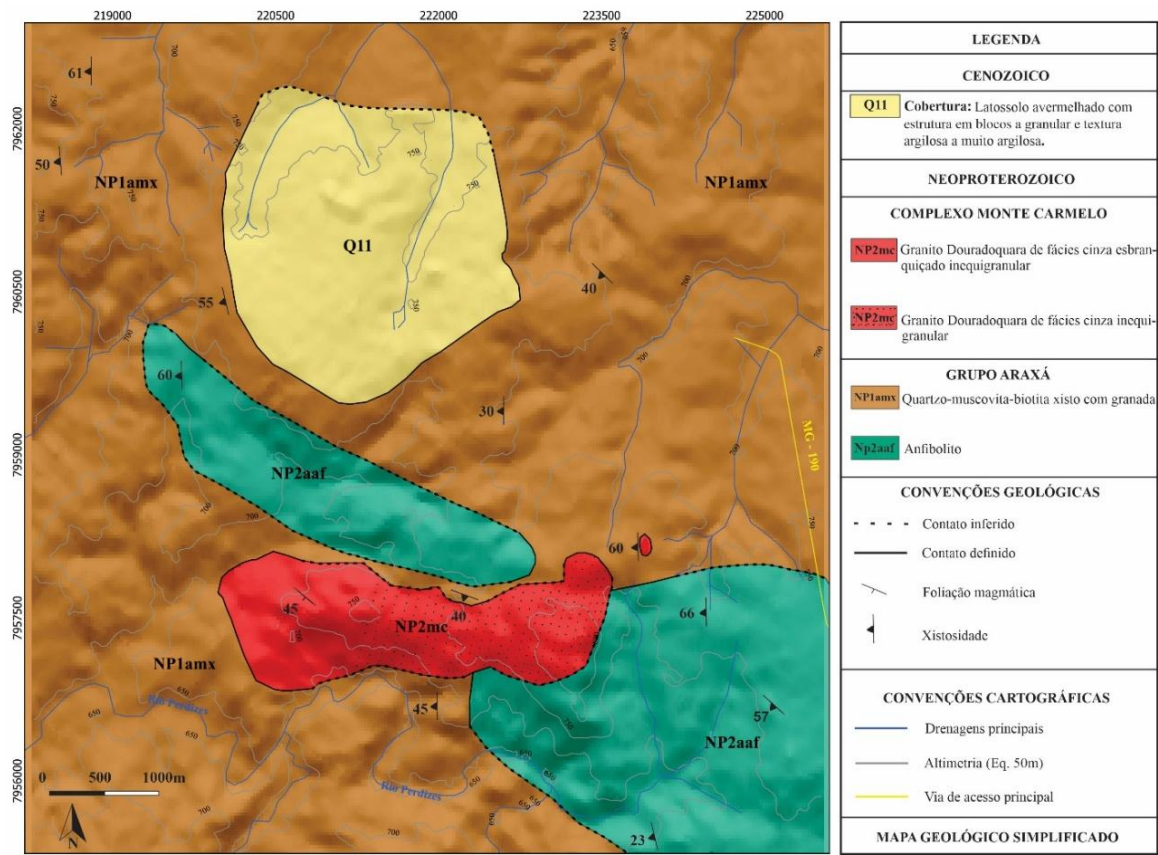
Através da etapa de pesquisas preliminares e de campo, pôde-se confeccionar o mapa de pontos (Figura 8) e o mapa geológico (Figura 9).

Figura 8: Mapa de pontos da região de estudo.



Fonte: O autor.

Figura 9: Mapa geológico simplificado do Granito Douradoquara.



Fonte: O autor.

5.2. Grupo Araxá

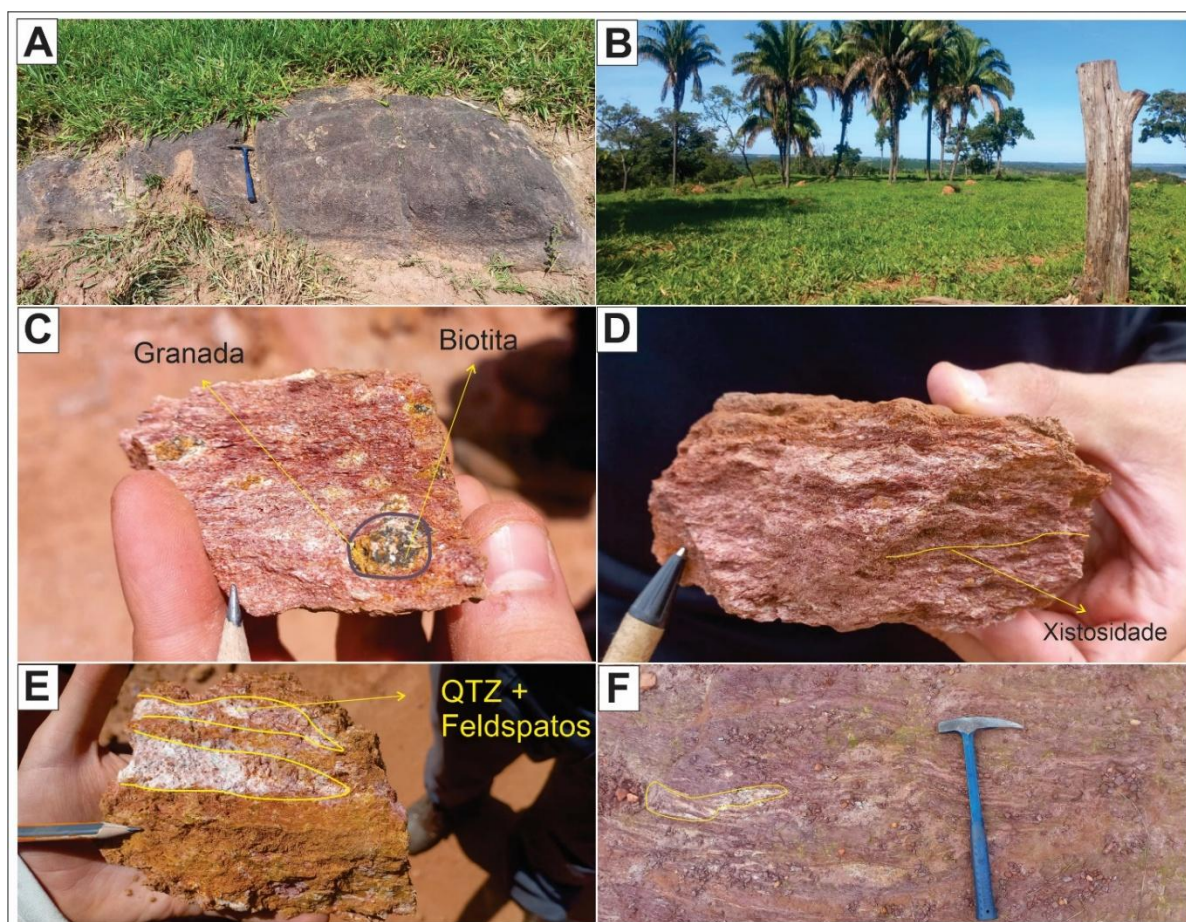
Na área de estudo, o Grupo Araxá predomina, situando-se em 80% da porção mapeada e representado por dois litotipos distintos, o quartzo-biotita-muscovita xisto com granada e o anfibolito.

5.2.1. Quartzo-muscovita-biotita xisto com granada

Este litotipo situa-se em aproximadamente 55% da área de estudo mapeada, podendo aflorar em formas de blocos, cortes de estrada, quebras de relevo e drenagens (Figura 10-A). O quartzo-muscovita-biotita xisto com granada ocorre em relevos moderadamente aplainados ou pontualmente em topos convexos que apresentam baixo grau de dissecação (Figura 10-B). Esta litologia está associada a solos poucos desenvolvidos como cambissolos e neossolos que possuem minerais primários do litotipo em sua estrutura.

As medidas de xistosidade desta unidade apresentam orientação preferencial com direção NW-SE com um mergulho médio de 50° para SW. A mineralogia principal da rocha é composta por biotita (50%), muscovita (25%), quartzo (12%), microclínio (5 - 10%) apenas quando presente os bolsões quartzo-feldspáticos e granada (3%). Algumas granadas observadas estão alteradas para biotita. (Figura 10-C e 10-A). A mineralogia secundária é compreendida por clorita e minerais acessórios por zircão.

Figura 10: Forma de afloramento, relevo e amostras do quartzo-muscovita-biotita xisto com granada. A) LV-41 coordenadas (x: 218540, y: 7961683) - Afloramento em corte de estrada de quartzo-biotita-muscovita xisto com granada. B) LV-05 coordenadas (x: 223989, y: 7958805) – Relevo aplainado característico nos locais com quartzo-biotita-muscovita xisto com granada. C) LV-08 coordenadas (x: 222323, y: 7957693) – Amostra de quartzo-biotita-muscovita xisto com granada marcando a passagem de uma granada (porção amarelada) para biotita (porção escura). D) LV-25 coordenadas (x: 221920, y: 7956675) – Amostra de quartzo-biotita-muscovita xisto com granada com realce em amarelo para a estrutura de xistosidade. E) LV-02 coordenadas (x: 224056, y: 7961179) – Amostra de quartzo-muscovita-biotita xisto com granada com bolsões quartzo-feldspáticos (realçados em amarelo) intrudidos na estrutura da rocha. F) LV-13 coordenadas (x: 223889, y: 7958157) – Afloramento de quartzo-muscovita-biotita xisto com granada com porções quartzo-feldspáticas marcadas ao longo de sua estrutura.



Fonte: O autor.

A rocha encontra-se com coloração distinta, resultado dos diferentes graus de alteração que varia de tons avermelhados (associados a alteração da biotita) a róseos. A muscovita e o feldspato aparecem em tamanhos finos e intemperizados com uma coloração esbranquiçada.

A estrutura é xistosa, pontualmente com clivagem de crenulação associada. A xistosidade ocorre paralela ao bandamento composicional, marcada pelos minerais placoides (Figura 10-D e Figura 11-A e B). A textura é majoritariamente lepidoblástica.

A relação de contato do quartzo-biotita-muscovita xisto com granada com o Granito Douradoquara ocorre de maneira intrusiva. É possível evidenciar esta relação através dos litotipos próximos ao contato com o granito, pois apresentam porções quartzo-feldspáticas intrudidas em meio a foliação do xisto (Figura 10- E e F e Figura 11 C-D).

A biotita aparece como cristais subédricos a anédricos com hábito lamelar, geralmente compondo agregados em bandas que variam o tamanho entre 1mm e 0,08mm (Figura 11 A – B). O contato entre os cristais é primordialmente do tipo esgarçado (Figura 11 E – F), porém ocorre do tipo retilíneo, principalmente em contato com a muscovita. A coloração é marrom-esverdeada e apresenta pleocroísmo leve. É possível notar a opacitização em alguns cristais, e cristais mais intemperizados que apresentam coloração mais acinzentada.

A muscovita aparece como cristais subédricos lamelares de tamanho variando entre 2mm e 0,08mm ocorrendo como agregados (Figura 11 C – E). O contato é retilíneo a sinuoso com os cristais de biotita e serrilhado com os demais cristais.

O quartzo aparece como cristais anédricos, granulares, com tamanho variando entre 1,8mm e 0,03mm e com extinção ondulante (Figura 11 C – D). O contato é majoritariamente sinuoso entre si e com os demais cristais. É possível notar pequenas inclusões de muscovita em alguns cristais e inclusão de clorita em formato de agulha.

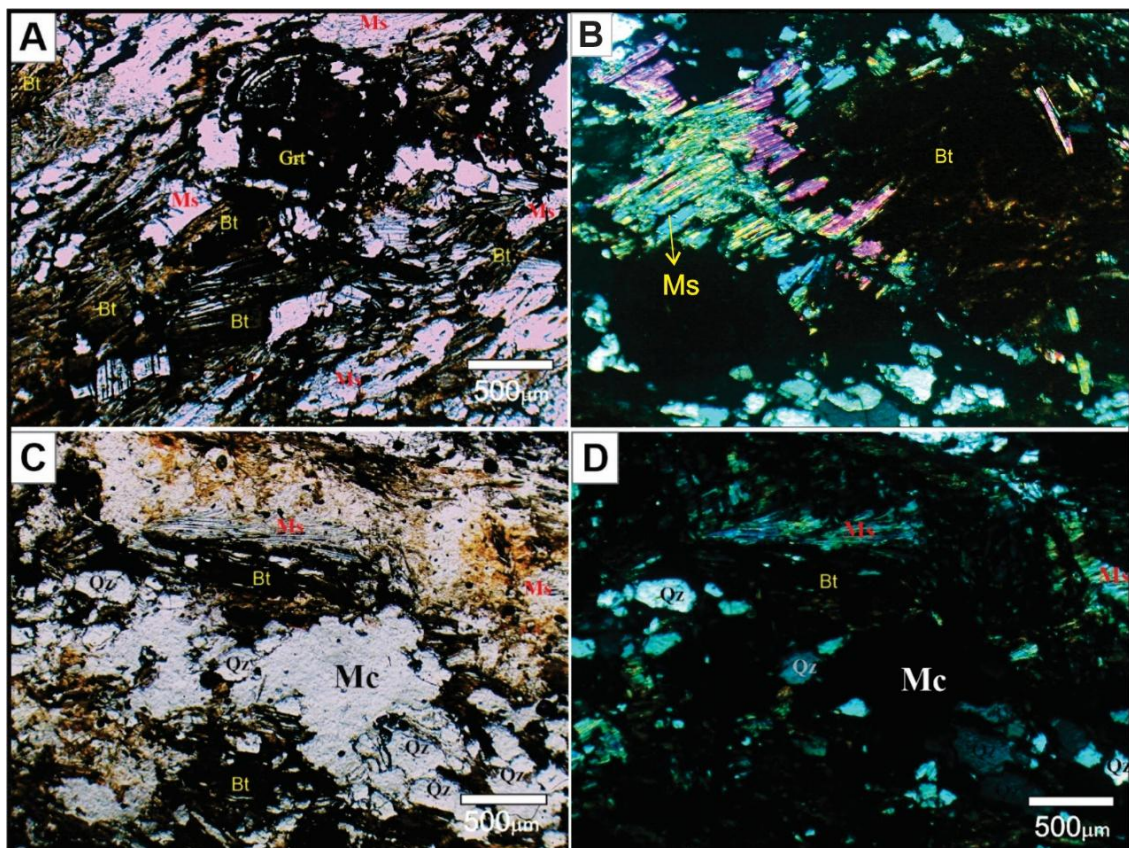
O microclínio aparece de forma muito alterada pela saussuritização, escondendo sua geminação. Os cristais são anédricos com tamanhos variados de 0,5 a 1,5 mm e ocorre em meio a agregados de biotita e quartzo (Figura 11 C). O contato entre os cristais é serrilhado, sendo muitas vezes difícil de distinguir devido a alteração do limite de suas bordas.

A granada aparece com formato subédrico a euédrico, granular, com tamanho variando entre 1,5mm e 1,0mm (Figura 11 A). Os cristais ocorrem em meio ao agregado de biotita e quartzo, demonstrando contato sinuosos. É comum a presença da formação de minerais opacos nos seus limites.

A clorita ocorre como inclusões nos cristais de quartzo em forma de agulhas pequenas (hábito acicular) com tamanho médio de 0,1mm.

O zircão ocorre como mineral acessório em meio a biotita, com formato subédrico e hábito granular, já o tamanho é de 0,1mm.

Figura 11: Fotomicrografias do quartzo-muscovita-biotita xisto com granada. Lâmina GA-LV-41. A) Seção destacando a granada (Grt) no centro e cristais de biotita (Bt) e muscovita (Ms) orientados em torno da granada. B) Cristais subédricos de biotita e muscovita sob nicóis cruzados. C) Agregado de quartzo e microclínio (Mc) entre bandas de biotita e muscovita. D) Agregado de quartzo (Qz) e microclínio entre bandas de biotita e muscovita sob nicóis cruzados, destacando os cristais de quartzo.



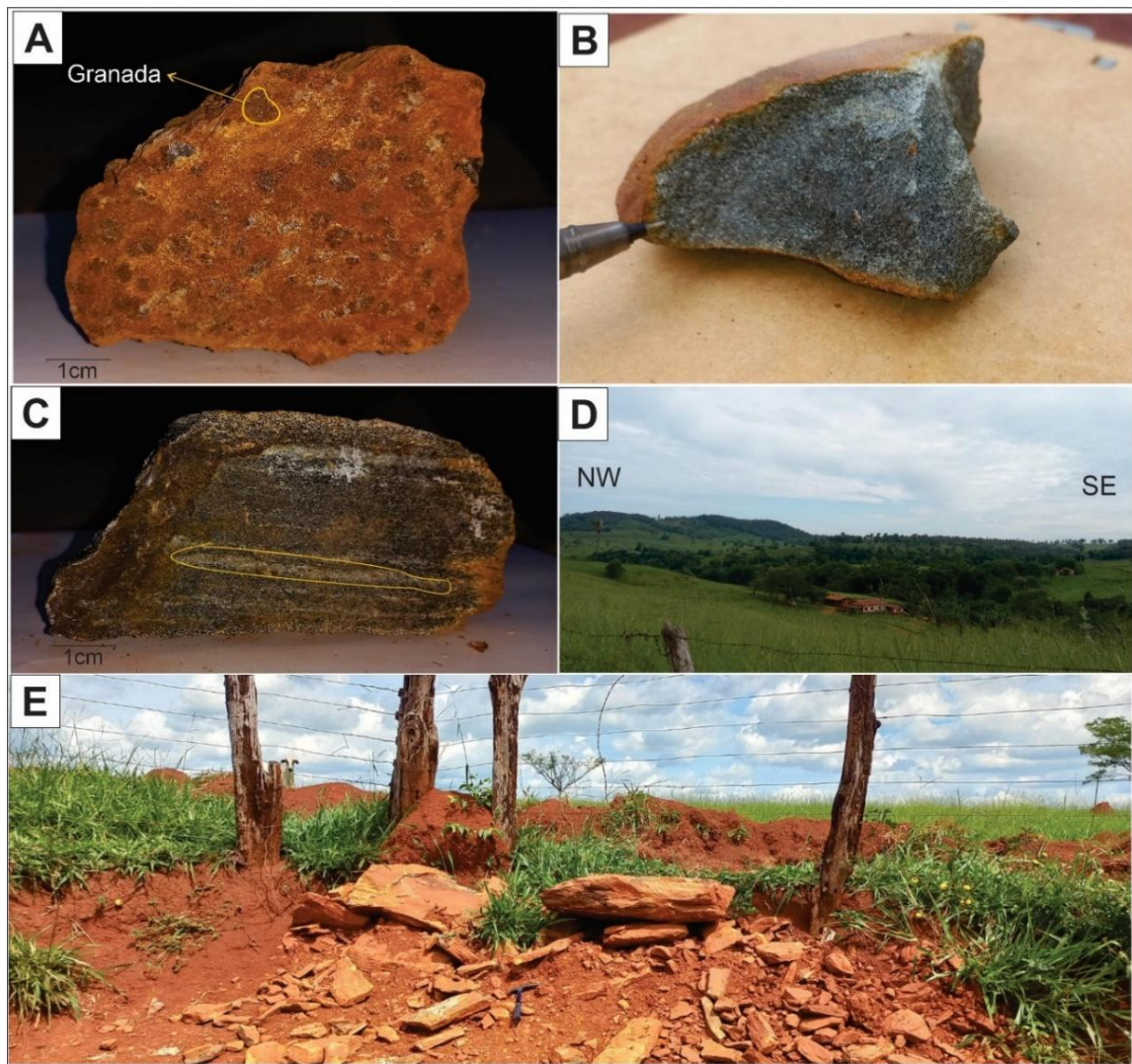
Fonte: O autor.

5.2.2. Anfibolito

O anfibolito (Figura 12 A a E) compõe aproximadamente 25% da área mapeada, ocorrendo na porção central e sudeste da área em formato de lentes com direção NW-SE, com medidas estruturais de xistosidade apresentando a mesma direção das lentes. O anfibolito demonstra diferenças quanto a estrutura e textura, podendo estar relacionado a sua posição na lente, estando mais orientado próximo da borda do corpo e isotrópico para a região central,

assim demonstrando a heterogeneidade de um mesmo corpo em relação aos esforços tectônicos compressivos.

Figura 12: Forma de afloramento, forma de relevo e amostras do anfibolito. A) LV-15 coordenadas (224446, y: 7957508) – Amostra de granada anfibolito alterado, evidenciando granadas de tamanho médio a grosso. B) LV-07 coordenadas (x: 222688, y: 7958042) – Amostra de anfibolito isotrópico. C) LV-36 coordenadas (x: 219612, y: 7959764) – Amostra de anfibolito anisotrópico marcada pela alternância da hornblenda com minerais granulares (quartzo + plagioclásio), realçados pela marcação amarela. D) LV-21 coordenadas (x: 224509, y: 7955649) – Morrote de anfibolito na direção NW-SE. E) LV-37 coordenadas (x: 219776, y: 7959583) – Forma de afloramento em blocos e matacões e evidencia da coloração avermelhada da alteração do anfibolito.



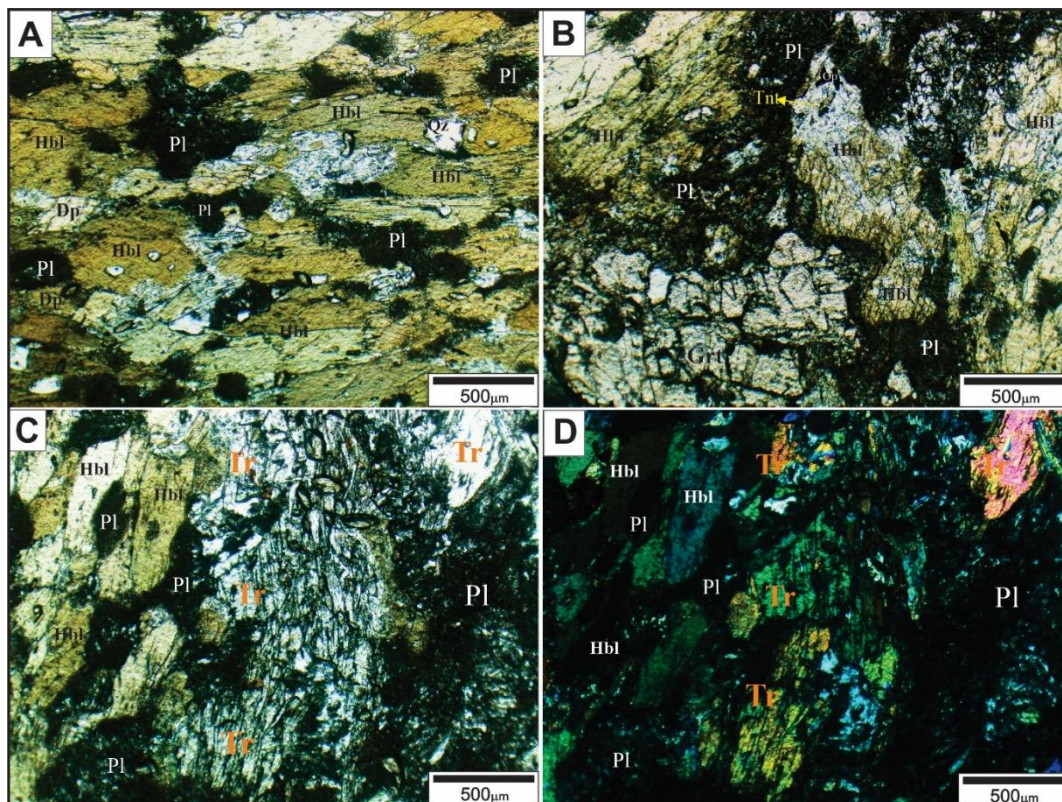
Fonte: O autor.

Os afloramentos, blocos e matacões encontram-se bem preservados (Figura 12-E), comumente na porção mais alta do relevo. Quando intemperizado, o anfibolito apresenta uma coloração ocre e solos avermelhados, podendo desenvolver solos bem evoluídos como o

argissolo e solos de menor grau de desenvolvimento como neossolos. Este litotipo está situado em morrotes extensos de topos convexos com maior declive (Figura 12-D).

A rocha apresenta coloração verde escuro a acinzentado, com os minerais em sua maioria bem preservados. A composição mineralógica, estrutura e textura dos anfibolitos encontrados são distintas entre si. Contudo, buscando compreender quais minerais compõe o anfibolito da área, foi realizado a análise petrográfica (Figura 13 A a D) de uma amostra retirada do ponto 36 (x: 219612; y: 7959764).

Figura 13: Fotomicrografias do anfibolito anisotrópico. Lâmina GA-LV-36. A) Cristais de hornblenda (Hbl), plagioclásio (Pl), quartzo (Qz) e diopsídio (Dp) orientados. B) Seção com destaque para granada subédrica e cristal fino de titanita. C) Seção com destaque para cristal médio de tremolita subédrica no centro da figura. D) Seção com destaque para a tremolita sob nicóis cruzados, evidenciando sua birrefringência.



Fonte: O autor.

A rocha é composta por hornblenda (50%), plagioclásio (40%), quartzo (3%), titanita (3%), tremolita (2%), diopsídio (2%) e granada, que demonstra nos anfibolitos da área variação de fina a muito grossa (Figura 12-A). Quanto a estrutura, foi encontrado litotipos ocorrendo de duas formas distintas: Forma isotrópica, região centrais das lentes (Figura 12-B) e anisotrópica, devido ao efeito borda-centro nas lentes anfibolíticas, onde próximas a borda formam-se

bandas composicionais marcadas pela alternância dos cristais de quartzo + oligoclásio e hornblenda (Figura 12-C) (marca de anisotropia). A textura varia de fina a grossa, com cristais em sua maioria equidimensionais, porém em geral é granonematoblástica devido ao hábito prismático da hornblenda e granular do quartzo, granada e plagioclásio.

A hornblenda ocorre como cristais subédricos prismáticos e pontualmente granulares de forma equidimensional com tamanho médio de 0,7mm. Exibe um pleocroísmo variando de verde claro – marrom claro – incolor (Figura 13 A). Ocorre orientada em forma de bandas, em alternância com cristais de plagioclásio e grãos de quartzo, e seu contato varia de retilíneo a sinuoso. Pontualmente ocorrem processos de oxidação na forma de óxidos de Fe.

O oligoclásio exibe formato anédrico, com dimensões que variam de 0,1mm a 1,5mm e contatos serrilhados e sinuosos. Alguns cristais encontram-se inclusos em hornblendas, porém é comum ocorrer como agregados. Processos de saussuritização e sericitização são comuns em todos os cristais, apagando evidências de geminação (Figura 13 C – D)

A titanita ocorre como inclusões na hornblenda, apresentando formato granular, subédrico, com tamanho médio de 0,05mm de diâmetro e contatos sinuosos (Figura 13 B)

Os cristais de quartzo aparecem com hábito anédrico, granular, com tamanho médio de 0,1mm. Apresentam contato sinuoso com os demais cristais. É comum a ocorrência de quartzo como pequenos cristais granulares entre os cristais de hornblenda e oligoclásio (Figura 13 A).

A tremolita ocorre como cristais subédricos, fibrosos, com tamanho que varia de 0,2mm a 0,5mm. Apresentam contato retilíneo a esgarçados entre si e sinuoso com os demais cristais. A ocorrência se dá em agregados junto a pequenos cristais de hornblenda e junto a aglomerados de oligoclásio (Figura 13 C)

O diopsídio encontra-se subédrico, prismático, com tamanho que varia de 0,5mm a 1,0mm. Apresenta contato lobulado a serrilhado com os outros minerais. É comum a ocorrência em meio aos agregados de oligoclásio (Figura 13 A).

A granada ocorre como um único grão subédrico, granular, com tamanho de 1 mm. Apresenta contato sinuoso com o oligoclásio e caráter poiquilítico, com inclusões relacionadas ao oligoclásio (Figura 13 B).

5.3. Complexo Monte Carmelo – Granito Douradoquara

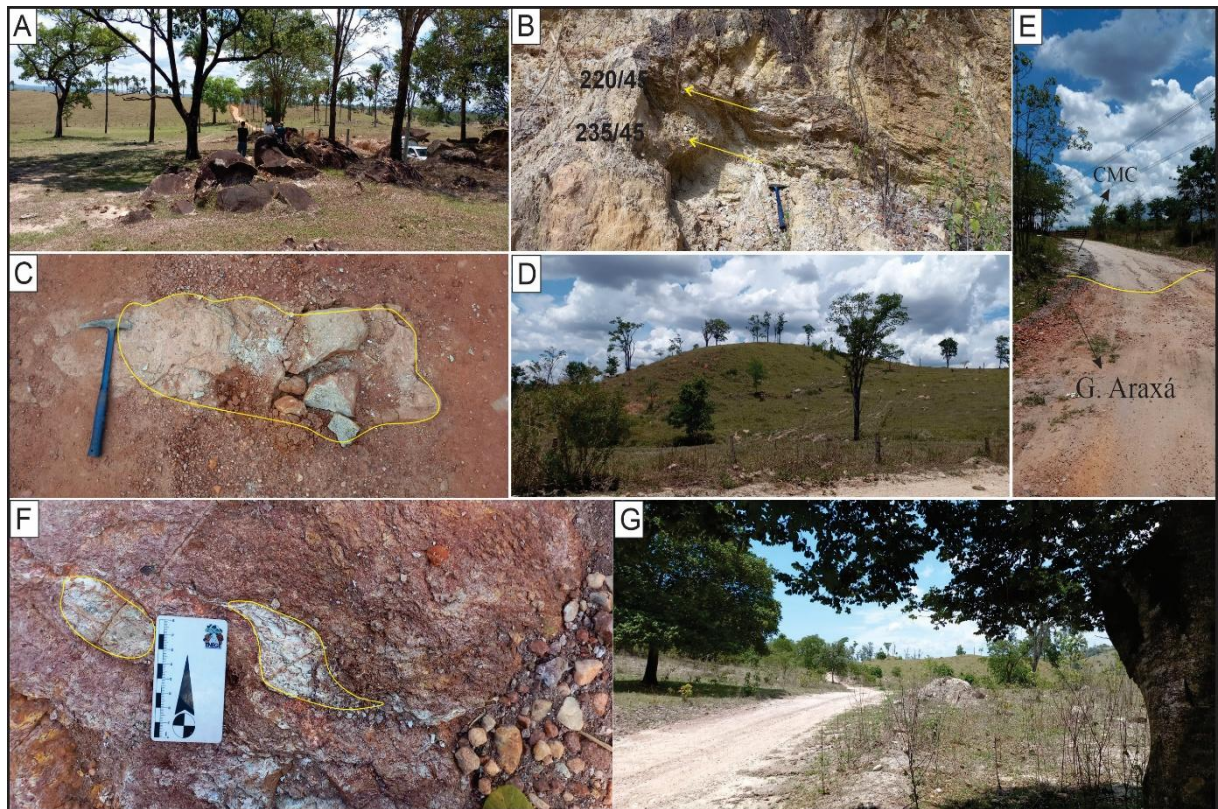
O Granito Douradoquara está localizado na porção centro-sul e representa cerca de 7% da área mapeada, possuindo aproximadamente 3,16 km², com forma alongada na direção E-W. O granito aflora como blocos, matacões arredondados (Figura 14 - A), pontualmente como um paredão rochoso em um corte de estrada próximo ao rio Perdizes e em quebras de relevo ao longo da vertente.

De maneira geral, as amostras de mão do Granito Douradoquara apresentam-se bem preservadas, exibindo foliação secundária marcada em escala de afloramento, demonstrando direção preferencial para NW-SE (Figura 14 - B), por minerais placoides e pela recrystalização do quartzo visto em escala microscópica. A formação da foliação secundária no Granito Douradoquara provavelmente se deu devido a altas tensões e temperatura elevada ocorrente durante o regime sin-tectônico no momento de sua intrusão. Quanto ao contato com os litotipos associados ao Grupo Araxá, se dá de maneira intrusiva (Figura 14 – C e F). A deformação sin-colisional que ocorreu no Granito Douradoquara o deformou intensamente ao longo de todo o corpo granítico.

O relevo representativo do Granito Douradoquara se dá por pequenos morrotes moderadamente dissecados a vertentes mais aplainadas (Figura 14 - D). Nas adjacências destes afloramentos, encontram-se solos com tonalidades esbranquiçadas a bege, resultado do intemperismo dos corpos graníticos (Figura 14 – E - G). A diferença de tonalidade entre os solos foi um critério auxiliar para inferir contatos litológicos. Os solos da área podem ser classificados como cambissolo a neossolo litólico.

As rochas oriundas do Granito Douradoquara são caracterizadas por possuir duas colorações mais marcantes, que variam de cinza mais escuro a esverdeado e cinza esbranquiçado (Figura 15 B – E). Detêm também índice de coloração hololeucocrático e textura fanerítica. São inequigranulares (Figura 15 – F) com tamanho de grão variando de fino a médio, pontualmente com grãos de até 5 mm (Figura 15 – C). Os granitos se mostram anisotrópicos, evidenciado por um bandamento de coloração distinta formado pelos minerais placoides como clorita e epidoto. (Figura 15 – A).

Figura 14: Formas de afloramento, geomorfologia, relação de contato, solos típicos e estruturação do Granito Douradoquara. A) LV-06 (x: 223381; y: 7958024) – Forma de afloramento em blocos e matacões. B) LV-28 (x: 220765; y: 7957678) – Estrutura foliada do GD, com medidas em clar (220/45 e 232/45). C) LV-13 (x: 223889; y: 7958157) – Blocos graníticos intrudidos (realçados pela linha amarela) em meio ao xisto. D) LV-10 (x: 221520; y: 7957569) – Geomorfologia típica do GD representada por pequenos morrotes. E) LV-09 (x: 222263; y: 7957523) – Diferença de coloração entre o solo do Grupo Araxá e CMC. F) LV-35 (x: 219235; y: 7959196) – Injeção granítica, formando estruturas de sigmoide em meio ao xisto. G) LV-10 (x: 221520; y: 7957569) – Solo esbranquiçado típico da alteração do GD.



Fonte: O autor.

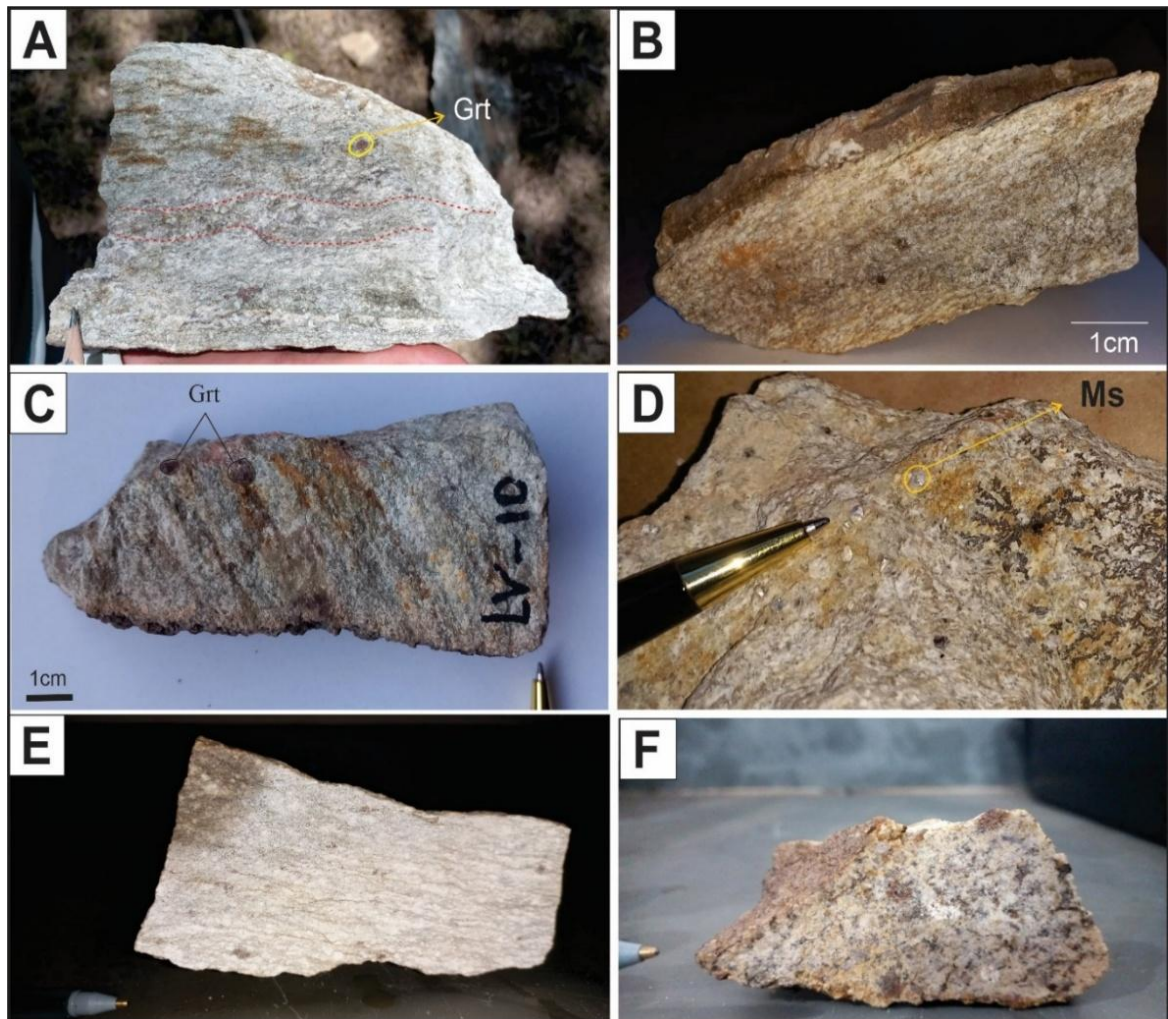
A composição geral destas rochas é de quartzo, oligoclásio, microclínio, biotita, granada e em algumas amostras muscovita, evidenciado apenas na fácies cinza esbranquiçado inequigranular. (Figura 15 – D). A presença de minerais aluminosos evidenciados pela granada e muscovita, refletem o caráter peraluminoso do Granito Douradoquara, desta forma classificado como granito tipo – S.

A partir das descrições realizadas nas amostras do Granito Douradoquara, pôde-se realizar a composição modal e os diferenciar quanto aos tipos de granito (Figura 16), onde o predomínio foi de monzogranito, e, localmente, granodiorito.

A partir das suas características de coloração e composição mineralógica, o Granito Douradoquara foi dividido em duas fácies distintas (Tabela 2 - 3): A Fácies cinza, representada pelo monzogranito com granada e biotita (LV-06), biotita monzogranito com granada (LV-09 e LV-10) e granodiorito com granada e biotita (LV-23); e a Fácies cinza esbranquiçado, representada por: monzogranito com muscovita e biotita (LV-13), monzogranito com biotita, muscovita e granada (LV-26) e muscovita-biotita monzogranito com granada (LV-27).

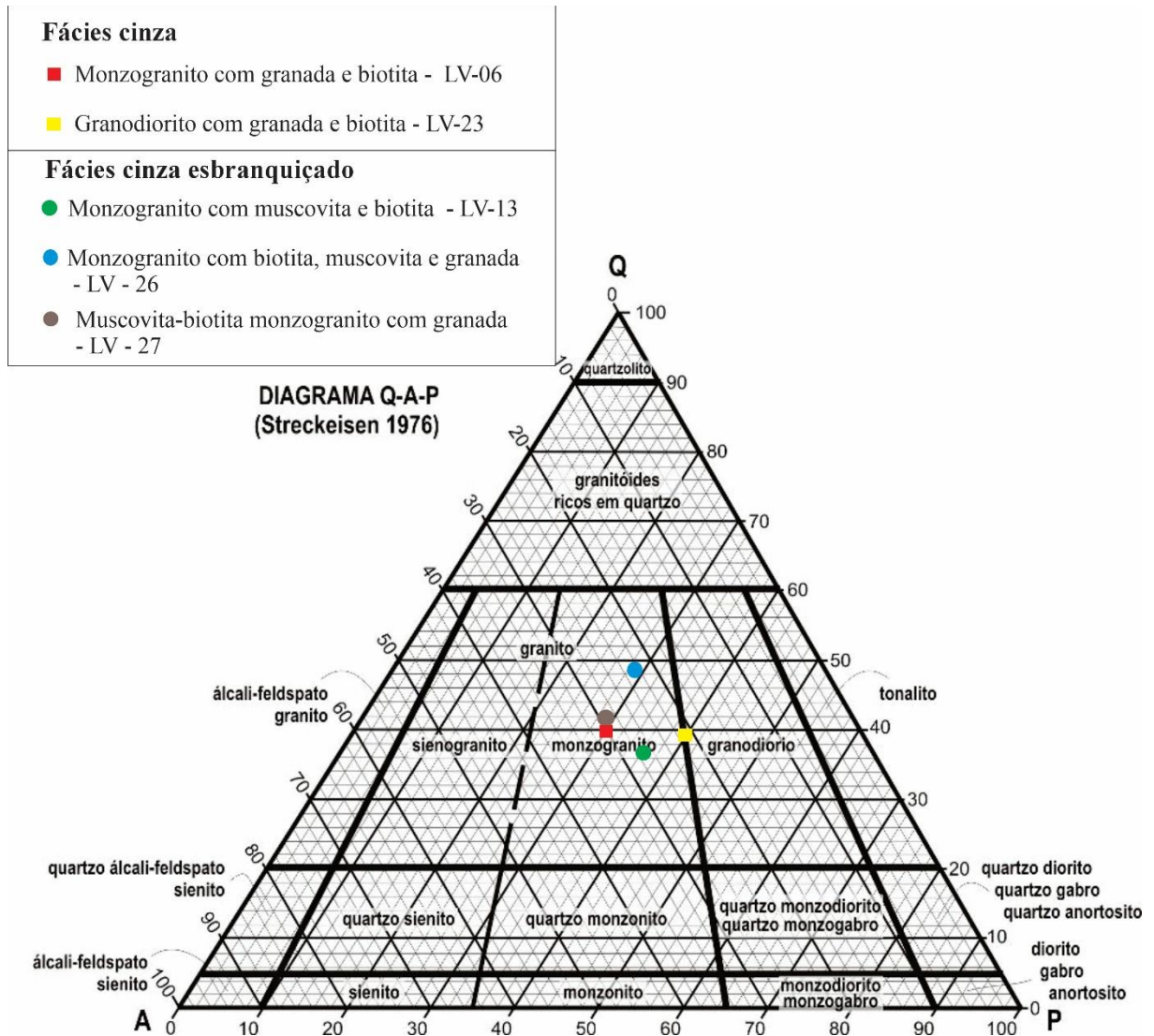
A principal diferença entre as fácies é a presença de muscovita primária na fácies cinza esbranquiçado, havendo neste caso, muscovita primária subédrica a euédrica, possivelmente por uma maior concentração de alumínio ou maior atividade de água nestas zonas e em contrapartida apenas a presença de muscovita secundária oriundas de processos de alteração que formam pequenas lamelas sericíticas na outra fácies.

Figura 15: Amostras de mão do Granito Douradoquara evidenciando suas características texturais e de estrutura. A) LV-06 – Granito cinza com estrutura anisotrópica (evidenciado pelo pontilhado vermelho). B) LV-23 – Granito de coloração cinza e estrutura anisotrópica. C) LV-10 – Amostra com destaque para granada de tamanho aproximado em 5mm. D) LV-13 – Amostra com destaque para muscovita secundária, ocorrendo próxima ao óxido de manganês dendrítico. E) LV-26 – Amostra de granito cinza esbranquiçado. F) LV-27 – Amostra de granito cinza esbranquiçado com cristais inequigranulares.



Fonte: O autor.

Figura 16: Diagrama QAP. Classificação do Granito Douradoquara. As fácies estudadas ficaram no campo do monzogranito e uma amostra no campo entre monzogranito e granodiorito.



Fonte: Modificado e adaptado de Streckeisen (1976).

5.3.1. Fácies cinza

Esta fácies aflora nas porções centrais e leste do corpo granítico na forma de matacões. É representada por rochas de coloração acinzentada e cristais finos (Figura 17 A, B, C e D), exceto por grãos de granada que chegam a atingir tamanhos médios. A estrutura é anisotrópica, marcada pelos minerais de alteração e porções de oligoclásio e microclínio orientados (Figura 17 – D). A textura é fanerítica, holocristalina, hololeucocrática, ora xenomórfica, ora hipidiomórfica e inequigranular.

A partir das descrições das lâminas (Figura 16), é possível apontar a presença de monzogranito e, pontualmente, de um granodiorito. Os resultados obtidos a respeito da composição modal resultaram nas seguintes porcentagens mineralógicas médias: quartzo (30 – 35%), microclínio (20 – 30%), oligoclásio (25 – 40%), biotita (2 – 5%) e granada (1 – 3%).

Tabela 2: Tabela com informações gerais da fácies cinza.

Unidade Granito Douradoquara				
Fácies	Fácies cinza inequigranular			
Amostra/Lâmina*	CMC - LV - 06*	CMC - LV - 09	CMC - LV - 10	CMC - LV - 23*
Estrutura	levemente anisotópica	anisotrópica	anisotrópica	levemente anisotrópica
Textura	fanerítica, holocristalina e xenomórfica	fanerítica e holocristalina	fanerítica e holocristalina	fanerítica, holocristalina e hipiodiomórfica
Granulação	inequigranular fina a média (0,1 - 1,2 mm)	inequigranular fina	inequigranular fina com fenocristal de granada (5 mm)	inequigranular fina a média (0,05 - 1,2 mm)
Descrição	Rocha de coloração cinza, anisotrópica marcada pela biotita e cristais de alteração. Possui cristais isolados de granada.	Rocha de coloração cinza marcada por finas bandas de biotita intercaladas com cristais quartzo-feldspáticos.	Rocha de coloração cinza esverdeado, anisotrópico com fenocristal de granada.	Rocha de coloração cinza escuro, levemente anisotrópica marcada por cristais de alteração. Possui cristais isolados de granada.
Índice de cor	hololeucocrática	hololeucocrática	hololeucocrática	hololeucocrática
Minerais Félsicos (%)				
Quartzo	35	≈ 30 - 35	≈ 30 - 35	35
Microclínio	30	≈ 25 - 30	≈ 25 - 30	20
Oligoclásio	30	≈ 25 - 30	≈ 25 - 30	40
Minerais Claros pesados (%)				
Muscovita	-	-	-	-
Minerais Escuros Pesados				
Biotita	2	≈ 3 - 5	≈ 3 - 5	2
Granada	3	≈ 2	≈ 1 - 2	3
Minerais acessórios				
Zircão	-	-	-	Tr
Monazita	Tr	-	-	-
Rutilo	-	-	-	-
Minerais Secundários	Minerais opacos, epidoto, sericita, muscovita, biotita e clorita			
Classificação da Rocha	Monzogranito com granada e biotita	Biotita monzogranito com granada	Biotita monzogranito com granada	Granodiorito com granada e biotita

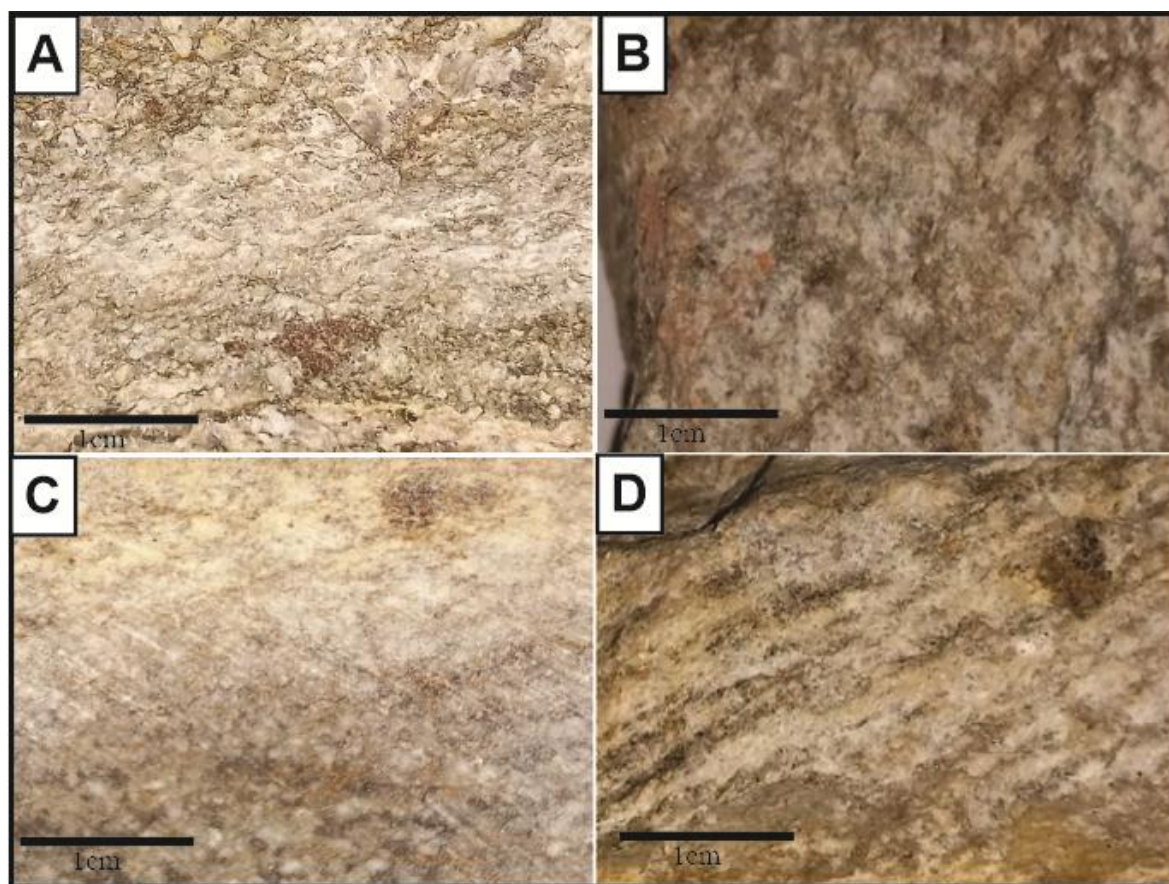
Fonte: O autor.

Tabela 3: Tabela com informações gerais da fácies cinza esbranquiçado.

Unidade Granito Douradoquara			
Fácies	Fácies cinza esbranquiçado inequigranular		
Amostra/Lâmina*	CMC - LV - 13*	CMC - LV - 26*	CMC - LV - 27*
Estrutura	anisotrópica	anisotrópica	anisotrópica
Textura	fanerítica, holocristalina e hipiodiomórfica	fanerítica, holocristalina e xenomórfica	fanerítica, holocristalina e hipiodiomórfica
Granulação	inequigranular fina a média (0,03- 1,2 mm)	inequigranular fina (0,04 - 0,6 mm)	inequigranular fina a média (0,05 - 2,75 mm)
Descrição	Rocha de coloração cinza esbranquiçada e anisotrópica. Possui muscovita secundária e óxido de mangânes com estrutura dendrítica.	Rocha de coloração esbranquiçada e anisotrópica marcada por cristais de alteração. Em amostra de mão encontram-se cristais médios de granada (4 - 6 mm)	Rocha de coloração esbranquiçada e anisotrópica marcada pelos minerais placoides.
Índice de cor	hololeucocrática	hololeucocrática	hololeucocrática
Minerais Félsicos (%)			
Quartzo	30	40	30
Microclínio	30	25	25
Oligoclásio	35	30	25
Minerais Claros pesados (%) Muscovita	3	1	10
Minerais Escuros Pesados			
Biotita	2	3	7
Granada	-	1	3
Minerais acessórios			
Zircão	Tr	-	Tr
Monazita	Tr	-	Tr
Rutilo	-	-	Tr
Minerais Secundários	Minerais opacos, epidoto, sericita, muscovita, biotita e clorita		
Classificação da Rocha	Monzogranito com muscovita e biotita	Monzogranito com biotita, muscovita e granada	Muscovita-biotita monzogranito com granada

Fonte: O autor.

Figura 17: Foto macroscópica das rochas associadas a fácies cinza. A) LV-06. B) LV-10. C) LV-23. D) LV-09 – Estrutura anisotrópica é facilmente visível pela alternância dos minerais em bandas.



Fonte: O autor.

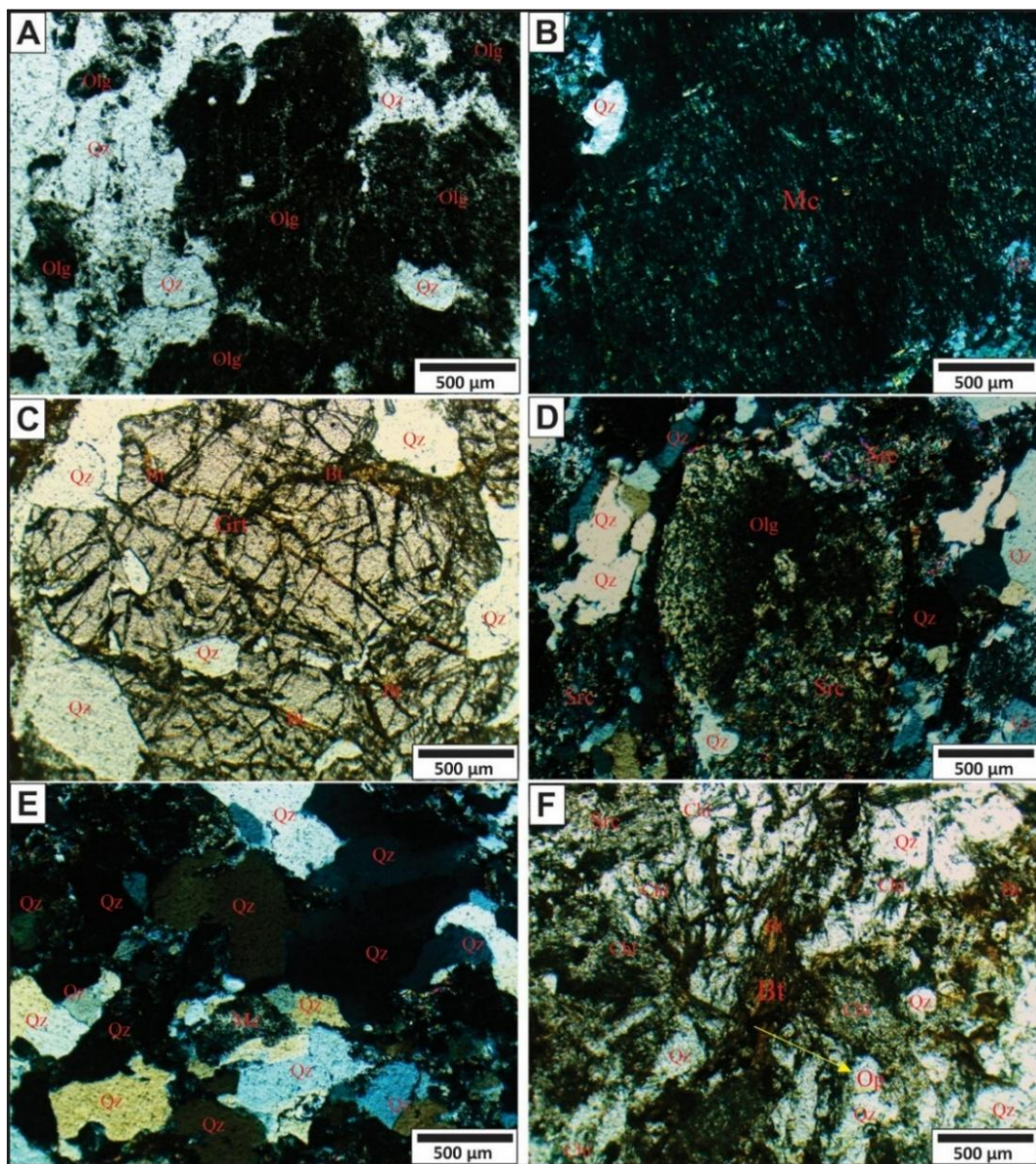
Os minerais de alteração são representados por agregados lamelares de sericita e clorita, minerais opacos (principalmente consumindo a borda da biotita), epidoto, muscovita secundária e biotita secundária, especialmente relacionadas ao consumo da granada. Os minerais acessórios ocorrem como pequenos cristais de zircão e monazita.

O quartzo encontra-se como agregados granulares com formato anédrico a subédrico e estirados devido a recristalização de alguns cristais. Apresenta contato sinuoso a serrilhado com os minerais adjacentes. Seu tamanho varia de 0,05 a 0,6 mm, sua extinção é majoritariamente ondulante e ocasionalmente pode ocorrer como inclusões em minerais maiores de granada (Figura 18 - C), oligoclásio e microclínio.

O microclínio presente nos litotipos da fácies cinza encontra-se intensamente alterado, sendo parcialmente substituído por agregados finos de sericita, que mascaram as feições ópticas primárias do feldspato, obliterando sua textura de geminação cruzada em boa parte dos cristais

presentes. Os cristais são anédricos a subédricos, possuem tamanho que varia de 0,3 a 1 mm e apresentam contato serrilhado e sinuoso com os cristais de quartzo e oligoclásio (Figura 18 – B).

Figura 18: Fotomicrografias da fácies cinza, lâminas LV-06 e LV-23. A) Cristal de oligoclásio subédrico em processo de sericitização. B) Cristal de microclínio alterado com geminação marcada pelas acículas de sericita. C) Cristal subédrico de granada com inclusões de quartzo e porções consumidas por biotita secundária. D) Cristal muito alterado de oligoclásio em processo de sericitização. E) Agregado anisotrópico de grãos de quartzo anédricos. F) Biotita subédrica com borda consumida por minerais opacos e formação de acículas de clorita, virtude da sua alteração.



Fonte: O autor.

O oligoclásio encontra-se bastante afetado por processos de sericitização e muscovitização, ausentando a macla polissintética da maioria dos cristais. Os grãos são anédricos e pontualmente subédricos, com dimensão que varia de 0,3 a 1,2 mm. O contato com os cristais de quartzo, microclínio, granada e biotita ocorrem de forma serrilhada, sinuosa e pontualmente lobular. É comum a inclusão de quartzo e a passagem para lâminas de sericita em suas bordas.

A biotita aparece ocasionalmente com forma anédrica e subédrica, hábito lamelar e como cristais aciculares. O tamanho varia de 0,1 a 0,5 mm e apresentam contatos sinuosos e serrilhados. Seu pleocroísmo variam entre tons amarronzados e suas bordas mostram sinais de consumo para minerais opacos e alteração para pequenas lâminas de clorita. É comum a presença de pequenos cristais de monazita associados a biotita.

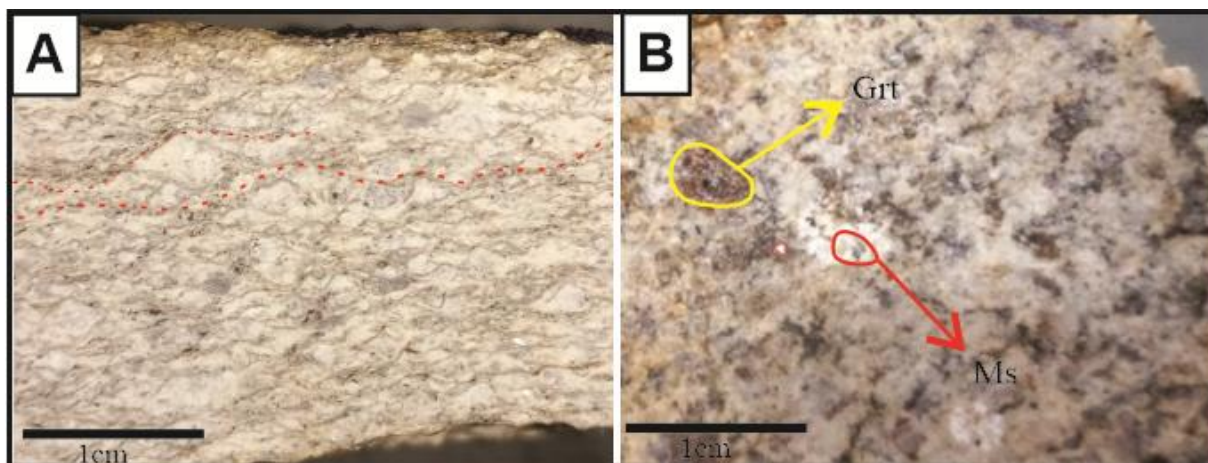
A granada ocorre como cristais subédricos com dimensão que varia de 0,3 a 1,2 mm. O contato é lobulado a sinuoso e pontualmente encontra-se retilíneo. É comum a presença de biotita secundária com hábito lamelar devido a processos de alteração da passagem da granada para biotita (Figura 18 – C), minerais opacos e quartzo granular nos interstícios.

Os minerais de alteração aparecem como pequenas lâminas de sericita que não passam de 0,03 mm e ocorrem em meio a massas de alteração presente nos cristais de oligoclásio e microclínio; O epidoto ocorre pontualmente em cristais maiores de oligoclásio, demonstrando forma subédrica e tamanho médio de 0,1 mm. A biotita secundária ocorre como alteração das granadas, com dimensão de 0,3 mm, contato retilíneo, forma euédrica e hábito lamelar. Já os minerais opacos são subédricos de até 0,2 mm. Por fim, a muscovita secundária é resultado da alteração do microclínio e oligoclásio e apresenta hábito lamelar, dimensão aproximada de 0,1 mm e contato sinuoso.

5.3.2. Fácies cinza esbranquiçado

Esta fácies ocorre na porção oeste do corpo granítico e pontualmente em um afloramento isolado (CMC–LV–13) intrudido no quartzo-muscovita biotita xisto com granada. São rochas esbranquiçadas com cristais predominantemente finos, exceto por muscovita e granada que podem atingir o tamanho médio (Figura 19 – B). A textura é fanerítica, holocristalina, hololeucocrática, inequigranular e predominantemente hipidiomórfica. Já a estrutura é anisotrópica, marcada por pequenas bandas de minerais de alteração (Figura 19-A).

Figura 19: Foto macroscópica das rochas associadas a fácies cinza esbranquiçado. A) LV – 13 – Minerais orientados realçados pelo tracejado vermelho. B) LV – 27 – Granada e muscovita realçada pela marcação amarela e vermelha respectivamente.



Fonte: O autor.

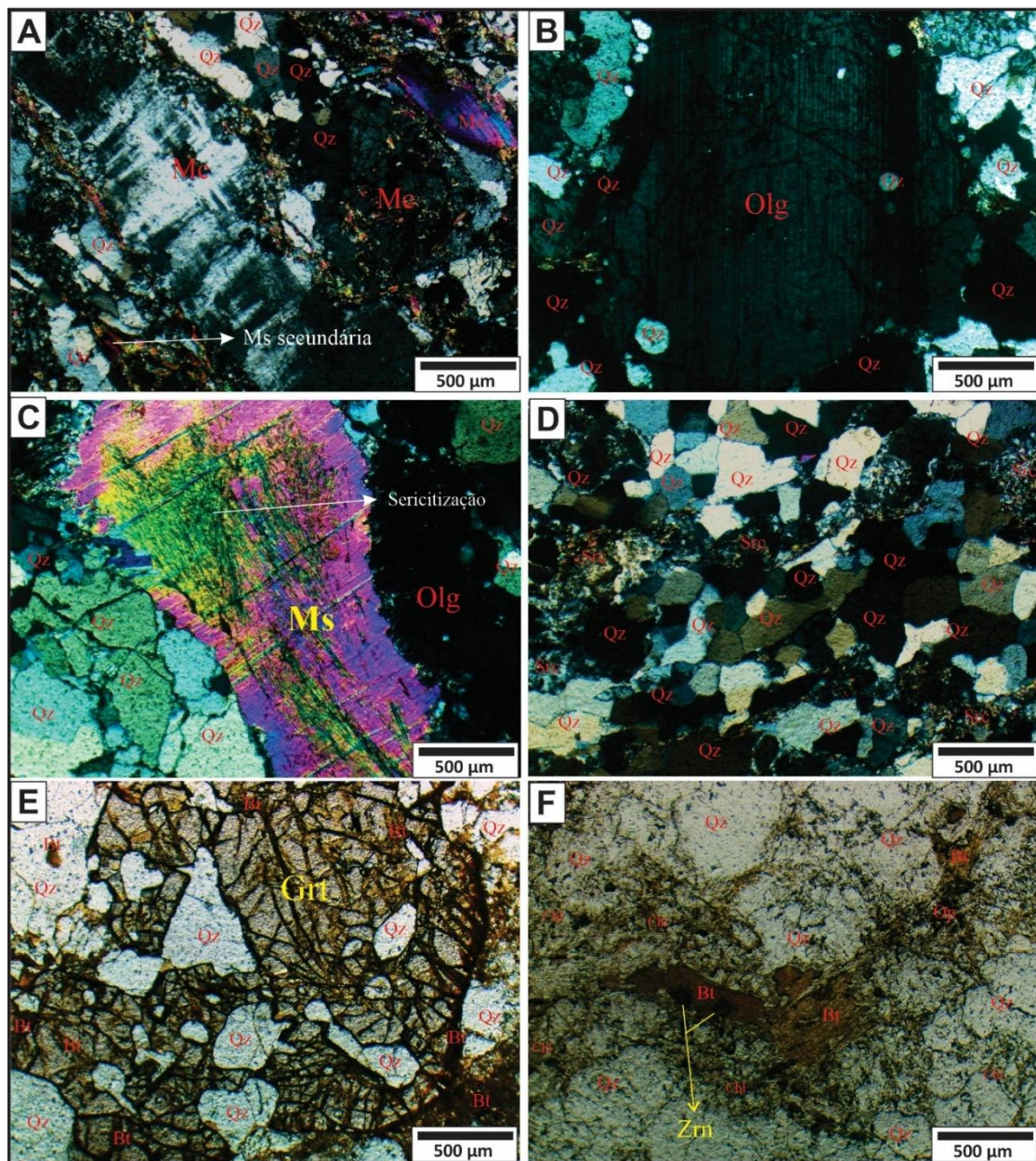
O monzogranito é determinado como rocha típica desta fácies. Os resultados obtidos a respeito da composição modal resultaram nas seguintes porcentagens mineralógicas médias: quartzo: (30 – 40%), microclínio: (25 – 30%), oligoclásio (25 – 35%), muscovita (1 – 10%), biotita (2 – 7%) e granada (1 – 3%).

Os minerais secundários se assemelham aos da fácies cinza, representados por agregados lamelares e aciculares de sericita e clorita, minerais opacos, epidoto, muscovita secundária e biotita secundária. Já os minerais acessórios são constituídos por zircão, monazita e rutilo, que ocorre em forma de acículas dentro dos cristais de biotita.

O quartzo ocorre como agregados granulares com formato anédrico (Figura 20 – D), por vezes apresentando extinção ondulante. O tamanho dos grãos varia de 0,04 a 0,5 mm. Já o contato varia entre serrilhado e sinuoso. É comum os grãos ocorrerem como inclusões e apresentar inclusões fluidas em suas bordas.

O microclínio aparece de duas formas: totalmente consumido por processos de sericitização/muscovitização e parcialmente preservados. Quando alterados, não é possível observar geminação em grade e pequenas acículas de sericita predominam, porém quando encontram-se preservados, é comum geminação em grade (Figura 20 – A). Os cristais são subédricos com granulação variando entre 0,3 e 1,2 mm, seus contatos são serrilhados e sinuosos. É comum inclusões de quartzo e biotita no interior de alguns cristais.

Figura 20: Fotomicrografias da fácies cinza esbranquiçado, lâminas LV-13, LV-26 e LV-27. A) Seção demonstrando cristal de microclínio com geminação em grade e muscovita primária e secundária. B) Cristal de oligoclásio ao centro com inclusões de quartzo granular. C) Cristal de muscovita primária com processo de sericitização em seu interior. D) Seção com agregados de quartzo anédricos granulares. E) Granada com inclusão de quartzo e presença de biotita secundária nas bordas. F) Biotita primária com inclusão de zircão e alteração para minerais opacos e clorita.



Fonte: O autor.

O oligoclásio, quando visto em processo de alteração, é composto em seu interior por massas de sericita que podem formar bandas devido a processos de deformação. Preservado, os cristais são encontrados com a geminação polissintética (Figura 20 – B). São subédricos, com

dimensão estimada entre 0,25 e 1,6 mm e com contatos sinuosos, serrilhados e pontualmente engrenados.

A muscovita é encontrada com hábito lamelar, forma subédrica a euédrica e com contato entre os minerais de maneira sinuosa a serrilhada. A dimensão varia de 0,1 a 2,75 mm, porém mantém uma média de tamanho em 0,8 mm. É comum processos de sericitização no interior dos cristais maiores de muscovita formando pequenas lamelas de sericita (Figura 20 – C). Pontualmente podem apresentar extinção ondulante.

A biotita aparece com formato euédrico a subédrico, hábito placoide, com dimensão que varia de 0,1 a 0,6 mm e contatos sinuosos a retilíneos. Demonstra pleocroísmo que varia de marrom claro a marrom escuro. É comum encontrar sinais de consumo em volta dos cristais, indicando passagem para minerais opacos, também é visto clorita associada a biotita como forma de alteração (Figura 20 – F). Halo pleocróico de zircão e monazita são vistos pontualmente nestes cristais, apresentando dimensão inferior a 0,03 mm. Alguns cristais de biotita ocorrem com rutilo incluído, apresentando hábito acicular e tamanho médio de 0,03 mm.

A granada ocorre como cristais anédricos a subédricos que variam a granulação entre 0,2 e 2,4 mm. Os cristais encontram-se com inclusão de quartzo e possuem alteração para biotita secundária e minerais opacos em sua borda (Figura 20 – E).

Os minerais de alteração desta fácies estão relacionados a processos de sericitização em cristais maiores de muscovita, oligoclásio e microclínio (Figura 20 – A e C), formando pequenos cristais de muscovita secundária e agregados de lâminas de sericita que não ultrapassam de 0,05 mm. A clorita ocorre pela alteração da biotita pontualmente (Figura 18 – F). Os minerais opacos aparecem nas bordas da granada e da biotita (Figura 20 – E e F). Já o epidoto ocorre em meio aos cristais de oligoclásio e microclínio.

Os minerais acessórios aparecem através do rutilo como acículas de cristais finos com tamanhos inferiores a 0,03 mm, inclusive nos cristais de biotita e inclusões de monazita e zircão na biotita (Figura 20 – F).

5.4. Cobertura latossolizada

A cobertura latossolizada representa aproximadamente 13% da área mapeada, predominando na porção norte. O solo predominante destas áreas é o latossolo, que possui como características a coloração avermelhada, alto grau de desenvolvimento e profundidade, sendo

adequado em áreas planas com baixo grau de declividade (Figura 21 A e B). Na área, utiliza-se estas porções planas sem afloramento para cultivo agrícola de soja e para pecuária. Os afloramentos mais próximos desta área referem-se ao quartzo-muscovita-biotita xisto com granada, também em terrenos mais aplainados.

Figura 21: Regiões aplainadas com cobertura latossolizada. A e B) LV-Cobertura coordenadas (x: 220761, y: 7960088) – Cobertura latossolizada utilizada para plantio de soja e pecuária.



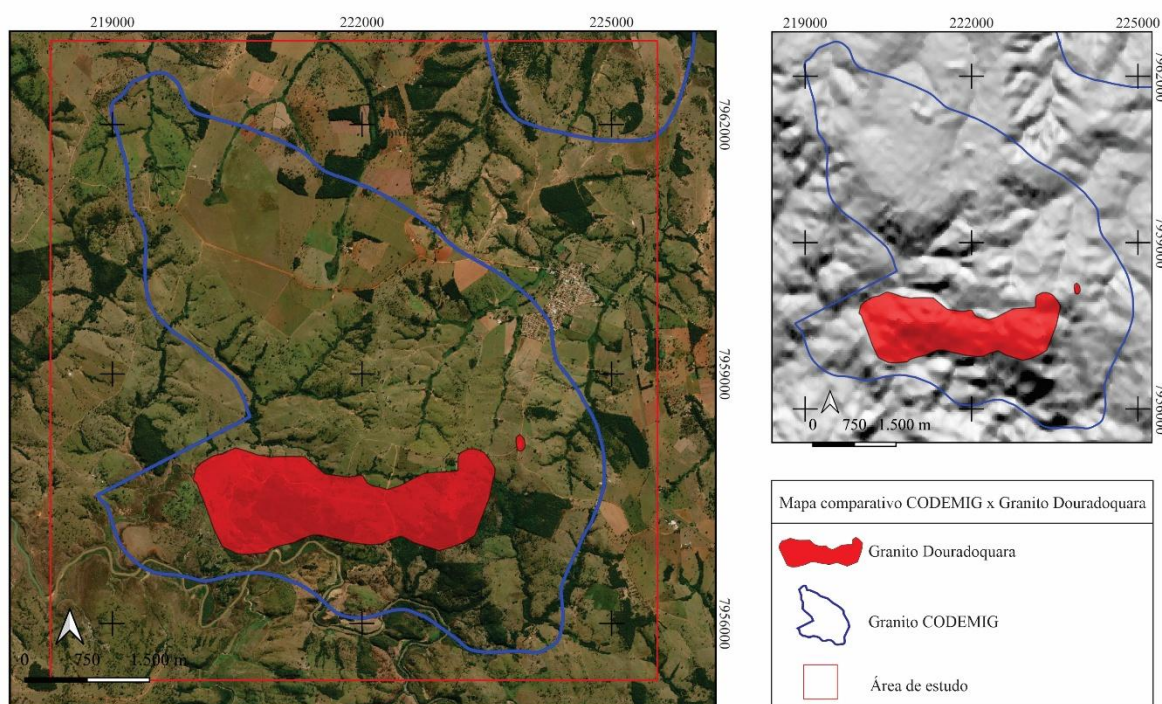
Fonte: O autor.

6. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O corpo granítico denominado Granito Douradoquara corresponde a uma intrusão granítica de pequena dimensão (aproximadamente 3,16 km²), localizada a oeste do município de Douradoquara – MG. Localizado no setor meridional da Faixa de Dobramentos Brasília e associado aos granitoides do Complexo Monte Carmelo, o corpo apresenta geometria alongada com orientação geral E-W, porém com foliação interna condicionada pelo *trend* regional NW-SE, o que reflete sua colocação sin-tectônica em relação ao contato e contexto deformacional com as rochas do Grupo Araxá.

Ressalta-se que o presente trabalho representa o primeiro mapeamento geológico em escala de detalhe (1:30.000) do Granito Douradoquara na região do município de Douradoquara – MG. Os mapeamentos anteriormente disponíveis, como o realizado pela CODEMIG (Folha Catalão – SE.23-Y-A-I, 2017), foram desenvolvidos em escala regional (1:100.000) e, embora fundamentais para o entendimento geológico regional, não permitiram a delimitação precisa dos limites do corpo granítico. A adoção de uma escala de maior detalhe, aliada à integração entre dados de campo, petrografia e aerogamaespectrometria, possibilitou a redefinição da geometria do Granito Douradoquara, evidenciando que sua área de ocorrência é significativamente menor do que a previamente mapeada, com predominância das rochas encaixantes do Grupo Araxá. O mapeamento em escala de detalhe indicou que a área real do Granito Douradoquara corresponde a aproximadamente 12,4% da área previamente delimitada, representando uma redução de cerca de 87,6% em relação ao valor anteriormente proposto. Através da figura 22, é possível observar a comparação de tamanho entre o corpo mapeado anteriormente e a real dimensão do Granito Douradoquara.

Figura 22: Mapa com comparativo entre o granito mapeado pela CODEMIG e o Granito Douradoquara.



Fonte: O autor.

A intrusão ocorre em meio a rochas metassedimentares e metamáficas do Grupo Araxá, sendo caracterizada por contatos predominantemente intrusivos, com desenvolvimento de bolsões quartzo-feldspáticos e injeções félsicas ao longo da foliação do quartzo-biotita-

muscovita xisto com granada, evidenciando o aproveitamento de estruturas e zonas de fraqueza durante o evento de deformação regional neoproterozoico.

Os dados aerogeofísicos (K, U, Th e composição ternária RGB) mostraram-se uma ferramenta importante na análise do Granito Douradoquara, no que se diz respeito à interpretação de sua geometria e limites. As respostas indicam que, de forma geral, o corpo apresenta valores elevados de tório e menos abundantemente urânio, associados à presença de minerais acessórios típicos de granitoides (zircão e monazita), além de respostas relativamente elevadas de potássio vinculadas à feldspatos potássicos e micas.

Contudo, pode-se observar que altas concentrações de K, U e Th não ocorrem exclusivamente dentro da área do Granito Douradoquara, mas também em setores externos ao corpo, especialmente em zonas com cobertura latossolizada, drenagens e solos mais desenvolvidos. Esses padrões podem estar relacionados a mobilização e concentração supergênica dos radionuclídeos durante processos de intemperismo, bem como a presença de minerais micáceos e argilominerais ricos em potássio nas rochas encaixantes do Grupo Araxá. Dessa maneira, a interpretação dos dados aerogeofísicos não pode ser feita de maneira isolada, sendo essencial sua integração com os dados de campo e laboratoriais.

As rochas encaixantes, representadas pelo quartzo-muscovita-biotita xisto com granada e pelos anfíbolitos, desempenham papel fundamental na compreensão da evolução do Granito Douradoquara. O xisto é composto por quartzo, muscovita, biotita, microclínio e granada, apresentando estrutura de xistosidade com orientação NW–SE. A presença de bolsões quartzo-feldspáticos em porções do quartzo-muscovita-biotita xisto com granada evidenciam a interação magmática-deformacional do líquido anatético granítico em sua estrutura, bem como sua relação intrusiva com o Granito Douradoquara. O anfíbolito, por sua vez, composto por hornblenda, plagioclásio, quartzo, titanita, tremolita, diopsídio e granada, se apresenta como lentes NW-SE, indicando um controle estrutural e tectônico semelhante ao do granito, reforçando a ideia de um regime sin-tectônico durante o regime compressivo deformacional.

O corpo granítico demonstra estar intensamente deformado, vide o caráter dos minerais orientados de maneira isotrópica e os bolsões quartzo-feldspáticos que indicam o cisalhamento sin-colisional. A evolução do Granito Douradoquara tem início em estágios de subducção profunda, ou seja, gerando um espessamento crustal sob tais colisões. Esse evento gerou as tensões e temperaturas necessárias para a fusão parcial da crosta em profundidade.

Sob este regime térmico e barométrico, a fusão de rochas metassedimentares pelíticas pré-existentes gerou um magma de composição peraluminosa, característico de granitoides do Tipo S. A herança dessa fonte crustal aluminosa reflete na assembleia mineralógica primária da rocha, marcada pela presença de biotita e granada. Nesse ambiente colisional, as altas tensões regionais orientadas alinharam-se ao evento de fusão e colocação do plúton, justificando a deformação contínua desde a fase magmática/milonítica até o metamorfismo retrógrado observado (principalmente dado pela cloritização da biotita primária).

Durante a etapa de campo foi possível reconhecer variações de composição e cor presente nas amostras coletadas, permitindo a subdivisão em duas fácies principais: fácies cinza inequigranular e fácies cinza esbranquiçado inequigranular. A fácies cinza predomina nas porções centrais e orientais do corpo e apresenta maior proporção de granada, coloração mais escuras e maior evidência de deformação e alteração hidrotermal, refletida pela intensa sericitização e cloritização. Já a fácies cinza esbranquiçado ocorre principalmente na porção oeste do corpo e em afloramentos isolados intrudidos nos xistos, apresentando maior abundância de muscovita primária e secundária com hábito lamelar bem definido, coloração mais clara e caráter mais leucocrático.

Para a diferenciação de biotitas e muscovitas primárias e secundárias no Granito Douradoquara, adota-se uma análise baseada em critérios texturais, morfológicos e relacionais observados em lâmina. As micas primárias caracterizam-se por cristais subedrais a euedrais que ocorrem junto ao arcabouço mineralógico da rocha. A muscovita primária apresenta cristais bem definidos, enquanto a biotita primária ocorre como lamelas bem individualizadas de cor castanho-escura a castanho-avermelhada, com pleocroísmo e por vezes, inclusões zircão, monazita ou rutilo. Já as micas secundárias, surgem associadas a processos de alteração e deformação regional. A muscovita secundária (sericita) manifesta-se como agregados microcristalinos e fibrosos gerados pela substituição de feldspatos, formando massas orientadas ao longo da lâmina. A biotita secundária ocorre em agregados de lamelas finas, recristalizadas e de tom castanho a preto, formando por vezes em volta de cristais de granada ou nas próprias biotitas primárias.

No geral, a mineralogia do corpo é constituída por quartzo (35%), microclínio (25-30%), oligoclásio (25-30%), granada (3%), biotita (2-7%), muscovita (0-10%), zircão, monazita, rutilo, minerais opacos, epidoto, sericita e clorita. As fácies de maneira geral se encontram iguais, de maneira anisotrópica e alterada, contudo, diferem quanto a presença ou não de muscovita. A presença de muscovita primária sugere que a fácies cinza esbranquiçado

cristalizou a partir de um magma mais enriquecido em voláteis, sugerindo uma maior interação com os xistos do Grupo Araxá ou uma zona pontual mais hidratada no sistema magmático.

Em síntese, o Granito Douradoquara corresponde a uma intrusão peraluminosa do tipo S, gerada por fusão crustal em ambiente colisional no contexto da Faixa Brasília Meridional. Sua colocação foi controlada pela estruturação do Grupo Araxá, resultando em um corpo foliado e alongado, associado às zonas de cisalhamento regionais. A preservação de estruturas ígneas originais (como megacristais e arranjos inequigranulares) justifica manter o nome cartográfico Granito Douradoquara. Contudo, já a presença de foliação milonítica, recristalização do quartzo e minerais retrógrados (clorita, sericita e epidoto) mostra que a rocha foi intensamente metamorfizada pela tectônica sin-colisional da Faixa de Dobramentos Brasília. Assim, do ponto de vista tectônico, trata-se de um meta-granito. Para o mapeamento geológico, o termo ideal é Granito Douradoquara (intensamente deformado ao longo de todo o corpo), unindo sua origem magmática as fortes evidências metamórficas e deformacionais.

Por fim, ressalta-se a necessidade de avançar com mapeamentos de detalhe, novas análises petrográficas em lâmina delgada e estudos geocronológicos e geoquímicos, fundamentais para reforçar o embasamento teórico e esclarecer com maior precisão a evolução tectônica da região.

Para o atual trabalho, a integração entre dados de campo, petrografia e aerogamaespectrometria permitiu delimitar o corpo, reconhecer suas fácies e esclarecer sua relação com as encaixantes, buscado contribuir para o entendimento da evolução magmática neoproterozoica do Complexo Monte Carmelo.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. **Províncias estruturais brasileiras: uma introdução**. Earth-Science Reviews, v. 17, p. 1–29, 1981.
- ALVES, F. M.; SILVA, É. R.; SILVA, A. B. **Atlas aerogeofísico do estado de Goiás. Goiânia, 2022**.
- BARBOSA, O. **Geologia do município de Araxá, Minas Gerais. Mineração e Metalurgia**, nov./dez., p. 247–248, 1937.
- BARBOSA, O. **O guia das excursões**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1955, São Paulo. Anais... São Paulo, 1955.
- BARBOSA, O. et al. **Projeto Brasília – Goiás. Brasília: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral; Prospec S.A., 1969. 225 p.**
- BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. B. R. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: DNPM/Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1970. (Boletim 136). 140 p.
- BROD, J. A. et al. **Tectonoestratigrafia da Faixa Brasília na região do Alto Paranaíba**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 3., 1991, Cuiabá. Anais... Cuiabá: SBG, 1991. p. 155–168.
- CODMIG – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. **Levantamento aerogeofísico de Minas Gerais: Área 7 – Patos de Minas–Araxá–Divinópolis. Belo Horizonte: Convênio CODMIG/CPRM–SGB, 2005. v. 11.**
- DARDENNE, M. A. The Brasília Fold Belt. In: CORDANI, U. G. et al. (org.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: International Geological Congress, 2000. p. 231–263.
- DICKSON, B. L.; SCOTT, K. M. **Interpretation of aerial gamma-ray surveys: adding the geochemical factors**. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, v. 17, 1997.
- FERREIRA, F. J. F. et al. **Gamaespectrometria aérea e sua aplicação na cartografia geológica**. In: Tópicos especiais em cartografia geológica. 2. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2016.

FONSECA, Marco Antônio; DARDENNE, Marcel Auguste; UHLEIN, Alexandre. **Faixa Brasília setor setentrional: estilos estruturais e arcabouço tectônico**. Revista Brasileira de Geociências, 1995.

FONSECA, M. A. **Estilos estruturais e o arcabouço tectônico do segmento setentrional da Faixa Brasília**. 1996. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M.; SILVA, L. J. H. D. **Compartimentação tectônica da porção oriental da Província Tocantins**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Camboriú. Boletim de resumos expandidos... Camboriú: SBG, 1994. p. 215–216.

PIAUILINO, P. F. **Estudo geoquímico e isotópico de anfibolitos e rochas metassedimentares da Sequência Metavulcanossedimentar Veríssimo e Grupo Araxá, Pires do Rio–GO**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

PIAUILINO, P. F.; HAUSER, N.; DANTAS, E. L. **From passive margin to continental collision: geochemical and isotopic constraints for E-MORB and OIB-like magmatism during the Neoproterozoic evolution of the southeast Brasília Belt**. *Precambrian Research*, v. 359, p. 105345, 2021.

PIMENTEL, M. M. et al. **The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc**. In: CORDANI, U. G. et al. (org.). *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro: International Geological Congress, 2000. p. 195–229.

PIMENTEL, Márcio Martins. **The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach**. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, n. Supl 01, p. 67-82, 2016.

PINHO, J. M. M. et al. **Geologia e recursos minerais das folhas Cabeceira Grande, Unaí, Ribeirão Arrojado, Serra da Aldeia, Serra da Tiririca, Paracatu, Guarda-Mor, Arrenegado, Coromandel, Lagamar, Monte Carmelo e Patos de Minas**. Belo Horizonte: CPRM, 2017. Escala 1:100.000.

SEER, H. J. **Evolução tectônica dos Grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá**. 1999. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1999. 267 p.

SEER, H. J. et al. **O Grupo Araxá em sua área-tipo: um fragmento de crosta oceânica Neoproterozoica na Faixa de Dobramentos Brasília**. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 31, p. 385–396, 2001.

SEER, H. J.; BROD, J. A.; VALERIANO, C. M.; FUCK, R. A. **Leucogranitos intrusivos no Grupo Araxá: registro de um evento magmático durante colisão Neoproterozoica na porção meridional da Faixa Brasília**. *Brazilian Journal of Geology*, v. 35, n. 1, p. 33–42, 2005.

SEER, H. J.; MORAES, L. C.; CARNEIRO, A. C. **Geologia e deformação do Grupo Araxá na região de Estrela do Sul–Monte Carmelo–Abadia dos Dourados, Minas Gerais**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 10., 2007. Anais... p. 37.

SEER, H. J.; MORAES, L. C. **Magmatismo granítico Neoproterozoico de ambientes intraplaca, arco e colisão no Grupo Araxá, Faixa Brasília Meridional, Minas Gerais, Brasil**. *Brazilian Journal of Geology*, v. 43, n. 2, p. 333–354, 2013.

STRECKEISEN, A. L. **Classification and nomenclature of igneous rocks**. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, v. 107, p. 144–240, 1967.

STRECKEISEN, A. **To each plutonic rock its proper name**. *Earth-Science Reviews*, v. 12, n. 1, p. 1–33, 1976. DOI:10.1016/0012-8252(76)90052-0.

UHLEIN, A. et al. **Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília – setores setentrional e meridional**. *Geonomos*, 2012.

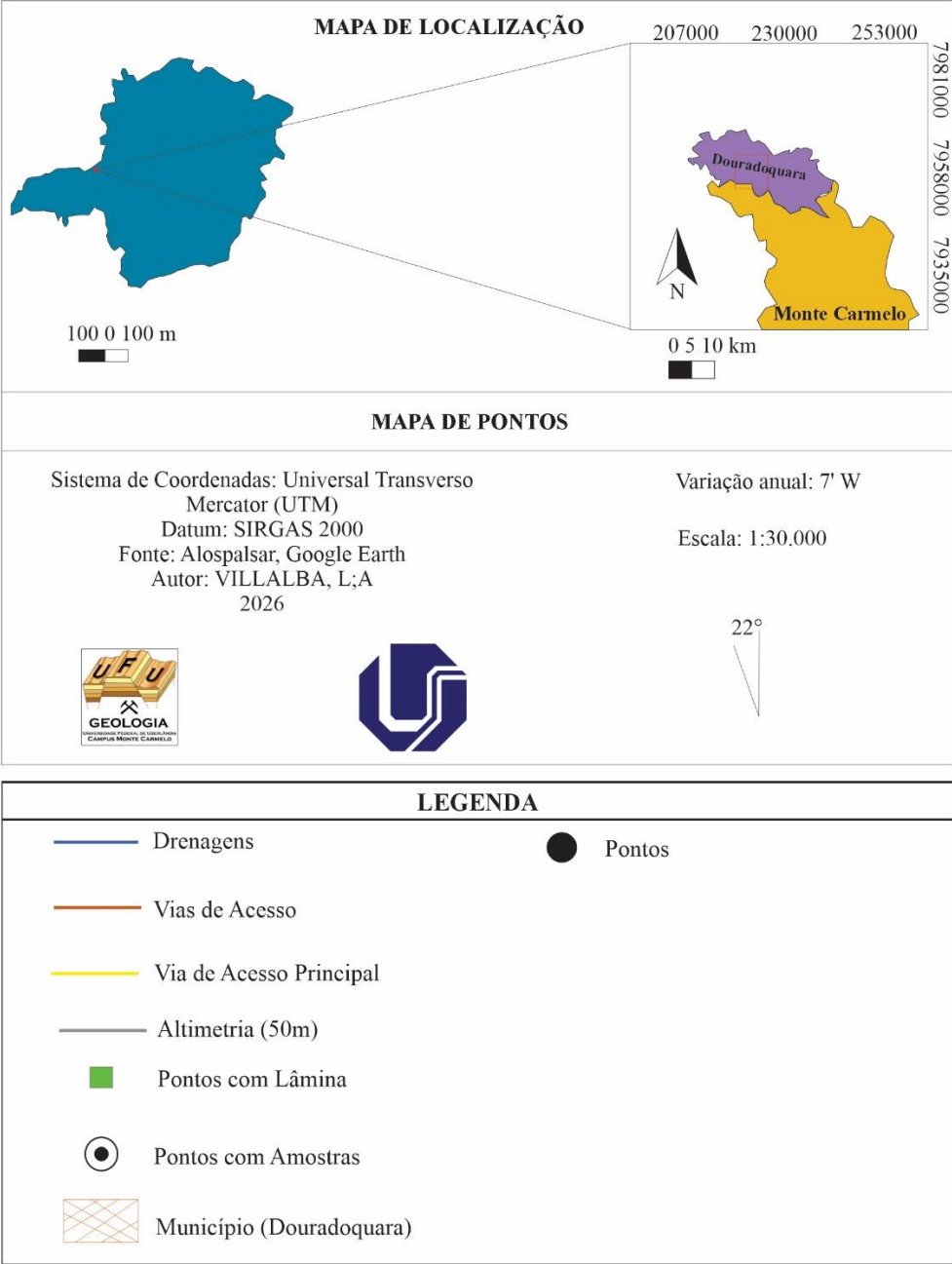
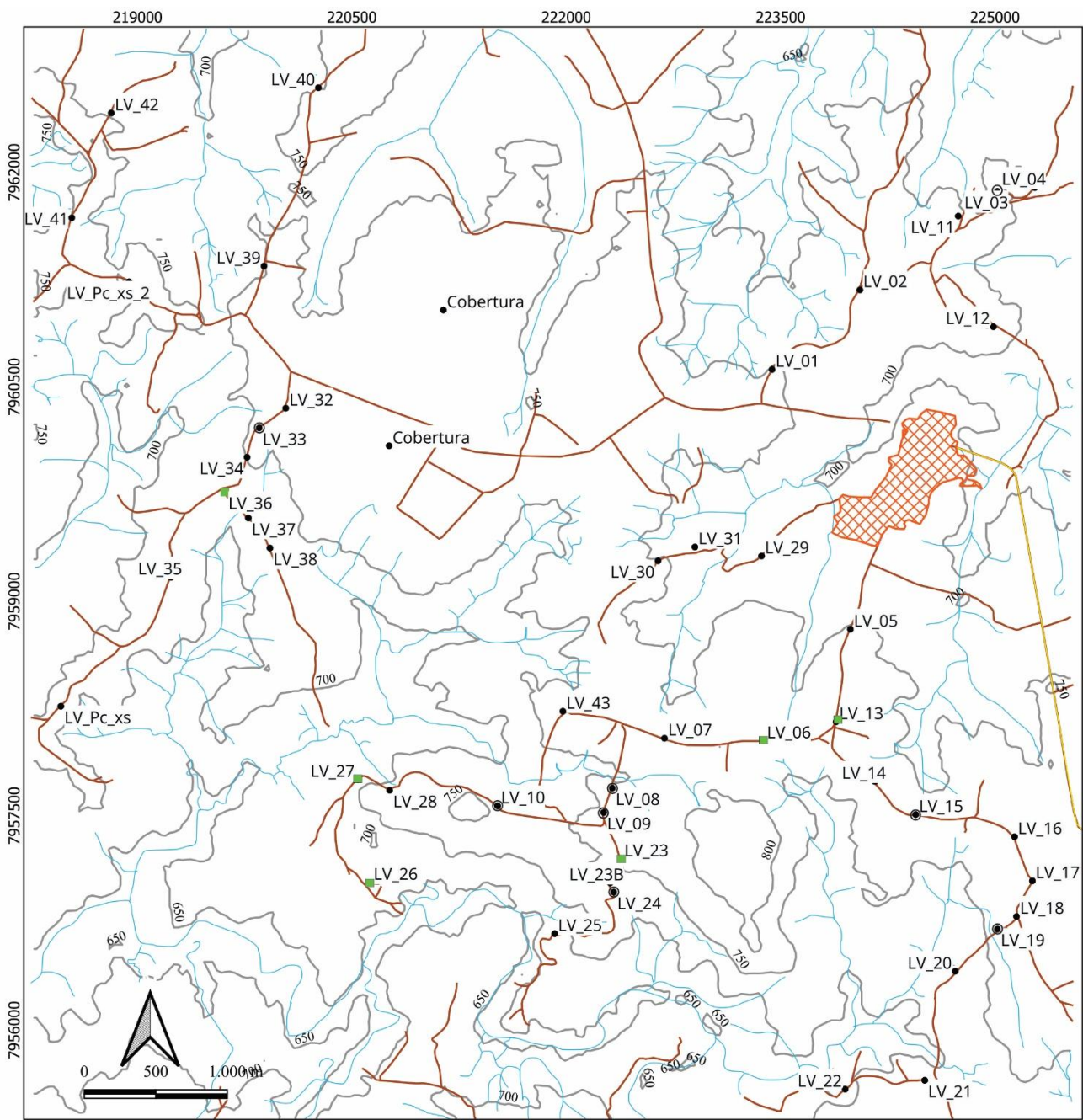
ULBRICH, H. H. G. J. et al. **Levantamentos gamaespectrométricos em granitos diferenciados. I: revisão da metodologia e do comportamento geoquímico dos elementos K, Th e U**. *Geologia USP. Série Científica*, v. 9, n. 1, p. 33-53, 2009.

Ulbrich, H. H. G. J., Silvio Roberto Farias Vlach, and Valdecir de Assis Janasi. **"O mapeamento faciológico em rochas ígneas plutônicas."** *Revista Brasileira de Geociências* 31.2 (2001): 163-172.

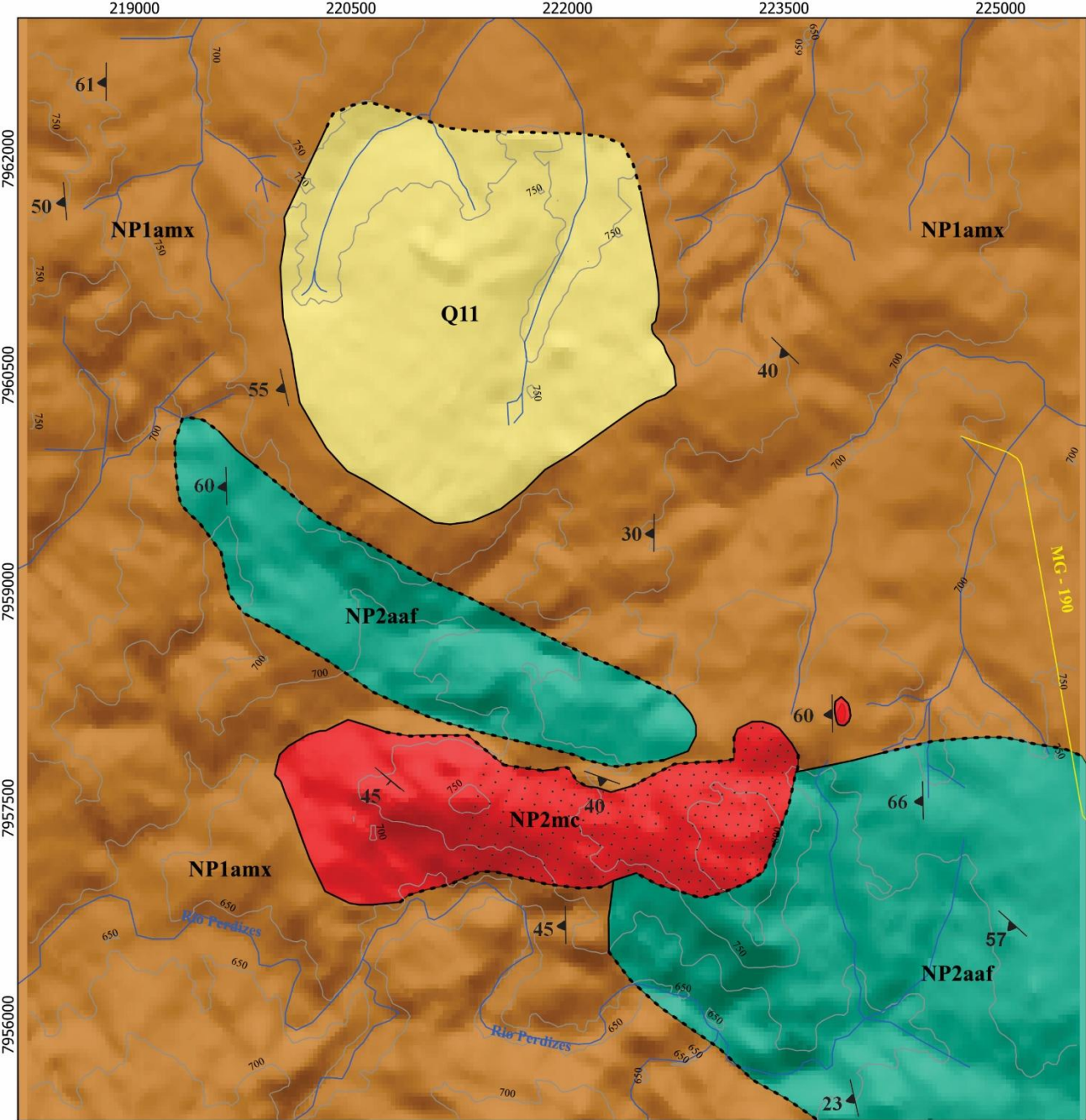
VALERIANO, C. M. et al. **U–Pb geochronology of the southern Brasília Belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana**. *Precambrian Research*, v. 130, n. 1–4, p. 27–55, 2004.

VALERIANO, C. M. et al. **Tectonic evolution of the Brasília Belt, central Brazil, and early assembly of Gondwana.** Geological Society, London, Special Publications, v. 294, n. 1, p. 197–210, 2008.

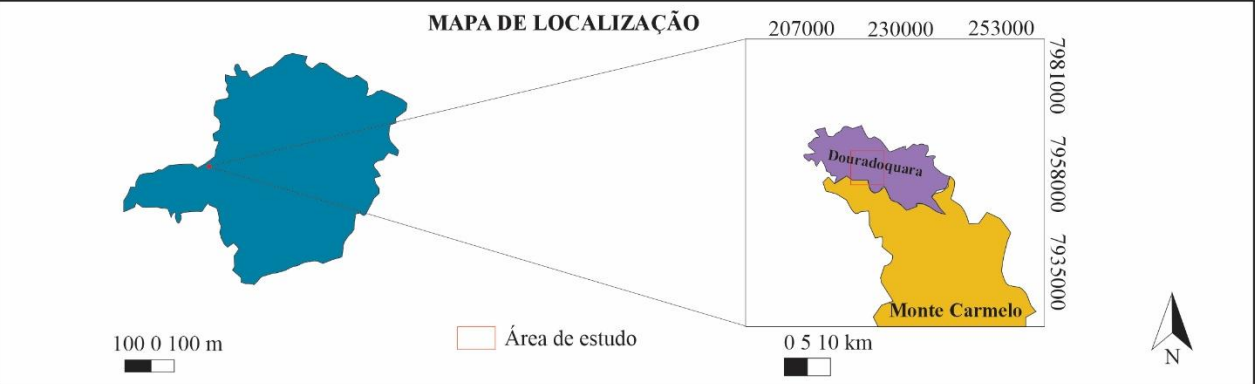
APÊNDICE A – MAPA DE PONTOS



APÊNDICE B – MAPA GEOLÓGICO



LEGENDA	
CENOZOICO	
Q11	Cobertura: Latossolo avermelhado com estrutura em blocos a granular e textura argilosa a muito argilosa.
NEOPROTEROZOICO	
COMPLEXO MONTE CARMELO	
NP2mc	Granito Douradoquara de fácies cinza esbranquiçado inequigranular: Rocha inequigranular fina a média, hololeucocrática, hipidiomórfica com estrutura anisotrópica marcada por pequenas bandas de minerais de alteração. Esta fácies é composta por quartzo, microclínio, oligoclásio, muscovita, biotita e granada. Os minerais secundários ocorrem como agregados aciculares de sericita e clorita, minerais opacos, epidoto, muscovita secundária e biotita secundária. Já os minerais acessórios são constituídos por zircão, monazita e rutilo.
NP2mcl	Granito Douradoquara de fácies cinza inequigranular: Rocha inequigranular fina a média, hololeucocrática, xenomórfica a hipidiomórfica com estrutura anisotrópica marcada pelos minerais de alteração e porções de oligoclásio e microclínio. Fácies composta por quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita e granada. Os minerais secundários ocorrem como sericita, clorita, minerais opacos, epidoto, muscovita secundária e biotita secundária. Os minerais acessórios ocorrem como cristais de zircão e monazita.
GRUPO ARAXÁ	
NP1amx	Quartzo-muscovita-biotita xisto com granada: Rocha com coloração avermelhada a rósea, composta por biotita, muscovita, quartzo, microclínio e granada. Apresenta textura granolepidoblástica fina e estrutura de xistosidade.
NP2aaf	Anfibolito: Rocha preta esverdeada composta por plagioclásio, hornblenda, quartzo titanita, tremolita, diopsídio e granada. Apresenta textura fina à grossa, equidimensional e granonematoblástica, com estrutura isotrópica e anisotrópica marcada pela alternância dos cristais de quartzo, hornblenda e plagioclásio.
CONVENÇÕES GEOLÓGICAS	
- - -	Contato inferido
—	Contato definido
	Foliação secundária
	Xistosidade
	Drenagens principais
	Altimetria (Eq. 50m)
	Via de acesso principal



N

22°

Variação anual: 7' W

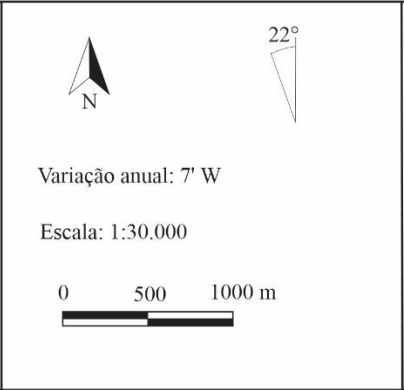
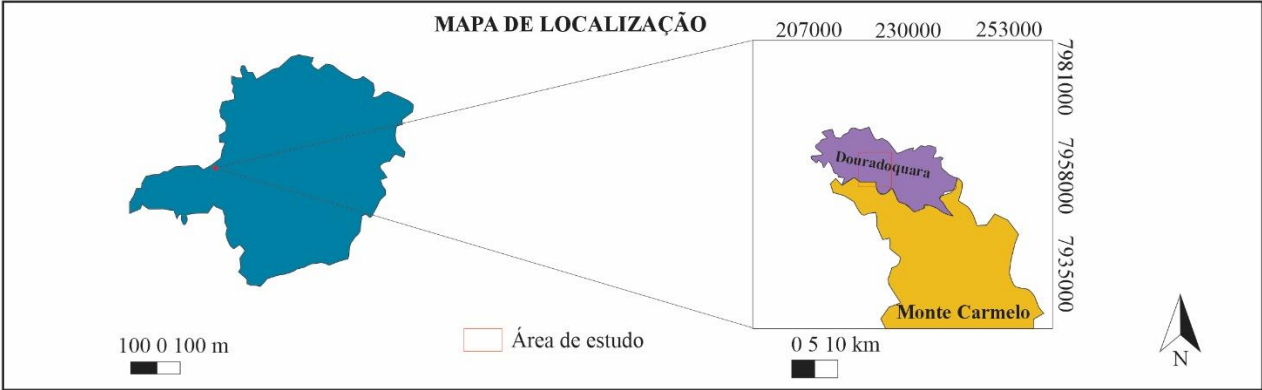
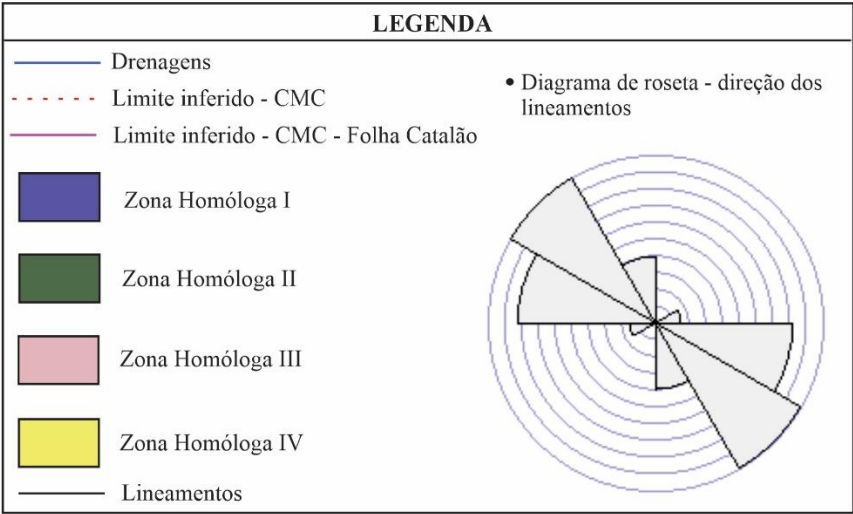
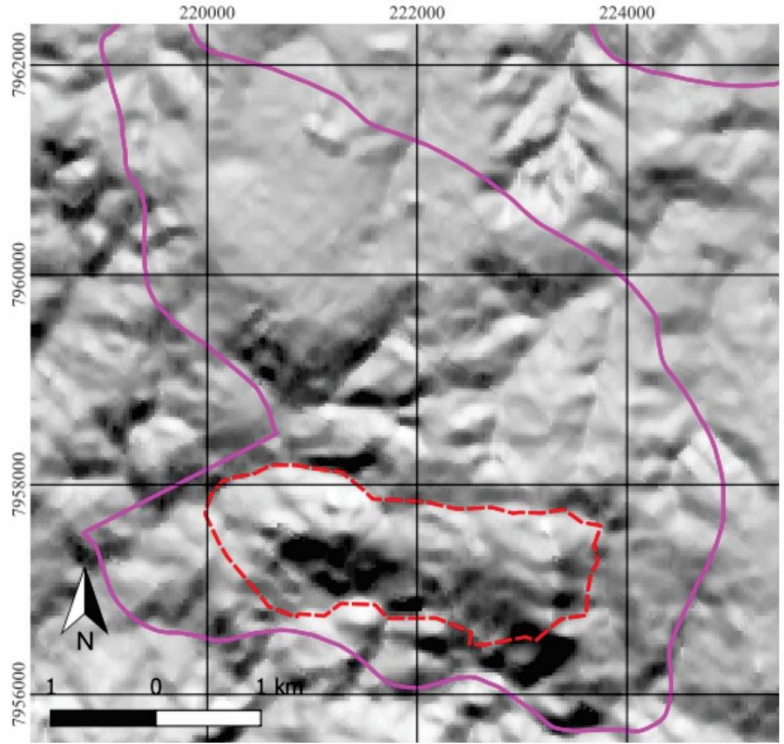
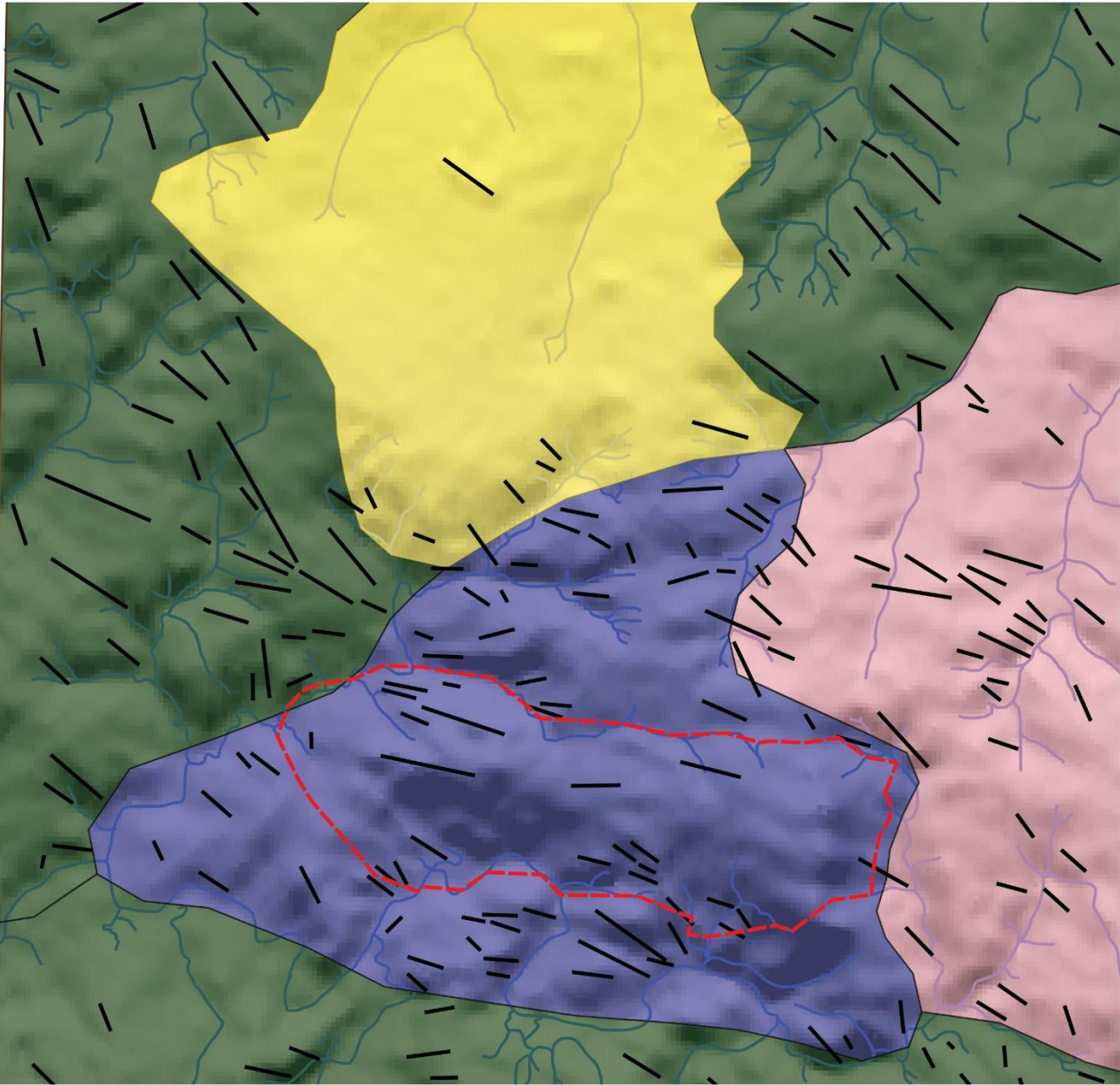
Escala: 1:30.000

0 500 1000 m

MAPA GEOLÓGICO - Leonardo A. Villalba

Sistema de Coordenadas: Universal Transverso Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Alopalsar, Google Earth e CPRM
Autor: VILLALBA, L;A
2025

APÊNDICE C – MAPA FOTOGEOLÓGICO



APÊNDICE D - Fichas de descrição de lâminas delgadas

AMOSTRA/LÂMINA: GA-LV-41-(P41)

ESTRUTURA/TEXTURA: A estrutura é de xistosidade média marcada pelos minerais placoides, já a textura é granolepidoblástica com alternância entre bandas quartzo-feldspáticas e minerais placoides como muscovita e biotita. Ainda ocorre grãos de granada nas bandas.

COMPOSIÇÃO MODAL ESTIMADA: Biotita (50%), Muscovita (25%), Quartzo (12%), Microclínio (10%) e Granada (3%).

- Minerais secundários: Clorita
- Minerais acessórios: Zircão

MICROSCOPIA - Descrição das relações mineralógicas e de contato:

A biotita aparece como cristais subédricos a anédricos com hábito lamelar, geralmente compondo agregados em bandas que variam o tamanho entre 1mm e 0,08mm (Figura 1.1 A – B). O contato entre os cristais é primordialmente do tipo esgarçado (Figura 1.1 E – F), porém ocorre do tipo retilíneo, principalmente em contato com a muscovita. A coloração é marrom-esverdeada e apresenta pleocroísmo leve. É possível notar alterações para minerais opacos em alguns cristais, e cristais mais alterados que apresentam coloração mais acinzentada.

A muscovita aparece como cristais subédricos lamelares de tamanho variando entre 2mm e 0,08mm ocorrendo como agregados (Figura 1.1 C – E). O contato é retilíneo a sinuoso com os cristais de biotita e serrilhado com os demais cristais.

O quartzo aparece como cristais anédricos, granulares, com tamanho variando entre 1,8mm e 0,03mm e com extinção ondulante (Figura 1.1 C – D). O contato é majoritariamente sinuoso entre si e com os demais cristais. É possível notar pequenas inclusões de muscovita em alguns cristais e inclusão de clorita em formato de agulha.

O microclínio aparece de forma muito alterada pela saussuritização, escondendo sua geminação. Os cristais são anédricos com tamanhos variados de 0,5 a 1,5 mm e ocorre em meio a agregados de biotita e quartzo (Figura 1.1 C). O contato entre os cristais é serrilhado, sendo muitas vezes difícil de distinguir devido a alteração do limite de suas bordas.

A granada aparece com formato subédrico a euédrico, granular, com tamanho variando entre 1,5mm e 1,0mm (Figura 1.1 A). Os cristais ocorrem em meio ao agregado de biotita e

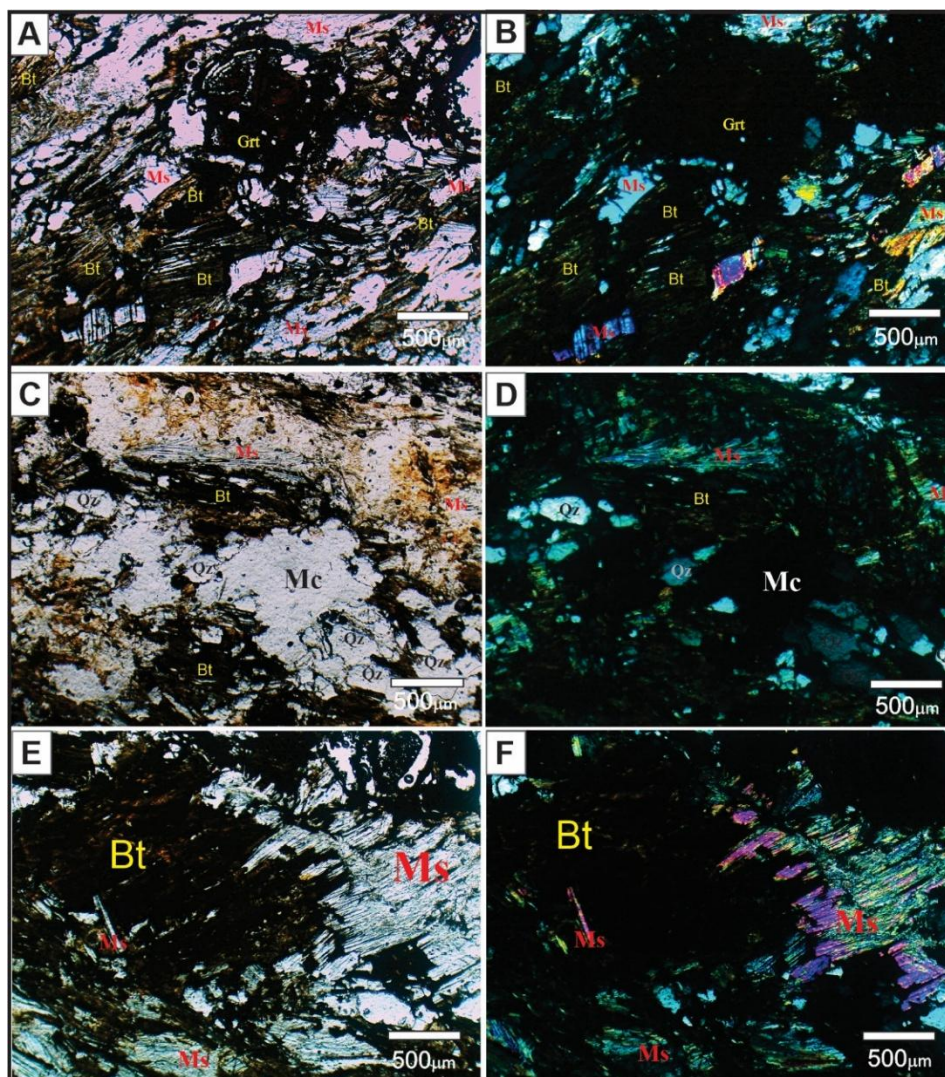
quartzo, demonstrando contato sinuosos. É comum a presença da formação de minerais opacos nos seus limites.

A clorita ocorre como inclusões nos cristais de quartzo em forma de agulhas pequenas (hábito acicular) com tamanho médio de 0,1mm.

O zircão ocorre como mineral acessório em meio a biotita, com formato subédrico e hábito granular, já o tamanho é de 0,1mm.

CLASSIFICAÇÃO DA ROCHA: Quartzo-muscovita biotita xisto com granada.

Figura 1.1: Fotomicrografia da lâmina LV-41: A) Cristal de granada (Grt), biotita (Bt) e muscovita (Ms) orientado sob luz natural. B) Cristal de granada, biotita e muscovita orientado sob nicól cruzado. C) Agregado de quartzo, biotita e microclínio (Mc) sob luz natural. D) Agregado de quartzo, biotita e microclínio sob nicól cruzado. E) Cristal subédrico e de tamanho médio de biotita e muscovita. F) Cristal de biotita e muscovita sob nicól cruzado.



Fonte: O autor.

AMOSTRA/LÂMINA: GA-LV-36-(P36)

ESTRUTURA/TEXTURA: A estrutura é anisotrópica, marcada pelo bandamento entre os cristais de hornblenda e plagioclásio (Figura 1.2 A). A textura é granonematoblástica fina.

COMPOSIÇÃO MODAL ESTIMADA: Hornblenda (50%), Oligoclásio (40%), Titanita (3%), Quartzo (3%), Tremolita (2%), Diopsídio (2%), Granada (Tr) e Minerais Opacos (Tr).

MICROSCOPIA - Descrição das relações mineralógicas e de contato:

A hornblenda ocorre como cristais subédricos prismáticos e pontualmente granulares de forma equidimensional com tamanho médio de 0,7mm. Exibe um pleocroísmo variando de verde claro – marrom claro – incolor (Figura 1.2 A). Ocorre orientada em forma de bandas, em alternância com cristais de plagioclásio e grãos de quartzo, e seu contato varia de retilíneo a sinuoso. Pontualmente ocorrem processos de oxidação na forma de óxidos de Fe.

O oligoclásio exibe formato anédrico, com dimensões que variam de 0,1mm a 1,5mm e contatos serrilhados e sinuosos. Alguns cristais encontram-se inclusos em hornblendas, porém é comum ocorrer como agregados. Processos de saussuritização e sericitização são comuns em todos os cristais, apagando evidências de geminação (Figura 1.2 C – D)

A titanita ocorre como inclusões na hornblenda, apresentando formato granular, subédrico, com tamanho médio de 0,05mm de diâmetro e contatos sinuosos (Figura 1.2 B)

Os cristais de quartzo aparecem com hábito anédrico, granular, com tamanho médio de 0,1mm. Apresentam contato sinuoso com os demais cristais. É comum a ocorrência de quartzo como pequenos cristais granulares entre os cristais de hornblenda e oligoclásio (Figura 1.2 A).

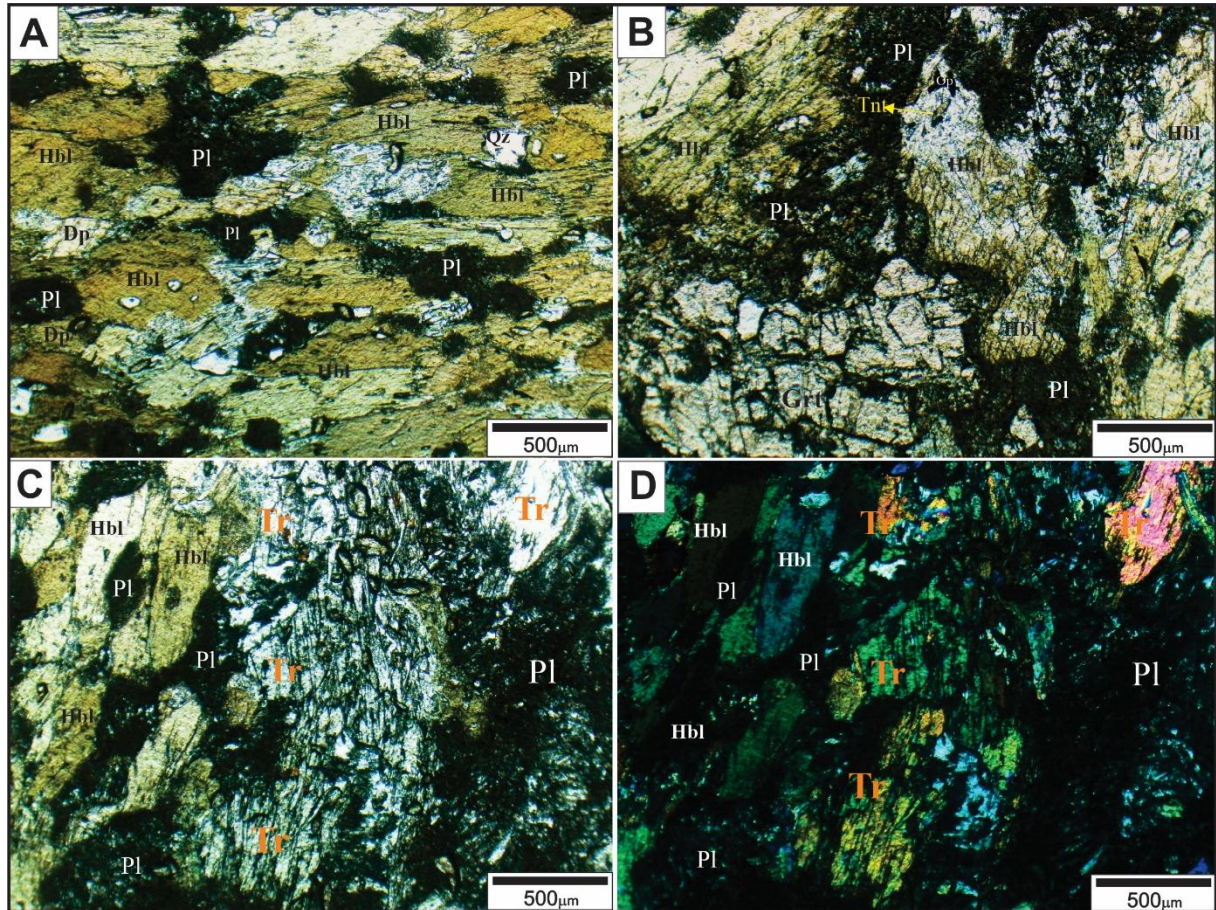
A tremolita ocorre como cristais subédricos, fibrosos, com tamanho que varia de 0,2mm a 0,5mm. Apresentam contato retilíneo a esgarçados entre si e sinuoso com os demais cristais. A ocorrência se dá em agregados junto a pequenos cristais de hornblenda e junto a aglomerados de oligoclásio (Figura 1.2 C)

O diopsídio encontra-se subédrico, prismático, com tamanho que varia de 0,5mm a 1,0mm. Apresenta contato lobulado a serrilhado com os outros minerais. É comum a ocorrência em meio aos agregados de oligoclásio (Figura 1.2 A).

A granada ocorre como um único grão subédrico, granular, com tamanho de 1 mm. Apresenta contato sinuoso com o oligoclásio e caráter poiquilítico, com inclusões relacionadas ao oligoclásio (Figura 1.2 B).

CLASSIFICAÇÃO DA ROCHA: Anfibolito

Figura 1.2: Fotomicrografia da lâmina LV-36. A) Cristais orientados de hornblenda (Hbl), plagioclásio (Pl), diopsídio (Dp) e quartzo (Qz). B) Seção com granada (Grt), titanita (Tnt), plagioclásio alterado e hornblenda. C) Seção com enfoque para a tremolita (Tr) no centro da imagem e cristais de plagioclásio e hornblenda. D) Seção com tremolita sob nicól cruzado.



Fonte: O autor.

AMOSTRA/LÂMINA: CMC-LV-06-(P06)

ESTRUTURA/TEXTURA: Rocha fanerítica, holocristalina de granulação fina a média, inequigranular, xenomórfica e hololeucocrática. A estrutura é levemente anisotrópica.

COMPOSIÇÃO MODAL ESTIMADA: Quartzo (35%), Oligoclásio (30%), Microclínio (30%), Granada (3%), Biotita (2%).

- **Minerais secundários:** Epidoto, clorita, minerais opacos e sericita.
- **Minerais acessórios:** Monazita

MICROSCOPIA - Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O quartzo encontra-se como cristais anédricos, granulares, que variam seu tamanho entre 0,1 e 0,5 mm (Figura 1.3). A extinção ocorre de forma ondulante e o contato com os demais cristais se dá de maneira serrilhada.

O oligoclásio encontra-se fortemente intemperizados, apresentando aspecto de saussuritização e, quando visível, demonstra maclas polissintéticas. Os cristais são anédricos a subédricos com dimensão aproximada de 0,6 a 1,2 mm (Figura 1.3 E). O contato com os cristais ao redor ocorre de forma lobular a serrilhado. Pontualmente encontram-se cristais de quartzo como inclusões no oligoclásio.

Os cristais de microclínio, devido ao processo de sericitização, encontram-se bastante alterados, porém pontualmente é possível notar a geminação cruzada (Figura 1.3 A). Os cristais possuem tamanho médio de 1 mm e apresentam contato serrilhado e pontualmente lobulado. Nota-se em alguns cristais processos de muscovitização do feldspato, demonstrado através dos processos de alteração nos cristais de microclínio.

A granada ocorre de forma subédrica em meio a massas de cristais em processo de alteração (Figura 1.3 B). O tamanho fica em torno de 0,3 mm e apresenta contato lobulado com os demais cristais.

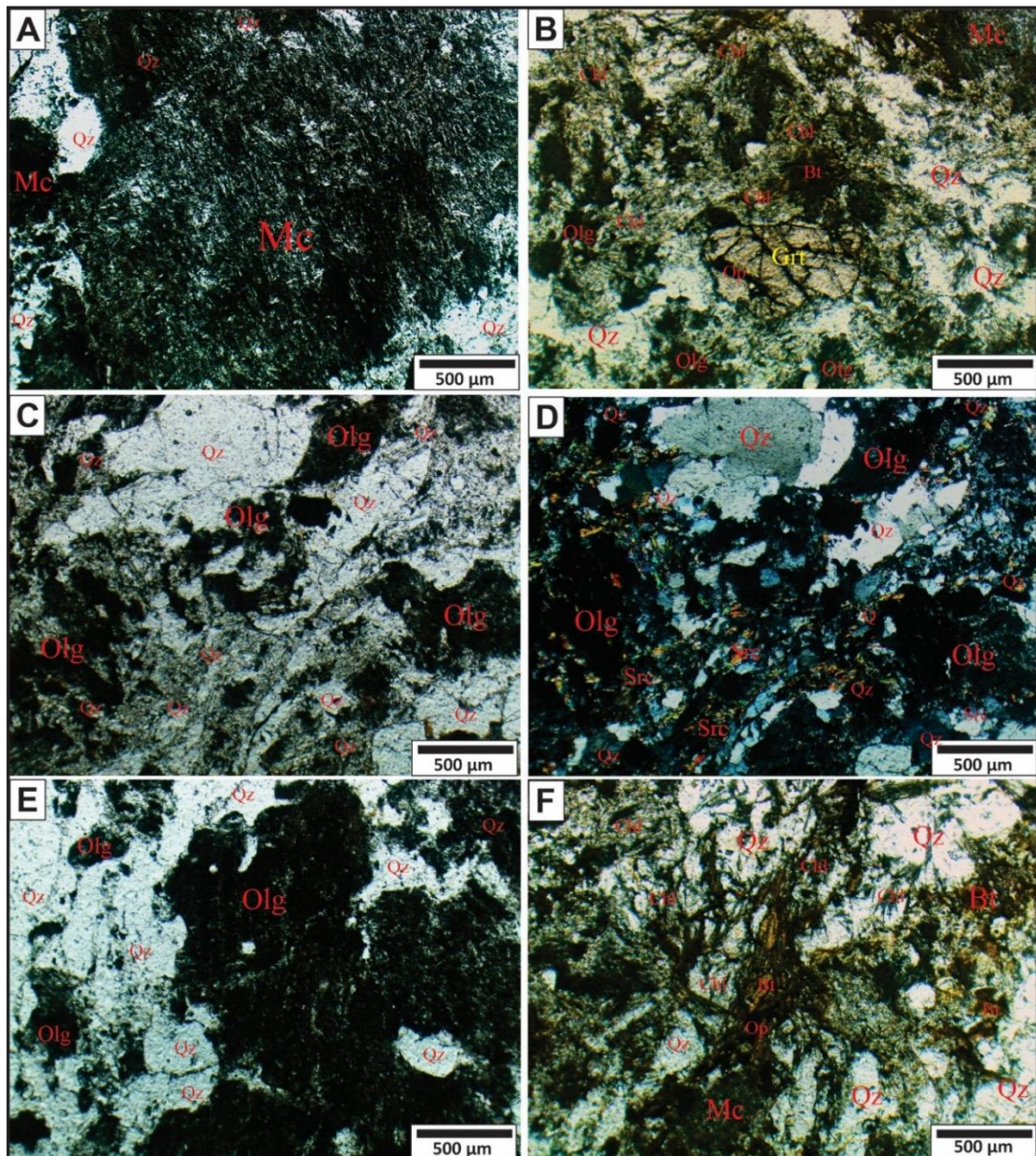
A biotita aparece pontualmente como cristais anédricos a subédricos e como cristais aciculares. O tamanho dos cristais varia de 0,1 a 0,4 mm e demonstra leve pleocroísmo que alterna de marrom claro para marrom escuro. O contato com os cristais adjacentes ocorre de maneira serrilhada a sinuosa. Pequenos cristais de monazita aparecem associados a biotita (Figura 1.3 B – F).

As alterações presentes na lâmina são relacionadas a clorita, ao epidoto, e principalmente

a sericita, que ocorre como alteração do oligoclásio e do microclínio com hábito lamelar e dimensão inferior a 0,03 mm (Figura 1.3 B)

CLASSIFICAÇÃO DA ROCHA: Monzogranito com granada e biotita

Figura 1.3: Fotomicrografia da lâmina LV-06. A) Microclínio (Mc) alterado com geminação em grade levemente preservada. B) Seção com cristal subédrico de granada (Grt), demonstrando alteração para minerais opacos, biotita (Bt), oligoclásio alterado (Olg) e quartzo (Qz). C) Cristais anédricos de quartzo e oligoclásio com intensa alteração. D) Seção com nicóis cruzados demonstrando a alteração do oligoclásio para sericita e a relação de contato entre os minerais de quartzo. E) Seção demonstrando oligoclásio sob intensa alteração, preservando levemente a macla polissintética. F) Seção com biotita em alteração para clorita (Chl), microclínio alterado para sericita, oligoclásio alterado e grãos de quartzo.



Fonte: O autor.

AMOSTRA/LÂMINA: CMC-LV-13-(P13)

ESTRUTURA/TEXTURA: A rocha apresenta estrutura anisotrópica marcada pelos agregados de quartzo em forma de bandas e oligoclásio em processo de sericitização seguindo a mesma orientação (Figura 1.4 D – F). A textura é fanerítica, holocristalina de granulação fina a média, hipidiomórfica, inequigranular e hololeucocrática.

COMPOSIÇÃO MODAL ESTIMADA: Oligoclásio (35%), Quartzo (30%), Microclínio (30%), Muscovita (3%) e Biotita (2%).

- **Mineral secundários:** Sericita, clorita e minerais opacos.
- **Minerais acessórios:** Monazita e zircão

MICROSCOPIA - Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio ocorre em todas as porções da rocha como cristais subédricos a anédricos em formato granular e comumente encontra-se alterado em processo de sericitização, formando bandas devido ao processo de deformação (Figura 1.4 A – D). Quando se encontram preservados, é visível a macla polissintética. A dimensão do oligoclásio varia de 0,25 a 1 mm e apresenta contato engrenado a sinuoso com os demais minerais.

O quartzo ocorre como agregados com formato anédrico e granular que formam bandas em toda porção da lâmina delgada. O tamanho dos cristais varia de 0,05 a 0,3 mm e apresenta extinção ondulante e contatos sinuosos com os minerais adjacentes. Pontualmente, se encontram inclusos em microclínio e oligoclásio (Figura 1.4 D)

O microclínio apresenta formato subédrico e hábito tabular a granular, com extinção ondulante e, quando preservados, apresentam geminação em grade (Figura 1.4 A – E). O tamanho dos cristais varia de 0,3 a 1,2 mm e pode variar seu contato entre sinuoso e serrilhado. Nas bordas de alguns cristais ocorre alterações para sericita e pontualmente é visto inclusões de quartzo e biotita em seu interior.

A muscovita apresenta extinção ondulante e formato subédrico a euédrico com hábito placóide, variando sua dimensão entre 0,25 e 1,0 mm (Figura 1.4 C). Já o contato com os demais minerais se dá de forma sinuosa a serrilhada.

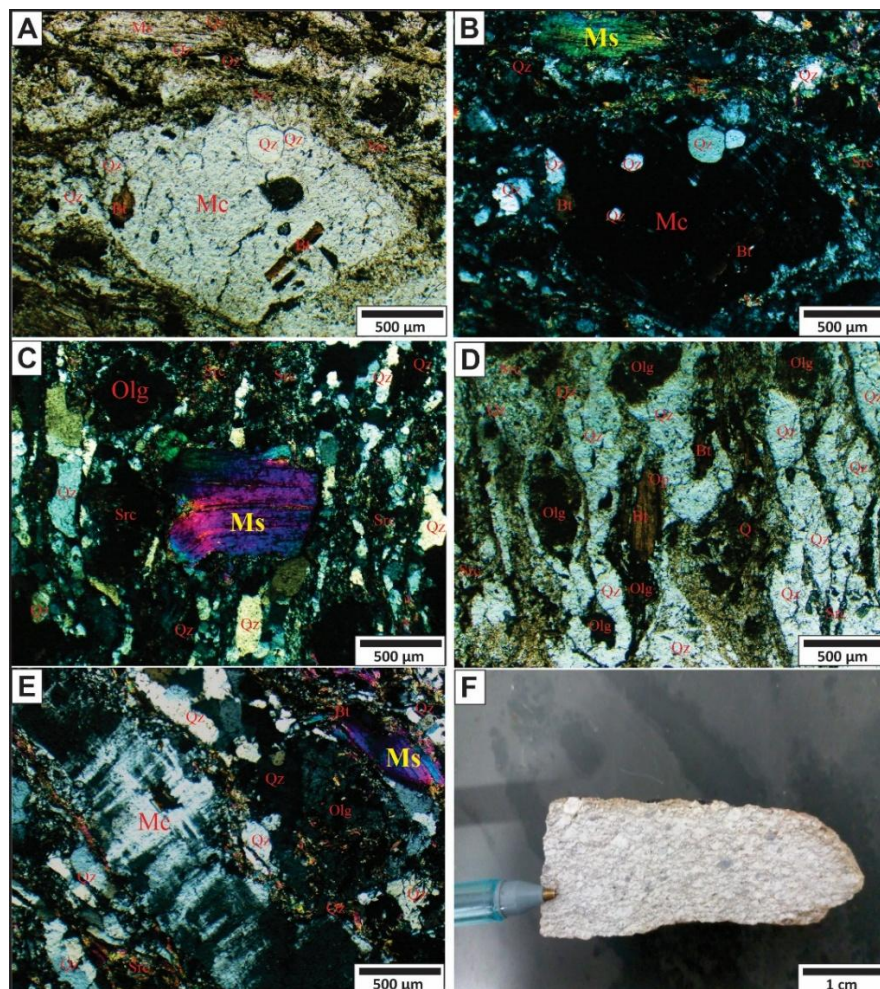
A biotita aparece com formato euédrico a subédrico, hábito placóide, com dimensão média de 0,2 mm, contatos sinuosos e demonstra um leve pleocroísmo que varia de marrom claro a marrom escuro (Figura 1.4 A). É comum encontrar sinais de consumo em volta dos

cristais, indicando passagem para minerais opacos (Figura 1.4 D). Halo pleocróico de zircão e monazita são vistos inclusos pontualmente nestes cristais, apresentando dimensão inferior a 0,03 mm.

As alterações vistas na rocha se dão pelos processos de sericitização que acontecem como cristais lamelares menores que 0,05 mm, resultado da alteração do oligoclásio e do microclínio. Já os minerais opacos ocorrem principalmente como consumo na borda da biotita e pontualmente de maneira granular com dimensão menor que 0,3 mm. (Figura A – D)

CLASSIFICAÇÃO DA ROCHA: Monzogranito com muscovita e biotita

Figura 1.4: Fotomicrografia da lâmina LV-13. A) Cristal subédrico de microclínio (Mc) com inclusão de quartzo (Qz) e biotita (Bt) euédrica. B) Cristal de microclínio subédrico sob nicól cruzado, apresentando geminação cruzada. C) Seção com cristal euédrico de muscovita no centro, envolto por bandas de oligoclásio, quartzo e sericita. D) Seção com biotita subédrica em processo de alteração para minerais opacos (Op) na borda. E) Cristal de microclínio com geminação cruzada preservada e oligoclásio em processo de sericitização. F) Amostra de mão da lâmina LV-13.



Fonte: O autor.

AMOSTRA/LÂMINA: CMC-LV-23-(P23)

ESTRUTURA/TEXTURA: Rocha fanerítica, holocristalina de granulação fina, inequigranular, hipiodiomórfica e hololeucocrática. A estrutura é levemente anisotrópica marcada por agregados granulares de quartzo posicionado em bandas.

COMPOSIÇÃO MODAL ESTIMADA: Oligoclásio (40%), Quartzo (35%), Microclínio (20%), Granada (3%), Biotita (2%).

- **Minerais secundários:** Sericita, biotita secundária, muscovita secundária, clorita e opacos.

MICROSCOPIA - Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O oligoclásio ocorre em sua maioria afetado pelo processo de sericitização e saussuritização, ausentando a macla polissintética preservada (Figura 1.5 A). Os cristais são anédricos e pontualmente subédricos, apresentando dimensão que varia de 0,3 a 1,0 mm. É comum a inclusão de quartzo e a passagem para acículas de sericita em suas bordas. O contato com os demais minerais é sinuoso a serrilhado.

O quartzo encontra-se com forma granular anédrica a subédrica e, devido a recristalização, apresenta extinção ondulante. O tamanho dos cristais varia de 0,05 a 0,6 mm e possui contato sinuoso (Figura 1.5 E)

O microclínio aparece de forma muito alterada por processos de sericitização, escondendo sua geminação em grade. Os cristais são anédricos e possuem dimensão média de 0,6 mm, já o contato é serrilhado e sinuoso. (Figura 1.5 B)

A granada ocorre como cristais subédricos em meio aos minerais adjacentes. A dimensão varia de 0,8 a 1,2mm e apresenta contato sinuoso a retilíneo. É comum a alteração para biotita secundária com hábito lamelar, sericita e quartzo granular nos cristais de granada (Figura 1.5 B – D)

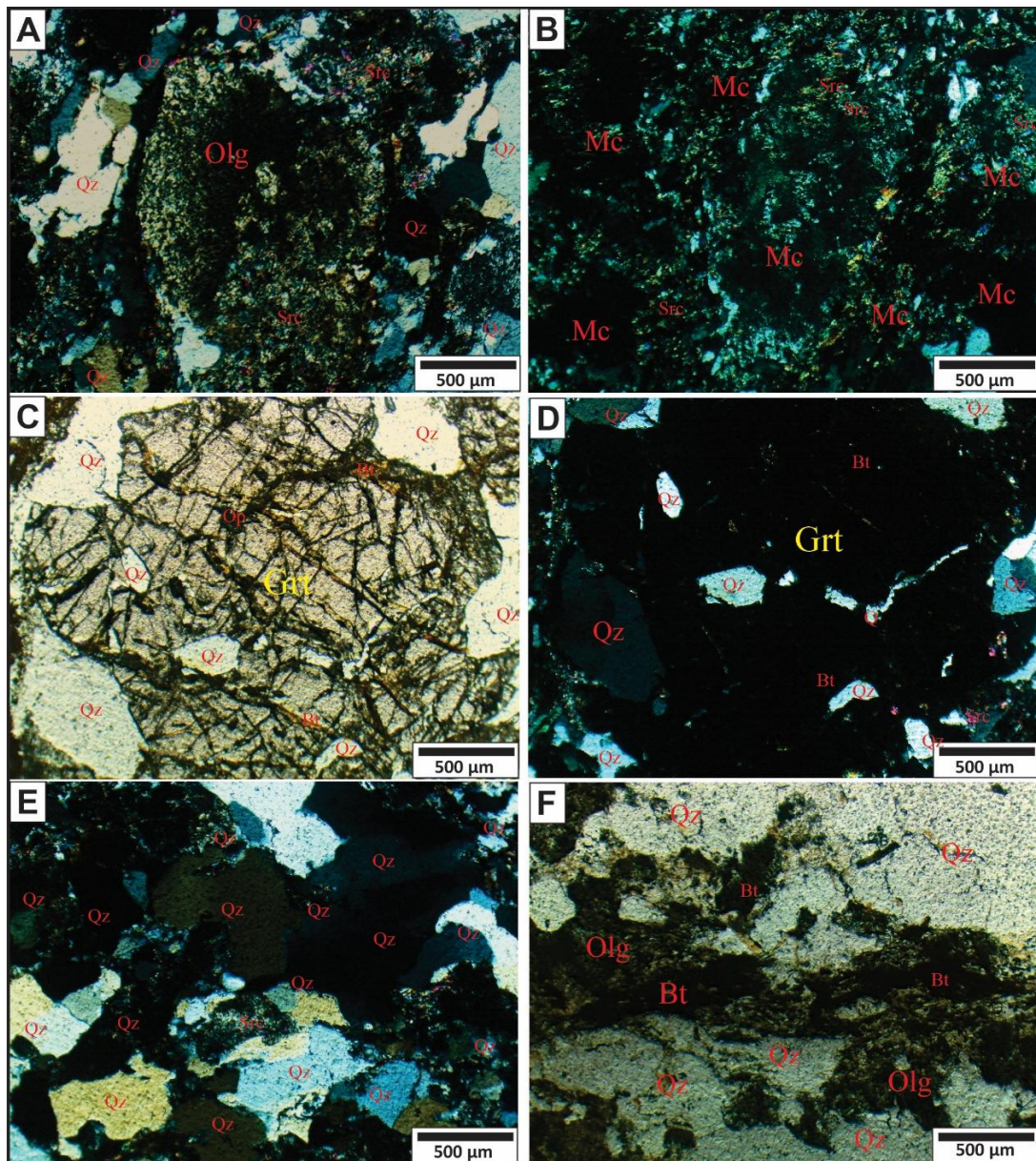
A biotita primária possui hábito lamelar, forma subédrica, demonstra contatos sinuosos e dimensão que varia de 0,1 a 0,5 mm. Seu pleocroísmo varia entre tons amarronzados e suas bordas mostram sinais de consumo para minerais opacos e alteração para pequenas acículas de clorita (Figura 1.5 F)

As alterações presentes na rocha são causadas por sericitização, que se dão como minerais lamelares produto da alteração do oligoclásio e microclínio, cuja dimensão não ultrapassa 0,03

mm. Ocorrem também através da biotita secundária como alteração em meio a granada, com dimensão de 0,3 mm, contato retilíneo, forma euédrica e hábito lamelar; por minerais opacos subédricos de até 0,2 mm; e pela muscovita secundária, resultado da alteração do microclínio e oligoclásio. Apresentam hábito lamelar, dimensão aproximada de 0,1 mm e contato sinuoso.

CLASSIFICAÇÃO DA ROCHA: Granodiorito com granada e biotita

Figura 1.5: Fotomicrografia da lâmina LV-23. A) Cristal de oligoclásio (Olg) intensamente alterado para sericita. B) Cristais de microclínio (Mc) intensamente alterados em processo de sericitização e muscovitização. C) Cristal médio de granada (Grt) com alteração para biotita secundária e inclusão de quartzo (Qz). D) Granada sob nicól cruzado. E) Agregado granulares de quartzos anédricos sob nicól cruzado. F) Seção com biotita primária, quartzo e oligoclásio.



Fonte: O autor.

AMOSTRA/LÂMINA: CMC-LV-26-(P26)

ESTRUTURA/TEXTURA: A estrutura é anisotrópica marcada por bandas quartzosas e oligoclásio que segue uma orientação. A rocha é fanerítica, holocristalina fina, inequigranular, xenomórfica e hololeucocrática.

COMPOSIÇÃO MODAL ESTIMADA: Quartzo (40%), Oligoclásio (30%), Microclínio (25%), Biotita (3%), Granada (1%) e Muscovita (1%).

- **Minerais secundários:** Sericita, clorita, muscovita secundária, biotita secundária e minerais opacos.

MICROSCOPIA - Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O quartzo predomina na lâmina como agregados granulares de forma anédrica a subédrica com dimensão que varia de 0,04 a 0,5 mm (Figura 1.6 A). É presente extinção ondulante nos cristais e os contatos são sinuosos.

O oligoclásio aparece em sua maioria bastante alterado por processo de sericitização e muscovitização, escondendo a macla polissintética em sua estrutura, exceto por um mineral preservado ao longo da lâmina (Figura 1.6 B). Os cristais apresentam forma anédrica e pontualmente subédrica com contato sinuoso a serrilhado e dimensão média de 0,6 mm.

O microclínio, assim como o oligoclásio, encontra-se todo consumido por processos de alteração, assim perdendo sua geminação em grade, alterando para pequenos cristais de sericita e muscovita (Figura 1.6 A – D). Os cristais são anédricos a subédricos com dimensão que varia de 0,2 a 0,6 mm.

A biotita primária ocorre como cristais anédricos e pontualmente subédricos com hábito lamelar, dimensão média de 0,1 mm e contatos sinuosos (Figura 1.6 C). O pleocroísmo varia entre tons amarronzados. Alguns cristais são consumidos por minerais opacos, principalmente nas bordas.

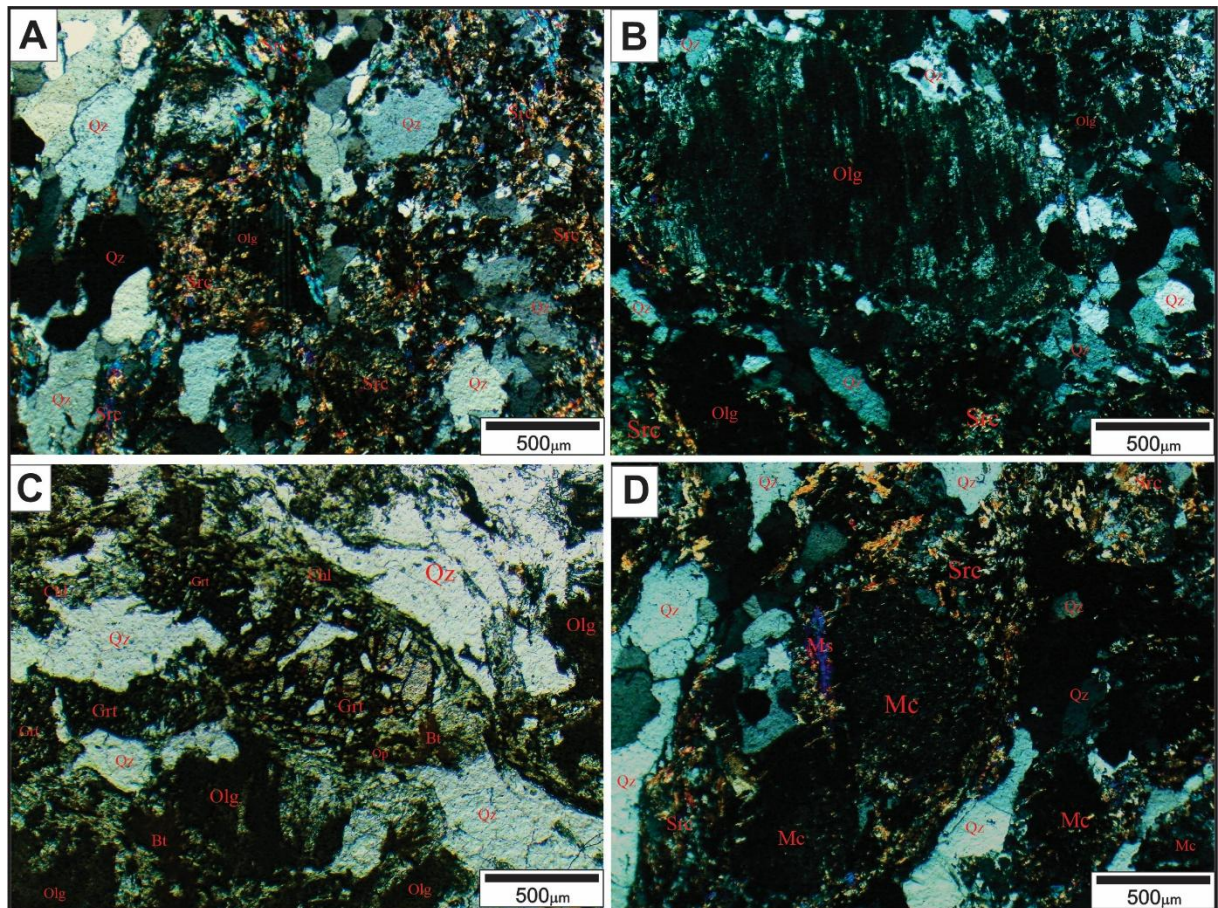
A granada aparece como cristais subédricos, com dimensão entre 0,2 e 0,4 mm e contatos sinuosos. É visível a granada alterando para biotita e minerais opacos, também se nota inclusões de quartzo anédrico em seu interior. (Figura 1.6 C).

A muscovita aparece como pequenos cristais subédricos de dimensão aproximada em 0,1 mm (Figura 1.6 D). O contato com os demais minerais é sinuoso.

As alterações desta rocha aparecem por meio da sericitização do oligoclásio e microclínio, formando pequenas lamelas no cristal (Figura 1.6 A). A cloritização está associada a alteração da biotita, bem como a formação dos minerais opacos por consumo da mesma. Já a biotita e muscovita secundária são resultado da alteração da granada e do oligoclásio respectivamente.

CLASSIFICAÇÃO DA ROCHA: Monzogranito com biotita, muscovita e granada

Figura 1.6: Fotomicrografia da lâmina LV-26. A) Microclínio (Mc) em processo de sericitização (Src) e cristais anédricos de quartzo. B) Cristal de oligoclásio (Olg) alterado preservando levemente sua macla polissintética. C) Seção com cristais de granada (Grt) subédrica no centro que demonstra alteração para minerais opacos (Op) e biotita secundária (Bt). D) Seção com cristal euédrico e pequeno de muscovita (Ms) e microclínio alterados para sericita.



Fonte: O autor.

AMOSTRA/LÂMINA: CMC-LV-27-(P27)

ESTRUTURA/TEXTURA: A rocha é fanerítica, holocristalina, hololeucocrática e hipiodiomórfica. Os cristais são inequigranulares de tamanho fino a médio com fenocristais de granada. A estrutura é levemente anisotrópica.

COMPOSIÇÃO MODAL ESTIMADA: Quartzo (30%), Oligoclásio (25%), Microclínio (25%), Muscovita (10%), Biotita (7%) e Granada (3%).

- **Minerais secundários:** Sericita, minerais opacos, clorita e epidoto
- **Minerais acessórios:** Zircão, monazita e rutilo

MICROSCOPIA - Descrição das relações mineralógicas e de contato:

O quartzo encontra-se com formas anédricas a subédricas variando a granulação entre 0,05 e 0,8 mm. O contato entre os cristais é serrilhado e a extinção é comumente ondulante. Ocorre inclusões fluidas em suas bordas. (Figura 1.7 B).

O oligoclásio é encontrado majoritariamente com formato subédrico, demonstrando a geminação polissintética de forma preservada (Figura 1.7 A). A dimensão dos cristais varia de 0,25 a 1,6 mm e o contato com os demais cristais é sinuoso. É comum inclusões de quartzo, muscovita e áreas com acículas de sericita, resultado da alteração do cristal.

O microclínio ocorre em sua maioria bem preservado demonstrando geminação em grade e textura pertítica pontualmente (Figura 1.7 B). Os cristais são subédricos com granulação variando entre 0,3 e 1,2 mm e possuem contato serrilhado a engrenado. Cristais de quartzo encontram-se inclusos no microclínio. Já a sericita ocorre devido a alteração destes cristais.

A muscovita é encontrada com hábito lamelar, forma subédrica a euédrica e com contato entre os minerais de maneira sinuosa a serrilhada. A dimensão dos cristais varia de 0,1 a 2,75mm, porém mantém uma média de tamanho em 0,8 mm (Figura 1.7 F) É comum processos de sericitização no interior dos cristais maiores de muscovita, formando pequenas acículas no formato do cristal.

A biotita se dá de maneira subédrica, com hábito lamelar e contato retilíneo a sinuoso entre os cristais (Figura 1.7 E – G). O tamanho pode variar de 0,1 a 0,6 mm. O pleocroísmo destes cristais varia de verde claro até marrom. Minerais opacos e clorita ocorrem associados a biotita como forma de alteração. Também é visto cristais de monazita e rutilo inclusos, com dimensão inferior a 0,05 mm e forma subédrica (Figura G – H)

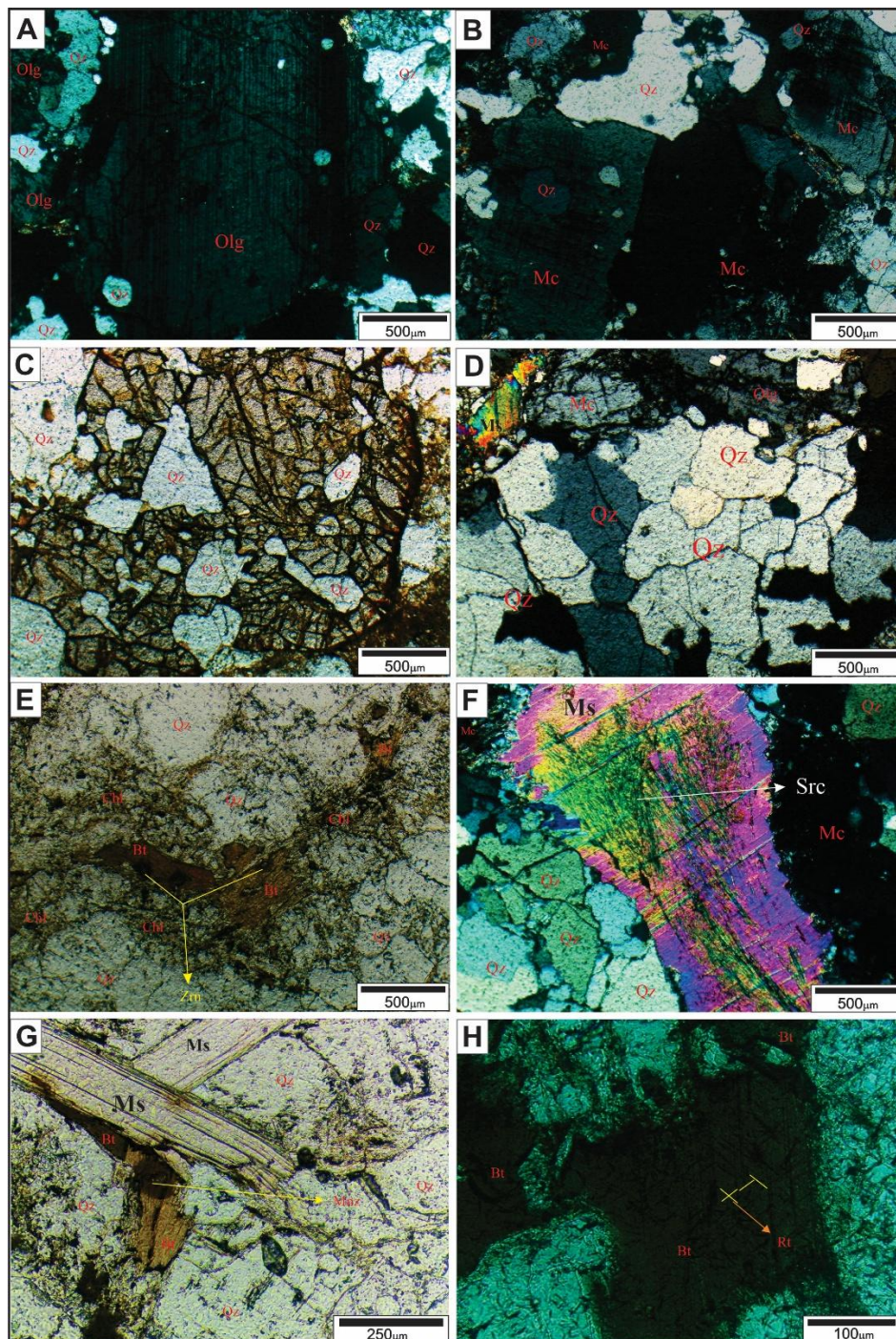
A granada ocorre como cristais médios anédricos a subédricos que variam a granulação entre 1,0 e 2,4 mm. Ocorre incluso na granada o quartzo e alteração para biotita secundária e minerais opacos em sua borda. (Figura 1.7 C)

O rutilo aparece como acículas de cristais finos com tamanhos inferiores a 0,03 mm, incluso nos cristais de biotita (Figura 1.7 H).

As alterações desta rocha estão relacionadas a processos de sericitização em cristais maiores de muscovita, oligoclásio e microclínio, formando agregados de pequenas acículas. A clorita ocorre pela alteração da biotita pontualmente. Os minerais opacos aparecem nas bordas da granada e da biotita. Já o epidoto ocorre em meio aos cristais de oligoclásio e microclínio.

CLASSIFICAÇÃO DA ROCHA: Muscovita-biotita monzogranito com granada

Figura 1.7: Fotomicrografia da lâmina LV-27. A) Seção com oligoclásio (Olg) demonstrando macla polissintética e inclusões de quartzo granular. B) Seção com cristais de microclínio (Mc), cuja geminação em grade se preserva e cristais anédricos de quartzo (Qz). C) Granada subédrica com alteração para minerais opacos (Op) e inclusão de quartzo. D) Agregado granular de quartzo com contato serrilhado. E) Seção com biotita (Bt) incluída por zircão (Zrn) e alterada para clorita (Chl) e minerais opacos (Op). F) Muscovita (Ms) média alterada para sericita (Src) em formato de agulha no centro do cristal. G) Seção com muscovita euédrica e cristal de biotita incluída por monazita (Mnz). H) Seção com enfoque para as inclusões de rutilo (Rt) em formato de agulha nos cristais de biotita. (Fotomicrografia com tamanho ampliado em 20x).



Fonte: O autor.