



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

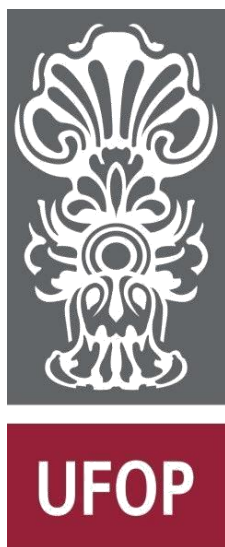
**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE
OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR
NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG**

Fernanda Mendes Amaral

MONOGRAFIA n^o 391

Ouro Preto, março de 2021

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE
MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA
BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO
FERRÍFERO - MG**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

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

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. MSc. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 391

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE
MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA
BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO
FERRÍFERO – MG**

Fernanda Mendes Amaral

Orientador

Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana

Co-Orientador

MSc. Victor Câmara Maurer

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

OURO PRETO

2021

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

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

Revisão geral: Fernanda Mendes Amaral

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto.

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A485c Amaral, Fernanda Mendes.

Caracterização petrográfica de corpos de minério de ouro em formação ferrífera bandada da Mina Pilar no Quadrilátero Ferrífero - MG. [manuscrito] / Fernanda Mendes Amaral. - 2021.

53 f.: il.: color., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana.

Coorientador: Me. Victor Câmara Maurer.

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

1. Petrologia. 2. Ouro orogênico. 3. Quadrilátero Ferrífero (MG). I. Lana, Cristiano de Carvalho. II. Maurer, Victor Câmara . III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 553.411(815.1)

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

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Caracterização Petrográfica De Corpos De Minério De Ouro Em Formação Ferrífera Bandada Da Mina Pilar No Quadrilátero Ferrífero - MG

AUTORA: FERNANDA MENDES AMARAL

ORIENTADOR: Cristiano de Carvalho Lana

Aprovada em: 03 de março de 2021

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana



DEGEO/UFOP

Prof. MSc. Edison Tazava



DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Gustavo Henrique Coelho de Melo _
DEGEO/UFOP



Ouro Preto, 03/03/2021

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, em especial:

Aos meus orientadores Victor e Cristiano, pela oportunidade, contribuições, paciência e apoio.

À Mineração Jaguar Mining por disponibilizar as amostras que possibilitaram a execução desse Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao laboratório de Microsonda Eletrônica pela ajuda fornecida.

Ao laboratório de Preparação de Amostras pela colaboração na confecção de lâminas.

A todos os funcionários do Departamento de Geologia pela colaboração.

Aos grandes amigos da Geologia pela troca de experiências e pelos aprendizados.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1.2 LOCALIZAÇÃO	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.4 JUSTIFICATIVA	3
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	4
1.5.1 Revisão bibliográfica.....	4
1.5.2 Amostragem e confecção de lâminas	4
1.5.3 Descrição de seções delgada-polidas	4
1.5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	5
CONTEXTO GEOLÓGICO	7
2.1 QUADRILÁTERO FERRÍFERO.....	7
2.2 LITOESTRATIGRAFIA	8
2.2.1 Embasamento Cristalino TTG.....	9
2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas	9
2.2.3 Supergrupo Minas	9
2.2.4 Grupo Itacolomi	10
2.2.5 Diques Máficos e Intermediários	10
2.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL	11
2.4 DEPÓSITOS MINERAIS NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO	14
DEPÓSITO DE OURO OROGÊNICO	17
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	17
3.1.1 Classificação	18
3.2 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO HIDROTHERMAL	19
3.3 DEPÓSITOS DE OURO OROGÊNICO NO GREENSTONE BELT RIO DAS VELHAS.....	20
3.4 CLASSIFICAÇÃO DE BIF EM GREENSTONE BELT ARQUEANO	21
GEOLOGIA LOCAL	23
4.1 GEOLOGIA DA REGIÃO DE SANTA BÁRBARA E BARÃO DE COCAIS	23
4.2 GEOLOGIA DO DEPÓSITO PILAR	24
4.2.1 Tipologia e paragênese do minério	25
4.2.2 Alteração hidrotermal.....	26
RESULTADOS	27
5.1 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DOS CORPOS DE MINÉRIO.....	27
5.2 CARACTERIZAÇÃO MICROSCÓPICA DOS CORPOS DE MINÉRIO	29
5.2.1 Corpo de minério BF.....	30
5.2.2 Corpo de minério BFII	34
5.2.3 Corpo de minério LPA	38
DISCUSSÕES	43
6.1 TIPOLOGIA E PARAGÊNESE MINERAL DAS BIFs MINERALIZADAS	43

6.2 EVOLUÇÃO DO FLUIDO HIDROTERMAL NA ZONA PROXIMAL DA MINA PILAR...	45
CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1.1 Perfil esquemático da mina Pilar com identificação dos corpos de minério abordados neste trabalho. Retirado de Jaguar Mining (2016).....	2
Figura 1.2 Mapa de localização do depósito Pilar.....	3
Figura 2.1 Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero, com destaque para as principais unidades geológicas. Modificado de Lobato & Costa (2018), Marinho I (2018) e Endo I (2019a)	7
Figura 2.2 Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, modificada de Dorr (1969)	8
Figura 2.3 Evolução tectônica e magmática durante o evento Rio das Velhas I, II e Mamona. a) acreção de terrenos arqueanos com produção de granitos de médio-K. b) Fase pós-colisão com produção de granitos de médio a alto K. Retirado de Albert <i>et al</i> (2016)	12
Figura 2.4 Modelo da evolução tectônica da porção sul do Cráton São Francisco. a) Etapa pré-colisional b) Desenvolvimento do arco continental Mantiqueira c) Colisão dos núcleos arqueanos do São Francisco e Congo; d) colapso extensivo e o desenvolvimento do sistema de domos e quilhas. Retirado de Aguilar <i>et al</i> (2017).....	13
Figura 2.5 Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero com os principais depósitos de ouro da região. Retirado de Lobato & Costa (2018).....	15
Figura 3.1 Configuração tectônica do depósito de ouro orogênico e outros tipos de depósitos de ouro. Os depósitos de ouro orogênico podem se localizar em regiões de fore-arc e back-arc de margens continentais ativas assim como batólitos de arcos continentais Goldfarb & Groves (2015).....	17
Figura 3.2 Os depósitos orogênicos podem se formar em diferentes profundidades, que variam de 3 a 20 km, durante os regimes compressional ou transpressional. A maioria dos depósitos se forma na fácies xisto verde ou na transição xisto - anfíbolito. Modificado de Groves & Goldfarb (2015)	18
Figura 3.3 Modelo esquemático dos halos de alteração hidrotermal para depósitos de ouro orogênico. Modificado de Eilu (1999)	20
Figura 3.4 Modelo de ambientes deposicionais para BIF do tipo Algoma. Modificado de Araújo e Lobato (2019).....	22
Figura 4.1 Mapa geológico da região de Santa Bárbara/Barão de Cocais. Modificado de Silva (2007)	23
Figura 4.2 Representação da coluna estratigráfica do Depósito Pilar com os seus principais litotipos intrudidos por diques de rocha máfica. A linha ondulada representa uma discordância existente entre os dois grupos litológicos (Silva 2007)	25
Figura 5.1 Amostras de mãos dos corpos de minério selecionadas para a confecção das lâminas polida-delgadas. a-c) Corpo BF-01; d-f) Corpo BFII. g-i) Corpo LPA.....	27
Figura 5.2 Visão macroscópica dos corpos BF, BFII e LPA. a) Sulfetação ocorrendo na porção escura do bandamento composicional presente no corpo BF. b) Sulfetos presente no contato entre o veio e a rocha encaixante no corpo BFII. c) Falha presente no corpo BFII. d) bandamento composicional com sulfetação presente na porção escura do corpo BFII. e) Bandamentos e dobra ocorrida no corpo LPA, presença de sulfetação na porção escura da rocha. f) Dobras desarmônicas no corpo LPA	29

Figura 5.3 Fotomicrografia através de luz transmitida evidenciando as características gerais do corpo BF. a) Estilpnomelano e clorita, polarizadores paralelos. b) Segunda geração de carbonato em veio de quartzo, polarizadores cruzados. c) Estilpnomelano e clorita em associação, polarizadores paralelos. d) Flanco de dobra evidenciando porções claras e escuras com estilpnomelano decussado, polarizadores cruzados. e) Clorita deformada com textura poiquiloblástica em plano axial de dobra e sulfetação disseminada, polarizadores paralelos. f) dobra composta por níveis de sulfetos, estilpnomelano e carbonato + quartzo, polarizadores cruzados..... 30

Figura 5.4 Fotomicrografia através de luz refletida e polarizadores paralelos, evidenciando as características gerais do corpo BF. a) grãos de arsenopirita subédricos a euhédricos b) Grão de arsenopirita com inclusão de calcopirita e pirrotita. c) grão médio de pirita euhédrica porosa. d) Grãos de pirrotita subédricos com bordas irregulares. e) grãos de arsenopirita com inclusões de pirrotita. f) Grãos de pirrotita e magnetita. 32

Figura 5.5 Principais feições presentes no corpo BF. a) Clorita deformada com inclusões de ilmenita. b) Dobra com grãos de pirita tardios. c) Grão de ouro associado a pirrotita + arsenopirita. d) Grão de ouro associado a arsenopirita 34

Figura 5.6 Fotomicrografia através de luz transmitida evidenciando as características gerais do corpo BFII. a) clorita com estilpnomelano, polarizadores paralelos. b) Segunda geração de carbonato em veio de quartzo, polarizadores cruzados. c) Sulfetação ocorrendo no contato entre veio de quartzo-carbonato e matriz, polarizadores paralelos. d) Sulfetação ocorrendo na parte escura da rocha, polarizadores paralelos 35

Figura 5.7 Fotomicrografia através de luz refletida e polarizadores paralelos evidenciando as características gerais do corpo BFII. a) Grão de arsenopirita apresentando fratura. b) grãos anédricos de pirrotita associados à porção carbonática c) grãos de arsenopirita associados a pirrotita. d) grãos de pirrotita e magnetita associada. e) grãos anédricos de pirrotita. f) grãos de pirrotita e calcopirita 36

Figura 5.8 Principais feições presentes no corpo BFII . a) Mineralogia e texturas gerais da amostra. b) Ilmenita associada ao estilpnomelano. c) Grão de ouro associado a calcopirita + arsenopirita. d) Grão de ouro associado a arsenopirita 37

Figura 5.9 Fotografia através de luz transmitida evidenciando características gerais do corpo LPA. a) Sulfetação ocorrendo na porção carbonática, polarizadores cruzados b) Estilpnomelano com granulação grossa ao redor de sulfeto e com granulação fina na matriz, polarizadores paralelos. c) Grãos de estilpnomelano com granulação grossa ao redor de sulfeto, polarizadores paralelos. d) Sulfetação ocorrendo na porção carbonática, polarizadores paralelos 38

Figura 5.10 Fotomicrografia através de luz refletida e polarizadores paralelos evidenciando as características gerais do corpo LPA. a) Grãos de arsenopirita com bordas irregulares b) grãos subédricos de pirita porosa c) grãos de arsenopirita subédricos fortemente fraturados. d) grãos anédricos de arsenopirita e pirrotita com a borda intensamente irregular 62

Figura 5.11 Principais feições presentes no corpo LPA. a) Mineralogia e texturas gerais da amostra. b) Grão de arsenopirita associado ao estilpnomelano e matriz de estilpnomelano + anquerita. c) Arsenopirita fraturada circundada por estilpnomelano de granulação grossa. d) Matriz de anquerita + estilpnomelano na amostra LPA..... 41

INDÍCE DE TABELAS

Tabela 1 Distribuição dos minerais encontrados em cada um dos três corpos.	43
Tabela 2 Paragênese Mineral para os estágios inicial, principal e tardio da alteração hidrotermal	45
Tabela 3 Distribuição da associação e paragênese mineral baseada nos três corpos estudados.	46

LISTA DE ABREVIÇÕES

Ap - Apatita

Apy - Arsenopirita

Cb - Carbonato

Ccp - Calcopirita

Chl - Clorita

Ilm - Ilmenita

Mag - Magnetita

Py - Pirita

Po - Pirrotita

Qtz - Quartzo

Stp - Estilpnomelano

Whitney *et al* (2010)

RESUMO

A Mina Pilar ocorre em depósito de ouro orogênico tipicamente arqueano. O depósito localiza-se na porção leste do Quadrilátero Ferrífero e a maior parte do ouro encontra-se hospedado em formações ferríferas bandadas (BIF's) pertencentes ao *Greenstone Belt* Rio das Velhas. Foram realizados estudos petrográficos via luz transmitida e refletida, além de análises via MEV de três corpos de minério inseridos nessa litologia, denominados BF, BFII e LPA. Os corpos BF e BFII se apresentam de forma similar em relação às estruturas e a mineralogia. As estruturas observadas correspondem a bandamentos composicionais, dobras assimétricas e veios quartzo-carbonáticos. Carbonato, quartzo, estilpnomelano, clorita e sulfetos refletem os principais produtos da alteração hidrotermal. Os principais sulfetos correspondem a arsenopirita e pirrotita, seguidos por calcopirita e pirita. A arsenopirita substitui e é posterior à pirrotita, quando há maior concentração de sulfetos nas hospedeiras, há predomínio de arsenopirita euhédrica a subédrica sobre a pirrotita anédrica. O ouro ocorre diretamente associado aos sulfetos, em especial a arsenopirita nos estágios principal e tardio da alteração hidrotermal. O corpo LPA, por sua vez, ocorre inserido no plano axial da zona BF e apresenta como estruturas principais dobras e bandamentos composicionais. A mineralogia nesse corpo é representada em sua maior parte por carbonato, sulfetos e estilpnomelano. Os sulfetos ocorrem como arsenopirita, seguido de pirrotita, calcopirita e pirita. A arsenopirita ocorre em duas tipologias distintas. A primeira como grãos de hábito anédrico, bordas intensamente e granulação média. A segunda tipologia ocorre como grãos bem desenvolvidos, com hábito euhédrico e granulação grossa. Apesar da tendência do ouro de se relacionar aos sulfetos, não foram observados grãos de ouro no corpo LPA.

Palavras chave: Quadrilátero Ferrífero, *Greenstone Belts Rio das Velhas*, ouro orogênico, formação ferrífera bandada (*BIF*)

ABSTRACT

The Pilar Mine perform a typically Archean orogenic gold deposit. The deposit is located in the eastern portion of the Quadrilátero Ferrífero and the gold is hosted in the banded iron formations (BIF) of the Rio das Velhas Greenstone Belt. Petrographic studies were carried out via transmitted and reflected light, in addition to SEM analysis of three ore bodies of BIF-hosted, constituting the BF, BFII and LPA. The BF and BFII bodies present a structures and mineralogy similarities. The structures observed correspond to compositional bandages, asymmetric folds and quartz-carbonate veins. Carbonate, quartz, stilpnomelane, chlorite and sulfides represent the main products of the hydrothermal alteration. The main sulfides correspond to arsenopyrite and pyrrhotite, followed by chalcopyrite and pyrite. Arsenopyrite replaces and is later than pyrrhotite with a predominance of euhedral and subhedral arsenopyrite over anhedral pyrrhotite. Gold occurs directly associated with sulfides, especially arsenopyrite in the main and late stages of hydrothermal alteration. The LPA body, in turn, occurs inserted in the axial plane of the BF zone and presents folds and compositional bands as main structures. The mineralogy in this body is represented for the most part by carbonate, sulfides and stilpnomelane. Sulfides mainly occurs as arsenopyrite, followed by pyrrhotite, chalcopyrite and pyrite. Arsenopyrite present two distinct types. The type one appears as anhedral grains, intensely edged and medium grained. The second typology occurs as well-developed grains, with euhedral habit and coarse-grained. Despite the tendency of gold to relate to arsenopyrite, no gold grains were observed in the LPA body.

Key-words: Quadrilátero Ferrífero, *Greenstone Belts Rio das Velhas, Orogenic Gold, Banded-iron Formation*

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

As Formações Ferríferas Bandadas (BIF – *Iron Banded Formation*) podem ser descritas de forma simplificada como rochas sedimentares químicas, tipicamente bandadas e caracterizadas pela alternância entre bandas ricas em ferro (15% ou mais) e bandas compostas por minerais silicatados (James 1954, Klein 2005). As BIF's distribuem-se de forma ampla em todo o planeta (Trendall 2002), no Brasil, duas províncias são destacadas, o Quadrilátero Ferrífero (QFe) e a província Carajás.

Em ambientes orogênicos, processos metamórficos e hidrotermais específicos podem promover a deposição de ouro em algumas dessas rochas, gerando um enorme potencial para a exploração aurífera. Esses depósitos são conhecidos como depósitos de ouro orogênico (Groves et al., 1998; Eilu *et al.* 1999, Ohmoto *et al* 2006). No QFe, a maior parte das mineralizações de ouro caracterizam depósitos desse tipo, dentre elas destacam-se Morro Velho, Cuiabá, Pilar, Raposos, São Bento e Lamego (Lobato *et al* 2014, 2020).

A mina Pilar está localizada na porção leste do QFe e a maior parte do ouro encontrado nesse depósito está hospedada em BIF's de idade arqueana. Inicialmente, a exploração do ouro na mina foi desenvolvida a céu aberto, onde foram lavradas aproximadamente 200.000 toneladas de minério com teor de 3,0 g Au/t. Atualmente, as atividades encontram-se em níveis subterrâneos.

Três diferentes corpos de minério, denominados pela empresa Jaguar Mining como BF, BFII e LPA, localizam-se a mais de 650 m de profundidade, na zona proximal da alteração hidrotermal, que apresenta o maior teor econômico dentro da mina (Figura 1.1). Os corpos BF e BFII encontram-se inseridos na zona mineralizada da Mina Pilar e apresentam um elevado teor estimado. O corpo LPA localiza-se no plano axial da zona BF dobrada e representa a zona mineralizada restante, por isso, apresenta um menor teor de ouro em relação aos outros dois corpos.

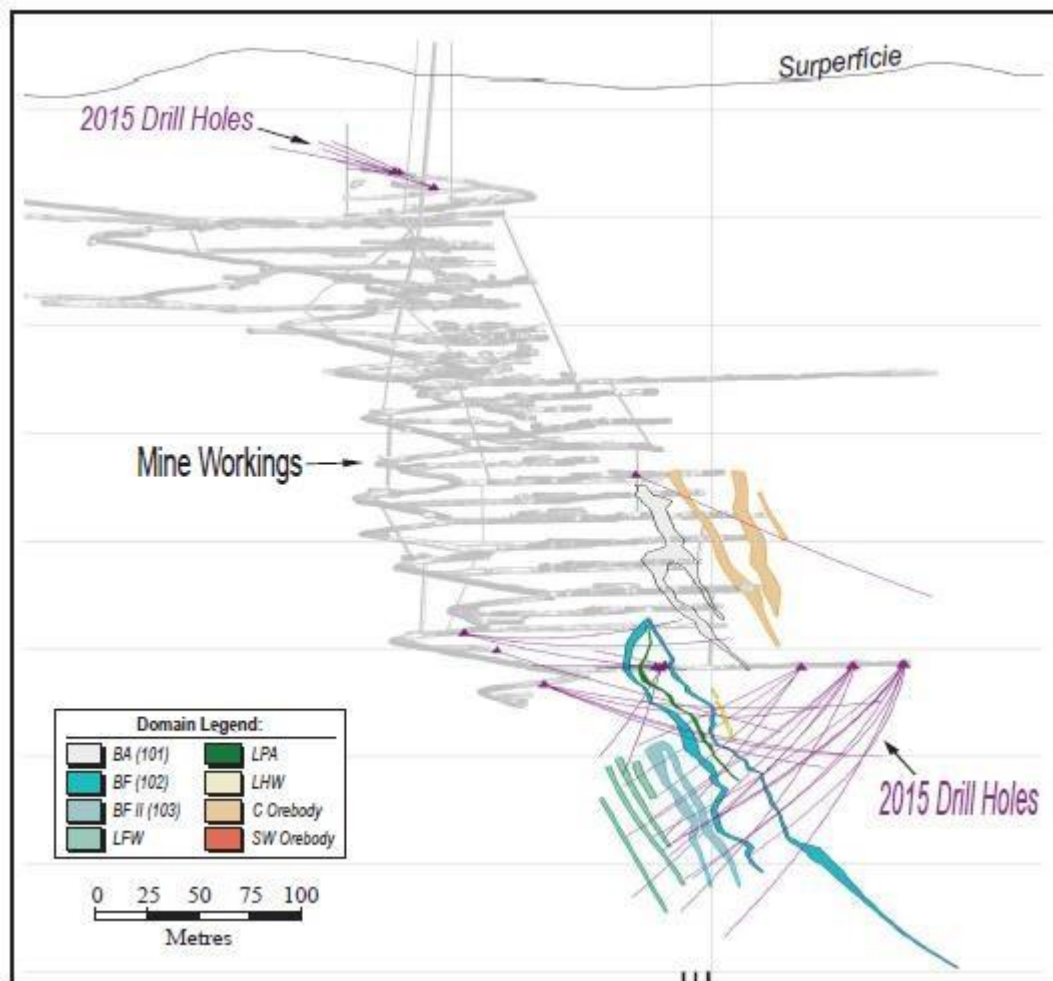


Figura 1.1 Perfil esquemático da mina Pilar com identificação dos corpos de minério abordados neste trabalho. Retirado de Jaguar Mining (2016).

1.2 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo localiza-se a aproximadamente 100 km de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, entre os municípios de Santa Bárbara e Barão de Cocais, no distrito de Brumal (Figura 1.1). O acesso até o depósito Pilar pode ser feito pela BR- 381 até Santa Bárbara e em seguida pela MG – 436 até o distrito de Brumal. A Mina localiza-se às margens da rodovia.

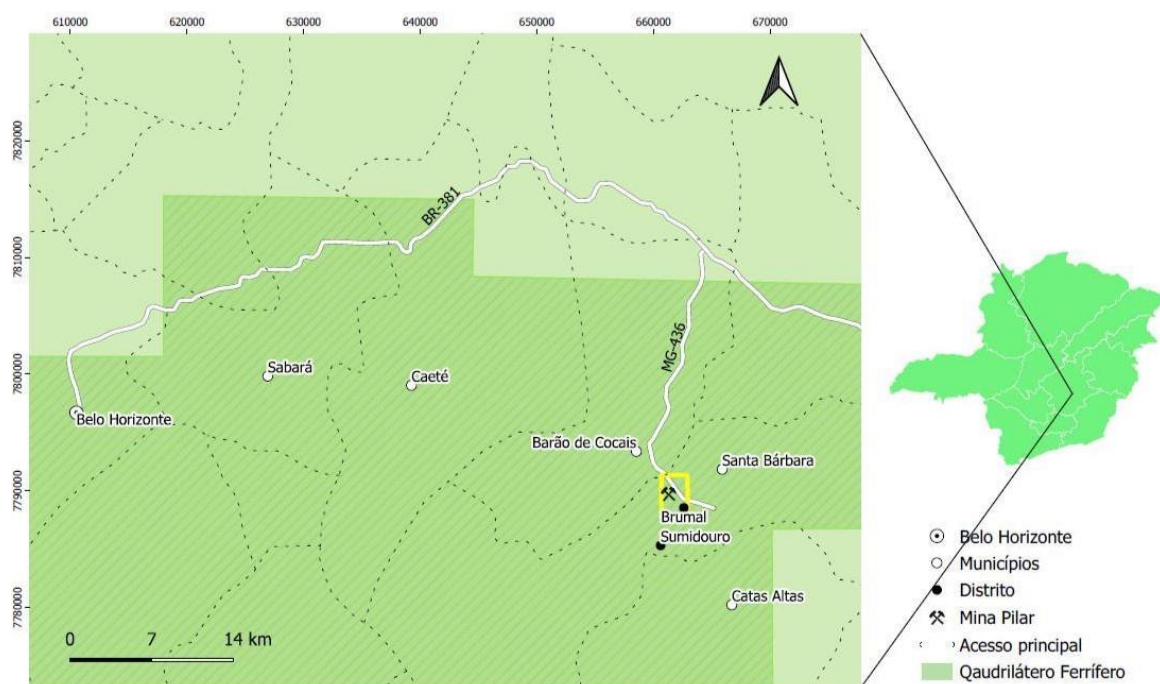


Figura 1.2 Mapa de localização do depósito Pilar.

1.3 OBJETIVOS

O trabalho proposto tem como objetivo principal detalhar a paragênese mineral, os produtos da alteração hidrotermal e o comportamento da mineralização aurífera ocorridos nos corpos BF, BFII e LPA no depósito. Dessa forma, são considerados os seguintes objetivos específicos:

- Caracterização da mineralogia da rocha;
- Caracterização da associação e da paragênese mineral;
- Observação da tipologia dos produtos da alteração hidrotermal e ocorrências de ouro hospedadas nessas BIF's da Mina Pilar;

1.4 JUSTIFICATIVA

A Mina Pilar é um depósito de ouro orogênico tipicamente arqueano, em que a maior parte da mineralização aurífera está inserida nas BIF's do Grupo Nova Lima. Atualmente, a exploração de ouro dentro da mina ocorre em níveis subterrâneos e, nesse contexto, encontram-se os corpos BF, BFII e LPA, inseridos na zona mineralizada do depósito.

O comportamento da mineralização e a sua relação com a rocha encaixante são informações de extrema importância dentro de um depósito mineral, que contribuem efetivamente para o melhor entendimento metalogênico da área.

Nesse sentido, torna-se relevante a caracterização do três diferentes corpos de minério para melhor compreensão a cerca da mineralização aurífera nas BIF's do depósito Pilar.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

A sistematização deste trabalho pode ser dividida nas seguintes etapas: revisão bibliográfica, amostragem, confecção de lâminas, descrição de seções polidas delgadas e análise em MEV.

1.5.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica do estudo ocorreu durante todo o desenvolvimento do trabalho e compreendeu a leitura de teses e artigos relevantes na literatura existente. Os assuntos mais abordados para criar sustentação do trabalho envolveram depósitos de ouro orogênico, estratigrafia e geologia do Quadrilátero Ferrífero, descrição dos depósitos hidrotermais além de teses sobre a área de estudo.

1.5.2 Amostragem e confecção de lâminas

Foram coletadas na área de estudo, amostras de três diferentes corpos de minério da porção subterrânea do depósito Pilar, denominados pela empresa Jaguar Mining BF, BFII e LPA. Posteriormente, três lâminas delgadas de seção polidas de cada um desses corpos foram confeccionadas no laboratório de Laminação – DEGEO/ UFOP, totalizando nove lâminas para caracterização petrográfica.

Visando a análise microscópica dos corpos, foram coletadas amostras das galerias subterrâneas da Mina Pilar, onde nove delas foram selecionadas para a confecção de lâminas delgadas e polidas. Foram selecionadas as amostras mais representativas de cada corpo, interceptando o melhor plano para realizar a análise mineral e do comportamento das mineralizações.

1.5.3 Descrição de seções delgada-polidas

A segunda parte do trabalho consistiu em descrever detalhadamente a petrografia em luz transmitida e luz refletida das lâminas delgadas de seção polidas, analisando a mineralogia, estruturas, texturas, paragênese e tipologia dos minerais de minério e de ganga, e conseqüentemente o produto da alteração hidrotermal presente na zona proximal. As análises foram realizadas com o microscópio ótico Olympus BX51 do Laboratório de Microscopia da Universidade Federal de Ouro Preto.

1.5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A última etapa do estudo consistiu em análises do perfil analítico de EDS (*Energy Dispersive System*) e de imagens de elétrons retroespalhados (BSE - *backscattering electron*) geradas a partir do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

O sistema EDS permite determinar qualitativamente e semiquantitativamente os elementos químicos presentes nos minerais através da emissão de raios X, enquanto a imagem de BSE utiliza de elétrons retroespalhados para gerar padrões de difração que são representados através de imagens. As análises foram realizadas com o equipamento da marca JEOL modelo JSM-6510 do Laboratório de Microscopia e Microanálises (LMic) do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto com a finalidade de verificar a existência ou não do ouro e sua relação com os minerais minério.

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1 QUADRILÁTERO FERRÍFERO

O Quadrilátero Ferrífero (QFe) é uma importante província aurífera, localizada no sul do Cráton São Francisco, região central do estado de Minas Gerais (Figura 2.1).

A geologia dessa região é estruturada por um embasamento cristalino marcadamente arqueano de composição TTG, rochas também arqueanas pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas e rochas paleoproterozoicas do Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi. (Alkmim & Marshak 1998, Castro *et al* 2020). Inseridos nesse contexto, são encontrados os *Greenstone Belts* Arqueanos, genericamente definidos como extensos cinturões orogênicos de idade arqueana, formados por sequências vulcanossedimentares metamorfizadas em baixo grau (Condie 1994). No QFe, estas típicas sequências arqueanas são representadas pelo Supergrupo Rio das Velhas.

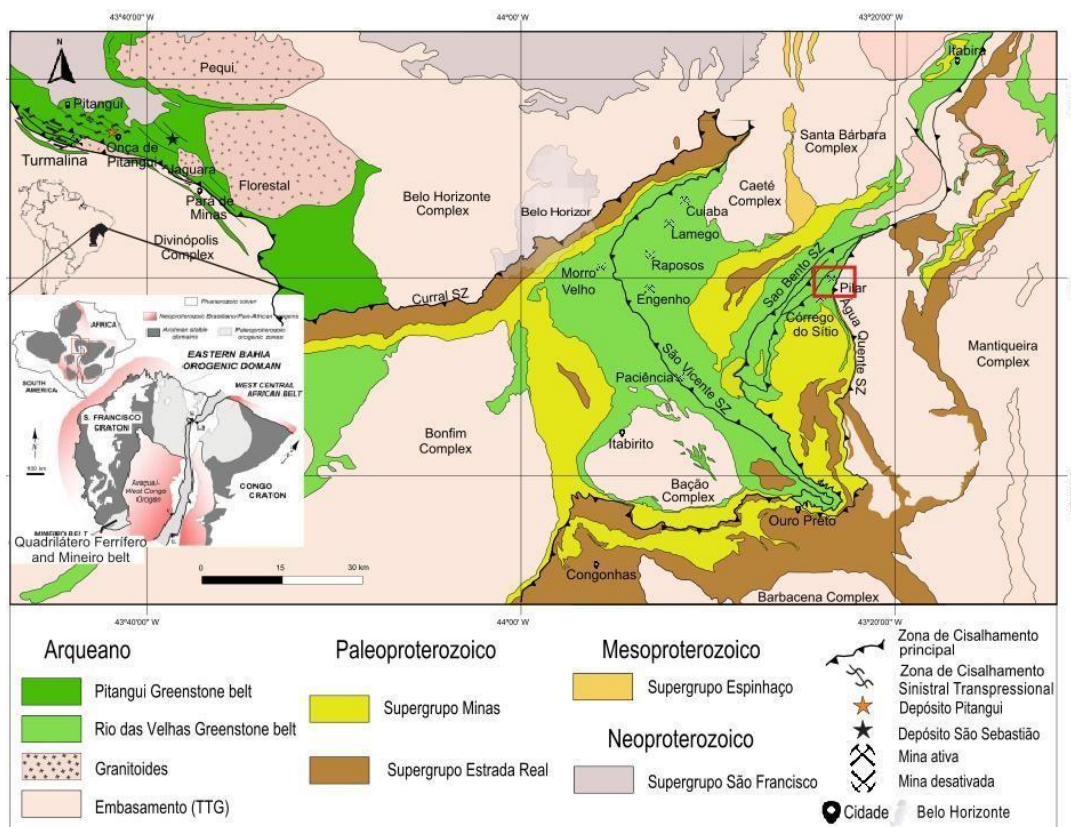


Figura 2.1 Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero, com destaque para as principais unidades geológicas. Modificado de Lobato & Costa (2018), Marinho I (2018) e Endo I (2019a).

2.2 LITOESTRATIGRAFIA

As principais unidades presentes no QFe são definidas como: Embasamento cristalino TTG, o Supergrupo Rio das Velhas, o Supergrupo Minas, as unidades intrusivas e o Grupo Itacolomi (Alkmim & Marshak 1998, Endo *et al* 2020).

A seguir, será apresentada a coluna estratigráfica do QFe admitindo o modelo proposto por Dorr (1969).

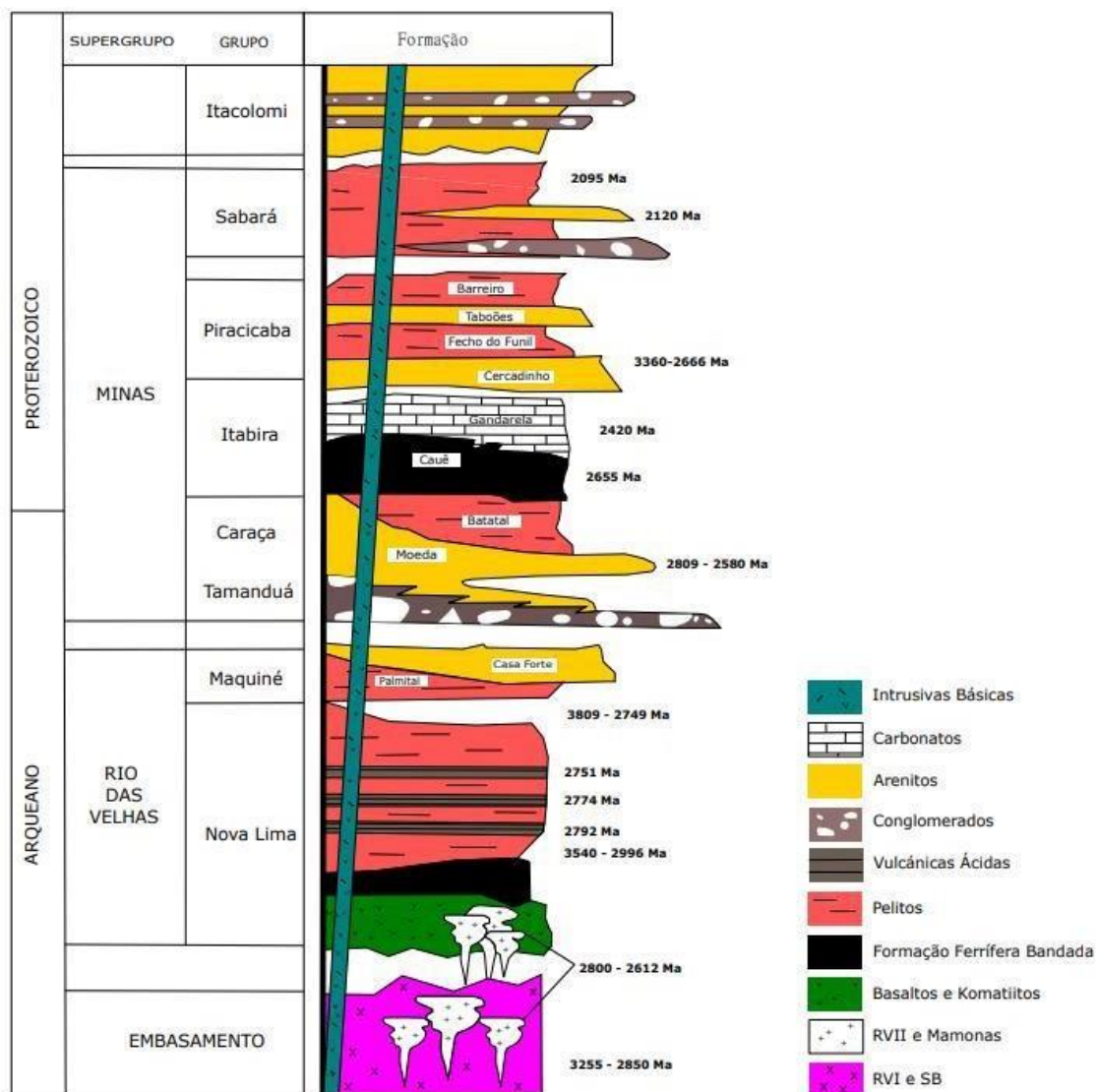


Figura 2.2 Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, modificada de Dorr (1969).

2.2.1 Embasamento Cristalino TTG

O embasamento do QFe caracteriza-se por complexos metamórficos que se distribuem como núcleos dômicos correspondente aos Complexos Belo Horizonte, Bação, Santa Bárbara e Campo Belo (Complexos Bonfim e Divinópolis). Esses complexos são formados por granitos-gnaisses do tipo TTG (Tonalito-Tronjhemito-Granodiorito) (Alkmim & Marshak 1998).

2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas

Foi informalmente denominado Rio das Velhas *Greenstone Belt* por Almeida (1976) e Schorscher (1976) devido a sua sucessão metavulcano-sedimentar arqueana e ao seu grande potencial metalogenético (Lobato 2001). O Supergrupo Rio das Velhas foi subdividido por Dorr (1957) em dois grupos: Grupo Nova Lima e Grupo Maquiné. Entretanto, Schorscher (1978) em trabalhos realizados, implementou uma nova unidade sotoposta ao Grupo Nova Lima, denominada Grupo Quebra Osso.

O Grupo Quebra Osso é constituído por rochas vulcânicas máficas-ultramáficas, representadas por basaltos, komatiitos com textura *spinifex* e *pillow-lavas* Schorscher (1978).

O Grupo Nova Lima compreende uma típica sucessão *Greenstone belt Arqueana* e hospeda os mais importantes depósitos de ouro do QFe (Lobato 2001, Dorr 1969). Baseando-se em critérios litoquímicos, petrográficos e pela comparação com a literatura preexistente, Zucchetti *et al* (1998) identificaram quatro associações de litofácies para esse grupo, sendo elas: rochas metavulcânicas máficas, basaltos com estrutura em *pillow lavas* e assembleia komatiítica, grauvaca vulcanoclástica e arenito turbidítico.

Sobreposto ao Grupo Nova Lima, ocorre o Grupo Maquiné, composto essencialmente por metaconglomerados e metarenitos (Dorr 1969). Para esse Grupo são conhecidas duas formações, denominadas Formação Palmital e Casa Forte. A Formação Palmital foi interpretada como uma sequência turbidítica, composta por metarenitos, metagrauvas, metapelitos e quartzitos. A Formação Casa Forte, por sua vez, é considerada um depósito de leque aluvial, composta por metarenitos e metaconglomerados (Dorr 1969, Baltazar & Zucchetti 2007).

2.2.3 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas é uma sequência metassedimentar de idade paleoproterozoica (Alkmim & Marshak 1998) subdividida em duas unidades separadas por uma inconformidade regional (Alkmim & Martins Neto 2012).

Na base, representando o estágio de desenvolvimento de uma margem passiva, foram definidos os grupos Tamanduá e Caraça, Itabira e Piracicaba (Dorr 1969, Renger *et al* 1995, Schorscher 1992). No topo da estratigrafia, representando por um depósito de leques submarinos que marcam o estágio de inversão da margem passiva, foi definido o Grupo Sabará (Alkmim & Marshak 1998).

Segundo Simmons e Maxwell (1961) e Dorr (1969), o Grupo Caraça compreende a Formação Moeda, composta nessa porção por quartzitos e metaconglomerados. Alguns desses metaconglomerados podem conter pirita detrítica com grande potencial aurífero. Sobreposta a essa Formação, foi definida a Formação Batatal, representada por característicos filitos de cor cinzento-azuladas, metacherts e filitos grafitosos.

Na base do Grupo Itabira, foi definida a Formação Cauê, que compreende as formações ferríferas bandadas, representadas pelos itabiritos quartzíticos, dolomíticos e anfibolíticos. A Formação Cauê é a mais importante Formação do QFe em termos econômicos, uma vez que nela encontram-se grandes quantidades de minério de ferro. Encerrando a estratigrafia do Grupo Itabira, encontra-se a Formação Gandarela, composta basicamente por dolomitos, calcários, filitos carbonosos e dolomitos ferruginosos. (Farina *et al.*2015).

O Grupo Piracicaba é composto pelas formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro. De uma forma geral, esse Grupo é representado por arenitos rico em quartzos, quartzitos, filitos prateados e dolomitos.

Finalizando a sequência estratigráfica do Supergrupo Minas, ocorre o Grupo Sabará. Esse Grupo é o mais expressivo e marca o processo de inversão tectônica provocada pelo fechamento da Bacia Minas (Alkmim & Marshak 1998). Ele é composto, em sua maioria, por metapelitos, grauvacas e conglomerados (Dorr 1969).

2.2.4 Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomi é a unidade mais recente da sequência supracrustal do Quadrilátero Ferrífero (Dorr 1969). Ela é composta por metarenitos com estruturas sedimentares preservadas, filitos e metaconglomerados contendo clastos de quartzitos, granitos e ferríferas bandadas atribuídas à Formação Cauê (Farina *et al* 2015, Dorr 1969).

2.2.5 Diques Máficos e Intermediários

Os diques máficos e intermediários do Quadrilátero Ferrífero são descritos como diques toleíticos e anfibolíticos que atravessam as litologias do embasamento cristalino até as rochas supracrustais. Segundo Silva *et al.* (1995), os diques podem ser subdivididos em três grupos. O primeiro foi definido como quartzo-clorita xisto e clorita-sericita xisto e está relacionado com a

abertura da bacia do Espinhaço. O segundo grupo é o mais representativo, marca o estágio inicial do ciclo Brasileiro e é caracterizado por metagabros. O terceiro e mais recente grupo é representado por dique de diabásio indeformados (Farina *et al.* 2015, Silva *et al.* 1995).

2.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL

As estruturas presentes no QFe se desenvolveram através de três principais eventos tectono-magmáticos ocorridos do Arqueano ao Neoproterozoico (Albert *et al* 2016, Farina *et al* 2015, Alkmim & Marshak 1998, Endo *et al* 2020). O primeiro deles está relacionado à evolução e a consolidação da crosta Arqueana (Figura 2.3). O segundo evento associa-se a uma extensa orogenia ocorrida no final do Paleoproterozoico conhecida como evento Transamazônico com transporte tectônico para sul (Figura 2.4) e o último evento ligado à evolução do QFe é denominado evento Brasileiro, que está ligado a reativações das estruturas preexistentes na região, porém com vergência tectônica para oeste

Durante a evolução da crosta Arqueana, foram caracterizados quatro importantes eventos magmáticos ocorridos entre o Mesoarqueano e Neoarqueano, denominados Santa Bárbara, Rio das Velhas I e II e Mamona (Figura 2.3) (Lana *et al.* 2013, Farina *et al* 2015).

O evento Santa Bárbara foi o primeiro pulso magmático registrado, datado entre 3220 e 3200 Ma e representa a única crosta paleoarqueana datada no QFe (Farina *et al* 2015). Durante o evento Rio das Velhas I e II a acreção de protocontinentes e a subsequente colisão continental foram responsáveis pela formação de granitos potássicos de médio k. A composição das rochas do Supergrupo Rio das Velhas sugere que esses magmas foram gerados pela fusão parcial da crosta oceânica e do retrabalhamento da crosta continental pré-existente (Figura 2.3a) (Farina *et al* 2015).

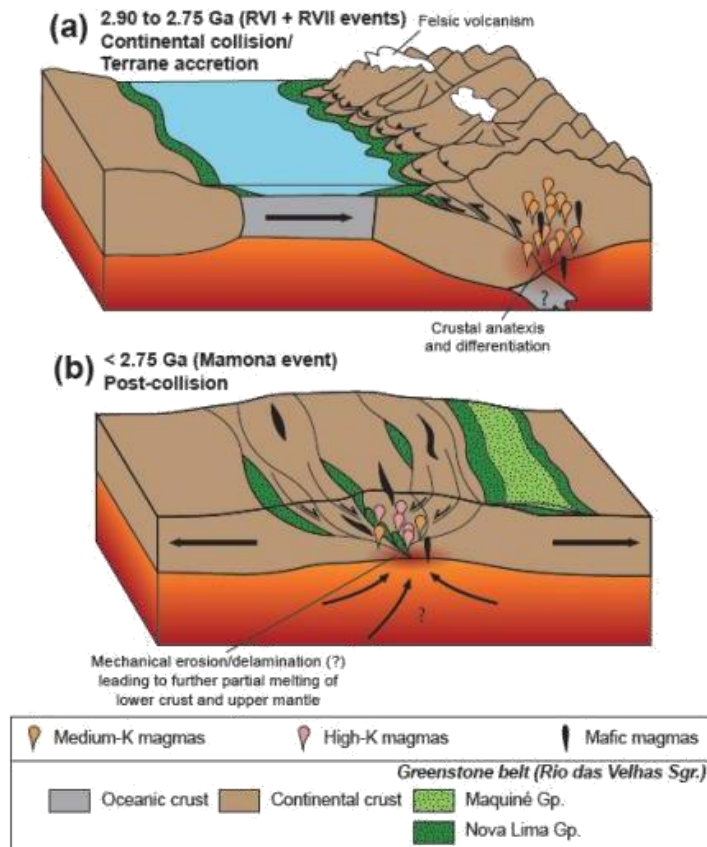


Figura 2.3 Evolução tectônica e magmática durante o evento Rio das Velhas I, II e Mamona. a) acreção de terrenos arqueanos com produção de granitos de médio-K. b) Fase pós-colisão com produção de granitos de médio a alto K. Retirado de Albert *et al* (2016).

Após a colisão continental e o decorrente processo de delaminação litosférica, a ascensão da astenosfera foi responsável pelo aquecimento da crosta, induzindo a fusão parcial e o desenvolvimento de granitos ricos em potássio. Essa fase marca a o processo de cratonização final do QFe e é representada pelo evento Mamona (Figura 2.3b) (Farina *et al* 2015).

A orogenia Transamazônica é caracterizada pela colisão entre os Crátos Congo e São Francisco durante o Paleoproterozoico (Figura 2.4). Na porção sudeste do Cráton São Francisco, essa orogenia foi responsável pelo desenvolvimento dos Cinturões Mineiro, Mantiqueira e Juiz de Fora. (Alkmim & Marshak 1998).

Três principais fases de deformação foram desenvolvidas na porção sul do Cráton São Francisco durante o ciclo Transamazônico. A primeira é representada pela formação do arco Mantiqueira e inversão da bacia Minas (Figura 2.4b). A segunda é representada pela colisão entre os Crátos Congo e São Francisco (Figura 2.4c) e a terceira está associada a uma extensão regional, que foi responsável pelo colapso do orógeno e pelo desenvolvimento do terreno de domos granito-gnáissicos envolto por quilhas de rochas supracrustais deformadas (Figura 2.4d) (Alkmim & Marshak 1998, Aguilar *et al* 2017).

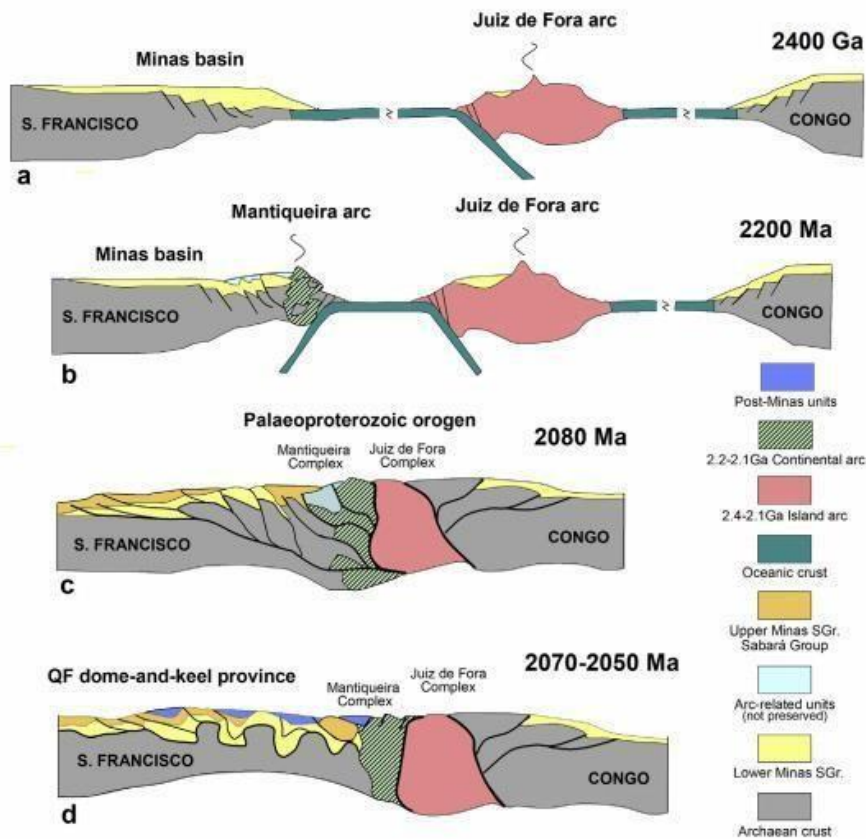


Figura 2.4 Modelo da evolução tectônica da porção sul do Cráton São Francisco. a) Etapa pré-colisional b) Desenvolvimento do arco continental Mantiqueira c) Colisão dos núcleos arqueanos do São Francisco e Congo; d) colapso extensivo e o desenvolvimento do sistema de domos e quilhas. Retirado de Aguiar *et al* (2017).

Por outro lado, Endo *et al* (2020) caracterizam o evento Transamazônico em duas fases de compressão principais, em que na fase 1, há nucleação da Nappe Curral com vergência para NNE e polaridade metamórfica crescente para SSW, de fácies xisto-verde para anfíbolito, com consecutiva nucleação da Nappe da fase F1 com vergência para sul respectiva ao pré-sistema de Nappes Ouro Preto. Segundo esses autores a fase 2 é marcada pela nucleação do Sistema de Nappes Ouro Preto devido ao redobramento coaxial da Nappe da fase 1, com polaridade metamórfica crescente para NNE de fácies xisto-verde para anfíbolito. Nesse caso a nucleação da Anticlinal de Mariana seria por ramificação de uma falha cega de lapa, da Zona de Cisalhamento São Vicente (descolamento basal).

O mais recente evento deformacional do QFe é conhecido como Evento Brasileiro. Com idade entre 700 e 450 Ma, o evento Brasileiro representa umas das várias colisões orogênicas envolvidas na formação do Supercontinente Gondwana e foi responsável pelo desenvolvimento de dobras e falhas com vergência para oeste e pela reativação de estruturas preexistentes, estabelecendo a atual configuração do Quadrilátero Ferrífero (Alkmim & Marshak 1998, Endo *et al* 2020).

2.4 DEPÓSITOS MINERAIS NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

Várias ocorrências minerais de grande importância econômica e diferentes idades são encontradas no QFe. Além do ouro, a região possui grandes depósitos e ocorrências associados ao minério de ferro, ao manganês e a exploração de gemas, caracterizando uma importante Província Mineral do Brasil.

As mineralizações auríferas no QFe geralmente ocorrem associadas aos terrenos arqueanos e paleoproterozoicos dessa região. Os depósitos de ouro arqueanos são do tipo ouro orogênico e estão no Supergrupo Rio das Velhas (*Greenstone belt* homônimo). Os principais depósitos desse tipo são Cuiabá, Lamego, Morro Velho, Paciência, Raposos, Pilar e São Bento (Ladeira 1991, Lobato *et al* 2014). As mineralizações desenvolvidas durante o Paleoproterozoico estão relacionadas ao Supergrupo Minas, no qual, três diferentes tipos são destacados: orogênico (Vial *et al* 2007b), jacutinga (Galbiatti *et al* 2007) e de metaconglomerados piritosos, tipo *placer* (Pires 2005; Minter 2006) (Figura 2.5).

Importantes depósitos de ferro foram desenvolvidos durante o Paleoproterozoico No QFe, esses depósitos estão relacionados ao Supergrupo Minas, sobretudo na Formação Cauê (Renger *et al*. 1994). Segundo Rosière *et al* (2001, 2008) as mineralizações de ferro do QFe são controladas estruturalmente por falhas e dobras flexurais, na porção ocidental, e por zonas de cisalhamentos e deformações internas, em sua porção oriental.

Dentre as gemas ocorridas no QFe, destaca-se a exploração de esmeralda e de topázio imperial. As ocorrências de esmeralda estão ligadas a porção nordeste do QFe e estão associadas a rochas metavulcânicas em contato com xistos ultramáficos (Roeser & Roeser 2010). O topázio imperial, por sua vez, ocorre restrito ao município de Ouro Preto e está associado às rochas das formações Gandarela e Cauê pertencentes ao Grupo Itabira. Além da cidade de Ouro Preto, as minerações de topázio na região ocorrem nos distritos de Cachoeira do Campo, Antônio Pereira e Rodrigo Silva (Rojas 2008).

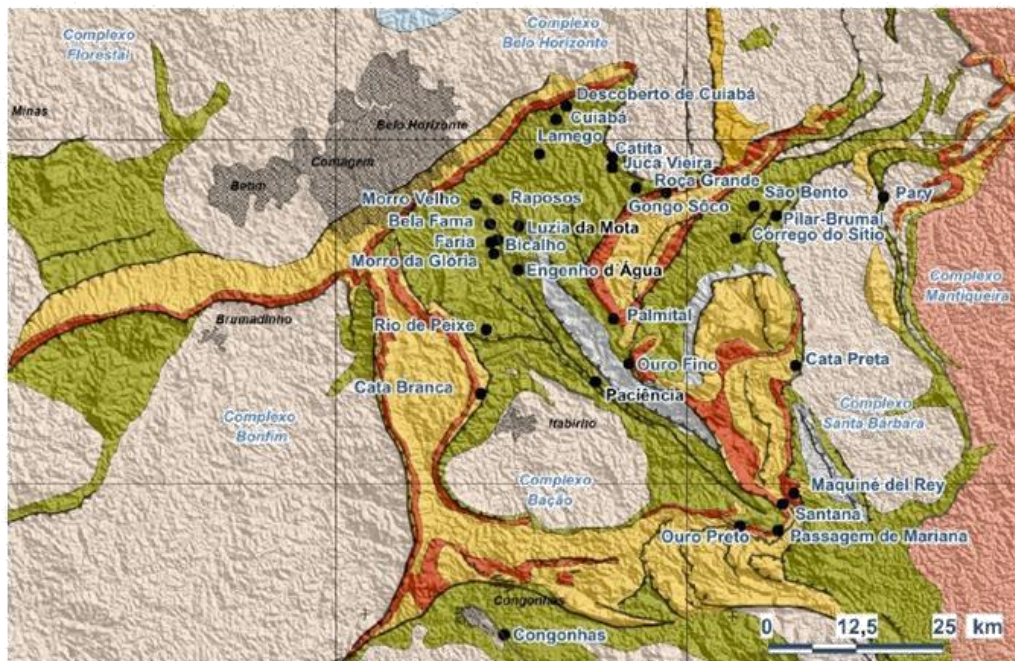


Figura 2.5 Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero com os principais depósitos de ouro da região. Retirado de Lobato & Costa (2018).

CAPÍTULO 3

DEPÓSITO DE OURO OROGÊNICO

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Anteriormente conhecidos como depósitos mesotermiais, os depósitos de ouro orogênico podem ser caracterizados como reservas auríferas originadas durante os processos de deformação compressional e transpressional em orógenos acrescionários ou colisionais, em detrimento do produto da alteração hidrotermal ocorrida durante a atividade tectono-metamórfica (Figura 3.1) (Groves *et al* 1998).

As mineralizações nesses depósitos são estruturalmente controladas em diversas escalas por falhas normais e reversas, zonas de cisalhamento dúcteis - rúpteis de baixo ou alto ângulo, zonas de brechas, *stockworks*, foliações e dobras. Assim, o ouro pode ocorrer junto das fases sulfetadas, de forma disseminada ou mesmo livre, precipitado diretamente nos veios quartzo-carbonáticos hospedadas nas rochas encaixantes.

Esses depósitos podem se desenvolver em terrenos metamórficos deformados de diferentes idades e com diferentes graus metamórficos (Groves *et al* 2019). Segundo Groves *et al* (1998), nos *Greenstone Belts* arqueanos e nos cinturões metamórficos Fanerozoicos, o ouro ocorre associado principalmente a metamorfismo de fácies xisto verde. Porém, importantes depósitos situam-se em terrenos arqueanos de alto grau metamórfico, como os depósitos arqueanos de fácies granulito no leste da Austrália (Groves *et al* 1992)

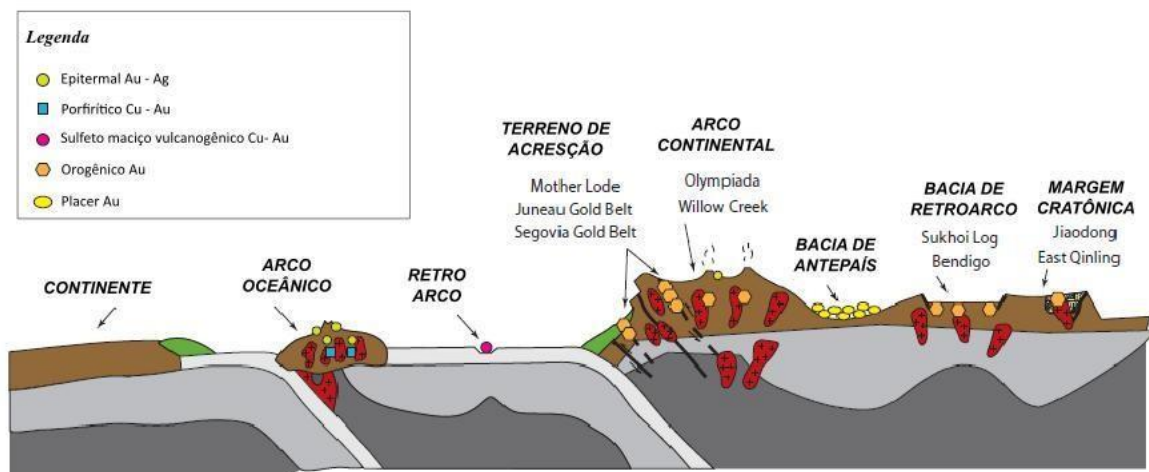


Figura 3.1 Configuração tectônica do depósito de ouro orogênico e outros tipos de depósitos de ouro. Os depósitos de ouro orogênico podem se localizar em regiões de fore-arc e back-arc de margens continentais ativas assim como batólitos de arcos continentais Goldfarb & Groves (2015).

A sulfetação nos depósitos de ouro orogênico ocorre tanto em rochas máficas-ultramáficas extrusivas e intrusivas, quanto em formação ferrífera bandada (BIF). Segundo Groves *et al* (1998), a mineralogia desse tipo de depósito é constituída por um conjunto de veios de quartzo contendo de 3 a 5% de sulfetos e 5 a 15% de minerais carbonáticos. Albita, mica branca, clorita, scheelita e turmalina também podem estar associadas ao minério. Os sulfetos podem refletir a litogeoquímica da rocha encaixante, sendo arsenopirita o mais comum em rochas metassedimentares, e pirita e pirrotita os mais comuns em rochas ígneas metamorfizadas. O teor de ouro nesses depósitos é considerado elevado, com valores entre 5,0 e 30,0 g/t, sendo responsáveis por quase 80% da produção de ouro no mundo (Cassidy & Hagemann 2001).

3.1.1 Classificação

Uma nova classificação de acordo com a profundidade dos depósitos foi proposta por Groves *et al* (1998). Os depósitos orogênicos foram subdivididos em três classes, sendo elas: (i) epizonal, quando formado em uma profundidade menor que 6 km e temperatura entre 150 a 300 °C; (ii) mesozonal, quando formado em profundidade entre 6 a 12 km e temperatura variando entre 300 e 470 °C; (iii) hipozonal, quando formado em profundidades maiores que 12 km e temperaturas acima de 475 °C. É importante ressaltar que o ouro orogênico ocorre inserido principalmente na classe mesozonal. Uma ilustração dessa configuração é apresentada a seguir.

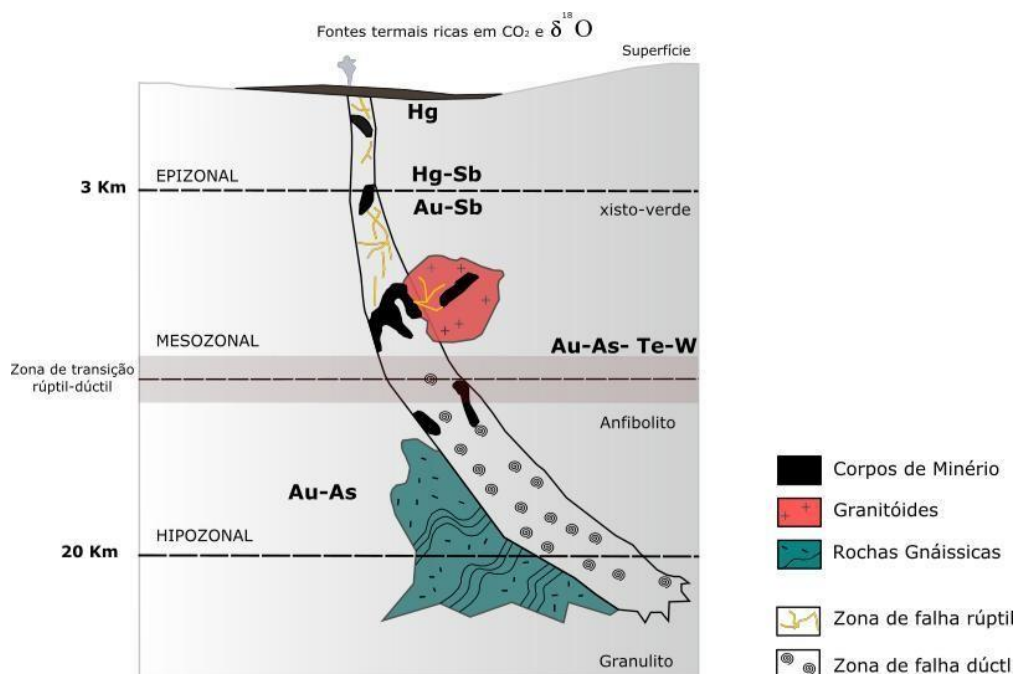


Figura 3.2 Os depósitos orogênicos podem se formar em diferentes profundidades, que variam de 3 a 20 km, durante os regimes compressional ou transpressional. A maioria dos depósitos se forma na fácies xisto verde ou na transição xisto - anfibolito. Modificado de Groves & Goldfarb (2015).

3.2 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO HIDROTHERMAL

A alteração hidrotermal pode ser descrita como um processo de substituição dos minerais originais de uma rocha por outros, no qual um fluxo hidrotermal apresenta os reagentes químicos e retira os produtos das reações dissolvidas (Reed 1997). Normalmente, associado a esse processo, ocorre a formação de halos de alteração hidrotermal. A formação destes halos depende de diversos fatores como a composição da rocha encaixante, tipo e composição do fluido, Eh, pH, temperatura, pressão, interação fluido/rocha e constituintes mineralógicos (Groves *et al.* 2003).

De uma forma geral, os depósitos de ouro orogênico do QFe, assim como outros depósitos desse tipo, apresentam halos de alteração hidrotermal em relação aos corpos de minério (Figura 3.3). Em geral, quanto maior o halo de alteração, maior será o tamanho do corpo. A associação mineralógica dos halos de alteração depende da litologia e do nível crustal em que ocorre a interação fluido/rocha, mas geralmente se caracteriza por evidenciar zonas enriquecidas em clorita, carbonato, sericita, quartzo e sulfetos (Groves *et al.* 1998).

A alteração hidrotermal mais significativa nos depósitos do tipo orogênico é a carbonatação, que ocorre na forma de siderita, anquerita ou em veios. Outras formas de alteração hidrotermal se refletem em processos de cloritização, sericitização, silicificação através de veios de quartzo e raramente, alteração potássica na base da sulfetação. (Hodgson, 1993, Goldfarb *et al.* 2005). Esses halos funcionam como uma vetorização para o minério, como apresentado na Figura 3.3.

Os fluidos formadores dos depósitos orogênicos são caracterizados como soluções aquosas de baixa a moderada salinidade e ricas em CO₂, onde o ouro é transportado em condições redutoras por complexos sulfetados (Pereira 1996).

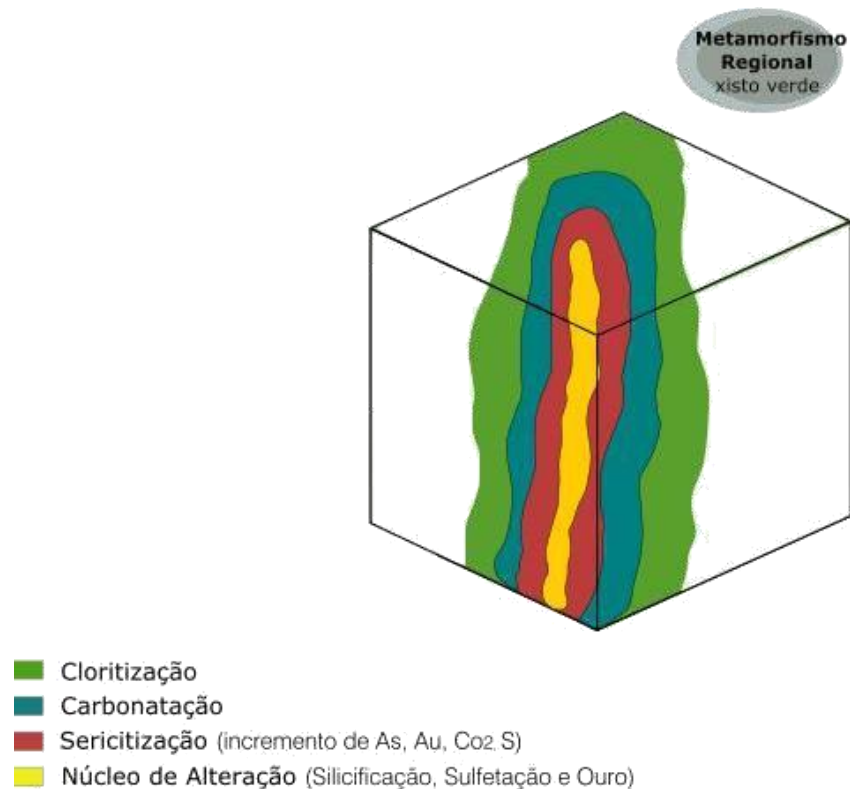


Figura 3.3 Modelo esquemático dos halos de alteração hidrotermal para depósitos de ouro orogênico. Modificado de Eilu (1999)

3.3 DEPÓSITOS DE OURO OROGÊNICO NO GREENSTONE BELT RIO DAS VELHAS

A maior parte dos depósitos do Quadrilátero Ferrífero ocorre inserida no Grupo Nova Lima, base do *Greenstone Belt* Rio das Velhas (Schorscher 1978, Lobato *et al* 2001, 2020) com as mineralizações de ouro, em sua maior parte, inseridas em formações ferríferas bandadas arqueanas e em unidades carbonáticas conhecidas localmente como *lapa seca*, enriquecidas em carbonato, quartzo, sericita e albita (Ladeira 1980). Outros pequenos depósitos também são encontrados hospedados em rochas ultramáficas, máficas e metassedimentares clásticas e vulcanoclásticas (Lobato 2001). As minas de Morro Velho, Raposos, Cuiabá, São Bento, Córrego do Sítio, Engenho d'Água e Pilar constituem os principais depósitos de ouro relacionados ao Grupo Nova Lima (Figura 2.5).

Os principais estilos de sulfetação presentes nos *Greenstone Belts* Rio das Velhas podem ser classificados como: (i) *stratabound*, (ii) disseminado ao longo das zonas de cisalhamento e (iii) veios quartzo-carbonáticos sulfetados em zonas de cisalhamento.

O estilo de sulfetação *stratabound* é caracterizado como uma substituição associada à formação ferrífera bandada de origem epigenética. O estilo disseminado ocorre devido à distribuição aleatória de sulfetos, principalmente em rochas metavulcânicas e metassedimentares químicas (Lobato

et al 2001). E por último, as mineralizações em veios quartzo-carbonáticos sulfetados em zonas de cisalhamento, que ocorrem principalmente em rochas metavulcânicas e metassedimentares químicas e clásticas (Vieira 1991).

3.4 CLASSIFICAÇÃO DE BIF EM GREENSTONE BELT ARQUEANO

Em relação as diferentes classificações das BIFs e os seus ambientes de formação, o tipo algoma foi incrementado por Gross (1983, 1993) e é o que melhor representa as BIF's arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas. Segundo Gross (1965), as formações ferríferas do tipo algoma foram desenvolvidas em regiões próximas a centros vulcânicos e estão associadas aos processos hidrotermais exalativos durante a deposição dos *Greenstone Belts* entre o arqueano e o proterozóico.

Entretanto, baseada na composição mineralógica e em análises geoquímicas, Araújo & Lobato (2019) sugeriram três diferentes grupos para essas BIFs, sendo elas: *i.* BIFs ricas em carbonato (C-BIF), *ii.* BIFs ricas em magnetita (M-BIF) e *iii.* BIFs ricas em sílica, carbonato e magnetita (SCM-BIF).

Quanto a composição mineralógica, as C-BIF caracterizam-se por apresentar intercalações de bandas de quartzo e bandas ricas em carbonato. Além disso, é possível que minerais como clorita, sericita, biotita e cloritoide ocorram como minerais acessórios. Esse tipo de formação ferrífera ocorre nos depósitos Cuiabá, Roça Grande e Ápis.

As M-BIFs, por sua vez, caracterizam-se por apresentar bandas de quartzo intercaladas com bandas ricas em magnetita. A quantidade de carbonato é irrelevante nesse esse tipo de BIF, que é representado pelo depósito Raposos.

Por fim, as SCM – BIF apresentam quantidades abundantes de quartzo, magnetita e carbonato, além de filossilicatos como clorita, biotita e estilpnomelano. Os depósitos São Bento, Sumidouro e Campo Grande representam esse tipo (Araújo & Lobato 2019).

Tendo em consideração o ambiente deposicional, Araújo e Lobato (2019) propõem diferentes zonas de deposição para as BIFs do tipo algoma hospedeiras das mineralizações auríferas. Além da proximidade das fontes hidrotermais, a quantidade de matéria orgânica, contribuição siliciclástica, assim como a variação eustática e composição vulcanoclástica tornam-se fatores relevantes para explicar as variações ocorridas entre as BIFs (Beukes & Gutzmer 2008, Posth *et al* 2013).

Uma ilustração do ambiente deposicional para essas diferentes BIF é apresentado por Araújo & Lobato (2019) e representada na figura a seguir.

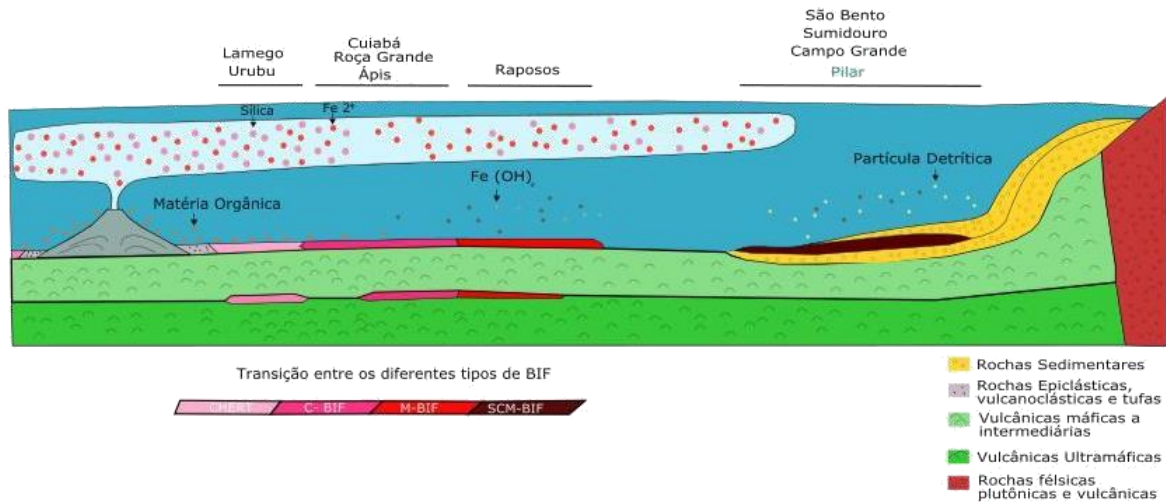


Figura 3.4 Modelo de ambientes deposicionais para BIF do tipo Algoma. Modificado de Araújo e Lobato (2019).

Segundo o modelo, nota-se que as formações ferríferas tipo C-BIF e M-BIF depositaram-se em uma região transicional em relação ao vulcanismo subaquoso. Segundo Araújo & Lobato (2019), esse ambiente apresentou condições ideais para o desenvolvimento dos minerais siderita e magnetita.

As SCM-BIFs, por sua vez, apresentam um ambiente deposicional distal em relação as fontes hidrotermais (Figura 6.1). Essa configuração proporcionou uma intensa influência detritica na sua formação e foi responsável pela origem de silicatos como clorita rica em ferro e estilpnomelano (Araújo & Lobato 2019).

4.1 GEOLOGIA DA REGIÃO DE SANTA BÁRBARA E BARÃO DE COCAIS

A geologia da região de Santa Bárbara e Barão de Cocais compreende rochas de idades arqueanas e proterozóicas. Segundo Baltazar & Zuchetti (2007), o arqueano é representado por uma grande faixa de rochas que vai de Barão de Cocais até Santa Bárbara. Nessa região, ocorrem terrenos granito-gnáissicos caracterizados pelo Complexo Santa Bárbara, que correspondem ao embasamento TTG e rochas supracrustais ultramáficas serpentinizadas pertencentes aos grupos Quebra Osso e Nova Lima.

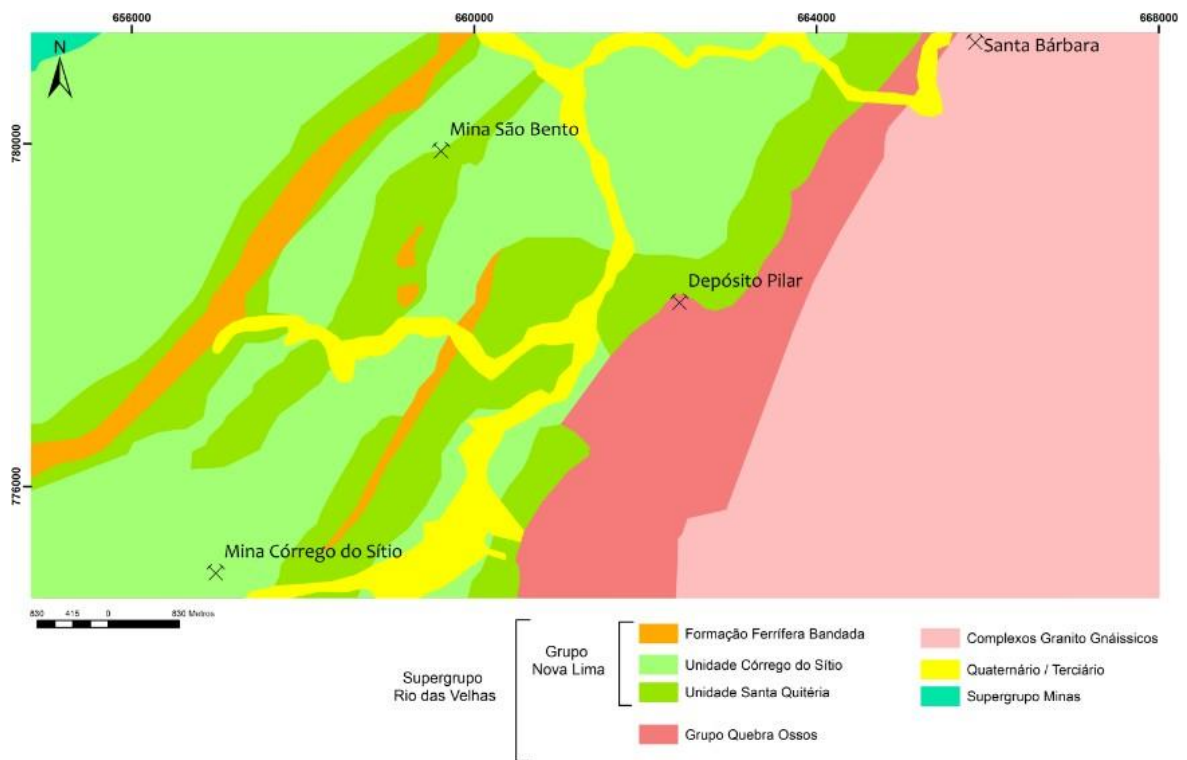


Figura 4.1 Mapa geológico da região de Santa Bárbara/Barão de Cocais. Modificado de Silva (2007).

O Complexo Santa Bárbara é constituído por gnaisses e migmatitos de composição tonalítica, granodiorítica e granítica. Além disso, diversas intrusões de gabro/diabásio ocorrem nesse complexo (Dorr 1969).

O Grupo Quebra Osso ocorre a oeste de Santa Bárbara e é constituído por uma sequência de rochas ultramáficas deformadas e metamorfizadas, representada por talco xistos, serpentinitos, clorita-talco xistos, antigorita xistos, esteatitos, anfibolitos além de dunitos, peridotitos, komatiitos, localmente com *pillows* e textura *spinifex*. Além disso, podem conter níveis de formação ferrífera e turmalinitos (Schorscher 1979).

O Grupo Nova Lima, é representado na base da sequência por xistos máficos e félsicos, metapelitos xistificados, xistos carbonosos, rochas metavulcanoclásticas com intercalações de formação ferríferas e xistos carbonosos subordinados. No topo da estratigrafia, são encontradas rochas metassedimentares como mica-quartzo xistos, clorita-quartzo xistos, quartzo-sericita xistos além de níveis de formação ferrífera e xisto carbonoso (Ladeira 1980).

O Supergrupo Minas é representado nessa região pelas formações Moeda, Cauê e Gandarela. A Formação Moeda, pertencente ao Grupo Caraça, ocorre em uma porção insignificante a sul de Santa Bárbara e é constituído por quartzito micáceo. As formações Cauê e Gandarela, inseridas no Grupo Itabira, são representadas respectivamente por itabiritos, dolomitos e filitos intercalados com calcários, dolomitos, filitos itabiritos dolomíticos (Baltazar & Zuchetti 2000).

Nessa região, o Supergrupo Espinhaço é caracterizado pela Formação Cambotas, que ocorre a noroeste de Barão de Cocais e é representado pela serra homônima onde afloram quartzitos e quartzitos sericíticos. O Granito Peti, ocorre nesse contexto como uma intrusão nas sequências arqueanas e é composto por fluorita, pertita, quartzo e biotita (Baltazar & Zuchetti, 2000).

4.2 GEOLOGIA DO DEPÓSITO PILAR

A mina Pilar compreende as unidades granito-gnáissicas do Complexo Santa Bárbara a leste, e do Supergrupo Rio das Velhas, a oeste. A estratigrafia da região encontra-se invertida, onde a unidade mais antiga, representada pelo Grupo Quebra Osso sobrepõe às unidades mais recentes do Grupo Nova Lima.

Os dois grupos são separados por um contato tectônico e ambos são intrudidos por diques de rochas máficas (Ladeira 1980).

SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS	GRUPO NOVA LIMA	Bif	<i>Formação ferrífera bandada, hidrotermalizada, com ou sem sulfetação e níveis de metachert</i>
		Shc	<i>Xisto carbonoso hidrotermalizado</i>
		SSh	<i>Metapelitos xistificado, hidrotermalizado (quartzo-sericita xisto, quartzo-carbonato-sericita-clorita xisto, carbonato-sericita-clorita xisto)</i>
		VSh	<i>Xisto vulcanoclástico hidrotermalizado (biotita-carbonato-quartzo-clorita xisto e quartzo-clorita-carbonato xisto)</i>
		MSh	<i>Xisto máfico hidrotermalizado (quartzo-clorita xisto, quartzo-carbonato-clorita xisto, albita-quartzo-biotita-clorita xisto e biotita-carbonato-quartzo-clorita xisto)</i>
	GRUPO QUEBRA OSSO	USht	<i>Rocha ultramáfica xistificada e hidrotermalizada (talco xisto, talco-clorita xisto e serpentinito)</i>

Figura 4.2 Representação da coluna estratigráfica do Depósito Pilar com os seus principais litotipos intrudidos por diques de rocha máfica. A linha ondulada representa uma discordância existente entre os dois grupos litológicos (Silva 2007).

A evolução estrutural da região apresenta uma grande complexidade ocorrida devido superposição de quatro eventos deformacionais. Os três primeiros eventos, de caráter dúctil-rúptil, foram responsáveis pelo desenvolvimento de dobras, lineações, foliações, eixo de dobra, zonas de empurrão, milonitização, fraturas e clivagens de crenulação. O último evento, de caráter rúptil, produziu na região estruturas de falhas e fraturas. Apesar dos eventos de deformação ocorridos, algumas estruturas primárias como acamamento e bandamento se mostram preservadas em algumas rochas (Silva 2007).

Os corpos de minério BF, BFII e LPA, objetos desse estudo, ocorrem inseridos nas formações ferríferas bandadas arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas.

4.2.1 Tipologia e paragênese do minério

A mineralização aurífera no depósito Pilar ocorre sistematicamente no centro da zona de alteração e associa-se preferencialmente a arsenopirita, mas pode ocorrer ocasionalmente associada a outros sulfetos como pirrotita e pirita. A maior parte do ouro encontra-se entre 20 μm e 80 μm . e em porções mais distais em relação ao centro da zona de alteração, a granulometria tende a diminuir (Silva 2007).

4.2.2 Alteração hidrotermal

A alteração hidrotermal no depósito Pilar apresenta halos de alteração denominados distal, intermediário e proximal para a zona do minério (Silva 2007).

A zona distal ocorre afastada do centro da zona mineralizada e é recorrente em todos os diferentes litotipos. Apresenta-se em centenas de metros de extensão lateral acompanhando a estrutura geral do depósito. Sua mineralogia é representada em ordem decrescente por quartzo, carbonato, magnetita, clorita, pirrotita e estilpnomelano. (Silva 2007). Nesse halo de alteração, não ocorrem altos teores econômicos, apresentando valores máximos de 0,20 g Au/t.

A zona de alteração intermediária ocorre entre o halo distal e o centro da zona mineralizada e caracteriza-se pelo aumento da quantidade de clorita e estilpnomelano. Nela, são identificados minerais das zonas distais e proximais. O ouro ocorre de forma discreta, ocasionando baixos teores econômicos nessa região.

A zona de alteração proximal ocorre no centro do halo de alteração hidrotermal e pode ser considerada a principal pelo seu alto potencial econômico. Além da presença de ouro, a grande quantidade de sulfetos e de veios quartzo-carbonáticos são as características mais relevantes desse halo. Os principais estilos de sulfetação aurífera encontrados na zona proximal são o *stratabound*, os veios quartzo-carbonáticos com sulfetos e o localmente disseminado.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DOS CORPOS DE MINÉRIO

A rocha hospedeira da mineralização aurífera do depósito Pilar é caracterizada por BIFs de idade arqueana, representada nesse estudo pelos corpos BF, BFII e LPA. Esses corpos ocorrem inseridos em zonas de falhas, podem ser paralelos a eixos de dobras e também ocorrem encaixados nos flancos e/ou em zonas de charneira (Silva 2007). De uma forma geral, as amostras se apresentam deformadas e pouco intemperizadas, uma vez que representam rochas de 650 - 750 metros de profundidade. As principais estruturas observadas são os bandamentos composicionais (bandamento itabirítico), foliações, lineações de intersecção e crenulação, dobras fechadas a abertas e falha, além dos veios quartzo-carbonáticos. A sulfetação ocorre de forma disseminada e *stratabound*, geralmente associada aos leitos ricos em carbonato paralelos ao bandamento itabirítico e no contato entre os veios quartzo-carbonáticos com a rocha encaixante (Figuras 5.1, figura 5.2).

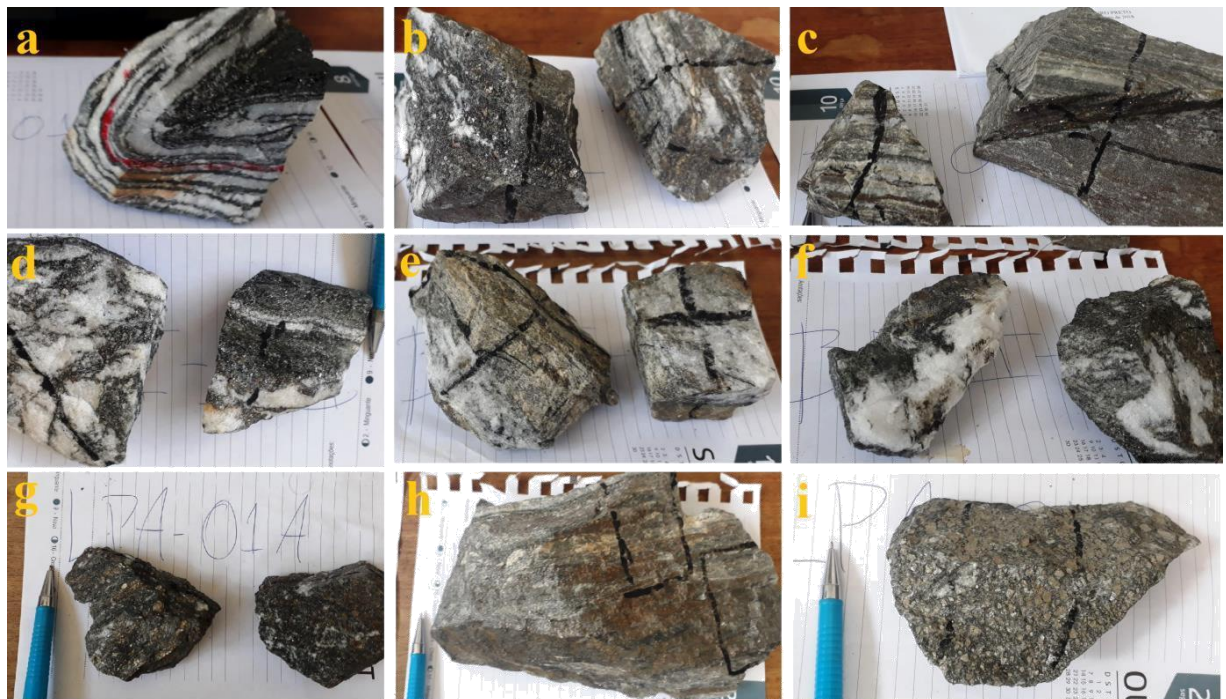


Figura 5.1 Amostras de mãos dos corpos de minério selecionadas para a confecção das lâminas polida-delgadas. a-c) Corpo BF-01; d-f) Corpo BFII. g-i) Corpo LPA

O corpo BF é composto por bandamentos composicionais de escala centimétrica (1 a 3 cm) a milimétricas (< 1cm), marcados pela alternância entre bandas compostas principalmente por quartzo e carbonato e bandas esverdeadas escuras, compostas por estilpnomelano, \pm carbonato, clorita \pm sulfetos.

As dobras observadas nas amostras de mão possuem geometria assimétrica e escala centimétrica a métrica. Os veios quartzo-carbonáticos também possuem espessuras nessa escala e ocorrem truncando o bandamento. A associação mineralógica desse corpo é constituída por quartzo, carbonato, estilpnomelano, clorita e sulfetos, que ocorrem, sobretudo, associados as bandas mais escuras e no contato entre os veios e a rocha encaixante.

O corpo BFII é representado por bandamentos composicionais, dobras, veios e falhas. Os bandamentos ocorrem de maneira similar ao observado no corpo BF. As dobras classificadas como assimétricas, são mais abundantes se comparadas as amostras do corpo BF e possuem a mesma escala de grandeza. Os veios quartzo-carbonáticos apresentam-se em grande volume e ocorrem em diferentes escalas truncando o bandamento. Comparativamente ao corpo BF, os veios aqui são maiores e mais abundantes.

As falhas normais observadas intersectam os veios quartzo-carbonáticos. No entanto, falhas inversas também ocorrem nesse corpo. A mineralogia apresenta-se em conformidade com a observada anteriormente e os sulfetos ocorrem associados as bandas escuras, originalmente ricas em estilpnomelano, clorita, magnetita e carbonato, e no contato entre o veio e a rocha encaixante.

O terceiro corpo de minério abordado nesse trabalho (LPA) também apresenta os mesmos bandamentos composicionais, dobras e veios. Os bandamentos e as dobras ocorrem em escala centimétricas a métricas. Os veios são menos expressivos que nos corpos anteriores, com sulfetação predominantemente disseminada e localmente, em escala de afloramento, de forma maciça devido à grande intensidade da alteração hidrotermal. No entanto, a correspondência mineralógica macroscópica se mostra de maneira similar aos demais corpos, sendo constituída por quartzo, carbonato, mica e clorita. Os sulfetos ocorrem em toda a rocha, mas de forma preferencial nas bandas mais escuras.

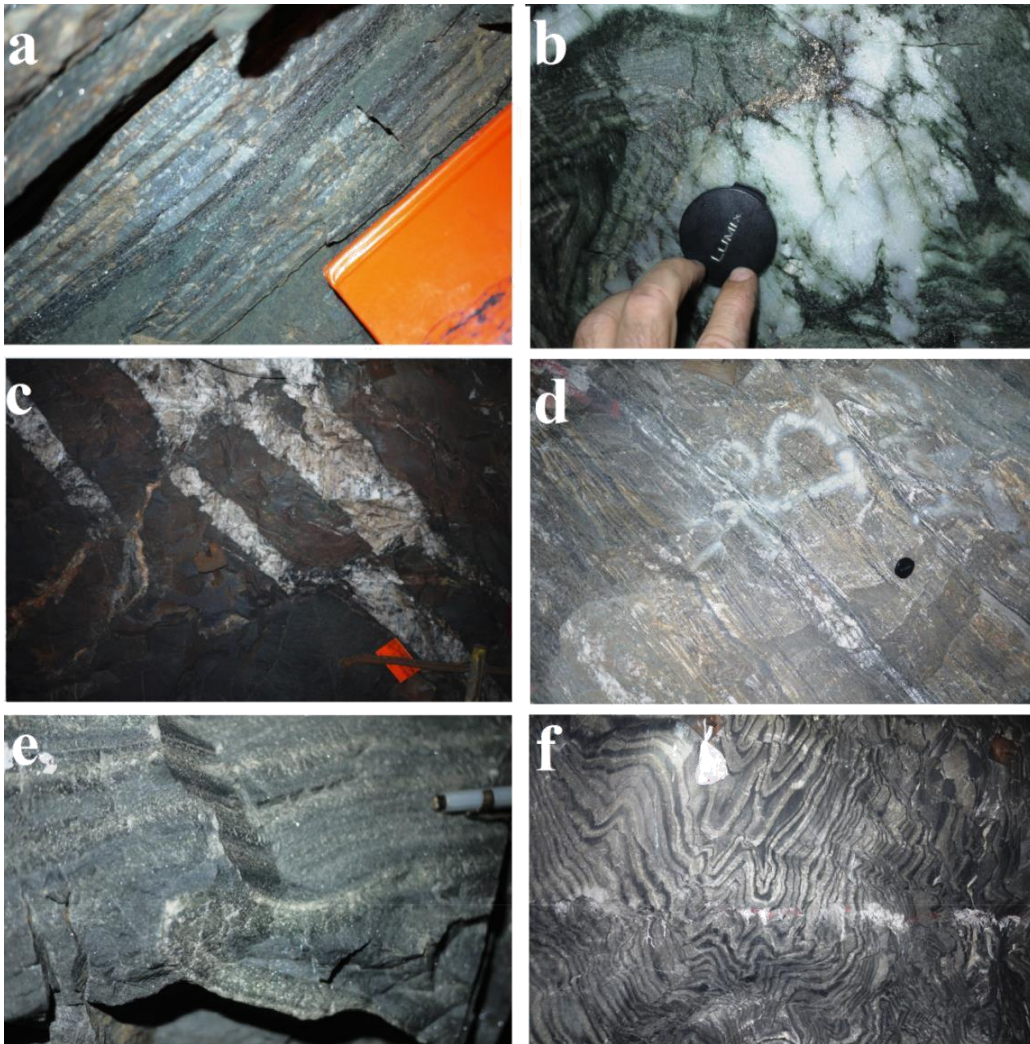


Figura 5.2 Visão macroscópica dos corpos BF, BFII e LPA. a) Sulfetação ocorrendo na porção escura do bandamento composicional presente no corpo BF. b) Sulfetos presente no contato entre o veio e a rocha encaixante no corpo BFII. c) Falha presente no corpo BFII. d) bandamento composicional com sulfetação presente na porção escura do corpo BFII. e) Bandamentos e dobra ocorrida no corpo LPA, presença de sulfetação na porção escura da rocha. f) Dobras desarmônicas no corpo LPA.

5.2 CARACTERIZAÇÃO MICROSCÓPICA DOS CORPOS DE MINÉRIO

De maneira geral, os corpos de minério apresentaram composição mineralógica e textural similares. A mineralogia dos corpos BF, BFII e LPA é composta por carbonato, quartzo, estilpnomelano, clorita, magnetita, pirrotita, arsenopirita, calcopirita, ouro e minerais acessórios. Em termos de microestruturas, foram observadas a presença de bandamentos composicionais, dobras e veios quartzo-carbonático, as mesmas estruturas observadas em meso e macroescala.

5.2.1 Corpo de minério BF

Em seções delgadas polidas, a BIF BF apresenta como estruturas bandamentos composicionais, dobras e veios quartzo-carbonático. Os bandamentos são evidenciados pela alternância entre bandas claras compostas essencialmente por quartzo e carbonato e bandas escuras ricas em carbonato, estilpnomelano e \pm clorita. A sulfetação nesse corpo ocorre associada substancialmente a porção escura da rocha (Figura 5.3 c, f), mas também ocorre no contato entre os veios quartzo carbonáticos e a matriz e de forma disseminada (Figura 5.3b, e).

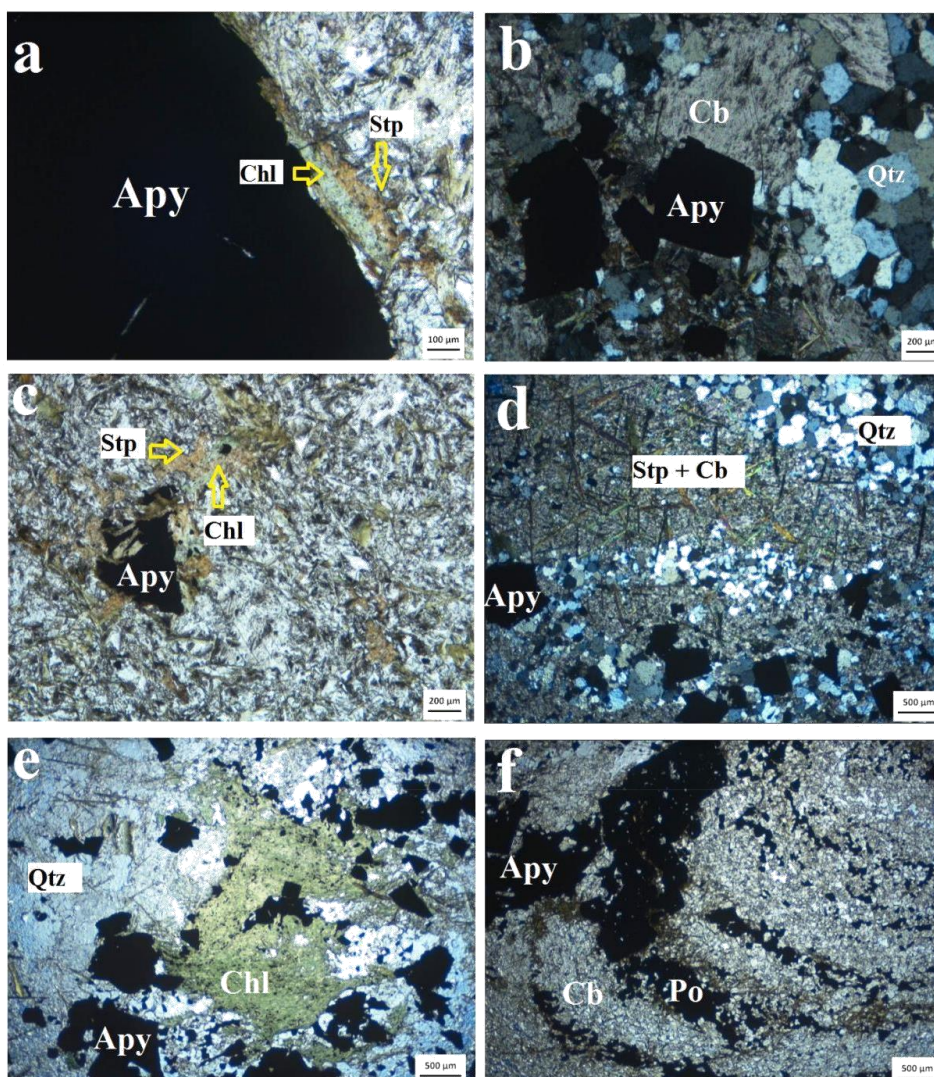


Figura 5.3 Fotomicrografia através de luz transmitida evidenciando as características gerais do corpo BF. a) Estilpnomelano e clorita, polarizadores paralelos. b) Segunda geração de carbonato em veio de quartzo, polarizadores cruzados. c) Estilpnomelano e clorita em associação, polarizadores paralelos. d) Flanco de dobra evidenciando porções claras e escuras com estilpnomelano decussado, polarizadores cruzados. e) Clorita deformada com textura poiquiloblástica em plano axial de dobra e sulfetação disseminada, polarizadores paralelos. f) dobra composta por níveis de sulfetos, estilpnomelano e carbonato + quartzo, polarizadores cruzados.

A associação mineralógica corresponde a carbonato (35%), quartzo (25%), estilpnomelano (15%), sulfetos (15%), clorita (<5%), magnetita (< 5%), ilmenita (< 1%) e ouro (< 1%).

O carbonato apresenta duas gerações distintas. A primeira ocorre associada a porção escura da rocha e é representada por grãos anédricos de granulação fina, contatos interlobados, extinção ondulante e textura granoblástica. A segunda geração ocorre associada ao veio quartzo-carbonático e apresenta grãos subédricos de granulação média, extinção ondulante e textura granoblástica.

O quartzo ocorre em todas as amostras do corpo BF e é representado por grãos anédricos com contatos poligonais e textura granoblástica. Normalmente ocorre com granulação fina formando bandamentos e com granulação média, quando em veios quartzo-carbonáticos (Figura 5.3b, e).

O estilpnomelano foi observado na forma de grãos tabulares de granulação fina e sem orientação preferencial. Ocorrem em grãos bem desenvolvidos e sobrecrecidos aos grãos de carbonato (Figura 3d). Por vezes é percebido em contatos retilíneos com a clorita (Figura 5.3a,c).

A clorita apresenta-se de forma discreta em palhetas de granulação fina, subédricas a euhédricas e ocorre na maior parte em contatos retilíneos com o estilpnomelano. Apresenta inclusões de ilmenita e magnetita (Figura 5.3a, c).

O principal óxido encontrado nesse corpo é a magnetita. Porém, ocorre de forma discreta no corpo BF, representando menos que 5% da mineralogia total da lâmina. Possui grãos anédricos e granulometria fina (Figura 5.4f).

Tipologia e paragênese da zona sulfetada

Em ordem de concentração, os sulfetos presentes no corpo BF ocorrem como pirrotita (50%) arsenopirita (40%), calcopirita (10%) e pirita (< 1%).

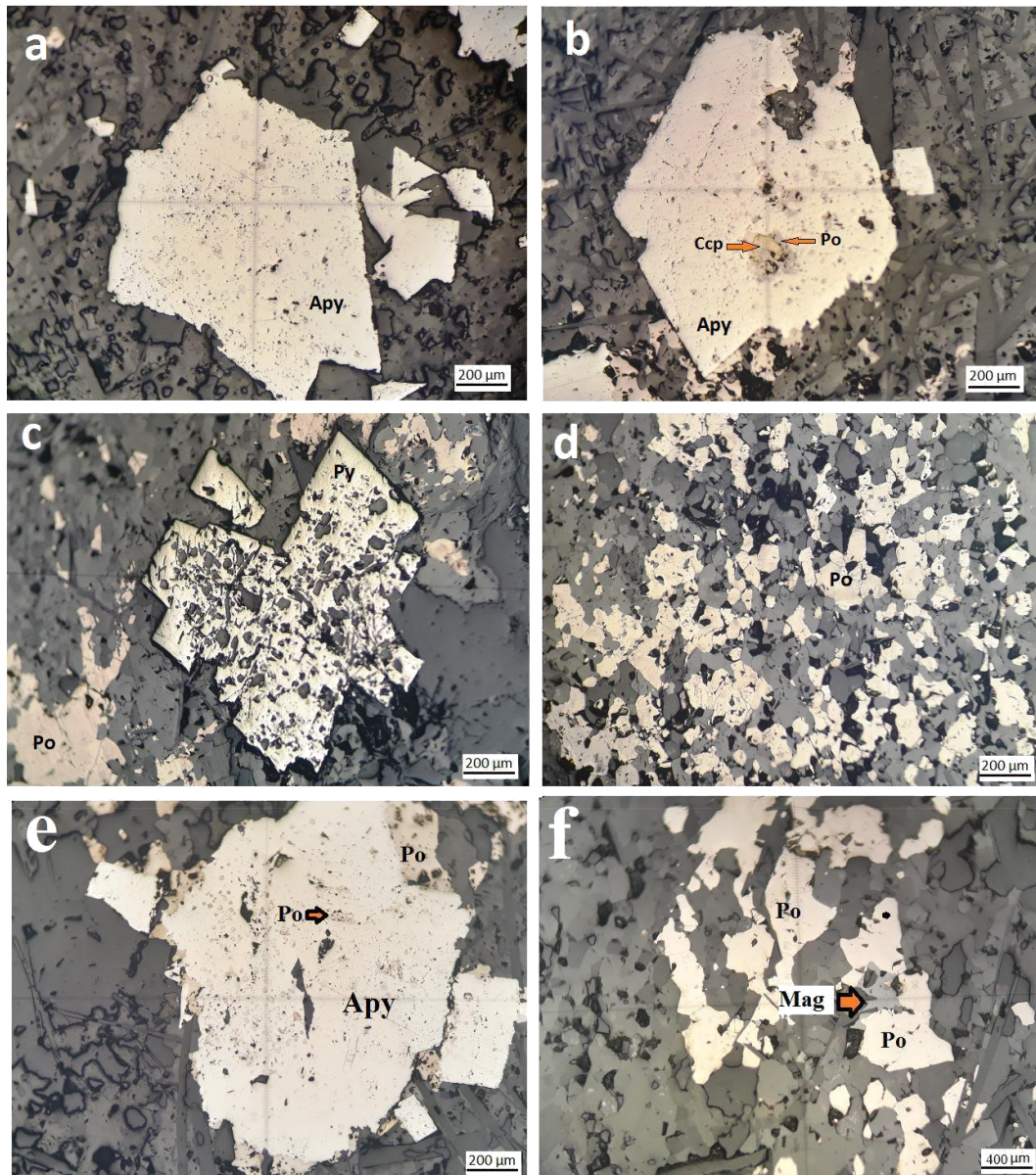


Figura 5.4 Fotomicrografia através de luz refletida e polarizadores paralelos, evidenciando as características gerais do corpo BF. **a)** grãos de arsenopirita subédricos a euhédricos **b)** Grão de arsenopirita com inclusão de calcopirita e pirrotita. **c)** grão médio de pirita euhédrica porosa. **d)** Grãos de pirrotita subédricos com bordas irregulares. **e)** grãos de arsenopirita com inclusões de pirrotita. **f)** Grãos de pirrotita e magnetita.

A pirrotita apresenta-se com características similares em todas as amostras do corpo BF e pode ser descrita como grãos acobreados com textura lisa, bordas intensamente irregulares, anédricos e com granulação fina (Figura 5.4d). Ocorre em associação com a magnetita e arsenopirita em contatos curvos, e também como inclusão na arsenopirita. (Figura 5.4 e, f). É possível perceber duas gerações desse mineral. A primeira ocorre acompanhando o flanco de uma estrutura centimétrica dobrada

enquanto a segunda ocorre após o dobramento, paralelo ao plano axial dessa dobra na S_{n+1} (Figura 5.5b).

A arsenopirita é representada na amostra por grãos brancos, subédricos a euhédricos e possui granulação fina a média. De uma forma geral os grãos apresentam textura lisa, são bem desenvolvidos e apresentam pequenas inclusões de pirrotita, calcopirita e magnetita. Desenvolve-se, em sua maioria, na porção escura do corpo, a partir da pirrotita, com os maiores cristais observados (Figura 5.4a,e).

A calcopirita ocorre de forma restrita nesse corpo, sendo observada em poucas áreas da seção. É representada por grãos anédricos amarelados, possui granulação fina e ocorre intercrescida com a pirrotita ou como inclusão na arsenopirita (Figura 5.4b).

A pirita presente no corpo BF ocorre com tons de amarelo pálido, subédrica, com granulação média e apresenta textura fortemente porosa (Figura 5.4c). Nas seções onde haviam mais de um grão de pirita, esta apresentou-se orientada (Figura 5.5b).

O ouro se apresenta em tons amarelos com aproximadamente 25 μm . Sua ocorrência está restrita as bordas da arsenopirita e da pirrotita (Figura 5.5c, d).

Análise Em Microscópio Eletrônico De Varredura (MEV)

No corpo BF, além da mineralogia previamente descrita, foram identificados grãos de ilmenita e de ouro. A ilmenita foi observada na amostra BF-01 como inclusões na clorita e apresenta em sua composição Ti, Fe, Mn e Al. O ouro foi verificado na mesma amostra associado a pirrotita e arsenopirita (Figura 9c) e na amostra BF-02 associado à borda regular e reta da arsenopirita (Figura 5.5d). Em ambos os casos a composição semiquantitativa do ouro corresponde a aproximadamente 90% de Au e 10% de Ag.

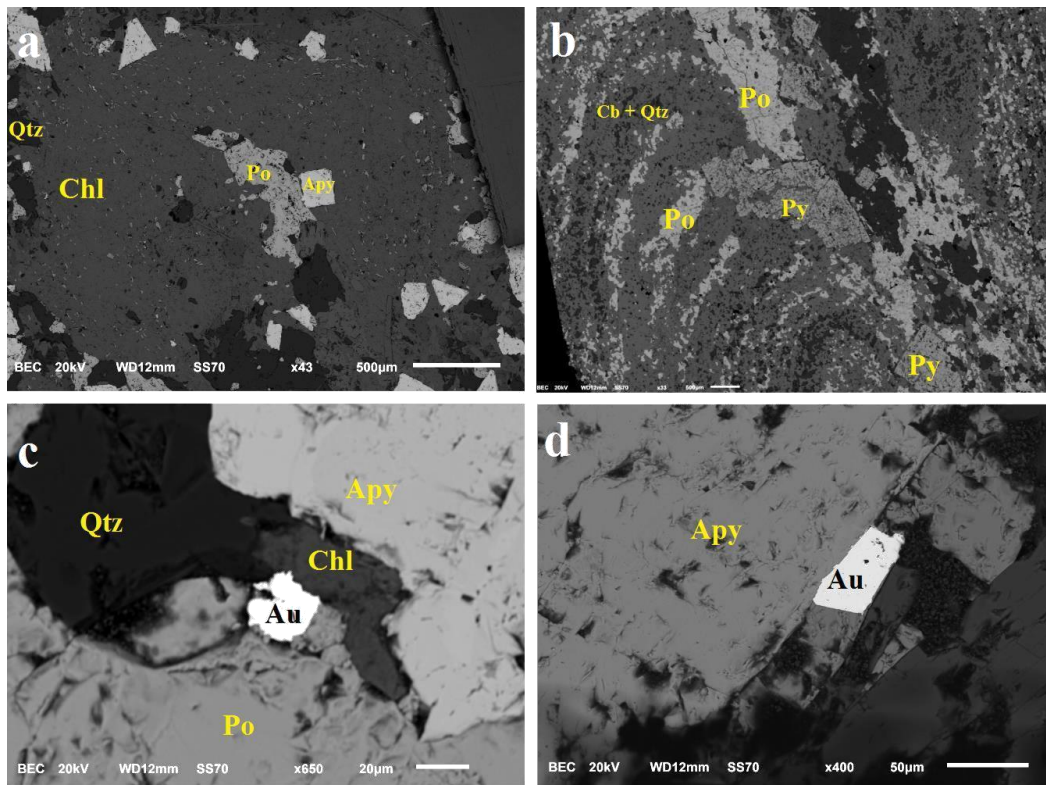


Figura 5.5 Principais feições presentes no corpo BF. a) Clorita deformada com inclusões de ilmenita. b) Dobra com grãos de pirita tardios. c) Grão de ouro associado a pirrotita + arsenopirita. d) Grão de ouro associado a arsenopirita.

5.2.2 Corpo de minério BFII

Em lâminas delgadas o corpo BFII apresenta bandamentos composicionais e veios quartzo-carbonáticos, com diferentes texturas para o carbonato e quartzo. De forma semelhante com o que ocorre no corpo BF, os bandamentos nesse corpo são evidenciados por leitos ricos em quartzo e carbonato e leitos compostos principalmente por estilpnomelano, carbonato e clorita. Os sulfetos são representados por pirrotita, arsenopirita e calcopirita, que ocorrem em toda a lâmina, mas associados preferencialmente ao contato entre veio e encaixante na porção escura da rocha (Figura 5.6).

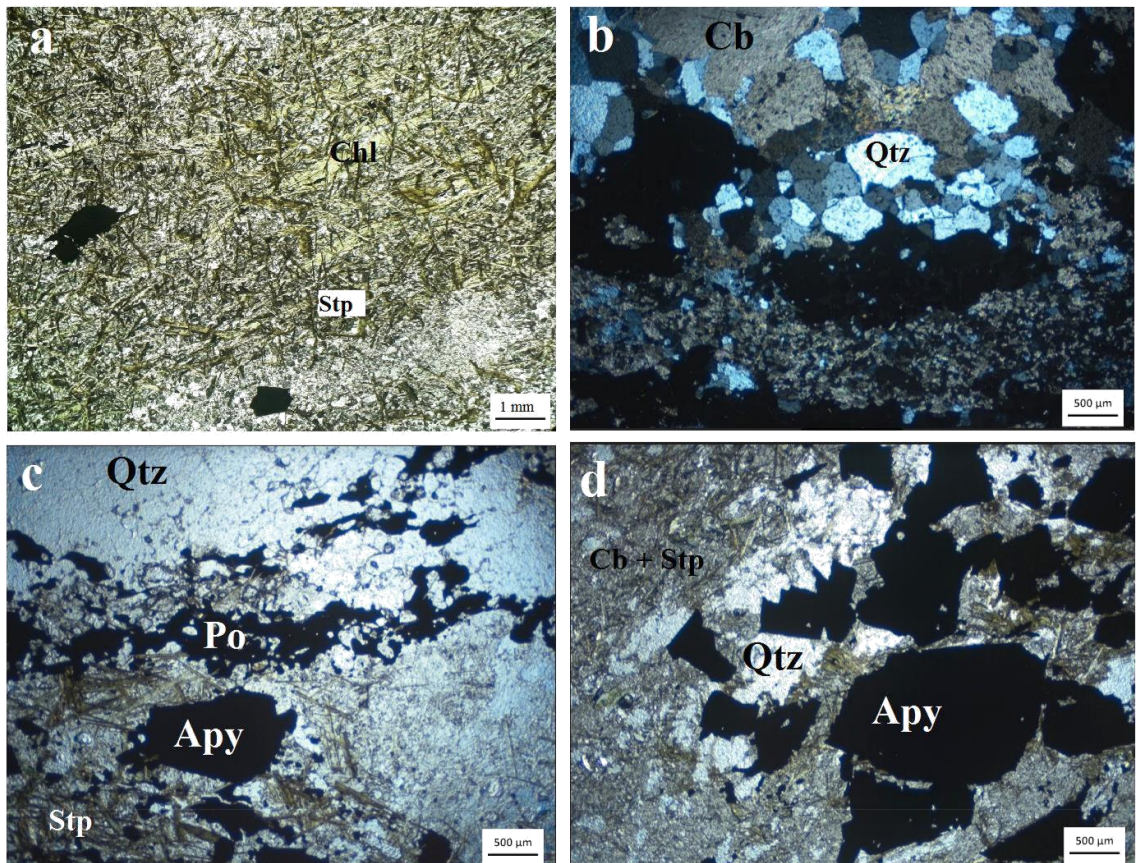


Figura 5.6 Fotomicrografia através de luz transmitida evidenciando as características gerais do corpo BFII. **a)** clorita com estilpnomelano, polarizadores paralelos. **b)** Segunda geração de carbonato em veio de quartzo, polarizadores cruzados. **c)** Sulfetação ocorrendo no contato entre veio de quartzo-carbonato e matriz, polarizadores paralelos. **d)** Sulfetação ocorrendo na parte escura da rocha, polarizadores paralelos.

A mineralogia geral do corpo BFII é representada por carbonato (40%), quartzo (25%), sulfetos (15%), estilpnomelano (10%), clorita (<5%), magnetita (< 5%), ilmenita (< 1%) e ouro (< 1%).

Assim como o observado no corpo BF, o carbonato se apresenta em duas diferentes gerações. A primeira é representada por grãos anédricos de granulação fina e ocorre essencialmente na banda escura (Figura 5.6d). A segunda geração, por sua vez, é representada por grãos subédricos com granulação média que ocorrem associados ao veio quartzo-carbonático (Figura 5.6b).

O quartzo ocorre de forma similar em todas as amostras do corpo BFII e é representado por grãos anédricos com contatos poligonais, granulação grossa quando associados aos veios quartzo carbonáticos (Figura 5.6b), e de granulação fina formando bandamentos. O estilpnomelano apresenta-se como palhetas tabulares de tons verde-acastanhados, granulação fina e sem orientação preferencial. Nas seções delgadas do corpo BFII, o estilpnomelano ocorre como grãos tabulares bem desenvolvidos e ocorrem nas porções ricas em carbonato, sobrecrecido aos grãos de clorita (Figura 5.6a).

A clorita presente no corpo BFII apresenta-se em palhetas tabulares de coloração esverdeada, e granulação variando de fina a grossa. Nas seções observadas, a clorita ocorre como palhetas euhédricas como produto de alteração de um mineral preferencialmente orientado (Figura 5.6a).

O ouro existente no corpo BFII é representado por grãos amarelos, com tamanho aproximado de 50 μm e ocorrem associados à borda da arsenopirita e da calcopirita (Figura 5.8c, d).

Tipologia e paragênese da zona sulfetada

Em ordem de concentração, os sulfetos presentes no corpo BFII ocorrem como arsenopirita (50%), pirrotita (45%) e calcopirita (5%).

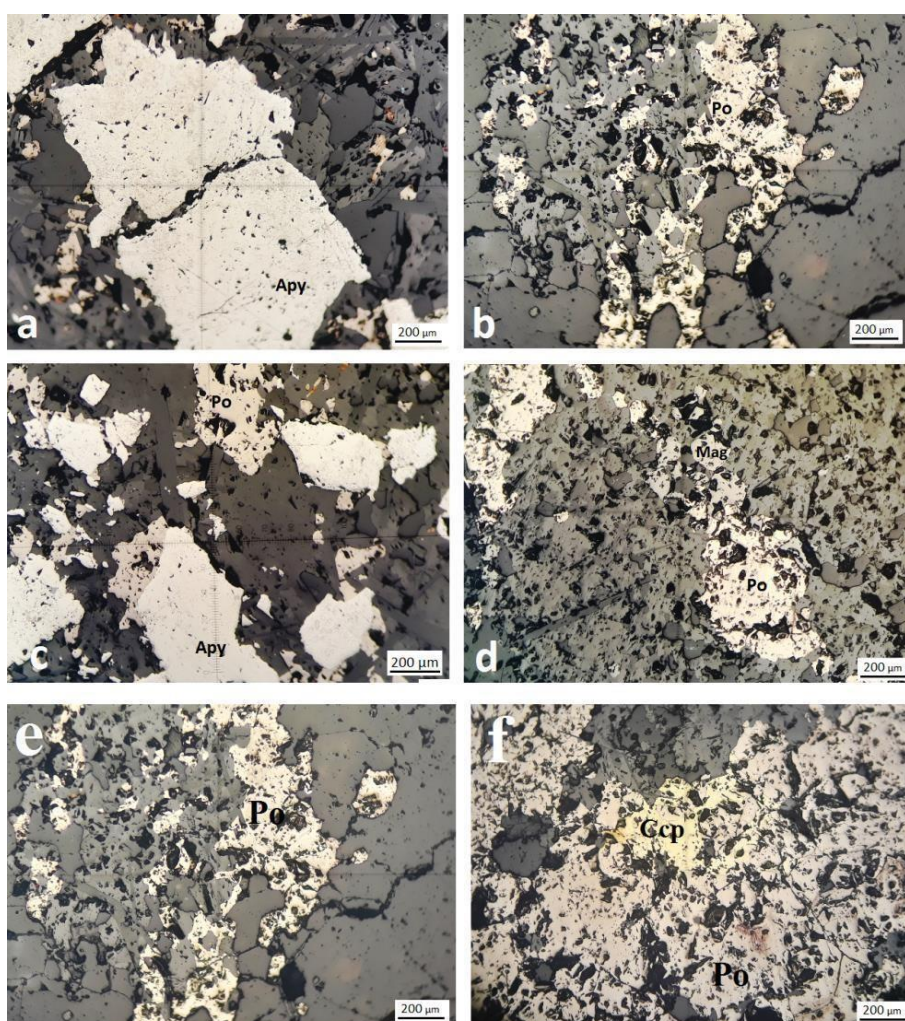


Figura 5.7 Fotomicrografia através de luz refletida e polarizadores paralelos evidenciando as características gerais do corpo BFII. a) Grão de arsenopirita apresentando fratura. b) grãos anédricos de pirrotita associados à porção carbonática c) grãos de arsenopirita associados a pirrotita. d) grãos de pirrotita e magnetita associada. e) grãos anédricos de pirrotita. f) grãos de pirrotita e calcopirita

A arsenopirita é constituída de grãos brancos, anédricos a subédricos com granulação variando entre fina a média, textura lisa e algumas vezes possuem fraturas não preenchidas. Apresentam inclusões de pirrotita e magnetita e se desenvolvem na porção carbonática quase sempre se desenvolvendo a partir da pirrotita (Figura 5.7a, c). Além disso, os cristais de arsenopirita são maiores e melhor formados em relação a todos os outros sulfetos.

A pirrotita observada nesse corpo é representada por grãos anédricos a subédricos com bordas intensamente irregulares, granulação fina e ocorre principalmente nas bandas ricas em carbonato + estilpnomelano, em contatos curvos com a magnetita e a calcopirita (Figura 5.7b, c, d, f).

A calcopirita também ocorre de forma discreta no corpo BFII, e é representada por grãos anédricos de tons amarelados e granulação fina. Pode ocorrer intercrescida com a pirrotita e como inclusão na arsenopirita (Figura 5.7f).

Análise Em Microscópio Eletrônico De Varredura (MEV)

No corpo BFII também foram identificados grãos de ilmenita e ouro associados a amostra BFII-03. A ilmenita nessa amostra ocorre associada aos leitos ricos em estilpnomelano (Figura 5.8b) e apresenta composição concordante com a vista anteriormente. O ouro do corpo BFII ocorre associado a arsenopirita + calcopirita (Figura 5.8c, d) e da mesma forma que o corpo anterior, apresenta composição em torno de 10% de Ag e 90% de Au.

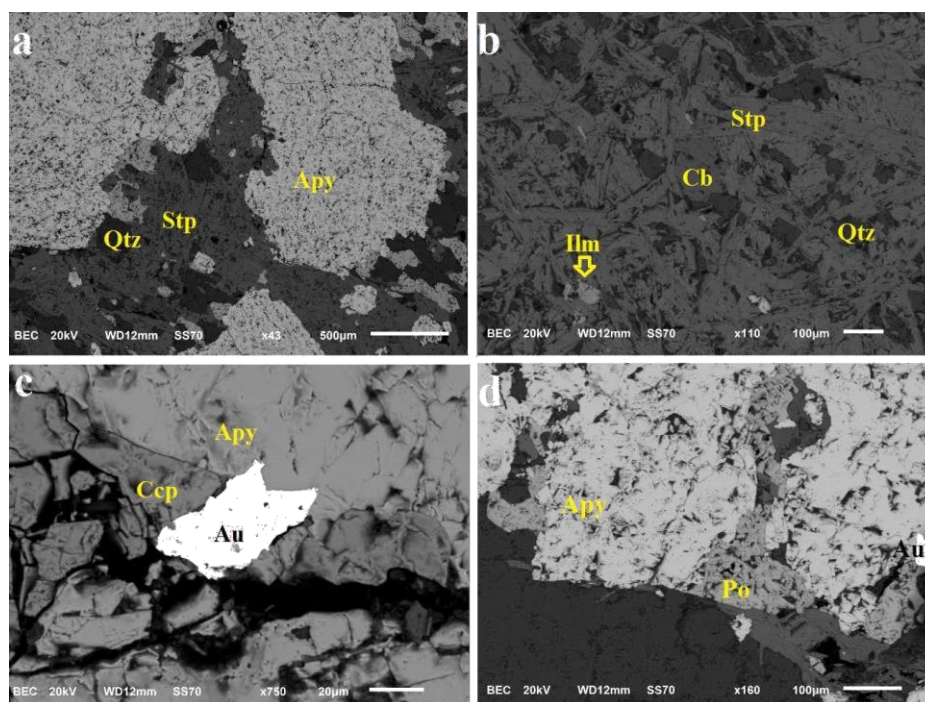


Figura 5.8 Principais feições presentes no corpo BFII . a) Mineralogia e texturas gerais da amostra. b) Ilmenita associada ao estilpnomelano. c) Grão de ouro associado a calcopirita + arsenopirita. d) Grão de ouro associado a arsenopirita.

5.2.3 Corpo de minério LPA

Em seções polidas delgadas, o corpo LPA é representado por uma grande sulfetação marcada principalmente por arsenopirita. Além disso, há a presença de bandamentos composicionais marcado pela alternância entre bandas compostas essencialmente por sulfetos e estilpnomelano e bandas quartzo-carbonáticas. A sulfetação nesse corpo ocorre associada à porção carbonática e é representada por arsenopirita, pirrotita, calcopirita e pirita (Figura 5.9).

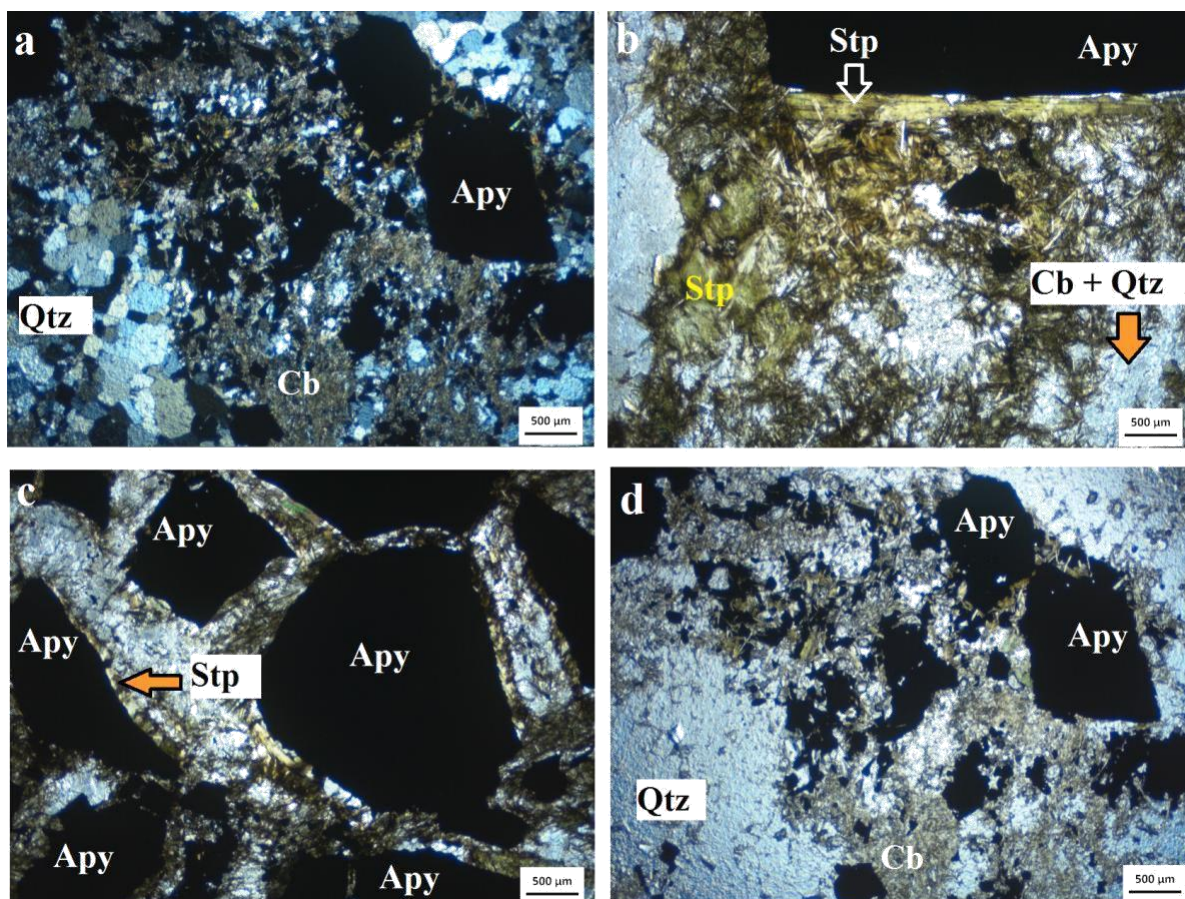


Figura 5.9 Fotografia através de luz transmitida evidenciando características gerais do corpo LPA. a) Sulfetação ocorrendo na porção carbonática, polarizadores cruzados b) Estilpnomelano com granulação grossa ao redor de sulfeto e com granulação fina na matriz, polarizadores paralelos. c) Grãos de estilpnomelano com granulação grossa ao redor de sulfeto, polarizadores paralelos. d) Sulfetação ocorrendo na porção carbonática, polarizadores paralelos.

A mineralogia geral em lâmina do corpo LPA é constituída por carbonato (35%), sulfetos (30%), quartzo (15%), estilpnomelano (15%), magnetita (<5%) e apatita (<1%).

O carbonato apresenta-se em grãos anédricos e subédricos com granulação fina e textura granoblástica. Possui contatos interlobados e extinção ondulante. Na seção, esse mineral ocorre nas porções mais escuras formando uma matriz fina junto ao quartzo (Figura 5.9 d).

O quartzo é observado como grãos anédricos com granulação variando entre fina a média, textura granoblástica e ocorre associado a porção clara da lâmina.

O estilpnomelano ocorre nas seções em diferentes tipologias. Podem formar agregados de textura lisa, desenvolvido na porção carbonática da lâmina. Intercrescidos a esses grãos ocorrem palhetas de estilpnomelano com granulação fina, hábito euhédrico e sem uma orientação preferencial. Por último, outras palhetas de estilpnomelano ocorrem nas mostras do corpo LPA, apresentando granulação grossa, hábito euhédrico e ocorrem restritos as bordas da arsenopirita (Figura 5.9 b, c)

A magnetita está presente em menos de 5% do corpo LPA e apresenta-se em grãos cinza, anédricos e possui granulação fina. Ocorre de forma escassa, associada arsenopirita em contatos curvos (Figura 5.10 d).

Em ordem de concentração, os sulfetos presentes no corpo LPA ocorrem como arsenopirita (65%), pirrotita (25%), calcopirita (< 5%) e pirita (< 5%).

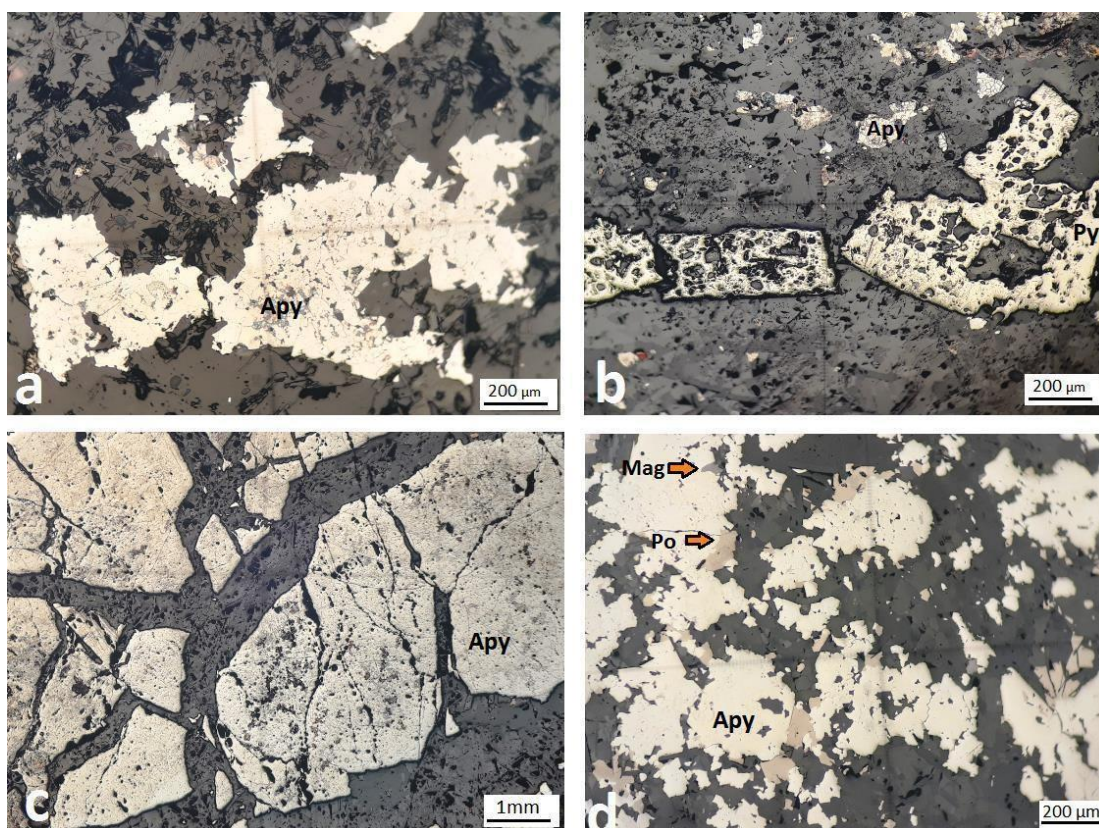


Figura 5.10 Fotomicrografia através de luz refletida e polarizadores paralelos evidenciando as características gerais do corpo LPA. a) Grãos de arsenopirita com bordas irregulares b) grãos subédricos de pirita porosa c) grãos de arsenopirita subédricos fortemente fraturados. d) grãos anédricos de arsenopirita e pirrotita com a borda intensamente irregular

A pirrotita observada no corpo LPA segue os mesmos padrões vistos anteriormente e é representada por grãos anédricos com bordas intensamente irregulares, granulação fina e desenvolve-se nas bandas de carbonato + stilpnomelano, quase sempre associada a arsenopirita em contatos curvos (Figura 5.10 d).

A arsenopirita foi observada com duas tipologias diferentes nas seções do corpo LPA. Em uma seção, a arsenopirita ocorre como grãos anédricos, granulação fina e diferentemente do ocorrido nos corpos BF e BFII, o aspecto irregular nas bordas apresenta-se de maneira muito mais intensa e expressiva (Figura 5.10 a, d). Ainda nesse caso, a arsenopirita foi observada desenvolvendo-se a partir

da pirrotita. Já em outras seções desse corpo a arsenopirita apresentou-se em grãos muito mais desenvolvidos, com granulação grossa, hábito euhédrico a subédrico, textura porosa, fraturada e não ocorre associada a outros sulfetos (Figura 5.10 c).

A calcopirita ocorre de forma pouco expressiva no corpo LPA, e é representada por grãos anédricos de tons amarelados, granulação fina e ocorre em intercrescimento com a pirrotita. O ouro não foi observado microscopicamente no corpo LPA.

A pirita observada nesse corpo apresenta-se em grãos euhédricos a subédricos, textura porosa, tons amarelados e granulação média. Ocorre na porção escura da lâmina formando uma banda preferencialmente orientada, sem a presença de inclusões ou outros sulfetos e óxidos associados. (Figura 5.10 b).

Análise Em Microscópio Eletrônico De Varredura (MEV)

No corpo LPA, além da mineralogia anteriormente descrita, foram observados via MEV grãos de apatita como mineral acessório, ocorrendo sobrecrecida a pirrotita.

A relação entre os minerais mostra uma forte associação entre a arsenopirita e o estilpnomelano de granulação grossa (Figura 5.11 b, c). Nas lâminas, não foram observados grãos de ouro.

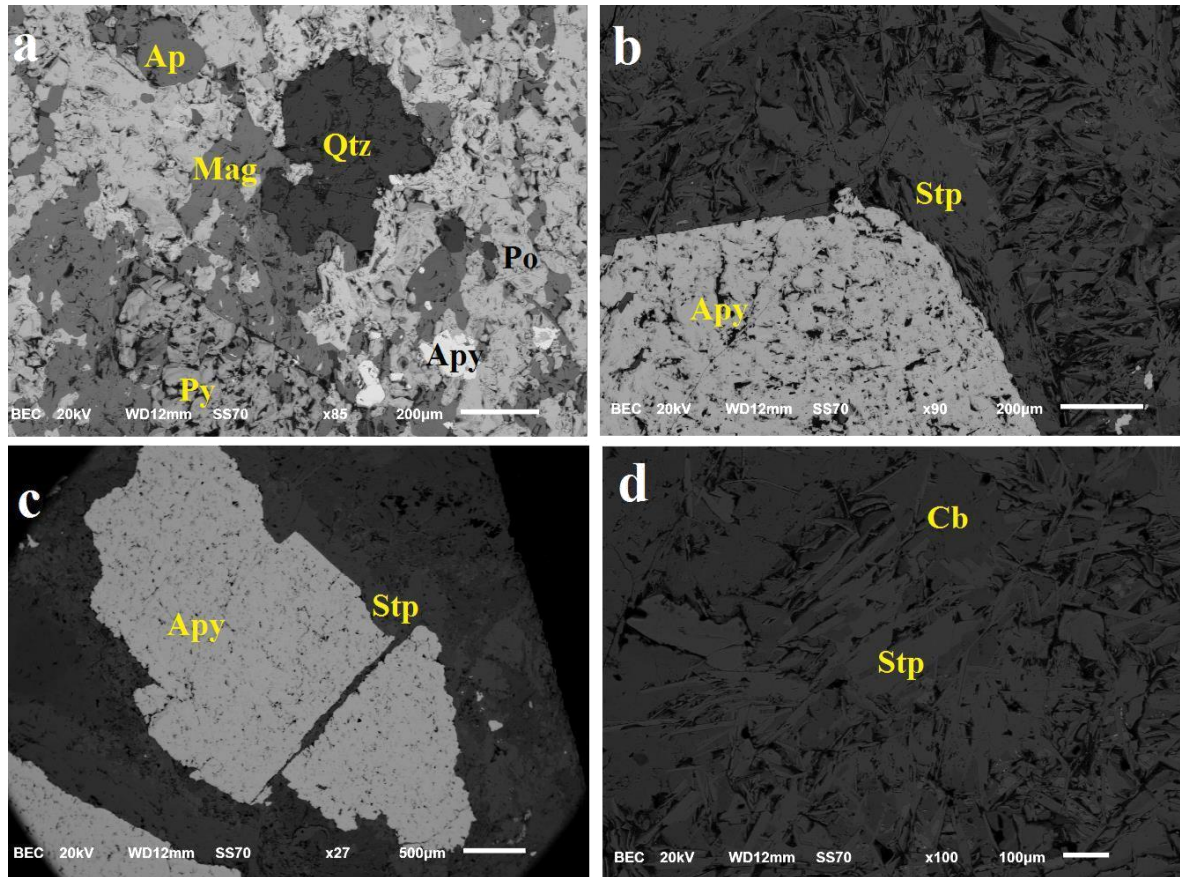


Figura 5.11 Principais feições presentes no corpo LPA. a) Mineralogia e texturas gerais da amostra. b) Grão de arsenopirita associado ao estilpnomelano e matriz de estilpnomelano + anquerita. c) Arsenopirita fraturada circundada por estilpnomelano de granulação grossa. d) Matriz de anquerita + estilpnomelano na amostra LPA.

CAPÍTULO 6

DISCUSSÕES

6.1 TIPOLOGIA E PARAGÊNESE MINERAL DAS BIFs MINERALIZADAS

A mineralização ocorrida nas formações ferríferas da mina Pilar é o resultado da substituição dos minerais originais da rocha encaixante por minerais hidrotermais. As amostras referentes a zona proximal apresentam uma intensa formação de carbonato em sua composição e uma associação de minerais altamente alterados e substituídos.

Dessa forma, a magnetita, os sulfetos e o ouro encontrados são o resultado da percolação de fluidos em condições específicas de temperatura, pressão e composição, que deu origem ao grande potencial aurífero desse depósito. O tipo de mineralização verificada na formação ferrífera foi o stratabound, uma vez que a mineralização aurífera se condiciona a presença de sulfetos, que ocorrem nos bandamentos das BIF's como produto da alteração hidrotermal.

A assembleia mineralógica dos corpos BF, BFII e LPA é composta de carbonato, quartzo, estilpnomelano, ouro, sulfetos e minerais acessórios. A distribuição desses elementos pode ser observada na tabela a seguir.

Tabela 1 Distribuição dos minerais encontrados em cada um dos três corpos.

	CORPO BF	CORPO BFII	CORPO LPA
Apatita			▲
Arsenopirita	●	●	●
Pirita	▲		▲
Pirrotita			●
●	●		
Calcopirita	▲	▲	▲
Ouro	▲	▲	
Magnetita	▲	▲	▲
Ilmenita	▲	▲	
Quartzo	●	●	
● Carbonato	●	●	
●			
Estilpnomelano	●	●	●
Clorita	▲	▲	▲

● Mineral Principal ▲ Mineral Acessório

Para estabelecer uma ordem temporal da mineralogia bem como a paragênese mineral para as amostras estudadas, algumas observações devem ser consideradas.

Quanto à ganga, os minerais hidratados apresentam indícios de um desenvolvimento ainda nos primeiros estágios de alteração hidrotermal. Inicialmente, há a formação da clorita e do estilpnomelano, observados algumas vezes ocorrendo em equilíbrio textural. No entanto, também foram observadas palhetas de estilpnomelano sem orientação preferencial sobrecrescida a grãos de clorita orientados. Isso pode indicar um estágio tardi a pós-deformação e/ou tarde a pós-alteração hidrotermal, possivelmente de uma nova geração de estilpnomelano. Além disso, a clorita é observada de forma pouco expressiva nas amostras BF, BFII e LPA enquanto o estilpnomelano é percebido em abundância na zona proximal.

O carbonato representa uma grande contribuição na zona proximal e pode-se perceber que a sua formação se deu anteriormente a um evento de deformação, indicando seu desenvolvimento ainda em um estágio cedo a principal da deformação e da alteração hidrotermal (Figura 5.3 f, figura 5.5 b). Apesar de serem observados grãos de carbonato em outros contextos, nada se pôde dizer em relação ao tempo de formação. Sendo assim, é possível que exista o desenvolvimento de carbonato em um estágio pós-deformação ou pós-alteração hidrotermal.

Em relação à mineralização, a magnetita foi compreendida como um dos primeiros minerais a serem formados. Seu aspecto remanescente (Figura 5.4 f), assim como a textura lisa, sem a presença de inclusões sugere para esse óxido uma formação precedente na assembleia mineral, podendo ter sido gerado tanto no ambiente sedimentar de deposição das BIF ou nos estágios cedo-hidrotermais (Silva 2007).

Outro ponto importante a ser observado é a relação textural ocorrida entre a magnetita e a pirrotita, indicando que a pirrotita ocorre como produto da alteração desse óxido. Nesse sentido, compreende-se que a medida que a alteração hidrotermal progride para os halos mais internos, a magnetita é substituída pela pirrotita (Silva 2007, Guerrero 2016). Ainda nesse contexto, é interessante notar o intercrescimento ocorrido entre a calcopirita e pirrotita, sugerindo que o desenvolvimento de ambas se deu simultaneamente nos estágios cedo a principal da alteração hidrotermal.

A zona de alteração proximal pode ser definida pela abundância de veios quartzo-carbonáticos e sulfetos, além da presença do ouro. Os principais sulfetos correspondem a arsenopirita e pirrotita, que somam aproximadamente 90% dos sulfetos encontrados. A arsenopirita ocorre como principal na maior parte das amostras, mas marcadamente no corpo LPA. Entretanto ainda há grandes quantidades de pirrotita associado a esses corpos. Em praticamente todos os cristais de arsenopirita há inclusões de magnetita, pirrotita e calcopirita, sugerindo para esse mineral

uma formação posterior na assembleia mineral. De acordo com Silva (2007) e Guerrero (2016), quanto maior a quantidade de arsenopirita, maior é o potencial aurífero na região na qual ela se encontra, devido a associação do ouro com a arsenopirita, funcionando como um traçador ou “farejador” do minério.

Apesar de ocorrerem de forma restrita, os grãos de pirita foram observados na S_{n+1} paralelo ao plano axial de dobramento isoclinal centimétrico, portanto foram gerados posteriormente a um evento de dobramento e à formação da pirrotita, principalmente (Figura 5.5 b).

É importante salientar que todas as ocorrências de ouro presentes nas amostras dos corpos estudados se mostraram condicionadas a existência da arsenopirita. Entretanto, em estudos mais abrangentes realizados a céu aberto no depósito Pilar por Guerrero (2016) e Silva (2007), a ocorrência do ouro também foi percebida nos veios quartzo-carbonáticos.

Foram propostas as paragêneses minerais para os estágios inicial, principal e tardio do halo de alteração proximal na mina Pilar.

Tabela 2 Paragênese Mineral para os estágios inicial, principal e tardio da alteração hidrotermal

PARAGÊNESE MINERAL	
Inicial	<i>Carbonato + quartzo + pirrotita ± estilpnomelano ± clorita ± magnetita</i>
Principal	<i>Carbonato + quartzo + estilpnomelano + pirrotita + arsenopirita ± calcopirita ± pirita ± magnetita ± ouro</i>
Tardio	<i>Carbonato + quartzo + arsenopirita ± pirrotita ± estilpnomelano ± calcopirita ± pirita ± ouro</i>

No que tange as diferentes classificações das BIFs e os seus ambientes de formação proposto por Araújo e Lobato (2019), pode-se considerar que as BIFs do depósito Pilar integram, segundo características petrológicas, a mesma classificação conferida ao depósito Campo Grande, atribuindo a classe SCM para as BIF estudadas nesse trabalho.

6.2 EVOLUÇÃO DO FLUIDO HIDROTHERMAL NA ZONA PROXIMAL DA MINA PILAR

Os depósitos de ouro orogênico encontrados no QFe geralmente apresentam indícios de fluido hidrotermal com temperaturas intermediárias (> 250 °C e < 350 °C) e rico em H₂O e CO₂ (Lobato *et al* 2001, 2007, Araújo 2018).

A percolação desses fluidos se desenvolveu nas zonas de fraqueza das rochas hospedeiras alterando os minerais metamórficos e desenvolvendo grandes halos de alteração hidrotermal (Lobato 1998).

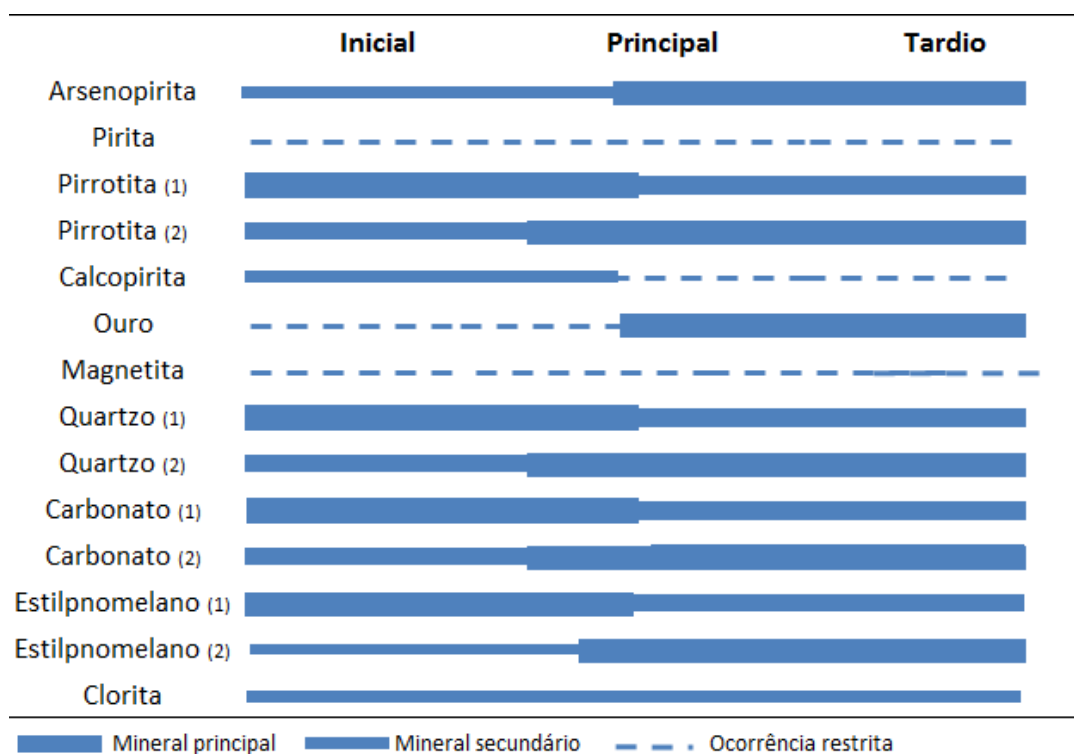
O estágio inicial da alteração hidrotermal dentro da zona proximal é marcado por uma intensa atividade de CO₂, responsável pela grande precipitação de carbonato. No entanto, a presença de

minerais hidratados em menor proporção sugere um fluido pretérito rico em H₂O, enquanto o desenvolvimento da pirrotita indica a presença de um fluido com características redutoras ou com maior temperatura inicial (Lobato 1998, 2001, 2007).

À medida que o fluido se desenvolve para o estágio principal, há um aumento da atividade do enxofre e arsênio no fluido hidrotermal, possibilitando a grande precipitação de sulfetos e ouro na zona proximal. Segundo Lobato (1998), uma variação de pH ocorrida entre o fluido e a rocha encaixante, pode ter sido o fator responsável pela precipitação dos sulfetos e do ouro nas BIF

O estágio tardio na zona proximal pode ser evidenciado pelo desenvolvimento do estilpnomelano sem orientação preferencial.

Tabela 3 Distribuição da associação e paragénese mineral baseada nos três corpos estudados.



CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

A partir do estudo realizado nos corpos de minérios de BIFs subsuperficiais do depósito Pilar, algumas conclusões podem ser consideradas:

1. As amostras aqui estudadas correspondem à zona proximal do minério de ouro hospedado em formação ferrífera bandada do Grupo Nova Lima, encaixadas em zonas de dobramentos e falhamentos;

2. Com base na petrografia e nas relações texturais foram identificados diferentes estágios da alteração hidrotermal. Para o estágio inicial: (*carbonato + quartzo + pirrotita + estilpnomelano ± clorita ± magnetita*). Para o estágio principal: (*carbonato + quartzo + estilpnomelano + pirrotita + arsenopirita ± calcopirita ± pirita ± magnetita ± ouro*). Para o estágio tardio: (*carbonato + quartzo + arsenopirita + pirrotita ± estilpnomelano ± calcopirita ± pirita ± magnetita ± ouro*).

3. O estilo de mineralização presente pode ser definido como *stratabound*.

4. O ouro está diretamente associado à arsenopirita nos estágios principal e, principalmente, tardio da alteração hidrotermal. Apresenta granulação fina e ocorre essencialmente nas bordas e preenchendo fraturas desse sulfeto.

5. A formação de carbonato, estilpnomelano, sulfetos e veios de quartzo, refletem os principais produtos da alteração hidrotermal.

6. Em termos de composição, microestruturas e do comportamento da mineralização, os corpos BF, BFII e LPA se mostraram de forma similar. As pequenas diferenças percebidas estão relacionadas a porcentagem dos minerais em cada corpo.

7. A zona proximal pode ser caracterizada pela escassa contribuição de magnetita e pela abundância de veios quartzo-carbonáticos e dos sulfetos, em especial arsenopirita e pirrotita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., Alkmim, F. F., Lana, C., and Farina, F., 2017, Paleoproterozoic assembly of the São Francisco craton, SE Brazil: New insights from U–Pb titanite and monazite dating: *Precambrian Research*, v. 289, p. 95-115.
- Albert, C., Farina, F., Lana, C., Stevens, G., Storey, C., Gerdes, A., and Dopico, C. M., 2016, Archean crustal evolution in the Southern São Francisco craton, Brazil: Constraints from U-Pb, Lu-Hf and O isotope analyses: *Lithos*, v. 266–267, p. 64-86.
- Alkmim, F.F. & Marshak, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais Brazil: Evidence for a Paleoproterozoic collision and collapse in Quadrilátero Ferrífero. *Precamb. Res.*, 90:29- 58, 1998.
- Alkmim, F.F., Martins-Neto, M.A., 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco Craton, eastern Brazil. *Mar. Pet. Geol.* 33, 127e139.
- Almeida, F.F.M., 1976. Estruturas do Pré-Cambriano inferior brasileiro. 29th Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Ouro Preto, pp. 201–202.
- Araújo, J & Lobato, L. 2019. 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*
- Araújo, J. C. Souto. 2018. Modelo deposicional das formações ferríferas bandadas hospedeiras de ouro no greenstone belt arqueano Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, com base em geoquímica e análises in situ de magnetita por ablação a laser via ICP-MS... Dissertação (Mestrado em geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte xvii, 167 p., il
- 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 Geol. Rev.* 32, 1e2.
- Beukes, N.J., Gutzmer, J., 2008. Origin and paleoenvironmental significance of major iron formations at the archean-paleoproterozoic boundary. *Rev. Econ. Geol.* 15, 5-47.
- Cassidy, Kevin & Hagemann, Steffen. (2001). 'World-class' Archean orogenic gold deposits, eastern Yilgarn Craton: diversity in timing, structural controls and mineralization styles. *AGSO-Geoscience Australia Record* 2001/37. 382-384.
- Castro P. T. A., Endo I., Gandini A. L. (org.). 2020. Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte: 3i Editora. 420p. ISBN 978-65-990542-8-0.
- Condie, K.C. (ed.). 1994. *Archean Crustal Evolution*. Elsevier, Amsterdam. Cunningham, M.P. and Lambert, R.S.J. 1989. Petrochemistry of the Yellowknife volcanic suite at Yellowknife, N.W.T. *Can. J. Earth Sci.*, 26, 1630-1649.
- Dorr II, J.V.N.; Gair, J.E.; Pomerene, J.B.; Reynearson, G.A. 1957. Revisão da Estratigrafia Precambriana do Quadrilátero Ferrífero. Trad. A.L.M. Barbosa. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 33 p.
- Dorr II, J.V.N., 1969. Physiographic, Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM, Washington, p. 110.
- Eilu, P., Mathison, C. L., Groves, D.I., Allardyce, W.; 1999. Atlas of alterations assemblages styles and zoning in orogenic lode gold deposits in a variety of the host rock and metamorphic settings. University Extension & Department of Geology and Geophysics. The University of Western Australia. Pub. 30, 64 p.
- Endo I., Galbiatti H. F., Delgado C. E. R., Oliveira M. M. F. de, Zapparoli A. de C., Moura L. G. B. de, Peres G. G., Oliveira A. H. de, Zavaglia G., Danderfer Fº A., Gomes C. J. S., Carneiro M. A., Nalini Jr. H. A., Castro P de T. A., Suita M. T. de F., Seixas L. A. R., Tazava E., Lana C. de C., Martins-Neto M. A., Martins M. de S., Ferreira F. F. A., Franco A. P., Almeida L. G., Rossi D. Q., Angeli G., Madeira T. J. A., Piassa L. R. A., Mariano D. F., Carlos D. U.. 2019. Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala

1:150.000. Ouro Preto, Departamento de Geologia, Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do
Quadrilátero Ferrífero: www.qfe2050.ufop.br

Endo I., Machado R., Galbiatti H. F., Rossi D. Q., Zapparoli A. de C., Delgado C. E. R., Castro P. T. A., Oliveira M. M. F. de. 2020. Estratigrafia e Evolução Estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Castro P. T., Endo I., Gandini A. L. (org.). 2020. O Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte: 3i Editora. 420p. ISBN 978-65-990542-8-0.

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*, v. 266, p. 375-394

Farina F., Albert C., Martínez-Dopico C.I., Aguilar Gil C., Moreira H.S., Hippert J.P., Cutts K., Alkmim F.F., Lana C. 2015. The Archean-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Brasil): Current models and open questions. *Journal of South American Earth Sciences*, 68:4-21

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. doi: 10.1016/j.oregeorev.2005.03.020.

Goldfarb R.J., Baker T., Dubé B., Groves D.I., Hart C.J.R., Gosselin P. 2005. Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terran. *Economic Geology 100th Anniversary*, 407-450

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

Gross, G.A. - 1965 Geology of iron deposits in Canada. Volume I. General geology and evaluation of iron deposits. *Geol. Surv. Canada, Econ. Geol. Report No. 22*. 181 pp

Gross, Gordon A. Tectonic systems and the deposition of iron-formation. *Precambrian Research*, v. 20, n. 2-4, 1983. p. 171-187

Gross, G. A. Industrial and genetic models for iron ore in iron-formation. *Geol. Surv. of Can. n. 40*, p. 151-170. 1993.

Groves, D.I., Barley, M.E., Barnicoat, A.C., Cassidy, K.F., Fare, R.J., Hagemann, S.G., Ho, S.E., Hronsky, J.M.A., Mikucki, E.J., Mueller, A.G., McNaughton, N.J., Perring, C.S., Ridley, J.R., Vearncombe, J.R., 1992. Sub-greenschist to granulite hosted Archean lode-gold deposits of the Yilgarn Craton: A depositional continuum from deep sourced hydrothermal fluids in crustal-scale plumbing systems. *Geol. Dept. _Key Centre. Univ. Ext., Univ. West. Aust. Publ. 22*, 325–338.

Groves D. I., Goldfarb R. J., Gebre-Mariam M., Hagemann S. G. & Robert, F. 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore geology reviews*, 13(1):7-27.

Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Robert, F., Hart, C.J.R., 2003. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. *Economic Geology* 98, 1–29

Groves, D.I., Santosh, M., Deng, J., Wang, Q., Yang, L., Zhang, L. 2019. A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration. *Mineralium Deposita* 55, 275-292. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00126-019-00877-5>.

Guerrero, Lady Johanna Rios. Metalogênese do depósito aurífero Pilar, Santa Bárbara, MG. 2016. 1158 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

Harris DC. The mineralogy of gold and its relevance to gold recoveries. *Mineralium Deposita*, Ottawa. 1990;25:S3- S7.

Hodgson, C.J., 1993. Mesothermal lode-gold deposits. In: Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., Duke, J.M. Ž., Eds., *Mineral Deposit Modeling*. *Geol. Assoc. Can., Spec. Pap.*, 40, 635–678.

Jaguar Mining. 2016. TECHNICAL REPORT ON THE ROÇA GRANDE AND PILAR OPERATIONS, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL. Toronto

James, H.L., 1954, Sedimentary facies of iron-formation: *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, v. 49, p. 235–293.

- Klein, Cornelis. (2005). Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin. *American Mineralogist - AMER MINERAL*. 90. 1473-1499.
- Ladeira, E. A. Metallogenesis of Gold at the Morro Velho Mine, and in Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. London: University of Western Ontario, 1980. 272p. (Ph.D Thesis).
- Ladeira E.A. 1991. Genesis of gold in Quadrilátero Ferrífero: a remarkable case of permanency, recycling and inheritance – A tribute to Djalma Guimarães, Pierre Routhier and Hans Ramberg. In: Ladeira E.A. (ed.). *Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. A.A. Balkema, Rotterdam, p. 11-30.
- Lana, C., Alkmim, F.F., Armonstrong, R., Scholz, R., Romano, R., Nalini Jr., H.R., 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, Southeast Brazil. *Precambrian Res.* 231, 157–173.
- Lobato, L.M., Vieira, F.W.V, Ribeiro-Rodrigues, L.C., Pereira, L.M.M, Menezes, M., Junqueira, P.A. & Pereira, S.; 1998. Styles of hydrothermal alteration and gold mineralization associated with the Nova Lima Group of the Quadrilátero Ferrífero: Part I, description of selected gold deposits. *Rev Bras Geociências, SBG*, 28(3): 339-354 p.
- Lobato L.M., Ribeiro Rodrigues L.C., Vieira F.W.R. 2001. Brazil's premier gold province: Part II: geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, 36:249-277. doi: 10.1007/s001260100180
- Lobato L.M., Santos, J.O.S., McNaughton N.J., Fletcher I.R., Noce C.M. 2007. U-Pb SHRIMP monazite ages of the giant Morro Velho and Cuiabá gold deposits, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, 32:674–680. Doi:10.1016/j.oregeorev.2006.11.007.
- Lobato, L.M., Renger, F.E., Figueiredo e Silva, R.C., Rosière, C.A., Baars, F.J., Rolim, V.K. Metalogênese do setor meridional do Cráton São Francisco. In: Silva, M.G., Rocha Neto, M.B., Jost, H., Kuyumjian, R.M. (Orgs.). *Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras, Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Belo Horizonte*, p.119-140. 2014
- Lobato L.M., Costa M.A., Hagemann S.G., Martins R. 2016. Ouro no Brasil: Principais depósitos, produção e perspectivas. In: Melfi A.J., Misi A., Campos D.A., Cordani U.G. (orgs.). *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. p. 46-59.
- Lobato L. M., Figueiredo e Silva R. C., Costa M. A. 2020. Ouro no Quadrilátero Ferrífero. In: Castro P. T., Endo I., Gandini A. L. (org.). 2020. *O Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos*. Belo Horizonte: 3i Editora. 420p. ISBN 978-65-990542-8-0.
- 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
- Minter W.E.L. 2006. The sedimentary setting of Witwatersrand placer mineral deposits in an Archean atmosphere. In: Kesler S.E. & Ohmoto H. *Evolution of Early Earth's Atmosphere, Hydrosphere, and Biosphere: Constraints from Ore Deposits*. Boulder, Colorado, Geological Society of America Memoir, 198:105-119. doi: 10.1130/2006.1198(06)
- Ohmoto H., Watanabe, Y., Yamaguchi, K. E., Naraoka, H., Haruna, M., Kakegawa, T., et al (2006). Chemical and biological evolution of early Earth: Constraints from banded iron formations. *Geological society of America Memoirs*, 198, 291-331.
- Passos, R.V.; 1999. Caracterização da geometria de zonas de alteração hidrotermal – Estudo de caso no Depósito Aurífero de Brumal, Quadrilátero Ferrífero/MG – São Paulo, 195 p. (Dissertação de Mestrado, Inst. Geoc., UNICAMP).
- Pereira, E.L. da S; 1996. Controles e evolução da mineralização aurífera da Mina de São Bento, Greenstone Belt Rio das Velhas, MG. Ouro Preto. 128 p. (Dissertação de Mestrado).
- Posth, N.R., Kohler, I., Swanner, E.D., Schroder, C., Wellmann, E., Binder, B., Konhauser, K.O., Neumann, U., Berthold, C., Nowak, M., Kappler, A., 2013. Simulating Precambrian banded iron formation diagenesis. *Chem. Geol.* 362, 66-73.

- Reed M. H. 1997. Hydrothermal alteration and its relationship to ore fluid composition. In: Barnes H. L. (ed.). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. New York. John Wiley & Sons.
- Renders, P.J. & Seward, T.M.; 1989. The stability of hydro-sulphido and sulphidocomplexes of Au and Ag at 250C. *Geochem. Cosmochim. Acta.*, 53: 245-253 p.
- Renger F.E., Noce C.M., Romano A.W., Machado N. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, 2(1):1-11. doi: 10.18285/geonomos.v2i1.227
- Renger, F.E., Noce, C.M., Romano, A.W., Machado, N., 1995. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos* 2 (1), 1e11.
- Ribeiro-Rodrigues, L.C.; 1998, Gold mineralization in Archaean Banded Iron-Formation of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil - The Cuiabá Mine, Aachen University of Technology, Band 27, 264 p. (PhD Thesis)
- Roeser, H. M. P.; Roeser, P.A. O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: Aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. 2010. - *Revista Geonomos* 18(1): 33 – 37. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- Rojas A.J. 2008. Estudos químico-mineralógicos e microtermométricos do topázio imperial da região de Antônio Pereira, Ouro Preto, Minas Gerais. 2008. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 111 p
- Rosière C.A., Siemes H., Quade H., Brokmeier H.G., Jansen E.M. 2001. Microstructures, textures and deformation mechanisms in hematite. *Journal of Structural Geology*, 23: 1429-1440.
- Romano, R., Lana, C., Alkmim, F.F., Stevens, G.S., Armstrong, R., 2013. Stabilization of the southern portion of the São Francisco Craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Research* 224, 143–159.
- Seward, T.M.; 1973. Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta* 37, 370-399 p. • Sichel S.E.; 1983 *Geologia das Rochas Pré-Cambrianas da*
- Silva, A.M., Chemale, F. Jr, Heaman, L., 1995. The Ibirité gabbro and the Borrachudo granite—the rift-related magmatism of Mesoproterozoic age in the Quadrilátero Ferrífero (MG). In: *Anais VIII Simp. Geol. Minas Gerais, Diamantina. Bol. Soc. Bras. Geol., Núcleo de Minas Gerais, Vol. 13, pp. 89–90*
- Silva, L. C. 2007. Depósito Pilar: Contexto geológico, alteração hidrotermal e sulfetação aurífera. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 123 p
- Simmons, G.C., Maxwell, C.H., 1961. Grupo Tamanduá da Serie Rio das Velhas: Brazil. Dept. Nac. Produção Mineral Div. Geol. Mineral. Bol. 211, 30.
- Schorscher H.D. & Guimarães, P. F. 1976. Estratigrafia e tectônica do Supergrupo Minas e geologia do Distrito Ferrífero de Itabira. In: CONG. BRAS. DE GEOL., 29. Belo Horizonte. *Anais do XXIX CBG, Belo Horizonte. Roteiro de Excursões*, pp. 75-86.
- Schorscher H. D. 1978. Komatiitos na estrutura greenstone belt da Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Recife, 1978. *Anais Recife, SBG. 1, p.292-293.*
- Schorscher H.D. 1992. Granitóides Borrachudos e magmatismo granítico arqueano tardio, in: *Arcabouço Petrográfico e Evolução Crustal de terrenos pré-cambrianos do Sudeste de Minas Gerais: Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e domínios granito-gnáissicos adjacentes. Tese de Livre Docência, 1:71-117, USP, Ined..*
- Trendall A.F. 2002. The significance of iron-formation in the Precambrian stratigraphic record. In: W. Alterman & P. L. Corcoran (eds.) *Precambrian Sedimentary Environments: A Modern Approach to Ancient Depositional Systems*. Special Publication n.33 of the IAS, Blackwell Science, p. 33-66.
- Vial D.S., Groves D.I., Cook N.J., Lobato L.M. (eds.). 2007b. Preface - Special issue on gold deposits of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, 32(3-4):469-470. doi: 10.1016/j.oregeorev.2006.11.006


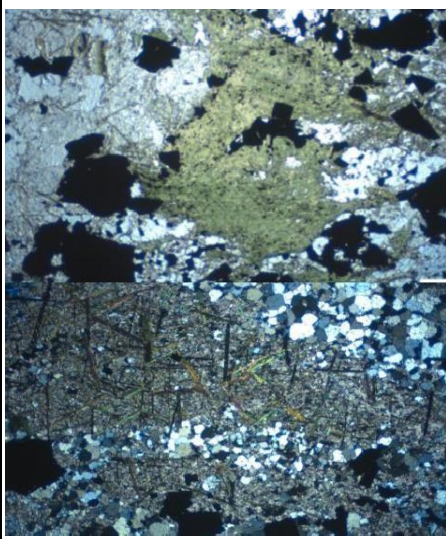
Vieira, F.W.R.; 1991. Textures and Process of hydrothermal alteration and mineralizations in the Nova Lima Group, Minas Gerais, Brasil. In Ladeira, E.A. (ed.). Proceedings of Gold' 91. Rotterdam. A.A. Balkema. p. 319-325.

Whitney, D.L.; evans, B.E. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals.

American Mineralogist, v. 95, p.185-187.

Zucchetti, M., Baltazar, O. F., & Raposo, F. O. (1998). Estratigrafia. Projeto Rio das Velhas: Texto Explicativo do Mapa Geologico Integrado, escala, 1(100.000), 13-42.F

ANEXO – TABELAS DE DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC	
 <p>CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG</p> <p>Orientador: Cristiano de Carvalho Lana</p>	
<p>Lâmina: BF- 01</p> <p>Descrição: Fernanda Mendes</p> <p>Empresa: JAGUAR MINING</p>	
Descrição Macroscópica da Lâmina	
<p>Granulação fina a grossa, cinza clara, com estrutura de dobra.</p>	
Descrição Microscópica	
<p><u>Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)</u></p>	
<p>Minerais Essenciais:</p>	<p>Quartzo (35%); carbonato (25%); sulfetos(25%); estilpnomelano (10%)</p>
<p>Minerais Acessórios:</p>	<p>Clorita (5%); Ouro (>1%)</p>
<p>Processos de Alteração:</p>	<p>Cloritização, carbonatação e sulfetação</p>
Descrição Microscópica da Lâmina	Fotomicrografias
<p>Apresenta bandamento composicional dado pela alternância entre bandas escuras ricas em carbonato, estilpnomelano, clorita e sulfetos e bandas claras compostas por quartzo e carbonato. Os sulfetos ocorrem no contato entre rocha encaixante e veios. Carbonato ocorre em grãos equigranulares, anédricos, granulação variando de fina a grossa e contatos interlobados; estilpnomelano ocorre em grãos tabulares subédricos a euédricos, sem orientação preferencial e com granulação fina; Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, extinção ondulante e textura granoblástica. Sulfetação ocorre como arsenopirita, pirrotita e calcopirita. Arsenopirita apresenta-se em grãos subédricos com granulação variando de fina a média, relevo alto e apresenta fraturas não preenchidas. Ocorre associada a outros minerais como pirrotita e magnetita; Pirrotita apresenta-se em tons creme, grãos subédricos a anédricos, gnulação fina e ocorre associado a arsenopirita, nas bordase e como inclusões desse mineral; Calcopirita ocorre em grãos amarelos, anédricos, granulação fina e ocorre associado substancialmente a pirrotita com contatos curvilíneos. O ouro apresenta- se em grãos com tamanho aproximado de 0,05mm e ocorre associado as bordas da arsenopirita.</p>	 <p>Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados</p>



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Orientador: Cristiano de Carvalho Lana

Lâmina: BF- 02

Descrição: Fernanda Mendes

Empresa:

JAGUAR MIINING

Descrição Macroscópica da Lâmina

Granulação fina a grossa, cinza clara e presença de veios quartzo-carbonáticos.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

Minerais Essenciais: Quartzo (40%); carbonato (30%); estilpnomelano (15%); sulfetos (10%)

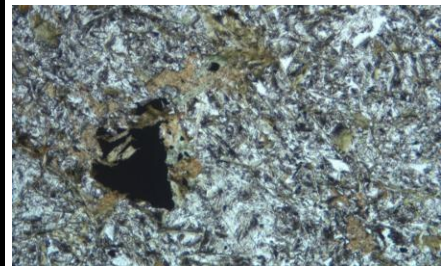
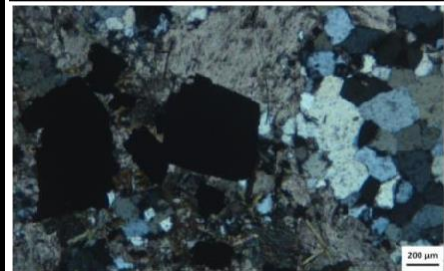
Minerais Acessórios: Clorita (5%)

Processos de Alteração: Cloritização, carbonatação e sulfetação

Descrição Microscópica da Lâmina

Apresenta bandamento composicional dado pela alternância entre bandas escuras ricas em carbonato, estilpnomelano, clorita e sulfetos e bandas claras compostas por quartzo e carbonato. Os sulfetos ocorrem no contato entre rocha encaixante e veios e na porção carbonática da rocha. Carbonato ocorre em grãos equigranulares, anédricos, granulação variando de fina a grossa e contatos interlobados; Estilpnomelano ocorre em grãos tabulares subédricos a euédricos, sem orientação preferencial associado ao carbonato e por vezes foi percebido associado a clorita em contatos retos; Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, extinção ondulante e textura granoblástica. Sulfetação ocorre como arsenopirita, pirrotita e calcopirita. Arsenopirita apresenta-se em grãos subédricos a euédricos com granulação variando de fina a média. Ocorre associada principalmente a pirrotita por contatos curvilíneos; Pirrotita apresenta-se em tons creme, grãos subédricos a anédricos, granulação fina e ocorre associado a arsenopirita, nas bordas e como inclusões desse mineral; Calcopirita ocorre em grãos amarelos, anédricos, granulação fina e ocorre associado substancialmente a pirrotita com contatos curvilíneos. O ouro apresenta-se em grãos com tamanho aproximado de 0,0025mm e ocorre associado as bordas da arsenopirita e pirrotita.

Fotomicrografias



**Polarização: a) nicóis cruzados e
b) nicóis paralelos**



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Orientador: Cristiano de Carvalho Lana

Lâmina: BF- 03

Descrição: Fernanda Mendes

Empresa:
JAGUAR MINING

Descrição Macroscópica da Lâmina

Granulação fina a grossa, cinza clara e presença de bandamentos composicionais e dobras

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

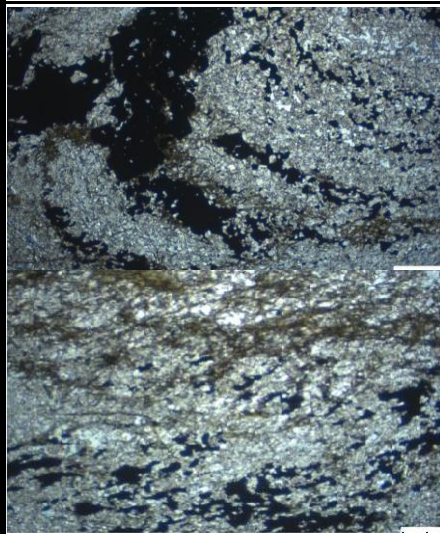
Minerais Essenciais: Carbonato (60%); estilpnomelano (15%); sulfetos (15%); quartzo (10%)

Processos de Alteração: Carbonatação e sulfetação

Descrição Microscópica da Lâmina

Apresenta bandamento composicional dado pela alternância entre bandas escuras ricas em carbonato, estilpnomelano, clorita e sulfetos e bandas claras compostas por quartzo e carbonato. Os sulfetos ocorrem em sua maioria associados a porção carbonática da rocha. Carbonato ocorre em grãos equigranulares, anédricos, e textura granoblástica; Estilpnomelano ocorre em grãos tabulares subédricos com granulação muito fina associada a porção carbonática da rocha. Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, textura granoblástica e granulação muito fina. Sulfetação ocorre como pirrotita, calcopirita e pirita. Pirrotita apresenta-se em tom acobreado, grãos anédricos, granulação fina e ocorre associado a calcopirita. Calcopirita ocorre em grãos amarelos, anédricos, granulação fina e ocorre associado substancialmente a pirrotita com contatos curvilíneos. A pirita ocorre em grãos amarelados, relevo alto, porosa, euédrica e ocorre formando uma orientação preferencial paralelo ao plano axial da dobra.

Fotomicrografias



Polarização: a) nicóis paralelos b) nicóis paralelos



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA - TCC

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Orientador: Cristiano de Carvalho Lana

Lâmina: BFII - 03

Descrição: Fernanda Mendes

Empresa:

JAGUAR MINING

Descrição Macroscópica da Lâmina

Granulação fina a grossa, cinza escura e presença de bandamentos composicionais e veios quartzo-carbonáticos.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

Minerais Essenciais: Carbonato (35%); quartzo (25%); estilpnomelano (20%); sulfetos (15%)

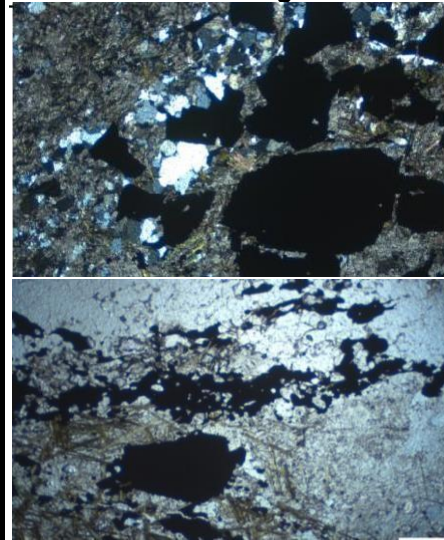
Minerais Acessórios: Clorita (5%), ouro (>1%)

Processos de Alteração: Cloritização, carbonatação e sulfetação

Descrição Microscópica da Lâmina

Apresenta bandamento composicional dado pela alternância entre bandas escuras ricas em carbonato, estilpnomelano, clorita e sulfetos e bandas claras compostas por quartzo e carbonato. Os sulfetos ocorrem no contato entre rocha encaixante e veios e na porção carbonática da rocha. Carbonato ocorre em grãos inequigranulares, anédricos a subédricos, granulação variando de fina a grossa e contatos interlobados; Estilpnomelano ocorre em grãos casanhos tabulares, subédricos a euédricos, inequigranulares sem orientação preferencial; Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, extinção ondulante e textura granoblástica. Sulfetação ocorre como arsenopirita e pirrotita. Arsenopirita apresenta-se em grãos subédricos com granulação variando de fina a média. Ocorre associada principalmente a pirrotita por contatos curvilíneos; Pirrotita apresenta-se em tons acobreados, anédricos, granulação fina e ocorre associado a arsenopirita, nas bordas e e como inclusões desse mineral; O ouro apresenta-se em grãos com tamanho aproximado de 0,05mm e ocorre associado as bordas da arsenopirita.

Fotomicrografias



Polarização: a) nicóis cruzados e b) nicóis paralelos



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Orientador: Cristiano de Carvalho Lana

Lâmina: BFII - 04

Descrição: Fernanda Mendes

Empresa:

JAGUAR MINING

Descrição Macroscópica da Lâmina

Granulação fina a grossa, cinza escura e presença de bandamentos composicionais

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância) Minerais Essenciais: Carbonato (40%); quartzo (20%); sulfetos (36%)

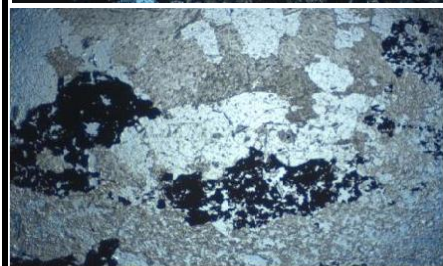
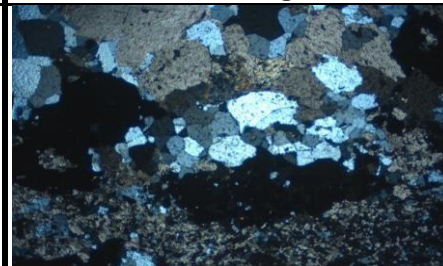
Minerais Acessórios: Estilpnomelano (4%)

Processos de Alteração: Cloritização, carbonatação e sulfetação

Descrição Microscópica da Lâmina

Apresenta bandamento composicional dado pela alternância entre bandas escuras ricas em carbonato, estilpnomelano, clorita e sulfetos e bandas claras compostas por quartzo e carbonato. Os sulfetos ocorrem na porção carbonática da rocha. Carbonato ocorre em grãos inequigranulares, anédricos a subédricos, granulação variando de fina a grossa e contatos interlobados; Estilpnomelano ocorre em grãos casanhos tabulares, subédricos a euédricos, inequigranulares sem orientação preferencial ocorrendo na porção carbonática da rocha; Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, extinção ondulante e textura granoblástica. Sulfetação ocorre como pirrotita e calcopirita. Pirrotita apresenta-se em tons acobreados, anédricos, granulação fina e ocorre intercrescida com grãos de calcopirita.

Fotomicrografias



Polarização: a) nicóis cruzados e b) nicóis paralelos

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC



CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Orientador: Cristiano de Carvalho Lana

Lâmina: BFII - 08

Descrição: Fernanda Mendes

Empresa:

JAGUAR MINING

Descrição Macroscópica da Lâmina

Granulação fina a grossa, cinza escura e presença de bandamentos composicionais.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

Minerais Essenciais: Carbonato (35%); quartzo (25%); sulfetos (20%); estilpnomelano (10%);

Minerais Acessórios:

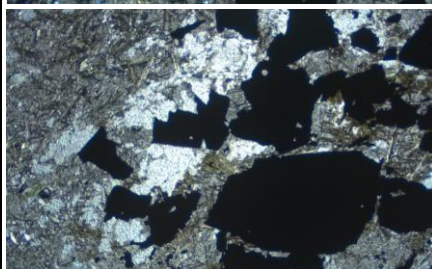
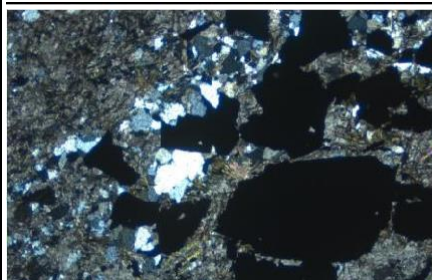
Processos de Alteração:

Cloritização, carbonatação e sulfetação

Descrição Microscópica da Lâmina

Os sulfetos ocorrem na porção carbonática da rocha. Carbonato ocorre em grãos inequigranulares, hábito anédrico, granulação fina e contatos interlobados; Estilpnomelano se desenvolve na porção carbonática como grãos casanhos tabulares, hábito subédrico, granulação fina e sem orientação preferencial; Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, extinção ondulante e textura granoblástica. . Ocorre associada principalmente a pirrotita por contatos curvilíneos; Clorita ocorre como grãos esverdeados, subédricos, granulação fina e ocorre desenvolvida na porção carbonática. Devido a problemas com polimento não foi possível realizar a análise via luz refletida para essa amostra.

Fotomicrografias



Polarização: a) nicóis cruzados e b) nicóis paralelos



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRAFICA -TCC

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Orientador: Cristiano de Carvalho Lana

Lâmina: LPA - 02

Descrição: Fernanda Mendes

Empresa:

JAGUAR MIINING

Descrição Macroscópica da Lâmina

Granulação fina a média, cinza escura e presença de bandamentos composicionais.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

Minerais Essenciais: Carbonato (50%); sulfetos (20%); estilpnomelano (15%); quartzo (10%)

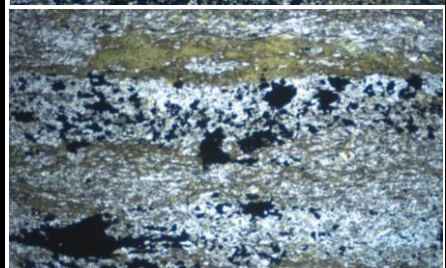
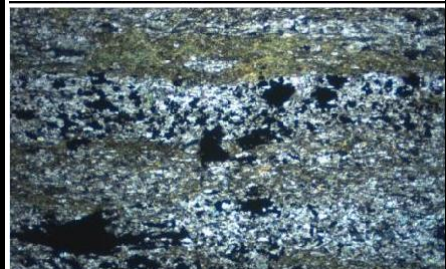
Minerais Acessórios: Clorita (5%)

Processos de Alteração: Cloritização, carbonatação esulfetação

Descrição Microscópica da Lâmina

Apresenta microestrutura granolepidoporfiroblastica e é composta essencialmente por carbonato, stilpnomelano, clorita e sulfetos. Os sulfetos se desenvolvem na porção carbonática da rocha. Carbonato ocorre em grãos inequigranulares, anédricos a subédricos, granulação variando de fina a grossa e contatos interlobados; Estilpnomelano ocorre em grãos esverdeados tabulares, subédricos a euédricos, equigranulares e sem orientação preferencial ocorrendo na porção carbonática da rocha; Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, extinção ondulante e textura granoblástica. Sulfetação ocorre como arsenopirita, pirrotita, calcopirita e pirita. Arsenopirita apresenta-se em grãos anédricos a subédricos com granulação variando de fina a média. apresenta aspecto liso e bordas intensamente irregulares. Ocorre associada a pirrotita e magnetita por contatos curvilíneos; Pirrotita apresenta-se em tons acobreados, anédricos, e formam uma orientação preferencial; Calcopirita ocorre em grãos amarelos, anédricos, granulação fina e ocorre intercrescido com grãos de pirrotita. Pirita ocorre como grãos euédricos, granulação média, porosa, e se desenvolvem na porção carbonática formando uma orientação preferencial.

Fotomicrografias



Polarização: a) nicóis cruzados e b) nicóis paralelos



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Orientador: Cristiano de Carvalho Lana

Lâmina: LPA 01-A

Empresa:
JAGUAR MINING

Descrição: Fernanda Mendes

Descrição Macroscópica da Lâmina

Granulação fina a grossa, cinza escura e presença de veios quartzo-carbonáticos.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

Minerais Essenciais: Quartzo (35%); carbonato (30%); estilpnomelano (20%); sulfetos (10%)

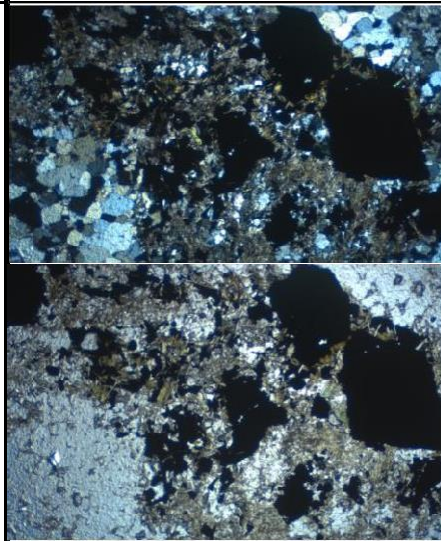
Minerais Acessórios: Clorita (5%)

Processos de Alteração: Cloritização, carbonatação e sulfetação

Descrição Microscópica da Lâmina

Apresenta-se com microestrutura porfiroblástica e é representada por quartzo, carbonato, sulfetos, clorita e estilpnomelano. Os sulfetos ocorrem no contato entre rocha veio e rocha encaixante. Carbonato ocorre em grãos inequigranulares, anédricos a subédricos, granulação variando de fina a grossa e contatos interlobados; Estilpnomelano ocorre em grãos casanhos tabulares, subédricos a euédricos, inequigranulares sem orientação preferencial desenvolvido na porção carbonática da rocha; Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, extinção ondulante e textura granoblástica. Sulfetação ocorre como arsenopirita, pirrotita e calcopirita. Arsenopirita apresenta-se em grãos de hábito anédrico, aspecto liso, borda intensamente irregulares, granulação variando de fina a média. Ocorre associada principalmente a pirrotita e magnetita por contatos curvilíneos; Pirrotita apresenta-se em tons acobreados, hábito anédrico, granulação fina e ocorre associada preferencialmente a arsenopirita, nas bordas e como inclusões desse mineral. Calcopirita apresenta-se em grãos amarelos, hábito anédrico, granulação fina e ocorre intercrescida com a pirrotita.

Fotomicrografias



Polarização: a) nicóis cruzados e b) nicóis paralelos



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS DE MINÉRIO DE OURO EM FORMAÇÃO FERRÍFERA BANDADA DA MINA PILAR NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Orientador: Cristiano de Carvalho Lana

Lâmina: LPA- 04

Empresa:

Descrição: Fernanda Mendes

JAGUAR MINING

Descrição Macroscópica da Lâmina

Granulação fina a grossa, cinza escura.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

Minerais Essenciais: Sulfetos (60%); carbonato (20%); estilpnomelano (15%);

Minerais Acessórios: Clorita (5%), quartzo (>1%)

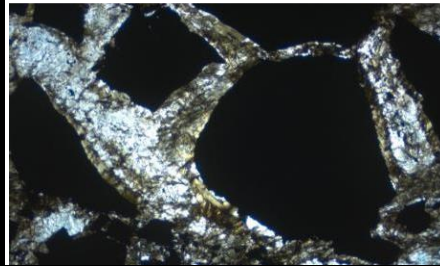
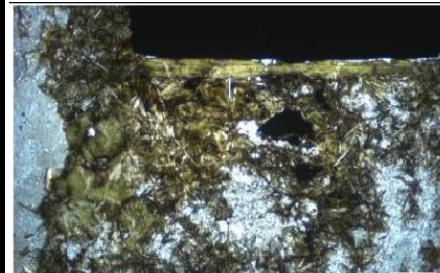
Processos de Alteração:

Cloritização, carbonatação e sulfetação

Descrição Microscópica da Lâmina

Apresenta microestrutura granolepidoporfiroblastica e é composta essencialmente por carbonato, stilpnomelano, clorita e sulfetos. Os sulfetos ocorrem na porção carbonática da rocha. Carbonato ocorre em grãos inequigranulares, anédricos a subédricos, granulação variando de fina a média e apresenta contatos interlobados; O estilpnomelano ocorre em diferentes tipologias. Podem formar agregados de textura lisa, desenvolvido na porção carbonática da lâmina. Intercrescidos a esses grãos ocorrem palhetas de estilpnomelano com granulação fina, hábito euhédrico e sem uma orientação preferencial. Por último, outras palhetas de estilpnomelano ocorrem apresentando granulação grossa, hábito euhédrico e ocorrem restritos as bordas da arsenopirita; Quartzo ocorre em grãos inequigranulares, anédricos, extinção ondulante e textura granoblástica. Sulfetação ocorre como arsenopirita, observada com duas tipologias diferentes nas seções do corpo LPA. Em uma seção, a arsenopirita ocorre como grãos de hábito euhédrico, granulação grossa e apresenta fraturas não preenchidas.

Fotomicrografias



Polarização: a) nicóis cruzados e b) nicóis paralelos