



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

**ESCOLA DE MINAS**

**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



**CASSIANO EMÍLIO DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO LITOESTRUTURAL E IMPLICAÇÕES METALOGENÉTICAS  
DO CONTATO ENTRE O SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS E COMPLEXO BAÇÃO  
NA REGIÃO DE ACURUÍ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG**

**MONOGRAFIA nº572**

**OURO PRETO  
Fevereiro, 2025**

Cassiano Emílio da Silva

CARACTERIZAÇÃO LITOESTRUTURAL E IMPLICAÇÕES METALOGENÉTICAS  
DO CONTATO ENTRE O SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS E COMPLEXO BAÇÃO,  
NA REGIÃO DE ACURUÍ QUADRILÁTERO FERRÍFERO– MG

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

Orientador: Prof. Dr. Emílio Evo Magro  
Corrêa Urbano

OURO PRETO  
Fevereiro, 2026

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586c Silva, Cassiano Emilio da.  
Caracterização litoestrutural e implicações metalogenéticas do contato entre o Supergrupo Rio das Velhas e Complexo Bação, Quadrilátero Ferrífero na região de Acuruí- MG. [manuscrito] / Cassiano Emilio da Silva. - 2026.  
62 f.: il.: color., gráf., mapa. + Diagrama.

Orientador: Prof. Dr. Emílio Evo Magro Corrêa Urbano.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Geologia estrutural - Zona de cisalhamento. 2. Mapeamento geológico. 3. Ouro orogênico. I. Urbano, Emílio Evo Magro Corrêa. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 551.24:553.411

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



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Cassiano Emílio Silva

### Caracterização Litoestrutural e Implicações Metalogenéticas do Contato entre o Supergrupo Rio das Velhas e o Complexo Bação na Região de Acuruí, Quadrilátero Ferrífero – MG

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

Aprovada em 23 de março de 2026

#### Membros da banca

Prof. Emílio Evo Magro Corrêa Urbano - DEGEO/EM/UFOP  
Prof. Maximiliano de Souza Martins - DEGEO/EM/UFOP  
Prof. Daniel Francisco Martins Sousa - DEGEO/EM/UFOP  
Mestre Leandro Rocha de Oliveira - Jaguar Mining

Emílio Urbano, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 23/03/2026



Documento assinado eletronicamente por **Emílio Evo Magro Corrêa Urbano, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/03/2026, às 10:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1079833** e o código CRC **0FB652E6**.

## **AGRADECIMENTOS**

O sonho nunca acaba, coisas acontecem e novos ciclos surgem. Recebi muito suporte para realizar o sonho de ser geólogo. Agradeço a Deus, pelo dom da persistência e paciência para sustentar as longas horas de estudo. Aos meus pais, por me apoiarem, me acolheram em momentos frágeis da vida, e me incentivarem a fazer uma segunda graduação.

Agradeço ao Professor Emílio Urbano, que me orientou, e inspirou a conectar as áreas de conhecimentos na geologia, e formular o raciocínio geológico. Ao DEGEO-UFOP, seus professores, técnicos e colegas que tornaram a jornada da graduação mais leve pelos auxílios com todas as ferramentas e equipamentos necessários para a realização deste trabalho. O apoio dos Laboratório de Microscopia e Microanálises – Lmic, e Laboratório de Mineralogia - Lamin foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

A inspiração deste trabalho provém em partes ao Grupo de Estudos de Ouro Orogênico, realizado pelo SEG-UFOP, liderado pelo Brenner Ribeiro, gratidão pelos ensinamentos e apresentação dos diversos artigos que compõem a discussão deste trabalho. Fazer uma segunda graduação não foi fácil, e agradeço e reconheço a cada um que contribuiu para pavimentar este caminho, meu sincero reconhecimento.

- “*A vitalidade é demonstrada não apenas pela persistência, mas pela capacidade de começar de novo.*” (F. Scott Fitzgerald)

## RESUMO

Este trabalho foca na investigação do contato do Complexo do Bação com o Supergrupo Rio das Velhas na região de Acuruí, distrito de Itabirito, no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Esse contato é cartografado como uma zona de cisalhamento na escala 1:25.000. Zonas de cisalhamento são estruturas geológicas conhecidas pela sua importância no alojamento de depósitos de ouro orogênico, atuando como condutos e locais de deposição de fluidos mineralizantes. No contexto específico do Quadrilátero Ferrífero, essas estruturas possuem um papel fundamental no controle da mineralização aurífera. Nesse cenário, a região de Acuruí apresenta potencial para a ocorrência de ouro orogênico. Devido a esses vetores prospectivos para ouro, foi definido uma região de aproximadamente 8 km<sup>2</sup> na qual foi feita uma investigação em detalhe na escala 1:5.000. O trabalho de campo consistiu no mapeamento geológico com foco na caracterização litoestrutural das unidades presentes, e seu potencial com circulação de fluidos mineralizantes. Durante essa etapa foram também coletadas amostras representativas das principais unidades mapeadas. As amostras foram posteriormente submetidas a análises macroscópicas e microscópicas em lâmina delgada. De forma complementar foram realizadas análise de uma amostra por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) acoplada à Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS). Os resultados permitiram a individualização de três litotipos: Gnaisses milonitizado, Xistos e Intrusões pegmatíticas. As análises petrográficas evidenciam uma assembleia mineralógica condizente com literatura para depósitos de ouro orogênico, incluindo minerais como clorita, arsenopirita, turmalina, galena, escorodita entre outros. A presença de veios de quartzo atesta a circulação intensa de fluidos hidrotermais, e a ocorrência de protomilonitos e milonitos confirmam a presença da zona de cisalhamento, e reforçam o potencial mineral aurífero da região.

**Palavras-chaves:** ouro orogênico, mapeamento geológico, zona de cisalhamento, Acuruí.

## ABSTRACT

This study focuses on the investigation of the geological contact between the Bação Complex and the Rio das Velhas Supergroup in the Acuruí region, Itabirito district, within the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. This contact is mapped as a shear zone at 1:25,000. Shear zones are geological structures known for their importance in hosting orogenic gold deposits, acting as conduits and traps for mineralizing fluids. In the specific geological framework of the Quadrilátero Ferrífero, these structures play a fundamental role in controlling of gold mineralization. In this context, the Acuruí region indicates potential for the occurrence of orogenic gold formation. Due to these prospective indicators for gold, an area of approximately 8 km<sup>2</sup> was delineated for detailed investigation at a 1:5,000 scale. The fieldwork consisted of geological mapping focused on the lithostructural characterization of the exposed units and their potential for mineralizing fluid circulation. During this stage, representative samples of the main lithotypes were also collected. The samples were subsequently subjected to macroscopic and microscopic thin-section analyses. In addition, a sample was analyzed using Scanning Electron Microscopy (MEV) coupled with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS). The results allowed the identification of three lithological units: mylonitized gneisses, schists, and pegmatitic intrusions. The petrographic analyses reveal a mineralogical assemblage consistent with the literature for orogenic gold deposits, including minerals such as chlorite, arsenopyrite, galena, and scorodite, among other minerals. The presence of quartz veins attests to intense circulation of hydrothermal fluids, and the occurrence of protomylonites and ultramylonites, confirm the presence of the shear zone and reinforce the region's gold potential.

**Key words:** Orogenic gold, Geologic mapping, Shear Zone, Acuruí.

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização da área de estudo e seus limites territoriais.....	13
<b>Figura 2</b> - Localização do QFe e contexto geotectônico do Cráton São Francisco de acordo com Almeida (1977) .....	17
<b>Figura 3</b> - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.....	19
<b>Figura 4</b> - Modelo de domos e quilhas e os eventos tectônicos que os originaram a inversão da bacia Minas.....	25
<b>Figura 5</b> - Mapa esquemático de articulação do sistema de <i>nappes</i> do Quadrilátero Ferrífero e as principais falhas/zonas de cisalhamento.....	26
<b>Figura 6</b> - Representação do sistema de formação de depósitos de ouro.....	27
<b>Figura 7</b> - Destaque para o sistema de circulação de fluidos no sistema compressivo a transpressivo não unificados. Durante o percurso o fluido carrega diferentes elementos químicos que se cristalizam em diferentes profundidades.....	28
<b>Figura 8</b> -Diagrama esquemático com as mudanças concomitantes de estrutura e alteração da assembleia mineralógica para depósitos de ouro orogênico. Piratas domina em baixo grau metamórfico, e pirrotita e loellingita em graus mais altos.....	29
<b>Figura 9</b> - Imagem do Google Earth da área de estudo.....	32
<b>Figura 10</b> - Modelo digital de elevação da área de estudo.....	33
<b>Figura 11</b> – Mapa geológico simplificado da área de estudo.....	34
<b>Figura 12</b> - Unidade Gm. A) Afloramento da unidade Gm. B) Unidade Gm com granulometria média - protomilonito e C) Unidade Gm com granulação fina.....	35
<b>Figura 13</b> - Unidade Xc e suas variações de cor em campo, A) afloramento do XC. B) Xc de coloração vermelho a acastanhado C) formação de óxidos de manganês nos pontos pretos.....	35
<b>Figura 14</b> - Unidade Ip A) Fragmento da unidade Ap com muita muscovita de tamanho centimétrico e B) Contexto de voçoroca na unidade Ap.....	36
<b>Figura 15</b> - A) Turmalinito associado a Ap, e B) turmalinito como bloco rolado.....	36
<b>Figura 16</b> - A) Veios de quartzo proeminente na região com espessura aproximada de 1 m. B) pequeno veio que corta a unidade Xc C) veio de quartzo fumê com granulação grosseira.....	37
<b>Figura 17</b> - A) Afloramento de xisto com veio de quartzo sub-vertical contendo turmalina negra, escorodita e goethita. B) Bloco de veio de quartzo com turmalina negra, escorodita e goethita. A escorodita apresenta cor verde escura, corrugada e aspecto terroso e provavelmente se formou pela alteração da arsenopirita.....	37
<b>Figura 18</b> - Estereograma representando os polos das medidas de Sg da unidade Gm (n=19), plano médio 55/50.....	38

- Figura 19** - Estereograma representando os polos das medidas de Sn da unidade Xc (n=50), plano médio 28/46.....38
- Figura 20** – Diagrama de roseta representando os polos das medidas dos veios de quartzo (n=13) .....39
- Figura 21** – Diagrama de roseta representando as fraturas na área de estudo (n=30) .....39
- Figura 22** - A) Aspecto geral lâmina AC46, inequigranular com os nicóis paralelos B) Identificação de alguns minerais com os nicóis cruzados: muscovita (Ms), plagioclásio (Plg):e muscovita (Ms) e feldspato (Fsp). C) Identificação da biotita (Btt) com os nicóis paralelos D) Aspecto geral de outra seção da lâmina com os nicóis paralelos E) Seção com os nicóis cruzados e identificação do plagioclásio e muscovita. F) Aspecto geral de outra seção da lâmina com os nicóis paralelos.....40
- Figura 23** - A) A textura da lâmina AC32, é marcada por minerais bem orientados e indicação da foliação S-C., com os nicóis paralelos B) Mesma seção de A, porém com os nicóis cruzados. C) Identificação de alguns minerais da lâmina muscovita (Ms), rutilo (Rt) e quartzo (Qtz) com os nicóis paralelos D) Mesma seção de C, porém com os nicóis cruzados.....41
- Figura 24** - A) Textura geral da lâmina AC50 com nicóis paralelos B) Porfiroblastos de granada (Grt) subeuédricos circundados por biotita (Btt), quartzo (Qtz), clorita (Chl) com nicóis paralelos. C) seção da lâmina com os nicóis cruzados.....42
- Figura 25** - Rocha com textura lepidoplástica da lâmina AC49 – formada por quartzo (Qtz), actinolita (Act) e rutilo (Rt) em nicóis paralelos (A) e com nicóis cruzados (B). C) Mesma rocha com cristal de rutilo (Rt) no centro da figura. com nicóis paralelos D) Pequena lente de quartzo com nicóis paralelos.....43
- Figura 26** - A) Aspecto geral de uma seção MEV mostrando a matriz composta por escorodita (Scd) e arsenopirita (Apy), e no detalhe destaque para a identificação dos minerais barita (Brt). B) Vista geral de outra região da amostra, evidenciando a textura fraturada e zonas de alteração.....44
- Figura 27** – A e B) detalhes dos grãos de arsenopirita com bordas irregulares.....45
- Figura 28** - A) A galena (Gn) ocorre como um grão individual medindo aproximadamente 3-4 µm em sua maior dimensão, euédrico, com contornos irregulares e um aspecto ligeiramente lobado ou corroído. B) Identificação dos minerais matildita (Mtd) e arsenopirita (Apy), ambos com o aspecto corroído. C) Sulfossais de Ag-Bi-S-Se. (Mistura Complexa) .....45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>Sigla</b>	<b>Significado/ Contexto</b>
Apy	Arsenopirita
Brt	Barita
Btt	Biotita
Chl	Clorita
CMB	Complexo Metamórfico do Bação
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
USGS	United States Geological Survey
EDS	Espectroscopia de Dispersão de Energia
Ep	Epidoto
Ga	Giga anos/ Bilhões de anos
Gm	Gnaiss milonitizado
Ip	Intrusão pegmatítica
Kfs	Feldspato potássico
Lmic	Laboratório de Microscopia e Microanálises
Ma	Milhões de anos
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
Ms	Muscovita
n	Número de medidas
PIB	Produto Interno Bruto
Plg	Plagioclásio
QFe	Quadrilátero Ferrífero
Qtz	Quartzo
Rt	Rutilo
S-C	Estruturas planares S (foliação) e C (cisalhamento)
Scd	Escorodita
SEG-UFOP	Sociedade de Estudos de Geologia Econômica
SGM	Supergrupo Minas
SGRV	Supergrupo Rio das Velhas
SGER	Supergrupo Estrada Real
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
Xc	Xisto clorítico
ZCST	Zona de Cisalhamento São Vicente
ZCT	Zona de Cisalhamento Tapera

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Apresentação.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Localização e Vias de Acesso.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Justificativas.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5 Materiais e Métodos.....</b>	<b>14</b>
1.5.1 Revisão Bibliográfica.....	14
1.5.2 Atividades de Campo.....	14
1.5.3 Análises Laboratoriais.....	15
1.5.3.1 Caracterização Petrográfica.....	15
1.5.3.2 Análises por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS).....	15
1.5.4 Integração e Interpretação dos Dados. ....	16
1.5.5 Confeção de mapa geológico.....	16
1.5.6 Monografia.....	16
<b>CAPÍTULO 2 -ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DO QFe.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Introdução.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Estratigrafia.....</b>	<b>18</b>
2.2.1 Complexos Metamórficos.....	21
2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas (SGRV).....	21
2.2.3 Supergrupo Minas (SGM).....	22
2.2.4 Supergrupo Estrada Real (SGER).....	23
2.2.5 Rochas Intrusivas.....	23
2.2.6 Unidades Cenozoicas.....	24
<b>2.3 Arcabouço Estrutural e Tectônico.....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO 3 – REVISÃO SOBRE MINERALIZAÇÕES DE OURO NO QFe.....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>

<b>4.1</b>	<b>Aspectos Fisiográficos.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Descrição das Unidades Cartografadas.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Descrição das Estruturas de Deformação.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4</b>	<b>Caracterização Petrográfica Microscópica.....</b>	<b>39</b>
<b>4.5</b>	<b>Descrição das Análises MEV-EDS.....</b>	<b>43</b>
	<b>CAPÍTULO 5 – DISCUSSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>Mapeamento Geológico de Detalhe e Caracterização Petrográfica.....</b>	<b>46</b>
<b>5.2</b>	<b>Integração dos Dados Estruturais e a Arquitetura Tectônica Regional.....</b>	<b>49</b>
<b>5.3</b>	<b>Contexto Metalogenético: Implicações para a Formação do Ouro.....</b>	<b>50</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1 Apresentação**

O presente documento foi desenvolvido como Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). As atividades de campo, foram realizadas na área localizada entre a divisa dos municípios de Itabirito e Ouro Preto, entres os distritos de Acuruí e Glaura, região inserida no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero (QFe).

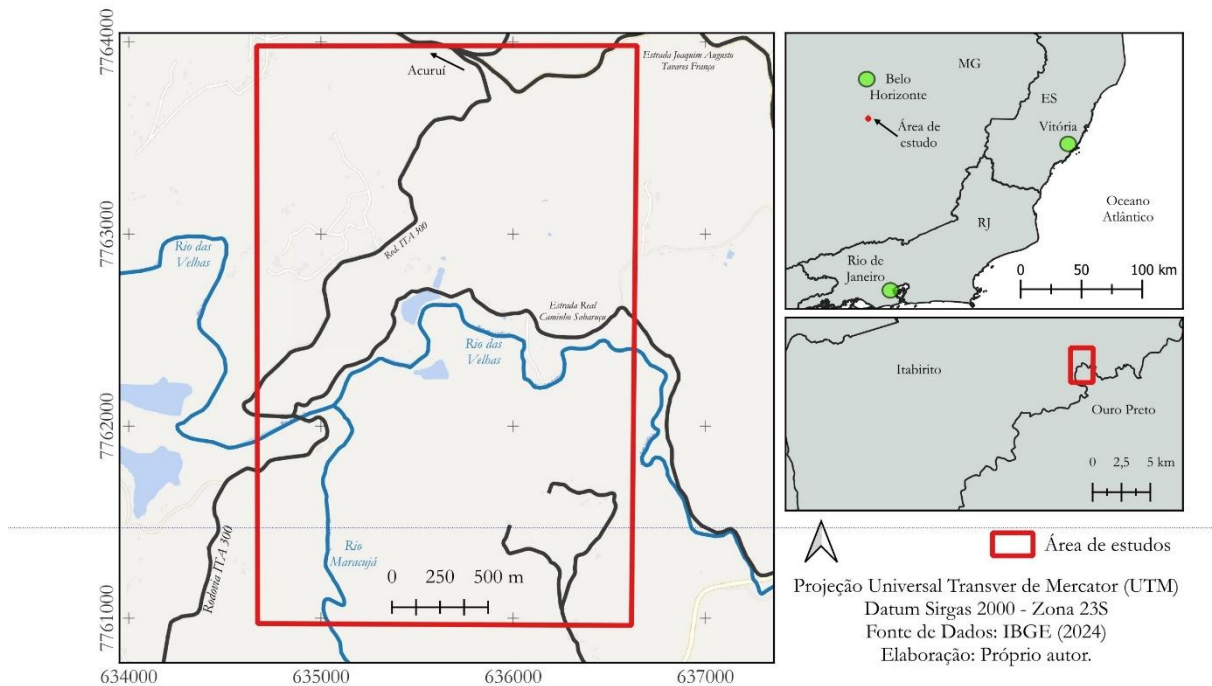
O QFe é historicamente reconhecido por sua expressiva diversidade litológica, complexa evolução tectono-metamórfica e elevado potencial econômico, sobretudo relacionado a depósitos de ferro e ouro. O contato do Supergrupo Rio das Velhas (SGRV) e Complexo Metamórfico do Bação (CMB) é menos abordada em detalhes na literatura, especialmente para ocorrências de ouro. Dessa forma, o trabalho busca contribuir para o entendimento geológico deste contato nas proximidades de Acuruí, e integrar conceitos de geologia econômica e pesquisa mineral aos estudos de mapeamento geológico de detalhe.

Nesse contexto, o desenvolvimento da pesquisa resultou na elaboração do presente documento. O trabalho contempla a integração de uma pesquisa bibliográfica da região, e resultou na elaboração de um mapa geológico na escala de 1:5.000. O foco principal do mapeamento foi o estudo estratigráfico e estrutural. Os dados apresentados foram coletados ao longo de campanhas de campo entre os anos 2024 e 2025.

### **1.2. Localização e Vias De Acesso**

A área mapeada é acessada, a partir de Ouro Preto pela BR 356 com sentido Itabirito. Após 31 km nesta rodovia, encontra-se o trevo de Acuruí, onde se deve virar à direita, e percorrer 6,5 km na estrada para a mina de Capanema. Em seguida, deve-se entrar à esquerda na estrada de terra vicinal, Estrada Real – Caminho Sabaruçu, que bordeja o Rio das Velhas. O polígono da área é apresentado na Figura 1.

**Figura 1** - Localização da área de estudo e seus limites territoriais.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

### 1.3 Objetivos

Objetivo geral desta pesquisa foi avaliar o potencial metalogenético para ouro no contato entre o Complexo Metamórfico do Bação e o Supergrupo Rio das Velhas na região de Acuruí, distrito de Itabirito. Os objetivos específicos estabelecidos foram:

- Definir e interpretar o arcabouço geológico e estrutural na escala de 1:5.000 de uma área de aproximadamente 8 km<sup>2</sup>;
- Identificar e caracterizar as principais litologias e suas associações minerais, com ênfase em feições petrográficas e microestruturais relevantes para a metalogênese do ouro.

### 1.4 Justificativa

A justificativa deste trabalho se deve à presença de diversos indicadores metalogenéticos para ouro na área de estudo. Estes indicadores incluem zona de cisalhamento, veios de quartzo com assembleia mineral favorável (turmalina e arsenopirita), e presença de sequências vulcano-sedimentares arqueanas. Além disso, a área constitui um laboratório natural

para geologia econômica e pesquisa mineral. Essa junção de fatores permitem o desenvolvimento da formação técnica e profissional ao oferecer um ambiente real para aplicação de métodos de mapeamento, petrografia e interpretação metalogenética.

## 1.5 Materiais e Métodos

Este trabalho foi estruturado em quatro etapas associadas: I) Revisão bibliográfica, II) Atividade de campo, III) Análises de laboratório e IV) Integração e interpretação dos dados, V) Confecção de mapa geológico e VI) Monografia.

### 1.5.1 Revisão Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica buscou inicialmente informações sobre os aspectos geológicos do Quadrilátero Ferrífero, complementadas por foteinterpretação de mapas e imagens de satélites. As imagens de satélite foram obtidas do *software* Google Earth e da base EMBRAPA Territorial do governo brasileiro.

Esta etapa permitiu identificar os pontos de interesse da área, seus acessos, e adotar as melhores estratégias de percurso de campo, além de identificação de aspectos geomorfológicos gerais como lineamentos, estruturas, padrões, cores, formas e texturas. Posteriormente, estes dados foram correlacionados com ocorrências de ouro orogênico. A etapa de revisão bibliográfica foi contínua ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho.

### 1.5.2 Atividade de Campo

As atividades de campo foram realizadas ao longo de nove dias, e foram utilizados os seguintes materiais: mapa de localização, bússola geológica (tipo Brunton), martelo geológico, lupa com aumentos de 10x, e celular como ferramentas para fotos e levantamento de pontos em coordenadas UTM, (*Datum* Sirgas 2000).

O trabalho consistiu em caminhamentos semi controlados pelas estradas vicinais, com a descrição de afloramentos e tomada de medidas estruturais. Alguns pontos, quando possível foi feito uma incursão perpendicular a estrada para complementar a cobertura da área. Foram coletadas também amostras para descrição petrográfica macroscópica e microscópica.

### 1.5.3 Análises Laboratoriais

As análises laboratoriais foram conduzidas no DEGEO. A caracterização petrográfica foi realizada no Lamin – Laboratório de Mineralogia, e a microscopia eletrônica de varredura (MEV), e no Lmic – Laboratório de Microscopia e Microanálise.

#### 1.5.3.1 Caracterização Petrográfica

Foram coletadas quatro amostras e descritas com macroscopicamente com auxílio de lupa, e posteriormente complementadas com análise em lâminas delgadas-polidas confeccionadas no LAMIN/ DEGEO-UFOP. As observações microscópicas foram analisadas com o microscópio óptico Olympus BX41, em luz refletida e transmitida.

#### 1.5.3.2 Análises por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS)

Entre as amostras coletadas, uma foi selecionada para caracterização detalhada da assembleia mineralógica. Para isso, foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura (MEV) acoplada à Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS).

As análises foram conduzidas no equipamento MEV JEOL 6510 com o sistema MEV-EDS da OXFORD. As condições operacionais definidas foram ambiente de alto vácuo. Os parâmetros de aquisição configurados incluíram corrente de aceleração de 20 kV, com *Working Distance* de aproximadamente 15 mm e *spotsize* de 69.

#### 1.5.4 Integração e Interpretação dos Dados

Os dados obtidos em campo foram sistematizados e interpretados, resultando tanto neste relatório técnico quanto em um mapa geológico detalhado. Os dados estruturais foram organizados em uma planilha Excel, que posteriormente foram reutilizados dentro do *software* OpenStereo para gerar os estereogramas e diagramas.

#### 1.5.5 Confeção de mapa geológico

O mapa foi confeccionado com software QGis versão 3.28, e para criação de figuras foi utilizado o Inkscape versão 1.4.2

#### 1.5.6 Monografia

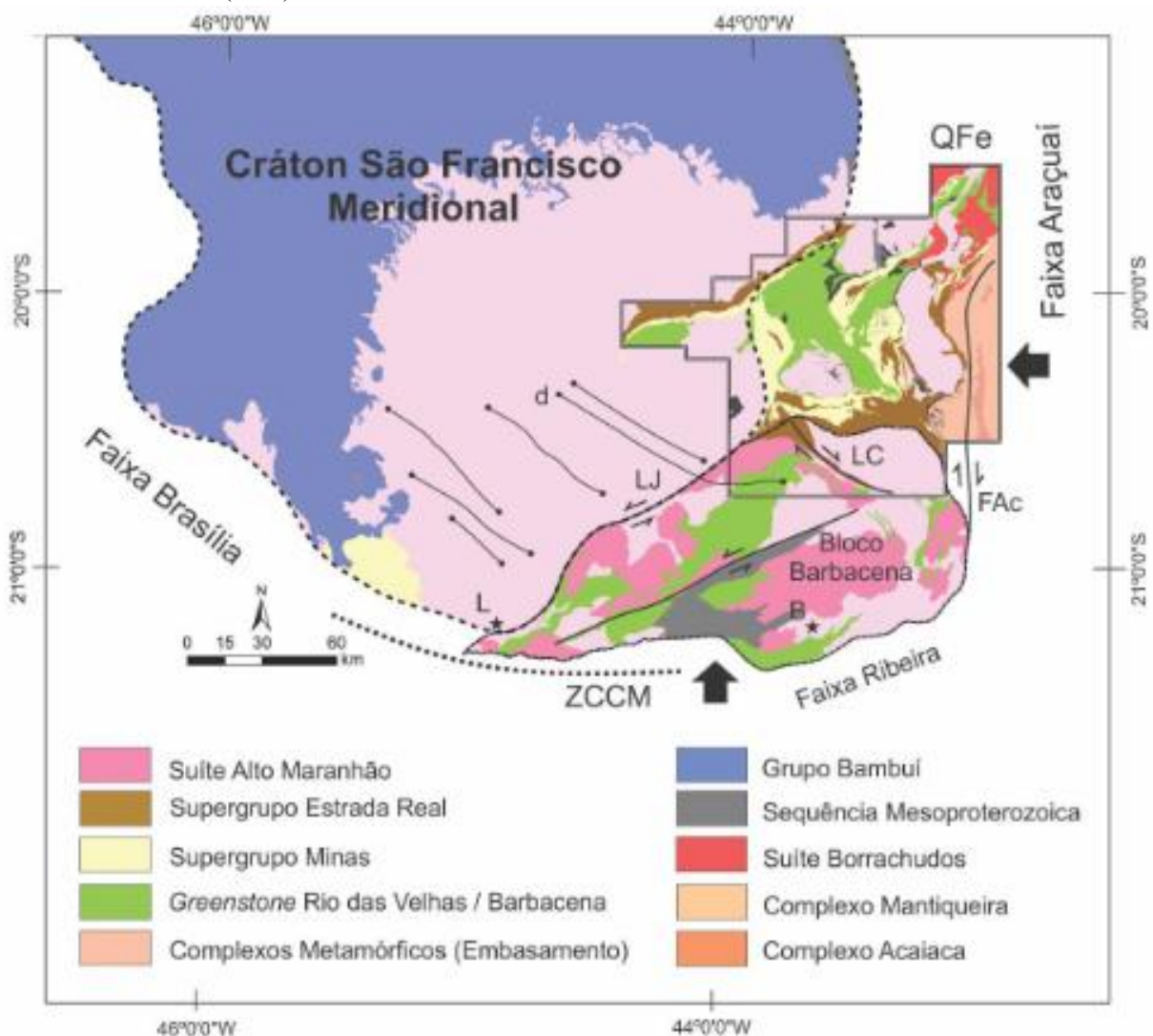
Após a integração de todos os dados obtidos, foi iniciado o processo de redação final da presente monografia. A organização do texto seguiu uma estrutura lógica, contemplando a contextualização geológica regional, a caracterização detalhada da área de estudo, a apresentação e interpretação dos resultados, bem como a discussão integrada dos aspectos estratigráficos, estruturais e suas implicações geológicas.

## CAPÍTULO 2 -ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DO QFe

### 2.1 Introdução

O Quadrilátero Ferrífero localiza-se na porção central do estado de Minas Gerais, e abrange uma área de 7.200 km<sup>2</sup>, mapeada por Dorr em 1969 como resultado do convênio DNPM-USGS. O nome da região se dá pela sua configuração geomorfológica quadrangular, com os eixos de mega dobras que estão dispostos em todos os quadrantes (NE-SW, N-S, NW-SE e E-W) (Endo *et al.*, 2019). No contexto geotectônico o QFe se encontra na extremidade do Cráton São Francisco (Figura 2), conforme descrito por Almeida (1977) e atualizado por Heilbron *et al.* (2017).

**Figura 2** - Localização do Quadrilátero Ferrífero (QFe) e contexto geotectônico do Cráton São Francisco de acordo com Almeida (1977).



Fonte - Endo *et al.* (2019).

A região do QFe possui destaques sobre diversos pontos de vistas como: importante terreno com presença de rochas do Arqueano e do Paleoproterozoico, significativos depósitos de classe mundial em ferro e ouro, e com destaque para outros minérios como bauxita, manganês e gemas preciosas. A região também engloba importantes cidades como Belo Horizonte e parte da sua região metropolitana, e outras cidades relevantes no contexto mineral como Itabira, Ouro Preto e Sabará. Concentra em termos econômicos, segundo Castro *et al.* (2015), cerca de 26% do Produto Interno Bruto de Minas Gerais e 22% da população.

Os primeiros estudos na região QFe de forma mais estruturada e com registros oficiais datam da época da vinda do engenheiro militar, geognosta e naturalista alemão Wilhelm Ludwig Von Eschwege em 1810. Outro marco importante está na vinda do engenheiro e mineralogista francês Henry Gorceix que foi o fundador da Escola de Minas em 1876. Desde então a região é palco de estudos e investigações em busca de riquezas minerais, e desenvolvimento de modelos evolutivos geotectônicos para sua complexa geologia e peculiar estruturação dos sinclinais e anticlinais.

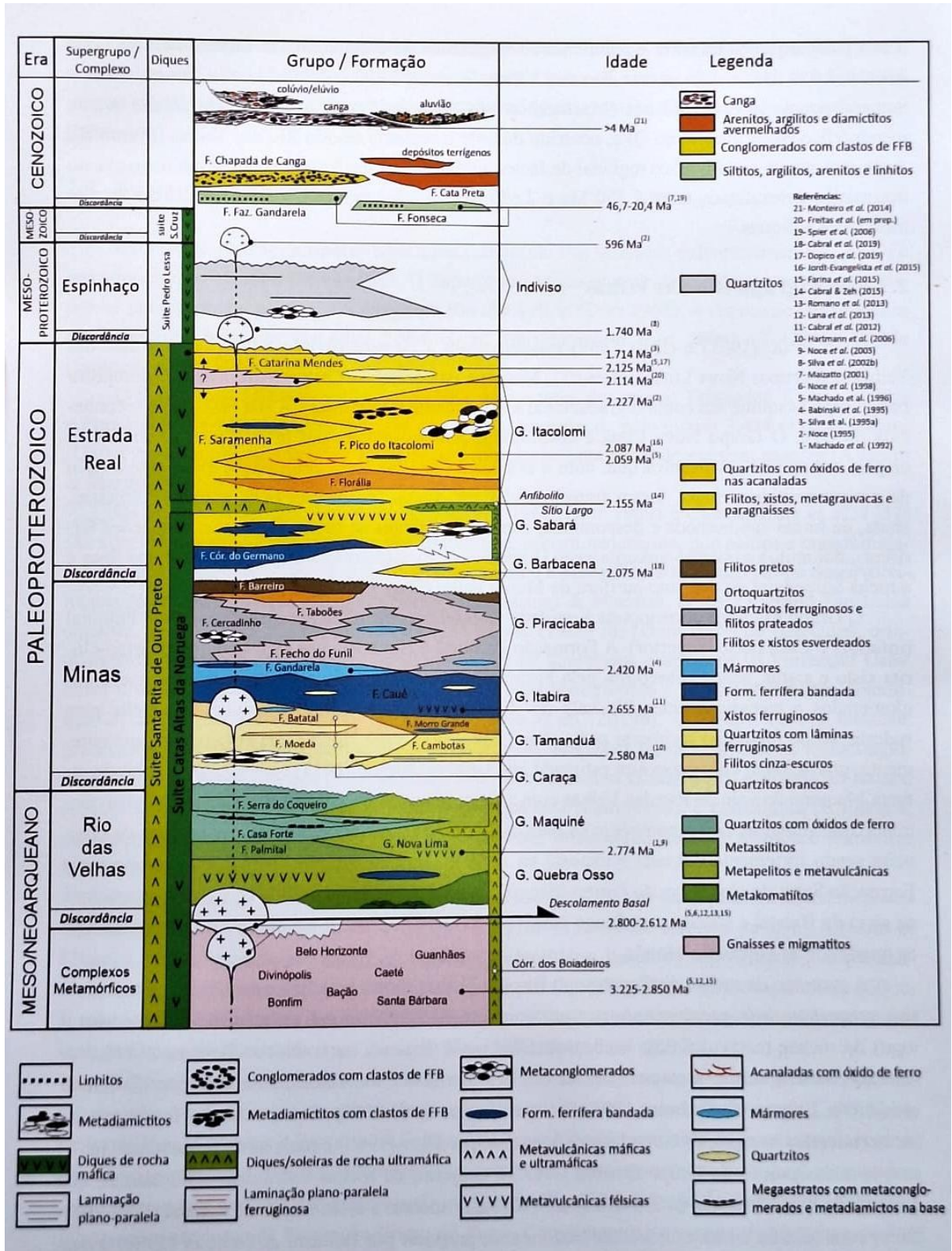
## **2.2 Estratigrafia**

A coluna estratigráfica da região proposta por Dorr (1969), foi um marco importante na compreensão do conhecimento dessa província mineral, pois resultou do trabalho de quase duas décadas de mapeamento sistemático do Supergrupo Minas. Esse modelo clássico estabeleceu as bases da estratigrafia regional e serviu como referência para os estudos subsequentes desenvolvido ao longo das décadas seguintes.

Com os avanços das pesquisas em geologia estrutural, estratigrafia, geocronologia, geoquímica, geofísica, e mapeamentos de detalhe, diversos aspectos do modelo de Dorr (1969) passaram a ser revistos e refinados. Neste contexto, destacam-se os trabalhos de Alkmin e Marshak (1998), Endo *et al.* (2019; 2020), Cabral e Zeh (2015) e Cabral *et al.* (2020; 2023).

As interpretações mais recentes definem no QFe em seis unidades litodêmicas e litoestratigráficas (Figura 3):

Figura 3 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.



Fonte: Endo et al. (2019)

- i) Complexos Metamórficos - gnaisses bandados ou não, migmatitos, granitoides, anfibolitos e corpos máficos/ ultramáficos;

- ii) Supergrupo Rio das Velhas - metavulcânicas félsicas, máficas e ultramáficas; metassedimentares clásticas e químicas;
- iii) Supergrupo Minas - rochas metassedimentares clásticas e químicas;
- iv) Supergrupo Estrada Real - rochas metassedimentares clásticas e químicas e rochas metavulcânicas félsicas, máficas e ultramáficas;
- v) Suítes intrusivas máficas e ultramáficas pós-Minas que se manifestam em todo o QFe metamorfizados em fácies xisto-verde.
- vi) Unidades sedimentares de idade Cenozoica, depositados em bacias restritas nas proximidades de Fonseca, Gandarela e Gongo Soco.

No que se refere especificamente à evolução das bacias Minas e Sabará/Itacolomi, Alkmim e Teixeira (2016) não reconhecem a ocorrência de eventos significativos de magmatismo máfico-ultramáfico associados à evolução dessas bacias sedimentares, interpretando sua história como predominantemente controlada por processos sedimentares e tectônicos. Em contraste, Endo *et al.* (2019; 2020) propõem a inclusão de rochas máficas na coluna estratigráfica do Supergrupo Estrada Real, interpretadas como registros de episódios magmáticos contemporâneos à evolução dessas bacias.

Nesse contexto da evolução estratigráfica, os estudos geocronológicos mais recentes de Cabral e Zeh (2015), e Cabral *et al.* (2020; 2023) fornecem um arcabouço temporal independente, capaz de refinar os modelos estratigráficos propostos para as bacias Minas e Sabará/Itacolomi. Esses trabalhos reconhecem a atuação de eventos magmáticos e tectono-metamórficos, no Neoarqueano, caracterizados por pulsos de crescimento e retrabalhamento crustal com idades concentradas entre 2,78 – 2,65 Ga (U-Pb), associados à construção do embasamento arqueano do QFe (Lana *et al.*, 2013; Romano *et al.*, 2013; Farina *et al.*, 2015). Esses eventos precedem a sedimentação paleoproterozóica do SGM e estabelecem a arquitetura crustal herdada sobre a qual as bacias posteriores se desenvolveram.

Inseridos nesse mesmo intervalo temporal, ocorreram episódios de magmatismo máfico-ultramáfico neoarqueano, interpretados como relacionados a regimes extensionais e à reorganização tectônica da crosta. Esses corpos máficos são descritos como espacialmente associados às sequências supracrustais posteriormente atribuídas ao SGM, ocorrendo localmente em posição próxima ou lateral à Formação Cauê. Contudo, essa associação reflete justaposição tectônica e reativações estruturais posteriores, e não uma relação estratigráfica primária, uma vez que a Cauê é paleoproterozóica. Assim, as estruturas herdadas do

Neoarqueano exerceram controle significativo sobre a compartimentação e a evolução inicial da bacia Minas. (Cabral *et al.*, 2020).

### 2.2.1 Complexos Metamórficos

Os complexos metamórficos compõem o embasamento cristalino, formam a base da coluna estratigráfica, são de idade paleoarqueana (3,2 a 2,6 Ga), e registram ao longo de sua história, ao menos quatro eventos tectono-magmáticos (Lana *et al.*, 2013; Romano *et al.* 2013; Farina *et al.* 2015).

Alkmin e Marshack, (1998) dividem os complexos metamórficos em 5 conjuntos: Belo Horizonte, Caeté, Bonfim, Santa Bárbara e Bação. Macroscopicamente os complexos metamórficos são constituídos por ortognaisses bandados, contendo localmente corpos de anfíbolitos, ortognaisses finamente laminados, migmatitos, corpos intrusivos de granitoides leucocráticos, veios aplíticos e diques máficos de diferentes gerações (Guimarães *et al.*, 1967; Herz, 1970; Cordani *et al.*, 1980; Gomes, 1986; Carneiro, 1992; Schorscher, 1992; Noce, 1995; Endo, 1997; Lana *et al.*, 2013; Farina *et al.*, 2016).

O Complexo Metamórfico do Bação representa uma importante porção do embasamento cristalino exposta no QFe, ocorrendo como núcleos gnáissico-migmatíticos estruturalmente elevados e limitados por zonas de cisalhamento regionais. Essa unidade compartilha com os outros complexos metamórficos uma história policíclica de deformação e metamorfismo de alto grau (Endo, 1997; Alkmin e Marshak, 1998). Estudos estruturais detalhados realizados por Hippertt (1994), demonstram que o CMB foi fortemente afetado por zonas de cisalhamento dúcteis a rúptil-dúcteis, responsáveis pela organização da foliação regional, pelo desenvolvimento de tramas miloníticas e pela compartimentação tectônica do embasamento.

### 2.2.2 Supergrupo Rio Das Velhas (SGRV)

O SGRV é uma sequência do tipo *greenstone belt* característica do Arqueano, com rochas metavulcânicas na base, prosseguindo para máfica-ultramáficas, félsicas, metavulcanoclásticas, metavulcanossedimentar química, metassedimentar clástica marinha e

metassedimentar costeira no topo (Zucchetti *et al.*, 1998; Baltazar e Pedreira, 1998; Baltazar e Zucchetti, 2007).

O SGRV é subdivido em 3 grupos: Quebra Osso, Nova Lima e Maquiné. O Grupo Quebra Osso, mais antigo, está restrito a alguns afloramentos que ocorrem na borda leste do QFe, na cidade de Catas Altas, e é composto por rochas vulcânicas ultramáficas a máficas (Schorscher, 1979). O ambiente de formação é de fundo oceânico com derrames e intrusão de soleiras.

O Grupo Nova Lima engloba rochas metavulcanossedimentar química, metavulcanoclástica e metassedimentar clástica marinha, com registros de processos hidrotermais, que transformaram os protólitos em xistos, xistos cloríticos e filitos. De forma subordinada e descontínua ocorrem filitos grafitosos, formações ferríferas, dolomitos e quartzo-ankerita xisto (Formação Lapa Seca), metagrauvas e quartzitos (Dorr, 1969; Zucchetti e Baltazar, 2000; Baltazar & Zucchetti, 2007; Araújo *et al.*, 2020).

O Grupo Maquiné, é composto por rochas metassedimentares não marinhas em contato gradacional e discordantes (Gair, 1962). Subdivide-se em duas formações: Palmital (inferior), e Casa Forte (superior), com deposição em ambiente fluvio-aluviais de rios entrelaçados.

### 2.2.3 Supergrupo Minas (SGM)

O SGM de idade Paleoprozóica, 2.584 M.a. (Hartmann *et al.* 2006) a 2.420 M.a. (Babinski *et al.* 1995), e se encontra em contato discordante com o SGRV (Dorr, 1969). O SGM é subdivido em três grupos: Caraça, Itabira e Piracicaba.

Alkmin e Martins Neto (2012) e Alkmim e Marshak (1998), definem que a deposição do SGM representa os estágios de evolução de uma bacia de margem passiva, associadas a diferentes estágios do Ciclo de Wilson. Abrangendo desde o rifteamento inicial (Grupo Caraça), até o desenvolvimento para oceanos (Grupo Itabira), e por fim o Grupo Piracicaba o estágio marinho.

De forma sucinta o Grupo Caraça, é constituído por metaconglomerados, quartzitos, filitos e metacherts. O Grupo Itabira na base é composto por itabiritos, lentes de xistos e filitos, no topo apresenta calcário e dolomitos com filitos correspondentes a Formação Gandarela.

Neste contexto destaca-se a Formação Cauê, que contém as principais reservas de minério de ferro da região do QFe.

Após a sedimentação do Grupo Itabira, registra-se um hiato deposicional regional, associado à instalação de magmatismo máfico, representado pelo protólitos do anfibolito Sítio Largo, datado em cerca de 2,18 Ga (Cabral e Zeh, 2015). Esse evento magmático recobre uma superfície erosiva na bacia Minas e marca uma mudança geodinâmica, precedendo o soerguimento que levou à sedimentação predominantemente clástica do Grupo Piracicaba.

Por fim, o Grupo Piracicaba registra a retomada da sedimentação após esse intervalo tectono-magmático, sendo constituído por associações de quartzitos, filitos e dolomitos, depositados sob condições marinhas mais estáveis.

#### 2.2.4 Supergrupo Estrada Real (SGER)

Proposto por Endo *et al.* (2019), reúne dois grupos: Sabará e Itacalomi, com idades de 2,12 a 2,05 Ga (Machado *et al.* 1996). Sua deposição ocorre também no período Paleoproterozoico, seu contexto geológico representa uma sucessão do tipo *flysch* a molassa sin-orogênicos.

De forma simplificada o SGER é composto por rochas metavulcanossedimentar marinha depositada em leques, e rochas da plataforma continental, com registros de fluxo de massa, turbiditos com alternância entre pelitos e arenitos (Dorr 1969, Alkmin e Marshak 1998).

#### 2.2.5 Rochas Intrusivas

As intrusões máficas e ultramáficas podem ser encontradas em todo o QFe, e podem ser agrupadas em 3 eventos de magmatismo com idade pós deposição SGER. Silva *et al* (1995), definem o primeiro evento magmático intrusivo no intervalo de 1700 a 1500 Ma, segundo evento em 906 Ma e o terceiro em 120 Ma.

Em termos estruturais os complexos de rochas intrusivas podem ser observados como diques isolados ou na forma de enxames (direção NW-SE, raramente NE-SW) de espessura

métrica a decamétrica, e extensão de até 15 km (Endo *et al.* 2019). Outra forma observada para estas rochas intrusivas é na forma de batólitos e stocks ultramáficos metamorfizados em baixo grau, fácies xisto verde, na região de Santo Antônio de Piratininga e de Catas Altas da Noruega (Raposo, 1991).

#### 2.2.6 Unidades Cenozoicas

Encontram-se depósitos sedimentares cenozoicos de forma mais restrita nas proximidades de Fonseca, Fazenda do Gandarela e Gongo Soco (Gorceix 1884, Dorr 1969, Maxwell, 1972; e Endo *et al.*, 2019).

De forma simplificada a composição dessas coberturas cenozoicas são diversas e variam de argilitos, arenitos, linhitos, ortoconglomerados de quartzitos e ortoconglomerado de seixos de itabiritos e canga ferruginosas são identificadas recobrimdo a Formação Cauê (Endo *et al.*, 2020).

### 2.3 Arcabouço Estrutural e Tectônico

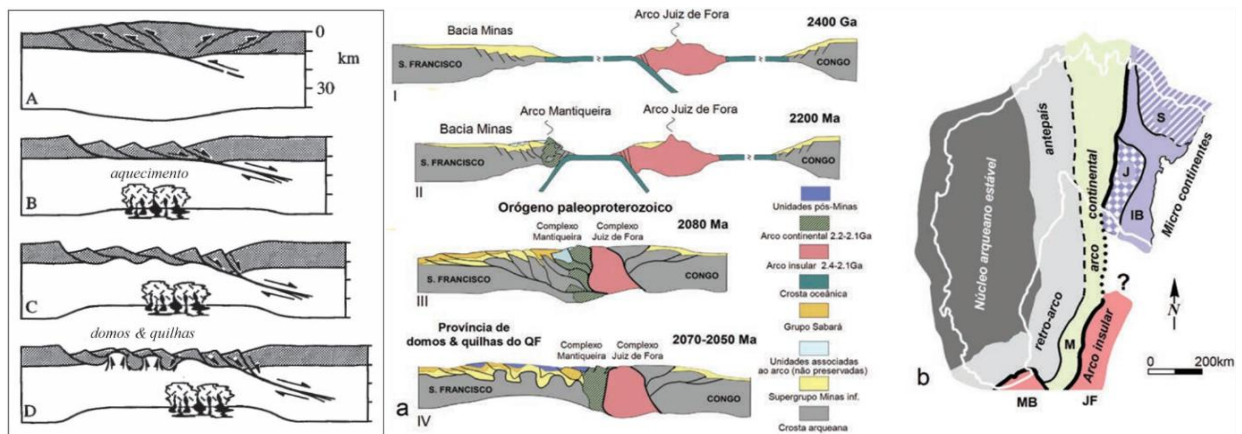
A configuração estrutural, tectônica e deformacional do QFe permite elaborar mais de um modelo evolutivo construtivo. As linhas de pesquisas com maior detalhamento são dos autores Alkmim e Marshak (1998) e Endo *et al.* (2020).

Alkmim e Marshak (1998), trabalham com a hipótese de uma arquitetura de “domos e quilhas” para a região do QFe. Segundo os autores, “domos e quilhas” estão presentes em terrenos arqueanos e em alguns de idade paleoproterozóica. Os domos, foram formados pela ascensão dúctil de rochas gnáissicas do embasamento na forma de diápiros, e em função do contraste térmico gerou auréolas metamórficas. Os domos podem ser interpretados, segundo os autores, como um vestígio de uma tectônica vertical que registra o resfriamento inicial da Terra.

A datação de monazitas em auréola metamórfica no contato entre os domos e as rochas supracrustais sugerem idade de ~2,06 a 2,04 Ga para os domos e quilhas (Alkmin e Teixeira, 2007). Resulta ainda deste evento um cinturão de dobras e falhas de empurrão com direção

geral NE-SW. As quilhas ou calhas, são compostas pelas unidades supracrustais dos supergrupos Rio das Velhas, Minas e Grupo Itacolomi. Ainda dentro da sua hipótese, representada na Figura 4, o evento tectônico Brasileiro gerou a inversão da bacia Minas.

**Figura 4** - Modelo de domos e quilhas e os eventos tectônicos que os originaram a inversão da bacia Minas.

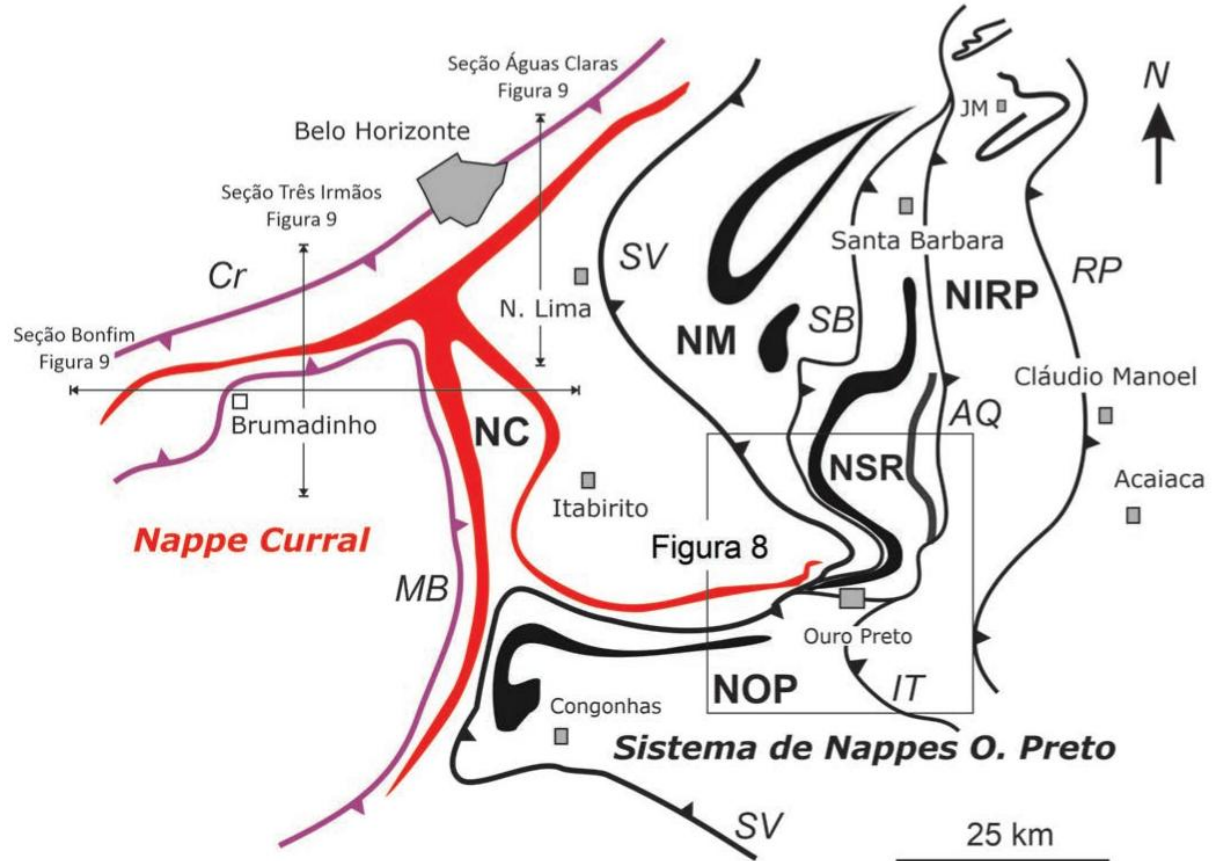


Fonte: Alkmim e Marshak (1998).

Endo *et al.* (2020) trazem uma reinterpretação para o arcabouço estrutural da região com base em um sistema de *nappes* e com a hipótese de ocorrência de deslocamento basal. As *nappes* são formadas em ambientes tectônicos compressivos (zonas de colisão continental ou subducção ativa), associadas, geralmente com falhas de baixo ângulo. O resultado pode ser uma *nappe* que inclui dobras em grande escala e zona de cisalhamento ao longo de plano de falhas.

Estruturalmente, de acordo com Endo *et al.* (2020), a região possui 3 sistemas de *nappes*: Curral, é uma mega dobra alóctone na porção ocidental com vergência de N-NE, e seu núcleo é de rochas do SGRV; o sistema de *Nappes* Ouro Preto também é um segmento alóctone desenvolvido sobre a *Nappe* Curral e com vergência para S-SW, e se desencadeia em 4 outras *nappes*; e as dobras da terceira geração resultantes de amplificação e ou redobramento relacionadas à tectônica de idade Brasileira com encurtamento crustal E-W e N-S. A representação da sua hipótese de Endo *et al.* (2020) é representada na Figura 5.

**Figura 5** - Mapa esquemático de articulação do sistema de *nappes* do Quadrilátero Ferrífero e as principais falhas/zonas de cisalhamento. *Nappes*: NC- Nappe Curral, NM- Nappe Maquiné, NSR- Nappe Santa Rita, NIRP Nappe Itabira-Rio Piracicaba, NOP- Nappe Ouro Preto. Falhas: SB- São Bento, AQ- Água Quente, RP- Rio Piracicaba, IT- Itacolomi, Cr- Curral. Zonas de cisalhamento: MB- Moeda Bonfim (descolamento basal da Nappe Curral), SV São Vicente (descolamento basal do Sistema de *Nappes* Ouro Preto).



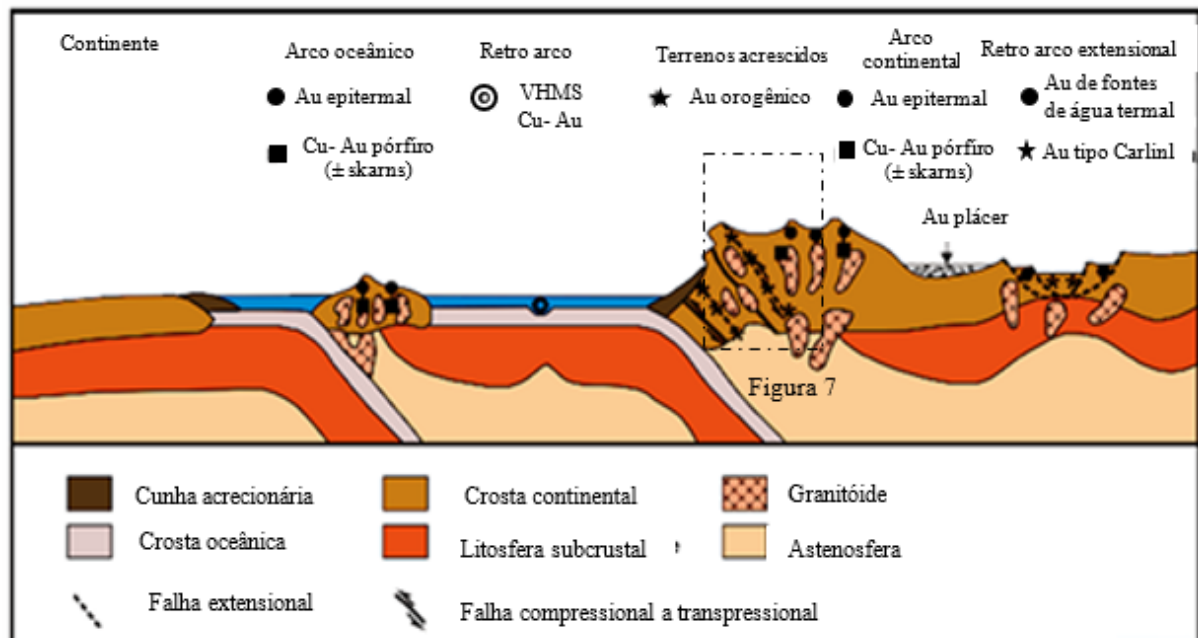
Fonte: Endo *et al* (2020).

### CAPÍTULO 3 – REVISÃO SOBRE MINERALIZAÇÕES DE OURO NO QFe

Os depósitos de ouro do QFe, em sua maioria, têm sua gênese associada a eventos orogênicos que afetaram o seu núcleo arqueano paleoproterozoico (Lobato *et al.*, 2020). Contudo, alguns depósitos são classificados do tipo paleo pláceres. A denominação de ouro orogênico foi difundida por Groves *et al.* (1998) e abrange terrenos de todas as idades metamorfizados em baixo a médio grau, formados por eventos de compressão a transpressão em margens convergentes em orógenos acrecionários e colisionais.

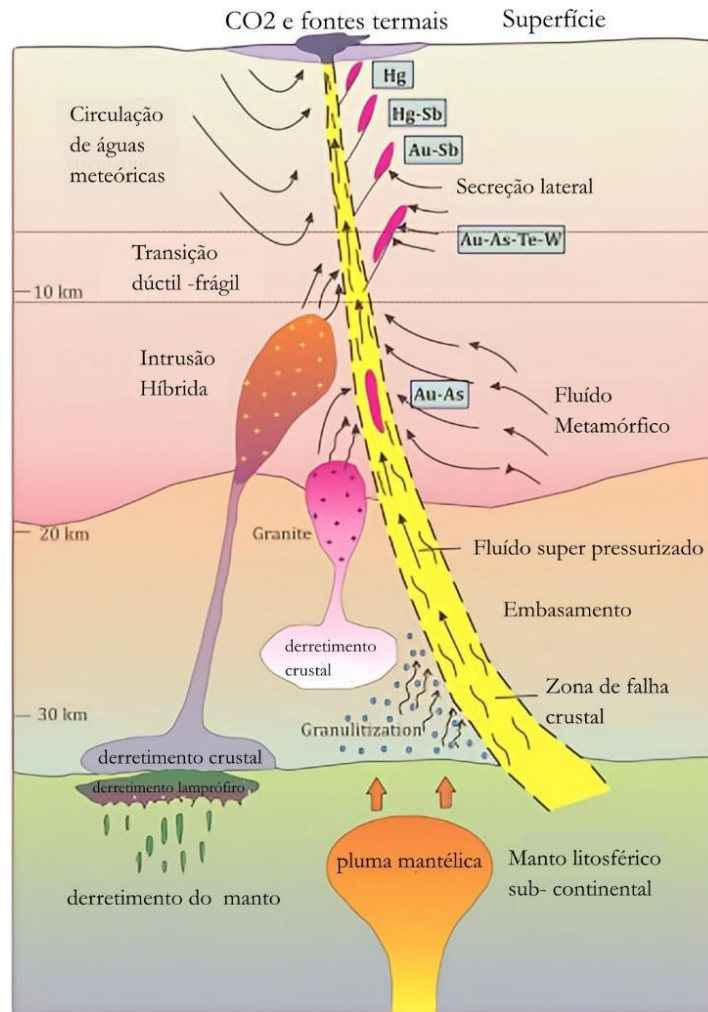
Segundo Goldfarb *et al.* (2015) os fluidos mineralizantes auríferos são formados em profundidades que variam de 3 a 20 km e provém de rochas supracrustais de fundo oceânico. Os oceanos do Paleoproterozoico continham maior quantidade de sedimentos carbonáceos e sulfídicos, que ao serem subductados foram desvolatilizados e perdiam a maior parte dos seus metais. Essa desvolatilização gerou fluidos ricos em CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>O que migraram ao longo de zonas de cisalhamento crustais, concentrando ouro em veios e brechas hidrotermais. A Figura 6 ilustra os ambientes tectônicos que possibilitam a formação de jazidas de ouro, e a Figura 7 destaca o sistema de circulação de fluidos que pode ocorrer na orogenia.

**Figura 6** - Representação do sistema de formação de depósitos de ouro.



Fonte: Groves *et al.*, 1998

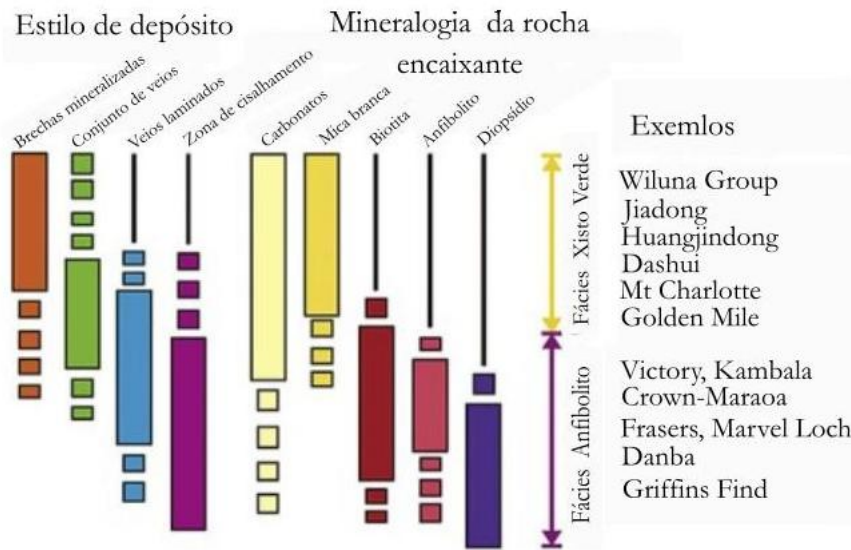
**Figura 7** - Destaque para o sistema de circulação de fluidos no sistema compressivo a transpressivo não unificados. Durante o percurso o fluido carrega diferentes elementos químicos que se cristalizam em diferentes profundidades.



Fonte: Groves e Santosh, 2016.

A mineralogia, os mecanismos de precipitação e a estrutura dos depósitos de ouro orogênico variam conforme a profundidade, a rocha encaixante e a fácies metamórfica (Groves *et al.*, 1993). Em níveis rasos, o ouro ocorre principalmente em brechas, enquanto em profundidades maiores, ele se concentra em veios ou zonas de cisalhamento. A rocha encaixante exerce forte influência na assembleia mineralógica: em rochas máficas e ultramáficas, predominam cloritas e carbonatos, e a sulfetação de minerais de ferro pode ser determinante para a precipitação do ouro. Já em rochas metassedimentares, como grauwacas, ardósias e filitos, formam-se muscovita, quartzo, carbonatos e sulfetos. Além disso, fácies xisto verde, gera minerais tipicamente mais hidratados, enquanto na fácies anfibolito, predominam minerais ricos em ferro. Na Figura 8 é apresentada um diagrama com as informações sobre a estrutura e alteração da assembleia mineralógica.

**Figura 8** -Diagrama esquemático com as mudanças concomitantes de estrutura e alteração da assembleia mineralógica para depósitos de ouro orogênico. Pirritas domina em baixo grau metamórfico, e pirrotita e loellingita em graus mais altos.



Fonte: Groves, 1993.

Os depósitos de ouro podem ser subdivididos com os prefixos ‘epi’, ‘meso’ e ‘hipo’ zonal. O termo foi introduzido por Hagemann e Ridley (1993) e posteriormente modificado por Gebre-Marian *et al.*, (1995). O termo transmite, segundo os autores, as amplas condições crustais em profundidade para formação dos depósitos de ouro, e desta forma não confunde com os termos ‘epi’, ‘meso’ e ‘hipo’ termal que também são usados na literatura para descrever mineralizações que ocorrem no contexto do vulcanismo ao plutonismo.

No QFe, são descritos vários sistemas de falhas e zonas de cisalhamento que possivelmente formaram descontinuidades propícias para a circulação de fluidos mineralizantes auríferos. Nova Lima, uma importante província aurífera do QFe, está associado a zona de cisalhamento de São Vicente (ZCSV), que se estende por aproximadamente 60 km de forma descontínua e possui direção NW-SE (Araújo, 2001). A ZCSV possui 3 interpretações: falha de empurrão cega com traço curvo e não aflorante (Gair, 1962 e Dorr 1969), falha de empurrão (Zucchetti e Baltazar, 1998) e, zona de cisalhamento dúctil que representa uma superfície de deslocamento basal do sistema de Nappes Ouro Preto (Endo *et al.*, 2020).

Historicamente, segundo levantamento de Lobato *et al.*, (2020), a produção de ouro estimada para o QFe é em torno de 36,7 Moz (milhões de onça), sendo os depósitos mais expressivos já minerados estão na cidade de Nova Lima. A mina Morro Velho produziu 42% do total de ouro, e foi desativada em 2004. A mina de Raposos produziu 8% do ouro do QFe, e foi desativada em 1999. Atualmente, a mina de Cuiabá, na região de Sabará e propriedade da Anglo Gold, desenvolve a mina mais profunda do QFe, com lavra a 1.300 metros de

profundidade. A mina de Cuiabá, carrega um histórico de 22% da produção de ouro, e segundo informações da Anglo Gold, a profundidade prevista para a mina é de 2.500 metros.

Em termos estratigráficos, SGRV é mais propício para hospedar as jazidas de ouro de maior volume, e o SGM possuiu minas auríferas em menor número, entretanto com maior teor. Lobato *et al.* (2020), divide as ocorrências de ouro no SGRV nos seguintes campos auríferos:

- i) Nova Lima;
- ii) Cuiabá-Lamengo (Sabará);
- iii) Roça Grande-Juca Vieira (Caeté);
- iv) São Bento-Pilar/ Brumal-Córrego do Sítio (Santa Bárbara) e;
- v) Pary-Furquim (Mariana).

As associações mineralógicas e a forma no qual o ouro se encontra no SGRV foram resumidas por Vial *et al.*, (2007) em seis tipos, sendo que um mesmo depósito pode apresentar mais de uma associação conforme a profundidade ou controle estrutural da mineralização varia:

- 1) Ouro associado a BIF's metamorizados alternado com camadas de carbonatos e sulfetos;
- 2) Ouro associado a formação Lapa Seca, composta por xistos com carbonatos a ferrosos, quartzo e plagioclásio. O ouro livre é encontrado em veios de quartzo fumê nas partes mais superficiais, e em profundidade associado veios de sulfetos (pirita, pirrotita, arsenopirita e calcopirita).;
- 3) Ouro associado a veios de quartzo;
- 4) Ouro associado a sulfetos disseminados em veios de quartzo;
- 5) Ouro associado a anfibólios;
- 6) Ouro associado a sulfetos disseminados;

As jazidas de ouro no SGM ocorrem em dois eixos mineralizados, e um terceiro modo de ocorrência na forma de lentes:

- i) Eixo sudeste, entre Ouro Preto a Santa Rita Durão, com 25 km de extensão. Neste eixo, encontra-se o Anticlinal de Mariana, e as minas mais relevantes estão: Chico Rei, Taquaral e de Passagem de Mariana.
- ii) Eixo leste, entre Mariana a Itabira, com 60 km de extensão de forma descontínua. O ouro encontra-se na forma de veios ricos associados ao paládio e alto conteúdo de elementos do grupo da platina (Olivo *et al.*, 1995 e Galbiatti *et al.*, 2007). Em

termos estratigráficos está restrito às camadas de itabirito em associação com hematita especular, quartzo, talco e/ou caulinita (Hussak, 1906; Cabral, 1996; 2006).

- iii) O ouro ocorre nos metaconglomerados basais da Formação Moeda e está associado ao urânio. As lentes de quartzo com sulfetos auríferos possuem espessura métrica, e evidência que constituíam paleocanais assentados sobre os xistos do Grupo Nova Lima (Villaca, 1981). A mineralização é produto de eventos polideformacionais, e os sinclinais Moeda, Gandarela e Ouro Fino são estruturas importantes para encontrá-las (Minter *et al.*, 1990).

A forte mineralização do campo aurífero Pari-Furquim está associada a zona de cisalhamento Tapera (ZCT), com direção NW, e aproximadamente 10 km de extensão. Endo (1997) define a ZCT com uma zona de cisalhamento dúctil.

Em relação à depósitos e mineralizações mais específicas relacionada com contexto da área estudada, destacam-se os trabalhos de Pimenta *et al.* (2024) e Oliveira *et al.* (2025). Pimenta *et al.* (2024) investigou o depósito de Veloso em Ouro Preto, no domínio estrutural do Anticlinal de Mariana. A mineralização aurífera encontra-se hospedada em veio de quartzo brechado associado à turmalina encaixado na Formação Cauê (Grupo Itabira, SGM). A presença de turmalina, com assinaturas isotópicas de boro compatíveis com fluidos de origem crustal e interação com metassedimentos, reforça o papel de fluidos hidrotermais canalizados por descontinuidades estruturais na concentração do ouro. Essa associação evidencia o controle estrutural relacionado a zonas de fraturamento que cortam a foliação regional.

Oliveira *et al.* (2025) descreveu a mineralização aurífera da região de Acuruí, ao norte do CMB. O ouro ocorre no prospecto Rio de Pedras, hospedado na base do Grupo Nova Lima, especificamente na Formação Ouro Fino, em uma sucessão metavulcano-sedimentar composta por rochas máfico-ultramáficas, BIF e rochas volcanoclásticas a pelíticas-psamíticas. A mineralização está associada a zonas de cisalhamento e ocorre em xisto micáceo-quartzoso porfiróclástico e carbonoso, interpretado como depósito epiclástico que atuou como armadilha reológica durante a deformação em regime rúptil-dúctil. A assinatura geoquímica Au-As-Sb-W-Te-Bi-Ag e as condições metamórficas de fácies xisto-verde superior a anfibolito inferior indicam um sistema orogênico mesozonal, ampliando o espectro de rochas hospedeiras auríferas no SGRV para além das tradicionais BIFs e unidades “lapa seca”.

## CAPÍTULO 4 - RESULTADOS

### 4.1 Aspectos Fisiográficos

A área do estudo está inserida na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, e é cortada aproximadamente em sua porção central pelo rio de mesmo nome no sentido oeste - leste. De forma geral, a imagem de satélite, apresenta pouca exposição litológica, resultado da cobertura vegetal e do intemperismo (Figura 9). Adicionalmente, a área apresenta significativas alterações antrópicas, como desmatamento, formação de pastagens e atividades agrícolas, que dificultam o estabelecimento de uma correlação mais precisa entre a vegetação e a tipos litológicos.

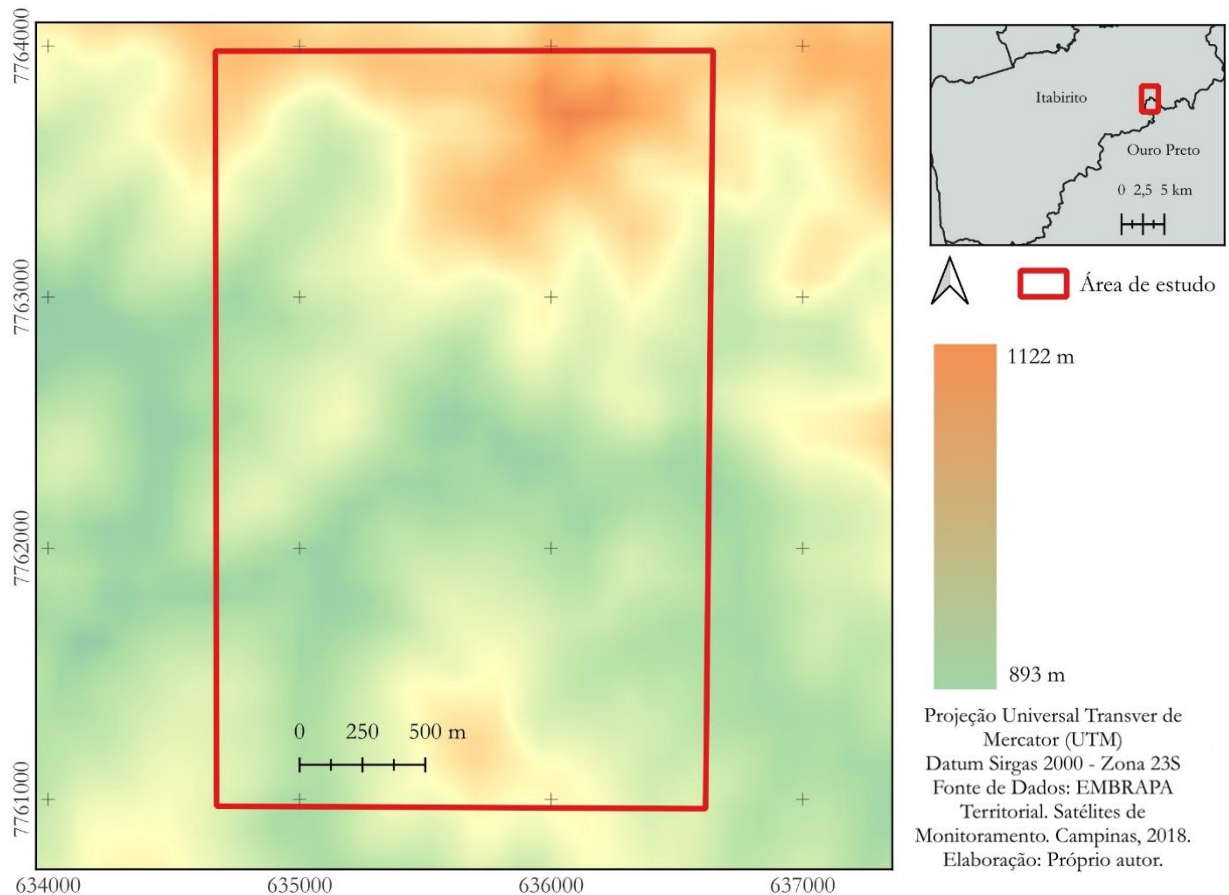
**Figura 9** – Imagem do Google Earth da área de estudo.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

A topografia da região apresenta um relevo, com as cotas variando de 893 m até de 1122 m, uma diferença de altitude de 229 m (Figura 10). As porções mais altas são concentradas no norte de forma mais contínua e alongada. Há também uma menor área de elevação significativa no centro sul. A rede de drenagem converge para Rio das Velhas que percorre o fundo do vale, centro da área.

**Figura 10** - Modelo digital de elevação da área de estudo.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

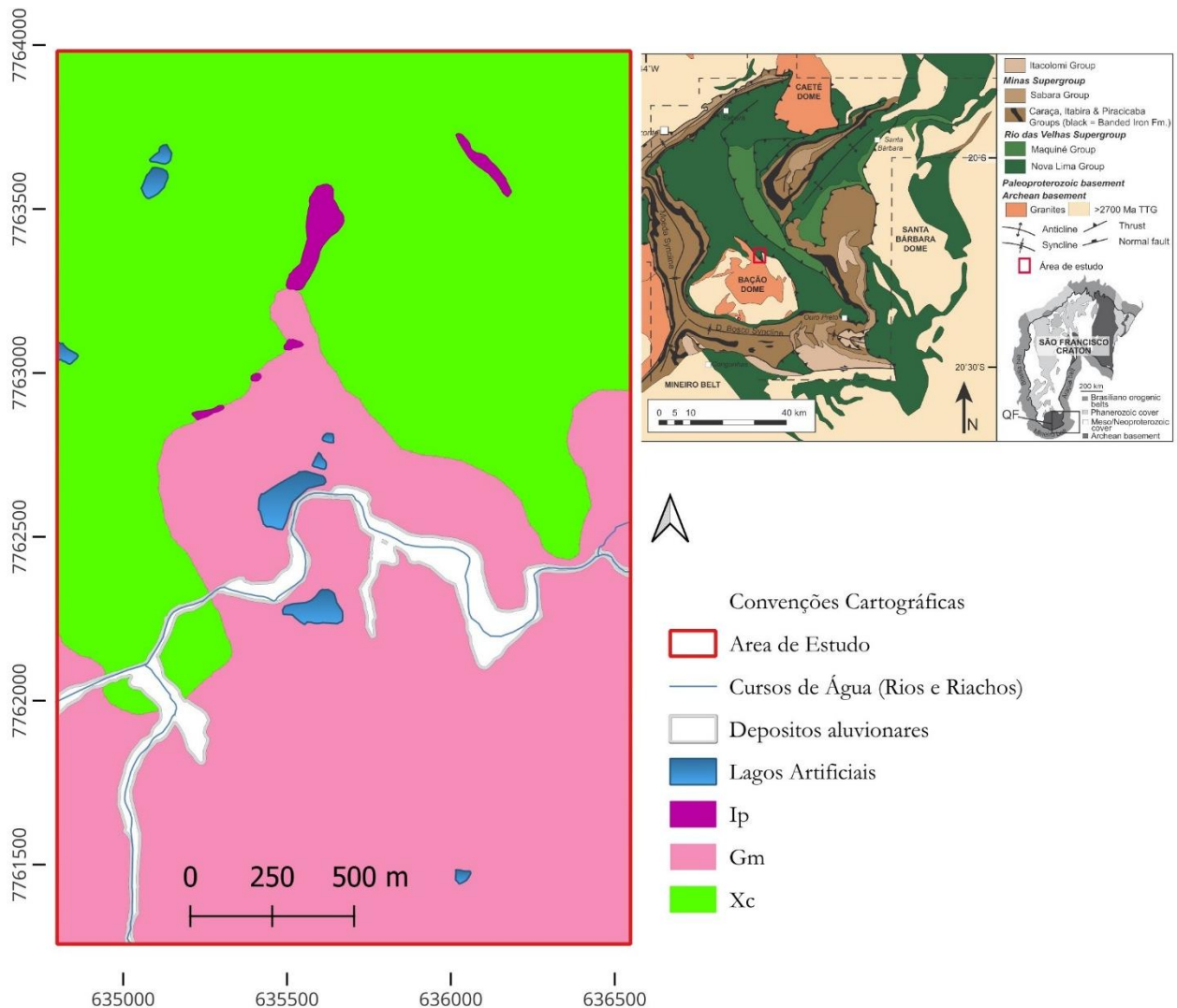
## 4.2 Descrição das Unidades Cartografadas

Na área ocorrem três litotipos: i) Gnaisse milonitizado (Gm), ii) Xisto Clorítico (Xc) e, iii) Intrusões pegmatíticas (Ip). O litotipo Gm ocorre principalmente nas porções ao sul. O litotipo Xc, ocorre principalmente nas partes mais elevadas da área mapeada, principalmente nos setores nordeste e noroeste da área, onde forma crista alongadas e superfícies residuais. Já o litotipo Ip são mais frequentes próximos a voçorocas, zonas de fraturas e corta os dois litotipos descritos anteriormente.

Na área de estudo foi também delimitado depósitos aluvionares próximos as calhas dos rios das Velhas e Maracujá. Depósitos aluvionares podem representar concentrações secundárias de ouro e são importantes para pontos para amostragem de sedimentos de corrente, concentrados de bateias e prospecção geoquímica. A espessura e largura dos depósitos variam conforme o nível de encaixe do canal, e vão desde argila até cascalhos. Algumas áreas de

várzeas são percebidas, principalmente próximo a áreas de agricultura. A figura 11 representa de forma simplificada a disposição geológica dos litotipos, e o mapa geológico detalhado pode ser consultado em anexo.

**Figura 11** – Mapa geológico simplificado da área de estudo.

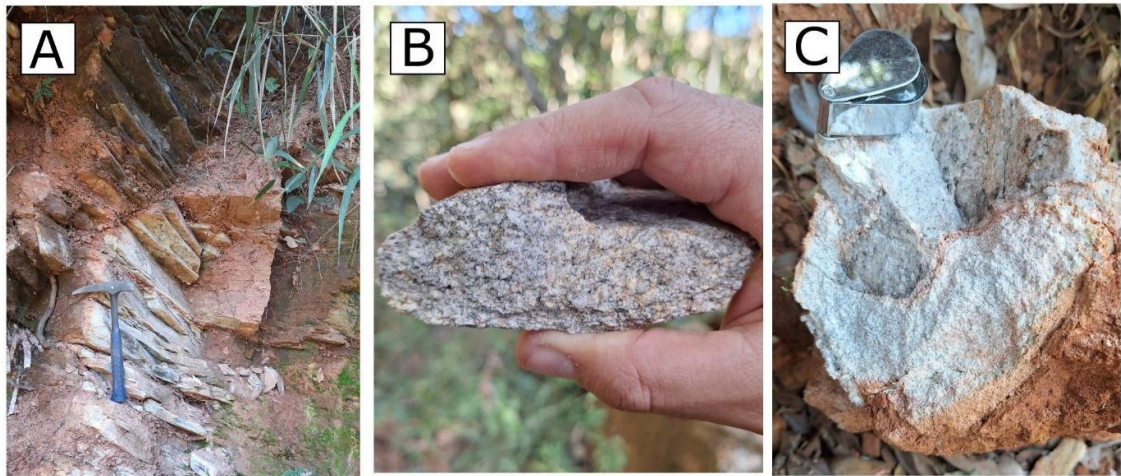


Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

As rochas da região foram submetidas a intensa alteração por intemperismo químico, o que modificou a composição de alguns de seus minerais originais. Conseqüentemente, certas associações de rochas foram identificadas e mapeadas com base nas características do saprólito.

O primeiro litotipo é o Gnaisse milonitizado (Gm) é composta por minerais predominantemente félsicos e ricos em quartzo, feldspato e ortoclásio, contendo biotita e muscovita como minerais acessórios (Figura 12). A rocha desta unidade apresenta uma ampla variação no grau de deformação, desde um protomilonito, nos quais ainda se reconhecem o bandamento gnáissico original, até milonito com a recristalização da matriz.

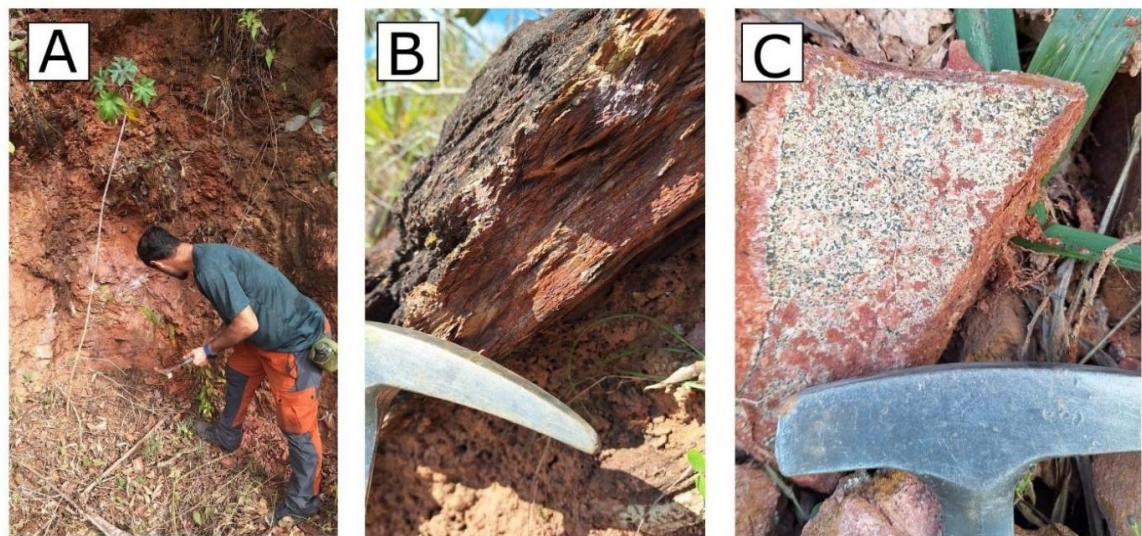
**Figura 12** - Unidade Gm. A) Afloramento da unidade Gm. B) Unidade Gm com granulação média - protomilonito e C) Unidade Gm com granulação fina.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

O segundo litotipo, Xc, possui baixa concentração de quartzo e alta concentração de filossilicatos de ferro e magnésio (clorita e biotita). Em afloramentos a unidade, apresenta coloração de rochas e solos em tons de vermelho, alaranjado, roxo, ocre e castanho, reflexo do intemperismo químico intenso e da oxidação dos minerais ferromagnesianos (Figura 13). A litologia predominante nesta unidade é o quartzo – biotita – clorita xisto, de granulação fina a média, com foliação bem desenvolvida. Localmente, ocorrem recristalizações de óxido de manganês em cavidades e superfícies de fratura, produto da percolação de águas meteóricas e subsequente oxidação de minerais manganésíferos (Figura 13.C).

**Figura 13** - Unidade Xc e suas variações de cor em campo, A) afloramento do XC. B) Xc de coloração vermelho a acastanhado C) formação de óxidos de manganês nos pontos pretos.

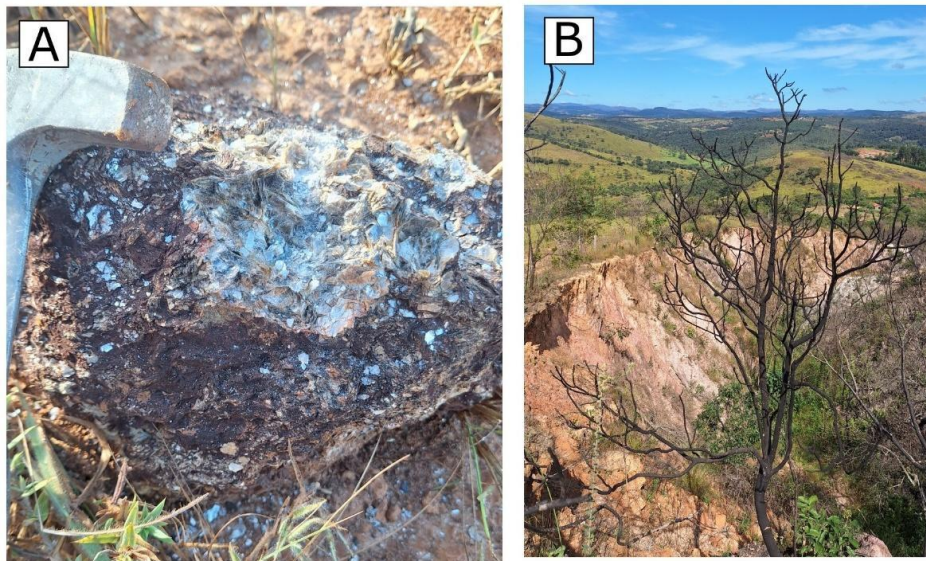


Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

O terceiro litotipo, Ip, compreende corpos ígneos félsicos intrusivos de pequenas dimensões, geralmente cortando as unidades Xc e Gm (Figura 14). Esses corpos exibem textura

pegmatítica a granítica, de coloração branca, creme a rosada, reflexo da predominância de feldspato potássico, albita, quartzo e muscovita grossa. Como minerais acessórios, ocorrem biotita e turmalina. Nos afloramentos desta unidade, predomina o saprólito pegmatítico, com intensa sericitização e caulínização dos feldspatos, o que dificulta o reconhecimento de contatos nítidos.

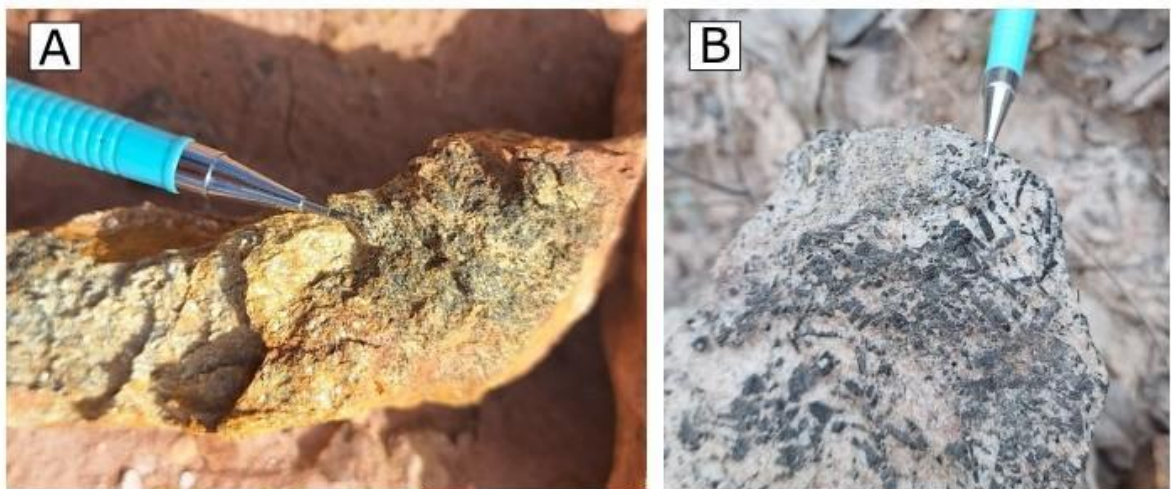
**Figura 14** – Unidade IP A) Fragmento da unidade Ap com muita muscovita de tamanho centimétrico e B) Contexto de voçoroca na unidade Ap.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Associados aos veios de quartzo, ocorrem localmente blocos e massas de turmalinito (Figura 15.A), frequentemente rolados ou descontextualizados sem proximidades aparente com os veios (figura 15.B).

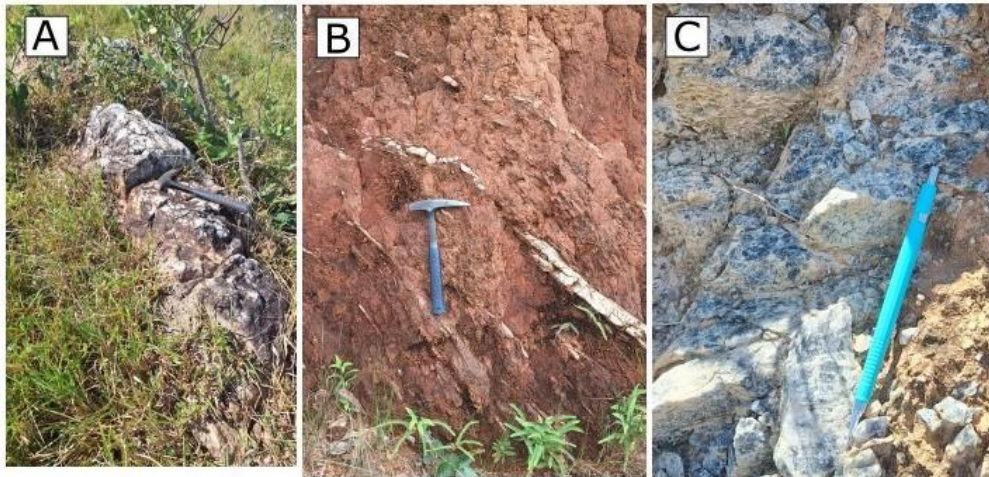
**Figura 15** - A) Turmalinito associado a veios de quartzo, e B) turmalinito como bloco rolado.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025)

Na área também se destacam veios de quartzo de espessuras variáveis, alguns atingindo cerca de 1 metro, que cortam as unidades Xc e Gm (Figura 16). Esses veios apresentam quartzo leitoso a fumê, de granulção média a grossa, indicando recristalização hidrotermal.

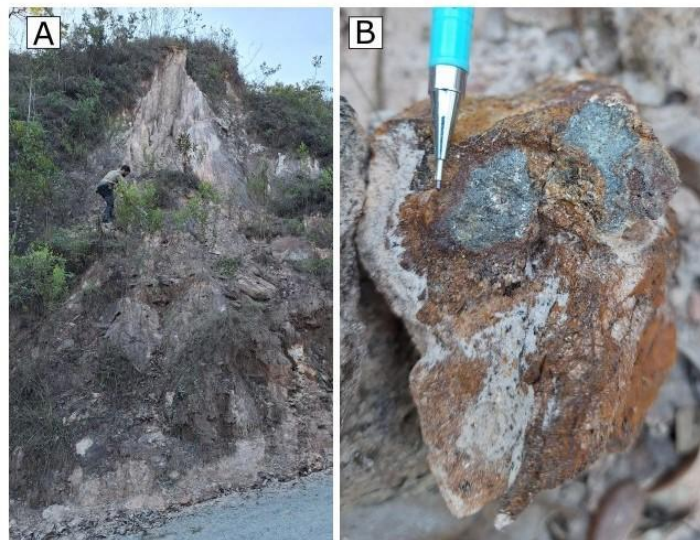
**Figura 16** - A) Veios de quartzo proeminente na região com espessura aproximada de 1 m. B) pequeno veio que corta a unidade Xc C) veio de quartzo fumê com granulção grossa.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Associado a esses veios, ocorre a turmalina negra e um agregado mineral supergênico de aspecto terroso com a mistura, provavelmente, de goethita com escorodita ( $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Esse agregado mineral é notável na área de estudo por ser encontrado em tamanhos variados, inclusive atingindo alguns centímetros, de coloração verde-oliva a negra e aspecto corrugada (Figura 17). Sua formação está diretamente associada à alteração supergênica e oxidação de sulfetos primários, como arsenopirita.

**Figura 17** - A) Afloramento de xisto com veio de quartzo sub-vertical contendo turmalina negra, escorodita e goethita. B) Bloco de veio de quartzo com turmalina negra, escorodita e goethita. A escorodita apresenta cor verde escura, corrugada e aspecto terroso e provavelmente se formou pela alteração da arsenopirita.



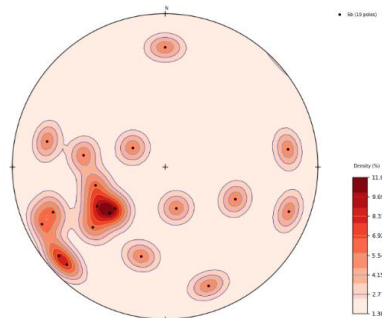
Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

### 4.3 Descrição das Estruturas de Deformação

A seguir é apresentada a caracterização das estruturas de deformação presente nas três litotipos cartografados, como xistosidade, foliação milonítica, famílias de fratura e veios de quartzo.

O litotipo Gm apresenta foliação milonítica (Sm) menos evidente em campo, o que resultou em um número limitado de 19 medidas estruturais. O estereograma de polos mostra um mergulho moderado a alto majoritariamente, com projeção ciclográfica para ENE, e valor médio 55/50 (Figura 18).

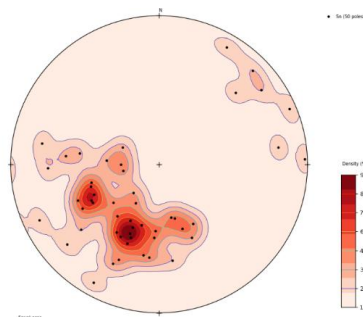
**Figura 18** - Estereograma representando os polos das medidas de Sg da unidade Gm (n=19), plano médio 55/50.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Para o litotipo Xc foram coletadas 50 medidas de planos de xistosidade (Sn). O estereograma de polos evidencia estruturas com mergulhos moderados, e com projeção ciclográfica com direção NE e com valor médio 28/46 (Figura 19). A distribuição dos polos forma uma faixa contínua com duas áreas de concentração preferenciais no quadrante sudoeste.

**Figura 19** - Estereograma representando os polos das medidas de Sn da unidade Xc (n=50), plano médio 28/46.

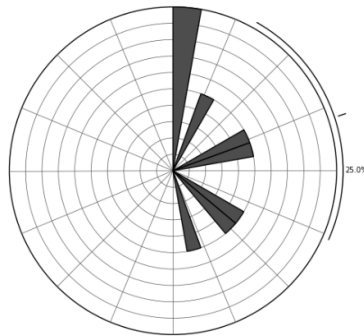


Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Os veios de quartzo representados no diagrama de roseta (Figura 20), apresentam uma orientação preferencial NNE-SSW, e uma orientação menos expressiva ENE-WSW. Essa

configuração dos veios é compatível com sistemas de fraturas associados a regimes de deformação transpressivas.

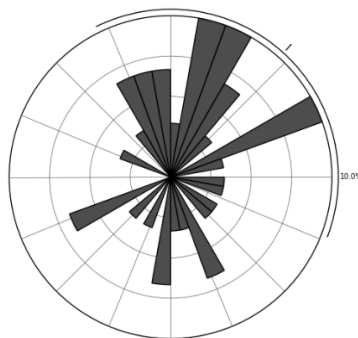
**Figura 20** – Diagrama de roseta representando os polos das medidas dos veios de quartzo (n=13).



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

As fraturas mapeadas na área estão representadas no diagrama de roseta (Figura 21). Foram obtidas 23 medidas no litotipo Xc e 7 no litotipo Gm. Embora o número de medidas seja desigual entre as litologias, optou-se por analisá-las conjuntamente em um único diagrama, a fim de identificar tendências estruturais regionais. O diagrama evidencia ao menos duas famílias de fraturas, a família F1 com direção predominante NE-SW com maior frequência e concentração angular, e F2 menos frequente e com dispersão um pouco maior, com tendência aproximada NNW-SSE.

**Figura 21** – Diagrama de roseta representando as fraturas na área de estudo (n=30).



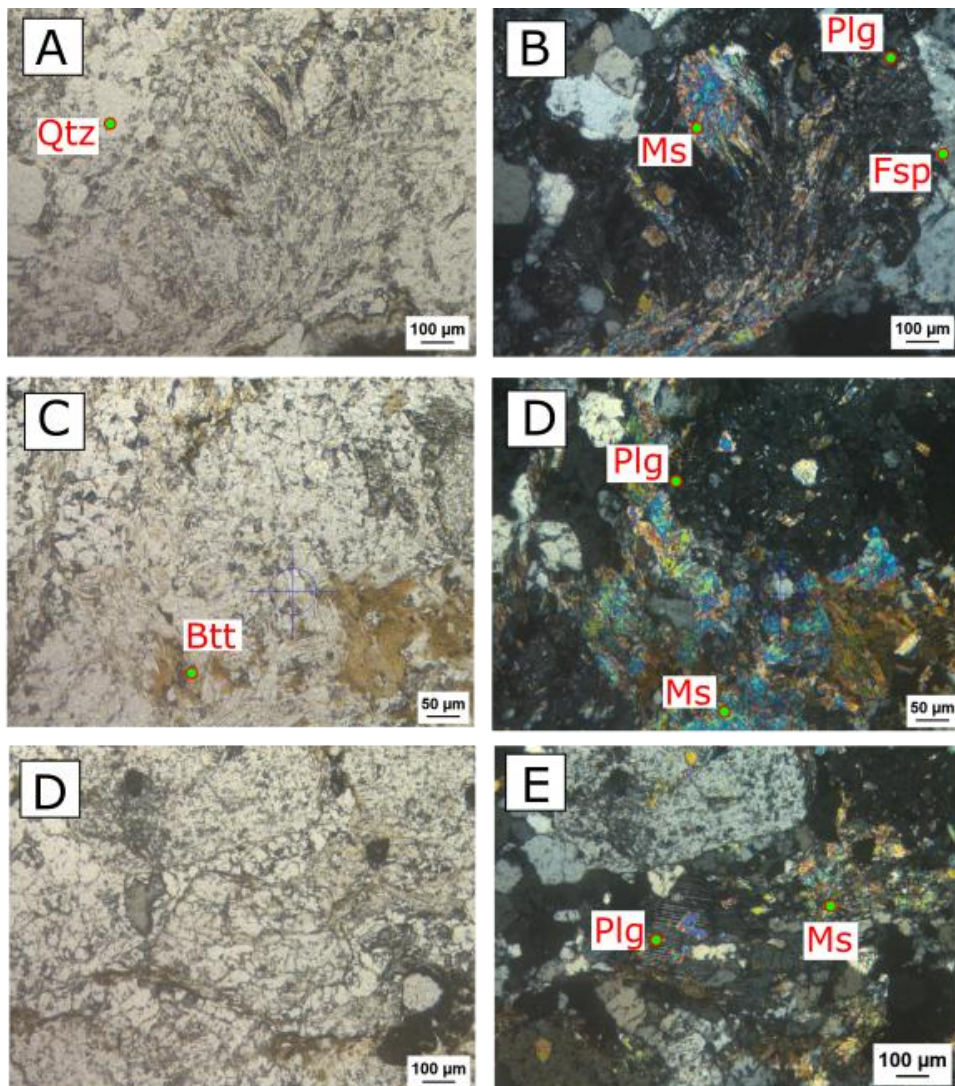
Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

#### 4.4 Caracterização Petrográfica Microscópica

Foram escolhidas 4 amostras para complementar as descrições microscópica, 2 amostras para caracterizar a unidade Gm, um protomilonito (lâmina AC46) e outra de milonito (lâmina AC32), e 2 amostras representativas da unidade Xc (lâmina AC50 e AC49).

A amostra do protomilonito, AC46, unidade Gm, tem uma estrutura que varia de granoblástica a granolepidoblástica definida pelos minerais de quartzo e feldspatos. A composição mineralógica e modal dos minerais presentes é de quartzo (46%), feldspato (16%), ortoclásio (13%), muscovita (12%), biotita (10%). Minerais acessórios como rutilo e opacos, perfazem os 5% restantes. A lâmina é caracterizada pela recristalização dinâmica intensa do quartzo e feldspatos (Figura 22) O quartzo ocorre tanto como matriz recristalizada quanto como porfiroclastos alongados, geralmente com extinção ondulante. O fenômeno de saussuritização também, é observado nos feldspatos, transformando-os em agregados finos de muscovita. O fenômeno é resultado de um processo de metamorfismo de baixo grau e hidrotermalismo (Figura 22.B).

**Figura 22** - A) Aspecto geral lâmina AC46, inequigranular com os nicóis paralelos B) Identificação de alguns minerais com os nicóis cruzados: muscovita (Ms), plagioclásio (Plg):e muscovita (Ms) e feldspato (Fsp). C) Identificação da biotita (Btt) com os nicóis paralelos D) Aspecto geral de outra seção da lâmina com os nicóis paralelos E) Seção com os nicóis cruzados e identificação do plagioclásio e muscovita. F) Aspecto geral de outra seção da lâmina com os nicóis paralelos

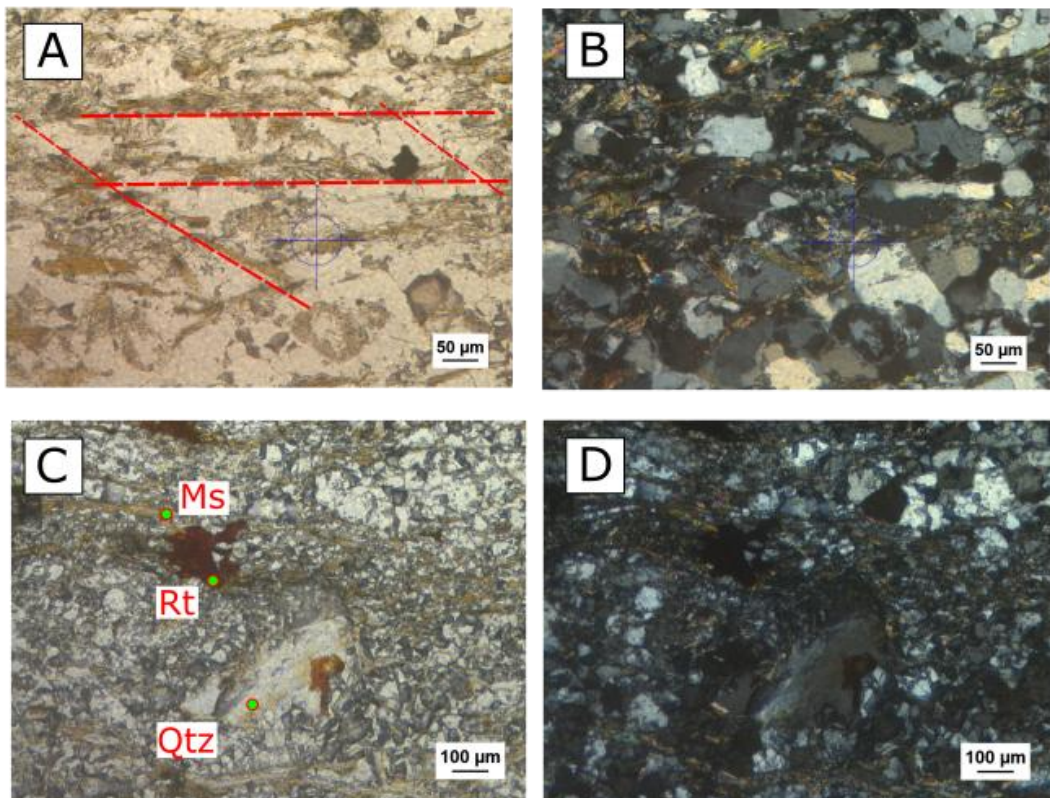


Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Os porfiroclastos de feldspato, arredondados a subédricos, sugerem movimento direcional compatível com cisalhamento dúctil sin-cinemático quando visto em conjunto com plagioclásio e muscovita (Figura 22.B). As micas (biotita e muscovita) são finamente orientadas segundo a foliação gnáissica (Sg), compondo uma textura granolepidoblástica. A biotita apresenta pleocroísmo marrom-avermelhado a verde-oliva, com leve alteração para clorita ao longo de planos de clivagem (Figuras 22.C e 22.D). Os minerais acessórios incluem clorita e opacos.

A lâmina AC32 corresponde a milonitos. A composição mineral é análoga à observada na lâmina AC46, entretanto aqui a distinção entre a matriz e os porfiroclastos não é tão evidente. Em termos de composição mineralógica e modal apresenta a seguinte composição: quartzo (58%), muscovita (17%), biotita (10%), feldspato (8%), ortoclásio (5%) e minerais acessórios totalizam 2%. A textura é lepidoblástica, com a foliação definida pela orientação das micas (biotita e muscovita), e bandas de cisalhamento S-C formadas por agregados quartzo-feldspáticos finos e orientados (Figura 23.A). A muscovita é fina e orientada ao longo da foliação, caracterizando a matriz micácea do milonito (Figura 23.B).

**Figura 23** - A) A textura da lâmina AC32, é marcada por minerais bem orientados e indicação da foliação S-C., com os nicóis paralelos B) Mesma seção de A, porém com os nicóis cruzados. C) Identificação de alguns minerais da lâmina muscovita (Ms), rutilo (Rt) e quartzo (Qtz) com os nicóis paralelos D) Mesma seção de C, porém com os nicóis cruzados.



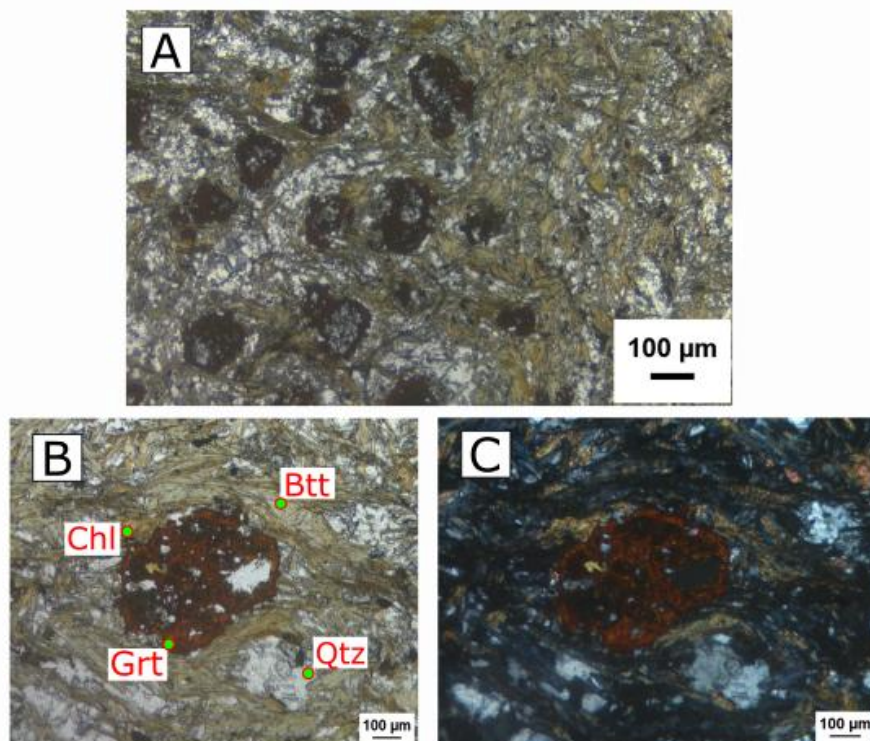
Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

A lâmina AC50 tem uma textura geral porfiroblástica a granolepidoplástica, ou seja, com alguns porfiroblastos de cristais granada imersos em uma matriz com minerais micáceos. Os minerais presentes e sua composição modal é de quartzo (34%), biotita (23%), granada (17%), muscovita (12%), clorita (12%) (Figura 22.A). Os minerais acessórios, opacos, representam aproximadamente 3%.

As granadas ocorrem na forma de cristais subidiomórficos e xenomórficos, localmente corroídos, e exibem uma borda de reação com a formação de agregados finos de clorita e biotita. A biotita ocorre com hábito lamelar, granulação fina a média e pleocroísmo marrom-avermelhado a verde-oliva (Figura 24.B). A clorita, em agregados interlobados muito fino e fortemente orientados, substitui parcialmente biotita e granada.

A muscovita forma lamelas finas contínuas, que contornam os porfiroblastos dos cristais de granada. O quartzo, predominantemente, xenomórfico ocorre disperso na matriz, e exibe extinção ondulante.

**Figura 24** - A) Textura geral da lâmina AC50 com nicóis paralelos B) Porfiroblastos de granada (Grt) subeuédricos circundados por biotita (Btt), quartzo (Qtz), clorita (Chl) com nicóis paralelos. C) seção da lâmina com os nicóis cruzados.



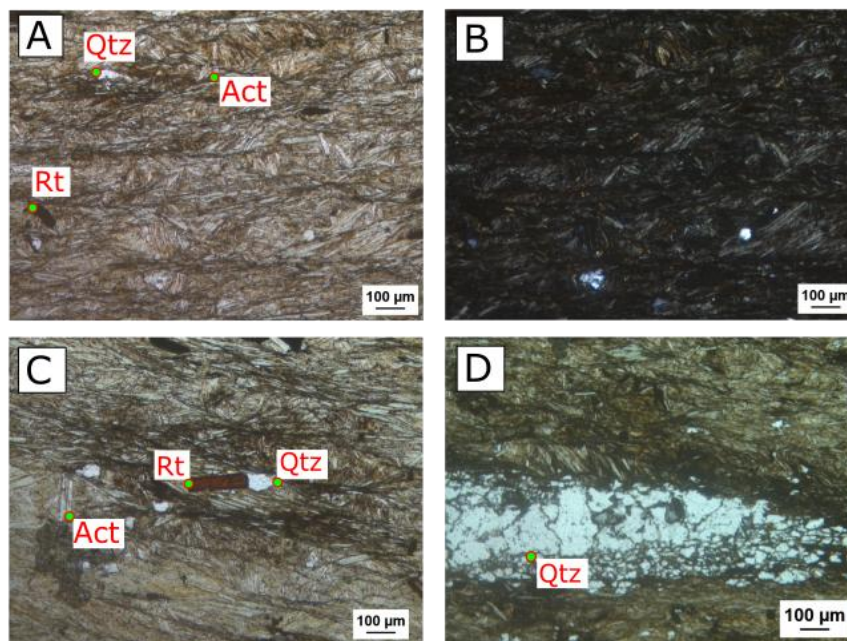
Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

A segunda lâmina da unidade Xc (AC49), foi coletada próxima ao contato as unidades Xc e Gm, e apresenta variações composicionais que sugerem interações litológicas e/ ou

processos de recristalização sin-tectônicos, com a presença de um pouco mais de quartzo, inclusive na forma de uma pequena lente (Figura 25).

A textura é lepidoblástica, com cristais de tamanhos razoavelmente equigranular (Figura 25). A composição mineralógica e composição modal é de actinolita (64%), quartzo (18%), biotita (10%), rutilo (5%) e opacos (3%). A actinolita apresenta hábito fibroso e, em alguns cristais, disposição levemente radial, indicando possível crescimento sin a tardi-tectônico.

**Figura 25** - Rocha com textura lepidoplástica da lâmina AC49 – formada por quartzo (Qtz), actinolita (Act) e rutilo (Rt) em nicóis paralelos (A) e com nicóis cruzados (B). C) Mesma rocha com cristal de rutilo (Rt) no centro da figura, com nicóis paralelos D) Pequena lente de quartzo com nicóis paralelos.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

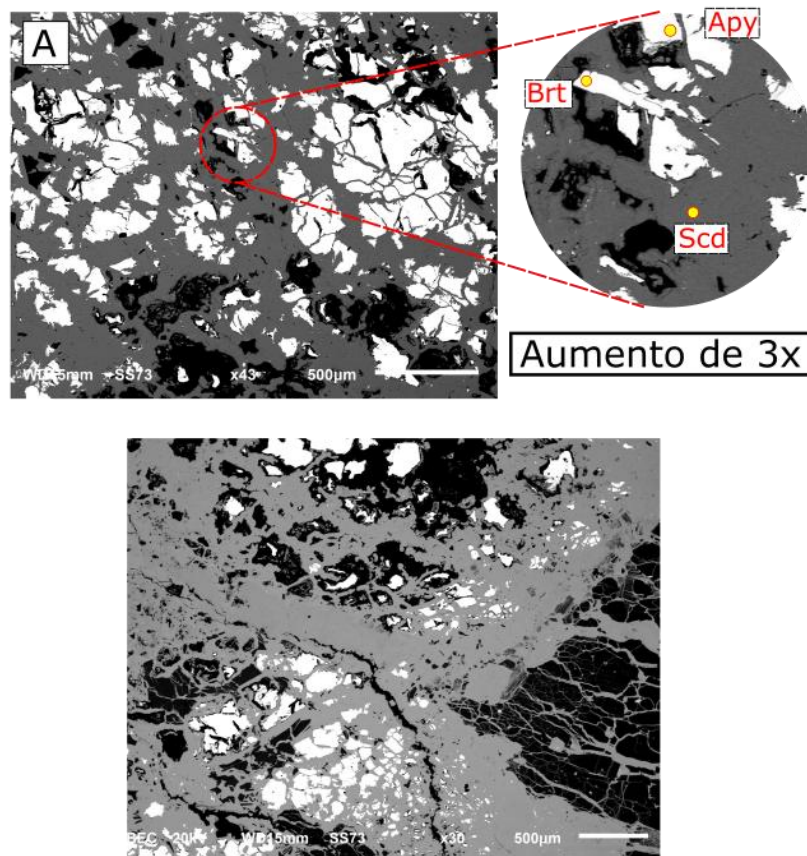
#### 4.5 Descrição das análises MEV-EDS

Para análise no MEV-EDS, foi selecionado uma amostra representativa de veio, com foco no estudo do mineral escorodita.

As imagens de ampla seção revelam uma rede interconectada de minerais com textura fraturada e alterada, indicando que essas discontinuidades atuaram como vias preferenciais para circulação de fluidos meteóricos durante o intemperismo e desagregação da arsenopirita. A matriz é predominantemente composta por escorodita, o qual preenche irregularmente as fraturas e cavidades apresentando brilho intermediário (cinza claro a médio).

A arsenopirita é outro mineral abundante e disseminado na matriz, ocorre em tamanhos variados com contornos irregulares, frequentemente fraturados ou com bordas corroídas, sugerindo processos de dissolução e substituição parcial pela escorodita (Figura 26). Além disso, observa-se uma elevada porosidade (áreas pretas), o que está relacionado ao intemperismo ou com fissuras causadas na confecção da lâmina.

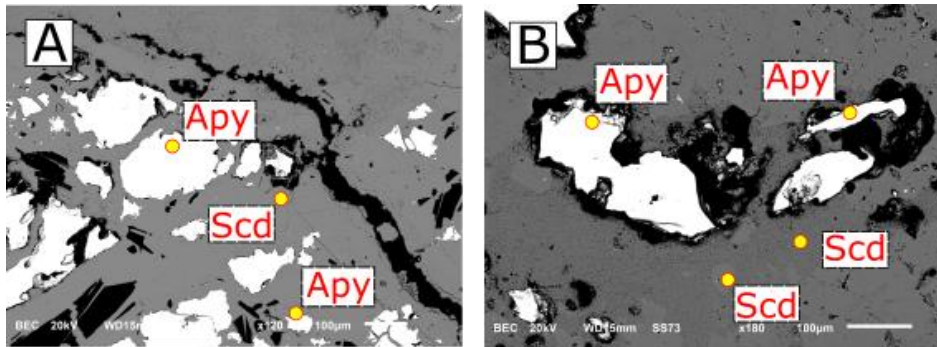
**Figura 26** - A) Aspecto geral de uma seção MEV mostrando a matriz composta por escorodita (Scd) e arsenopirita (Apy), e no detalhe destaque para a identificação dos minerais barita (Brt). B) Vista geral de outra região da amostra, evidenciando a textura fraturada e zonas de alteração.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

A arsenopirita em outras regiões apresenta bordas com substituição com diferentes tonalidades, o que indica que ela passou por um processo de alteração química (oxidação e hidratação), aproveitando microfraturas e reentrâncias para formar a escorodita (Figura 27). Essa região de transição mostra variações no tom de cinza

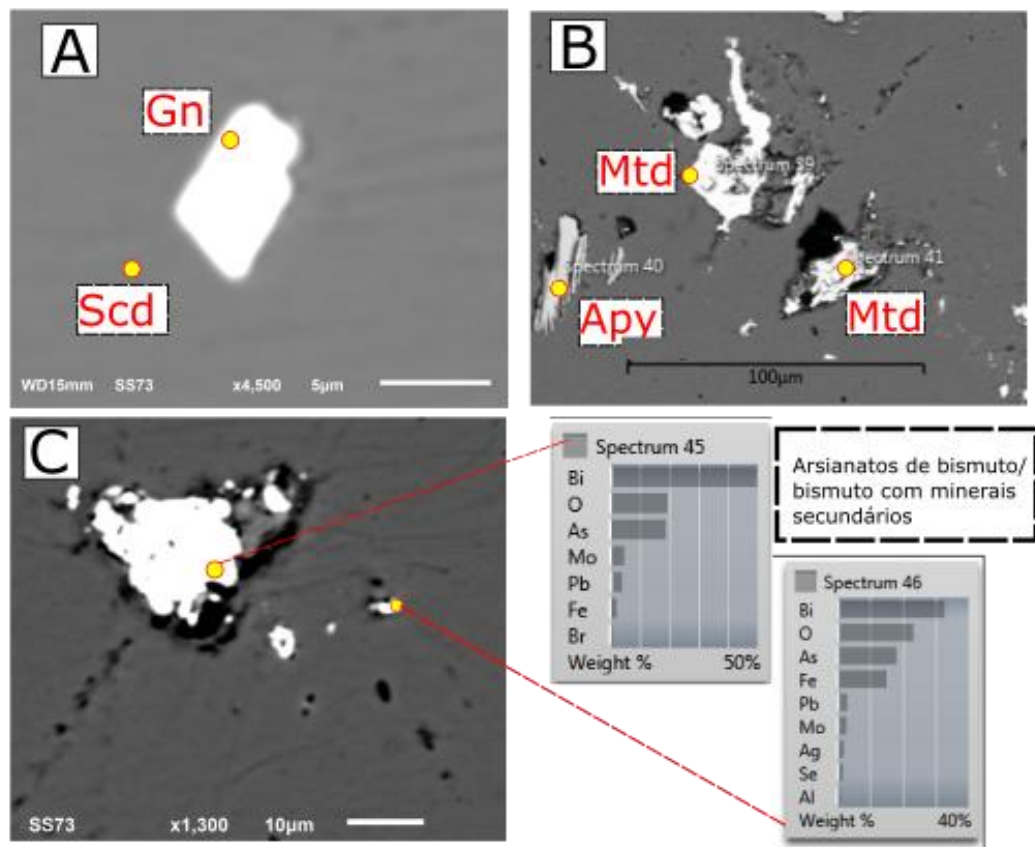
**Figura 27** – A e B) detalhes dos grãos de arsenopirita com bordas irregulares.



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Como minerais acessórios, foram identificados a galena, que ocorre em grãos isolados, com contornos irregulares e logados (Figura 28.A). Possivelmente ocorre o mineral matildita (mtd) composto por prata, bismuto e enxofre (Figura 28.B). Ocorrem também sulfossais complexos de arseniato de bismuto (provavelmente bismita), misturados com minerais secundários com composição heterogênea, podendo representar fases tardias de *ex* solução ou mineralização secundária associada a fluidos ricos em metais (Figura 28.C).

**Figura 28** - A) A galena (Gn) ocorre como um grão individual medindo aproximadamente 3-4 µm em sua maior dimensão, euédrico, com contornos irregulares e um aspecto ligeiramente lobado ou corroído. B) Identificação dos minerais matildita (Mtd) e arsenopirita (Apy), ambos com o aspecto corroído. C) – Sulfossais de Ag-Bi-S-Se. (Mistura Complexa).



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

## CAPÍTULO 5 - DISCUSSÕES

### 5.1 Mapeamento Geológico de Detalhe e Caracterização Petrográfica

Para o reconhecimento de campo foram realizadas nove visitas de campo, que permitiram a individualização e caracterização de três unidades litológicas principais: Xc, Gm e Ip. As descrições petrográfica, texturais e estruturais dessas unidades apresentadas no capítulo anterior, são comparadas neste capítulo com a literatura e interpretadas no seu contexto regional.

A unidade Gnaiss milonitizado, Gm, com sua disposição espacial, composição formada predominantemente por quartzo feldspato e muscovita subordinada, com textura milonítica desenvolvida, permitem relacionar as características do CMB. Segundo Hippertt (1994), o CMB representa um corpo dômico migmatítico afetado por fluxo helicoidal em regime não coaxial, onde as bordas do domo concentram intensa deformação dúctil e originam gnaisses e protomilonitos quartzo-feldspáticos.

As condições metamórficas estimadas, fácies xisto verde a anfibolito baixo, podem ser evidenciadas pela assembleia mineralógica. O quartzo recristalizado sugere deformação sob temperaturas moderadas, enquanto a coexistência de ortoclásio/microclinio apontam para estágios de reorganização estrutural. O ortoclásio ocorre como uma fase remanescente do pico térmico, e o resfriamento lento e gradual permitiu o ordenamento estrutural do microclinio. Evidências de retrometamorfismo são registradas pela cloritização e pela sericitização parcial de micas e feldspatos, interpretadas como resultado de infiltração de fluidos hidrotermais em condições de temperatura decrescente. O conjunto destas características texturais e mineralógicas é coerente com a evolução metamórfica e deformacional descrita para o CMB, e com o desenvolvimento das zonas de cisalhamento (Hippertt, 1994).

O ambiente de deformação progressiva sob regime dúctil, descritas por Hippertt (1994) para o CMB, pode ser inferido com a presença local de feições S-C discretas quando observadas em lâmina delgada, e pelas caudas de recristalização assimétricas dos porfiroclastos de plagioclásio e feldspato potássico. Essa fase de deformação, podem ser associadas a um cisalhamento transpressivo, com ascensão diapírica e reativações tardias das zonas de cisalhamento pós-evento Transamazônico, refletindo um histórico tectônico polifásico, transpressivo com influxo de fluidos hidrotermais, recristalização e hidratação tardias.

A unidade Xisto clorítico, Xc corresponde a xistos do Grupo Nova Lima, que exibem associação mineral típica de metamorfismo de fácies xisto verde a anfibólito inferior. Os protólitos dessas rochas estão relacionados, de acordo com Baltazar e Zucchetti (2007), às associações de sequências metavulcano sedimentares de ambiente subaquático. Tais sequências foram posteriormente submetidas a intensa deformação regional e recristalização metamórfica, processos responsáveis pelo desenvolvimento de texturas lepidoblásticas e foliações penetrativas características do Grupo Nova Lima (Alkmim e Marshak, 1998; Baltazar e Zucchetti, 2007; Endo *et al.*, 2020; Lobato *et al.*, 2020).

O Grupo Nova Lima foi subdividido em uma série de blocos tectônicos informais, delimitados por zonas de cisalhamento de alto ângulo e caracterizados por diferentes associações litofaciológicas, graus metamórficos e trajetórias deformacionais (Baltazar e Zucchetti, 2007). Estes autores definem 3 blocos de evolução crustal: Nova Lima - Caeté, Santa Bárbara e São Bartolomeu. Devido à escala restrita da área estudada e à ausência de dados estruturais e geocronológicos regionais contínuos, não é possível estabelecer uma relação definitiva entre a unidade Xc a qualquer um desses blocos tectônicos.

As assembleias mineralógicas da unidade Xc composta por granada, biotita, muscovita, clorita, quartzo e actinolita. As relações texturais entre esses minerais, indicam uma trajetória de metamorfismo progressivo seguido de reequilíbrio retrógrado, refletindo uma evolução sob regime de aquecimento e relaxamento tectônico, típica do contexto transpressivo regional do Supergrupo Rio das Velhas (Endo, 1997; Alkmim e Marshak, 1998). A associação granada + biotita + muscovita é compatível com as condições de fácies xisto verde a anfibólito inferior, sugerindo um crescimento mineral sob aumento de temperatura e pressão.

Evidências de retrometamorfismo pós pico metamórfico representa um reequilíbrio em condições de menor temperatura e maior disponibilidade de fluidos. Este processo é observado pelas bordas de reação em torno da granada, e pelo hábito levemente radial da actinolita que ocupa espaços intersticiais ou substitui biotita, como na lâmina AC49 pelo processo de hidratação e retrogressão (Figura 24.b – capítulo 4). Essas feições texturais e mineralógicas revelam uma história metamórfica compatível com o regime de deformação dúctil descritas para o Grupo Nova Lima, no contexto do SGRV (Alkmim e Marshak, 1998, Baltazar e Zucchetti, 2007; Endo, 1997; Pimenta *et al.*, 2024).

A terceira unidade, denominada Intrusões pegmatíticas, Ip, corresponde a intrusões félsicas menores, interpretadas como apófises tardi-orogênicas associadas ao magmatismo pós-

colisional do QFe. De acordo com Farina *et al.* (2015) e Moreira *et al.* (2019), essas intrusões ocorrem em zonas de transição entre terrenos arqueanos e paleoproterozóicos, comumente próximas a falhas e zonas de cisalhamento, e resultam da fusão parcial de rochas crustais sob condições de relaxamento tectônico e reativação estrutural tardia.

A unidade Ip, de composição quartzo-feldspática, é interpretada como uma manifestação magmática residual, que marca a interação entre estágios finais de cristalização e intensa circulação de fluidos hidrotermais. Essa manifestação magmática residual é associada aos estágios finais da evolução orogênica paleoproterozóica que afetou o sul do Cráton do São Francisco (Moreira *et al.*, 2019).

A presença de minerais micáceos e acessórios boroníferos (turmalina) sugere que essas rochas foram percoladas por fluidos enriquecidos em voláteis. Tais fluidos estão associados aos turmalinitos e zonas de alteração boronífera, e são interpretadas como produtos de metassomatismo pós-deformacional ou de pulsos tardi-magmáticos (Pimenta *et al.*, 2024). Esta unidade pode representar, portanto, um sistema híbrido onde o magmatismo residual se aloja e interage com os fluidos em circulação, promovendo alterações metassomáticas locais.

A presença de escorodita e arsenopirita, associada a veios de quartzo contendo turmalina, aponta um ambiente de remobilização hidrotermal e oxidação supergênica em zonas fraturadas e permeáveis. Esses processos são compatíveis com os modelos de sistemas de ouro orogênico, e as características hidrotermais, como a presença de turmalina, ajudam a reforçar este modelo no contexto do QFe, conforme detalhado por Pimenta *et al.* (2024). Embora não se tenha observado ouro em nenhuma amostra, alguns minerais secundários como matildita, galena, bismuto, sulfossais complexos de Ag-Bi-Se trazem evidências de passagem de um fluido rico em elementos metálicos pesados, potencialmente associados a ouro.

Os resultados petrográficos e mineralógicos obtidos para as três unidades Xc, Gm e Ip demonstram uma história tectono-metamórfica e hidrotermal polifásica, coerente com o regime transpressivo das zonas de cisalhamento do SGRV e CMB (Alkmim e Marshak, 1998; Endo, 1997). O encadeamento de evidências, como o metamorfismo progressivo, retrometamorfismo (cloritização/sericitização) e a presença de assinaturas de hidrotermalismo (turmalina e arsenopirita), sugere um registro de processos mineralizantes auríferos típicos de depósitos orogênicos. Essa interpretação reforça a conexão entre a evolução metamórfica, a circulação de fluidos sin- a pós-deformacionais e a metalogênese aurífera no QFe, fornecendo uma base para a discussão metalogenética.

## 5.2 Integração dos Dados Estruturais e a Arquitetura Tectônica Regional

O arcabouço estrutural da região de estudo resulta da interação entre os terrenos arqueanos do CMB com as sequências metavulcanossedimentares do SGRV, marcado na sua interface por eventos de deformação, metamorfismo em regime transpressivo com encurtamento e cisalhamento crustal (Baltazar e Zucchetti, 2007; Hippertt, 1994; Endo, 1997). Essa arquitetura tectônica, marcada pelo contraste reológico entre o embasamento gnáissico mais competente e as rochas metavulcanossedimentares menos competente, foi essencial para o desenvolvimento das estruturas protomilonítica e das foliações regionais observadas em campo e em lâmina.

A evolução tectono-metamórfica integrada do QFe, de acordo com Vial *et al.* (2007), foi marcada por quatro eventos deformacionais, embora somente os três primeiros estejam bem representados na área estudada. O primeiro evento ( $D_1$ ), representa o estágio inicial de deformação e metamorfismo regional que ocorreu no Arqueano entre o SGRV e os gnaisses do embasamento circundante. O segundo ( $D_2$ ) e, principal, está associado à formação das zonas de cisalhamento e ao pico do metamorfismo também no Arqueano e antes da deposição do SGM. O terceiro ( $D_3$ ), marca a reativação tardia, com condições rúptil-dúctil e circulação fluidos hidrotermais auríferos.

Na área de estudo as estruturas observadas nas unidades Xc e Gm, podem ser relacionadas ao menos parcialmente com fases deformacionais  $D_1 - D_3$  descritas por Vial *et al.* (2007) para o Grupo Nova Lima. As foliações metamórficas planos S-C, ainda que discretos em lâmina petrográficas, parecem compatíveis com uma deformação dúctil que possivelmente pode ser associada à fase  $D_2$ , vinculada ao desenvolvimento de zonas de cisalhamento transpressivas que caracterizam esta região do QFe. Posteriormente, as fraturas tardias e veios de quartzo orientados obliquamente à foliação regional correspondem provavelmente a estruturas de fase  $D_3$ , que refletem um regime de reajuste rúptil-dúctil e coincidem com eventos de reativação e controle de fluidos mineralizantes.

O padrão estrutural observado no presente estudo traz algumas semelhanças com a descrição de Gonçalves (2019) para a borda oriental do CMB. Segundo este autor, essa borda é marcada por um conjunto de foliações miloníticas NE-SW com mergulhos moderados a suaves para SE-ENE, associadas a zonas de cisalhamento dúcteis a rúptil-dúcteis que deformam

tanto as rochas do embasamento quanto as unidades do Grupo Nova Lima. As unidades Gm e Xc exibem foliações com mergulho mais alto, indicando que podem ter sido afetadas pela mesma zona de cisalhamento de forma diferente.

A área estudada é compatível também com o mesmo regime de esforços regionais E–W de compressão e movimentação transpressiva descritos por Endo (1997) e Vial *et al.* (2007) que afetou o QFe durante o Arqueano tardio. A cinemática definida por estes autores, é predominantemente transpressiva sinistral, entretanto pela escala de trabalho, amostras retiradas sem orientação espacial, e número de medidas não foi possível definir conclusivamente a direção do movimento.

De acordo com os modelos clássicos de Sibson (1988, 1992) e as interpretações de Hronsky (2019), a formação de depósitos auríferos orogênicos está associada à reativação de zonas de cisalhamento crustais de alto ângulo, que atuam como válvulas tectônicas controlando ciclos de sobrepressão e descarga de fluidos hidrotermais. Tais estruturas, ao serem reabertas durante pulsos de deformação, possibilitam a ascensão de fluidos mineralizantes e a precipitação de ouro e quartzo em fraturas e zonas miloníticas ativas, em um regime transicional entre comportamento dúctil e frágil da crosta continental.

No contexto do QFe, essa interpretação sobre reativações tectônicas ao longo das zonas de cisalhamento do CMB e SGRV, funcionaram como condutos preferenciais para a circulação de fluidos. As evidências estruturais e texturais observadas nas unidades Xc e Gm, como planos S–C, foliações anastomosadas e veios de quartzo orientados, reforçam a ideia de um sistema de circulação de fluidos com metais ativo durante o Arqueano tardio.

### **5.3 Contexto Metalogênético: Implicações para a Formação do Ouro**

Na região de Acuruí, estruturas de cisalhamento profundas formadas durante a compressão E–W do final do Arqueano atuaram como condutos verticais para fluidos auríferos, sendo posteriormente reativadas durante a evolução tectônica do SGM (Alkmin e Marshack, 1998; Baltazar e Zuccheti, 2007; Baltazar e Lobato, 2020; Oliveira *et al.*, 2025). Essa herança estrutural é também reconhecida na área estudada, onde foliações miloníticas, planos S–C

discretos, e veios de quartzo evidenciam múltiplos pulsos de deformação e fluxo de fluidos ao longo das mesmas zonas de fraqueza crustal.

De acordo com o modelo metalogenético proposto por Hronsky (2019), o desenvolvimento de condutos crustais verticais e sua posterior reativação durante eventos de encurtamento e transpressão constituem o principal mecanismo de controle sobre a migração e deposição de fluidos hidrotermais em sistemas orogênicos. Essa interpretação se ajusta ao contexto do QFe, onde a interface tectônica entre o CMB e o Grupo Nova Lima serviu como uma zona estrutural favorável ao controle de fluidos contendo metais.

As intrusões menores da unidade Ip, descritas por Moreira *et al.* (2019) e observadas, representam manifestações tardi-orogênicas de magmatismo potássico, espacial e temporalmente associadas à atividade hidrotermal contendo metais. Dessa forma, a possível mineralização de ouro observada na área associada ao veio com turmalina e arsenopirita pode ser compreendida como o produto de um sistema pós-pico metamórfico, controlado por reativação estrutural e metassomatismo hidrotermal.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo caracterizar o arcabouço geológico e estrutural da região de Acuruí, com ênfase na relação entre o Complexo Metamórfico do Bação e o Grupo Nova Lima, pertencente ao Supergrupo Rio das Velhas, além de discutir as implicações desses elementos na formação e metalogênese local. Foram integrados dados de campo, análises petrográficas e observações estruturais. Além disso foram reconhecidas três unidades litológicas: Gnaisses miloníticos (Gm), Xistos cloríticos (Xc), Intrusões pegmatíticas (Ip), e um sistema de veios de quartzo com potencial para a presença de mineralização de ouro.

A integração dos dados obtidos com os modelos regionais propostos por Sibson (1988 e 1992; Hronsky (2019) permitem interpretar um ambiente propício para a mineralização aurífera como produto de um sistema pós-pico metamórfico controlado por reativação estrutural. As zonas de cisalhamento associadas ao contato entre o Grupo Nova Lima e o Complexo Metamórfico do Bação atuaram como condutos verticais preferenciais para a migração de fluidos. A deposição desses fluidos foi favorecida pela sobreposição entre deformação dúctil e eventos hidrotermais tardios. Esse contexto também é comparável ao modelo proposto por Pimenta *et al.* (2024) para o depósito Veloso, em Ouro Preto, onde a turmalina e a alteração hidrotermal são indicativas de pulsos de fluidos boroníferos relacionados à evolução orogênica do QFe.

A ausência de dados geoquímicos e geocronológicos limita a definição precisa da cronologia dos eventos deformacionais e hidrotermais. Contudo, a análise integrada apresentada fornece uma base para estudos futuros que busquem detalhar a evolução metamórfica e metalogenética do contato entre o CMB e o Grupo Nova Lima. Dessa forma, conclui-se que a área de Acuruí registra uma história tectono-hidrotermal complexa, na qual a sobreposição de processos deformacionais e metamórficos condicionou tanto o desenvolvimento das estruturas miloníticas quanto a geração de veios associados às reativações tardi-orogênicas com possibilidade de serem auríferos.

Por fim, é importante destacar que, no contexto regional do QFe, a maioria dos depósitos auríferos economicamente expressivos encontra-se hospedada nas rochas do Supergrupo Rio das Velhas, particularmente no Grupo Nova Lima, onde a mineralização está associada a formações ferríferas bandadas e unidades metassedimentares vulcanogênicas. Esses depósitos são associados à compressão arqueana relacionada à Orogenia Rio das Velhas, quando zonas

de cisalhamento e estruturas compressivas favoreceram a circulação e o aprisionamento de fluidos hidrotermais mineralizantes. O contato entre o Supergrupo Rio das Velhas e o Complexo Metamórfico do Bação, embora marcado pela deformação dúctil e milonitização, apresenta evidências mais limitadas de reativação tardia, aprisionamento e de fraturamento favorável à remobilização de fluidos mineralizantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F. F. e Marshak S. 1998. **Tranzamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region Minas Gerais, Brazil**: evidence for Paleoproterozoic collisional and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 90: 29-58.
- Alkmim F.F. e Martins-Neto, M.A. 2012. **Proterozoic first-order sedimentar sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil**. *Marine and Petroleum Geology* 33(2012) 127-139.
- Alkmim, F. F.; Teixeira, W. **The Paleoproterozoic mineiro belt and the Quadrilátero Ferrífero**. In: São Francisco Craton, Eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 71-94.
- Almeida F.F.M., Brito Neves B.B., Carneiro C.D.R. 2000. **The origin and evolution of the South American Platform**. *Earth-Science Reviews* 50(2000) 77-111.
- Almeida L.G., Endo I., Fonseca M.A. 2002. **Sistema de nappes na porção meridional do Quadrilátero Ferrífero, MG**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 41, João Pessoa, Anais, p. 615.
- Almeida L.G., Endo I., Fonseca M.A. 2003. **Geologia do Sinclinal Dom Bosco: uma visão atual dos conhecimentos**. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Ouro Preto, Anais, arquivo eletrônico.
- Almeida, F. F. M. 1977. **O Cráton do São Francisco**. *Rev. Bras. Geociências.*, 7(4): 349-364.
- Araújo J. G. M. 2001. **Influência das zonas de cisalhamento de São Vicente e Tapera na mineralização aurí-fera do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 100 p.
- Araújo, J. C. S.; Lobato, L. M. **Depositional model for banded iron formation host to gold in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Brazil, based on geochemistry and LA-ICP-MS magnetite analyses**. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 94, p. 102205, 2019.
- Babinski M., Chemale Jr. F., Van Schmus W. R. 1995. **The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil**. *Prec. Res.* 72, 235–245;
- Baltazar O. F. e Zucchetti M. 2007. **Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil**: A review of the setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews* 32 (2007) 471–499.
- Baltazar O.F., *et al.* 2005. **Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero na Escala 1: 50.000 com Nota Explicativa**. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa. Lobato et al. (2005). Belo Horizonte, CODEMIG.
- Baltazar, O.F., Pedreira, A.J., 1996. **Associações de litofácies**. In: CPRM–Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Rio das Velhas–Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM–Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 43–48.
- Baltazar, O.F., Pedreira, A.J., 1998. **Associações litofaciológicas**. In: Zucchetti, M., Baltazar, O.F. (Eds.): Projeto Rio das Velhas– Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala

1:100.000. 2ª Edição, Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM–Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 43–47.

Baltazar, O.F., Silva, S.L., 1996. **Projeto Rio das Velhas: Mapa Geológico Integrado do Supergrupo Rio das Velhas, escala 1:100.000**. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM–Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte.

Baltazar, O.F., Zucchetti, M., 2007. **Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits**. *Ore Geology Reviews*, 32, 1–2.

Barbosa O. 1949. **Contribuição à geologia do centro de Minas Gerais**. *Mineração e Metalurgia*, 14(79): 3-19

Barbosa O. 1968. **Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero**. Ouro Preto, Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, 68p.

Barbosa V. C. F. e Silvia J. B. C. 2005. **Deconvolução de Euler: passado, presente e futuro – um tutorial**. *Rev. Bras. Geof.*, 23(3):243-250.

Bretas, G.; Redação Defato online - **AngloGold Ashanti investe US\$ 120 milhões no Brasil**. Disponível em: <<https://defatoonline.com.br/anglogold-ashanti-investe-us-120-milhoes-no-brasil/>>. Acesso em: 24 out. 2024.

Cabral A. R. 2006. **Palladiferous Gold Mineralisation (ouro preto) in Brazil: Gongo Soco, Itabira and Serra Pelada**. Hannover, Alemanha, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Tese de Doutorado.

Cabral A. R., 1996. **Mineralização de Ouro Paladiado em Itabirito: A Jacutinga de Gongo Soco, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Campinas, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Dissertação de Mestrado.

Cabral, A. R.; Zeh, A.. **Celebrating the centenary of “The geology of central Minas Gerais, Brazil”: an insight from the Sítio Largo amphibolite**. *The Journal of Geology*, v. 123, n. 4, p. 337-354, 2015.

Cabral, A. R.; Zeh, Armin. **Detrital zircon without detritus: a result of 496-Ma-old fluid–rock interaction during the gold-lode formation of Passagem, Minas Gerais, Brazil**. *Lithos*, v. 212, p. 415-427, 2015.

Cabral, A.R. *et al.* **First evidence for Neoproterozoic magmatism in the Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil, and geotectonic implications**. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 104, p. 102844, 2020.

Cabral, A. R.; Zeh, A.. **Karst-bauxite formation during the Great Oxidation Event indicated by dating of authigenic rutile and its thorium content**. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 8633, 2023.

Carneiro M.A., 1992. **O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais): Litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano**. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 233 p.;

Castro P. T. A., Nalini Júnior H. A., Lima, H. M. 2015. **Entendendo a Mineração no Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte: Ecológico. 102p

Cordani, U. G. *et al.* **Interpretação tectônica e petrológica de dados geocronológicos do embasamento no bordo sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, 52(4): 785-799.

Dorr II J. V. 1969. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.** United States Geological Survey Professional Paper 614-A. 110 pp.

EMBRAPA Territorial. Satélites de Monitoramento. Campinas, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento> >. Acesso em: 4 mar. 2026

Endo I. 1997. **Regimes tectônicos do arqueano e proterozóico no interior da placa sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 243p.

Endo I., *et al* 2019a. **Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil.** Escala 1:150.000: Uma celebração do cinquentenário da obra de Dorr (1969). Ouro Preto, Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: [www.qfe2050.ufop.br](http://www.qfe2050.ufop.br).

Endo I., *et al* 2019b. **Estratigrafa e Arcabouço Estrutural do Quadrilátero Ferrífero:** Nota Explicativa do Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000. Ouro Preto, Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: [www.qfe2050.ufop.br](http://www.qfe2050.ufop.br);

Endo I., *et al* 2020. **Estratigrafia e Evolução Estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil.** In: Castro P. T. de A., Endo I., Gandini A. L. (ed.) O Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos, 70-113. [www.qfe2050.ufop.br](http://www.qfe2050.ufop.br).

Farina F., *et al.* 2016. **The Archean-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Brazil: current models and open questions.** Jour. South Am. Earth Sci., 68:4-21.

Farina, F., Albert, C., Lana, C., 2015. **The Neoproterozoic transition between medium and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil).** Precambrian Research. 266, 375-394.

Gair J. E., 1962. **Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil.** Washington, US Geological Survey Professional Paper, 65 p. (341-A).

Galbiatti H. F., Fonseca M. A., Pereira M. C., Polônia J. C. 2007. **Structural control of Au-Pd mineralization (Jacutinga): An example from the Cauê Mine, Quadrilátero Ferrífero, Brazil.** Ore Geology Reviews 32,614-628.

Gebre-Mariam, M.; Hagemann, S. G.; Groves, D. I. **A classification scheme for epigenetic Archaean lode-gold deposits.** Mineralium Deposita, v. 30, n. 5, p. 408-410, 1995.

Goldfarb R. J., Groves D. I. 2015. **Orogenic gold: common or evolving fluid and metal sources throughout time.** Lithos 233, 2-26.

Gomes N. S.. 1986. **Petrologisch-geochemische Untersuchungen im Bação-Komplex Eisernes Viereck, Minas Gerais, Brasilien.** Clausthal. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät., Technischen Universität Clausthal. Dissertation. 209p.

Gorceix H., 1881. **Estudo químico geológico das rochas do centro da província de Minas Gerais.** In: Anais da Escola de Minas. Ouro Preto, n.1, p. 1-12;

- Gorceix, H., 1883. **Estudo químico e mineralógico das rochas dos arredores de Ouro Preto.** In: Anais da Escola de Minas. Ouro Preto, n. 2, p. 7-23;
- Gorceix, H., 1884. **Notícias sobre cascalhos diamantíferos.** In: Anais da Escola de Minas. Ouro Preto, n.3. p.195-207;
- Groves, D. I. *et al.* **Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types.** Ore geology reviews, v. 13, n. 1-5, p. 7-27, 1998.
- Groves, D. I. **The crustal continuum model for late-Archaean lode-gold deposits of the Yilgarn Block,** Western Australia. Mineralium deposita, v. 28, n. 6, p. 366-374, 1993.
- Groves, D. I.; Santosh, M. **The giant Jiaodong gold province: the key to a unified model for orogenic gold deposits?** Geoscience Frontiers, v. 7, n. 3, p. 409-417, 2016.
- Groves, D. I. *et al.* **A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration.** Mineralium Deposita, v. 55, n. 2, p. 275-292, 2020.
- Guimarães D., Melo S. M. G., Melo E. A. V.. 1967. **O Complexo de Bação.** Bol. Inst. Geol./EFMOP, 2(1): 1-12.
- Hagemann, S. G.; Ridley, J. R. (1993). **Distribution of gold deposits in relation to crustal domains: Implications for exploration.** In: Extended Abstracts - Gold Deposits in the Eastern Yilgarn Craton, Mineralium Deposita, 28(6), p. 409–419.
- Hagemann, S. G.; Gebre-Mariam, M.; Groves, D. I. **Surface-water influx in shallow-level Archean lode-gold deposits in Western, Australia.** Geology, v. 22, n. 12, p. 1067-1070, 1994.
- Hartmann L. A. *et al.*, 2006. **Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U Pb isotopes.** J. S. Am. Earth Sci. 20, 273–285;
- Heilbron, M.; Cordani, U. G.; Alkmim, F. **The São Francisco craton and its margins. São Francisco craton, eastern Brazil: Tectonic genealogy of a miniature continent,** p. 3-13, 2017.
- Herz N.. 1978. **Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.** USGS/DNPM Prof.Paper, 641(C): 81p;
- Hippertt J. F. 1994. **Structures indicative of helicoidal flow in a migmatitic diapir (Bação Complex, southeastern Brazil).** Tectonophysics 234: 169-196.
- Hronsky, J. M. **Deposit-scale structural controls on orogenic gold deposits: an integrated, physical process–based hypothesis and practical targeting implications.** Mineralium Deposita, v. 55, n. 2, p. 197-216, 2020.
- Hussak E. 1906. **O palladio e a platina no Brazil.** Annais da Escola de Minas de Ouro Preto 8, 77-189.
- Lana C. *et al.* 2013. **The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil.** Precambrian Research 231(2013):157-173.
- Lobato, L. M., Figueiredo e Silva, R. C., Costa, M.A. **Ouro no Quadrilátero Ferrífero.** In: Castro P. T. de A., Endo I., Gandini A. L. (ed.) O Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos, 264-287. [www.qfe2050.ufop.br](http://www.qfe2050.ufop.br), 2020.

- Lobato L.M., Baltazar O.F., Reis L.B., Achtschin A.B., Baars F.J., Timbó M.A., Berni G.V., Mendonça B.R.V., Ferreira D.V. 2005. **Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero. CODEMIG.** Mapas em CD.
- Lobato M. L. e Costa M. A. - Ouro – **Recursos Minerais de Minas Gerais.** Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/ouro/#ouro-em-minas-gerais>
- Lobato, L. M. *et al.* Ouro no Brasil: principais depósitos, produção e perspectivas. **Recursos minerais no Brasil: problemas e desafios.** Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, p. 46-59, 2016.
- Machado N. e Carneiro M. A. 1992. **U-Pb evidence of Late Archean tectonothermal activity in southern São Francisco shield, Brazil.** Can.J.Earth Sci., 29:2341-2346.
- Machado N., Noce C. M., Ladeira E. A., Belo de Oliveira O. A. 1992. **U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Craton, Brazil.** Geological Society of America Bulletin, 104:1221-1227.
- Machado N., Schrank A., Noce C. M., Gauthier G. 1996. **Ages of detrital zircon from Archean Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil.** Earth and Planet Science Letters, 141:259-276
- Madeira, M. R. *et al.* **Caracterização faciológica e evolução sedimentar da Formação Moeda (Supergrupo Minas) na porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** 2019.
- Maxwell C. H.. 1972. **Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil.** USGS Prof.Paper., 341-J, 72p.;
- Mikucki, E. J.; Ridley, J. R. **The hydrothermal fluid of Archean lode-gold deposits at different metamorphic grades: compositional constraints from ore and wallrock alteration assemblages.** Mineralium Deposita, v. 28, n. 6, p. 469-481, 1993.
- Minter, W. E. L., Renger, F. E., Siegers, A., 1990. **Early Proterozoic gold placers of Moeda Formation within the Gandarela Syncline, Minas Gerais, Brazil.** Economic Geology, 85(5), 943-951.
- Minter, W. E. L., Renger, F. E., Siegers, A., 1990. **Early Proterozoic gold placers of Moeda Formation within the Gandarela Syncline, Minas Gerais, Brazil.** Economic Geology, 85(5), 943-951.
- Moreira, H. *et al.* **Insights into orogenic processes from drab schists and minor intrusions: Southern São Francisco Craton, Brazil.** Lithos, v. 346, p. 105146, 2019.
- Mourão, A. S. **Reavaliação do potencial aurífero do Quadrilátero Ferrífero e adjacências: estudo fundamentado na prospecção geoquímica.** 2023. (Monografia em Geologia) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.
- Noce C.M., Machado N., Teixeira W. 1998. **U-Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism.** Revista Brasileira de Geociências, 28, pp. 95–102.

Olivo G. R., Gauthier M., Bardoux M., Leão de Sá E., Fonseca J. T. F., Carbonari F. 1995. **Palladium-bearing gold deposit hosted by Proterozoic Lake Superior-type iron-formation at the Cauê iron mine, Itabira District, Southern São Francisco Craton, Brazil: Geologic and structural control.** *Economic Geology* 90, 118-134.

Oliveira, L. R., *et al.* **Orogenic gold mineralization in underexplored rocks of the Rio das Velhas greenstone belt, Minas Gerais, Brazil: the Rio de Pedras prospect.** *Journal of South American Earth Sciences*, p. 105764, 2025.

Pimenta, J. S. *et al.* **The auriferous quartz lode of the Veloso deposit, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil: geological characterisation and constraints from tourmaline boron isotopes.** *Mineralogy and Petrology*, v. 118, n. 1, p. 89-103, 2024.

Raposo F. O.. 1991. **Estratigrafia, petrografia e petrologia.** In: Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil, Brasília, DF. Folha Rio Espera. Parte II, Capítulo 2. p. 27-88. CPRM/DNPM;

Romano R., Lana C., Alkmim F.F., Stevens G., Armstrong R. 2013. **Stabilization of the Southern portion of the São Francisco craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism.** *Precambrian Research* 224(2013)143-159.

Santos, J. L. **Caracterização petrográfica dos diques e quartzo-sericita milonitos do depósito aurífero de Córrego do Sítio-Quadrilátero Ferrífero, MG.** 2020 (Monografia em Geologia) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020).

Sibson, R. H.; Robert, F.; Poulsen, K. H.. **High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits.** *Geology*, v. 16, n. 6, p. 551-555, 1988.

Sibson, R. H. **Implications of fault-valve behaviour for rupture nucleation and recurrence.** *Tectonophysics*, v. 211, n. 1-4, p. 283-293, 1992.

Schorscher H. D., 1979. **Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento Arqueano do Quadrilátero Ferrífero.** *Anais Acad. Bras. Ciências*, 51(4): 767-768;

Schorscher H. D., 1992. **Arcabouço petrográfico e evolução crustal dos terrenos pré-cambrianos do Sudeste de Minas Gerais: Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional, e domos granitoides-gnaissicos adjacentes.** Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Livre Docência. 393p.;

Schorscher H. D., Santana F. C., Polônia, J. C., Moreira, J. M. P., 1982. **Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais State: Rio das Velhas greenstone belt and proterozoic rocks.** In: International Symposium on Archean and Early Proterozoic Evolution and Metallogensis, 1. Anais... Salvador: SBG, v. 1. p. 43;

Silva A. M., Chemale Jr F., Kuyumjian R. M., Heaman L. 1995. **Mafic Dykes Swarms of Quadrilátero Ferrífero and Southern Espinhaço.** *Rev. Bras. de Geoc.*, v. 25, n.2, p. 124-137;

Vial D. S., De Witt E., Lobato L. M., Thorman C. H.. 2007. **The geology of the Morro Velho gold deposit in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil:** *Ore Geology Rev.* 32, 511–542;

Villaca J. N. 1981. **Alguns Aspectos Sedimentares da Formação Moeda.** *Bol. Soc. Bras. Geol.* 2, 92-106.

Zucchetti M., Baltazar O.F. (Eds.). 1998. **Projeto Rio das Velhas – Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000**. 2ª Edição, Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte. 1998.  
<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/8639>.

Zucchetti M., Lobato L. M., Baltazar O. F. 2000. **Volcanic and volcanoclastic features in Archean rocks and their tectonic environment, Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, MG. Brazil**. Ver. Bras. de Geoc., 30:38