

Caracterização geológica e metalogénica do campo filoniano da Freixeda

João Rafael Martins da Costa Marques

Mestrado em Geologia

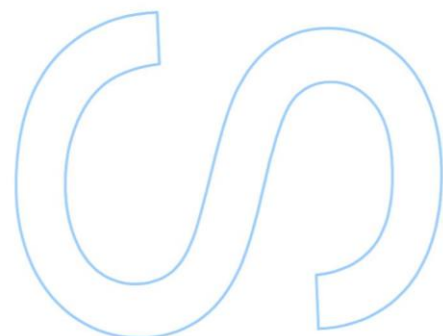
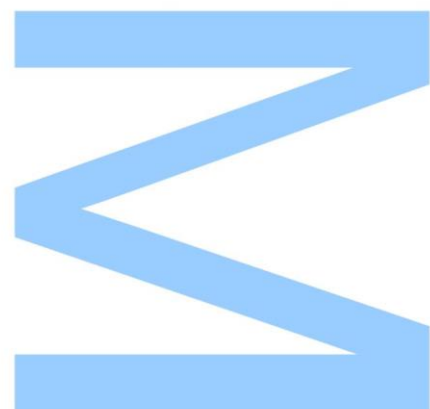
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2020

Orientador

Iuliu Bobos Radu, Professor Associado com Agregação,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador

John Morris Vale Pereira, Geólogo,
Minaport Lda.





Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____

3

5

0

Agradecimentos

A elaboração deste trabalho só foi possível com muito esforço e dedicação, não obstante, tive o privilégio de poder contar com o apoio de algumas pessoas que marcaram a diferença, e às quais não posso deixar de expressar a minha gratidão.

Ao João Paulo e Maria da Luz, meus pais e meus melhores amigos, e à Vânia Oliveira pelos ensinamentos de vida, amor incondicional e apoio absoluto.

Ao Carlos Oliveira e Madalena Magalhães pelo carinho, compreensão e todos os momentos bons.

Ao Professor Iuliu Bobos, meu orientador, pela diligência na oportunidade e concretização do meu estágio, ajuda e disponibilidade.

Ao Geólogo John Morris, meu coorientador, pelo apoio constante, espírito construtivo, paciência e companheirismo.

À empresa Minaport pela realização do estágio e a todos os funcionários das empresas Minaport e Almina pela forma tão cordial como me receberam e que em muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, especialmente ao Paulo Pinto, pela sua ajuda constante e compreensão nos primeiros tempos, e ao Miguel Pedro, pela amizade, companheirismo, apoio constante e motivação transmitida.

A todos os meus colegas de faculdade que humildemente deram o seu contributo, especialmente ao João Silva e Ricardo Lagoela, que muito me ajudaram neste percurso académico.

Resumo

O presente trabalho refere-se ao estágio realizado na empresa Minaport e ao subsequente estudo laboratorial complementar. As atividades realizadas durante o estágio centraram-se em duas campanhas de prospeção geológica, sendo que a campanha realizada na concessão de prospeção e pesquisa da Freixeda verifica-se a mais relevante para o estudo. Destaca-se, dentro desta concessão, a área do campo filoniano da Freixeda, onde se teve a oportunidade de envolver significativamente em duas campanhas de sondagens carotadas.

O campo filoniano da Freixeda encontra-se na Zona Galiza-Trás-os-Montes e é constituído por litologias do Parautóctone e, em maior número, do Complexo Alóctone Inferior. No campo filoniano da Freixeda existem inúmeras áreas com potencial mineiro, destacando-se, no presente estudo as estruturas de Latadas e Freixeda, onde foram realizadas as campanhas de sondagens carotadas. Na primeira estrutura foram realizados 17 furos de sondagem com uma metragem de 1 610,00 metros, enquanto na Freixeda foram executados 18 furos de sondagem com uma metragem de 3 928,00 metros. O principal objetivo destas sondagens era a prospeção de ouro, prata, chumbo, zinco e cobre, sendo que os três últimos elementos se verificam em estruturas polimetálicas.

Durante a realização das campanhas de sondagens carotadas, teve-se a oportunidade de colaborar nas mais diversas etapas, pertencentes tanto à fase de acompanhamento das sondagens em campo, como às fases consecutivas de log geológico de sondagem e de amostragem dos intervalos mineralizados.

Cessado o período de estágio, realizou-se ainda uma caracterização petrográfica e mineralógica da estrutura de Latadas. A primeira caracterização foi realizada com base nas observações ao microscópio ótico e lupa binocular, enquanto a caracterização mineralógica complementar foi executada com o auxílio do microscópio ótico de varrimento, da difração de raios-X, da espectroscopia de infravermelhos e da espectroscopia de *Raman*.

Assim, conclui-se que a estrutura de Latadas apresenta uma grande heterogeneidade na mineralização auro-argentífera presente. Em síntese, destaca-se: quartzofilito que exhibe clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0/S_1/S_2$; mineralização, sobretudo, de sulfuretos, sendo a arsenopirite a mais abundante; deposição de grafite com temperatura de cristalização, aproximadamente nos 440 °C; e a ocorrência de quatro estádios de mineralização distintos.

Palavras-chave: Zona Galiza-Trás-os-Montes; Campo filoniano da Freixeda; Campanha de sondagens carotadas; Mineralizações de ouro, prata e polimetálicas; Caracterização petrográfica e mineralógica.

Abstract

The present work refers to the internship carried out at Minaport company, and to the subsequent complementary laboratory study. The activities carried out during this internship period were centered on two geological exploration campaigns, where the exploration and research campaign at the Freixeda concession is the most relevant for the study. Within this concession, the area of the Philonian field of Freixeda stands out, where there was the opportunity to be significantly involved in two core drilling campaigns.

The Philonian field of Freixeda is inserted at the Galicia–Trás-os-Montes Zone and consists of lithologies of the Parautóctone and, in more number, of the Alóctone Inferior Complex. In the Philonian field of Freixeda, there are numerous areas with mining potential, in which the Latadas and Freixeda structures stand out, being the ones where we carried out the core drilling campaigns. It was drilled 17 boreholes in the first structure, with a depth of 1,610.00 meters, and 18 boreholes in Freixeda, with a depth of 3,928.00 meters. The main objective of these surveys was to prospect for gold, silver, lead, zinc, and copper, taking into consideration that the last three elements can be found in polymetallic structures.

During the execution of the core drilling campaigns, we had the opportunity to collaborate in the most diverse stages, belonging both to the phase of monitoring the field surveys as well as to the consecutive stages of geological logging and sampling of the mineralized intervals.

After the internship period, we performed a petrographic and mineralogical characterization of the Latadas structure. We conducted the petrographic characterization based on observations under the optical microscope and binocular loupe, and executed the complementary mineralogical characterization with the aid of the scanning electron microscope, X-ray diffraction, infrared spectroscopy, and Raman spectroscopy.

Thus, we concluded that the structure of Latadas presents a notable heterogeneity in the auro-argentiferous mineralization present. In summary, we highlight quartz phyllite which displays S_3 crenulation cleavage, perpendicular to $S_0//S_1//S_2$; mineralization, especially of sulfides, with arsenopyrite being the most abundant mineral; graphite deposition with crystallization temperature of approximately 440 °C; and the occurrence of four distinct mineralization stages.

Keywords: Galicia–Trás-os-Montes zone; Philonian field of Freixeda; Core drilling campaigns; Gold, silver and polymetallic mineralizations; Petrographic and mineralogical characterization.

Índice

Índice de figuras	VII
Índice de tabelas.....	XIV
Lista de abreviaturas.....	XV
I – Introdução.....	1
1 – Breve apresentação	1
2 – Objetivos	3
2.1 – Trabalho de campo	3
2.2 – Trabalho laboratorial	4
3 – Estrutura do relatório	4
II – Enquadramento geológico	6
1 – Geomorfologia regional	6
2 – Geologia regional	7
2.1 – Breve introdução geológica.....	7
2.2 – Zona Galiza–Trás-os-Montes.....	11
2.3 – Tectónica regional.....	13
3 – Geologia local	14
3.1 – Estrutura geológica	14
3.2 – Litologias das unidades metassedimentares.....	16
3.3 – Granitos Variscos.....	18
4 – Mineralizações	19
III – Enquadramento geológico e metalogénico do campo filoniano da Freixeda	24
1 – Localização geográfica.....	24
2 – Campo filoniano da Freixeda.....	25
2.1 – Estrutura mineralizada de Latadas.....	26
2.2 – Estrutura mineralizada da Freixeda	26
2.3 – Estrutura mineralizada do Covo	28
2.4 – Estrutura mineralizada da Pedra Luz	29

3 – Histórico das atividades de prospeção e exploração	30
IV – Técnicas e metodologias de trabalho	32
1 – Breve apresentação do trabalho de campo	32
1.1 – Campanha de sondagens carotadas.....	32
2 – Trabalho laboratorial	34
2.1 – Microscópio ótico	34
2.2 – Lupa binocular	36
2.3 – Microscópio eletrónico de varrimento (MEV).....	37
2.4 – Difração de raios-X (XRD)	39
2.5 – Espectroscopia de infravermelhos (FTIR).....	41
2.6 – Espectroscopia de <i>Raman</i>	43
V – Atividades de prospeção geológica na área do campo filoniano da Freixeda	45
1 – Considerações gerais.....	45
2 – Prospeção geológica na estrutura mineralizada de Latadas.....	48
2.1 – Campanha de sondagens carotadas.....	48
2.2 – Log geológico	52
2.3 – Amostragem de carotes	59
2.4 – Outras atividades	63
3 – Prospeção geológica na estrutura mineralizada da Freixeda.....	65
3.1 – Campanha de sondagens carotadas.....	65
3.2 – Log geológico	68
3.3 – Re-log geológico de sondagens carotadas históricas	74
4 – Seleção de amostras para estudo petrográfico e mineralógico da estrutura mineralizada de Latadas	76
VI – Caracterização petrográfica e mineralógica das rochas da estrutura de Latadas	82
1 – Considerações gerais.....	82
2 – Caracterização petrográfica.....	83
2.1 – Litologias da Formação Filito-Quartzítica (O_{FQ})	83
2.1.1 – Quartzofilito	83

2.1.2 – Filito	84
2.2 – Estrutura mineralizada de Latadas.....	86
2.2.1 – Mineralização a teto	86
2.2.2 – Mineralização em filão.....	90
2.2.3 – Mineralização a muro	95
2.2.4 – Outras características.....	98
2.3 – Considerações finais.....	100
3 – Caracterização mineralógica	107
3.1 – Microscopia eletrónica de varrimento.....	107
3.2 – Difração de raios-X	111
3.3 – Espectroscopia de infravermelhos	112
3.4 – Espectroscopia de <i>Raman</i>	113
VII – Enquadramento da estrutura mineralizada de Latadas.....	115
1 – Considerações gerais.....	115
2 – Sequência de deposição e paragénese mineral	115
VIII – Conclusão	119
Referências bibliográficas.....	124
Anexo I – Cartografia geológica à escala 1:200 000 da área da concessão	130
Anexo II – Área da concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda na Carta Militar de Portugal	132
Anexo III – Localização das estruturas mineralizadas de Latadas, Freixeda, Côvo e Pedra Luz.....	133
Anexo IV – Amostras utilizadas na caraterização petrográfica e mineralógica da estrutura de Latadas.....	134
Anexo V – Caraterização petrográfica do quartzofilito e do filito	138
Anexo VI – Caraterização petrográfica da mineralização a teto	140
Anexo VII – Caraterização petrográfica da mineralização em filão.....	143
Anexo VIII – Caraterização petrográfica da mineralização a muro	148
Anexo IX – Caraterização petrográfica do <i>stockwork</i>	150

Índice de figuras

Fig. 1 – Síntese das zonas geotectónicas presentes na Península Ibérica (adapt. de Vera, 2004).	8
Fig. 2 – Ilustração representativa da evolução estrutural do setor norte de Portugal, com ênfase nas principais fases de deformação da orogenia Varisca (adapt. de Dias, 1994).	8
Fig. 3 – Ilustração simplificada das dobras da fase de deformação D ₂ da orogenia Varisca (adapt. de Ribeiro <i>et al.</i> , 1983).	9
Fig. 4 – Ilustração simplificada da compressão N-S geradora de sistemas de falhas conjugadas de direção NNE-SSO e NNO-SSE.	10
Fig. 5 – Ilustração simplificada do sistema de falhas contemporâneo de D ₃ com direção N80° conjugado com N ^o 25.	10
Fig. 6 – Unidades autóctones, parautóctones e alóctones com os correspondentes domínios estruturais, Douro inferior, Peritransmontano e Centro Transmontano definidos por Ribeiro (1974) (Ribeiro <i>et al.</i> , 1990).	11
Fig. 7 – Mapa simplificado da Zona Galiza-Trás-os-Montes (Meireles, 2013, adapt. de Ribeiro <i>et al.</i> , 1990).	12
Fig. 8 – Localização dos principais depósitos de Au no norte e centro de Portugal (Martins, 2012). Destaque para o número 8 – Latadas, pertencente ao CFF.	21
Fig. 9 – Localização dos depósitos de W e Sn presentes no norte e centro de Portugal com representação das unidades geotectónicas (Martins, 2012).	23
Fig. 10 – Localização geográfica da área da concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda, delimitada a amarelo (figura retirada em 10/10/2020 do <i>software Google Earth Pro</i>).	24
Fig. 11 – Microscópio petrográfico de luz polarizada transmitida e refletida <i>Leica DM LSP</i>	35
Fig. 12 – Microscópio petrográfico de luz polarizada transmitida e refletida <i>Nikon Eclipse Lv100N Pol Tipo R</i>	35
Fig. 13 – Lupa binocular de luz polarizada transmitida e refletida <i>Leica M205 C</i>	36
Fig. 14 – Microscópio eletrónico de varrimento <i>Hitachi FlexSEM 100</i>	38
Fig. 15 – Equipamento de difração de raios-X <i>Rigaku Miniflex</i>	41
Fig. 16 – Equipamento de espectroscopia de infravermelhos <i>Bruker Tensor 27</i>	42
Fig. 17 – Equipamento de espectroscopia <i>Raman LabRAM HORIBA Jobin Yvon Spex</i>	44
Fig. 18 – Área onde foi executada a campanha de sondagens carotadas (definida a	

- vermelho). O filão de Latadas (definido a amarelo dentro da área vermelha) é representado quase exclusivamente pelo segmento de Vale do Pereiro (figura retirada em 10/10/2020 do *software Google Earth Pro*). 49
- Fig. 19 – Localização da campanha de sondagens carotadas realizada no filão de Latadas, sendo esta constituída por uma fase de furos de sondagem curtos (pinos amarelos) e uma outra fase de furos de sondagem mais longos (pinos verdes). O filão de Latadas encontra-se representado por linha amarela, enquanto a área onde foram implantadas as sondagens encontra-se representada pela linha vermelha (figura retirada em 10/10/2020 do *software Google Earth Pro*). 49
- Fig. 20 – Acompanhamento da fase de abertura de caminhos temporários de acesso, bem como das respetivas plataformas, onde posteriormente se procedeu à realização das sondagens carotadas. 51
- Fig. 21 – Realização de alinhamento S-N para a correta colocação da sonda nas plataformas de sondagem. Este alinhamento foi executado recorrendo à bússola e à coordenada definida para a colocação da boca do furo de sondagem. 51
- Fig. 22 – Correta colocação da sonda na plataforma de sondagem. 51
- Fig. 23 – Correta inclinação de perfuração (-45°) para o início da sondagem. 51
- Fig. 24 – Obtenção, após o fim da sondagem, da coordenada exata da boca de furo de sondagem, através de um topógrafo com recurso a um *GPS* diferencial. 52
- Fig. 25 – Acompanhamento da fase de fecho das plataformas, tendo em consideração todos os cuidados ambientais necessários. A figura 20 e a presente figura correspondem à mesma plataforma e subsequente requalificação. 52
- Fig. 26 – Figura representativa da sondagem LAS19005 onde surgem: os intervalos de cada manobra de perfuração; o cálculo da percentagem de recuperação; o cálculo da metragem de testemunho recuperado; a metragem total do intervalo da manobra de perfuração correspondente; o cálculo da metragem de RQD; e o cálculo da percentagem de RQD. 53
- Fig. 27 – Figura representativa da sondagem LAS19005 onde consta a correta marcação da metragem, de metro a metro (representada pela numeração a vermelho). 54
- Fig. 28 – Log geológico da sondagem LAS19010 onde se encontram representados: os intervalos de metragem referentes ao rock type; o rock type: os modificadores 1, 2 e 3; e os comentários sempre que necessários. Este log geológico encontra-se representado nos códigos criados para a campanha de sondagens carotadas de Latadas. 55
- Fig. 29 – Caixa de sondagem da LAS19005, onde é possível observar as características

	descritas entre a metragem dos 0,00 m até aos 5,20 m (delimitadas a vermelho).	56
Fig. 30	– Caixa de sondagem da LAS19005, onde é possível observar as características descritas para o filito.	56
Fig. 31	– Caixa de sondagem da LAS19005, representativa de todas as características observadas e descritas para o quartzofilito.	57
Fig. 32	– Caixa de sondagem da LAS19005, onde é possível observar as características descritas para o MTE entre a metragem dos 49,10 m até aos 50,05 m (delimitadas a vermelho).	58
Fig. 33	– Caixa de sondagem da LAS19005, representativa de todas as características observadas e descritas para o <i>rock type</i> MFI.	58
Fig. 34	– Caixa de sondagem da LAS19005, onde é possível observar as características descritas para o MMU entre a metragem dos 58,30 m até aos 60,90 m (delimitadas a vermelho).	59
Fig. 35	– Intervalos de metragem da sondagem LAS19005 onde foi realizada amostragem. Na figura consta também o peso de cada amostra enviada para o laboratório; o código único correspondente do seu <i>sample ticket</i> ; a metragem do intervalo amostrado; e, o <i>rock type</i> correspondente de cada amostra.	60
Fig. 36	– Serras elétricas associadas a disco diamantado de corte de carote onde foi realizada a amostragem. Na figura é ainda possível observar as caixas de sondagem com os intervalos a amostrar com o respetivo <i>sample ticket</i>	61
Fig. 37	– Amostragem de meia carote (enviada para o laboratório) e armazenamento da outra metade da carote na caixa de sondagem para posterior consulta e estudo, caso necessário. Observa-se também na caixa de sondagem a simbologia utilizada na amostragem.	61
Fig. 38	– Depois de realizada a amostragem, as amostras são etiquetadas, ensacadas, seladas, pesadas e enviadas para análise laboratorial em conjuntos de numeração definidos e em sacos de grande porte.	61
Fig. 39	– Secção da sondagem LAS19005, representativa de todas as sondagens realizadas. Nesta representação consta, a preto, a percentagem de recuperação de testemunho; em diferentes colorações os <i>rock type</i> anteriormente descritos; a laranja e a azul, os teores de Au e Ag obtidos para os diferentes intervalos amostrados; e a amarelo, a representação da disposição real do filão de Latadas. Destaque ainda para a correta representação da topografia presente no local da realização da sondagem LAS19005.	63
Fig. 40	– Área onde foi executada a campanha de sondagens carotadas, encontrando-se a área da Freixeda definida a azul, enquanto a área do Côvo surge definida a	

vermelho. O filão de São Jerónimo (Freixeda) encontra-se definido por alinhamento a amarelo. Uma vez que se pensa que o filão do Côvo seja a continuação do S. Jerónimo, este encontra-se também representado a amarelo. Ainda na Freixeda surge, representado a verde, o filão de Santo André (figura retirada em 11/10/2020 do *software Google Earth Pro*)..... 65

Fig. 41 – Localização da campanha de sondagens carotadas realizada na Freixeda, sendo esta constituída por sondagens cujo principal objetivo era o filão de São Jerónimo (alinhamento e pinos amarelo) e um outro conjunto de sondagens cujo objetivo principal era o filão de Santo André (alinhamento e pinos verde). Delimitada a azul encontra-se a área da Freixeda que foi alvo de prospeção geológica, nomeadamente, da realização das sondagens carotadas (figura retirada em 11/10/2020 do *software Google Earth Pro*). 67

Fig. 42 – Caixas de sondagem da FRS20014, onde é possível observar as características descritas para o filito entre a metragem dos 30,75 m até aos 33,85 m (delimitadas a vermelho). 69

Fig. 43 – Caixa de sondagem da FRS20014 representativa de todas as características observadas e descritas para o quartzofilito. 70

Fig. 44 – Caixa de sondagem da FRS20017, onde é possível observar as características descritas para o filão de Santo André entre a metragem dos 170,75 m até aos 171,10 m (delimitadas a vermelho). 71

Fig. 45 – Caixa de sondagem da FRS20017, onde é possível observar as características descritas para o filão de São Jerónimo entre a metragem dos 256,80 m até aos 257,10 m (delimitadas a vermelho). 72

Fig. 46 – Caixa de sondagem da FRS20014, onde é possível observar as características descritas para o *rock type* VEIN entre a metragem dos 304,40 m até aos 304,90 m (delimitadas a vermelho). 72

Fig. 47a, 47b e 47c – Caixas de sondagem da FRS20014, onde é possível observar as características descritas para o granito moscovítico entre a metragem dos 336,60 m até aos 345,00 m (delimitadas a vermelho). Os intervalos mineralizados descritos encontram-se delimitados a amarelo. 74

Fig. 48 – Exemplo ilustrativo de re-log geológico da sondagem FSN08 (histórica) onde se encontram representados: os intervalos de metragem referentes ao *rock type*; o *rock type*; os modificadores 1, 2 e 3; e os comentários sempre que necessários. Este log geológico foi executado com base nos códigos criados para a campanha de sondagens carotadas da Freixeda. 75

Fig. 49 – Caixas de sondagem da FSN08, onde é possível observar o filão de São

Jerónimo com litologia encaixante de granito moscovítico (delimitado a vermelho).	75
Fig. 50 – Secção da sondagem FSN08 (histórica), onde é possível observar o percurso da sondagem acompanhado com metragem na vertical e horizontal e um log geológico esquemático que apresenta litologias, alterações e diferentes mineralizações. Importa referir que esta secção, e subseqüentemente o log geológico esquemático, não se encontram realizados com os códigos definidos para a atual campanha de sondagens da Freixeda.....	76
Fig. 51 – Localização das sondagens carotadas selecionadas para a caracterização petrográfica e mineralógica de Latadas. As sondagens selecionadas são constituídas por uma fase de furos de sondagem curtos (pinos amarelos) e uma outra fase de furos de sondagem mais longos (pinos verdes). O filão de Latadas encontra-se representado por linha amarela, enquanto na linha vermelha encontra-se representada a área onde foram implantadas as sondagens (figura retirada em 10/10/2020 do <i>software Google Earth Pro</i>).	79
Fig. 52 – Localização das sondagens de RC selecionadas para a caracterização mineralógica de Latadas (pinos azuis). Na figura encontra-se também representada a localização das sondagens carotadas selecionadas para a caracterização petrográfica e mineralógica de Latadas. O filão de Latadas encontra-se representado por linha amarela, enquanto na linha vermelha encontra-se representada a área onde foram implantadas as sondagens (figura retirada em 10/10/2020 do <i>software Google Earth Pro</i>).	79
Fig. 53 – Localização das sondagens carotadas selecionadas para a caracterização petrográfica e mineralógica gde Latadas. As sondagens selecionadas são constituídas por uma fase de furos de sondagem curtos (pinos amarelos) e uma outra fase de furos de sondagem mais longos (pinos verdes). O filão de Latadas encontra-se representado por linha amarela, enquanto na linha vermelha encontra-se representada a área onde foram implantadas as sondagens (figura retirada em 10/10/2020 do <i>software Google Earth Pro</i>).	83
Fig. 54 – A – quartzofilito com níveis filíticos (1) e quartzosos (2) (LT/NX); B – quartzofilito com clivagem de crenulação S ₃ perpendicular a S ₀ //S ₁ //S ₂ (LT/NX); C – arsenopirite (ApyII) (LR/LT/N//); D – arsenopirite (ApyII) a acompanhar os plano de xistosidade do filito (Lupa – LT/N//); E – matéria orgânica (MO) a acompanhar planos de xistosidade do filito (LR/N//); F – arsenopirite (ApyII) a cortar a foliação do filito (PHY) (LT/NX).	85
Fig. 55 – A – fragmento de filito (Frg) com arsenopirite (ApyII) (LT/NX); B – mineralização	

entre os cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) (LT/NX); C – pirite euédrica (PyII) (LR/LT/N//); D – quartzofilito (QPH) com matéria orgânica (MO) e arsenopirite (ApyII) (LR/LT/N//); E – mineralização de arsenopirite (ApyII) e matéria orgânica (MO) paralela aos planos de xistosidade do quartzofilito (LR/LT/N//); F – fragmento de filito (Frg), quartzofilito (QPH), quartzo recristalizado (QzII), arsenopirite (ApyII) e clorite vermicular (Chlv) (LT/NX); G – clivagem de crenulação S_3 presente no quartzofilito (LR/LT/N//); H – clorite vermicular (Chlv) nos cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) (LT/NX)..... 89

Fig. 56 – A – fragmento de filito (Frg) com matéria orgânica (MO) e arsenopirite (ApyII) (LT/NX); B – mineralização de arsenopirite (ApyII) presente no quartzo recristalizado (QzII) que ocorre entre dois cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) (LT/NX); C – mineralização de arsenopirite (ApyIII) e pirite (PyIII) posteriores (LR/N//); D – massas de arsenopirite (ApyI) e pirite (PyI) (LR/N//); E – clorite (ChI) associada à mineralização (Lupa – LT/N//); F – veio de quartzo posterior (QzIII) ladeado por arsenopirite (ApyIII) (Lupa – LT/NX); G – cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) com extinção ondulante (1), subgranulação (2) e bordos saturados (3) (LT/NX); H – galena (Gn) (LR/N//). 94

Fig. 57 – A e B – quartzo recristalizado (QzII) associado a massas de arsenopirite (ApyI) e esfalerite (Sp) com calcopirite (Ccp) a preencher fraturas na massa de esfalerite (LT/N// e LR/N//); C – mineralização de arsenopirite (ApyIII) e pirite (PyIII) ao longo de uma fratura posterior (LR/N//); D – mistura entre quartzofilito e quartzo recristalizado (Lupa – LT/N//); E – fragmento de filito (Frg) com matéria orgânica (MO) e arsenopirite (ApyII) junto do quartzo recristalizado (QzII) (LR/LT/N//); F – clorite vermicular (Chlv) junto do quartzo recristalizado (QzII) (LT/NX). 97

Fig. 58 – A e B – quartzo recristalizado (QzII) com mineralização de arsenopirite (ApyI) e esfalerite (Sp), ocorrendo esporadicamente a substituição de esfalerite por galena (Gn) (LR/LT/N// e LR/N//); C – matéria orgânica (MO) associada ao quartzofilito (QPH) e concordante com os planos de xistosidade presentes no mesmo (LR/LT/N//); D – deposição de clorite (ChI) concordante com os planos de xistosidade do quartzofilito (QPH) (LT/NX); E – sericite (Ser) junto dos cristais de quartzo recristalizado (QzII) (LT/NX); F – quartzofilito com clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0/S_1/S_2$ (LT/NX). 99

Fig. 59 – Microfotografia da ApyII (LA10) obtida em MEV com o respetivo espetro EDS. 108

Fig. 60 – Microfotografia da ApyIII (LA28) obtida em MEV com o respetivo espetro EDS. 108

Fig. 61 – Diagrama da % atómica de As na Apy vs temperatura de cristalização (%As vs T°C) (Kretschmar & Scott, 1976). A ApyII surge representada a vermelho (40% As) enquanto a ApyIII surge representada a azul (37% As). 110

Fig. 62 – Espetro XRD da amostra LA08 onde se identifica várias micas como p. ex. clorite, tanto como, quartzo, plagioclase e calcite. 111

Fig. 63 – Espetro FTIR da amostra LA30 onde se identifica a caulinite e o quartzo. . 112

Fig. 64 – Espetro *Raman* obtido para a grafite da amostra LA45. 113

Fig. 65 – Espetro *Raman* associado ao geotermómetro da grafite definido por Beysac *et al* (2002), utilizado na LA45. 114

Índice de tabelas

Tabela 1 – Coordenadas dos vértices da área de concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda (sistema de coordenadas PT-TM 06/ETRS 89).	25
Tabela 2 – Paragénese mineral presente no jazigo aurífero da Freixeda segundo Noronha & Ramos (1993) (adapt.). Legenda: V – vestigial; X – pouco abundante; XX – abundante; e XXX – muito abundante.....	28
Tabela 3 – Amostras utilizadas para a caracterização petrográfica e mineralógica pormenorizada de toda a estrutura de Latadas. Na tabela apresenta-se informação referente a cada amostra, bem como, a(s) técnica(s) na qual foram analisadas e estudadas.	80
Tabela 4 – Resultados obtidos na caracterização petrográfica das rochas da estrutura de Latadas.	106
Tabela 5 – Composição química e proporções atómicas da ApyII e da ApyIII presentes na estrutura de Latadas.	108
Tabela 6 – Sequência de deposição e paragénese mineral presentes na estrutura mineralizada de Latadas. Legenda: X – pouco abundante; XX – abundante; e XXX – muito abundante.	118

Lista de abreviaturas

Adapt. – Adaptado

Almina – Minas do Alentejo S.A.

CAD – Computer Aided Design

CAI – Complexo Alóctone Inferior

CFF – Campo Filoniano da Freixeda

DGAOT – Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

E – Este

ESTA – Estrutura André

ESTJ – Estrutura Jerónimo

FCUP – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

FTIR – Espectroscopia de Infravermelhos

GIS – Geographic Information System

GPS – Global Positioning System

G2P – Granito Moscovítico

LR – Luz Refletida

LT – Luz Transmitida

MEV – Microscopia Eletrónica de Varrimento

MFI – Mineralização em Filão

Minaport – Minas de Portugal Lda.

MMU – Mineralização a Muro

MO – Matéria Orgânica

MTE – Mineralização a Teto

N – Norte

NX – Nicóis Cruzados

N// – Nicóis Paralelos

O – Oeste

P. ex. – Por exemplo

PHY - Filito

PPM – Partes Por Milhão

QA/QC – *Quality Assurance/Quality Control*

QPH – Quartzofilito

RC – *Reverse Circulation*

RQD – *Rock Quality Designation*

S – Sul

STWK – *Stockwork*

XRD – Difração de Raios-X

ZCI – Zona Centro-Ibérica

ZGTM – Zona Galiza-Trás-os-Montes

°C – Graus Celsius

Abreviaturas de elementos

Ag – Prata

As – Arsénio

Au – Ouro

Cu – Cobre

Fe – Ferro

Pb – Chumbo

S – Enxofre

Sb – Antimónio

Sn – Estanho

W – Tungsténio

Zn – Zinco

Abreviaturas de minerais (Whitney & Evans, 2010)

Apy – Arsenopirite

Chl – Clorite

Chlv – Clorite Vermicular

Cv – Covelite

Ccp – Calcopirite

Gn – Galena

Py – Pirite

Qz – Quartzo

Ser – Sericite

Sp – Esfalerite

I – Introdução

1 – Breve apresentação

Diversos tipos de indústrias influenciaram e construíram as condições sociais e económicas que atualmente conhecemos. A indústria mineira teve, têm e terá um papel importantíssimo na obtenção dos materiais essenciais para o estilo de vida contemporâneo que, muitas vezes, são tomados como certos. O principal objetivo da exploração mineira, ou de qualquer outro tipo, é a exploração dos recursos existentes da forma mais exata e sustentável possível. Para que esta premissa seja inteiramente cumprida existem diversos fatores que é necessário ter em consideração, como p. ex.: a quantidade de recurso necessária e disponível; o contexto geológico em que o recurso se encontra; o valor de mercado e o seu enquadramento geográfico; e outras questões ambientais, sociais, culturais e políticas.

A prospeção geológica é uma das fases prematuras e de extrema importância na indústria mineira. É nesta fase que se procede à recolha e tratamento de dados históricos; ao estudo dos indicadores presentes na área; à identificação de possíveis novos alvos de estudo; à identificação, caracterização e definição de estruturas mineralizadas; ao estudo dos eventos geológicos que originaram as estruturas mineralizadas; e à definição do recurso existente. No que respeita aos dados históricos, estes apresentam relevância, fornecendo importantes dados sobre a geologia e a mineralização presente na área de estudo. Estas informações podem ser obtidas através de inúmeras fontes, dependendo da quantidade de estudos e trabalhos que tenham sido realizados na área de interesse, podendo remontar a antigas explorações romanas, frequentes no território português, a explorações realizadas anteriormente que já tenham cessado a sua atividade e/ou a trabalhos científicos e de prospeção realizados recentemente. Os dados históricos podem corresponder desde um simples registo de uma ocorrência até a trabalhos de cartografia geológica de pormenor; análise geoquímica; abertura de poços e trincheiras; construção de galerias de prospeção; antigas galerias de minas já encerradas; e à realização de sondagens com recuperação integral de testemunho (carotadas) ou recuperação de amostras desagregadas (destrutivas ou circulação inversa).

Neste contexto, o presente relatório enquadra-se no âmbito da unidade curricular de Estágio, pertencente ao plano de estudos do 2º ano do Mestrado em Geologia da

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), tendo a realização do estágio curricular ocorrido na empresa Minaport – Minas de Portugal Lda., entre outubro de 2019 e março de 2020. A Minaport apresenta-se como uma empresa portuguesa, atualmente com foco na prospeção e pesquisa de estruturas mineralizadas em ouro, prata e polimetálicas, tendo neste momento várias concessões em Portugal continental. Uma dessas concessões, Numão, encontra-se na fase de exploração experimental. As atividades desenvolvidas durante o período de estágio tiveram como foco principal a colaboração na execução de duas campanhas de prospeção geológica. Estas foram realizadas pela empresa Minaport em parceria com a empresa Almina - Minas do Alentejo S.A. As campanhas realizaram-se ora na área de prospeção e pesquisa de Freixeda, ora na área de exploração experimental de Numão. Relativamente ao estágio, a área da Freixeda apresenta-se como principal, centrando-se o presente relatório na mesma. A concessão de prospeção e pesquisa cobre uma área aproximada de 168 km² em Trás-os-Montes, mais concretamente a SE de Mirandela.

Dentro da concessão da Freixeda, a referida campanha de prospeção geológica centrou-se no campo filoniano da Freixeda, sendo esta uma área totalmente englobada pelos limites da concessão. Este estudo ocorreu no seguimento de outros trabalhos que têm vindo a ser desenvolvidos ao longo das últimas décadas, sobretudo em estruturas mineralizadas em ouro, prata, tungsténio e polimetálicas (metais base). A atividade mineira na região remonta à época Romana, sendo que, recentemente, ocorreram explorações subterrâneas e outros pequenos trabalhos de prospeção e exploração, quer em pequenas galerias, quer a céu aberto. Destaca-se a mina da Freixeda, constituída pelo filão de São Jerónimo e filão de Santo André, que, entre 1952 e 1955, esteve em laboração contínua como mina de ouro, tendo a atividade cessado devido ao decréscimo do preço do ouro, a problemas laborais e à reorganização industrial.

O estágio realizado apresentou-se como uma oportunidade, uma motivação e uma enorme mais valia pelo contexto em que se realizou e pelo enorme trabalho desenvolvido. Este possibilitou o contacto direto do estagiário com a realização de trabalho de campo em contexto empresarial, onde foi possível aplicar inúmeros conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, em simultâneo, com uma aprendizagem e crescimento constantes. O referido estágio e o subsequente estudo académico apresentam uma relevância enorme para a área de estudo. Esta área apresenta um conhecimento geológico deficitário em diversos aspetos, como p. ex., a falta de carta geológica à escala de 1:50 000. Assim, a realização de todo este estudo contribui significativamente para o incremento do conhecimento geológico em diversas

temáticas. Para além disso, o trabalho desenvolvido traduz-se numa mais valia para a região, como p. ex., através do dinamismo económico criado durante a realização da campanha de prospeção, bem como, através da criação de possibilidade de estudos futuros e trabalhos geológico-mineiros estruturados e sustentáveis.

2 – Objetivos

No que concerne às atividades a desenvolver no âmbito da supracitada campanha de prospeção geológica, o plano de trabalho de estágio centrou-se essencialmente na colaboração da realização de duas campanhas de sondagens carotadas. A realização destas sondagens teve como objetivo principal retirar ilações e dados concretos dos alvos de estudo selecionados, nomeadamente, estruturas mineralizadas em ouro, prata e polimetálicas. Assim, a campanha de sondagens contribuiu fortemente para o objetivo principal da campanha de prospeção geológica, cujo objetivo era o de dotar a empresa de toda a informação necessária para a realização de todos os estudos e cálculos de viabilidade económica sobre as áreas de interesse.

Cessado o período de estágio, iniciou-se um estudo de índole académico que visou dar continuidade e completar o estudo realizado durante o estágio, contribuindo assim para o aumento do conhecimento geológico na referida área de estudo.

2.1 – Trabalho de campo

Durante a execução das campanhas de sondagens carotadas, o objetivo do estágio era permitir ao estagiário acompanhar, aprender e colaborar arduamente em todas as etapas inerentes às campanhas. Assim, de uma forma geral, destaca-se as seguintes etapas: implantação do local de sondagem em *softwares* específicos e em campo; autorizações e subsequente processo junto dos proprietários do terreno; acompanhamento da realização do furo de sondagem; estudo e tratamento dos testemunhos de sondagem; e, por último, amostragem e envio das amostras para laboratório certificado, onde seriam alvo de análises químicas. As referidas campanhas de sondagens, foram realizadas em dois locais distintos, ambos pertencentes ao campo filoniano da Freixeda, sendo eles, Latadas e Freixeda.

2.2 – Trabalho laboratorial

Como referido anteriormente, o objetivo do subsequente estudo laboratorial assenta na contribuição significativa para o conhecimento geológico, nomeadamente da estrutura presente em Latadas. Esta área apresentava um conhecimento geológico muito deficitário. Assim, este estudo tinha como pressupostos, por um lado, fornecer à empresa informações pertinentes sobre as mineralizações presentes e, por outro, contribuir para um conhecimento mais amplo das características geológicas presentes. Para tal, em suma, foram utilizadas diversas técnicas de estudo onde se destacam a microscópia ótica, a microscópia eletrónica de varrimento, a difração de raios-X, a espectroscopia de infravermelhos e a espectroscopia de *Raman*. O estudo laboratorial, apresenta como objetivos principais a caracterização petrográfica e mineralógica da estrutura geral de Latadas; a observação da sequência de deposição e paragénese mineral; bem como, a caracterização do fluido hidrotermal responsável pelas mineralizações e alterações presentes.

3 – Estrutura do relatório

Tendo em conta o objetivo que nos propomos atingir, o presente relatório de estágio encontra-se dividido em oito capítulos (sendo que o primeiro é a presente introdução):

Capítulo II – Enquadramento geológico – geologia regional e local, bem como a contextualização das mineralizações regionais e locais, com base em bibliografia de referência;

Capítulo III – Enquadramento geológico e metalogénico do campo filoniano da Freixeda – localização geográfica da concessão, caracterização das principais áreas do campo filoniano da Freixeda e síntese das principais atividades mineiras realizadas;

Capítulo IV – Técnicas e metodologias de trabalho – breve apresentação das atividades desenvolvidas em estágio e contextualização das técnicas e metodologias utilizadas no estudo laboratorial;

Capítulo V – Atividades de prospeção geológica na área do campo filoniano da Freixeda – descrição pormenorizada das atividades de prospeção geológica realizadas durante o estágio, com destaque para as atividades inerentes às campanhas de sondagens carotadas. Contextualização das amostras selecionadas para o estudo petrográfico e mineralógico da estrutura mineralizada de Latadas;

Capítulo VI – Caracterização petrográfica e mineralógica das rochas da estrutura de Latadas – caracterização e estudo minucioso de toda a estrutura de Latadas com base nos testemunhos e informações obtidas pelas sondagens carotadas. Destaque para as diferentes litologias e mineralizações definidas em log geológico;

Capítulo VII – Enquadramento da estrutura mineralizada de Latadas – enquadramento preliminar da sequência de deposição e paragénese mineral presente na estrutura de Latadas. Destaque para a caracterização dos fluidos mineralizantes.

Capítulo VIII – Conclusão – considerações finais sobre o trabalho realizado em estágio e subsequente estudo laboratorial, limitações do estudo e proposta de um conjunto de trabalhos e estudos futuros para uma análise mais aprofundada.

II – Enquadramento geológico

1 – Geomorfologia regional

A geomorfologia da Península Ibérica é condicionada pela existência de um conjunto de unidades morfoestruturais que, segundo Ribeiro (1979) se caracterizam pelo Maciço Hespérico (ou Varisco), pelas Cadeias Alpinas, pelas Orlas Meso-Cenozoicas e pelas Bacias Cenozoicas. À escala regional encontramos-nos perante o Maciço Varisco que apresenta na região uma paisagem diversificada, constituída por fortes contrastes entre planaltos, serras e vales encaixados de diversos rios, onde se destacam o Douro, Tua e Sabor. A ocorrência de extensas áreas planálticas, entre 600 e 1000 m de altitude, situadas a norte da Cordilheira Central, está na origem da conhecida designação de Meseta Norte. A atividade tectónica alpina está também expressa na região através da reativação de falhas tardi-variscas. Pela sua importância, proximidade e fator fundamental nas características geomorfológicas da região, destaca-se a falha Bragança-Vilariça-Manteigas e a falha Verín-Régua-Penacova (Ribeiro, 2004).

A influência litológica no relevo da região manifesta-se essencialmente através de grandes geformas residuais, como p. ex. as cristas quartzíticas. Estas cristas podem corresponder aos afloramentos da Formação do Quartzito Armoricano. No entanto, na área de estudo e envolvente próxima, estruturam-se maioritariamente em quartzitos do Silúrico, como p. ex. a Serra de Santa Comba, localizada próxima do limite O da concessão. Para além das cristas quartzíticas, o modelado granítico, devido a condicionalismos mineralógicos e/ou tectónicos, também influencia a diversidade de relevo na região (Pereira, 2006). Nas importantes estruturas dos maciços alóctones de Morais e Bragança, a paisagem está controlada pelas litologias dos Terrenos Exóticos, como p. ex. os peridotitos, os anfíbolitos e os ortognaisses, e pelos contactos abruptos impostos pelos carreamentos principais.

À escala local da concessão observa-se uma paisagem moderadamente acidentada com vales ligeiramente pronunciados. No entanto, de O para E, observa-se terrenos progressivamente mais acidentados, com vales pronunciados. Esta situação é condicionada pela atuação de inúmeras falhas de contexto local, sendo estas, muito provavelmente influenciadas pela falha da Vilariça, que se expressa no extremo E da concessão. Ao longo do extremo O da concessão desenrolasse o rio Tua e respetivo vale. Na folha 91 da Carta Militar de Portugal, estão retratados os aspetos morfológicos

referenciados, destacando-se: o vale do rio Tua com um cota média de 207 m na área de estudo; a povoação de Freixeda com uma cota de 363 m; e, por último, relevos importantes como o Malhado (726 m), Pedra Luz (685 m), Figueiro (501 m) e Vale de Pereiro (440 m). Importa ainda referir um contraste de relevo pronunciado entre as cristas quartzíticas, os granitos e alguns filões mais possantes em oposição aos terrenos mais filito-quartzíticos e xistentos.

2 – Geologia regional

2.1 – Breve introdução geológica

O fundamento da Ibéria é constituído por sedimentos que ter-se-iam depositado num antigo oceano Rheic, durante o Proterozoico superior e/ou Câmbrico. Estas são as rochas mais antigas observáveis que sofreram, posteriormente, repetidos dobramentos e profundas modificações metamórficas, resultando principalmente de intrusões magmáticas. Sobre essas rochas já enrugadas e metamorfizadas, depositaram-se, numa fase posterior, os sedimentos paleozoicos em condições variáveis de profundidade e sedimentação (Marques *et al.*, 2000).

No Carbonífero, a convergência e colisão de dois supercontinentes, Laurússia e Gondwana, durante o fecho do oceano Rheic (Ribeiro, 2013) originou a formação do supercontinente Pangeia. O longo e complexo processo de convergência incluiu etapas iniciais de subducção da crosta oceânica, culminando na colisão de diversos blocos continentais, originando a cadeia Varisca (Quesada, 1992; Marques *et al.*, 2000). A Península Ibérica é, essencialmente, constituída por um fragmento desta cadeia, designado de Maciço Ibérico, sendo que no núcleo deste maciço, a orogenia Varisca produziu um dobramento de orientação predominante NO-SE.

Em resultado das diferentes características paleogeográficas, estratigráficas, tectónicas, metamórficas e plutónicas que compunham os terrenos já existentes (Dias & Ribeiro, 1995), surgiram várias zonas geotectónicas por toda a península, com disposição paralela à cadeia Varisca (Julivert *et al.*, 1974). Estas zonas (Fig. 1) correspondem à Zona Cantábrica (ZC); Zona Astúrica-Occidental-Leonesa (ZAOL); Zona Galiza-Trás-os-Montes (ZGTM); Zona Centro Ibérica (ZCI); Zona de Ossa Morena (ZOM); e Zona Sul Portuguesa (ZSP) (Dallmeyer & Garcia, 1990).

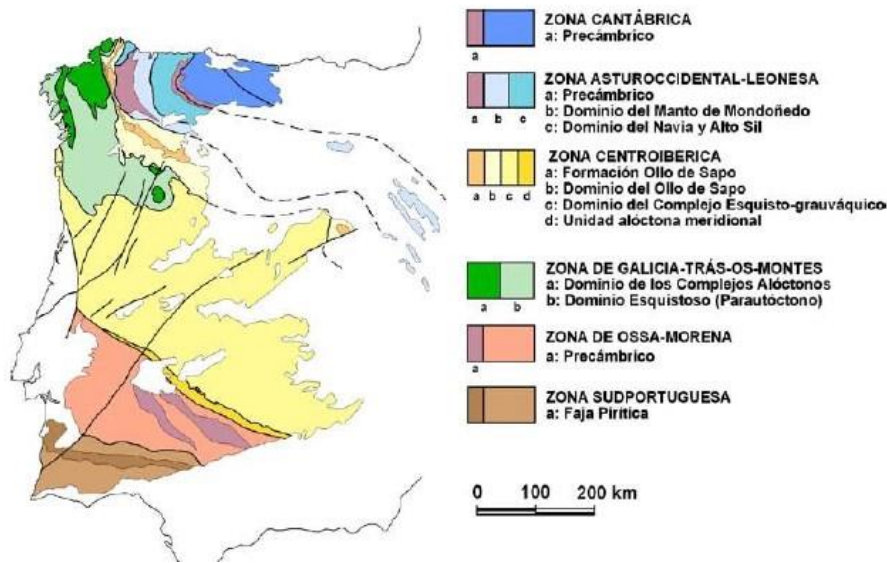


Fig. 1 – Síntese das zonas geotectónicas presentes na Península Ibérica (adapt. de Vera, 2004).

A estruturação da cadeia Varisca é caracterizada por uma deformação polifásica. Assim, a deformação provocada pelo desenvolvimento da orogenia Varisca apresenta três fases de deformação dúctil, designadas por D₁, D₂ e D₃ (ou F₁, F₂ e F₃) e várias fases pós-D₃ (também conhecida como D₄) (Ribeiro, 1974; Noronha *et al.*, 1979; Noronha, 1983). Tendo em consideração a localização geográfica da área de estudo, será dada ênfase à orogenia Varisca atuante no setor norte de Portugal (Fig. 2).

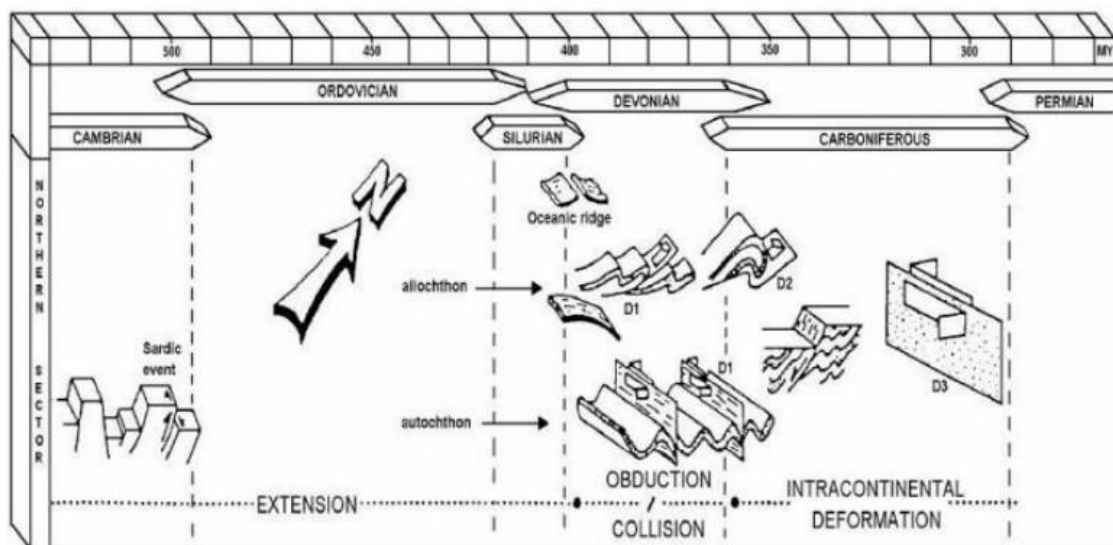


Fig. 2 – Ilustração representativa da evolução estrutural do setor norte de Portugal, com ênfase nas principais fases de deformação da orogenia Varisca (adapt. de Dias, 1994).

A fase D₁ da orogenia Varisca é caracterizada pela formação de dobras de diferentes vergências e orientações consoante a localização em terrenos autóctones, parautóctones e alóctones. Estas dobras apresentam predominantemente orientação NO-SE (Noronha, 1983), de plano axial sub-vertical e, ligeiramente, mergulhantes para NO nos terrenos autóctones. São exemplo disso, de N para S, o anticlinal do Marão, o anticlinal de Valongo e o sinclinal do Buçaco (Lourenço, 2002). Em terrenos parautóctones as dobras apresentam-se mais vergentes (Noronha *et al.*, 2006). A xistosidade ocorre paralela à estratificação (S₁//S₀).

A fase de deformação D₂, ao invés da fase D₁ da orogenia Varisca, encontra-se bem representada nos terrenos alóctones e parautóctones (Noronha *et al.*, 2006). Mais concretamente, a fase D₂ evidencia as suas especificidades máximas nas proximidades dos mantos de carreamento. Esta fase é caracterizada como deformação não coaxial associada aos cisalhamentos tangenciais de transporte dos mantos de carreamento. Expressa-se, predominantemente, na retoma da xistosidade S₁ por novos dobramentos de eixo curvo e desenvolvimento quer de xistosidade de plano axial – S₂ –, quer de xistosidade de crenulação (Pereira, 2006). Esta fase traduz-se numa vergência acentuada das dobras para SE, indicando um transporte de direção geral NO-SE para os terrenos em questão. Sendo que, no alóctone, a fase D₂ sobrepõe-se aos *fabrics* produzidos por D₁ através de carreamentos (Dias & Ribeiro, 1995). A segunda fase de deformação caracteriza-se pela formação de dobras deitadas de flanco inverso curto, que apresentam uma foliação de plano axial sub-horizontal (Fig. 3).

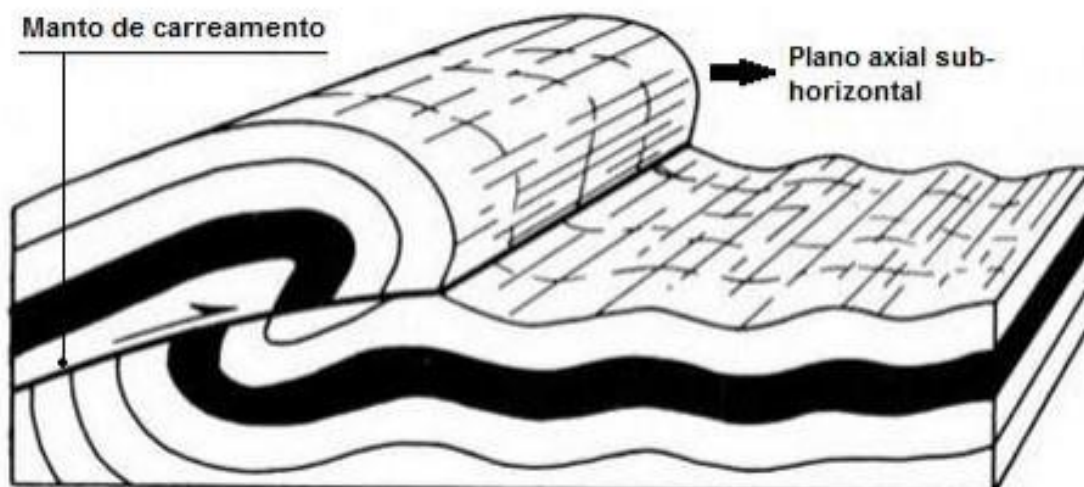


Fig. 3 – Ilustração simplificada das dobras da fase de deformação D₂ da orogenia Varisca (adapt. de Ribeiro *et al.*, 1983).

A fase D₃ da orogenia Varisca afetou os terrenos autóctones, parautóctones e alóctones, nos quais gerou estruturas idênticas (Ribeiro, 1974). Esta fase de deformação é completamente posterior à instalação dos mantos de carreamento. A terceira fase de deformação originou dobras abertas de plano axial sub-vertical e eixos sub-horizontais de orientação predominante NO-SE (Silva *et al.*, 1989). Estas dobras caracterizam-se pela presença de uma clivagem de crenulação e de uma clivagem de fratura sub-verticais de direção concordante (NO-SE), relacionadas com um campo de tensão principal horizontal de direção perpendicular (NE-SO). Esta fase originou também zonas de cisalhamento dúctil sub-verticais.

Num período tardi e pós-D₃, originou-se uma deformação dúctil-frágil e frágil em níveis estruturais superiores aproveitando estruturas pré-existentes. Estas fases tardi-Variscas originaram sistemas de falhas, de direção principal NNE-SSO conjugadas com as de direção NNO-SSE, respetivamente, desligamentos com movimentação esquerda e movimentação direita (Ribeiro *et al.*, 1979; Noronha *et al.*, 2006) (Fig. 4). Destacam-se as falhas Verín-Régua-Penacova e Bragança-Vilariça-Manteigas, orientação NNE-SSO.

Segundo Pereira *et al.* (1984, 1993) o norte de Portugal apresenta dois episódios principais de falhas (Fig. 5). Um primeiro sistema de falhas Variscas de direção média N80° conjugado com N°25, respetivamente, de movimento esquerdo e direito, contemporâneas de D₃. E um segundo sistema de falhas tardi-Variscas de direção N135° com desligamento direito conjugada com direção N25° de movimento esquerdo.

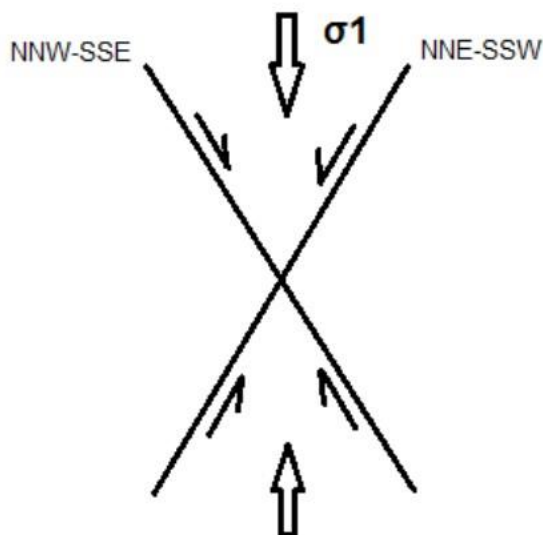


Fig. 4 – Ilustração simplificada da compressão N-S geradora de sistemas de falhas conjugadas de direção NNE-SSO e NNO-SSE.

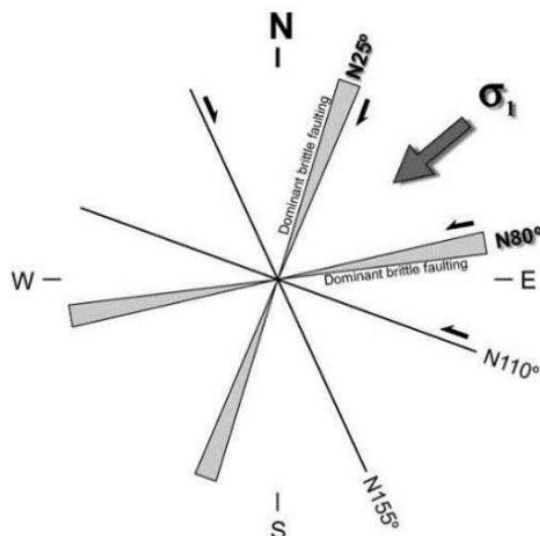


Fig. 5 – Ilustração simplificada do sistema de falhas contemporâneo de D₃ com direção N80° conjugado com N°25.

Um dos aspetos mais interessantes da orogenia Varisca que afetou a ZCI e a ZGMTM é o paralelismo e simultaneidade de processos magmáticos e metamórficos de médio a alto grau, sugerindo que magmas graníticos tiveram um papel importante na evolução térmica do orógeno nestas zonas (Martinez *et al.*, 1988; Ugidos, 1990; Dallmeyer *et al.*, 1997). Durante as primeiras duas fases de deformação ocorreu o desenvolvimento de um espessamento crustal ainda mais acentuado devido à instalação de mantos de carreamento. Estes acontecimentos permitiram o desenvolvimento de condições favoráveis para a génese de granitos de anatexia crustal que se apresentam deformados por D₃ que ficou neles impressa (Dias & Ribeiro, 1995).

2.2 – Zona Galiza–Trás-os-Montes

Ribeiro (1974) definiu para a atual ZGMTM os domínios Transmontano e Douro Inferior, subdividindo o domínio Transmontano em domínio Centro Transmontano e Peritransmontano. Estes últimos domínios, apresentam uma disposição concêntrica em torno dos Maciços de Bragança e Morais, sendo o limite entre eles marcado por unidades de cavalgamentos maiores (Fig. 6). Em suma, o domínio Peritransmontano corresponde às unidades metassedimentares parautoctones, enquanto, o domínio Centro Transmontano corresponde às unidades alóctones.

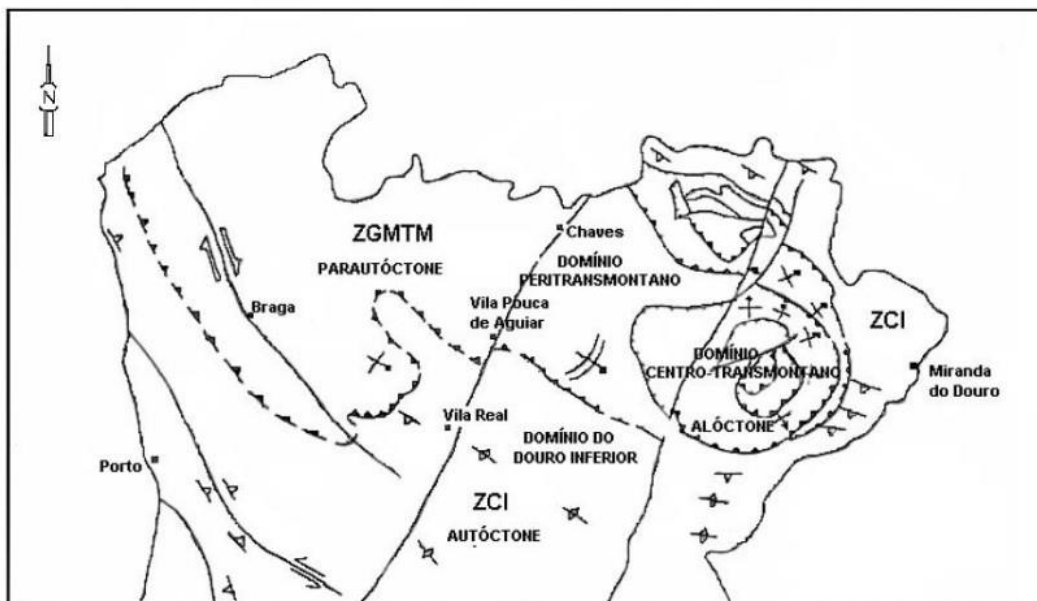


Fig. 6 – Unidades autóctones, parautoctones e alóctones com os correspondentes domínios estruturais, Douro inferior, Peritransmontano e Centro Transmontano definidos por Ribeiro (1974) (Ribeiro *et al.*, 1990).

A área da concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda integra-se, maioritariamente, nas unidades alóctones, mais especificamente, no Complexo Alóctone Inferior, embora ocorram também formações parautóctones. As referidas unidades e formações pertencem à ZGTM definida por Farias *et al.* (1987) e Arenas *et al.* (1988). A Zona Galiza-Trás-os-Montes é definida e caracterizada pela presença dos maciços alóctones, compostos por rochas com alto grau de metamorfismo e de composição máfica e ultramáfica predominante. Para além das referidas formações rochosas, é também constituída, de forma sumária, por litologias de natureza metassedimentar. As diversas tipologias litológicas constituem vários conjuntos tectonoestratigráficos, integrando mantos de carreamento (ou *nappes* tectónicas), que se sobrepõem às formações autóctones da ZCI por um carreamento maior, acidente este designado por *Main Trás-os-Montes Thrust* (MTMT). Na ZGTM diferencia-se, da base para o topo, o conjunto inferior e o conjunto superior. O conjunto inferior é constituído pelos domínios Parautóctone Inferior (DPI) e Parautóctone Superior (DPS). Enquanto, o conjunto superior, engloba os domínios dos Complexos Alóctones, nomeadamente, Complexo Alóctone Inferior (CAI), Complexo Ofiolítico (CO) e Complexo Alóctone Superior (CAS) (Iglésias *et al.*, 1983; Ribeiro *et al.*, 1990) (Fig. 7).

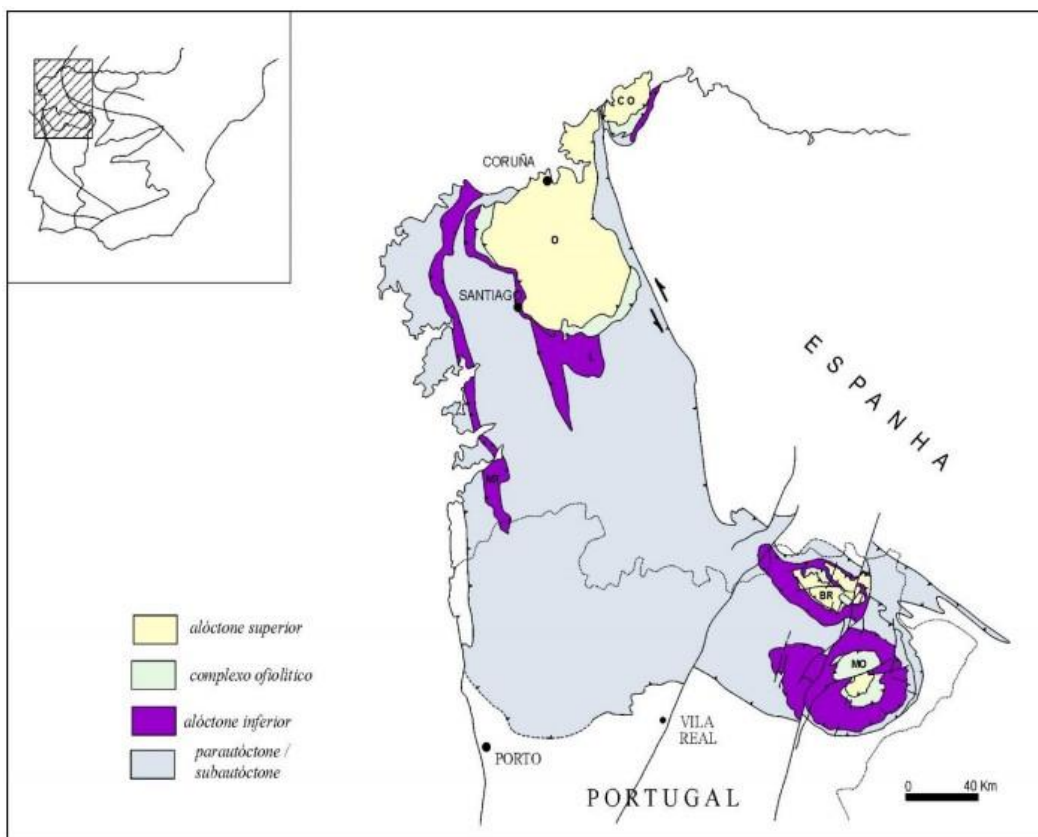


Fig. 7 – Mapa simplificado da Zona Galiza-Trás-os-Montes (Meireles, 2013, adapt. de Ribeiro *et al.*, 1990).

O conjunto inferior, que compreende os domínios parautóctones, teve um deslocamento menor face ao conjunto superior. Este apresenta formações litológicas e características estratigráficas, com afinidade paleogeográfica às formações do autóctone da ZCI. Por sua vez, o conjunto superior, que possui os domínios alóctones, apresenta um deslocamento maior face à sua posição original. No conjunto superior são observáveis terrenos continentais e oceânicos que exibem episódios vulcânicos e histórias tectónicas, estratigráficas e estruturais complexas e distintas, apresentando afinidade com as litologias autóctones da ZOM (Ribeiro *et al.*, 1990; Marques *et al.*, 1992; Pereira, 2007). Estes factos indicam para o conjunto superior, uma zona de raízes distal, com transporte segundo uma direção superior a 200 km para as unidades alóctones.

Os referidos domínios que constituem a ZGTM são intruídos por magmatismo granítico de origem orogénica. Destacam-se dois grupos principais de granitos quando apresentados segundo uma classificação baseada em características químico-petrográficas. Um primeiro grupo onde se inserem os granitos peraluminosos de duas micas com moscovite dominante, que foram gerados por anatexia húmida na crosta média (Ferreira *et al.*, 1987). Estes granitos ocorrem associados a terrenos metamórficos, sendo simultâneos com a fase D₃ da orogenia Varisca, estando associados às zonas de cisalhamento dúctil. No segundo grupo destaca-se os granitos biotíticos com plagioclase cálcica de origem basicrustal (Ferreira *et al.*, 1987), que ocorrem em maciços alongados ou como intrusões. Os referidos granitos aproveitam a intensa fraturação gerada no fim da fase D₃ para a sua instalação. Aplicando uma classificação tectónica, de acordo com o seu período de instalação, os granitos dividem-se em ante-, sin-, tardi- e pós-tectónicos utilizando como referência a fase D₃ da orogenia Varisca (Ferreira *et al.*, 1987).

2.3 – Tectónica regional

Na ZGTM destacam-se duas falhas de orientação NNE-SSO com desligamento esquerdo, ambas de proporções elevadas, nomeadamente, as falhas Verín-Régua-Penacova e Bragança-Vilariça-Manteigas. Esta última apresenta um papel fundamental na área de estudo. Assim, a falha da Vilariça apresenta-se como um desligamento esquerdo de orientação NNE-SSO com mais de 200 km de extensão (Ribeiro, 2004). Esta falha originou estruturas compressivas do tipo *push-up*, como p. ex. a Serra de Nogueira (1320 m) e a Serra de Bornes (1199 m) (Cabral, 1995; Pereira, 2006), estando esta última localizada no limite E da concessão. Ao longo da falha geraram-se também

diversas bacias de desligamento, como é o caso, da bacia da Vilariça, limitada por uma notável escarpa de falha (Cabral, 1989).

3 – Geologia local

A localização da área da concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda compreende uma zona onde não existe carta geológica à escala 1:50 000 publicada (carta 11 – A). Apenas uma ínfima parte da área de estudo, pertencente ao quadrante N, é abrangida pela carta geológica 7 – C de Mirandela à escala de 1:50 000, publicada em 2010. No entanto, toda a área de concessão é englobada pela folha 2 na escala 1:200 000, publicada pelo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação em 2006, com a respetiva notícia explicativa (Anexo I).

3.1 – Estrutura geológica

A estruturação da cadeia Varisca destaca-se na concessão de Freixeda e área envolvente pelas seguintes etapas:

- Fase D₁

No Complexo Alóctone Inferior, a fase D₁ originou xistosidade de plano axial (S₁) e macrodobras de eixo curvo, cuja charneira desenha o contorno do suprajacente Complexo Ofiolítico, apresentando um azimute próximo de E (entre 80° e 100°) (Pereira, 2006).

No Complexo Parautóctone, os eixos da fase D₁ desenharam padrões arqueados, isto é, macrodobras deitadas de estilo isoclinal. Estas dobras são maioritariamente acompanhadas por acidentes de flanco inverso, onde é possível observar uma foliação milonítica, indicando movimento do manto, de topo para ESE (Pereira, 2006).

- Fase D₂

No Complexo Alóctone Inferior, tal como os dobramentos de D₁, também as dobras de D₂ apresentam a mesma distribuição curva, acompanhando o contorno do Complexo Ofiolítico suprajacente. A geometria cinemática das dobras da segunda fase é fortemente influenciada pelos carreamentos de base, que acontecem ora na base, ora no topo da unidade, impondo aos eixos uma paralelização com o contorno

do maciço e uma vergência para o interior do mesmo (Ribeiro, 1974; Ribeiro *et al.*, 1990). Observa-se também a completa transposição da xistosidade S_1 pela xistosidade S_2 nas imediações dos carreamentos mencionados.

No Complexo Parautóctone, a segunda fase de deformação Varisca expressa-se por uma crenulação de orientação bastante inclinada e eixos sub-horizontais de direção tendencialmente perpendicular ao transporte tectónico (Pereira, 2006). Em zonas de maior concentração da fase D_2 , a xistosidade S_2 é a foliação mais penetrativa transpondo as estruturas anteriores, sendo possível observar uma lineação mineral. Esta lineação é interpretada por Pereira (2006) como a direção de transporte dos mantos, sendo esta, ONO-ESE a NO-SE com sentido de topo para ESE a SE.

- Fase D_3 – desenvolve-se posteriormente à instalação dos mantos, tendo a deformação evoluído através de cisalhamentos dúcteis, originando dobras de plano axial sub-vertical e com eixos sub-horizontais (Pereira *et al.*, 1993). Os cisalhamentos dúcteis mais significativos têm direção dominante NO-SE. Esta fase produz macrodobras anticlinais onde o seu núcleo é preenchido pelos granitóides peraluminosos colisionais (Pereira, 2006). Ainda nesta fase, é produzida uma xistosidade S_3 sub-paralela ao plano axial dos dobramentos, com penetração máxima nas proximidades dos granitos peraluminosos. No entanto, afastada destes, e essencialmente nos terrenos alóctones e parautóctones (área de estudo), a deformação é pouco penetrativa e traduz-se por uma crenulação fruste paralela aos cisalhamentos (Pereira, 2006).
- Tardamente, desenvolveu-se uma outra fase em regime frágil, retomando estruturas das fases anteriores. Nomeadamente os sistemas de fraturas segundo NE-SO (esquerdos) e NO-SE (direitos), que atuaram como desligamentos frágeis (Pereira *et al.*, 1993). Atuante na área da concessão, destaca-se a falha Bragança-Vilariça-Manteigas, de direção NE-SO.

Quanto às características litológicas da área de estudo, verifica-se a ocorrência de formações que integram ambos os domínios, anteriormente mencionados. Estes domínios encontram-se separados por um importante acidente tectónico, designado de

carreamento maior. Assim, mais especificamente, ocorrem formações pertencentes ao Parautóctone e ao Complexo Alóctone Inferior.

Estas formações, para além das evidências do deslocamento face à sua posição original, são distinguíveis, pois o CAI apresenta vestígios de paragénese mineral correspondentes com etapas de metamorfismo de alta pressão (fácies dos xistos azuis), ao qual se sobrepõem um metamorfismo de fácies dos xistos verdes e/ou anfibolítica (Munhá *et al.*, 1984). No CAI, o vulcanismo encontra-se intercalado com metassedimentos e mostra evolução temporal do magmatismo peralcalino ou alcalino transicional até um magmatismo toleítico tipo MORB (Ribeiro, 1991). Por sua vez, o Parautóctone, é constituído por uma série de unidades metassedimentares de baixo grau metamórfico (Pereira, 2006).

O CAI apresenta, da base para o topo, a seguinte sequência estratigráfica: Gnaisses (Ocelados) de Saldanha; Formação Filito-Quartzítica; Complexo Vulcano-Silicioso; Formação de Macedo de Cavaleiros; e a Unidade de Pombais. No topo da referida sequência ocorre a Unidade de Pombais, pertencente já ao Maciço de Morais, estando separada das restantes formações do CAI através de um carreamento menor. A sequência litostratigráfica apresentada é representativa de uma margem continental passiva (Pereira, 2006), seguida de uma margem continental em fase de rutura (*rift* continental). Esta fase culmina na rutura da crosta continental, com subsequente início de formação de crosta oceânica (*rift* oceânico), materializada na Unidade de Pombais.

3.2 – Litologias das unidades metassedimentares

Em toda a parte poente e no quadrante SO da concessão, ocorrem litologias do Parautóctone, ambas de idade Silúrica. Ocorrem nomeadamente:

- Formação Pelito-Grauváquica (S_{PX}) – constituída na área de estudo por alternância de pelitos, psamitos, grauvaques e tufos vulcânicos, é ainda, constituída por xistos cinzentos com intercalações de xistos negros, ampelitos e liditos (Pereira, 2006), estes últimos sem expressão na área da concessão. Esta formação ocorre numa pequena extensão no quadrante SO da concessão, estando ladeada pela Formação de Quartzitos Superiores e pela Formação Filito-Quartzítica. A Formação Pelito-Grauváquica é datada do Silúrico Inferior.

- Formação de Quartzitos Superiores (S_{PQ}) – esta formação corresponde aos quartzitos xistóides e quartzofilitos com intercalações de quartzitos (Pereira, 2006), contactando na área de estudo, a topo, com o carreamento de base do Complexo Alóctone Inferior. As manchas desta formação são facilmente identificadas na paisagem devido aos relevos resistentes originados pelos afloramentos quartzíticos (Pereira, 2006). As suas litologias quartzíticas, preservam a estruturação Varisca da 1ª fase de deformação. Relativamente a datação temporal, a referida formação, pertence ao final do Silúrico Inferior e sobretudo ao Silúrico Superior.

Findas as litologias pertencentes ao Parautóctone, ocorrem, na parte central e nascente da área de estudo, formações pertencentes ao Complexo Alóctone Inferior, separadas das anteriores através de um importante carreamento – carreamento de base. Ocorrem nomeadamente:

- Formação Filito-Quartzítica (O_{FQ}) – que corresponde à maior mancha litológica presente na área da concessão, sendo datada do Ordovícico Superior. Esta formação é constituída na área de estudo por uma sucessão espessa de filitos quartzosos, filitos e quartzofilitos. Ainda nesta formação, mas não aflorando na área de estudo, ocorrem nas litologias supracitadas, as seguintes características: níveis quartzíticos sericíticos por vezes espessos (Pereira, 2006); ou intrusões de rochas ácidas porfíricas (metavulcanitos ácidos) e escassas intrusões de diabases (metavulcanitos básicos) correspondentes com às escoadas efusivas características do nível estratigráfico superior (Complexo Vulcano-Silicioso).
- Complexo Vulcano-Silicioso (S_{VS}) – este complexo de idade Silúrica sobrepõem-se à Formação Filito-Quartzítica, apresentando uma sequência sedimentar e vulcânica muito diversificada, contendo pormenores relevantes ao nível sedimentológico, estrutural e geoquímico. Segundo Pereira (2006), da base para o topo, consta de xistos verdes cloríticos ou cinzentos sericíticos com intercalações de rochas básicas hiperalcalinas ou alcalinas, intrusivas ou extrusivas. Sucedem-se níveis de tufos riolíticos porfíricos e porfíricos que dão lugar, lateralmente, a metavulcanitos intermédios, tufitos ácidos, *cherts* hematíticos e liditos. A componente xistosa da unidade envolvente destes metavulcanitos, por contaminação, assume coloração borra de vinho por alteração de hematite e torna-se mais siliciosa com intensa exsolução de quartzo. Na parte superior, ocorrem, em vários locais, níveis

lenticulares de calcários negros de tipo recifal, calcoxistos e metagrauvaques. Na área de estudo destaca-se os xistos verdes cloríticos ou cinzentos sericíticos apresentando intercalações de rochas de tendência predominantemente básica.

3.3 – Granitos Variscos

Após a instalação dos complexos alóctones, a crosta sofreu localmente um espessamento considerável face ao enorme empilhamento das unidades alóctones e parautóctones. Este aspeto parece condicionar a instalação de grandes maciços graníticos, como a que ocorreu na restante área do norte e centro de Portugal continental. Regionalmente, no NE de Trás-os-Montes, as poucas intrusões graníticas encontram-se ao longo da zona de fraqueza da falha da Vilariça ou já na fronteira da ZGTM com a ZCI.

Não obstante, na área da concessão e sua envolvente, ocorrem formações graníticas, as quais constituem intrusões nas formações metassedimentares descritas anteriormente. As referidas intrusões inserem-se nos granitóides Variscos de duas micas, tardi a pós-tectónicos relativamente a fase D₃ da orogenia Varisca. Os granitóides deste grupo correspondem a granitos de duas micas, com mais ou menos biotite, apresentando características de granitos do tipo S (Chappel & White, 1974, *in* Pereira, 2006). Os granitos tardi a pós-tectónicos possuem fácies e mineralogia idêntica às dos granitos de duas micas sin-tectónicos, tendo provavelmente resultado da fusão de grandes massas de crosta continental (Pereira, 2006). As ocorrências a salientar para a área da concessão são:

- Granito da Pedra Luz e Burga (Microgranito moscovítico) – os maciços da Pedra Luz e Burga são formados por granitos de grão fino moscovíticos, leucogranitos e aplitos. Segundo Palacin *et al.* (1987) o granito da Pedra Luz apresenta-se em lâminas graníticas com orientação NE, sendo este, o granito mais importante na área de estudo. Este granito terá originado as mineralizações de W na Pedra Luz e, segundo vários autores, estará relacionado com as mineralizações de Au-Ag na Freixeda. Esta intrusão granítica ocorre alinhada segundo a direção NE-SO.
- Granito de Benlhevai–Vilares da Vilariça – este granito corresponde, na verdade, a dois maciços graníticos que se encontram deslocados devido ao movimento da falha da Vilariça. Estes maciços encontram-se a SE do granito da Pedra Luz e a S do

granito da Burga. O presente granito é constituído por uma fácies predominantemente moscovítica de grão fino a médio (Pereira, 2006). Localmente, pode também ocorrer uma fácies porfiróide moscovítica e biotítica de grão médio a grosseiro (Palacin *et al.*, 1987).

- Granito do Romeu – no quadrante a N, e em pequena parte, na área da concessão, ocorre o Maciço do Romeu. Este maciço é compósito sendo formado por uma fácies dominante, moscovítica de grão médio. Na parte interna do maciço ocorre uma fácies de duas micas de grão médio e tendência porfiróide com deformação expressa por alinhamento mineral (Pereira, 2006).

4 – Mineralizações

Como referido anteriormente, pertencente à área da concessão, destaca-se o campo filoniano da Freixeda (CFF) como área de maior interesse e expectativa. Assim, relativamente às mineralizações presentes no referido campo, estas apresentam diferentes teores e interesse económico, centrando-se sobretudo em mineralizações de ouro, prata, tungsténio e polimetálicas onde se destaca o chumbo, zinco e cobre. Sendo que os três últimos foram explorados como subprodutos em extrações principais de ouro. Esporadicamente, ocorrem mineralizações de antimónio e estanho. De seguida, tendo em conta as mineralizações presentes, a sua importância, as suas características e a sua localização, surge uma contextualização das principais mineralizações para o panorama geral do norte de Portugal e também para o panorama local.

Desde tempos pré-romanos que jazigos primários de ouro no norte de Portugal têm sido alvo de explorações de maior ou menor envergadura, sendo que, uma importante província auro-argentífera está localizada no NO da Península Ibérica abrangendo regiões da Galiza, Astúrias, Leão, Minho, Trás-os-Montes e Beiras (Noronha & Ramos, 1993). Estes jazigos de ouro são maioritariamente do tipo filoniano apresentando uma distribuição geográfica heterogénea, tendo em comum uma intrínseca associação espacial a zonas de cisalhamento. No geral, os jazigos são constituídos por filões sub-verticais, com direção variável, e estão associados a falhas tardias da orogenia Varisca. Segundo Noronha & Ramos (1993), os filões ocorrem em quatro direções preferenciais: I – N40° a N70° (Freixeda e Valongo); II – N20° a N40° (Jales); III – N100° a N130° (Três-Minas e Gralheira); e IV – N20°O a N20°E (Arga).

No que diz respeito às mineralizações de ouro que ocorrem no norte de Portugal, Noronha *et al.*, (2000), descreveram três estádios fundamentais de cristalização:

- Estádio 1 – responsável pela cristalização de um quartzo leitoso em condições de baixa pressão e temperatura onde não existem vestígios de deposição de ouro;
- Estádio 2 – responsável pela deposição de um quartzo hialino acompanhado da deposição dos primeiros sulfuretos de pirite e arsenopirite, sem vestígios de ouro;
- Estádio 3 – onde se verifica a fraturação de veios anteriores e deposição de ouro e sulfuretos nas fraturas formadas.

Grande parte das mineralizações auríferas em questão evidenciam aspetos de terem sido afetadas por diversos períodos de deformação, resultando numa variação de regime dúctil-frágil a frágil. Verifica-se que o preenchimento é tardio, embora esteja instalado em fraturas contemporâneas da D₃. São conhecidos exemplos de sistemas filonianos que cortam desde granitos sin-, tardi-, e pós-tectónicos a rochas metassedimentares paleozoicas, sendo estas evidências que levam vários autores a considerar as mineralizações auríferas como sendo pós-D₃ (Noronha & Ramos, 1993; Noronha *et al.*, 2000). Este facto é comprovado pela existência de uma relação espacial estreita com as falhas de orientação N10° a N40°, típicas das fases de deformação tardias da orogenia Varisca.

A ocorrência de ouro encontra-se geralmente ou sob a forma de ouro nativo, pobre em prata, ou sob a forma de electrum. Verifica-se também que o ouro se encontra em inclusões nos sulfuretos do estádio ferro-arsenífero. Ou, se ocorrer na forma de electrum com teores variáveis de prata, encontra-se entre fraturas ou espaços intergranulares, em cavidades dos sulfuretos e na ganga quartzosa.

Apesar das várias ocorrências de jazigos de ouro em Portugal, nenhuma mina se encontra, atualmente, em atividade de exploração (Fig. 8). Não obstante a quantidade de ocorrências e a importância económica deste recurso, existe ainda um défice de estudos sobre a metalogenia do ouro. Sendo que, ao longo dos últimos anos, vários autores têm realizado esforços com o intuito de explicar a génese das mineralizações auríferas filonianas. No entanto, a província de Trás-os-Montes e Alto Douro e, mais especificamente, a zona de estudo, apresentam diversos trabalhos, como p. ex. as referências sobre as mineralizações em Escádia Grande e Freixeda – Pedra Luz (Cerveira, 1947, 1952). Cerveira (1952) refere que para o setor Freixeda – Pedra Luz, as mineralizações de ouro estão relacionadas com a cristalização fracionada

(diferenciação magmática) de um magma granítico, sugerindo um modelo de zonalidade para justificar as relações entre mineralizações de tungsténio e ouro. Para o autor os metais com tendência siderófila e calcófila, como p. ex. o ouro e prata, concentrar-se-iam nos fluidos tardios, encontrando-se na fase sulfúrea, em filões e veios. Enquanto que os elementos com tendência oxifila, como p. ex. tungsténio e estanho, iriam ocorrer sob a forma de óxidos, concentrando-se na fase silicatada. Almeida & Noronha (1988) definem para a região de Trás-os-Montes (especificando entre outros o setor Freixeda – Pedra Luz) uma zonalidade lateral, perigranítica, para as mineralizações de Sn-W e de Au.



Fig. 8 – Localização dos principais depósitos de Au no norte e centro de Portugal (Martins, 2012). Destaque para o número 8 – Latadas, pertencente ao CFF.

No que concerne ao tungsténio, este é considerado pela Comissão Europeia (2010) como uma das matérias-primas críticas, sendo, portanto, de extrema importância o reconhecimento das reservas de tungsténio presentes na Europa, bem como, a forma de ocorrência dos seus minérios. O tungsténio não ocorre de forma natural como metal puro, sendo os tungstatos os mais importantes, onde se destacam a scheelite (CaWO_4), a volframite ($(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$) e a stolzite (PbWO_4). Para além destes, destaca-se a tungstenite (WS_2), como principal sulfureto de tungsténio. A volframite, tal como a fórmula química revela, trata-se de uma série isomorfa possuindo no extremo ferrífero

a ferberite e no extremo magnesiano a hubnerite, sendo a volframite, o termo intermédio da série. Associados a volframite, ocorrem maioritariamente minerais de cobre, estanho, molibdénio, bismuto, ouro entre outros complexos menores.

Os depósitos de tungsténio ocorrem, geralmente, associados a intrusões graníticas ou a rochas metamórficas de médio a alto grau. Segundo Werner *et al.* (2014) os jazigos de tungsténio podem ser do tipo filoniano, *stockwork*, *skarn*, pórfiro ou *stratabound*, sendo que os processos hidrotermais são fundamentais na maioria destes depósitos, influenciando a complexidade da sua mineralogia, bem como a sua morfologia. Um jazigo do tipo filoniano que se encontre associado a intrusões graníticas, próximo ou contido nestas, será posterior à instalação e cristalização da rocha granitóide. Relativamente à mineralogia dos filões esta pode ser simples, contendo apenas quartzo e minério de tungsténio, ou pode ser bastante complexa, como p. ex. no jazigo português da Panasqueira.

Em Portugal, mais especificamente na província metalogénica Sn-W Ibérica (Thadeu, 1977), que abrange grande parte do NO da Península Ibérica, a maioria dos depósitos de tungsténio estão espacialmente associados a granitos do tipo S. Estes depósitos são constituídos por filões de quartzo com mineralizações em tungsténio e estanho (Neiva, 2002). Segundo Noronha *et al.* (2006), as mineralizações de volframite e/ou scheelite ocorrem em diferentes contextos, espacialmente associados a: maciços graníticos biotíticos sin-tectónicos, maciços graníticos de duas micas, e granitos pós-tectónicos. As concentrações de W (e Sn) presentes no norte de Portugal são o resultado de um encadeamento de processos, estando ora ligados a fenómenos magmáticos, ora a fenómenos hidrotermais, e a um indispensável binário entre os granitos e os metassedimentos, originando a ocorrência destes jazigos (Noronha, 1983).

As mineralizações hidrotermais de tungsténio (e estanho) apresentam uma distribuição heterogénea (Fig. 9). No entanto, estas encontram-se condicionadas em alinhamentos paralelos aos da estruturação da orogenia Varisca, bem como por afloramentos graníticos de idade Varisca. As referidas mineralizações podem ocorrer na zona de contacto entre os granitos intrusivos e os metassedimentos ou na zona de contacto de granitos intrusivos com outros granitos mais antigos (Conde *et al.*, 1971).

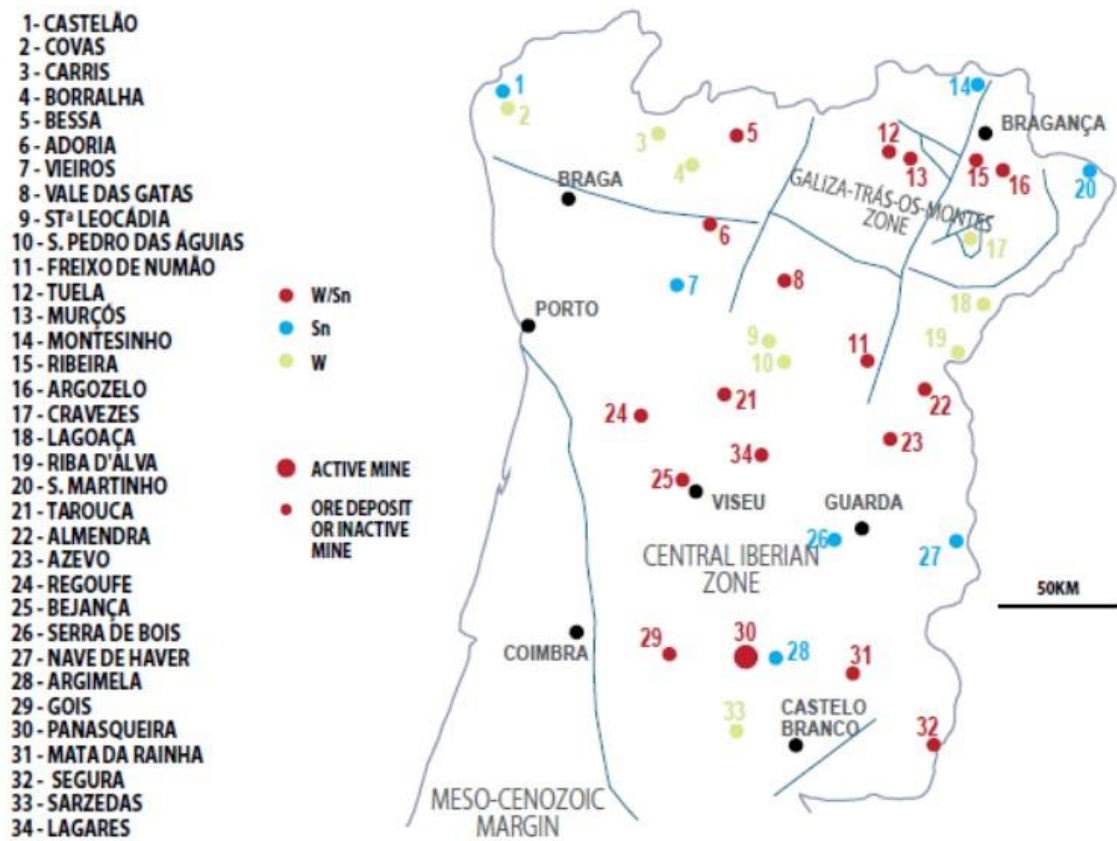


Fig. 9 – Localização dos depósitos de W e Sn presentes no norte e centro de Portugal com representação das unidades geotectónicas (Martins, 2012).

III – Enquadramento geológico e metalogénico do campo filoniano da Freixeda

1 – Localização geográfica

A concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda localiza-se no NE de Portugal continental, mais especificamente na província de Trás-os-Montes, distrito de Bragança. A concessão abrange os concelhos de Mirandela, Vila Flor e Alfândega da Fé, ocupando uma área de 168 km² (Fig. 10).

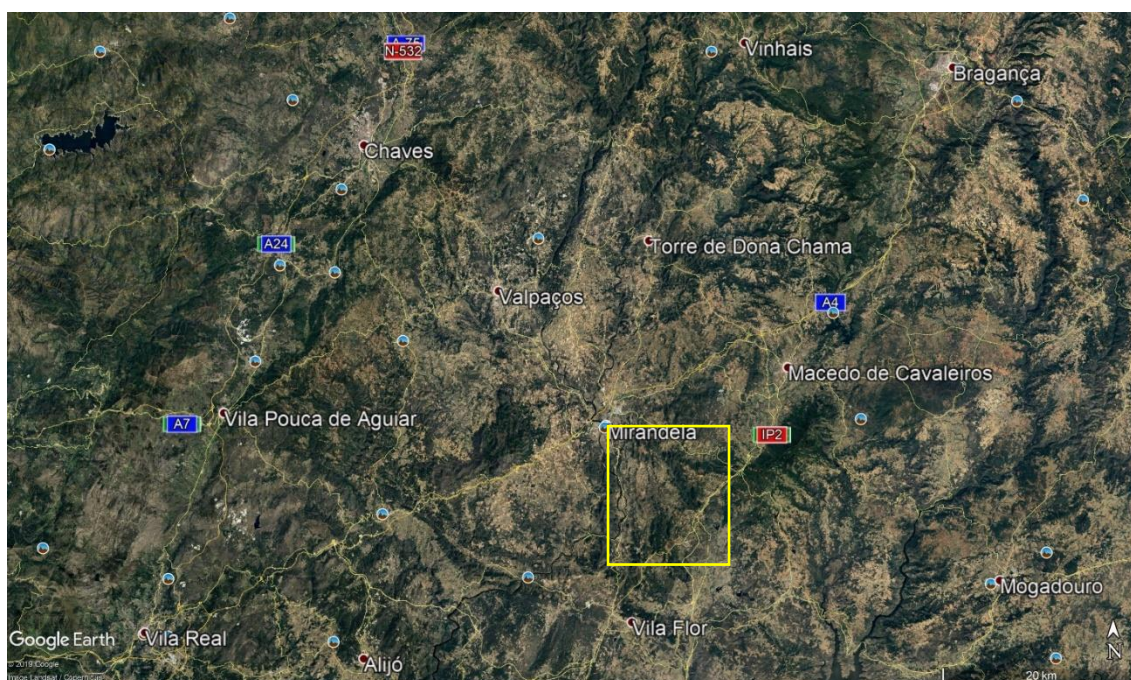


Fig. 10 – Localização geográfica da área da concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda, delimitada a amarelo (figura retirada em 10/10/2020 do software Google Earth Pro).

A área de concessão, pertencente ao contrato assinado com a Direção Geral de Energia e Geologia, é delimitada por um polígono cujos vértices, em coordenadas no sistema PT-TM 06/ETRS 89, são as representadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Coordenadas dos vértices da área de concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda (sistema de coordenadas PT-TM 06/ETRS 89).

Vértices	Distância à meridiana (m)	Distância à perpendicular (m)
Canto superior esquerdo	80 000	188 000
Canto superior direito	80 000	202 000
Canto inferior direito	92 000	202 000
Canto inferior esquerdo	92 000	188 000

Os 168 km² da área de estudo são abrangidos pelas folhas número 77 – Mirandela, 91 – Frechas e 105 – Vila Flor, pertencentes à série M888 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 do Instituto Geográfico do Exército (Anexo II).

A área de estudo apresenta ótima acessibilidade. Partindo da cidade do Porto, o acesso é feito através da A4 no sentido Porto – Bragança com saída para a cidade de Mirandela. Posteriormente, já em Mirandela, percorre-se a N213 no sentido Mirandela – Cachão, a partir da qual se efetua um desvio à esquerda, entrando na EM578 que leva até à povoação de Freixeda. Esta povoação apresenta um enquadramento geográfico nevrálgico na área de estudo, podendo, a partir desta, aceder de forma rápida e fácil à restante área. A povoação de Freixeda localiza-se 160 km a E do Porto e cerca de 14 km a SE de Mirandela.

2 – Campo filoniano da Freixeda

Pertencente à concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda, destaca-se a área do campo filoniano da Freixeda, como área de principal interesse e expectativa. O CFF localiza-se integralmente no Complexo Alóctone Inferior, sendo também observáveis litologias graníticas. Relativamente às mineralizações presentes, estas apresentam diferentes teores e interesse económico, centrando-se, sobretudo, em mineralizações de ouro, prata, tungsténio e polimetálicas, onde se destaca o chumbo, zinco e cobre. Os três últimos foram explorados como subprodutos em extrações principais de ouro. Esporadicamente, ocorrem mineralizações de antimónio e estanho.

A atividade mineira na área do CFF remonta à época Romana, sendo que, recentemente, ocorreram explorações subterrâneas e outros pequenos trabalhos de prospeção e exploração, quer em pequenas galerias, quer a céu aberto. Destaca-se a mina da Freixeda (Anexo III), constituída pelo filão de São Jerónimo e filão de Santo André, que de 1952 a 1955, esteve em laboração contínua como mina de ouro, tendo a

atividade cessado devido ao preço do ouro, problemas laborais e reorganização industrial. A NE da referida mina, encontra-se o filão aurífero do Covo (Anexo III), enquanto a SO da mina localiza-se a área da Pedra Luz com concentrações anómalas de tungsténio (Anexo III). Para N destes locais, entre as localidades de São Salvador e Vila Verde, encontra-se o grande filão auro-argentífero das Latadas (Anexo III).

2.1 – Estrutura mineralizada de Latadas

Dentro do CFF, na zona situada mais a N, ocorre uma importante estrutura mineralizada. O filão de Latadas localiza-se principalmente entre as localidades de São Salvador e Vila Verde, apresentando uma orientação geral O–E com uma inclinação sub-vertical. Este filão corta as litologias da Formação Filito-Quartzítica e do Complexo Vulcano-Silicioso. O filão possui uma extensão total superior a 6 km com uma possança variável entre 1 e 11 metros, apresentando expressão máxima no cruzamento entre as referidas formações geológicas. Relativamente à mineralização auro-argentífera, esta surge heterogénea. Como referido anteriormente, a área de Latadas apresenta um conhecimento geológico muito deficitário, não havendo um modelo geral da estrutura.

2.2 – Estrutura mineralizada da Freixeda

Relativamente à mineralização que ocorre na Freixeda, Palacin (1985), Palacin *et al.* (1987) e Almeida & Noronha (1988) admitem a sua relação com a ocorrência de granitos de duas micas tardi a pós-tectónicos, segundo um modelo de zonalidade peribatolítica, para relacionar as mineralizações em W com as de Au-Ag. Quanto à origem dos fluidos mineralizadores, os mesmos autores são a favor da hipótese de que estes seriam fluidos residuais de diferenciação magmática, não excluindo a possibilidade de grandes circuitos convectivos para justificar a mobilização de elementos metálicos.

A mineralização insere-se nas formações de natureza metassedimentar, predominantemente na Formação Filito-Quartzítica, sendo quase exclusivamente do tipo filoniano, sub-vertical, de orientação N40° a N70° com ganga quartzosa (Noronha & Ramos, 1993). Para além disso, de acordo com Parra & Lopes (1999), o minério pode também ocorrer em *stockwork* e massas silicificadas. De uma forma geral, os filões são maioritariamente paralelos entre si, apresentam uma orientação predominante segundo NE-SO, encontrando-se, na sua maioria, verticais ou muito próximos. No entanto, pontualmente, podem inclinar ora para NO, ora para SE. Estes filões apresentam uma espessura média variável entre 15 e 25 cm, intersetando outra importante família de

filões que ocorre no CFF, esta última com orientação O-E. Importa ainda referir que, a baixo das formações metassedimentares presentes na área da mina da Freixeda, ocorre em profundidade variável a presença de um granito.

Na mina da Freixeda, destacam-se os filões de São Jerónimo e de Santo André nos quais se procedeu à extração de Au, Ag e Pb. Estes filões, segundo trabalhos desenvolvidos pelas diversas empresas já detentoras dos direitos da concessão, apresentam continuidade ora para NE, ora para SO, partindo da mina da Freixeda. Os referidos trabalhos sugerem também que a mineralização presente nos diversos setores do alinhamento filoniano esteja associada. O sistema filoniano em questão apresenta uma extensão total superior a 4 km, sendo que de NE para SO se destaca o Côvo, a Freixeda e a Pedra Luz. Importa salientar que, enquanto na Freixeda ocorre um granito em profundidade, na Pedra Luz, o granito apresenta-se à superfície.

Segundo Almeida & Noronha (1988), a sequência de deposição mineral, para o sistema filoniano em questão, apresenta duas etapas principais de mineralização:

- A – Caracterizada pela associação de scheelite + volframite + sulfuretos (principalmente arsenopirite, pirite, pirrotite e molibdenite) que pode ser encontrada no setor da Pedra Luz (SO da mina da Freixeda);
- B – Caracterizada pela associação de calcopirite + esfalerite + sulfossais + galena + elementos nativos – Au, Ag, Cu – que está bem representada no presente setor da mina da Freixeda.

Os autores assumem que estas duas etapas pertencem ao mesmo processo de mineralização, com deposição de quartzo durante a deposição de outros minerais. O ouro é geralmente associado com W, As, Cu, Pb, Zn e Sb. Calcopirite, pirite, arsenopirite, esfalerite, sulfossais, galena e elementos nativos (ouro e prata) estão presentes nos filões de quartzo. Quanto à sua mineralogia principal, a seguir ao quartzo, a arsenopirite constitui o mineral mais importante, estando a presença de ouro associada a um estágio intermédio, ferro-arsenífero em que o electrum se associa à arsenopirite (Noronha & Ramos, 1993). De uma forma geral, a mineralização é constituída por bandas de sulfuretos de grão fino paralelas aos encostos do filão, onde por vezes, ocorrem bandas de sulfuretos maciços com vários centímetros de possança.

Na Tabela 2 representa-se de uma forma simplificada as principais associações minerais presentes no jazigo aurífero da Freixeda.

Tabela 2 – Paragénese mineral presente no jazigo aurífero da Freixeda segundo Noronha & Ramos (1993) (adapt.).
 Legenda: V – vestigial; X – pouco abundante; XX – abundante; e XXX – muito abundante.

	Estádio Ferro-Arsenífero	Estádio Zinco-Cuprífero	Estádio Plumbo-Antimonífero
Pirrotite	X		
Arsenopirite	XXX		
Pirite	XX		
Ouro	X		
Blenda		X	
Calcopirite		X	
Galena			XX
Boulangerite			V
Estanite			V
Bornite			X
Jamesonite			X
Tetraedrite			X
Electrum			X
Pirite			X
Bismuto			V
Bismutinite			V
Marcassite			X

Na Freixeda ocorre um corpo riolítico que se aloja numa extensa *shear-zone*, até 10 metros, bastante alterada com clorite, cataclasamento e disseminação de sulfuretos. Este corpo encontra-se cartografado com um máximo de 3,5 metros de possança.

2.3 – Estrutura mineralizada do Covo

O setor do Covo situa-se um pouco para NE da antiga mina da Freixeda, sendo constituído por um sistema filoniano principal, que corta a Formação Filito-Quartzítica e o Complexo Vulcano-Silicioso que ocorrem na área. No Covo, a mineralização aurífera ocorre disseminada em estruturas filonianas, encaixadas nos xistos (luzentes). Estes filões são constituídos por quartzo leitoso, cataclasado e ferruginoso, mineralizado com pirite, arsenopirite com ouro e alguma calcopirite. Os filões ocorrem à superfície

meteorizados e lixiviados estando controlados por estruturas – falhas e fraturas – orientadas segundo NE-SO, sub-verticais.

Em termos litológicos, a acompanhar os xistos (luzentes) ocorrem xistos moscovíticos e biotíticos, apresentando, por vezes, intercalações milimétricas de leitos siliciosos. Devido ao aumento da deformação, observa-se a presença de *boudins* de quartzo e de *kink bands* nas litologias em questão. Os filões de quartzo mineralizados apresentam uma orientação média de N30°-40° com pendor sub-vertical para NO e uma possança média na ordem dos 10 a 60 centímetros. Tal como na Freixeda, no Covo ocorre um horizonte riolítico.

2.4 – Estrutura mineralizada da Pedra Luz

O setor da Pedra Luz situa-se a SO da área da Freixeda e teve como principal objetivo a exploração de tungsténio (volframite) na mina da Pedra Luz, associada a filões de quartzo mineralizados. Para além das estruturas filonianas observadas, foi identificado nas escombrelas e em testemunhos de sondagens uma rocha não aflorante, a rocha Pedra Luz, rica em arsenopirite e scheelite. Estas estruturas mineralizadas encontram-se, maioritariamente, situadas em xistos (luzentes) da Formação Filito-Quartzítica, nas imediações do *stock* granítico da Pedra Luz. O granito caracteriza-se, na área das mineralizações, por fácies leucogranítica, exibindo, por vezes, alteração potássica e silicificação pós-magmática. As duas litologias em questão contactam a sul da área, segundo um alinhamento N10° com inclinação vertical, passando na zona central, a uma direção de contacto ENE-OSO com inclinação sub-vertical e pendor para NNO.

Neste setor, estamos perante uma estrutura filoniana, de filões de quartzo leitoso com sulfuretos – arsenopirite, pirite e calcopirite – e volframite, contendo valores baixos em ouro. Estes apresentam uma orientação N40-60° com pendor de 60-80° para NO. No entanto, como referido anteriormente, encontram-se concentrações anómalas em scheelite, mais precisamente na rocha Pedra Luz. Esta rocha apresenta uma coloração esverdeada, provavelmente devido a minerais secundários da arsenopirite, no caso escorodite, bandas de leitos siliciosos deformados e outros filitosos, verificando-se no seu seio, e de uma maneira desordenada, cristais e massas de arsenopirite.

Tal como foi mencionado anteriormente, alguns autores (Palacin (1985); Palacin *et al.* (1987); e Almeida & Noronha (1988)) defendem que as mineralizações da Pedra Luz e Freixeda se encontram relacionadas com um granito de duas micas tardi a pós-tectónico e propõem um modelo de zonalidade peribatolítica para as mineralizações. Estes

autores defendem que não se deve excluir a relação Au-As e As-W, podendo ser usadas como indicadores de mineralizações auríferas e tungstíferas para a área de estudo.

3 – Histórico das atividades de prospeção e exploração

Os primeiros trabalhos mineiros efetuados na atual zona da concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda remontam à época romana, como em tantos outros casos no norte de Portugal. Destaca-se o desmonte realizado a céu aberto nos filões de São Jerónimo e de Santo André, existindo ainda registo de pequenos trabalhos na área da Pedra Luz. Segundo algumas fontes, no filão de Latadas, eram observados trabalhos romanos, no entanto, estes não são consensuais. Para além destes, na área de estudo, existem informações de outros pequenos e pontuais trabalhos romanos.

Desde a década de 1940 até ao presente, têm sido desenvolvidos trabalhos de pesquisa, prospeção e exploração em diversos locais da área de estudo, onde se destacam os realizados no CFF. Estes trabalhos contribuíram significativamente para uma melhor compreensão de todos os processos presentes, não obstante, existe ainda muita informação para ser recolhida, tratada e compreendida.

A história mais recente de exploração da mina da Freixeda desenvolveu-se durante o fim da década 1940 a meados de 1950. Entre 1952 e 1955, os filões principais da mina – filão de São Jerónimo e filão de Santo André – estiveram em exploração subterrânea através de galerias, onde se produziu 80 kg de ouro, 2 t de prata e 70 t de chumbo (Griveaud, 1990). A extração do minério era efetuada através de um poço principal, com uma profundidade de cerca de 97 metros, situado entre os dois filões. O filão de Santo André terá sido explorado numa extensão de 500 metros, em 4 níveis, enquanto o de São Jerónimo foi explorado numa extensão de 1000 metros (Griveaud, 1990) e maioritariamente em 2 pisos. Estes filões são paralelos entre si, ocorrendo espaçados cerca de 120 metros. O volume de escombreiras cobre uma área de 1,2 hectares, revelando a importância da produção e da atividade que esta mina teve durante a década de 1950.

Posteriormente, esta área foi alvo de inúmeros trabalhos de prospeção e pesquisa por entidades privadas que realizaram trabalhos geofísicos e geológicos neste setor. Os trabalhos geofísicos envolveram, essencialmente, as vertentes de Magnetometria, Gravimetria e Polarização Induzida, realizadas pelo LNEG e IGT. Estes estudos, originaram algumas campanhas, no total de 8 sondagens mecânicas carotadas, na

envolvente da mina da Freixeda. Estas sondagens foram realizadas com o objetivo de confirmar as anomalias indicadas na prospeção geofísica e de interseccionar as estruturas filonianas em profundidade. Recentemente, foram realizadas trincheiras e canais, com o intuito de melhorar a cartografia e de recolher amostras para obtenção de teores principalmente de ouro e prata.

Para NE da mina da Freixeda, no Covo, é possível observar trabalhos de prospeção e pesquisa por mais de uma centena de metros, nomeadamente trincheiras e pequenos poços, segundo o alinhamento principal NO-SE (perpendicular ao filão), em direção da mina da Freixeda. Também ocorre uma galeria horizontal aberta ao longo do filão com um comprimento máximo de 90 metros. Posteriormente, os terrenos do Covo e envolventes foram alvo de um estudo geoquímico de solos e de geofísica, em simultâneo com a Freixeda. Recentemente, foram realizadas trincheiras e canais, com o intuito de melhorar a cartografia e de recolher amostras para obtenção de teores principalmente de ouro e prata.

O setor Pedra Luz foi alvo de numerosos trabalhos mineiros no século XX, sobretudo através de trincheiras e galerias de exploração. Estes trabalhos tiveram como principal objetivo a exploração de tungsténio na mina da Pedra Luz. Destaca-se o poço vertical que apresenta uma área de extração sensivelmente de 3 por 3 metros no seio dos xistos luzentes. Posteriormente, este setor foi alvo de sondagens mecânicas com recuperação de testemunho por antigos operadores privados, mais precisamente, 7 sondagens com uma metragem total de 817,55 metros, e mais de uma centena de amostras colhidas para análises geoquímicas. Na área ocorreu ainda prospeção geofísica, tendo sido utilizados os métodos de resistividade elétrica e de polarização induzida. Recentemente, foram realizados trabalhos de cartografia de pormenor, trincheiras e canais. Nos dois últimos, realizaram-se amostragens para laboratório com o objetivo de obter, sobretudo, teores de tungsténio e de ouro.

O filão de Latadas é dos quatro locais de principal interesse o que apresenta menos trabalhos de pesquisa e prospeção. O estudo deste filão apresenta-se como o principal objetivo do presente estágio, estando, neste momento, a ser alvo de diversos estudos a nível empresarial. Anteriormente, aquando do trabalho na mina da Freixeda (década de 1950), foram realizadas três galerias de poucos metros de extensão no decorrer do filão, apresentando uma ou duas chaminés. Recentemente, foram realizadas trincheiras e canais, com intuito de melhorar a cartografia e de recolher amostras para obtenção de teores, sobretudo, de ouro e prata.

IV – Técnicas e metodologias de trabalho

1 – Breve apresentação do trabalho de campo

O trabalho desenvolvido em campo, durante o período de estágio na empresa Minaport, centrou-se, essencialmente, na colaboração em duas campanhas de sondagens carotadas. No entanto, existem materiais, técnicas e metodologias de trabalho de campo transversais que qualquer geólogo deve ter em consideração e colocar em prática da forma mais eficaz possível. Assim, é necessário ter em atenção questões básicas, desde simples indumentária, utilização de bússola, de caderno de campo até a equipamentos com tecnologia de ponta, que serão tidas em conta durante as atividades.

Relativamente a todas as tarefas executadas ao longo do trabalho de campo realizado no estágio, teve-se em consideração a indumentária utilizada, encontrando-se esta adequada às condições climáticas (calor, frio, chuva e vento). Recorreu-se a roupa com diversas divisórias de fácil acesso; a um calçado adequado aos diferentes terrenos e inclinações; bem como a chapéu, proteção solar e hidratação permanente, afirmando, assim, o conforto no local de trabalho. Para além da indumentário, tal como referido anteriormente, é necessário ter em atenção itens básicos para a realização de trabalho de campo, como p. ex. caderno de campo (com material de escrita), martelo de geólogo, bússola com clinómetro e lupa. Foi também necessária, muitas vezes, a utilização de *GPS (Global Positioning System)*, máquina fotográfica, sistemas de comunicação – telemóvel ou rádio-comunicador, fita métrica, sinalização visível e canivete ou *multitool*. Como material complementar ou como material essencial, foram utilizadas folhas topográficas, imagens áreas de alta resolução e cartas geológicas (tanto em versão analógica como em versão digital).

1.1 – Campanha de sondagens carotadas

Todas as etapas e tarefas inerentes ao desenvolvimento das campanhas de sondagens carotadas obedeceram a um procedimento estipulado pela empresa. Este procedimento encontra-se enumerado e explicitado em detalhe no Manual de Procedimentos da empresa que inclui o *QA/QC (Quality Assurance/Quality Control)* (Garantia de Qualidade/Controlo de Qualidade - tradução para português) fornecido aos colaboradores. A informação que consta no *QA/QC* encontra-se descrita no capítulo V tendo em consideração a facilidade de consulta, apresentando-se, assim, um

enquadramento pertinente junto da descrição de todas as atividades de prospeção geológica realizadas no decorrer do estágio.

Embora não se apresente como foco e objetivo do presente trabalho, será relevante referir a importância e finalidade de alguns dos *softwares* utilizados nas campanhas de sondagens. Destacam-se as ferramentas e sistemas de informação geográfica e digitais de desenho, nomeadamente *softwares* de *GIS* e de *CAD* (*Geographic Information System* e *Computer Aided Design*, respetivamente). Em contexto empresarial foram utilizados os *softwares* *ArcGIS* e *AutoCAD*, tendo-se aplicado conhecimentos anteriormente adquiridos, bem como, desenvolvido novas competências técnicas nos referidos programas. Estes sistemas apresentam inúmeras vantagens na sua utilização em contexto empresarial. Em contrapartida, também apresentam pontos menos positivos, colmatáveis com o uso em simultâneo destes programas.

O *AutoCAD* foi essencialmente utilizado na projeção das sondagens, em planta e perfil, permitindo obter a coordenada exata da boca do furo, consoante a inclinação da sondagem, bem como, o intervalo que é pretendido interseccionar na estrutura alvo. Este *software* é bastante utilizado devido à facilidade e pragmatismo na criação, implantação e desenho de diversos elementos, como p. ex. estruturas, projeção de pontos com coordenadas específicas, medições de distâncias, áreas e/ou ângulos, e sobreposição de imagens. A grande vantagem (versatilidade) do *AutoCAD* face ao *ArcGIS* reside na facilidade de criar e editar elementos, enquanto no segundo programa é necessário, em primeiro lugar, criar um ficheiro e, só depois, especificar a geometria que se vai usar, sendo esta pontos, linhas ou polígonos.

No que toca ao *software* *ArcGIS*, este foi utilizado devido às suas características de gestão de bases de dados e de criação e apresentação de mapas. Tal como o programa anterior, este permite a criação e edição de objetos de pontos, linhas ou polígonos, sendo também possível medir distâncias e áreas, apresentando como grande vantagem o facto de ser possível conceder atributos aos objetos criados. Esta funcionalidade possibilita o desenvolvimento de base de dados de uma forma bastante intuitiva. Para além disso, o *ArcGIS* permite uma georreferenciação e sobreposição de imagens de forma rápida, minuciosa e eficaz. Durante o estágio, o referido programa foi utilizado, sobretudo, na gestão de base de dados de amostragens e teores. Importará ainda referir que, pontualmente, recorreu-se ao *software* *QGIS 3.4.15*, em substituição do *ArcGIS*.

Outro *software* utilizado no decorrer do estágio foi o *Google Earth Pro*. Este programa é bastante mais simples que os anteriores, no entanto, apresenta como ponto forte a

visualização de imagens de satélite de qualquer coordenada do globo, de uma forma rápida e intuitiva. Embora as imagens sejam apresentadas num ambiente bidimensional é possível retirar uma ideia da topografia (relevo) do local a observar. Outra das vantagens do *Google Earth Pro* é o facto de estar disponível uma barra temporal para algumas áreas, onde é possível observar imagens de satélite de datas diversas, acompanhando-se assim a evolução do terreno. Neste programa é ainda possível criar locais (pontos) em diferentes sistemas de coordenadas e medir distâncias e áreas.

2 – Trabalho laboratorial

2.1 – Microscópio ótico

Ao longo do presente estudo geológico foi de primordial interesse conhecer a(s) litologia(s) e a(s) mineralização(ões) de forma detalhada, identificando a uma escala microscópica os minerais primários e secundários presentes. Este estudo permite uma classificação fiável da litologia e da mineralização, com base nas características e propriedades óticas observadas e descritas. Para a realização do mesmo utilizou-se o microscópio ótico de transmissão e de reflexão, onde a luz transmitida foi utilizada no estudo dos minerais transparentes. Por outro lado, a luz refletida foi utilizada para o estudo dos minerais opacos, nos quais se inserem os minerais metálicos. Com as duas luzes foram efetuadas observações em luz polarizada plana (nicóis paralelos – N//) e em luz polarizada cruzada (nicóis cruzados – NX).

O principal objetivo deste estudo foi realizar uma análise geral e minuciosa das lâminas delgadas de filito, quartzofilito, mineralização a teto, em filão e a muro (em relação ao filão de Latadas), identificando os minerais primários, secundários e, possivelmente, os de neoformação, relacionando, sempre que possível, com a circulação de fluido(s) hidrotermal(ais). Como acrescento, teve-se em atenção a forma, a dimensão, as relações entre os constituintes, a alteração, a deformação, entre outras.

Para a execução deste estudo, e após a recolha das amostras em campo, foi necessário cortar as mesmas com as dimensões necessárias para a preparação de lâminas delgadas polidas. Para tal, recorreu-se a uma serra elétrica pertencente ao Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT) da FCUP. Posteriormente, as amostras já cortadas (vulgos “tacos”) foram entregues no laboratório de preparação de amostras do DGAOT. Uma vez que a preparação das lâminas delgadas não faz parte da componente prática do presente estudo, os procedimentos relativos à mesma não serão descritos no presente relatório. No entanto,

importará referir que foram realizadas 13 lâminas delgadas polidas com uma espessura desejada de 0,03 mm. Esta espessura não foi alcançada em todas as lâminas devido ao grande contraste de dureza dos elementos nelas inseridas, existindo, assim, lâminas com uma espessura superior a 0,03 mm.

A análise microscópica das lâminas delgadas foi realizada num dos laboratórios de geologia, Laboratório de Ótica, presente no DGAOT. Para tal, foi utilizado o microscópio ótico com luz polarizada transmitida e refletida *Leica DM LSP* (Fig. 11). Acoplado a este existe um computador que apresenta o *software Leica Las EZ V2.0.0* que, por sua vez, se encontra diretamente ligado a uma câmara fotográfica *Leica ICC50HD* incorporada no microscópio ótico. O referido programa permite fotografar, editar e melhorar as observações executadas ao microscópio, sendo ainda possível inserir na fotografia obtida uma escala referente à das observações. De modo a complementar o estudo, foi utilizado o microscópio ótico com luz polarizada transmitida e refletida *Nikon Eclipse Lv100N Pol Tipo R* (Fig. 12), com módulo *NIS-A* e *software NIS Basic Research*. Este *software* encontra-se conectado com uma câmara *Nikon DS-Fi3*.

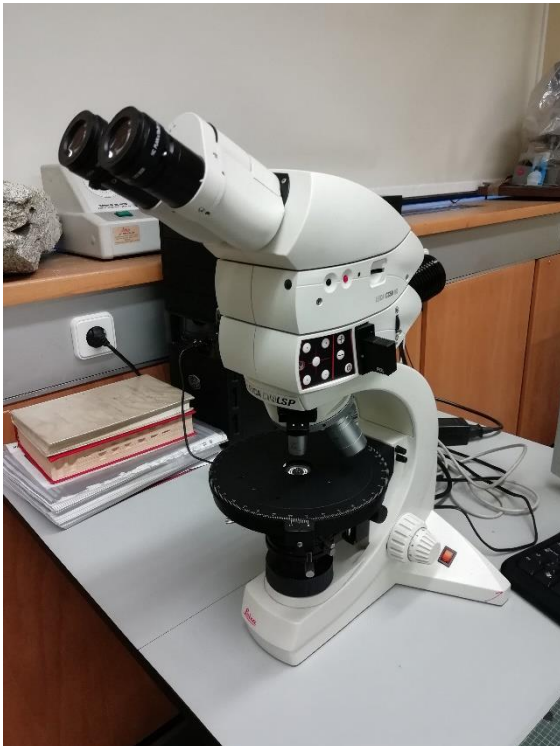


Fig. 11 – Microscópio petrográfico de luz polarizada transmitida e refletida *Leica DM LSP*.



Fig. 12 – Microscópio petrográfico de luz polarizada transmitida e refletida *Nikon Eclipse Lv100N Pol Tipo R*.

2.2 – Lupa binocular

Paralelamente ao estudo executado com a utilização do microscópio ótico, contou-se com auxílio da lupa binocular. Esta técnica foi executada tanto em lâminas delgadas polidas, como em amostras que vieram, posteriormente, a ser alvo de estudo por outras técnicas, procurando-se encontrar à lupa o melhor local para a sua realização. Relativamente às lâminas delgadas polidas (e “tacos”), a lupa binocular foi utilizada como auxílio nas observações, devido à espessura elevada de algumas lâminas. Assim, foi possível retirar ilações finais, não subsistindo dúvidas.

A lupa binocular utilizada encontra-se no mesmo laboratório de geologia, Laboratório de Ótica, presente no DGAOT, caracterizando-se por uma lupa *Leica M205 C* (Fig. 13). Acoplado à mesma existe um computador que apresenta o *software Leica LAS V 4.7* que, por sua vez, se encontra diretamente ligado a uma câmara fotográfica *Leica DFC 295* inserida na lupa binocular. Este programa permite fotografar, editar e melhorar as observações executadas à lupa, sendo também possível inserir na fotografia obtida uma escala referente à das observações. As observações realizadas à lupa ocorreram em luz transmitida e luz refletida, sendo que em luz transmitida foram efetuadas observações em nicóis paralelos e cruzados, enquanto que em luz refletida apenas foram efetuadas observações em nicóis paralelos.



Fig. 13 – Lupa binocular de luz polarizada transmitida e refletida *Leica M205 C*.

2.3 – Microscópio eletrónico de varrimento (MEV)

A técnica de microscopia eletrónica de varrimento consiste, de uma forma geral, na incidência de um feixe de eletrões que percorre a amostra em linhas sucessivas, transmitindo o sinal de um detetor para a tela catódica sincronizada com o varrimento do feixe. A imagem obtida corresponde a um sinal concebido através da interação entre o feixe de eletrões e a superfície da amostra em estudo, produzindo eletrões e fótons que serão captados por detetores. Isto é, esta técnica analisa os eletrões que são expulsos da superfície da amostra, sendo capturados e contados em detetores.

No MEV não só é possível contar os eletrões como também é possível medir a própria energia que despende no momento aquando do afastamento dos eletrões da superfície da amostra. Esta energia pode ser medida sob a forma de calor ou de radiação emitida. O MEV permite a utilização de diversos modos de análise: eletrões retrodifundidos, eletrões secundários e a dispersão de energia (Dedavid *et al.*, 2007).

No que toca aos eletrões do feixe primário, uma parte significativa dos mesmos difunde-se quando incide na amostra. De seguida, as partículas e/ou a radiação eletromagnética resultantes da interação do feixe de eletrões com a amostra, voltam à superfície da mesma atingindo o detetor, o que permite a sua deteção. A resolução espacial é diretamente dependente da energia com que estas partículas ou radiações são capturadas pelo detetor. A amostra em estudo pode emitir diferentes sinais, sendo que os mais utilizados para a elaboração de imagens são, os já referidos, eletrões secundários e os eletrões retrodifundidos, tendo a representação diferentes características (Dedavid *et al.*, 2007).

Os eletrões retrodifundidos (utilizados no estudo) encontram-se numa gama de energia variável entre os 50 eV e o valor da energia do eletrão primário. A imagem dos eletrões retrodifundidos corresponde aos eletrões que refletem na superfície da amostra e se espalham. Neste modo, existe uma correlação positiva entre o número de contagem de eletrões e o peso atómico do elemento à superfície. Em síntese, quanto maior for o número atómico do elemento mais preponderante na superfície de estudo maior será o número de eletrões retrodifundidos e, por consequência, mais nítida será a representação obtida.

No que respeita à análise da energia dispersiva de raios-X, a amostra, após ser bombardeada por um feixe de eletrões, emite uma radiação, característica e específica de um determinado número atómico, na gama dos raios-X. Assim, o comprimento de onda ou a energia dispersiva podem ser utilizados para identificar o elemento que está

a emitir. Esta análise pode ocorrer pelo varrimento de toda a superfície por parte de um feixe de energia (leitura geral da amostra) ou pode ser realizada localmente num ponto escolhido, sendo possível a realização em inúmeros pontos. Através deste modo de análise é possível medir as quantidades relativas dos elementos que estão em proporção na amostra, fazendo, assim, uma análise semi quantitativa da fase mineral, recorrendo aos espectros de dispersão de energia. O espectro obtido é passível de comparação com os espectros padrão, de forma a identificar os elementos maiores e a definir as suas quantidades relativas pela relação de picos, ou seja, pela altura dos picos será possível ter ideia da quantidade relativa do elemento (Dedavid *et al.*, 2007).

O estudo ao MEV, devido ao atual estado de pandemia, foi realizado na Universidade de Aveiro, tendo sido analisadas duas lâminas delgadas polidas preparadas inicialmente para o estudo ao microscópio ótico. Este estudo teve como objetivo uma identificação mais eficiente de uma das fases metálicas presentes nas rochas em estudo, através da recolha de imagens de eletrões retrodifundidos e da sua composição química maioritária, obtida em percentagem a partir da análise da energia dispersiva de raios-X. Para o estudo foi utilizado um microscópio eletrónico de varrimento *Hitachi FlexSEM 100*, acoplado a um sistema *Bruker QUANTAX EDS* (Fig. 14) Estes encontram-se ligados a um computador que permite a recolha dos dados.



Fig. 14 – Microscópio eletrónico de varrimento *Hitachi FlexSEM 100*.

2.4 – Difração de raios-X (XRD)

A técnica de difração de raios-X consiste num método destrutivo com relativa rapidez de execução, onde é possível a identificação e quantificação das fases minerais de uma determinada amostra. Esta amostra pode corresponder a uma rocha, a um solo ou apenas a um mineral. A XRD traduz-se numa técnica de análise estrutural, isto é, analisa a estrutura cristalográfica dos minerais presentes na amostra em estudo, permitindo assim, a sua identificação. Esta identificação advém do facto de cada mineral possuir a sua própria e exclusiva estrutura cristalográfica, que o caracteriza relativamente à sua estrutura química.

Os raios-X são ondas eletromagnéticas, correspondentes à fração de comprimento de onda entre os 10^{-10} cm e os 10^{-6} cm. As radiações eletromagnéticas apresentam propriedades semelhantes, sendo elas a propagação em linha reta no vácuo e a possibilidade de se refletirem, refratarem e difratarem. Para determinar a estrutura interna de cada espécie cristalina utiliza-se a propagação das radiações eletromagnéticas.

Tendo em consideração que o comprimento de onda (λ) dos raios-X é da mesma ordem de grandeza das distâncias interatómicas (d) numa estrutura cristalográfica, esta (a rede cristalina) funciona como rede de difração dos raios-X. Sendo, por conseguinte, útil na análise da estrutura das diferentes espécies minerais. Esta análise acontece, uma vez que a cada espécie mineral corresponde uma estrutura cristalina específica, consequentemente, cada espécie mineral apresenta um modelo de difração específico quando bombardeado por um feixe de raios-X. Este feixe apresenta um determinado comprimento de onda, dependendo do material constituinte do tubo de raios-X (cobre, ferro, tungsténio, molibdénio, cobalto, entre outros).

As variações de comprimento de trajetórias da radiação são responsáveis por uma diferença de fase. Quanto maior for a diferença de trajetórias, maior será a diferença de fase, uma vez que, se a primeira for medida em comprimento de onda, corresponde exatamente à diferença de fase (também esta medida em comprimento de onda).

Os fundamentos inerentes à análise por difração de raios-X podem ser expressos pela equação de Bragg:

$$\text{sen } \theta = \frac{n\lambda}{2d} \leq 1$$

Na qual cada parâmetro corresponde a:

d_{hkl} – equidistância entre planos atômicos da mesma natureza, por isso, pertencentes a uma mesma família de planos com índices gerais (hkl);

θ – ângulo formado entre os raios do feixe incidente e os planos atômicos (hkl) refletoras do cristal;

n – ordem dos feixes de raios-X difratados;

λ – comprimento de onda do feixe de raios-X incidente, sendo este, o mesmo do feixe de raios-X difratado.

Esta equação apresenta como pressuposto o facto de a difração ocorrer quando o comprimento de onda da radiação incidente é da mesma ordem de grandeza da distância entre os centros de dispersão. Assim, terá de ocorrer $n\lambda < 2d$. Para o fenómeno da difração, o valor mínimo que n pode assumir é 1, uma vez que $n = 0$ corresponde ao fenómeno de reflexão, assim, a condição de difração para qualquer ângulo 2θ é $\lambda \leq 2d$.

Importa ainda referir que, para esta demonstração, é necessário ter em conta duas considerações geométricas, sendo elas: o feixe incidente (à normal do plano refletor da radiação) e o feixe difratado, sendo estes sempre coplanares. O ângulo de difração (2θ), corresponde ao ângulo medido entre o feixe de radiação difratada e o feixe de radiação transmitida. Por sua vez, θ corresponde ao ângulo medido entre o feixe incidente, perfeitamente paralelo, monocromático e de comprimento de onda (λ) definido, e o plano do cristal em estudo sobre o qual este incide. Deste modo, o feixe difratado pode ser considerado como um grande número de raios difratados, que se reforçam entre si.

Relativamente ao estudo executado, as amostras selecionadas e previamente preparadas, foram analisadas no DGAOT, com recurso a um difractor de raios-X do tipo *Rigaku Miniflex* (Fig. 15), utilizando-se uma ampola de cobre cuja radiação foi de $\text{Cu } \alpha$, monocromatizada por filtro de Ni. A intensidade de radiação utilizada foi de 40 nA e uma tensão de 20 kV, com uma velocidade de rotação do goniómetro de 5 segundos por minuto.



Fig. 15 – Equipamento de difração de raios-X *Rigaku Miniflex*.

2.5 – Espectroscopia de infravermelhos (FTIR)

A técnica de espectroscopia de infravermelhos estuda a interação de um feixe de radiação eletromagnética com uma dada amostra (matéria), analisando os níveis de energia de átomos ou moléculas. As transições vibracionais ocorrem, na sua maioria, na região do infravermelho do espectro eletromagnético, sendo, particularmente, de interesse para as presentes análises a região do infravermelho médio (região de vibração-rotação – 2,5 a 50 μm , isto é, de comprimento de onda 4,000 a 200 cm^{-1}). No entanto, ocorrem mais duas secções principais, sendo elas: infravermelho próximo (região de harmónicos – 0,8 a 2,5 μm ; 12,500 a 4,000 cm^{-1}) e infravermelho remoto (região de rotação – 50 a 1,000 μm ; 200 a 10 cm^{-1}).

As ligações químicas das inúmeras substâncias possuem frequências de vibração próprias e específicas, correspondendo a níveis vibracionais da molécula. Os espectros de infravermelho são produzidos por diferentes modos de vibração e de rotação de uma molécula. De forma a que um modo vibracional seja registado num espectro de infravermelho e, conseqüentemente, que ocorra absorção de energia incidente, é necessário que ocorra uma modificação no momento do dipolo aquando da vibração. Em diversos modos normais de vibração de uma molécula, a vibração ocorre entre dois átomos unidos por uma ligação química. A frequência destas vibrações depende, inicialmente, da massa dos átomos envolvidos e da constante de força da ligação entre eles, podendo, também, a frequência de vibração ser levemente afetada por outros átomos ligados aos dois átomos vibrantes. As vibrações moleculares podem ser

classificadas em deformação axial (ou de estiramento) e deformação angular, podendo ser simétricas ou assimétricas. A segunda, as vibrações angulares, podem ainda ser subdivididas e classificadas em vibrações angulares no plano ou fora do plano.

A técnica de FTIR apresenta como componente de maior relevância o interferómetro de *Michelson*, responsável pela geração e obtenção do padrão de interferência. De forma resumida, é possível caracterizar o seu funcionamento como a incidência de um feixe de radiação num divisor que dividirá a radiação em dois feixes distintos. Estes dois feixes serão, de seguida, refletidos segundo duas direções distintas e encaminhados para um mesmo detetor, onde voltarão a ser combinados, originando um padrão de interferência.

De modo a realizar o FTIR foi necessário proceder à preparação das amostras que haviam sido selecionadas para o estudo. Estas amostras foram selecionadas dentro das que apresentavam composição em matéria orgânica mais relevante. Esta técnica utiliza uma quantidade de amostra muito pequena, +/- 1 mg de amostra, sendo necessário que esta esteja reduzida a um pó muito fino. Depois de a amostra estar em conformidade foi misturada com brometo de potássio (KBr), tendo-se utilizado para tal um almofariz e um pilão, ambos de ágata, para a correta homogeneização dos componentes. Posteriormente, a mistura foi colocada numa prensa *Specac* com capacidade até 10 t, dentro de uma cápsula, onde seria prensada. O resultado desta etapa foi a formação de uma pastilha (de amostra + KBr) utilizada na análise de FTIR. A referida análise foi executada com recurso a um equipamento de infravermelhos *Bruker Tensor 27* (Fig. 16), acoplado a um computador que possui o *software Opus* para a obtenção dos espectros de infravermelho. A técnica de FTIR foi realizada no DGAOT.



Fig. 16 – Equipamento de espectroscopia de infravermelhos *Bruker Tensor 27*.

2.6 – Espectroscopia de *Raman*

A espectroscopia *Raman* é uma técnica não destrutiva de espectroscopia molecular ótica vibracional, que apresenta como vantagem o facto de ser realizada de forma célere, à pressão e temperatura ambiente, em amostras com forma e tamanho variáveis e sem preparação prévia. Esta técnica baseia-se na teoria de que cada molécula possui vários modos de vibração, correspondendo estes a estados de energia específicos. Quando se provoca a incidência de um feixe de energia nas moléculas, estas são excitadas, produzindo radiação com frequência vibracional característica das ligações atómicas presentes na molécula (Shepherd *et al.*, 1985; Guedes & Prieto, 2014). Assim, a espectroscopia *Raman* permite o acesso à energia de transição entre dois níveis moleculares de uma molécula (Guedes & Prieto, 2014).

Esta técnica foi realizada no DGAOT, mais especificamente no Laboratório *Raman*, utilizando-se para tal um espectrómetro *Raman LabRAM HORIBA Jobin Yvon Spex* (Fig. 17) com deteção multicanal emparelhado com um microscópio ótico. Para a análise foi utilizada uma lâmina delgada polida que, após análise em microscopia ótica, suscitava dúvidas numa das fases minerais presentes.

A objetiva do microscópio funciona como encaminhador do feixe de raios laser, concentrando, assim, a energia num local especificamente escolhido. Quando o laser incide na amostra, o modo vibracional das moléculas provoca dispersão da radiação, ocorrendo, em parte da radiação, perdas e ganhos de energia – dispersão *Raman*. Caso a amostra apresente propriedades que o permitam, o laser, ao encontrá-las, vai obedecer às leis físicas de propagação da luz, sendo em parte absorvido, refletido e refratado pela amostra. Por fim, a luz difundida é recolhida e analisada pelo filtro ótico (Guedes & Prieto, 2014). O registo obtido corresponde à interação entre a luz incidente e o modo vibracional da(s) molécula(s) constituintes da amostra. Assim, a energia vibracional das moléculas é expressa no espectro *Raman* sob a forma de picos, cuja intensidade é proporcional ao volume de moléculas excitadas (Shepherd *et al.*, 1985; Guedes & Prieto, 2014). O espectro *Raman* caracteriza-se pela projeção da intensidade de dispersão *versus* a perda de energia, apresentando-se em cm^{-1} .

O âmbito deste estudo não incidia no conhecimento e manuseamento do espectrómetro *Raman* e *software* associado para aquisição de espectros, pelo que todas as análises foram acompanhadas pela Dra. Alexandra Guedes. Importará ainda referir que os espectros obtidos são passíveis de ser comparados com base de dados para a correta identificação dos elementos em estudo.



Fig. 17 – Equipamento de espectroscopia *Raman LabRAM HORIBA Jobin Yvon Spex*.

V – Atividades de prospeção geológica na área do campo filoniano da Freixeda

1 – Considerações gerais

A prospeção geológica é uma das fases prematuras e mais importantes na exploração mineira. É nesta fase que se procede à recolha e tratamento de dados históricos; à identificação, caracterização e definição de estruturas mineralizadas; ao estudo dos eventos geológicos que originaram as estruturas mineralizadas; à identificação de possíveis novos alvos de estudo; e à definição do potencial económico do recurso existente.

No que respeita aos dados históricos, todos estes apresentam relevância, fornecendo importantes informações sobre litologias, estruturas e mineralizações presentes na área de estudo. Estas informações podem ser obtidas através de inúmeras fontes, dependendo da quantidade de estudos e trabalhos que tenham sido realizados na área de interesse. Podem remontar a antigas explorações romanas, frequentes no território português, a explorações mais recentes que já tenham cessado a sua atividade, e a trabalhos científicos e/ou de prospeção realizados ao longo do tempo. Os dados históricos, neste último caso, podem corresponder a um simples registo de uma ocorrência mineral até a trabalhos de cartografia geológica de pormenor; análise geoquímica; abertura de poços e trincheiras; construção de galerias de prospeção; antigas galerias de minas já encerradas; e à realização de furos de sondagens (carotadas ou sem recuperação de testemunho). No final da recolha e processamento de dados históricos, obtém-se um conhecimento abrangente sobre as características litológicas, mineralógicas e estruturais, onde consta em destaque o alvo a prospectar.

Realizada a fase de obtenção e processamento de dados históricos com sucesso, progride-se para fases seguintes no estudo, onde surge uma grande panóplia de opções. Estas opções variam conforme as características observadas no terreno, o tempo para as executar, o investimento disponível e o recurso alvo, tendo em consideração o seu valor de mercado. Caso exista, pode-se avançar para uma fase de reconhecimento e identificação de trabalhos antigos, onde é possível confirmar de uma forma concreta e rápida os dados obtidos anteriormente. Após análise preliminar, por norma, são identificadas as estruturas principais e obtidos alguns teores de minério, de

modo a validar as informações disponíveis. Em suma, posteriormente, é possível aplicar diversos métodos de prospeção, como p. ex. a realização de cartografia geológica a diferentes escalas e/ou amostragem de diferentes contextos, com base nos afloramentos disponíveis e na extensão do alvo de estudo.

Numa fase mais avançada de um projeto, pode proceder-se à abertura de trincheiras e/ou poços, onde é possível, p. ex., observar de forma mais pormenorizada e sistemática as litologias, estruturas e mineralizações presentes. Também é possível a recolha de amostras para obtenção de teores do alvo a prospectar, bem como, p. ex., a recolha de dados de forma a completar a cartografia. Posteriormente, pode executar-se uma campanha de sondagens, apresentando esta um valor acrescido e um maior risco para o projeto, no entanto, é obtida em profundidade informação valiosa das características e disposição do jazigo alvo. Estas apresentam como ponto menos positivo o limitado conhecimento lateral que permitem obter. As sondagens podem ser executadas com ou sem recolha de testemunho. Em caso de recolha de testemunho, sondagens carotadas (a rocha é cortada em forma de um cilindro, sendo designado como carote), obtém-se um registo e uma informação visível de inúmeras características. Destaca-se, p. ex., informações sobre: as litologias presentes e suas características; as zonas mineralizadas; a mineralogia e/ou mineralização presente; a extensão das litologias e da zona mineralizada; bem como, da relação entre ambas. A recolha de testemunho permite ainda a obtenção de teores do alvo a prospectar, tal como a recolha de amostras para estudos petrográficos e mineralógicos. As caixas de sondagem compostas pelas carotes obtidas da perfuração são guardadas para futuras observações e estudos.

Assim, em caso de sucesso, a prospeção geológica fornecerá os dados imprescindíveis para a definição da forma geométrica e estrutural do corpo mineralizado; do volume, da quantidade e do teor de minério; bem como, informações para a definição do método de desmonte a aplicar. Em suma, a prospeção geológica fornece os dados necessários para a definição de um jazigo economicamente viável. Isto é, com base nos dados recolhidos e realizando uma interpretação válida e creditada, pode-se avançar para o cálculo de reservas do jazigo, determinando o seu potencial económico. Para além dos factos referidos, um estudo e uma análise sociológica e ambiental são indispensáveis no processo de viabilidade, e subsequentemente, são tidos em conta para o avanço da exploração. Importa, por fim, clarificar que o estudo executado durante a fase de prospeção geológica envolve um grande investimento monetário que, pelo menos nesta

fase, não apresenta retorno, tendo em conta que durante a realização das etapas da prospeção geológica não ocorre a fase de exploração e produção.

Durante a realização de uma campanha de prospeção geológica ou mesmo para qualquer outra atividade em campo, é fundamental apresentar algumas competências. Uma das competências que mais se destaca é a perceção espacial das estruturas presentes no terreno, permitindo, assim, uma melhor compreensão da distribuição e orientação da estrutura; da relação desta com o meio envolvente; da relação da zona mineralizada com as rochas encaixantes; dos possíveis processos que originaram a estrutura; entre outros. Para tal, e para além da capacidade de cada pessoa, é fundamental o auxílio de diversas ferramentas, como p. ex. mapas, *GPS* e *softwares* destinados para as atividades a realizar.

Referente ao trabalho desenvolvido durante o estágio, todas as atividades de prospeção geológica referidas de seguida foram executadas segundo o protocolo *QA/QC* definido pela empresa. Este define os procedimentos e tarefas a realizar durante as fases de acompanhamento de sondagens carotadas; de log geológico; do método de amostragem; de preparação de amostras; de segurança das amostras; de análise de amostras; e de qualidade das análises. A seguir, entre todo o processo, serão apresentados alguns exemplos mais significativos da atuação do *QA/QC*. Assim, o *QA/QC* define, entre outros, o código de cada sondagem; o levantamento do ponto de arranque de cada sondagem por equipas de topografia; as tarefas e competências dos geólogos; os parâmetros a executar e preencher na realização do log geológico; o máximo e mínimo dos intervalos a amostrar; o método de amostragem; e a qualidade da amostragem e da análise química.

Para além do *QA/QC*, também os EPIs (equipamentos de proteção individual) são de uso obrigatório, variando consoante o ambiente e atividade a realizar. No entanto, de forma geral, consistiam em capacete; colete refletor; botas de borracha com biqueira de aço; tampões de ouvidos; máscara de tipologia FFP2; luvas impermeáveis; fato impermeável; e lanterna de mineiro.

2 – Prospeção geológica na estrutura mineralizada de Latadas

2.1 – Campanha de sondagens carotadas

Na área do campo filoniano da Freixeda destaca-se o filão de Latadas como estrutura mineralizada de principal foco no estágio realizado. Neste filão, de setembro a dezembro de 2019, decorreu uma campanha de sondagens carotadas, constituída por um total de 17 furos de sondagem, tendo sido realizada pela empresa Minaport em parceria com a empresa Almina. A campanha de sondagens apresentou como objetivo principal averiguar, localmente e em profundidade, as mineralizações auro-argentíferas presentes na estrutura mineralizada, avaliando, depois, o seu potencial mineiro. Assim, conhecendo a disposição do filão de Latadas, que apresenta quase exclusivamente direção O-E ao longo de mais de 6 km, foi definida uma malha de implantação de sondagens com distanciamento fixo. Com base em informação processada dos dados históricos e de fases anteriores à campanha de sondagens, a referida malha foi restrita a uma área com 1,5 km de comprimento. Este trecho do filão de Latadas, corresponde quase exclusivamente ao segmento do Vale do Pereiro (Fig. 18).

Foi nesta área que as 17 sondagens foram realizadas, utilizando como orientação de perfuração, S para N (perpendicular ao filão), e uma inclinação de -45° (menos 45°), perfazendo uma metragem total de 1 610,00 metros. A campanha de sondagens em Latadas contou com duas fases de atividade distintas. Uma primeira fase com furos de sondagem curtos, entre 70 e 90 metros de profundidade, e uma segunda fase com furos de sondagem mais longos, entre 130 e 180 metros de profundidade (Fig. 19). O desenvolvimento da referida malha para a correta implantação das sondagens envolveu *softwares* de *GIS* e de *CAD*. Estes *softwares* foram utilizados com o intuito de projetar as sondagens, de forma a ser possível intercetar a estrutura mineralizada de Latadas no intervalo de profundidade pretendido, sabendo a localização (coordenada) exata para a implantação da boca do furo de sondagem.

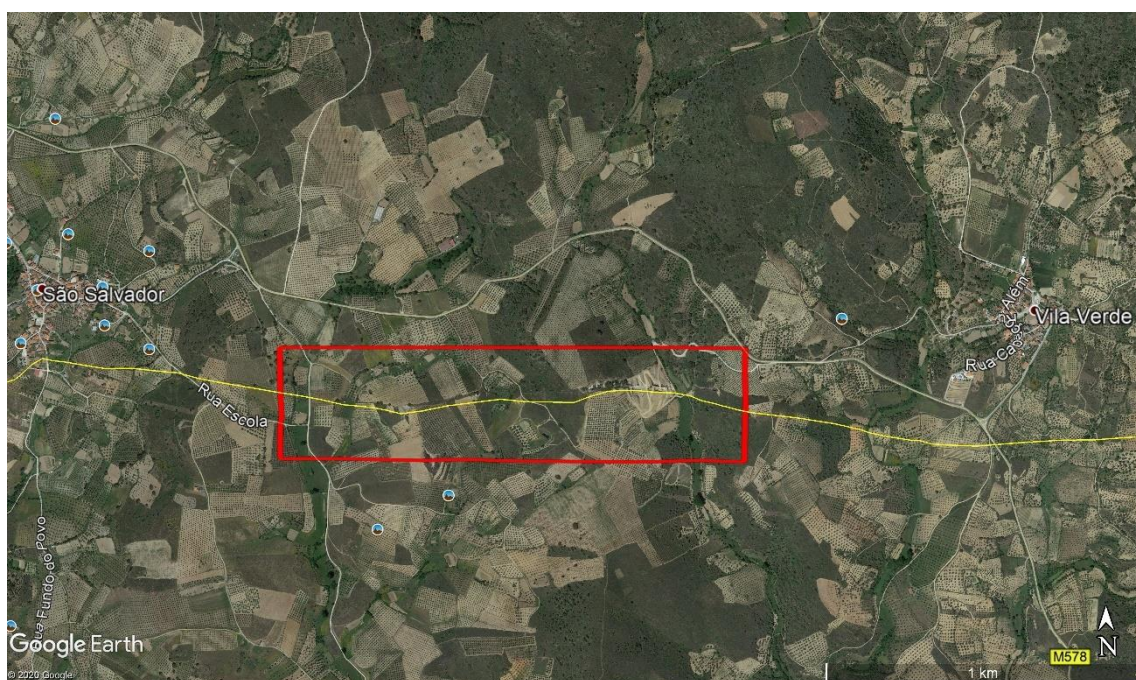


Fig. 18 – Área onde foi executada a campanha de sondagens carotadas (definida a vermelho). O filão de Latadas (definido a amarelo dentro da área vermelha) é representado quase exclusivamente pelo segmento de Vale do Pereiro (figura retirada em 10/10/2020 do *software Google Earth Pro*).

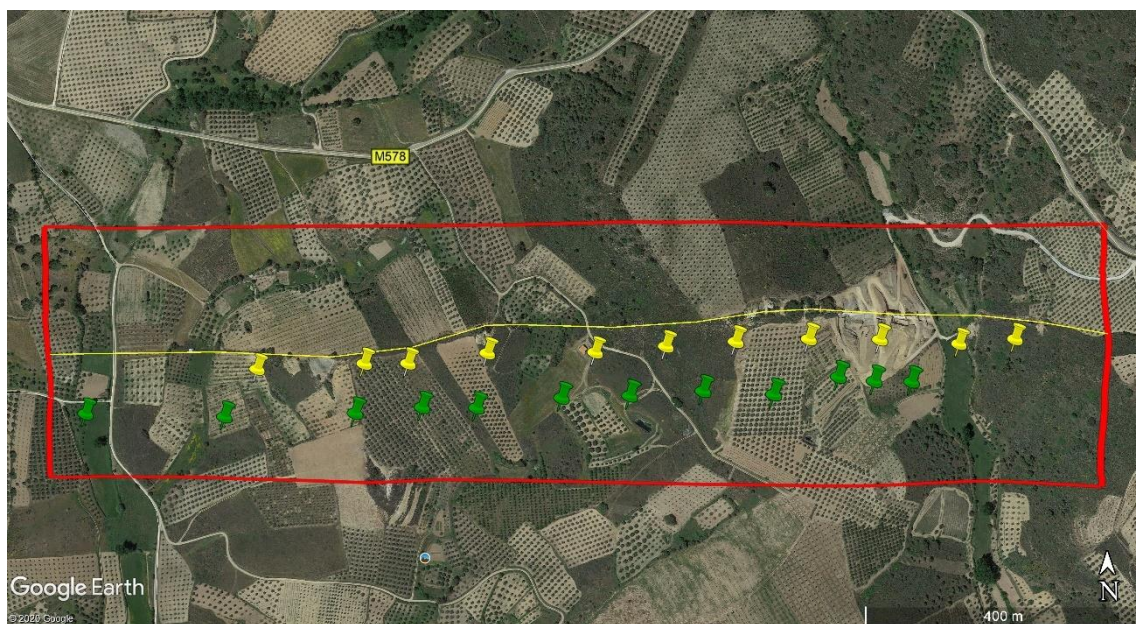


Fig. 19 – Localização da campanha de sondagens carotadas realizada no filão de Latadas, sendo esta constituída por uma fase de furos de sondagem curtos (pinos amarelos) e uma outra fase de furos de sondagem mais longos (pinos verdes). O filão de Latadas encontra-se representado por linha amarela, enquanto a área onde foram implantadas as sondagens encontra-se representada pela linha vermelha (figura retirada em 10/10/2020 do *software Google Earth Pro*).

Para a correta implantação e execução em campo da campanha de sondagens, foi necessário proceder à identificação dos proprietários dos terrenos, onde era pretendida a realização de furos de sondagem. Utilizando esta informação, contactou-se com os respetivos proprietários, obtendo-se autorização para a realização dos furos. Depois de autorizados, com base no acordado e nas necessidades inerentes ao trabalho que se iria realizar, foi acompanhada a abertura de caminhos temporários de acesso, bem como das respetivas plataformas, onde posteriormente se procedeu à realização das sondagens carotadas (Fig. 20). De seguida, utilizando um *GPS* e a coordenada exata para a colocação da boca do furo de sondagem, executou-se, recorrendo à bússola, um alinhamento S-N na plataforma correspondente (Fig. 21). Este alinhamento serviu como guia para a correta colocação da sonda (máquina de sondagens).

Depois da sonda estar devidamente colocada no terreno (Fig. 22), as sondagens só têm o seu início após o geólogo responsável confirmar se a mesma se encontra alinhada conforme o pretendido e se a sua inclinação é a correta para iniciar a perfuração (Fig. 23). Após o aval do geólogo, inicia-se a sondagem, atribuindo-se uma designação diferente para cada, como p. ex. sondagem LAS19001 (onde cada termo corresponde: LA – Latadas; S – Superfície; 19 – ano de 2019; e 001 – sondagem nº 1). As sondagens realizadas na estrutura mineralizada de Latadas foram executadas com diâmetro de carote em HQ (diâmetro interno de 63,5 milímetros), tendo o furo de sondagem sido alvo de medição dos desvios de azimute e inclinação de 20 em 20 metros.

Ao longo de cada sondagem, os geólogos acompanhavam e controlavam o seu desenvolvimento, realizando, em simultâneo, um log geológico sintético (simplificado) onde eram registadas e descritas as principais características. Destaca-se as litologias, as falhas (ou possíveis falhas), as estruturas mineralizadas e a respetiva mineralogia. Atingido o objetivo proposto para a respetiva sondagem, esta era finalizada por indicação do geólogo responsável, sendo obtida a coordenada exata da boca de furo sondagem, através da cooperação com um topógrafo (Fig. 24). Importará referir que as diversas sondagens apresentaram como principal adversidade o facto das litologias e estruturas a perfurar possuírem uma densidade e dureza muito contrastantes.

Por fim, já depois da deslocação da sonda, foi acompanhada a fase do fecho das plataformas (Fig. 25). Nesta fase, foram tidos em consideração os necessários cuidados ambientais, inerentes às atividades desenvolvidas. Pretendeu-se devolver ao terreno o seu estado anterior, sendo que, sempre que possível, procurou-se deixar o terreno em

melhores condições que as anteriores. Procedendo-se, assim, à requalificação das plataformas.



Fig. 20 – Acompanhamento da fase de abertura de caminhos temporários de acesso, bem como das respetivas plataformas, onde posteriormente se procedeu à realização das sondagens carotadas.



Fig. 21 – Realização de alinhamento S-N para a correta colocação da sonda nas plataformas de sondagem. Este alinhamento foi executado recorrendo à bússola e à coordenada definida para a colocação da boca do furo de sondagem.



Fig. 22 – Correta colocação da sonda na plataforma de sondagem.



Fig. 23 – Correta inclinação de perfuração (-45°) para o início da sondagem.



Fig. 24 – Obtenção, após o fim da sondagem, da coordenada exata da boca de furo de sondagem, através de um topógrafo com recurso a um GPS diferencial.



Fig. 25 – Acompanhamento da fase de fecho das plataformas, tendo em consideração todos os cuidados ambientais necessários. A figura 20 e a presente figura correspondem à mesma plataforma e subsequente requalificação.

2.2 – Log geológico

Finalizado cada furo de sondagem avançou-se para as etapas seguintes. Estas são constituídas pela execução de log geológico e de amostragem para cada sondagem realizada. Estas duas etapas foram realizadas em simultâneo com a primeira etapa de acompanhamento das sondagens no terreno, uma vez que se tratou de uma campanha de 17 sondagens, onde era pretendido obter informação atualizada ao dia.

Antes da execução do log geológico é necessário realizar a avaliação de alguns parâmetros para os intervalos das manobras de perfuração. Esta avaliação iniciou-se pelo cálculo da metragem e da percentagem de dois parâmetros, sendo estes a recuperação e o *RQD* (*Rock Quality Designation*) (Fig. 26). Enquanto para o cálculo da recuperação era contabilizada toda a metragem de testemunho recuperado, no cálculo de *RQD* apenas os segmentos com igual ou mais de 10 centímetros eram contabilizados. Para o parâmetro de *RQD* é necessário ter em conta o que será uma fratura natural e o que será uma fratura provocada pela perfuração ou pelo manuseamento do testemunho por parte do sondador, uma vez que as últimas fraturas referidas influenciam o comprimento do testemunho (segmento) de forma artificial. Relativamente à recuperação, quanto maior for a sua percentagem, maior será a metragem de testemunho recuperado por intervalo de manobra de perfuração. Este apresenta-se como um parâmetro delicado, uma vez que uma percentagem de recuperação inferior em áreas mineralizadas pode influenciar de forma significativa o cálculo de viabilidade económica do jazigo.

Calculados estes parâmetros, realizou-se a correta marcação da metragem, de metro a metro, nas caixas de sondagem, sendo a metragem influenciada pelo testemunho recuperado *versus* o testemunho que deveria ter sido recuperado (Fig. 27). Por último, antes da execução do log geológico, foi realizado um registo fotográfico de todas as caixas de sondagem correspondentes a cada furo. Este registo foi efetuado ora com as caixas secas ora com as caixas molhadas.

De (m)	A (m)	Recuperação Total (%)	Recuperado (m)	Intervalo (m)	RQD (m)	RQD (%)
0.00	2.20	47.73%	1.05	2.20	0.12	5.45%
2.20	5.20	26.67%	0.80	3.00	0.00	0.00%
5.20	7.40	54.55%	1.20	2.20	0.35	15.91%
7.40	9.10	91.18%	1.55	1.70	0.48	28.24%
9.10	10.80	97.06%	1.65	1.70	0.57	33.53%
10.80	13.60	98.21%	2.75	2.80	2.24	80.00%
13.60	15.80	90.91%	2.00	2.20	1.33	60.45%
15.80	18.10	97.83%	2.25	2.30	1.80	78.26%
18.10	21.10	98.33%	2.95	3.00	2.40	80.00%
21.10	23.60	100.00%	2.50	2.50	2.35	94.00%
23.60	25.60	95.00%	1.90	2.00	1.33	66.50%
25.60	27.10	96.67%	1.45	1.50	1.29	86.00%
27.10	29.30	90.91%	2.00	2.20	1.65	75.00%
29.30	31.90	96.15%	2.50	2.60	1.75	67.31%
31.90	34.90	100.00%	3.00	3.00	2.58	86.00%
34.90	36.00	95.45%	1.05	1.10	0.93	84.55%
36.00	38.70	100.00%	2.70	2.70	1.74	64.44%
38.70	40.50	100.00%	1.80	1.80	0.14	7.78%
40.50	41.90	89.29%	1.25	1.40	1.10	78.57%
41.90	44.90	98.33%	2.95	3.00	1.80	60.00%
44.90	46.20	84.62%	1.10	1.30	0.23	17.69%
46.20	48.00	97.22%	1.75	1.80	0.95	52.78%
48.00	49.40	100.00%	1.40	1.40	0.65	46.43%
49.40	50.40	70.00%	0.70	1.00	0.21	21.00%
50.40	50.90	80.00%	0.40	0.50	0.00	0.00%
50.90	51.40	100.00%	0.50	0.50	0.12	24.00%
51.40	51.80	75.00%	0.30	0.40	0.11	27.50%
51.80	52.00	50.00%	0.10	0.20	0.00	0.00%
52.00	52.40	50.00%	0.20	0.40	0.00	0.00%
52.40	53.30	94.44%	0.85	0.90	0.10	11.11%
53.30	53.80	60.00%	0.30	0.50	0.00	0.00%
53.80	54.40	50.00%	0.30	0.60	0.00	0.00%
54.40	54.70	83.33%	0.25	0.30	0.10	33.33%
54.70	56.20	56.67%	0.85	1.50	0.10	6.67%
56.20	58.60	100.00%	2.40	2.40	1.10	45.83%
58.60	59.90	88.46%	1.15	1.30	0.10	7.69%
59.90	60.90	100.00%	1.00	1.00	0.20	20.00%
60.90	61.00	100.00%	0.10	0.10	0.00	0.00%
61.00	62.90	97.37%	1.85	1.90	1.65	86.84%
62.90	65.70	100.00%	2.80	2.80	2.30	82.14%
65.70	66.60	94.44%	0.85	0.90	0.70	77.78%
		TOTAL	58.45	66.60	34.57	51.91%
		Total Recovery (%)	87.76%			

Fig. 26 – Figura representativa da sondagem LAS19005 onde surgem: os intervalos de cada manobra de perfuração; o cálculo da percentagem de recuperação; o cálculo da metragem de testemunho recuperado; a metragem total do intervalo da manobra de perfuração correspondente; o cálculo da metragem de RQD; e o cálculo da percentagem de RQD.



Fig. 27 – Figura representativa da sondagem LAS19005 onde consta a correta marcação da metragem, de metro a metro (representada pela numeração a vermelho).

Antes da execução do log geológico, é necessário inserir informação geral no cabeçalho ou numa folha introdutória ao mesmo. Nesta informação consta, p. ex. o projeto no qual a sondagem se insere; as empresas envolvidas; a localização da sondagem (coordenadas); o azimute e inclinação da sondagem; as datas de início e fim de sondagem; a metragem final de sondagem; a recuperação total da sondagem; o geólogo que elaborou o log geológico; as datas de início e fim da elaboração do log geológico; entre outros. Relativamente à execução do log geológico, este foi realizado através da descrição visual das observações dos testemunhos, sendo elaborado a partir de factos observáveis, apresentando-se retratado em códigos definidos e contendo um comentário ou nota sempre que necessário (Fig. 28). No entanto, em algumas sondagens foram realizados logs geológicos mais abrangentes, descritivos e pormenorizados de todo o testemunho recuperado.

Como referido anteriormente, para a correta realização do log geológico, foram criados códigos pertinentes para toda a estrutura presente em Latadas. Concretamente, foram criados códigos para os parâmetros de *rock type* e modificadores. Assim, com uma base geral e uniforme, é possível a realização de log geológico de diferentes sondagens por diferentes geólogos ou a realização de um mesmo log geológico por diferentes geólogos. Criou-se, desta forma, uma linguagem uniforme (com significado igual), podendo a informação desenvolvida ser colocada na base de dados sem criar entropias.

Identificação (Sondagem)	De (m)	Até (m)	ROCK TYPE	MOD1	MOD2	MOD3	» COMENTÁRIOS
LAS19010	0.00	3.60	ATR				
LAS19010	3.60	74.15	QPH	OXI			ZONAS MUITO SILICIFICADAS A 37m
LAS19010	74.15	79.00	PHL	SIL	DPY		
LAS19010	79.00	84.95	QPH				
LAS19010	84.95	87.85	MTE				
LAS19010	87.85	95.00	MFI				
LAS19010	95.00	96.15	MMU				
LAS19010	96.15	125.50	QPH				
LAS19010	125.50	140.25	VEI	QTZ			Filão de quartzo sub paralelo ao testemunho de sondagem (sugerindo direção aproximada N-S e perpendicular a LAT)
LAS19010	140.25	153.35	QPH	CHL			SILICIFICADO NO FINAL DA MANOBRA

Fig. 28 – Log geológico da sondagem LAS19010 onde se encontram representados: os intervalos de metragem referentes ao rock type; o rock type: os modificadores 1, 2 e 3; e os comentários sempre que necessários. Este log geológico encontra-se representado nos códigos criados para a campanha de sondagens carotadas de Latadas.

No que respeita ao *rock type*, este parâmetro acaba maioritariamente por funcionar como delimitação das diferentes litologias/características geológicas presentes na estrutura de Latadas. Neste parâmetro foram delimitadas as principais litologias ou estruturas, p. ex. níveis entre litologia de filito (PHY) e litologia de quartzofilito (QPH) ou zonas mineralizadas. A zona mineralizada está maioritariamente relacionada com o filão de Latadas, apresentando-se a mineralização no próprio filão ou a teto e muro deste. Assim, foram criados os seguintes *rock type* para a mineralização: MTE – mineralização a teto; MFI – mineralização em filão; e MMU – mineralização a muro. Relativamente aos modificadores, estes podem ter diferentes abrangências, em que se destaca a mineralização/mineralogia, alteração, falhas, veios, *stockwork*, contactos, entre outros.

De todas as sondagens carotadas realizadas na estrutura mineralizada de Latadas, selecionou-se a sondagem LAS19005 como sendo representativa de todas as características observadas nas inúmeras sondagens. Esta sondagem foi alvo da realização de um log geológico mais abrangente, descritivo e pormenorizado de todo o testemunho recuperado. Assim, com base no log geológico, existe:

- Dos 0,00 m até aos 5,20 m - *rock type* PHY (Fig. 29).

Aterro, sendo este recuperado como filito e/ou xisto luzente. Este é caracterizado por uma rocha de cor acinzentada a esverdeada, com xistosidade acentuada e grão bastante fino, constituído essencialmente por quartzo, minerais micáceos (moscovite e/ou sericite) pelo que exhibe brilho acetinado. O quartzo surge em pequenas vénulas e/ou filonetes de espessura/possança milimétrica (raramente centimétrica). A arsenopirite é um constituinte vestigial e a sua representatividade é fortemente limitada a pequenas áreas não tendo expressão à escala da mineralização. Ocorre, maioritariamente, em cristais isolados e/ou bordeando algumas vénulas, encontrando-se total ou parcialmente alterada (com cobertura cor de ferrugem

resultante do embaçamento) conferindo à rocha um aspeto oxidado. As fraturas encontram-se total ou parcialmente preenchidas por óxidos e/ou hidróxidos de ferro (revestidas por uma fina capa ferruginosa). Destaque para perda acentuada de recuperação na manobra dos 2,20 aos 5,20.



Fig. 29 – Caixa de sondagem da LAS19005, onde é possível observar as características descritas entre a metragem dos 0,00 m até aos 5,20 m (delimitadas a vermelho).

- Dos 5,20 m até aos 13,60 m - *rock type* PHY (Fig. 30).
Filito e/ou xisto luzente que apresenta as mesmas características descritas para o intervalo anterior. Neste intervalo destaca-se em contraste com o anterior, o quartzo que surge em pequenas vénulas e/ou filonetes, bastante numerosos, possuindo diferentes espessuras/possanças de ordem milimétrica a centimétrica ou em forma de grãos irregulares ou agregados lenticulares e/ou linguiformes (constituindo camadas paralelas às da mica). Esta rocha apresenta uma matriz com forte alteração sericítica.



Fig. 30 – Caixa de sondagem da LAS19005, onde é possível observar as características descritas para o filito.

- Dos 13,60 m até aos 49,10 m - *rock type* QPH (Fig. 31).

Quartzofilito de cor acinzentada com xistosidade acentuada e grão bastante fino, constituído, essencialmente, por quartzo, minerais micáceos (moscovite e/ou sericite e mais raramente biotite). Estes exibem um brilho acetinado e as superfícies de foliação são mais ou menos acetinadas e/ou luzidias. O quartzo surge em pequenas vénulas e/ou filonetes, bastante numerosos, possuindo diferentes espessuras/possanças de ordem milimétrica a centimétrica (raramente decimétrica) ou em forma de grãos irregulares ou agregados lenticulares (por vezes constitui camadas paralelas às da mica). A arsenopirite é um constituinte vestigial e a sua representatividade é fortemente limitada a pequenas áreas ou troços. Ocorre, maioritariamente, em cristais isolados e/ou bordeando, algumas vénulas e/ou filonetes não tendo expressão à escala da mineralização. Pontualmente, algumas fraturas encontram-se parcialmente preenchidas por óxidos e/ou hidróxidos de ferro. Esta rocha apresenta uma matriz com alteração moderada a fortemente sericítica e/ou siliciosa. O intervalo em questão apresenta um contacto gradual entre o encaixante e a mineralização a teto (48° em relação ao eixo da carote).



Fig. 31 – Caixa de sondagem da LAS19005, representativa de todas as características observadas e descritas para o quartzofilito.

- Dos 49,10 m até aos 50,05 m - *rock type* MTE (Fig. 32).

Contacto a teto com o veio mineralizante (mineralização a teto). Rocha encaixante de natureza filítica, de grão bastante fino, constituída, essencialmente, por quartzo, sericite (com algumas impregnações de matéria carbonosa, grafite e, muitas vezes, arsenopirite). A cor é, no geral, acinzentada (por vezes negra, devido à pigmentação gráfitica e/ou carbonosa). O quartzo surge em pequenas vénulas e/ou filonetes, de espessura/possança de ordem milimétrica (muito raramente centimétrica), por vezes, bordeado por quantidades variáveis de arsenopirite, de granularidade muito fina

(microgranular) sobre a forma de grãos anédricos a subédricos. Contacto teto/filão gradual (45° em relação ao eixo da carote). Pontualmente, algumas fraturas encontram-se total ou parcialmente preenchidas por argila.



Fig. 32 – Caixa de sondagem da LAS19005, onde é possível observar as características descritas para o MTE entre a metragem dos 49,10 m até aos 50,05 m (delimitadas a vermelho).

- Dos 50,05 m até aos 58,30 m - *rock type* MFI (Fig. 33).

Veio mineralizante (filão de quartzo leitoso com intercalações muito pontuais de xistos negros grafitosos). A cor é, no geral, branca-acinzentada (às vezes negra devido à pigmentação grafitica e/ou impregnações de matéria carbonosa). A arsenopirite é o sulfureto mais abundante e ocorre finamente granulada e/ou em cristais isolados sob a forma de grãos anédricos a subédricos (raramente sobre a forma de *stringers* muito incipientes de possança milimétrica). A pirite é rara e ocorre em grãos microgranulares finamente disseminados pela matriz. Algumas fraturas encontram-se total ou parcialmente preenchidas por óxidos e/ou hidróxidos de ferro (revestidas por uma fina capa ferruginosa e/ou grafitosa). Contacto filão/muro pouco perceptível (rocha muito fraturada e desagregada).



Fig. 33 – Caixa de sondagem da LAS19005, representativa de todas as características observadas e descritas para o *rock type* MFI.

- Dos 58,30 m até aos 60,90 m - *rock type* MMU (Fig. 34).

Contacto a muro com o veio mineralizante (mineralização a muro). Rocha encaixante de natureza quartzofílica com intercalações de xisto negro grafitoso e argila. A cor é em geral acinzentada (às vezes negra devido à pigmentação grafitica e/ou clorítica). O quartzo surge em pequenas vénulas, possuindo diferentes espessuras/possanças de ordem milimétrica, por vezes, bordado por quantidades vestigiais de arsenopirite. A arsenopirite é o sulfureto mais abundante e ocorre finamente granulada e/ou em cristais isolados sobre a forma de grãos anédricos a subédricos (raramente sobre a forma de *stringers* muito incipientes de possança milimétrica). Matriz com alteração moderada a fortemente sericítica e/ou siliciosa.



Fig. 34 – Caixa de sondagem da LAS19005, onde é possível observar as características descritas para o MMU entre a metragem dos 58,30 m até aos 60,90 m (delimitadas a vermelho).

- Dos 60,90 m até aos 66,60 m (fim de sondagem) - *rock type* QPH.

Quartzofilito de cor acinzentada com xistosidade acentuada e grão bastante fino, constituído essencialmente por quartzo, minerais micáceos (moscovite e/ou sericite e mais raramente biotite). Esta rocha apresenta as mesmas características descritas para o intervalo entre os 13,60 m e os 49,10 m.

2.3 – Amostragem de carotes

Após a realização do log geológico, e com base no que se tinha observado e no que era pretendido prospetar, foram delimitados os intervalos de metragens onde iria ser realizada amostragem (Fig. 35). A amostragem das carotes centrou-se, maioritariamente, na zona mineralizada (toda amostrada), bem como na zona adjacente à mineralização. Pontualmente, realizou-se amostragem de outros intervalos que foram considerados relevantes. A amostragem foi realizada mediante uso de disco

diamantado de corte de carote (dentado ou não) associado a uma serra elétrica (Fig. 36). A carote foi cortada longitudinalmente ao meio, tendo em consideração a xistosidade presente. Assim, cada amostra enviada para análise é constituída por meia carote, guardando-se a outra metade na caixa de sondagem respetiva, para posterior referência, exame ou verificação (Fig. 37). Cada intervalo de carote amostrado corresponde a um código único, que é atribuído utilizando *sample tickets* enviados pelo laboratório. Por fim, as referidas amostras são etiquetadas, ensacadas, seladas, pesadas e enviadas para análise laboratorial (Fig. 38). Pontualmente, efetuou-se o registo fotográfico, com as caixas secas e molhadas, dos intervalos que tinham sido amostrados.

Identificação	De (m)	A (m)	Peso	Amostragem Nº	Intervalo (m)	Rock Type
LAS19005	32.00	33.00	3.955	A04642	1.00	QPH
LAS19005	33.00	34.00	3.945	A04643	1.00	QPH
LAS19005	34.00	35.00	4.025	A04644	1.00	QPH
Standard POBRE				A04645	0.00	
LAS19005	35.00	36.00	3.625	A04646	1.00	QPH
LAS19005	46.00	47.00	3.535	A04647	1.00	QPH
LAS19005	47.00	48.00	3.775	A04648	1.00	QPH
LAS19005	48.00	49.10	4.005	A04649	1.10	QPH
LAS19005	49.10	50.05	2.595	A04650	0.95	MTE
LAS19005	50.05	50.90	2.710	A04651	0.85	MFI
LAS19005	50.90	51.40	1.820	A04652	0.50	MFI
LAS19005	51.40	52.00	1.910	A04653	0.60	MFI
LAS19005	52.00	53.30	2.050	A04654	1.30	MFI
Duplicado			1.925	A04655	1.30	MFI
LAS19005	53.30	53.80	2.035	A04656	0.50	MFI
LAS19005	53.80	54.40	1.195	A04657	0.60	MFI
LAS19005	54.40	55.00	1.675	A04658	0.60	MFI
LAS19005	55.00	56.20	2.450	A04659	1.20	MFI
LAS19005	56.20	57.00	3.040	A04660	0.80	MFI
LAS19005	57.00	58.30	4.825	A04661	1.30	MFI
LAS19005	58.30	59.00	2.915	A04662	0.70	MMU
LAS19005	59.00	60.00	3.970	A04663	1.00	MMU
LAS19005	60.00	60.90	3.870	A04664	0.90	MMU
Branco				A04665	0.00	
LAS19005	60.90	62.00	4.370	A04666	1.10	QPH
LAS19005	62.00	63.00	3.725	A04667	1.00	QPH

Fig. 35 – Intervalos de metragem da sondagem LAS19005 onde foi realizada amostragem. Na figura consta também o peso de cada amostra enviada para o laboratório; o código único correspondente do seu *sample ticket*; a metragem do intervalo amostrado; e, o rock type correspondente de cada amostra.



Fig. 36 – Serras elétricas associadas a disco diamantado de corte de carote onde foi realizada a amostragem. Na figura é ainda possível observar as caixas de sondagem com os intervalos a amostrar com o respetivo *sample ticket*.



Fig. 37 – Amostragem de meia carote (enviada para o laboratório) e armazenamento da outra metade da carote na caixa de sondagem para posterior consulta e estudo, caso necessário. Observa-se também na caixa de sondagem a simbologia utilizada na amostragem.

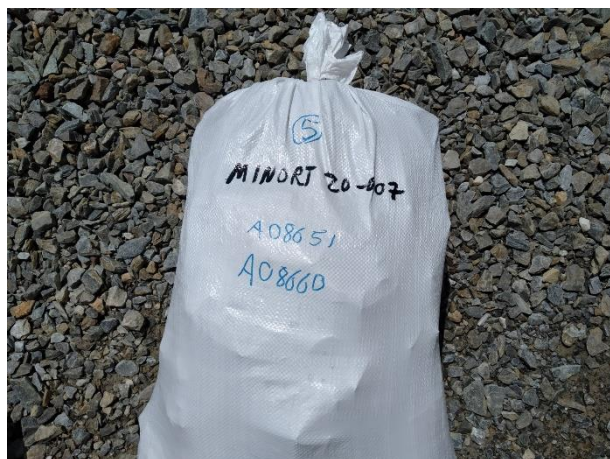


Fig. 38 – Depois de realizada a amostragem, as amostras são etiquetadas, ensacadas, seladas, pesadas e enviadas para análise laboratorial em conjuntos de numeração definidos e em sacos de grande porte.

A análise química foi realizada por um laboratório internacional independente, certificado e acreditado para os elementos químicos pretendidos, utilizando diferentes métodos de deteção para os diferentes elementos em questão. Embora a prospeção tenha sido vocacionada para o ouro e prata, foram analisados diversos elementos.

Com base no explicitado no QA/QC, na parte referente à qualidade da amostragem e da análise química, foi utilizada uma metodologia que visa assegurar que erros ocasionais que possam ocorrer ao longo de todo o processo de amostragem ou de análise laboratorial, sejam detetados e corrigidos. Assim, são utilizadas amostras *standard* (teor de ouro) comerciais para monitorizar a precisão do método de amostragem; amostras sem teor (brancos) para detetar eventual contaminação laboratorial; e amostras duplicadas para verificar a precisão dos resultados. As amostras duplicadas são constituídas cada uma por $\frac{1}{4}$ da carote, devido ao corte longitudinal de $\frac{1}{2}$ da carote que seria alvo de análise química. Os *standards*, os brancos e os duplicados apresentam um código identificativo único (não perceptível ao laboratório), apresentando também uma composição química perfeitamente conhecida pela empresa (exceto o duplicado).

A cada 100 amostras, e entre as amostras recolhidas das carotes, são colocadas as referidas amostras de controlo em numerações perfeitamente conhecidas pela empresa. Assim, tendo em atenção os últimos dígitos, será: *standard* rico – 05; branco – 15; duplicado – 25; branco – 35; *standard* pobre – 45; duplicado – 55; branco – 65; *standard* médio – 75; duplicado – 85; e, branco – 95.

Após a receção dos dados da análise laboratorial dos diversos elementos químicos e da validação por parte da empresa dos mesmos (com base nas amostras de controlo enviadas) foram realizados diversos cálculos e representações. Destaca-se o cálculo dos intervalos com melhor teor de mineralização em Au (ppm), Ag (ppm) e Au equivalente (0,0125 Ag). Relativamente às representações, destaca-se o *strip log*, realizado com base no *rock type*, na percentagem de recuperação de testemunho e no teor em ppm de Au e Ag, apresentando estes teores diversos patamares. Utilizando estes parâmetros, bem como a representação do filão de Latadas, foram criadas secções para cada sondagem (Fig. 39) e para a campanha de sondagens total.

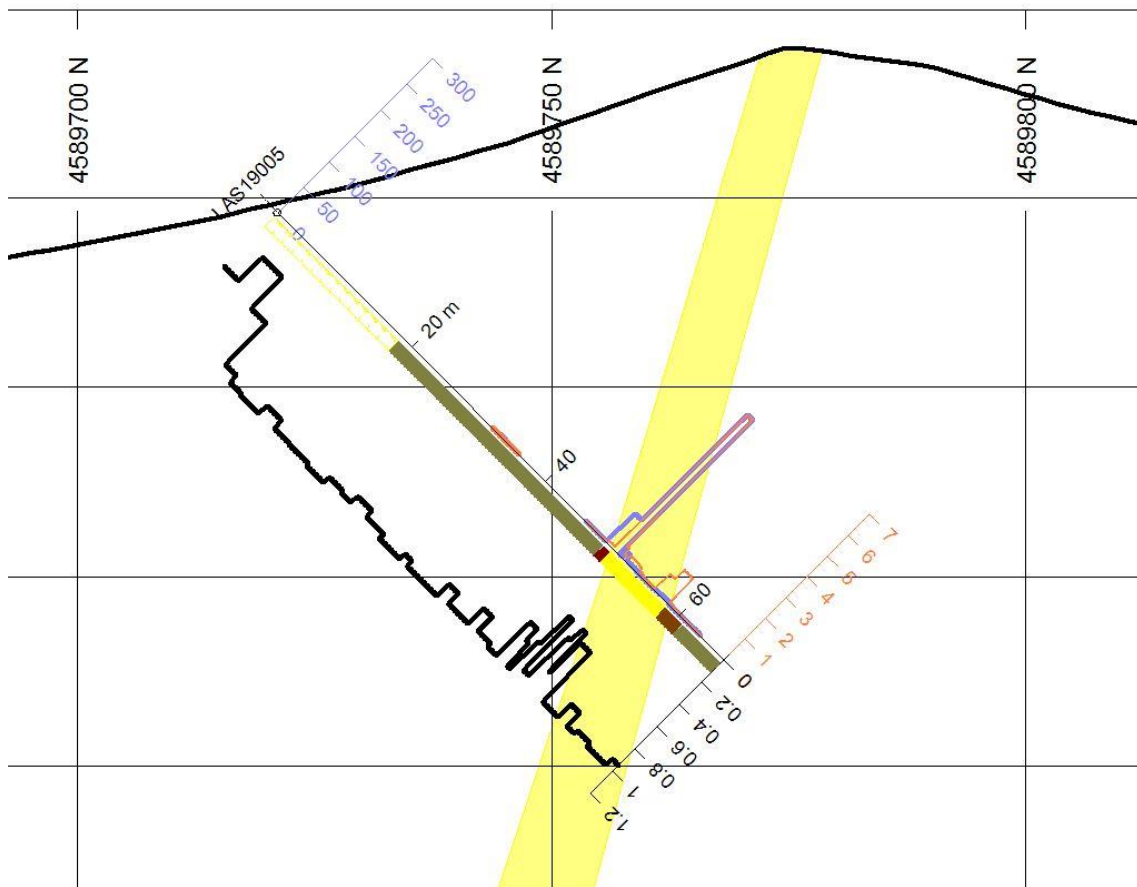


Fig. 39 – Secção da sondagem LAS19005, representativa de todas as sondagens realizadas. Nesta representação consta, a preto, a percentagem de recuperação de testemunho; em diferentes colorações os rock type anteriormente descritos; a laranja e a azul, os teores de Au e Ag obtidos para os diferentes intervalos amostrados; e a amarelo, a representação da disposição real do filão de Latadas. Destaque ainda para a correta representação da topografia presente no local da realização da sondagem LAS19005.

2.4 – Outras atividades

Em simultâneo com o desenvolvimento da referida campanha de sondagens carotadas, foram executadas outras atividades de prospeção geológica. Estas atividades centraram-se, maioritariamente, no filão de Latadas. Um exemplo destas atividades foi a recolha de informação, como litologias ou estruturas, de forma a completar a cartografia geológica disponível para a área do referido filão. Este levantamento foi realizado com apoio e recurso de fotografia aérea de alta resolução, bem como de GPS para a identificação do local através de sistema de coordenadas. Importa referir que esta tarefa raramente se revelou de fácil execução devido, principalmente, ao escasso número de afloramentos presentes. Por outro lado, através da observação das características reveladas pelas sondagens, efetuou-se um levantamento e reconhecimento de estruturas potencialmente idênticas, numa área circundante ao filão de Latadas, procurando-se bons indicadores de mineralização. Realizou-se ainda outra

atividade em cooperação com um topógrafo (utilizando-se um *GPS* diferencial), nomeadamente o levantamento do filão de Latadas, bem como de alguns filões e estruturas circundantes ao mesmo. Com base nas duas últimas atividades referidas, procurou-se localizar possíveis novos alvos de estudo.

Para além das campanhas de sondagens carotadas, foi realizada uma outra etapa de prospeção geológica durante o estágio na empresa Minaport. Nesta atividade, o estagiário realizou processamento de dados históricos relativamente às áreas do filão de Latadas, da antiga mina da Freixeda, bem como de outra área de potencial futuro interesse por parte da empresa. Os dados históricos acrescentaram informação válida e pertinente relativamente à geologia e mineralizações presentes nas áreas. Estes dados eram referentes a períodos temporais muito distantes, desde informação obtida na década de 1920 até a informação da década de 2010, estando esta em diversos sistemas de leitura e *softwares* de processamento de dados. O conteúdo desta informação corresponde largamente aos exemplos enumerados nas considerações gerais deste capítulo.

A informação contida em *softwares* de *SIG* e de *CAD* encontrava-se, muitas vezes, associada a locais com coordenadas no programa *Google Earth*. Por outro lado, quando a informação era relativa a teores obtidos em amostragem, ou mesmo a teores de exploração de minas já encerradas, esta informação usualmente estava em ficheiros de *Excel*. De resto, a informação analisada e processada estava em ficheiro de leitura como *word* e *pdf*, sendo relativa a capítulos de livros, teses de doutoramento, relatórios de atividades, boletim de mina, campanhas de prospeção geológica, campanhas de prospeção geofísica, campanhas de cartografia geológica, entre outros. Muitas vezes, a informação era acompanhada de fotografias ou esquemas elucidativos que necessitavam de ser trabalhados de forma a que a sua informação pode-se ser englobada na base de dados.

No presente subcapítulo, relativo à prospeção geológica na estrutura mineralizada de Latadas, o estagiário esteve envolvido e executou arduamente todas as tarefas descritas, com a exceção das atividades que eram de estrita responsabilidade do geólogo responsável pelo projeto. Por último, importará clarificar que todas as informações obtidas ao longo da realização de cada etapa de prospeção geológica, foram inseridas em locais próprios na base de dados da empresa. Relativamente às caixas de sondagem que contêm as metragens não amostradas e as restantes metades

das carotes dos intervalos amostrados, foram guardadas em local próprio definido pelas empresas envolvidas nas campanhas de sondagens carotadas.

3 – Prospeção geológica na estrutura mineralizada da Freixeda

3.1 – Campanha de sondagens carotadas

A campanha de sondagens carotadas que foi realizada na área do campo filoniano da Freixeda, para além da estrutura mineralizada de Latadas, teve como alvos a área da Freixeda e do Côvo (Fig. 40), tendo, uma vez mais, sido realizada pelas empresas Minaport e Almina. O procedimento adotado para a realização da campanha foi igual ao desenvolvido na estrutura de Latadas, como tal não será novamente explicitado. No entanto, e uma vez que o estágio na empresa Minaport cessou a meio da execução da campanha de sondagens na Freixeda, será abordado de forma resumida as tarefas onde o estagiário esteve envolvido.

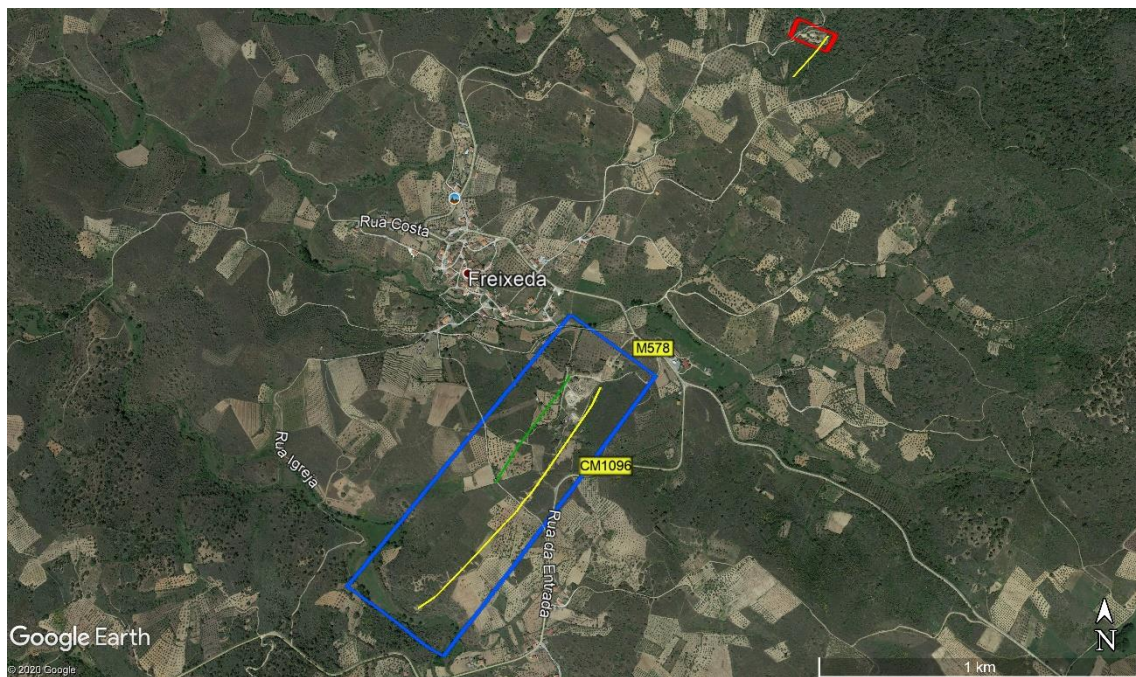


Fig. 40 – Área onde foi executada a campanha de sondagens carotadas, encontrando-se a área da Freixeda definida a azul, enquanto a área do Covo surge definida a vermelho. O filão de São Jerónimo (Freixeda) encontra-se definido por alinhamento a amarelo. Uma vez que se pensa que o filão do Covo seja a continuação do S. Jerónimo, este encontra-se também representado a amarelo. Ainda na Freixeda surge, representado a verde, o filão de Santo André (figura retirada em 11/10/2020 do software *Google Earth Pro*).

Assim, o estagiário esteve envolvido na identificação e contacto com os proprietários dos terrenos onde era desejada a realização de furos de sondagem. Após autorização por parte dos mesmos, acompanhou-se a abertura das respetivas plataformas, tendo-se posteriormente realizado o alinhamento guia para a correta colocação da sonda. Com o aval do geólogo responsável pelo projeto, as sondagens tiveram início, tendo as mesmas sido acompanhadas com a simultaneidade da realização de log geológico sintético. Neste foram descritas as principais características, como p. ex. litologias (filito, quartzofilito e granito), estruturas e mineralização. Atingido o objetivo proposto para a respetiva sondagem, esta era finalizada por indicação do geólogo responsável. Por fim, já depois da deslocação da sonda, foi acompanhada a fase de fecho das plataformas.

Cada sondagem corresponde a uma designação única, p. ex. FRS20001 ou CVS20001, onde cada termo corresponde a: FR – Freixeda ou CV – Covo; S – superfície; 20 – ano de 2020; e 001 – sondagem número 1. Tal como em Latadas, as sondagens foram realizadas com diâmetro de carote em HQ, tendo o furo de sondagem sido alvo de medição dos desvios de azimute e inclinação de 20 em 20 metros.

Na área da Freixeda e do Covo a campanha de sondagens realizou-se de fevereiro a maio de 2020, tendo o estágio cessado no final do mês de março. Na Freixeda foram realizados 18 furos de sondagem com uma metragem total de 3 928,00 metros. Estas sondagens foram divididas em dois alvos distintos, sendo eles o filão de São Jerónimo e o filão de Santo André (Fig. 41). No entanto, durante o estágio apenas foram acompanhados 10 furos de sondagem num total de 1 309,35 metros. Estes furos correspondem maioritariamente às sondagens de alcance curto, entre 90 e 150 metros, havendo, no entanto, uma exceção de uma sondagem com 305 metros de comprimento. As sondagens realizadas no Covo foram executadas após o fim do estágio, correspondendo a 2 sondagens com uma metragem total de 364,05 metros.

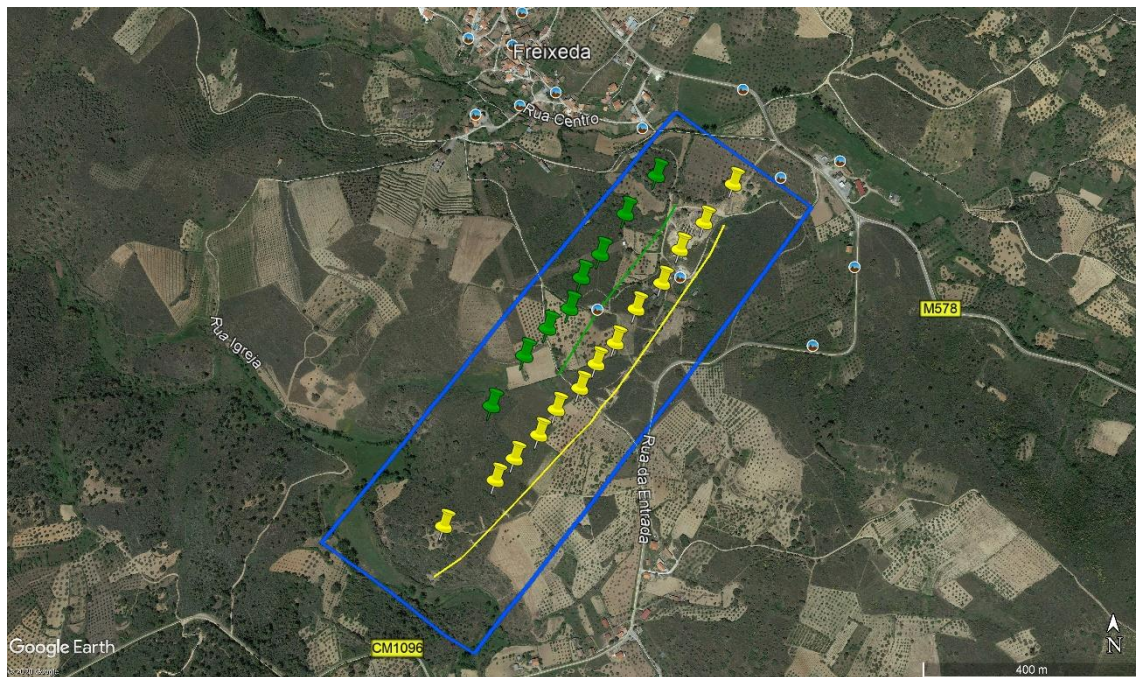


Fig. 41 – Localização da campanha de sondagens carotadas realizada na Freixeda, sendo esta constituída por sondagens cujo principal objetivo era o filão de São Jerónimo (alinhamento e pinos amarelo) e um outro conjunto de sondagens cujo objetivo principal era o filão de Santo André (alinhamento e pinos verde). Delimitada a azul encontra-se a área da Freixeda que foi alvo de prospeção geológica, nomeadamente, da realização das sondagens carotadas (figura retirada em 11/10/2020 do software Google Earth Pro).

Na Freixeda as sondagens realizadas apresentaram orientação $N120^{\circ}$ - 140° com uma inclinação entre -50° e -70° (menos 50° e menos 70°), tendo a perfuração ocorrido de NO para SE (maioritariamente perpendicular ao filão). A criação da malha para a implantação da campanha de sondagens centrou-se na área da antiga mina da Freixeda, procurando-se averiguar em profundidade inferior à alcançada pelos trabalhos da antiga mina, o teor de mineralização presente. Assim, de um modo geral, as sondagens realizadas com objetivo principal no filão de São Jerónimo e no filão de Santo André, foram executadas ao longo do comprimento dos trabalhos antigos reconhecidos. O desenvolvimento da referida malha para a correta implantação das sondagens envolveu *softwares* de GIS e de CAD. Estes *softwares* foram utilizados com o intuito de projetar as sondagens, de forma a ser possível intercetar a estrutura mineralizada da Freixeda no intervalo de profundidade pretendido, sabendo a localização (coordenada) exata para a implantação da boca do furo de sondagem.

O objetivo da campanha realizada na Freixeda era averiguar, localmente e em profundidade, as mineralizações auro-argentíferas e polimetálicas (chumbo + zinco + cobre) presentes na estrutura alvo de sondagens, avaliando posteriormente o seu potencial mineiro. Ao invés de Latadas, e como anteriormente referido, na Freixeda não

ocorre um filão único, mas sim um sistema filoniano. Neste sistema, destaca-se os filões de São Jerónimo e de Santo André, tendo estes, paralelamente a si, outros filões menos possantes e economicamente menos interessantes. Para além destes filões, a campanha pretendeu observar, identificar e averiguar a existência de anomalias que tinham sido obtidas através do processamento dos dados históricos. Relativamente à mineralização, o objetivo prendia-se na sua identificação e posterior estudo e análise geoquímica. Esta ocorre em diferentes estruturas, como nos referidos filões e no granito moscovítico que ocorre em profundidade. Assim, pretendia-se conhecer e estudar a distribuição espacial da mineralização pelo granito, pelo contacto deste com as rochas encaixantes (quartzofilito) e pelas litologias de natureza metassedimentar (filito e quartzofilito). Importa, por fim, referir que os filões de São Jerónimo e de Santo André encontram-se nas litologias de filito, quartzofilito e no granito. O granito moscovítico para além da mineralização presente nos referidos filões, apresenta também diversos veios e filonetes mineralizados.

3.2 – Log geológico

Para além da fase de acompanhamento das sondagens em campo, foi também realizada a fase de log geológico. Uma vez mais, o procedimento adotado foi igual ao descrito na prospeção geológica na estrutura mineralizada de Latadas, sendo, por isso, feita de seguida uma breve menção das tarefas executadas. Desta forma, foi realizado o cálculo da metragem e da percentagem para os parâmetros de recuperação e de *RQD*, bem como a marcação da correta metragem nas caixas de sondagem. Posteriormente, foi efetuado o registo fotográfico das caixas de sondagem, secas e molhadas. Estas tarefas, tal como o log geológico, apenas foram executadas para as sondagens realizadas durante o período de estágio (devido ao término do mesmo).

Após o preenchimento de informação de base, o log geológico foi realizado através da descrição visual das observações dos testemunhos, sendo elaborado a partir de factos observáveis, apresentando-se retratado em códigos definidos. Nas sondagens da Freixeda todos os logs executados apresentam um âmbito mais abrangente, descritivo e pormenorizado de todo o testemunho recuperado.

O log geológico da Freixeda apresenta códigos para os parâmetros de *rock type* e modificadores muito semelhantes aos utilizados na estrutura de Latadas. No entanto, no parâmetro de *rock type*, observam-se algumas modificações. Em termos de litologias, para além dos filitos (PHY) e quartzofilitos (QPH), acresce o granito moscovítico (G2P).

Na mineralização, surgem os códigos de ESTA (estrutura André) e ESTJ (estrutura Jerónimo), bem como, a referência a outros pequenos veios mineralizados paralelos a estes (VEIN). De todas as sondagens carotadas realizadas na estrutura mineralizada da Freixeda, selecionou-se as sondagens FRS20014 e FRS20017, como sendo representativas de todas as características observadas nas inúmeras sondagens.

O filito e o quartzofilito observados na Freixeda correspondem largamente aos observados e descritos nas sondagens realizadas na estrutura mineralizada de Latadas. O filito (Fig. 42) (segundo o log da FRS20014, no intervalo 30,75 m até aos 33,85 m) corresponde a uma rocha de cor acinzentada com xistosidade acentuada e grão muito mais fino que o quartzofilito. Esta litologia é constituída essencialmente por quartzo e minerais micáceos (moscovite e/ou sericite). As superfícies de foliação são mais ou menos acetinadas e/ou luzidas e exibem brilho acetinado. Localmente, ocorrem com alguma clorite, possuindo diferentes espessuras/possanças de ordem milimétrica (constituindo camadas paralelas às da mica). Esta rocha apresenta dobramento intenso e crenulação. Neste intervalo ocorre um filão de quartzo com 1 cm de espessura que apresenta pirite e arsenopirite (mais feldspato, clorite e sericite). Também ocorre um filão de sulfuretos com arsenopirite e rara calcopirite.

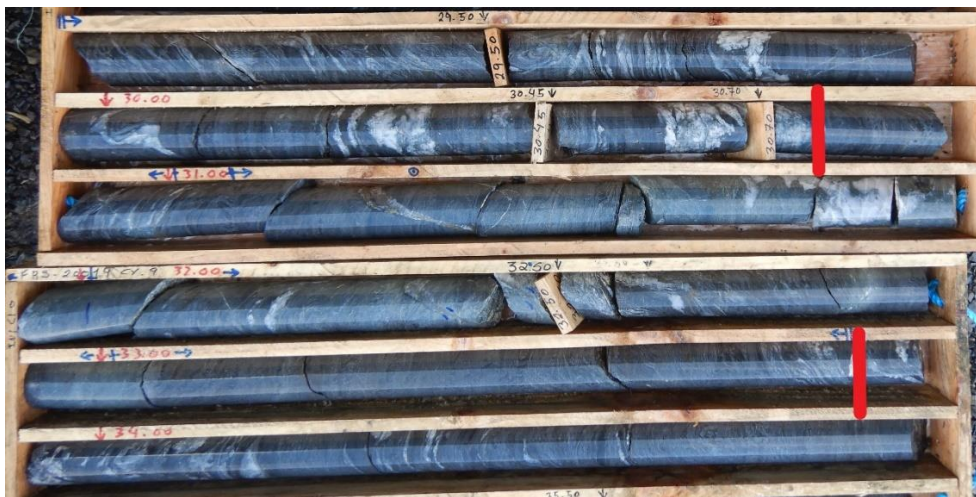


Fig. 42 – Caixas de sondagem da FRS20014, onde é possível observar as características descritas para o filito entre a metragem dos 30,75 m até aos 33,85 m (delimitadas a vermelho).

Relativamente ao quartzofilito observado nas sondagens da Freixeda, entendeu-se que este apresenta, maioritariamente, as mesmas características, no entanto, os modificadores utilizados para o descrever variam largamente. Assim, o intervalo entre a

metragem dos 89,00 m e os 91,00 m da sondagem FRS20014, constitui uma boa representação da referida litologia (Fig. 43). Existe, desta forma, um quartzofilito de cor acinzentada com xistosidade acentuada e grão bastante fino, silicificado e cloritizado, constituído, essencialmente, por quartzo e minerais micáceos (moscovite e/ou sericite). As superfícies de foliação são mais ou menos acetinadas e/ou luzidias e exibem brilho acetinado. O quartzo apresenta-se em grandes quantidades com diferentes espessuras/possanças de ordem milimétrica a centimétrica ou em forma de grãos irregulares ou agregados lenticulares e/ou linguiformes (constituindo camadas paralelas às da mica). Ao observar o quartzofilito, consta-se uma intensa deformação e crenulação. Em termos de mineralização, esta é muito heterogénea, variando a sua concentração ao longo dos diversos intervalos, conferindo, essencialmente, uma grande diversidade aos modificadores utilizados. A mineralização, de um modo geral, ocorre disseminada, em veios de mineralização, em veios de quartzo ou bandada/maciça, centrado-se, maioritariamente, em arsenopirite, pirite, calcopirite, galena e esfalerite. Os referidos minerais constituem também a base da mineralização presente nos filões que serão de seguida abordados.

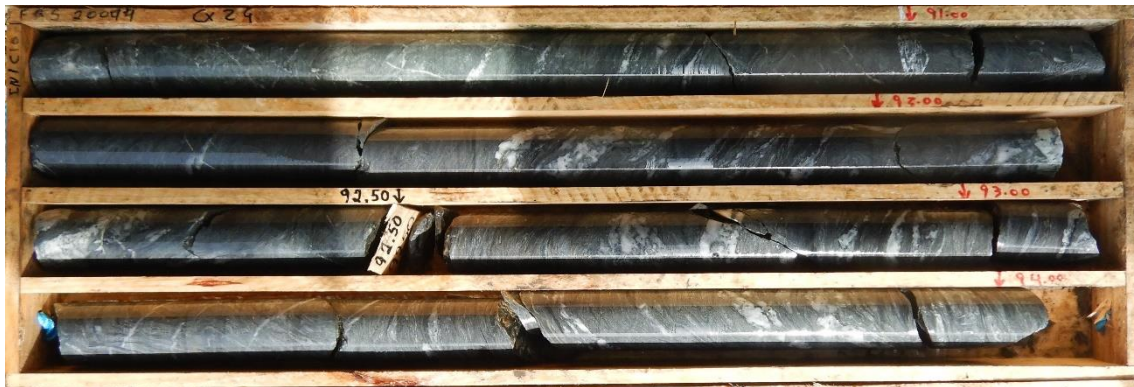


Fig. 43 – Caixa de sondagem da FRS20014 representativa de todas as características observadas e descritas para o quartzofilito.

No que concerne à mineralização do filão de São Jerónimo e do filão de Santo André, a sondagem FRS20017 apresenta-se indiscutivelmente como uma mais valia, tendo durante a sua perfuração intersetado os dois filões. Estes filões foram intersetados com litologia encaixante de quartzofilito. O filão de Santo André foi intersetado entre os 170,75 m e os 171,10 m (Fig. 44), correspondendo a estrutura de Santo André (ESTA) a um filão de quartzo leitoso (alfa 85°) com 15 cm de possança e mineralização de calcopirite, pirite, arsenopirite e raramente blenda. Este filão apresenta cavidades e a

mineralização ocorre maioria maciça. Geralmente, o referido filão apresenta a teto e/ou a muro uma caixa de falha com presença de argila.

Relativamente ao filão de São Jerónimo, este apresenta maioritariamente as mesmas características descritas para o filão de Santo André. Assim, na sondagem FRS20017, no intervalo entre a metragem dos 256,80 m aos 257,10 m (Fig. 45), ocorre a estrutura de São Jerónimo (ESTJ), sendo esta constituída por um filão de quartzo leitoso com 10 cm de possança e mineralizado em arsenopirite e raramente em blenda. Tal como anteriormente descrito, também este apresenta a teto e/ou a muro uma caixa de falha com presença de argila. Embora nesta sondagem não se verifique, o filão de São Jerónimo é constituído também por mineralização de pirite, calcopirite e galena.

Como referido anteriormente, ao longo da realização da campanha de sondagens na Freixeda, foram observados inúmeros filões de pequenas dimensões, bem como, inúmeros veios mineralizados (VEIN) paralelos aos filões de São Jerónimo e de Santo André. Estas ocorrências apresentam, no entanto, menor importância económica. Um exemplo representativo ocorre na sondagem FRS20014, no intervalo dos 304,40 m até aos 304,90 m (Fig. 46). Neste intervalo verifica-se um filão de quartzo a cortar a foliação muito deformada do quartzofilito. Este filão está mineralizado em arsenopirite, blenda, galena e pirite. A arsenopirite ocorre também disseminada no encaixante. O referido filão apresenta 40 cm de espessura real.



Fig. 44 – Caixa de sondagem da FRS20017, onde é possível observar as características descritas para o filão de Santo André entre a metragem dos 170,75 m até aos 171,10 m (delimitadas a vermelho).



Fig. 45 – Caixa de sondagem da FRS20017, onde é possível observar as características descritas para o filão de São Jerónimo entre a metragem dos 256,80 m até aos 257,10 m (delimitadas a vermelho).



Fig. 46 – Caixa de sondagem da FRS20014, onde é possível observar as características descritas para o rock type VEIN entre a metragem dos 304,40 m até aos 304,90 m (delimitadas a vermelho).

Por último, importa descrever o granito moscovítico e a mineralização nele contida. Para tal será utilizada como exemplo, uma vez mais, a sondagem FRS20014. Na área da Freixeda, em profundidade, ocorre um granito moscovítico de grão fino e cor cinza clara. Neste observam-se fenocristais de feldspato (2-3 cm no eixo maior) e, por vezes, sulfuretos disseminados na matriz, onde se destaca a arsenopirite. Este granito apresenta ainda dois níveis de alteração distintos, encontrando-se a alteração associada à mineralização presente no granito. Relativamente à mineralização que ocorre no granito destaca-se como intervalo representativo a metragem dos 336,60 m até aos 345,00 m da referida sondagem (Fig. 47a, 47b e 47c). Assim ocorre:

- 338,30 m – filão de quartzo com 5 cm de possança mineralizado em blenda, calcopirite e arsenopirite;

- 338,60 m – filão de quartzo com 1 cm de possança mineralizado em blenda e arsenopirite;
- 338,60 m até 338,70 m – arsenopirite disseminada;
- 338,70 m – filão de quartzo com 1,5 cm de possança mineralizado em arsenopirite;
- 339,05 m – filão de quartzo com 15 cm de possança mineralizado em blenda, calcopirite e pirite;
- 339,55 m – filão de quartzo com 6 cm de possança mineralizado em blenda;
- 342,70 m – filão de sulfuretos mineralizado em pirite e pirrotite;
- 343,05 m – filão de quartzo com 10 cm de possança mineralizado em blenda e calcopirite;
- 343,90 m – filão de quartzo com 12 cm de possança mineralizado em blenda, calcopirite e pirite.

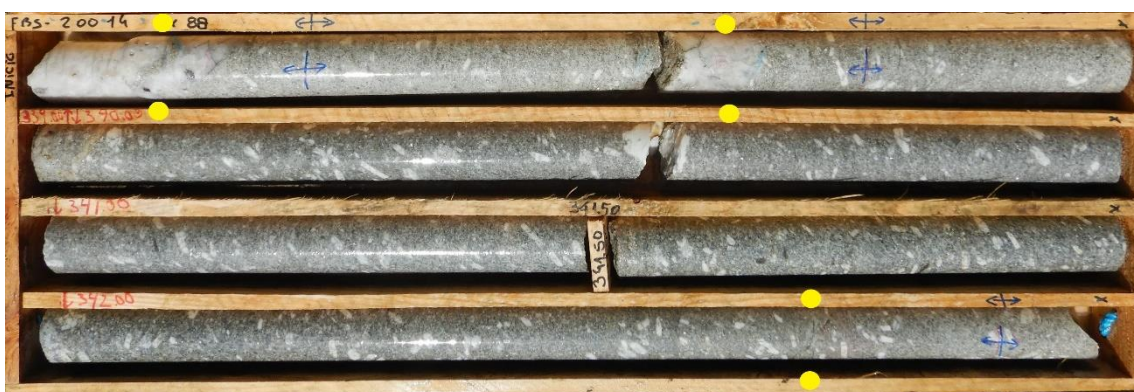




Fig. 47a, 47b e 47c – Caixas de sondagem da FRS20014, onde é possível observar as características descritas para o granito moscovítico entre a metragem dos 336,60 m até aos 345,00 m (delimitadas a vermelho). Os intervalos mineralizados descritos encontram-se delimitados a amarelo.

3.3 – Re-log geológico de sondagens carotadas históricas

Simultaneamente à realização da referida campanha de sondagens o estagiário procedeu ao re-log geológico de sondagens carotadas históricas executadas na área da estrutura mineralizada da Freixeda. Estas sondagens foram desenvolvidas ao longo do tempo pelas diversas empresas detentoras dos direitos de concessão da área da Freixeda. Foi assim realizado o re-log geológico de 8 sondagens carotadas com uma metragem total de 2 463,95 metros.

O objetivo principal deste re-log era adaptar o log geológico histórico aos códigos dos parâmetros de *rock type* e modificadores, criados para as sondagens na Freixeda. Assim, a informação presente nos referidos logs passou a poder ser inserida e trabalhada na base de dados, não criando entropia. Ao mesmo tempo que se alterava o log, era confirmada, sendo validada ou não, a informação que estava inserida nos logs históricos, modificando-a sempre que necessário. Para além disto, para algumas sondagens históricas foram criados logs geológicos de raiz, uma vez que essas sondagens apenas apresentavam log para as metragens com boa mineralização. Um exemplo ilustrativo do referido, é a sondagem histórica FSN08, para a qual foi criado log geológico de raiz (Fig. 48). Na sondagem FSN08 destaca-se o filão de São Jerónimo que ocorre com litologia encaixante de granito moscovítico, apresentando as mesmas características anteriormente mencionadas (Fig. 49). Este destaque apresenta-se como um complemento à informação descrita no log geológico presente no subcapítulo da prospeção geológica na estrutura mineralizada da Freixeda. Na referida localização são descritos e ilustrados os filões de Santo André e de São Jerónimo a ocorrer com litologia

encaixante de quartzofilito, sendo que na sondagem FSN08, a estrutura mineralizada de São Jerónimo ocorre no seio do granito moscovítico.

Identificação (Sondagem)	De (m)	Até (m)	ROCK TYPE	MOD1	MOD2	MOD3	» COMENTÁRIOS	Estratigrafia
FSN08	0.00	8.80	QPH	OXD			oxi weathering	QPH
FSN08	8.80	53.95	QPH	OXD				
FSN08	53.95	97.20	QPH					
FSN08	97.20	104.40	QPH				influência do filão de Santo André (?)	ESTA
FSN08	104.40	104.55	ESTA	DAS	OXD	Santo André - pirite e arsenopirite. Aspeto brechoide		
FSN08	104.55	163.25	QPH				aos 151.95 m ocorre zona mais silicificada com cerca de 15 cm, com alteração clorítica e possíveis feldspatos	QPH
FSN08	163.25	165.00	QPH	OXD				APG
FSN08	165.00	165.30	APG					APG
FSN08	165.30	172.00	QPH	OXD				QPH
FSN08	172.00	198.40	QPH					
FSN08	198.40	215.60	QPH	DAS				APG
FSN08	215.60	297.00	QPH					QPH
FSN08	297.00	297.20	APG					APG
FSN08	297.20	297.70	QPH					QPH
FSN08	297.70	299.20	APG					QPH
FSN08	299.20	327.50	QPH					QPH
FSN08	327.50	334.70	QPH	OXD			influência do granito? / metamorfismo de contacto? / influência do filão de São Jerónimo	G2M
FSN08	334.70	341.20	G2M				2 micas grão fino porfiroide; por vezes veios esporádicos de sulfuretos	
FSN08	341.20	342.30	ESTJ	G2M	DAS		Sulfuretos	ESTJ
FSN08	342.30	353.95	G2M				2 micas grão fino porfiroide; por vezes veios esporádicos de sulfuretos	G2M

Fig. 48 – Exemplo ilustrativo de re-log geológico da sondagem FSN08 (histórica) onde se encontram representados: os intervalos de metragem referentes ao *rock type*; o *rock type*; os modificadores 1, 2 e 3; e os comentários sempre que necessários. Este log geológico foi executado com base nos códigos criados para a campanha de sondagens carotadas da Freixeda.



Fig. 49 – Caixas de sondagem da FSN08, onde é possível observar o filão de São Jerónimo com litologia encaixante de granito moscovítico (delimitado a vermelho).

Por último, foram observados os intervalos anteriormente amostrados, procedendo-se a uma nova marcação de intervalos, sempre que necessária. Esta remarcação visou corresponder aos limites de amostragem definidos pela empresa. Para além disso, foi definida amostragem para intervalos de metragem que ainda não tinham sido analisados, mas que apresentavam bons indicadores. Relativamente às representações e esquemas das sondagens históricas, foram selecionados e incorporados na base de dados os que, embora apresentem simbologia algo diferente da utilizada na presente campanha, acrescentem informação com valor (Fig. 50).

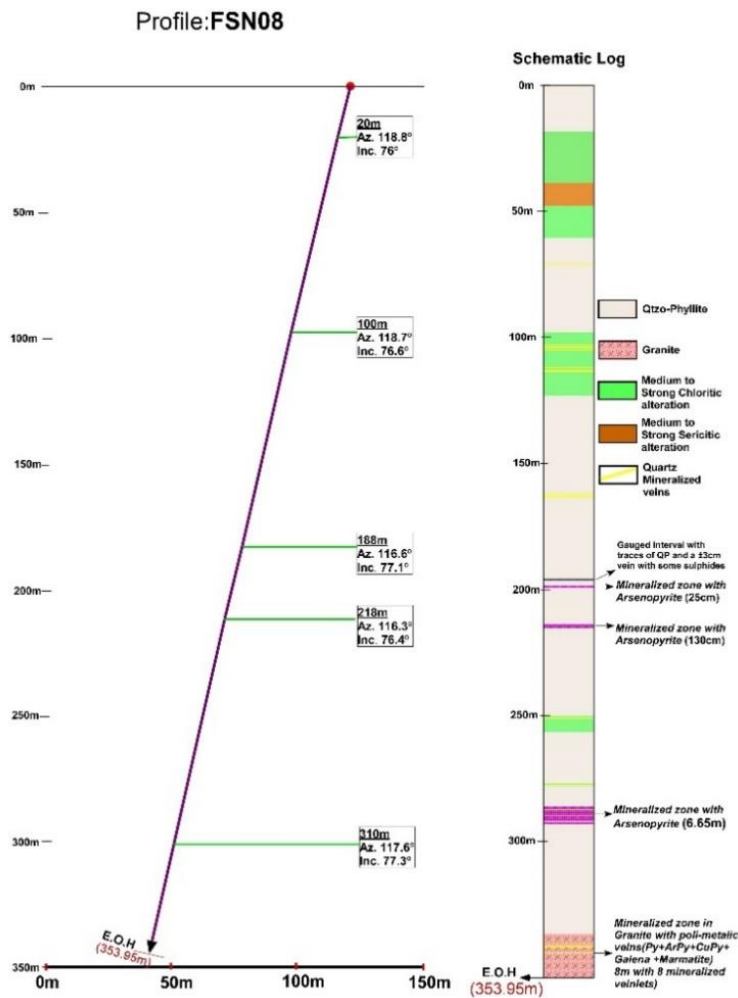


Fig. 50 – Secção da sondagem FSN08 (histórica), onde é possível observar o percurso da sondagem acompanhado com metragem na vertical e horizontal e um log geológico esquemático que apresenta litologias, alterações e diferentes mineralizações. Importa referir que esta secção, e subsequentemente o log geológico esquemático, não se encontram realizados com os códigos definidos para a atual campanha de sondagens da Freixeda.

4 – Seleção de amostras para estudo petrográfico e mineralógico da estrutura mineralizada de Latadas

Durante a realização do estágio, recolheram-se diversas amostras para diferentes fins, apresentando como código identificativo, p. ex., 20JRM001, onde cada termo corresponde a: 20 – ano de 2020, JRM – sigla do nome do estagiário, e 001 – amostra número 1 recolhida pelo estagiário. Das amostras recolhidas, algumas serviriam, posteriormente, para a realização de estudo petrográfico e mineralógico da estrutura mineralizada de Latadas, sendo esta a principal área de interesse e foco do estágio.

As amostras selecionadas para o referido estudo foram obtidas a partir dos testemunhos das sondagens carotadas, realizadas na estrutura de Latadas, numa área com 1,5 km de comprimento. A campanha de sondagens de Latadas contou com duas fases de atividade distintas. Uma primeira fase com furos de sondagem curtos, entre 70 e 90

metros de profundidade, e uma segunda fase com furos de sondagem mais longos, entre 130 e 180 metros de profundidade. Posteriormente, foram selecionadas as melhores sondagens de cada uma das fases, de forma a ser possível comparar as futuras observações e resultados entre as sondagens da mesma fase, entre as sondagens das duas fases e entre as diferentes zonas onde cada sondagem foi realizada. A recolha das amostras apresentou como critérios base, para além dos já referidos, os teores de ouro e prata obtidos laboratorialmente, bem como, outras características que se achou pertinente estudar. Estas características proveem tanto dos testemunhos das sondagens, como de factos observáveis à superfície que careciam de um maior estudo e dedicação.

Com base nos critérios de seleção enumerados, procurou-se recolher amostras representativas de toda a estrutura presente em Latadas. Assim, foram recolhidas amostras de filito; quartzofilito; mineralização a teto, em filão e a muro; e de outras características, onde se destaca uma área com mineralização idêntica à que ocorre em estruturas de *stockwork* (*rock type* – STWK). Assim, para além do estudo e caracterização das litologias presentes, procurou-se estudar e caracterizar pormenorizadamente os locais que apresentam melhores teores de ouro e prata, obtendo-se informações valiosas das mineralizações presentes. Estas informações apresentam um elevado valor para as atividades de prospeção dos referidos elementos.

O objetivo principal deste estudo foca-se nas mineralizações presentes na estrutura de Latadas, sobretudo a teto, a muro e no denominado filão de Latadas, dotando a empresa de um maior número de informações pertinentes. Para além disso, procurou-se contribuir para um melhor conhecimento geológico da área de Latadas, executando-se também, um estudo das características que ocorrem fora da área mineralizada. Lembra-se que a área de Latadas, bem como outras áreas do campo filoniano da Freixeda, apresentavam um conhecimento geológico muito deficitário. Assim, de forma a executar um estudo completo e consolidado, foram utilizadas diversas técnicas de análise. Para o estudo petrográfico e mineralógico foi utilizando microscópio ótico polarizante de luz transmitida e refletida, bem como, lupa binocular com luz transmitida e refletida. Posteriormente, de forma a completar o estudo foram utilizadas as técnicas de microscopia eletrónica de varrimento (MEV), difração de raios-X (XRD), espectroscopia de infravermelhos (FTIR) e espectroscopia de Raman.

Após o cessar do estágio, as empresas Minaport e Almina, executaram na estrutura de Latadas uma campanha de sondagens de RC (*Reverse Circulation* ou, em português,

sondagens de Circulação Inversa). Esta campanha foi executada no mesmo trecho da área de Latadas, onde tinha sido realizada a campanha de sondagens carotadas. As sondagens de *RC* foram projetadas com base nas informações obtidas pelas anteriores sondagens, procurando dar resposta às dúvidas pendentes das sondagens carotadas. Assim, torna-se possível a comparação dos resultados adquiridos pelas duas campanhas, obtendo-se um grande número de informações pertinentes para a construção e melhoramento do modelo geológico da estrutura mineralizada de Latadas.

A campanha de *RC* acrescentou, indiscutivelmente, informação valiosa ao conhecimento geológico de Latadas e, uma vez que a informação das duas campanhas é comparável, recolheu-se também para o estudo mineralógico amostras das sondagens de *RC*. A seleção destas amostras baseou-se ora nos teores de ouro obtidos laboratorialmente, ora na possível comparação entre sondagens das diferentes campanhas, uma vez que algumas sondagens de *RC* foram executadas com as mesmas coordenadas, azimute e inclinação das sondagens carotadas. Assim, é possível obter o máximo de informação pertinente para determinadas áreas de Latadas.

Referente à campanha de sondagens carotadas, foram selecionadas 6 sondagens, sendo 4 delas de alcance curto (LAS19004, 005, 007 e 014) e as restantes 2 sondagens de alcance mais longo (LAS19010 e 012) (Fig. 51). Relativamente à campanha de sondagens de *RC* foram selecionadas 3 sondagens, todas de alcance curto (LAS20006, 008 e 010) (Fig. 52). No anexo IV encontra-se o registo fotográfico das amostras utilizadas na caracterização petrográfica e mineralógica de toda a estrutura presente em Latadas. Importa referir que as amostras com os códigos 20JRM001 à 20JRM054, foram recolhidas durante o período de estágio, enquanto as amostras com os códigos 20JRM055 à 20JRM065, foram recolhidas após o fim do estágio, sendo referentes às sondagens de *RC*.

De seguida apresenta-se a Tabela 3 onde consta, todas as informações pertinentes sobre as amostras utilizadas na caracterização petrográfica e mineralógica das rochas da estrutura de Latadas, bem como as técnicas onde foram analisadas e estudadas.

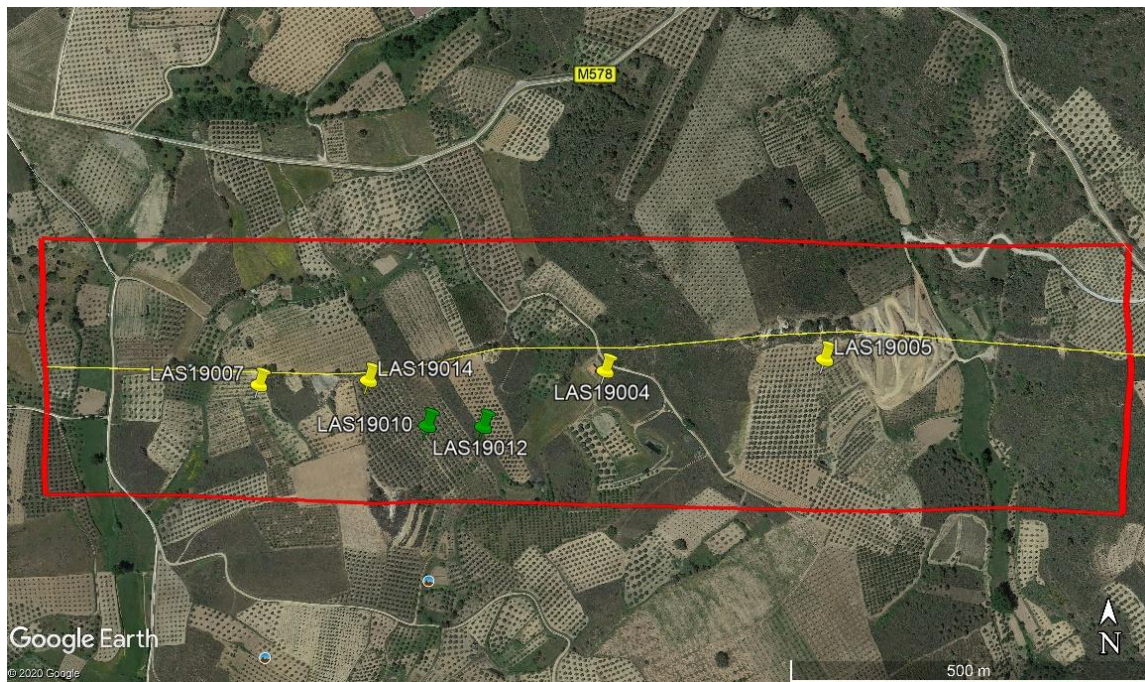


Fig. 51 – Localização das sondagens carotadas seleccionadas para a caracterização petrográfica e mineralógica de Latadas. As sondagens seleccionadas são constituídas por uma fase de furos de sondagem curtos (pinos amarelos) e uma outra fase de furos de sondagem mais longos (pinos verdes). O filão de Latadas encontra-se representado por linha amarela, enquanto na linha vermelha encontra-se representada a área onde foram implantadas as sondagens (figura retirada em 10/10/2020 do software Google Earth Pro).

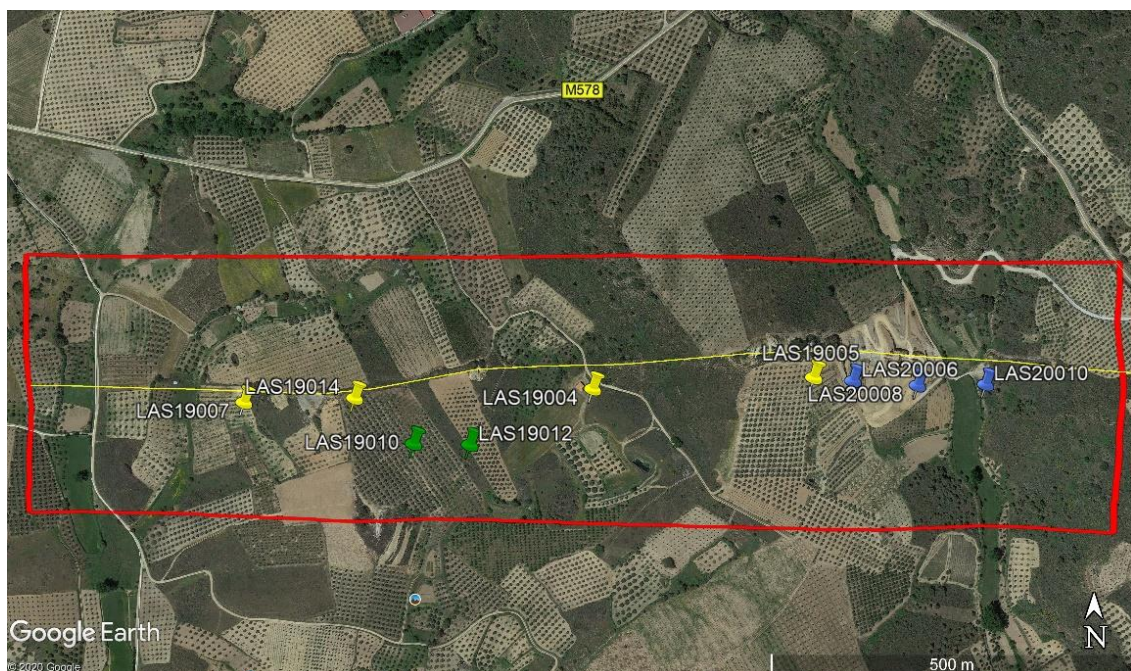


Fig. 52 – Localização das sondagens de RC seleccionadas para a caracterização mineralógica de Latadas (pinos azuis). Na figura encontra-se também representada a localização das sondagens carotadas seleccionadas para a caracterização petrográfica e mineralógica de Latadas. O filão de Latadas encontra-se representado por linha amarela, enquanto na linha vermelha encontra-se representada a área onde foram implantadas as sondagens (figura retirada em 10/10/2020 do software Google Earth Pro).

Tabela 3 – Amostras utilizadas para a caracterização petrográfica e mineralógica pormenorizada de toda a estrutura de Latadas. Na tabela apresenta-se informação referente a cada amostra, bem como, a(s) técnica(s) na qual foram analisadas e estudadas.

Tipo de sondagem	Código da sondagem	Rock type (log geológico)	Intervalo do rock type	Código da amostra	Código da caracterização	Metragem da amostra	Microscópio ótico	Lupa binocular	Microscópio eletrónico de varrimento (MEV)	Difração de raios-X (XRD)	Espectroscopia de infravermelhos (FTIR)	Espectroscopia de Raman	
Sondagens carotadas	LAS19004	STWK	63,75 – 73,90 m	20JRM045	LA45	68,50 m	X	X				X	
	LAS19005	MTE	49,10 – 50,05 m	20JRM004	LA04	50,00 m	X	X					
		MFI	50,05 – 58,30 m	20JRM006	LA06	50,30 m	X	X					
				20JRM007	LA07	50,50 m	X	X					
				20JRM008	LA08	57,40 m					X		
				20JRM010	LA10	57,90 m	X	X	X				
	LAS19007	MTE	46,13 – 48,70 m	20JRM017	LA17	48,05 m	X	X					
		MMU	53,55 – 56,72 m	20JRM020	LA20	54,30 m	X	X					
	LAS19010	MTE	84,95 – 87,85 m	20JRM039	LA39	85,40 m	X	X					
		MMU	95,00 – 96,15 m	20JRM041	LA41	95,60 m	X	X					
	LAS19012	MFI	92,05 – 96,65 m	20JRM035	LA35	95,10 m	X	X					

	LAS19014	MFI	32,25 – 44,00 m	20JRM027	LA27	35,70 m	X	X				
				20JRM028	LA28	40,80 m	X	X	X			
		MMU	48,70 – 53,80 m	20JRM030	LA30	50,10 m					X	
		QPH	53,80 – 54,75 m	20JRM033	LA33	54,00 m	X	X				

VI – Caracterização petrográfica e mineralógica das rochas da estrutura de Latadas

1 – Considerações gerais

No presente capítulo descreve-se o estudo laboratorial desenvolvido para toda a estrutura de Latadas, com foco principal na estrutura mineralizada. Ao longo do capítulo serão então descritos, pormenorizadamente, os factos observáveis através do estudo realizado com as diferentes técnicas de análise laboratorial. As conclusões obtidas serão descritas e devidamente contextualizadas na estrutura de Latadas.

Como anteriormente referido, o objetivo deste estudo é caracterizar, detalhadamente, com base na petrografia e mineralogia, toda a estrutura de Latadas onde foi desenvolvida a campanha de sondagens carotadas. Relembra-se que a campanha de sondagens foi constituída por duas fases de atividade: uma primeira fase com furos de sondagem curtos e uma segunda fase com furos de sondagem mais longos. Posteriormente, foram seleccionadas as melhores sondagens de cada uma das fases de modo a comparar as futuras observações e resultados entre as sondagens da mesma fase, entre as sondagens das duas fases e entre as diferentes zonas onde cada sondagem foi realizada. A seleção das sondagens e, dentro destas, a seleção das melhores metragens (onde foram recolhidas as amostras) foi realizada com base nos teores de ouro e prata obtidos laboratorialmente, bem como a partir de outras características que se achou pertinente estudar.

Assim, o presente capítulo encontra-se segmentado pelas diversas técnicas utilizadas no estudo e, dentro destas, dividido por litologias (filito e quartzofilito), seguido da mineralização relacionada com o filão (mineralização a teto, em filão e a muro) e, por fim, de outras características. As sondagens (Fig. 53) serão abordadas da esquerda para a direita, de O para E, da área onde foi desenvolvida a campanha de sondagens carotadas, sendo primeiro descritas as sondagens de alcance curto e de seguida as sondagens de alcance mais longo.

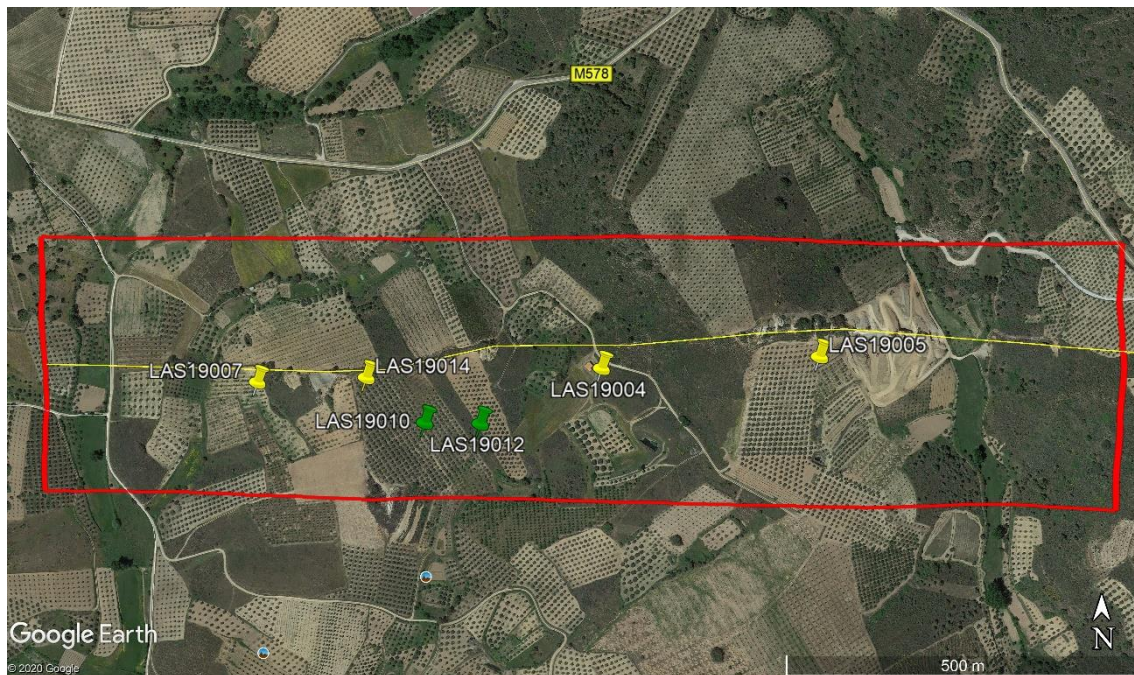


Fig. 53 – Localização das sondagens carotadas seleccionadas para a caracterização petrográfica e mineralógica da Latadas. As sondagens seleccionadas são constituídas por uma fase de furos de sondagem curtos (pinos amarelos) e uma outra fase de furos de sondagem mais longos (pinos verdes). O filão de Latadas encontra-se representado por linha amarela, enquanto na linha vermelha encontra-se representada a área onde foram implantadas as sondagens (figura retirada em 10/10/2020 do software Google Earth Pro).

2 – Caracterização petrográfica

A estrutura mineralizada de Latadas encontra-se dividida em mineralização a teto, em filão e a muro quando relacionadas com o filão de Latadas. O contacto entre os referidos *rock type* da mineralização, bem como entre os mesmos e as litologias encaixantes, ocorre de forma gradual, existindo uma metragem em que as características de ambos alternam. Assim, o limite (a metragem) entre os diferentes *rock type* torna-se complexo de definir macroscopicamente, podendo não corresponder na totalidade ao observado microscopicamente. As rochas foram analisadas com recurso a microscópio ótico e lupa binocular, ambos com luz transmitida e refletida.

2.1 – Litologias da Formação Filito-Quartzítica (O_{FQ})

2.1.1 – Quartzofilito

LAS19014, LA33 – Na sondagem LAS19014 foi recolhida uma amostra de quartzofilito que deu origem à lâmina LA33. Nesta lâmina observam-se níveis mais filíticos, constituídos por filossilicatos, e outros níveis mais quartzosos, possuindo ambos espessuras variáveis (Fig. 54A). O quartzofilito apresenta textura lepidogranoblástica

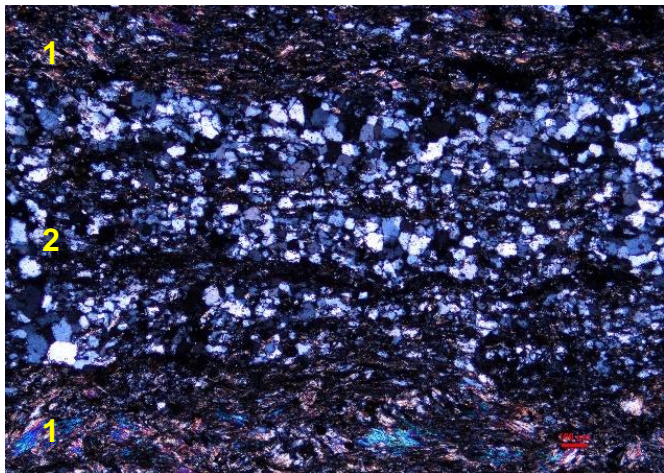
com alguns opacos de grandes dimensões, observando-se um bandado composicional nítido, marcado por níveis quartzosos de textura granoblástica e por níveis micáceos de textura lepidoblástica. Nos níveis mais filíticos, constituídos sobretudo por sericite, observam-se microdobras associadas à fase D_2 da orogenia Varisca, exibindo, assim, clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0//S_1//S_2$ (Fig. 54B).

Nesta lâmina observa-se arsenopirite e matéria orgânica posteriores ao quartzofilito, ocorrendo a referida mineralização isolada ou em conjunto. Como particularidade observa-se que a matéria orgânica ocorre sempre nos níveis mais filíticos e que a arsenopirite corta a foliação presente no quartzofilito. A arsenopirite ocorre em cristais bem desenvolvidos apresentando-se, geralmente, com hábito subédrico e, por vezes, euédrico (Fig. 54C). Pontualmente, à volta do referido sulfureto ocorrem carbonatos, nomeadamente dolomite. Em simultâneo com a mineralização ocorre clorite, sobretudo nos níveis filíticos, cristalizando em fiadas segundo uma orientação preferencial ($S_1//S_0$), apresentando-se, assim, estes níveis como um filito sericítico cloritizado. Nos locais com maior concentração de matéria orgânica observa-se na lâmina a presença de óxidos/hidróxidos de ferro.

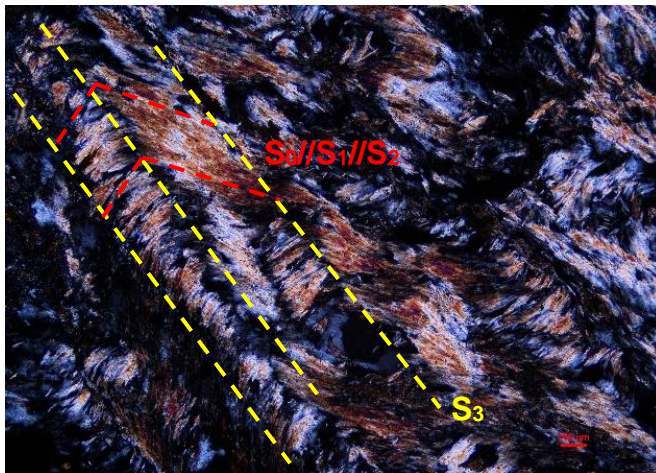
2.1.2 – Filito

LAS19005, LA10 – A lâmina LA10 referente à sondagem LAS19005 corresponde no log geológico a uma amostra recolhida no *rock type* MFI (mineralização em filão), no entanto, quando observada ao microscópio constata-se que se trata de um nível de filito. Esta amostra encontra-se no intervalo de metragens em que ocorre alternâncias entre os *rock type*. Na LA10 observa-se um filito, mais concretamente um filito sericítico clorítico, que apresenta uma foliação caracterizada por uma distribuição homogénea dos filossilicatos, observando-se assim uma orientação preferencial. O filito possui uma textura lepidoblástica com mineralização sobretudo de arsenopirite, encontrando-se esta a acompanhar os planos de xistosidade (Fig. 54D). Também concordantes com os planos de xistosidade observam-se níveis de matéria orgânica (Fig. 54E) que apresentam pontualmente óxidos/hidróxidos de ferro. A mineralização de arsenopirite é tardia face à litologia filítica e, embora concordante com os planos de xistosidade, apresenta-se a cortar a sua foliação (Fig. 54F). Este sulfureto apresenta em luz refletida e nicóis cruzados tons verdes. Pontualmente, entre a arsenopirite e o filito, ocorre a cristalização de clorite, sendo esta contemporânea do sulfureto.

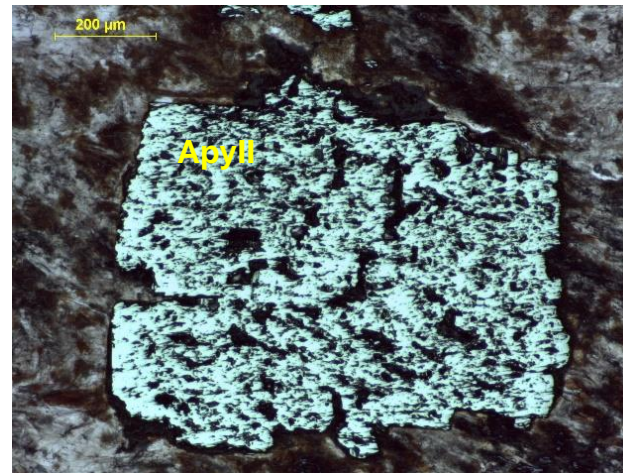
54A



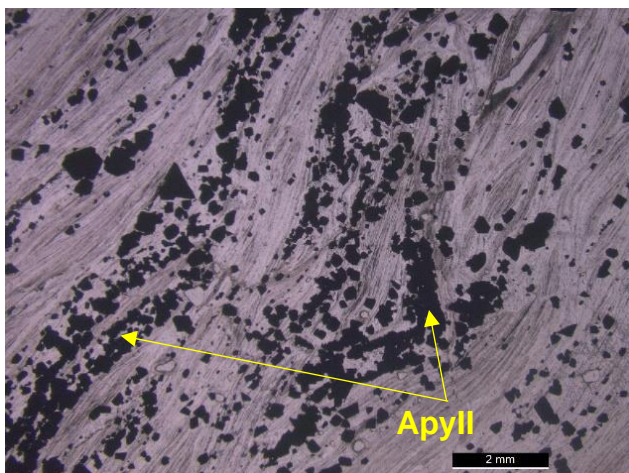
54B



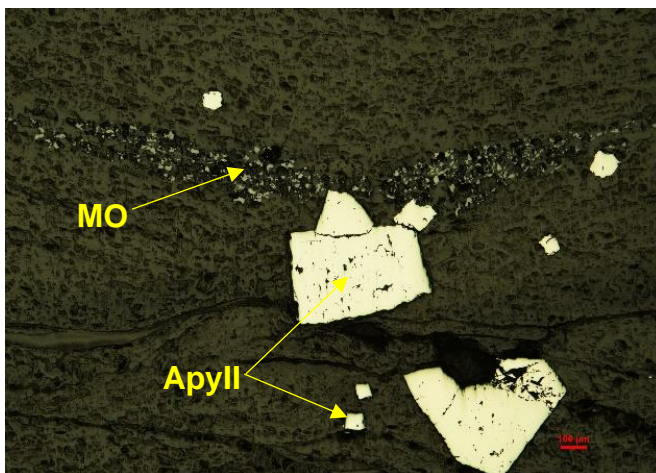
54C



54D



54E



54F

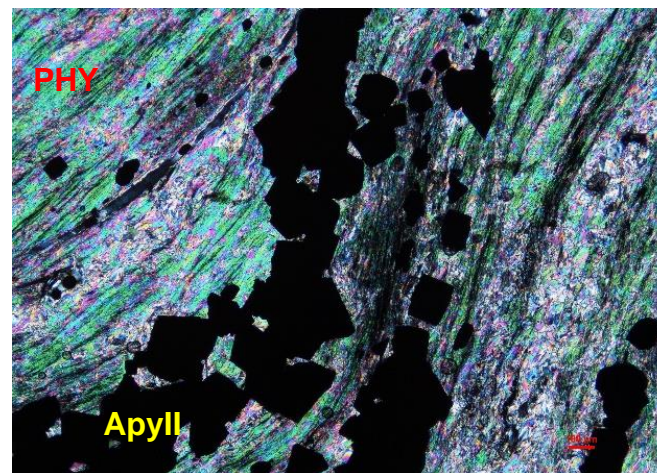


Fig. 54 – A – quartzofilito com níveis filíticos (1) e quartzosos (2) (LT/NX); B – quartzofilito com clivagem de crenulação S_3 perpendicular a $S_0/S_1/S_2$ (LT/NX); C – arsenopirite (ApyII) (LR/LT/N//); D – arsenopirite (ApyII) a acompanhar os plano de xistosidade do filito (Lupa – LT/N//); E – matéria orgânica (MO) a acompanhar planos de xistosidade do filito (LR/N//); F – arsenopirite (ApyII) a cortar a foliação do filito (PHY) (LT/NX).

2.2 – Estrutura mineralizada de Latadas

2.2.1 – Mineralização a teto

LAS19007, LA17 – Relativamente à mineralização que ocorre a teto do filão de quartzo leitoso de Latadas, na sondagem LAS19007 foi realizada a lâmina LA17. Esta lâmina embora ocorra no *rock type* MTE apresenta uma grande influência do MFI, observando-se uma quantidade elevada de cristais de maiores dimensões de quartzo e de cristais de quartzo recristalizado. Relativamente ao primeiro quartzo, os seus cristais apresentam hábito euédrico até anédrico sendo que ocorrem, frequentemente, em agregados equigranulares e inequigranulares com presença de subgranulação. Estes apresentam deformação intracristalina evidenciada pela presença de catáclase dos grãos, bordos saturados e extinção ondulante, indicadora de um regime de deformação dúctil.

Entre o quartzo surgem, diferentemente espaçados e com tamanhos muito variáveis, fragmentos de filito que apresentam as características anteriormente referidas, com destaque para a mineralização em arsenopirite (cristais grandes) (Fig. 55A) e, sobretudo, em matéria orgânica. Não relacionadas com o filito, mas também ocorrendo entre os cristais de maiores dimensões de quartzo, surgem micas de grão fino, nomeadamente sericite bem definida.

A mineralização ocorre entre os grãos de quartzo (Fig. 55B), podendo, pontualmente, circundar por completo o megacristal de quartzo. A mineralização ocorre ainda em dimensões variáveis, podendo apresentar-se em cristais ou em massas, sendo constituída por arsenopirite, pirite, esfalerite, calcopirite, galena (rara) e matéria orgânica. Com menos frequência, observa-se ainda mineralização ao longo de pequenas fraturas presentes nos cristais de quartzo. Uma das principais mineralizações presentes é a arsenopirite, que ocorre em cristais ou pequenas massas entre o quartzo. Pontualmente, também ocorre nas fraturas destes grãos. Outro sulfureto presente é a pirite, que se apresenta, geralmente, em cristais de maiores dimensões, euédricos a subédricos (Fig. 55C). A esfalerite ocorre, por norma, anédrica e maciça encontrando-se, por vezes, a ser substituída por galena. A calcopirite ocorre sempre em pequenas dimensões e em cristais anédricos, apresentando um carácter posterior. Esporadicamente, junto da mineralização, observa-se óxidos/hidróxidos de ferro.

LAS19005, LA04 – Na sondagem LAS19005, foi realizada a lâmina LA04 que representa um quartzofilito mineralizado em arsenopirite, apresentando-se sem

influência do quartzo do *rock type* MFI, em contraste com a lâmina anterior. A mineralização ocorre associada com a matéria orgânica (Fig. 55D). O quartzofilito apresenta textura lepidogranoblástica onde se destacam dois níveis distintos como referido na lâmina LA33 (nível filítico e nível quartzoso). Esta litologia, sobretudo nos níveis filíticos, apresenta plano de xistosidade muito bem definido, estando a referida mineralização paralela a estes (Fig. 55E), embora, ocorra a cortar a foliação face à sua deposição posterior. A arsenopirite é constituída por cristais subédricos, geralmente de dimensões reduzidas, podendo também ocorrer a preencher fraturas presentes no quartzofilito. A matéria orgânica ocorre, por norma, subédrica a anédrica, mas em maiores dimensões face ao sulfureto.

Na LA04 destaca-se uma dobra materializada na zona de charneira por um nível com quartzo abundante de textura granoblástica, sendo este, juntamente com os níveis filíticos que o ladeiam, acompanhados por muita arsenopirite e matéria orgânica. A referida mineralização ocorre com dimensões variáveis, mas muito superiores face ao observado no resto da lâmina. A matéria orgânica, quando observada em luz refletida e nicóis cruzados, apresenta tons cinza, enquanto que a arsenopirite apresenta tons esverdeados. Nesta lâmina destaca-se ainda, um nível com grande concentração de matéria orgânica, ocorrendo este paralelo ao plano de xistosidade presente nos níveis filíticos do quartzofilito.

LAS19010, LA39 – Pertencente à segunda fase de sondagens, a fase de alcance mais longo, selecionou-se a sondagem LAS19010 de onde foi realizada a lâmina LA39, que representa o *rock type* MTE. Nesta lâmina, de uma forma geral, observa-se as características descritas nas anteriores (LA17 e LA04), ocorrendo na LA39 em conjunto, bem como outras características. Assim, observa-se uma mistura entre as seguintes características e litologias: quartzofilito (mineralizado), fragmentos de filito (mineralizado), cristais de maiores dimensões de quartzo constituintes do filão de Latadas e, por fim, cristais de quartzo de pequenas dimensões provenientes da recristalização dos referidos cristais de maiores dimensões (mineralizado) (Fig. 55F).

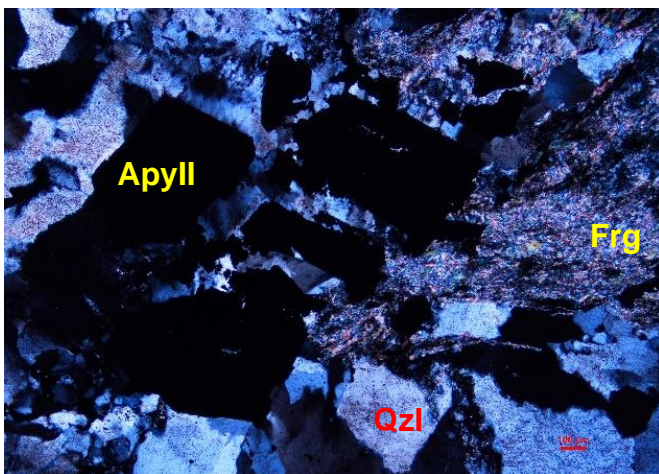
O quartzofilito apresenta nos níveis micáceos um filito sericítico com muita mineralização em arsenopirite. Esta ocorre em pequenas dimensões e, geralmente, em cristais euédricos a subédricos. No quartzofilito destaca-se ainda como particularidade a existência de clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0//S_1//S_2$ (Fig. 55G), tal como descrito para a LA33. Relativamente aos fragmentos de filito, estes apresentam

mineralização de arsenopirite e, sobretudo, de matéria orgânica, encontrando-se esta última concordante com a foliação original presente nestes fragmentos.

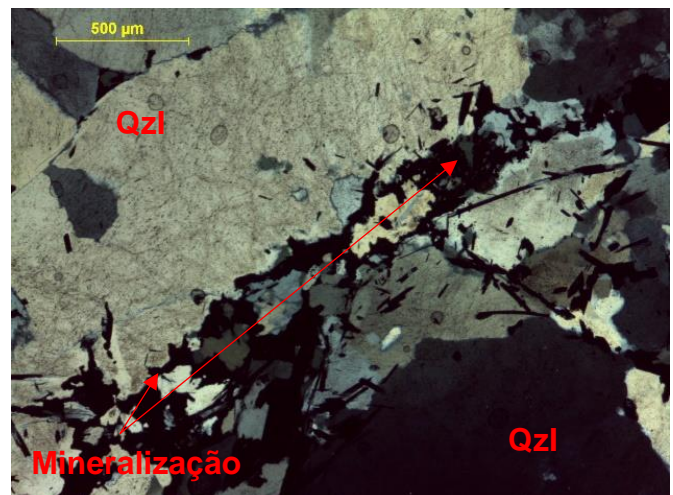
O quartzo constituinte do filão de Latadas apresenta as características descritas na LA17, com destaque para a extinção ondulante e a subgranulação dos grãos. Relativamente à mineralização, este é estéril. Por toda a lâmina LA39, nos locais onde ocorrem os cristais de maiores dimensões, observa-se um processo de cloritização bastante forte, ocorrendo esta como clorite vermicular (Fig. 55H). Pontualmente, observa-se também processo de sericitização, apresentando-se a sericite segundo uma massa cristalina no seio dos cristais de maiores dimensões de quartzo.

Devido à circulação de um fluido aquoso quente, alguns dos cristais de maiores dimensões de quartzo foram dissolvidos tendo posteriormente recristalizado, obtendo-se assim, os cristais de pequenas dimensões de quartzo recristalizado. O processo de recristalização é sustentado na observação de quartzo com tendência para a poligonização, formando pontos triplos e com aspeto em mosaico. Associado a este processo e, contemporâneo do mesmo, ocorre a precipitação de sulfuretos. Na LA39 observa-se mineralização de arsenopirite, constituída por cristais de pequenas dimensões e, geralmente, euédricos a subédricos. Posteriormente, em espaços vazios verifica-se a deposição do sulfureto calcopirite, que muito pontualmente apresenta nos bordos alteração supergénica para covelite. Associada aos referidos sulfuretos observa-se esporadicamente óxidos/hidróxidos de ferro. Por último, importa referir, que entre os grãos do quartzo recristalizado ocorrem micas muito finas, nomeadamente sericite em palhetas ou em pequenas massas.

55A



55B



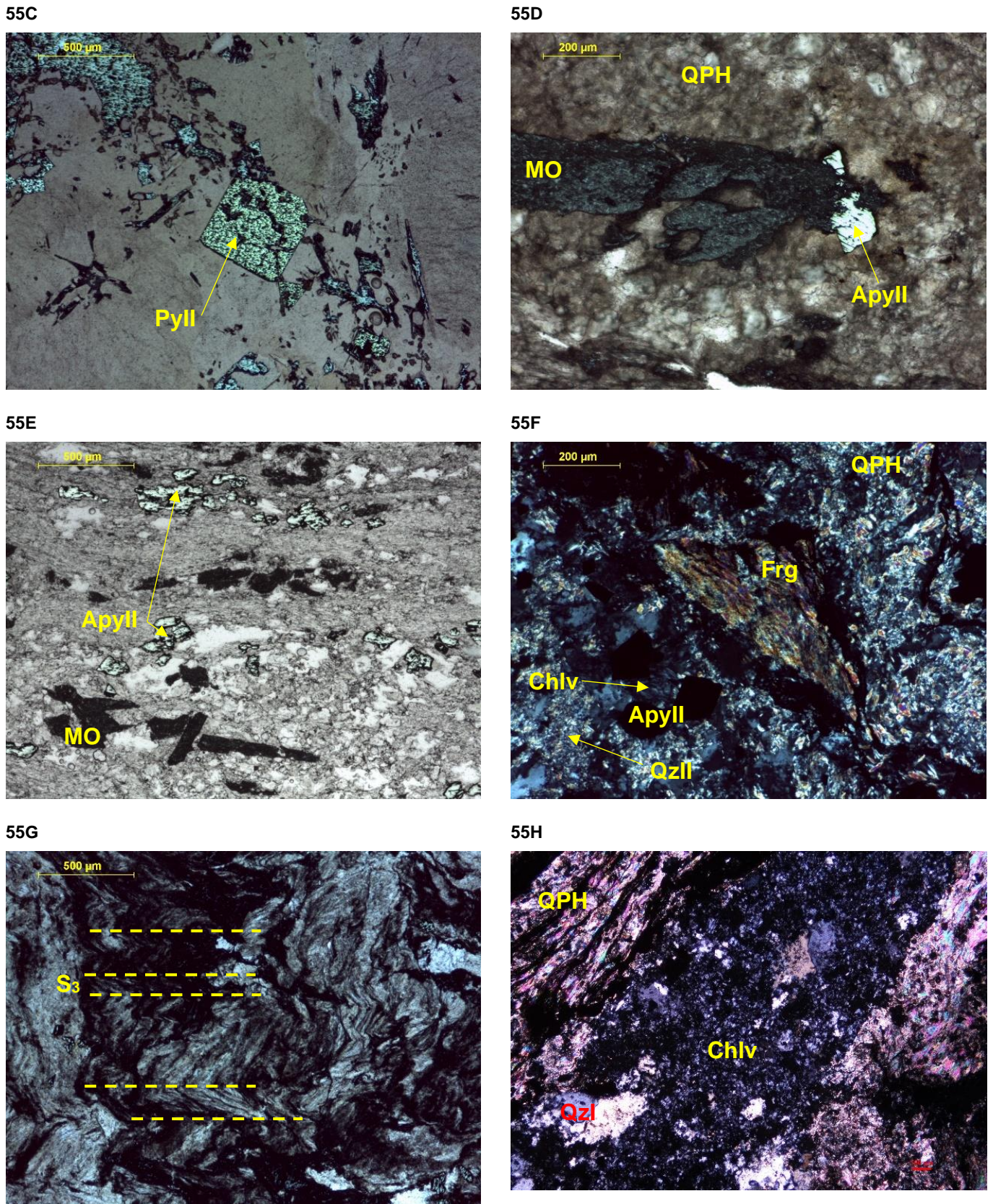


Fig. 55 – A – fragmento de filito (Frg) com arsenopirite (Apyll) (LT/NX); B – mineralização entre os cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) (LT/NX); C – pirite euédrica (Pyll) (LR/LT/N//); D – quartzofilito (QPH) com matéria orgânica (MO) e arsenopirite (Apyll) (LR/LT/N//); E – mineralização de arsenopirite (Apyll) e matéria orgânica (MO) paralela aos planos de xistosidade do quartzofilito (LR/LT/N//); F – fragmento de filito (Frg), quartzofilito (QPH), quartzo recristalizado (QzII), arsenopirite (Apyll) e clorite vermicular (Chlv) (LT/NX); G – clivagem de crenulação S_3 presente no quartzofilito (LR/LT/N//); H – clorite vermicular (Chlv) nos cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) (LT/NX).

2.2.2 – Mineralização em filão

LAS19014, LA27 e LA28 – Relativamente à sondagem LAS19014 foram recolhidas duas amostras (LA27 e LA28) no *rock type* MFI, espaçadas cerca de 5 metros. A lâmina LA27 apresenta exatamente as mesmas características mencionadas na LA39, sendo uma mistura entre: o quartzo de maiores dimensões, o quartzo recristalizado de pequenas dimensões, o quartzofilito mineralizado e fragmentos de filito mineralizados. Na LA27 observa-se, uma vez mais, que a mineralização presente ocorre junto do quartzo recristalizado, tendo este como proveniência os cristais de quartzo maiores. O filito apresenta mineralização em matéria orgânica e arsenopirite, encontrando-se em fragmentos de dimensões bastante variáveis (Fig. 56A). O quartzo de maiores dimensões corresponde, uma vez mais, ao filão de quartzo leitoso de Latadas, que ocorre sob a forma de grãos de tendência euédrica até anédrica de dimensão variável. Os cristais de quartzo ocorrem, frequentemente, em agregados equigranulares e inequigranulares com presença de subgranulação. Estas fases minerais apresentam deformação intracristalina evidenciada pela presença de catáclase dos grãos, bordos saturados e extinção ondulante.

Como referido anteriormente, o quartzo de pequenas dimensões apresenta como proveniência a recristalização do quartzo original do filão de Latadas. Estes cristais recristalizados apresentam mineralização de arsenopirite associada. Estas características podem observar-se tanto entre os cristais maiores de quartzo (Fig. 56B), como também em fraturas dentro dos referidos cristais. Os cristais recristalizados apresentam, na sua maioria, extinção ondulante e, não tão frequentemente, uma extinção ondulante incipiente. Uma vez que não ocorre mineralização junto do quartzo constituinte do filão de Latadas pode concluir-se que este é estéril. Destaque ainda para a existência de quartzofilito com mineralização de arsenopirite e matéria orgânica, bem como, para a ocorrência de sericite de reduzidas dimensões junto do quartzo recristalizado. Muito pontualmente, a sericite cristaliza em maiores dimensões.

Por sua vez, a lâmina LA28 é constituída apenas pelas características base do MFI, nomeadamente, pelo quartzo de maiores dimensões pertencente ao filão de Latadas e pelo quartzo recristalizado de pequenas dimensões, apresentando ambos as características já descritas. No entanto, destaca-se para o primeiro a extinção ondulante muito pronunciada e a subgranulação dos cristais de maiores dimensões, enquanto para o quartzo recristalizado se destaca a associação deste com sericite que ocorre em pequenas palhetas. O quartzo recristalizado ocorre em agregados inequigranulares com alguns cristais de dimensões muito reduzidas, apresentando todos extinção ondulante.

A grande diferença na LA28 reside ao nível da mineralização. Esta ocorre de forma quase inexistente junto do quartzo recristalizado, apresentando-se em quantidades muito reduzidas e muito disseminada, sendo a mineralização em arsenopirite. No entanto, na LA28 é observada muita mineralização, ocorrendo esta ao longo de um veio posterior mineralizado em arsenopirite e pirite contemporâneas (Fig. 56C). Destacam-se os cristais de arsenopirite de dimensões muito reduzidas e hábito subédrico a anédrico, em contraste com os cristais de grandes dimensões de pirite de hábito euédrico. Localmente, junto do veio mineralizado, ocorre sericitização, apresentando-se a sericite segundo uma massa cristalina no seio dos cristais de quartzo recristalizado.

LAS19005, LA06 e LA07 – Pertencente ao MFI, na sondagem número 5 realizada na estrutura de Latadas, foram recolhidas duas amostras que deram origem às lâminas LA06 e LA07, sendo que estas se apresentam espaçadas em cerca de 20 cm. A LA06 possui um papel fundamental no presente estudo, uma vez que é constituída pelas características referidas para o *rock type* MFI, apresentando associada ao quartzo recristalizado uma grande quantidade de mineralização. Assim, a LA06 é constituída pelos cristais de maiores dimensões de quartzo do filão de Latadas que apresentam as características já descritas, com destaque para a extinção ondulante, catáclase dos grãos e bordos saturados, para o hábito poligonal, para as inclusões fluidas e para o facto de ser estéril (sem mineralização). No entanto, o principal constituinte da lâmina são os cristais de quartzo recristalizado, de pequenas dimensões, com extinção ondulante e associados a diversas mineralizações como: arsenopirite (dois hábitos), pirite (dois hábitos), esfalerite, calcopirite e covelite. Contemporânea da maioria da mineralização ocorre clorite. Pontualmente, em fraturas presentes no interior dos cristais de maiores dimensões, também se observa mineralização, ocorrendo esta em pequenas dimensões.

Relativamente à mineralização e, como referido, ocorre arsenopirite e pirite com dois hábitos distintos. Assim, observa-se mineralização em grandes massas de arsenopirite e pirite, sendo que a primeira apresenta um hábito anédrico e a segunda um hábito subédrico (Fig. 56D). Quando observadas em luz refletida e nicóis cruzados, a arsenopirite apresenta tons verdes enquanto a pirite ocorre isotrópica ou muito ligeiramente anisotrópica. A pirite contém no seu interior fraturas preenchidas por material que apresenta coloração amarelada quando observado em luz refletida e nicóis cruzados. A circundar a referida mineralização ou em espaços vazios no seu interior ocorre clorite de pequenas dimensões que, esporadicamente, apresenta hábito

euédrico. Associada a estas mineralizações ocorrem massas de esfalerite de pequenas dimensões e hábito anédrico.

Por outro lado, verifica-se que a clorite ocorre associada a outras mineralizações, sendo neste caso, a sua deposição contemporânea da mineralização, observando-se em pequenas massas que apresentam geralmente hábito subédrico dos seus cristais. A clorite quando observada em luz transmitida e nicóis paralelos apresenta coloração amarelada/esverdeada e também azul (Fig. 56E), contendo inclusões de sericite no seu interior. A referida mineralização é constituída por arsenopirite e pirite, ambas em pequenas dimensões e cristais com hábito euédrico, sendo que junto da arsenopirite, geralmente a circundar o cristal, ocorre sericite. Para além destas e posterior, verifica-se mineralização de pequenas dimensões de calcopirite anédrica, observando-se, muito esporadicamente, alteração supergénica dos bordos da calcopirite para covelite. Destaque ainda para a ocorrência de óxidos/hidróxidos de ferro pela lâmina toda.

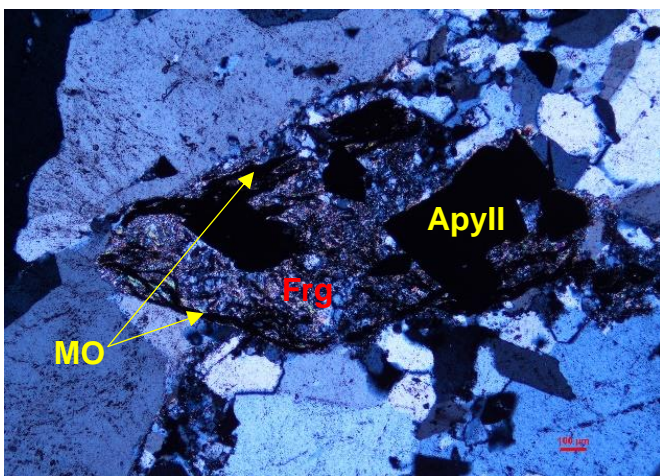
A lâmina LA07 apresenta características próximas das observadas para a LA27, no entanto, com algumas diferenças. Assim, surge uma mistura complexa entre o quartzofilito/filito e o quartzo recristalizado de pequenas dimensões. No que respeita às primeiras litologias referidas, a sua distinção não foi possível devido à grande complexidade das características observadas. Junto destas e sem nenhum padrão de distribuição, ocorre o quartzo recristalizado, sendo este distinguido do quartzo do quartzofilito devido às dimensões muito pequenas que apresenta e ao facto de ocorrer em agregados inequigranulares. Por sua vez, o quartzofilito, nos níveis mais quartzosos, apresenta um quartzo de dimensões maiores e em agregados equigranulares. Associadas às três litologias referidas, observam-se matéria orgânica e arsenopirite, sendo que a primeira ocorre segundo os planos de xistosidade originais da litologia onde está inserida (quartzofilito/filito). A mineralização de arsenopirite ocorre em associação com a matéria orgânica, sendo estas contemporâneas, apresentando-se em cristais grandes e com hábito subédrico.

Esta lâmina possui como particularidade a ocorrência de um veio de quartzo posterior, que corta todas as características mencionadas. Este veio encontra-se ladeado por arsenopirite de pequenas dimensões com tendência subédrica a anédrica (Fig. 56F), igual à descrita na lâmina LA28. Os cristais de quartzo constituintes deste veio apresentam bordos saturados, extinção ondulante e muita subgranulação, podendo até ocorrer alguma recristalização.

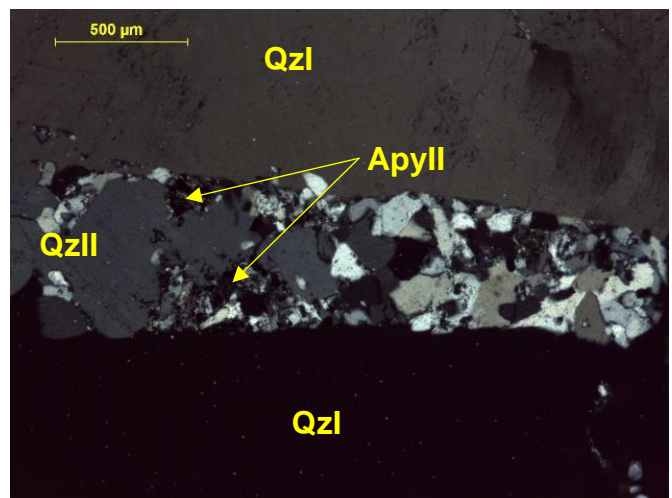
LAS19012, LA35 – A LA35 é representativa da mineralização em filão que ocorre nas sondagens da segunda fase (alcance mais longo), observando-se as mesmas características litológicas descritas para a LA06 e LA28, sendo que ao nível da mineralização ocorrem diferenças. Nesta lâmina observa-se os cristais de maiores dimensões de quartzo constituintes do filão de Latadas, apresentando estes as características anteriormente referidas, com destaque para a extinção ondulante muito marcada e para a grande quantidade de subgranulação (Fig. 56G). Para além disso, ocorre os já descritos cristais de quartzo de pequenas dimensões, sendo estes recristalizados dos cristais de maiores dimensões. Na LA35 verifica-se também um veio de quartzo posterior, constituído por cristais de grandes dimensões com crescimento em pente, mas ao invés dos anteriores veios posteriores, neste não ocorre mineralização associada.

A mineralização associada ao quartzo recristalizado ocorre sob a forma de arsenopirite, esfalerite, galena e calcopirite. A arsenopirite apresenta-se em cristais de maiores dimensões e tendência subédrica, ocorrendo associada e contemporânea com esta mineralização de esfalerite. Este sulfureto ocorre, geralmente, em massas com tendência anédrica. Posterior a esta mineralização observa-se galena com tons cinza azulado e que apresenta como característica principal os arrancamentos em triângulo. A galena ocorre junto da arsenopirite ou isolada com hábito subédrico (Fig. 56H). Esporadicamente ocorre calcopirite. Destaque ainda para a ocorrência de clorite vermicular no quartzo recristalizado, próxima de áreas com bastante mineralização.

56A



56B



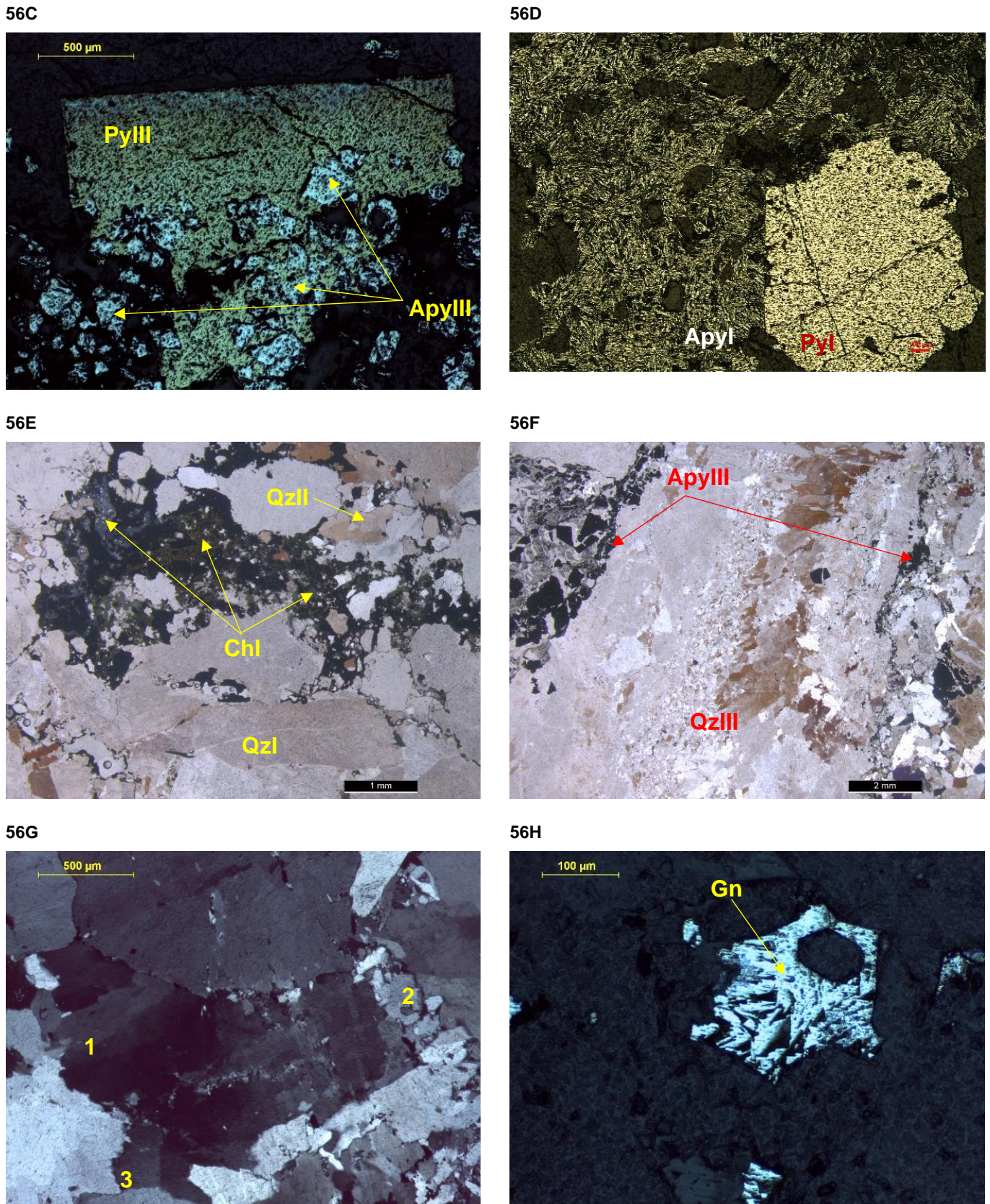


Fig. 56 – A – fragmento de filito (Frg) com matéria orgânica (MO) e arsenopirite (ApyII) (LT/NX); B – mineralização de arsenopirite (ApyII) presente no quartzo recristalizado (QzII) que ocorre entre dois cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) (LT/NX); C – mineralização de arsenopirite (ApyIII) e pirite (PyIII) posteriores (LR/N//); D – massas de arsenopirite (ApyI) e pirite (PyI) (LR/N//); E – clorite (ChI) associada à mineralização (Lupa – LT/N//); F – veio de quartzo posterior (QzIII) ladeado por arsenopirite (ApyIII) (Lupa – LT/NX); G – cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) com extinção ondulante (1), subgranulação (2) e bordos saturados (3) (LT/NX); H – galena (Gn) (LR/N//).

2.2.3 – Mineralização a muro

LAS19007, LA20 – A lâmina LA20 é referente à mineralização a muro que ocorre na sondagem LAS19007. Nesta lâmina observa-se uma grande influência do MFI, nomeadamente dos cristais de quartzo recristalizado. Para além destes, em pequenas quantidades, ocorre a litologia de filito e, raramente, de quartzofilito, apresentando estas arsenopirite e matéria orgânica. Estes três constituintes possuem as características já enumeradas anteriormente. Destaca-se ainda a ocorrência de micas (sericite) junto do quartzo recristalizado ou entre este e a mineralização presente. Raramente são observáveis áreas com óxidos/hidróxidos de ferro.

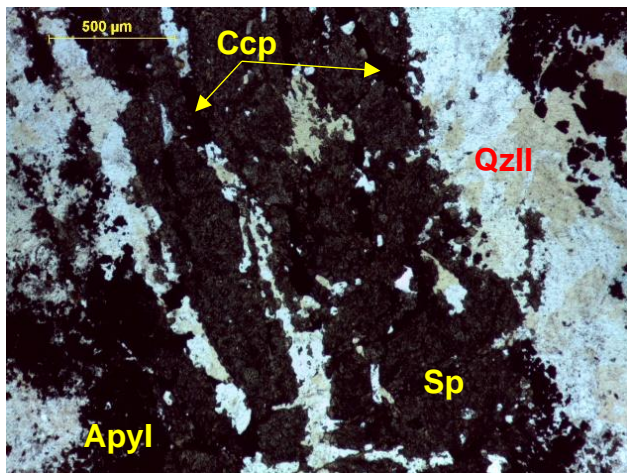
A LA20 apresenta ao nível da mineralização bastante diversidade, ocorrendo esta associada ao quartzo recristalizado, sendo observada mineralização em: arsenopirite (3 hábitos), esfalerite, pirite (2 hábitos), galena, calcopirite e covelite. A primeira deposição de sulfuretos é de arsenopirite e esfalerite, ocorrendo ambas em grandes massas anédricas associadas (Fig. 57A e B). Posteriormente ocorre a deposição de arsenopirite e pirite de pequenas dimensões e hábito euédrico, depositando-se, contemporaneamente, clorite. De seguida, ocorre a deposição de galena (pequenas dimensões e anédrica) e de calcopirite. A calcopirite apresenta dimensões muito reduzidas e hábito anédrico podendo ser observada em cristais isolados ou a preencher fraturas na massa de esfalerite. Muito esporadicamente, observa-se alteração supergénica dos bordos dos cristais isolados de calcopirite para covelite. Por fim, observa-se mineralização posterior de arsenopirite e pirite a mineralizar uma fratura (Fig. 57C). Este veio de sulfuretos apresenta as mesmas características descritas para a lâmina LA28.

LAS19010, LA41 – A lâmina LA41 é representativa da mineralização que ocorre a muro do filão de Latadas, sendo esta constituinte das sondagens de alcance mais longo. Na LA41, de um modo geral, observa-se as mesmas características da lâmina anterior (LA20), mas agora com um aspeto visual igual ao observado na LA07. Assim, surge uma mistura complexa entre o quartzofilito e o quartzo recristalizado de pequenas dimensões (Fig. 57D). Estas litologias apresentam as mesmas características referidas na LA07. Associada às duas litologias referidas observa-se matéria orgânica e arsenopirite, sendo que a primeira ocorre segundo os planos de xistosidade originais da litologia onde está inserida (quartzofilito). A mineralização de arsenopirite ocorre juntamente com a matéria orgânica, sendo estas contemporâneas, apresentando-se em dimensões variáveis e com hábito euédrico até subédrico. Com uma observação

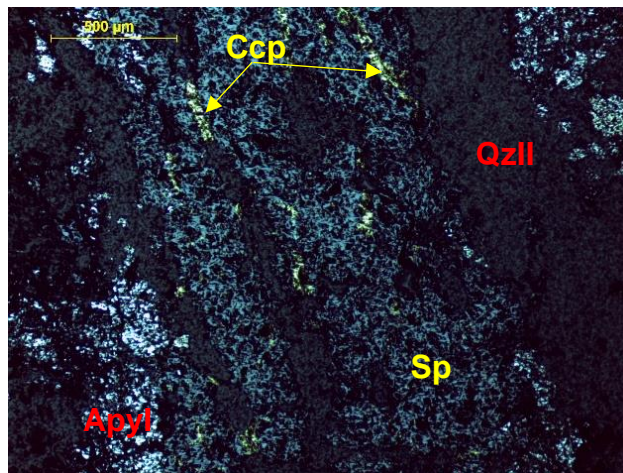
cuidada, constata-se que para além do quartzofilito ocorrem fragmentos de filito com muita matéria orgânica (Fig. 57E).

Para além da referida mineralização, na LA41 ocorrem, estritamente associadas ao quartzo recristalizado, massas de arsenopirite e esfalerite de dimensões variáveis. Por último, destaca-se o processo de cloritização que ocorre, maioritariamente, no quartzo recristalizado e, muito raramente, junto do quartzofilito, observando-se clorite vermicular (Fig. 57F).

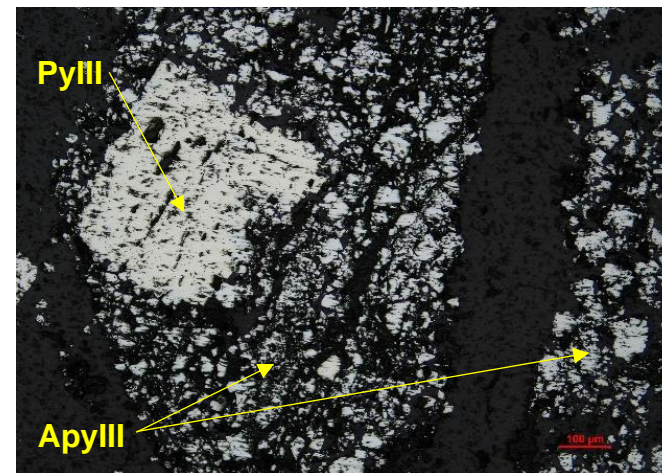
57A



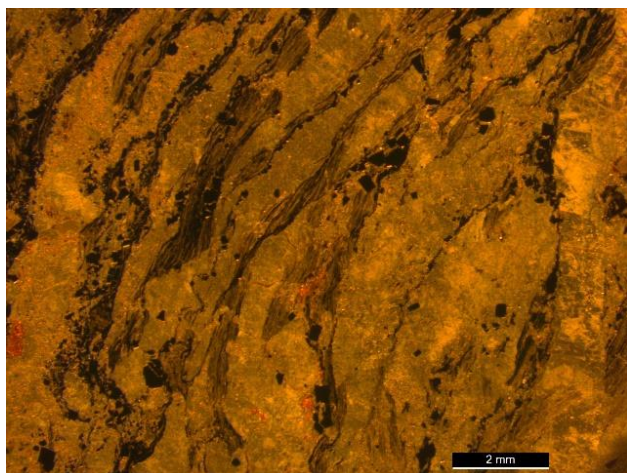
57B



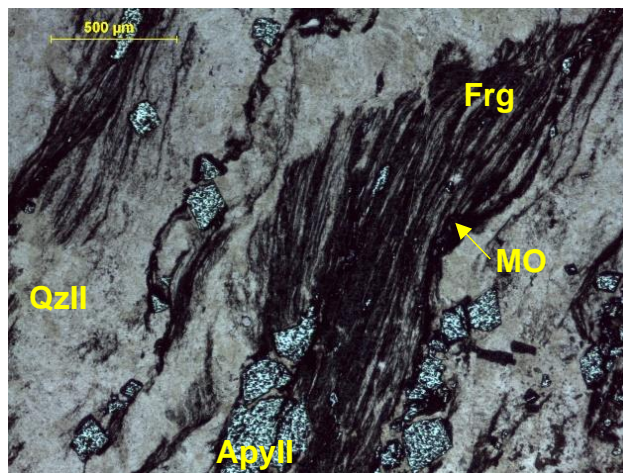
57C



57D



57E



57F

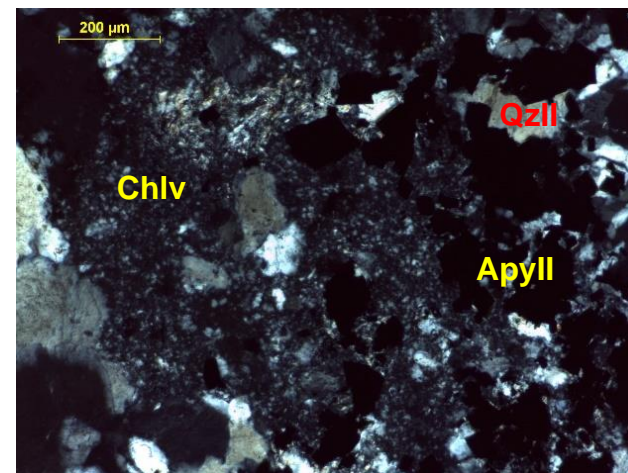


Fig. 57 – A e B – quartzo recristalizado (QzII) associado a massas de arsenopirite (ApyI) e esfalerite (Sp) com calcopirite (Ccp) a preencher fraturas na massa de esfalerite (LT/N// e LR/N//); C – mineralização de arsenopirite (ApyIII) e pirite (PyIII) ao longo de uma fratura posterior (LR/N//); D – mistura entre quartzofilito e quartzo recristalizado (Lupa – LT/N//); E – fragmento de filito (Frg) com matéria orgânica (MO) e arsenopirite (ApyII) junto do quartzo recristalizado (QzII) (LR/LT/N//); F – clorite vermicular (Chlv) junto do quartzo recristalizado (QzII) (LT/NX).

2.2.4 – Outras características

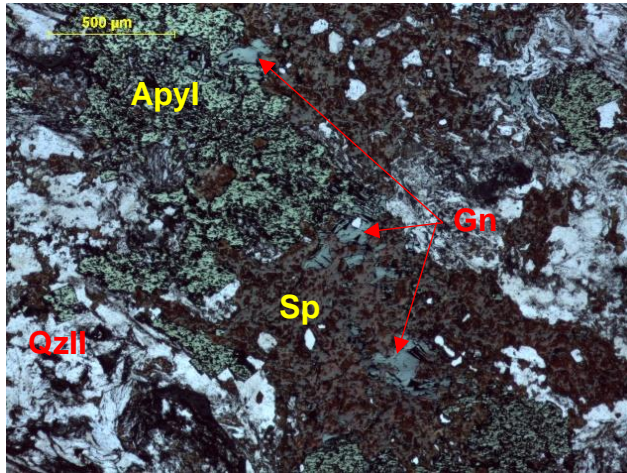
LAS19004, LA45 – Na sondagem LAS19004 foi realizada uma lâmina, LA45, no *rock type* STWK (*stockwork*) definido no log geológico da sondagem como ocorrendo entre a metragem dos 63,75 m até aos 73,90 m. Na sondagem número quatro, a estrutura mineralizada presente em Latadas (do início do MTE até ao fim do MMU) ocorre dos 51,35 m até aos 63,75 m. Assim, devido ao extenso intervalo de metragem com mineralização visível significativa, recolheu-se uma amostra com o intuito de caracterizar o melhor possível o referido *rock type* STWK. Importa clarificar que em log geológico caracterizou-se este intervalo como *stockwork* incipiente.

A LA45 apresenta um papel fundamental na presente caracterização petrográfica da estrutura de Latadas. De uma forma sucinta, observa-se os cristais de quartzo de pequenas dimensões provenientes da recristalização dos cristais de maiores dimensões (quartzo associado à mineralização) e também as litologias de quartzofilito e/ou filito mineralizadas (arsenopirite e matéria orgânica). Relativamente à mineralização associada ao quartzo recristalizado, também esta é constituída por uma grande abrangência, nomeadamente por arsenopirite, pirite, esfalerite e galena. Associada a algumas mineralizações ocorre clorite.

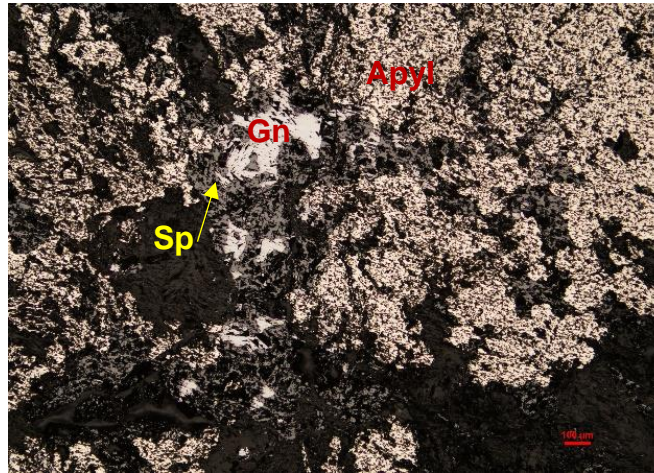
Assim, verifica-se a primeira deposição de sulfuretos constituída por arsenopirite, esfalerite (Fig. 58A e B) e pirite. A mineralização de pirite é formada por cristais grandes de tendência subédrica, enquanto os outros sulfuretos ocorrem em massas anédricas. A circundar as características referidas ou em espaços vazios destas, observa-se clorite, sericite e raramente óxidos/hidróxidos de ferro. A clorite também ocorre associada ao quartzofilito. Posteriormente, e contemporâneo da deposição de clorite, observa-se mineralização de arsenopirite de pequenas dimensões com hábito subédrico e a deposição de matéria orgânica. A matéria orgânica (Fig. 58C) e a clorite (Fig. 58D) que se apresentam associadas ao quartzofilito ocorrem, geralmente, em grandes massas e maioritariamente concordantes com os planos de xistosidade presentes. Por fim, observa-se esporadicamente a substituição de esfalerite por galena, apresentando esta os característicos arrancamentos em triângulo (Fig. 58A e B).

Para além do referido anteriormente, observa-se ainda micas (sericite) associadas ao quartzo recristalizado (Fig. 58E), enquanto no quartzofilito se observa clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0//S_1//S_2$, referentes à fase D_2 da orogenia Varisca (Fig. 58F). As microdobras são materializadas no quartzofilito por quartzo, sericite e clorite, apresentando níveis mais micáceos constituídos por um filito sericítico clorítico. Assim, o quartzofilito e, em menor percentagem, o filito, apresentam-se muito crenulados.

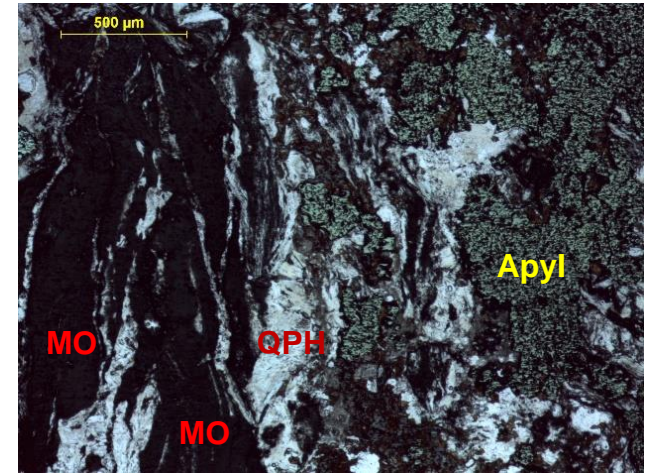
58A



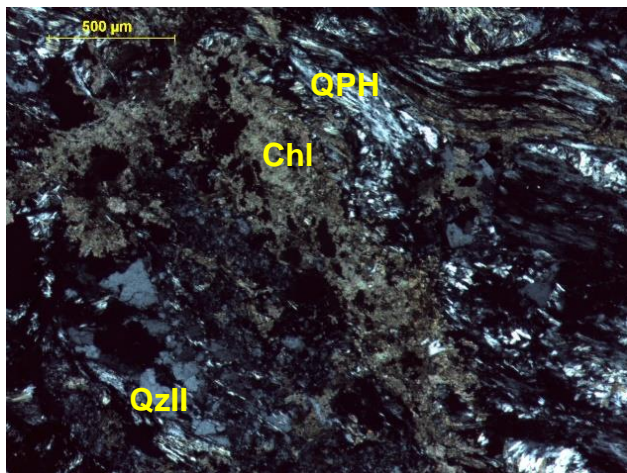
58B



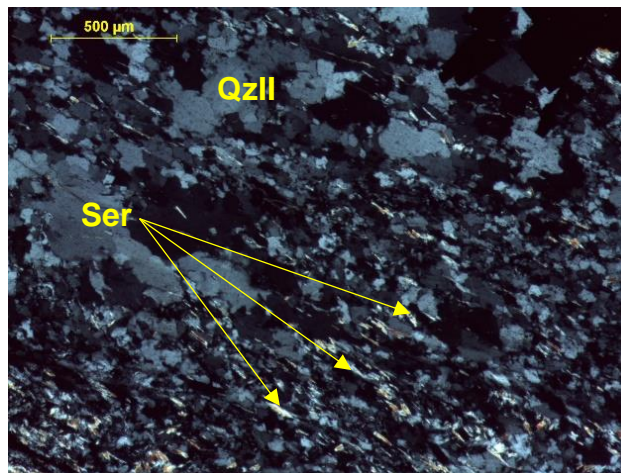
58C



58D



58E



58F

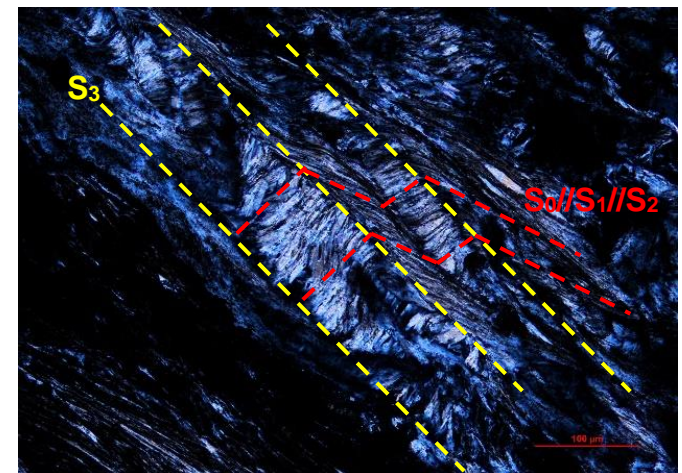


Fig. 58 – A e B – quartzo recristalizado (QzII) com mineralização de arsenopirite (Apyl) e esfalerite (Sp), ocorrendo esporadicamente a substituição de esfalerite por galena (Gn) (LR/LT/N// e LR/N//); C – matéria orgânica (MO) associada ao quartzofilito (QPH) e concordante com os planos de xistosidade presentes no mesmo (LR/LT/N//); D – deposição de clorite (Chl) concordante com os planos de xistosidade do quartzofilito (QPH) (LT/NX); E – sericite (Ser) junto dos cristais de quartzo recristalizado (QzII) (LT/NX); F – quartzofilito com clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0/S_1/S_2$ (LT/NX).

2.3 – Considerações finais

Na caracterização petrográfica, realizada com base no estudo ao microscópio ótico polarizante de luz transmitida e refletida e também com recurso a lupa binocular com luz transmitida e refletida, foi observado que a estrutura de Latadas é caracterizada por uma grande heterogeneidade de características. Esta heterogeneidade está relacionada com o contacto gradual entre os referidos *rock type* da mineralização (MTE, MFI e MMU), bem como entre os mesmos e as litologias encaixantes (QPH e PHY), verificando-se uma metragem em que as características de ambos alternam. Para além disto, observa-se uma grande heterogeneidade ao nível da mineralização presente.

No entanto, os diversos *rock type* da estrutura de Latadas apresentam características próprias que permitem a sua individualização e caracterização. Assim, de uma forma resumida, observa-se que o MFI é constituído por dois tipos de quartzo, nomeadamente, os cristais de maiores dimensões de quartzo constituintes do filão de Latadas (QzI) e os cristais de quartzo recristalizado proveniente do anterior (QzII). Por sua vez, o MTE e o MMU apresentam, como característica de base, a mistura dos referidos tipos de quartzo com as rochas quartzofílicas (QPH) e/ou filíticas (PHY). A distinção entre o MTE e o MMU é baseada no critério estratigráfico, encontrando-se, respetivamente, a teto e a muro do filão de Latadas (MFI). As rochas de natureza filítica (QPH e PHY) são distinguidas pela presença ou não de quartzo, sendo que este não se encontra ligado com o presente no MFI. Por sua vez, o *rock type* STWK é caracterizado essencialmente pela mineralização que apresenta e pela posição estratigráfica que ocupa na estrutura de Latadas.

As conclusões obtidas e enumeradas de seguida são baseadas e sustentadas na informação explicitada no presente subcapítulo da caracterização petrográfica, sendo as mesmas reforçadas pelas observações disponibilizadas nos anexos V a IX. Estes anexos correspondem, respetivamente, à caracterização petrográfica do quartzofilito e filito, da mineralização a teto, em filão e a muro e, por fim, do *stockwork*. Os referidos anexos encontram-se estruturados segundo a informação presente no subcapítulo da caracterização petrográfica servindo de complemento à mesma.

Assim, como síntese da caracterização petrográfica das rochas da estrutura de Latadas, observa-se:

- Quartzofilito (QPH) – esta litologia apresenta textura lepidogranoblástica com alguns opacos de grandes dimensões, observando-se um bandado composicional nítido, marcado por níveis quartzosos de textura granoblástica, e por níveis micáceos de

textura lepidoblástica. Destaca-se os níveis mais filíticos (micáceos), constituídos sobretudo por sericite, onde se observam microdobras associadas à fase D_2 da orogenia Varisca, exibindo, assim, clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0//S_1//S_2$. Relativamente à mineralização observa-se arsenopirite e associada a esta a deposição de matéria orgânica.

- Filito (PHY) – esta litologia é caracterizada por uma textura lepidoblástica onde se verifica que a mineralização de arsenopirite e a matéria orgânica acompanham os planos de xistosidade. Esta litologia apresenta-se mais concretamente como um filito sericítico clorítico, onde se observa uma foliação caracterizada por uma distribuição homogénea dos filossilicatos, verificando-se, assim, uma orientação preferencial.
- Cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) – o filão de quartzo leitoso de Latadas é constituído por cristais de maiores dimensões que apresentam hábito poligonal, euédrico até anédrico, sendo que ocorrem, frequentemente, em agregados equigranulares e inequigranulares com presença de bastante subgranulação. Estes cristais apresentam deformação intracristalina evidenciada pela presença de catáclase dos grãos, bordos saturados e acentuada extinção ondulante, indicadora de um regime de deformação dúctil. Observam-se ainda inclusões fluidas abundantes.
- Cristais de quartzo recristalizado (QzII) – devido à circulação de um fluido aquoso quente alguns dos cristais de maiores dimensões de quartzo foram dissolvidos tendo posteriormente recristalizado, obtendo-se, assim, os cristais de pequenas dimensões de quartzo recristalizado. Este quartzo apresenta tendência para a poligonização, formando pontos triplos, apresentando também um aspeto em mosaico e extinção ondulante. O QzII ocorre em agregados inequigranulares.
- Fragmentos de filito (Frg) – estes fragmentos ocorrem no interior do QzI e do QzII, apresentando as características descritas para o filito, com destaque para a mineralização em arsenopirite e, sobretudo, a ocorrência de matéria orgânica. Os fragmentos de filito apresentam dimensões muito variáveis com os bordos maioritariamente bem definidos.
- Quartzo posterior (QzIII) – todos os veios de quartzo posterior que ocorrem a cortar as diversas características observadas nas lâminas encontram-se representados no QzIII, independentemente das características apresentadas.

Resumidos os constituintes da estrutura mineralizada de Latadas, importa também sintetizar a mineralização observada, bem como, outros minerais que ocorrem associados a esta. Assim, em síntese, observa-se:

- Arsenopirite I (ApyI) – ocorre em grandes massas com hábito anédrico, observando-se associada a Pyl e a Sp.
- Arsenopirite II (ApyII) – ocorre em cristais bem desenvolvidos de dimensões variáveis, mas maioria de pequenas/médias dimensões, apresentando geralmente hábito subédrico e, por vezes, euédrico. Esta arsenopirite ocorre associada à matéria orgânica e à clorite.
- Arsenopirite III (ApyIII) – cristais de dimensões muito reduzidas e hábito subédrico a anédrico, ocorrendo associada à PyIII.
- Pirite I (Pyl) – ocorre em grandes cristais (massas) com hábito geralmente subédrico, observando-se associada à ApyI e à Sp.
- Pirite II (PyII) – cristais de dimensões variáveis, mas maioria de pequenas dimensões e com hábito euédrico a subédrico.
- Pirite III (PyIII) – cristais de grandes dimensões de hábito euédrico, observando-se associada à ApyIII.
- Esfalerite (Sp) – ocorre em massas de dimensões variáveis com forma anédrica e maciça, observando-se contemporânea da ApyI e da Pyl.
- Galena (Gn) – ocorre a substituir a esfalerite ou em cristais isolados de hábito subédrico, verificando-se em ambos os característicos arrancamentos em triângulo.
- Calcopirite (Ccp) – ocorre sempre em pequenas dimensões e em cristais anédricos. Pontualmente encontra-se a preencher fraturas na massa de esfalerite.
- Covelite (Cv) – resulta da alteração supergénica da calcopirite, ocorrendo nos bordos deste mineral. A covelite observa-se raramente.
- Matéria orgânica (MO) – ocorre maioritariamente nos níveis filitos, quer do quartzofilito, do filito ou dos fragmentos de filito, observando-se isolada ou em conjunto com a ApyII e a clorite, verificando-se não raras vezes com formas muito bem definidas. A matéria orgânica ocorre, maioritariamente, concordante com os planos de xistosidade presentes nas litologias filíticas.
- Clorite (ChI) – verifica-se clorite a circundar ou a preencher espaços vazios da ApyI, Pyl e Sp, sendo a sua deposição contemporânea da ApyII e da MO. A clorite ocorre em pequenas massas que apresentam geralmente hábito subédrico dos seus cristais. Posterior à referida deposição de clorite, ocorre clorite vermicular (ChIV) associada ao QzI e ao QzII.

- Sericite (Ser) – ocorre em cristais muito pequenos e regra geral bem definidos, observando-se a circundar os cristais de Apyll ou entre os grãos quer do quartzo recristalizado quer dos cristais de maiores dimensões de quartzo, bem como, em massas cristalinas associadas ao processo de sericitização do QzII.

Como anteriormente referido, o objetivo da caracterização petrográfica era o de estudar, o mais detalhadamente possível, as rochas presentes na estrutura de Latadas, bem como, os intervalos que apresentavam melhores teores em ouro e prata. Para além disto, a caracterização apresentava outro objetivo, centrando-se este na comparação das observações e resultados entre as sondagens da mesma fase, entre as sondagens das duas fases e entre as diferentes zonas onde cada sondagem foi realizada.

Assim, analisando com bastante pormenor os resultados obtidos (Tabela 4) não se verifica nenhuma variação significativa que permita a individualização de alguma característica por fases de sondagens ou pela zona da estrutura de Latadas onde a sondagem foi realizada. No entanto, relativamente às rochas presentes na estrutura de Latadas destaca-se as seguintes observações:

- O MFI é constituído essencialmente pelo QzI e pelo QzII e, muito raramente, por rochas de natureza filítica (QPH e PHY). Por seu lado, o MTE e o MMU apresentam uma mistura entre os diferentes quartzos do MFI e as rochas de natureza filítica;
- No MMU não se observou QzI, podendo, no entanto, este dado não ter relevância uma vez que apenas foram observadas duas lâminas. Em contraste, observa-se que o MTE apresenta muita influência de todas as características do MFI;
- O *stockwork* apresenta as mesmas características referidas para a mineralização a teto e a muro, no entanto, apresenta uma maior afinidade com o MMU;
- Excetuando as lâminas constituídas unicamente por quartzofilito ou filito, todas as restantes apresentam QzII;
- Os fragmentos de filito ocorrem quer no MTE quer no MMU e, muito raramente, no MFI;
- O QzIII apenas foi observado no MFI.

Relativamente à mineralização que ocorre na estrutura de Latadas, bem como aos restantes minerais que ocorrem associados a esta, destaca-se as seguintes observações:

- Todas as rochas (lâminas) observadas na caracterização petrográfica apresentam mineralização, mesmo as que se encontram estratigraficamente mais longe da área de mineralização relacionada com o filão de Latadas;
- As rochas de natureza filítica (QPH e PHY) apenas apresentam ApyII, MO e clorite, sendo que a ApyII e a Chl ocorrem também relacionadas com o quartzo (QzI e QzII), enquanto a MO apenas é observada em associação com o QPH ou PHY;
- A mineralização mais abundante é claramente de arsenopirite, ocorrendo em todas as 13 lâminas estudadas. Verifica-se também uma grande presença de matéria orgânica, sendo que esta presença ocorre associada à ApyII, observável em 10 lâminas.
- Comparando o MTE com o MMU observa-se que no primeiro não ocorre clorite nem a mineralização tardia de sulfuretos (ApyIII e PyIII), verificando-se estas no MMU;
- O STWK, quando comparado com a mineralização a teto e a muro, não apresenta novamente diferenças significativas, observando-se, no entanto, uma maior afinidade com a mineralização do MMU;
- O MFI em comparação com o MTE e o MMU não apresenta diferenças significativas;
- Comparando as sondagens da 1ª fase *versus* as da 2ª fase, observa-se que na primeira ocorre mineralização de sulfuretos tardia, bem como PyI e PyII, características não observáveis na segunda fase de sondagens;
- A clorite apresenta uma característica peculiar, uma vez que, nas sondagens da 1ª fase verifica-se este mineral associado à mineralização, o que não ocorre na 2ª fase. Em contraste, observa-se na 2ª fase clorite vermicular junto do QzI ou do QzII, não se verificando esta característica para nenhuma sondagem da 1ª fase;
- As lâminas LA06 e LA07 referentes à sondagem LAS19005, embora ocorram muito próximas (20cm), apresentam um grande contraste de mineralização, excetuando o QzII e a ApyII;
- Na sondagem LAS19014, mesmo nas lâminas LA27 e LA28 referentes ao MFI, não se verifica mineralização significativa, sendo esta restrita à ApyII e MO e, mais tardiamente, à ApyIII e a PyIII.

Individualizando cada mineralização, observa-se:

- ApyI e a Sp ocorrem sempre associadas, verificando-se no MTE, MFI, MMU e STWK;

- Pyl apenas ocorre em duas lâminas, LA06 e LA45, e associada à Apyl e à Sp. Observando-se no MFI e no STWK;
- Apyll observa-se em 12 das 13 lâminas estudadas;
- MO observa-se em 10 das 13 lâminas estudadas, ocorrendo sempre associada à Apyll. A MO é um constituinte de toda a estrutura de Latadas, mas em menor percentagem do *rock type* MFI;
- A Clorite embora ocorra associada à Apyll e à MO apresenta menor expressão, não se verificando no MTE;
- Pyll observa-se no MTE, MFI e no MMU embora a sua representatividade seja muito reduzida. Verifica-se também que só ocorre nas sondagens da 1ª Fase, podendo, no entanto, este dado não ter relevância;
- A galena e a calcopirite ocorrem, maioritariamente, nas mesmas lâminas, embora a segunda apresente mais representatividade;
- Os sulfuretos mais tardios, Apylll e Pylll, ocorrem no MFI e numa exceção do MMU que apresenta uma quantidade elevada de mineralização;
- O processo de sericitização encontra-se associado ao Qzl, mas sobretudo ao Qzll;
- A clorite vermicular apenas é observada nas lâminas referentes às sondagens da 2ª Fase, sendo um constituinte do MTE, MFI e do MMU.

3 – Caracterização mineralógica

3.1 – Microscopia eletrónica de varrimento

Para a realização do estudo em MEV foram selecionadas duas amostras distintas de arsenopirite. Estas amostras correspondem à ApyII e à ApyIII definidas na caracterização petrográfica, sendo constituintes, respetivamente, das lâminas LA10 (Fig. 59) e LA28 (Fig. 60). O estudo em microscopia eletrónica de varrimento apresentava dois objetivos principais, nomeadamente, a validação de duas arsenopirites distintas (ApyII e ApyIII) através da obtenção de espetros de energia de dispersão dos raios-X (EDS), bem como, a realização do cálculo do geotermómetro da arsenopirite para a estrutura mineralizada de Latadas.

Assim, pela análise dos espetros EDS da ApyII (Fig. 59) e da ApyIII (Fig. 60) e das respetivas análises semiquantitativas, observa-se que a ApyII apresenta picos com valores superiores face aos obtidos para a ApyIII. Considerando a fórmula da arsenopirite – FeAsS_2 – e atendendo nos primeiros picos do espetro (Fe – ferro, As – arsénio e S – enxofre) observa-se uma diferença entre a ApyII e a ApyIII. Os espetros EDS revelam, respetivamente, para a ApyII e para a ApyIII: pico de Fe com um valor de 595 vs 388; para o pico de As um valor de 2 181 vs 1 424; e para o pico de S um valor de 1 309 vs 854. A análise no espetro EDS dos picos dos três elementos químicos confirma as observações realizadas na caracterização petrográfica, verificando-se a ocorrência de arsenopirites distintas, nomeadamente ApyII e ApyIII, correspondendo estas a estádios de mineralização distintos.

A composição química da ApyII e da ApyIII presentes na estrutura de Latadas é apresentada na Tabela 5. Os valores obtidos foram comparados com a composição química teórica da arsenopirite e com a composição química da arsenopirite da Panasqueira (Kelly & Rye, 1979; Jaques & Pascal, 2017). Para a correspondente composição química foi obtida a proporção atómica das fases minerais de Fe, S e As. A arsenopirite presente na estrutura de Latadas quando comparada com a arsenopirite de composição química ideal apresenta uma proporção atómica superior de arsénio e inferior de ferro, sendo que a proporção de enxofre é idêntica. Em comparação com a arsenopirite da Panasqueira, verifica-se para Latadas proporções atómicas superiores de arsénio e enxofre e proporções atómicas inferiores para o ferro. Assim, observa-se que a arsenopirite presente na estrutura de Latadas possui uma composição química superior em arsénio e inferior em ferro.

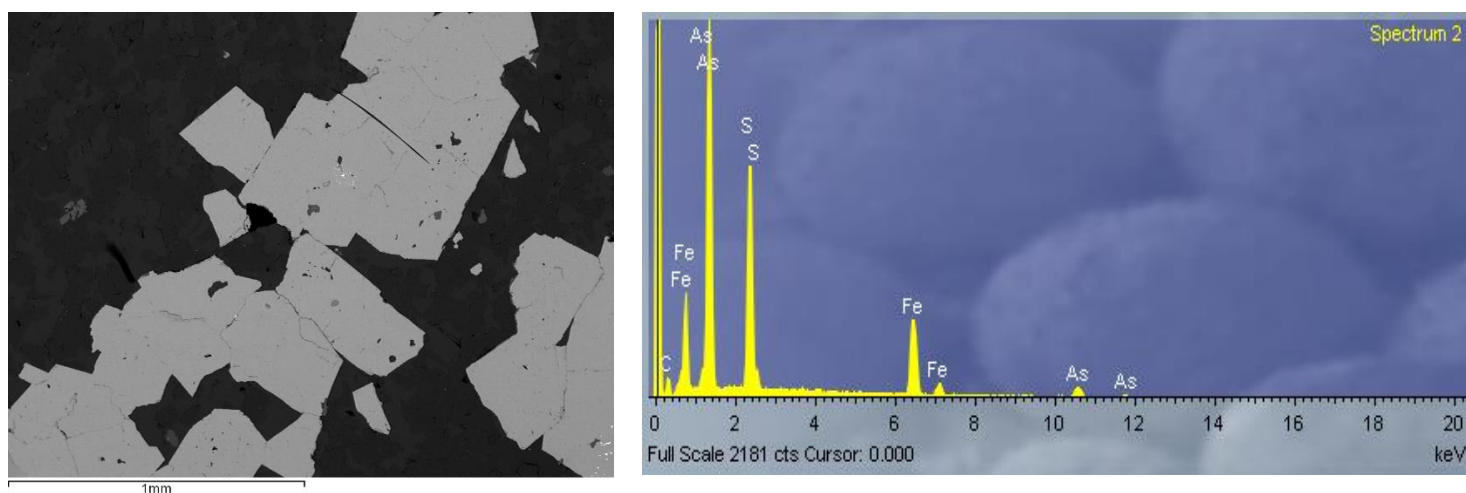


Fig. 59 – Microfotografia da ApyII (LA10) obtida em MEV com o respetivo espectro EDS.

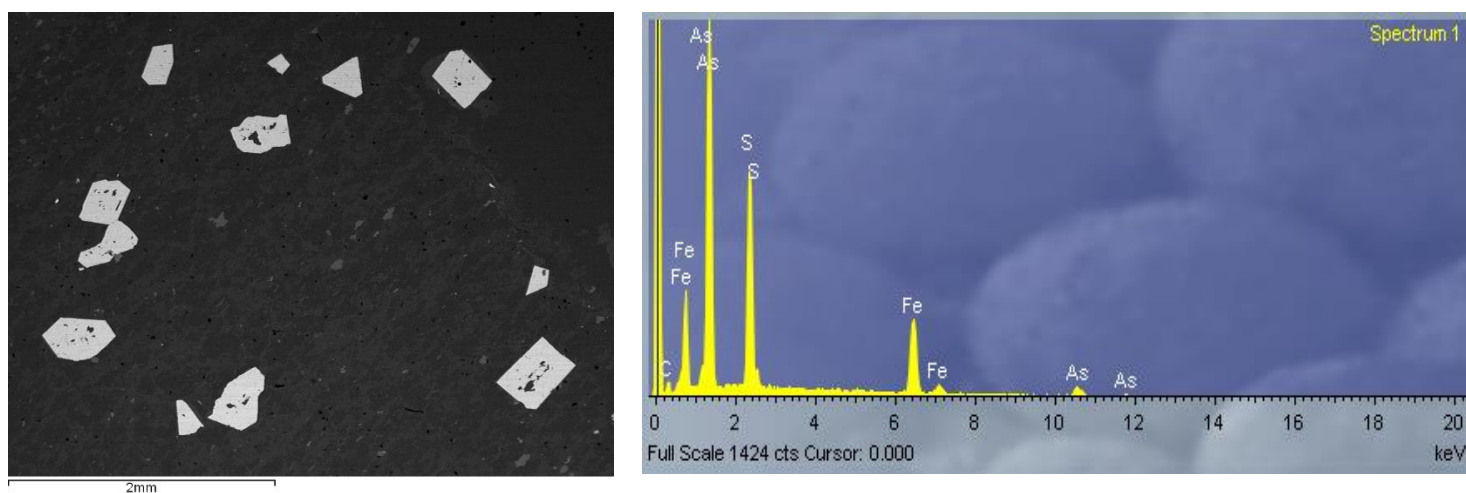


Fig. 60 – Microfotografia da ApyIII (LA28) obtida em MEV com o respetivo espectro EDS.

Tabela 5 – Composição química e proporções atómicas da ApyII e da ApyIII presentes na estrutura de Latadas.

	Composição química (%)			Proporções atómicas (%)		
	Fe	S	As	Fe	S	As
ApyII (LA10)	28,13	18,28	53,59	28	32	40
ApyIII (LA28)	29,53	19,84	50,63	29	34	37
Arsenopirite Composição teórica	34,25	19,67	45,73	33	33	33
Arsenopirite Panasqueira	34,26	18,44	48,88	33	31	35

Experiências realizadas acerca da estabilidade da arsenopirite no sistema Fe-As-S conduziram à utilização da sua composição química para avaliar a sua temperatura de cristalização (Kretschmar & Scott, 1976). As temperaturas de cristalização são obtidas através dos valores de percentagem atómica de As em associação com diferentes curvas de equilíbrio no diagrama de estabilidade termodinâmica da arsenopirite.

As proporções atómicas de arsénio da arsenopirite de Latadas (ApyII – 40% As e ApyIII – 37% As) foram projetadas no diagrama %As (% atómica) vs T(°C) de Kretschmar e Scott (1976). Na Fig. 61 verifica-se que a temperatura de cristalização da arsenopirite III (ApyIII), estimada através deste cálculo atómico, ronda os 620 °C, se considerarmos a curva de equilíbrio Asp (arsenopirite) + As. Tendo em consideração a margem de erro da proporção atómica, a temperatura de cristalização da ApyIII ocorrerá 580 °C e os 660 °C. Relativamente à ApyII, a obtenção da temperatura de cristalização apresenta uma maior dificuldade e um erro associado, uma vez que a amostra de arsenopirite II possui um valor de percentagem atómica de As de 40%. Utilizando o diagrama de Kretschmar e Scott (1976) na projeção da %As, obtém-se uma temperatura de cristalização de cerca de 700 °C, no entanto, não é possível a interseção entre a %As e uma curva de equilíbrio. No caso da arsenopirite da Panasqueira a temperatura estimada por Jaques & Pascal (2017) utilizando o mesmo geotermómetro foi de 438 ± 44 °C (33.8 ± 0.8 %As atoms) e de 412 ± 36 °C (33.4 ± 0.6 %As atoms).

Importa referir que, embora as amostras de arsenopirite de Latadas apresentem valores de Fe < 34,3 wt%, valor estipulado pelas condições experimentais reportadas por Kretschmar & Scott, 1976, apresentando, nomeadamente, valores de 28,13 wt% e de 29,53 wt%, apresentam valores de As > 33 wt%. Os referidos autores descrevem que o ponto As = 33 wt% com temperatura de cristalização de 491 °C é o ponto máximo onde a % de As e a temperatura permitem o equilíbrio entre a arsenopirite e a pirite. Assim, e uma vez que o número de amostras estudadas de arsenopirite de Latadas se apresenta insuficiente, deverão ser desenvolvidos estudos adicionais com o intuito de se obter com a máxima fiabilidade possível a temperatura de cristalização não só da ApyII e ApyIII, tanto como, da ApyI.

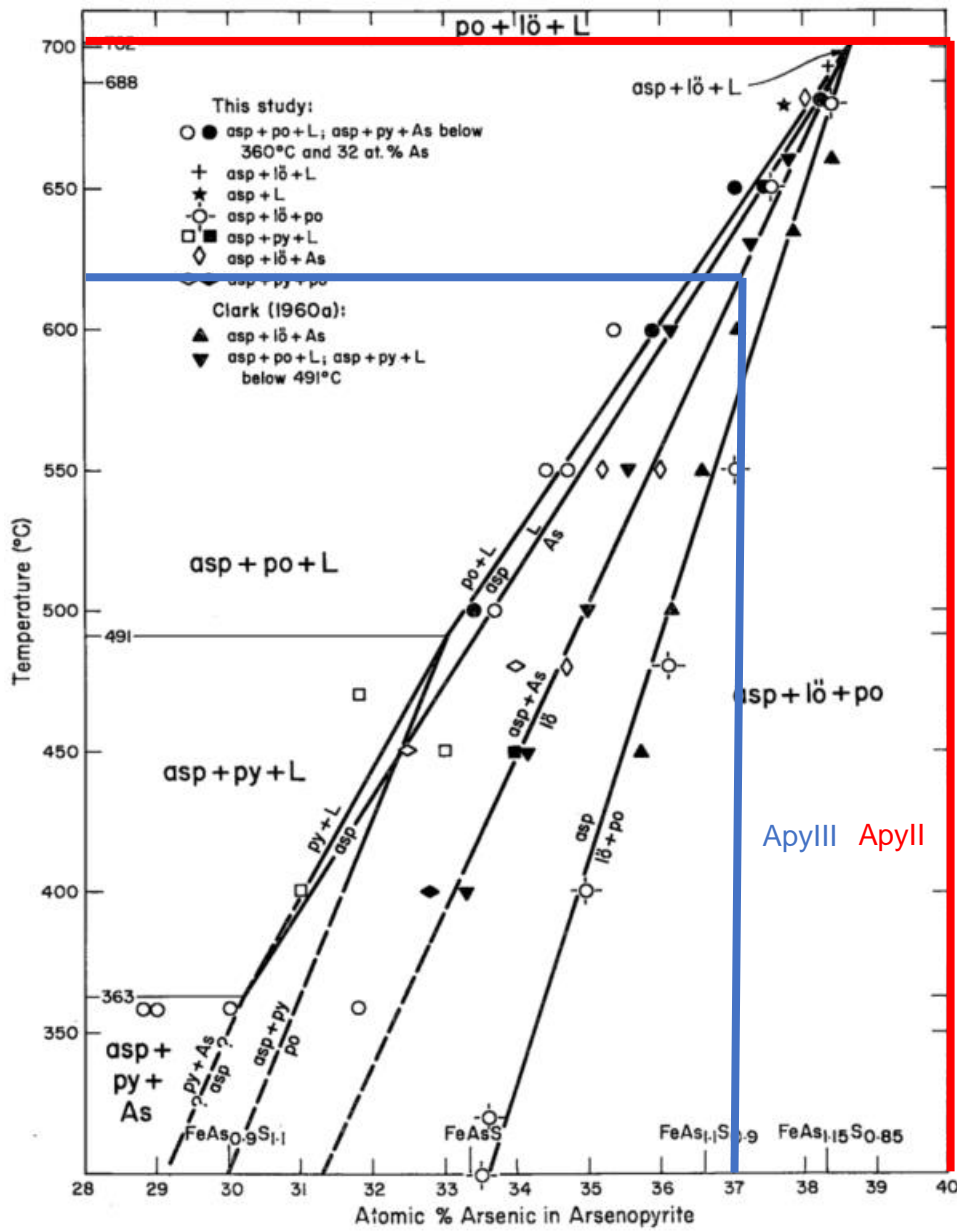


Fig. 61 – Diagrama da % atómica de As na Apy vs temperatura de cristalização (%As vs T°C) (Kretschmar & Scott, 1976). A ApyII surge representada a vermelho (40% As) enquanto a ApyIII surge representada a azul (37% As).

3.2 – Difração de raios-X

A análise de difração de raios-X foi utilizada na amostra LA08 (pertencente à sondagem LAS19005) que corresponde a um filito, mais concretamente a um filito sericítico clorítico com bastante presença de material grafitoso (matéria orgânica). Esta amostra apresenta um estado de alteração superior, podendo as características descritas serem observadas no Anexo IV – Amostras utilizadas na caracterização petrográfica e mineralógica da estrutura de Latadas.

O espetro de XRD obtido a partir da análise da amostra LA08 (Fig. 62) caracteriza-se pela presença de planos de difração de raios-X do tipo hkl onde as distâncias reticulares $[d(hkl)]$ calculadas apresentam valores de: 14 Å, 7 Å e 3,55 Å – clorite; 10 Å, 5 Å e 3,34 Å – mica; 4,27 Å e 3,33 Å – quartzo; 3,87 Å e 3,19 Å – plagioclase; e 2,99 Å – calcite.

A amostra LA08 foi recolhida próxima da amostra LA10, respetivamente aos 57,40 m e aos 57,90 m do testemunho da sondagem LAS19005. Assim, pela análise conjunta entre o espetro XRD da LA08 e as observações realizadas na caracterização petrográfica da amostra LA10, confirma-se a identificação e observação de um filito/quartzofilito com presença de diversas micas, destacando-se a clorite e a sericite. Para além da confirmação das observações realizadas em microscopia ótica, o difratómetro de raios-X permitiu a identificação de plagioclase e de calcite.

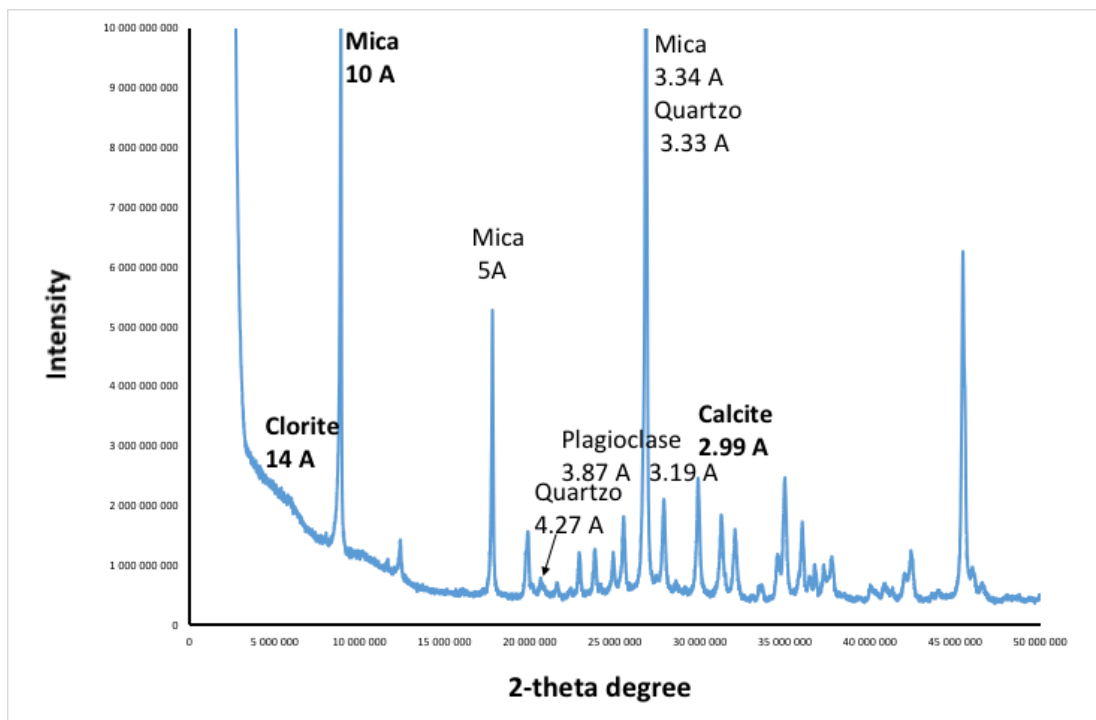


Fig. 62 – Espetro XRD da amostra LA08 onde se identifica várias micas como p. ex. clorite, tanto como, quartzo, plagioclase e calcite.

3.3 – Espectroscopia de infravermelhos

Para a análise em espectroscopia de infravermelhos foi utilizada a amostra LA30 (Anexo IV), uma vez que esta apresenta uma grande percentagem de matéria orgânica (material grafitoso), ocorrendo este acompanhado de outras fases minerais que importa caracterizar. Para além disso, a amostra LA30 (*rock type* MMU) pertence à sondagem LAS19014 que mesmo no *rock type* MFI apresenta mineralização visível muito pouco significativa, podendo através do estudo em FTIR obter-se novos dados relevantes.

Resultante da caracterização mineralógica da LA30 observa-se que a fase mineral mais representativa é a caulinite, ocorrendo também quartzo. A caulinite ocorre com uma estrutura muito bem cristalizada, tendo provavelmente resultado da alteração de micas presentes nas rochas de natureza filítica (PHY/QPH). A caulinite apresenta uma temperatura de cristalização entre os 250-300 °C, observando-se também a presença de muita água na sua estrutura. Na LA30 verifica-se que a matéria orgânica ocorre sempre junto da caulinite.

Assim, analisando o espectro FTIR da LA30 (Fig. 63), observa-se que os planos vibracionais que ocorrem aos 3697 cm^{-1} , 3652 cm^{-1} e 3618 cm^{-1} referem-se ao estiramento da ligação OH⁻ característico da caulinite. As vibrações Si-O são bastante evidentes e encontram-se representadas aos 1631 cm^{-1} , 1100 cm^{-1} e 1035 cm^{-1} . Finalmente foram ainda detetados os planos vibracionais de deformação das ligações Al-O-Si e Si-O-Si aos 540 cm^{-1} e 470 cm^{-1} . Além da caulinite a amostra LA30 apresenta quartzo com plano de vibração Si-O-Si aos 798 cm^{-1} .

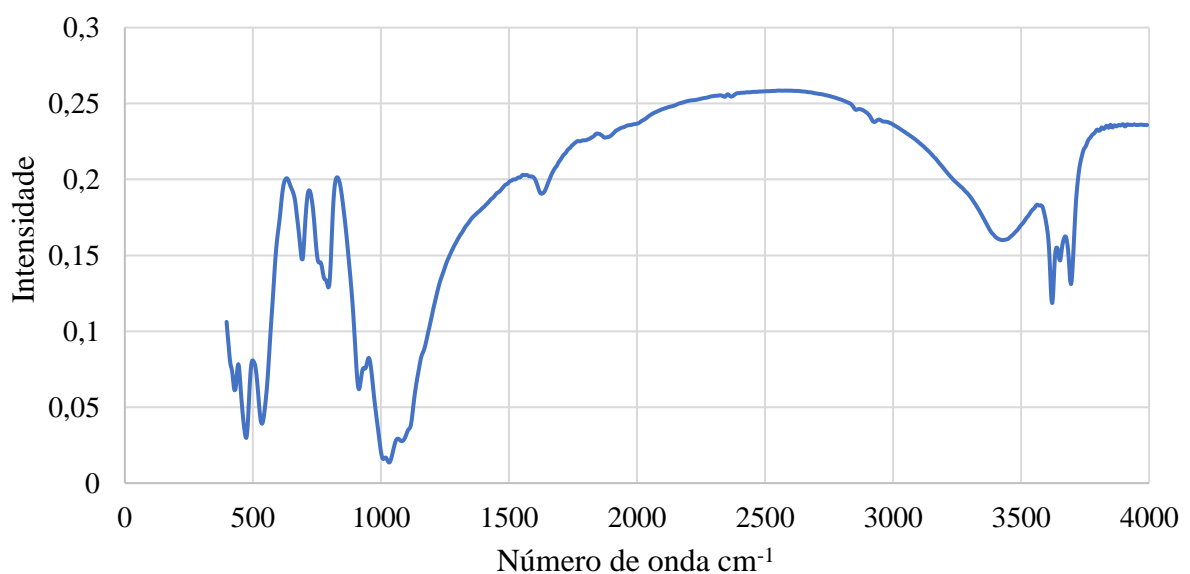


Fig. 63 – Espectro FTIR da amostra LA30 onde se identifica a caulinite e o quartzo.

3.4 – Espectroscopia de Raman

A observação de matéria orgânica foi realizada em inúmeras lâminas durante a caracterização petrográfica da estrutura de Latadas, no entanto a LA45 apresenta características distintas. Nesta lâmina ocorre matéria orgânica em dimensões consideráveis, pelo que foi selecionada para a realização do estudo em espectroscopia de Raman. A análise através desta técnica tinha como objetivo não só confirmar que se tratava de matéria orgânica, como também de estimar a sua temperatura de cristalização, realizando-se assim, um geotermómetro.

A análise em espectroscopia de Raman da matéria orgânica permitiu identificá-la como grafite (Fig. 64), verificando-se que esta ocorre na estrutura de Latadas com forma plana, isto é, sem desenvolvimento da sua estrutura no eixo z. Analisando com maior pormenor, o espectro da grafite (obtido em laser vermelho) surge com muita fluorescência, verificando-se um espectro contínuo mas pouco linear, onde os picos maiores correspondem à grafite. Assim, a grafite é caracterizada na zona de primeira ordem por um pico menor aos 1330 cm^{-1} seguido de um pico maior aos 1580 cm^{-1} , enquanto na zona de segunda ordem ocorre um pico simétrico aos 2700 cm^{-1} responsável pela estrutura plana da grafite. Para além da grafite são também observáveis outras fases minerais, como p. ex. a caulinite, sendo estas fases responsáveis pela fluorescência observada no espectro da grafite da amostra LA45.

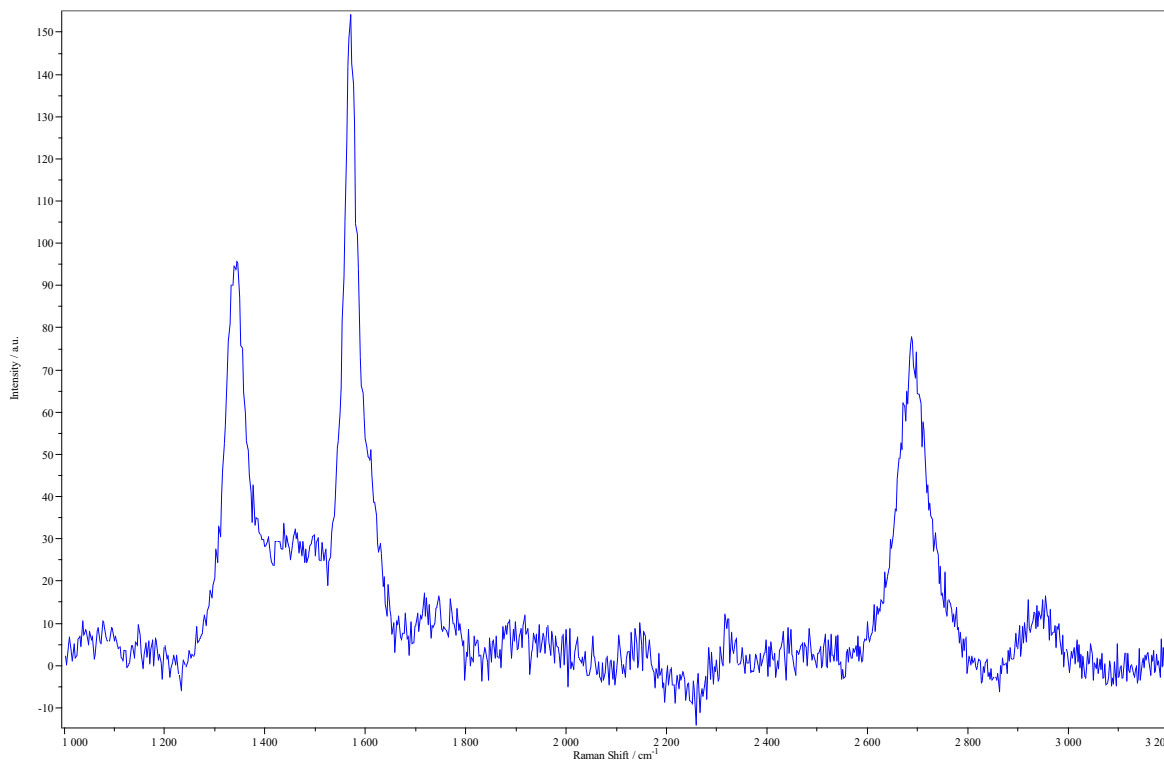


Fig. 64 – Espectro Raman obtido para a grafite da amostra LA45.

O geotermómetro da grafite foi realizado na mesma porção de grafite anteriormente descrita, mas para o seu cálculo foi realizado um novo espetro (obtido em lazer verde) passível de comparação com bibliografia de referência. O novo espetro da grafite bem como a sua decomposição foram utilizados no cálculo da temperatura de cristalização encontrando-se representados na Fig. 65. Para além da realização do geotermómetro, o espetro *Raman* de materiais carbonosos e grafitosos tem sido amplamente utilizado para documentar as modificações estruturais do carbono natural durante o processo de grafitização em várias condições metamórficas e contextos geológicos.

Utilizando o geotermómetro da grafite desenvolvido por Beyssac *et al* (2002) para temperaturas de cristalização entre os 330 e os 650 °C, é necessário correlacionar o parâmetro *Raman* R2 (equação 1) com a temperatura do pico do metamorfismo (equação 2). Assim, surge:

- Equação 1 – $R2 = (\text{intensidade integrada das bandas/área}) D1/(G+D1+D2)$, onde D1, G e D2 são bandas cujo número de onda se localiza respetivamente nos $\sim 1340 \text{ cm}^{-1}$, $\sim 1575 \text{ cm}^{-1}$ e $\sim 1610 \text{ cm}^{-1}$;
- Equação 2 – $T(^{\circ}\text{C}) = -445*(R2+641)$.

Pela resolução das equações inerentes ao cálculo do geotermómetro da grafite definido por Beyssac *et al* (2002), obtém-se uma temperatura de cristalização da grafite presente na estrutura de Latadas de aproximadamente 440 °C.

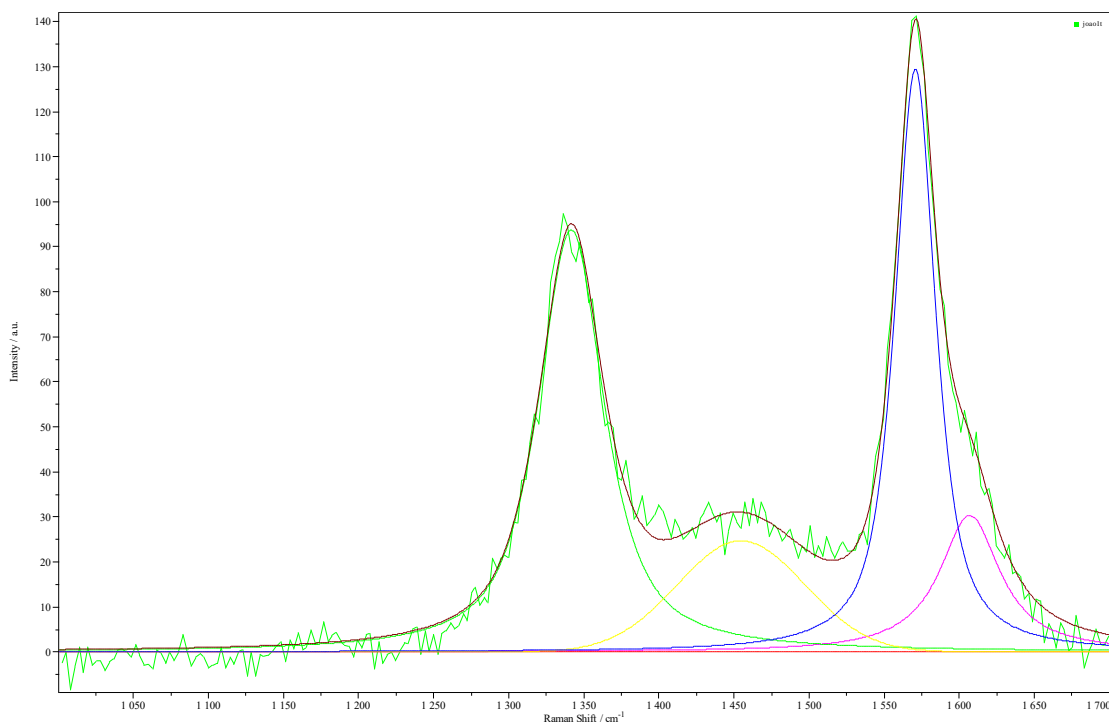


Fig. 65 – Espetro *Raman* associado ao geotermómetro da grafite definido por Beyssac *et al* (2002), utilizado na LA45.

VII – Enquadramento da estrutura mineralizada de Latadas

1 – Considerações gerais

No presente capítulo descrever-se-á uma proposta da sequência de deposição e da paragénesis mineral presente na estrutura mineralizada de Latadas, baseando a sua descrição nas observações e resultados obtidos no anterior capítulo, nomeadamente na caracterização petrográfica e na caracterização mineralógica. Relativamente à caracterização petrográfica recorreu-se à observação das relações geométricas entre os diferentes minerais, no entanto esta acarreta uma margem de erro, uma vez que, maioritariamente, não é possível ter uma perceção real da terceira dimensão da amostra. Para além disso, a estrutura mineralizada de Latadas apresenta diversas particularidades como p. ex.: uma grande heterogeneidade da mineralização; o facto de alguns minerais apresentarem um período de deposição relativamente longo; e por alguns destes minerais ocorrerem com características muito idênticas.

Atendendo aos factos inumerados, assegurasse que o presente enquadramento da estrutura mineralizada de Latadas é um processo árduo e suscetível de melhorias. Assim, e tendo em consideração o facto de não existir nenhum estudo relevante baseado na estrutura mineralizada de Latadas, a sequência de deposição e a paragénesis mineral defendidas de seguida apresentam um caráter preliminar.

2 – Sequência de deposição e paragénesis mineral

Tendo em atenção as reservas anteriormente referidas, elaborou-se uma sequência preliminar de deposição mineral para a estrutura mineralizada de Latadas. Assim, na sequência de deposição foram definidos quatro estádios principais de mineralização, sucedidos de um estádio final referente à alteração supergénica.

- **1º estádio de mineralização** – corresponde à deposição da arsenopirite I, da esfalerite e da pirite I. Estas mineralizações ocorrem em conjunto e maioritariamente em grandes dimensões. A Apyl e a Sp ocorrem em massas com forma anédrica e maciça enquanto a Pyl ocorre em massas com hábito subédrico. Estas mineralizações ocorrem maioritariamente relacionadas com o quartzo recristalizado (QzII), no entanto, também se observa alguma relação entre estas e os cristais de maiores dimensões de quartzo

(QzI). Isto é, observa-se alguma mineralização entre os cristais de maiores dimensões de QzI, sendo que a grande maioria se encontra depositada entre os cristais de menores dimensões de quartzo recristalizado (QzII). Assim, a deposição da mineralização será contemporânea da circulação de um fluido aquoso quente que dissolve o quartzo original do filão de Latadas (QzI), sendo posteriormente recristalizado, originando o QzII.

Atendendo ao facto da mineralização referida (Apyl, Pyl e Sp) apenas ocorrer associada com os diferentes quartzos (QzI e QzII) constituintes do *rock type* MFI, poderá indiciar que o 1º estágio de mineralização é anterior ao desenvolvimento das características definidas em log geológico para os *rock type* MTE e MMU. Assim, o presente estágio ter-se-á desenvolvido quando a estrutura de Latadas era caracterizada por uma sequência de quartzofilito/filito – filão de Latadas – quartzofilito/filito, sendo que o filão de Latadas era unicamente constituído pelo designado QzI (estéril). Posteriormente devido à circulação de um fluido aquoso quente ter-se-á formado o QzII e a mineralização de Apyl, Pyl e Sp.

Os *rock type* MTE e MMU são caracterizados pela mistura entre os diferentes quartzos do MFI e as rochas de natureza filítica, apresentando estas últimas arsenopirite II, matéria orgânica e clorite. Uma vez que a mineralização constituinte do 1º estágio não apresenta nenhuma relação visível com as rochas de natureza filítica, nem com a mineralização contida nestas, poderá afirmar-se que o presente estágio terá sido o primeiro evento mineralizante da atual estrutura de Latadas.

- **2º estágio de mineralização** – corresponde a uma nova pulsação que mineralizou boa parte da estrutura de Latadas, sendo que as suas características são observadas em todas as lâminas estudadas na caracterização petrográfica. Este estágio será contemporâneo da recristalização do quartzo (QzII) podendo também corresponder a um novo impulso da dissolução dos cristais de maiores dimensões (QzI) com consequente recristalização. Os processos descritos possuem um papel fundamental na atual estrutura de Latadas, sendo nomeadamente responsáveis pela mistura entre as rochas de natureza filítica (filito e quartzofilito) e os diferentes tipos de quartzo do MFI, características observadas essencialmente nos *rock type* MTE e MMU. Estes factos reforçam a ideia de que o presente estágio será posterior ao estágio anterior de mineralização (1º estágio).

A mineralização no 2º estágio caracteriza-se por arsenopirite II contemporânea da deposição de matéria orgânica e de clorite, observando-se todos quer entre os cristais de pequenas dimensões de quartzo recristalizado (QzII), quer concordantes com os

planos de xistosidade presentes nas rochas de natureza filítica (QPH/PHY). Nas lâminas constituídas unicamente por filito e/ou quartzofilito a única mineralização identificada foi ApyII, MO e ChI (2º estágio). Assim, com base no exposto, conclui-se que o fluido metamórfico responsável por este estágio de mineralização era rico em arsénio e água e pobre em sílica, uma vez que os filitos mineralizados não contêm quartzo. Este facto permite concluir que o QzII provém da recristalização do QzI. Importa referir que a clorite contemporânea da mineralização de ApyII, para além de ocorrer isolada ou em conjunto com a ApyI e a MO, também ocorre a circundar ou a preencher espaços vazios na mineralização de ApyI, Sp e PyI (1º estágio), facto que comprova uma vez mais a posteridade do presente estágio de mineralização.

- **3º estágio de mineralização** – a distinção temporal entre o 2º e o 3º estágio de mineralização nem sempre é perceptível, no entanto este estágio apresenta características distintas que conferem um carácter posterior à sua deposição (face ao 1º e 2º estágio). No 3º estágio não se verifica clorite, mas sim sericite, ocorrendo esta em cristais muito pequenos, mas bem definidos. A sericite ocorre a circundar os cristais de ApyII ou entre os cristais quer do QzI quer do QzII. Relativamente à mineralização, no 3º estágio verifica-se pirite II, galena e calcopirite, ocorrendo estas contemporâneas e sempre em dimensões reduzidas. A PyII ocorre com hábito euédrico a subédrico junto do QzII. Por sua vez, a galena e a calcopirite ocorrem com hábito subédrico a anédrico, sendo observadas junto do QzII (isoladas ou associadas) ou a preencher fraturas e espaços vazios na massa de esfalerite, sendo que a galena também se observa a substituir a esfalerite. A PyII, a Gn e a Ccp quando associadas ao QzII ocorrem a preencher espaços vazios.
- **4º estágio de mineralização** – posteriormente a toda a mineralização referida (1º, 2º e 3º estágio) verifica-se a deposição de sulfuretos tardios, nomeadamente da ApyIII e de PyIII, encontrando-se estes a preencher fraturas ou a ladear veios de quartzo posteriores (QzIII). Estes sulfuretos encontram-se muito bem definidos sendo a arsenopirite caracterizada por cristais de dimensões muito reduzidas de hábito subédrico a anédrico, enquanto a pirite ocorre em cristais de maiores dimensões de hábito euédrico. A ApyIII, a PyIII e o QzIII apresentam um carácter posterior, cortando todas as características referidas para os anteriores estágios de mineralização.
- **Alteração supergénica** – muito tardiamente, surge uma fase de alteração supergénica, tendo resultado na formação da covelite, um mineral secundário formado a partir da alteração da calcopirite.

Na seguinte tabela (Tabela 6) encontra-se esquematizada a proposta preliminar para a sequência de deposição e paragénese mineral presentes na estrutura mineralizada de Latadas.

Por último, importa clarificar que, embora seja o objetivo do presente estudo, não foi possível caracterizar ouro e prata. Não foi possível observar ouro nem na caracterização petrográfica nem na caracterização mineralógica. Por sua vez, a observação da prata, recorrendo a outras técnicas de análise, ficou comprometida devido a constrangimentos causados pelo atual estado pandémico. Assim, uma vez que estes elementos não foram observados, também não foram incluídos na sequência de deposição e na paragénese mineral da estrutura de Latadas, pois não seriam fundamentados.

Tabela 6 – Sequência de deposição e paragénese mineral presentes na estrutura mineralizada de Latadas. Legenda: X – pouco abundante; XX – abundante; e XXX – muito abundante.

	1º estágio de mineralização	2º estágio de mineralização	3º estágio de mineralização	4º estágio de mineralização	Alteração supergénica
QzI					
QzII					
ApyI	XX				
Sp	XX				
Pyl	X				
ApyII		XXX			
MO		XXX			
ChI		XX			
PyII			X		
Gn			XX		
Ccp			XX		
QzIII					
ApyIII				X	
PyIII				X	
Cv					X

VIII – Conclusão

Cessado o trabalho realizado durante o período de estágio na empresa Minaport, tanto como o complementar e subsequente estudo laboratorial, importa salientar os aspetos mais relevantes neles abordados, com destaque para as conclusões produzidas. As atividades de prospeção geológica realizadas durante o estágio centraram-se na concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda e na concessão de exploração experimental de Numão, sendo a primeira área a de principal interesse.

A área da concessão da Freixeda localiza-se na ZGTM, verificando-se litologias do Parautóctone e, sobretudo, do Complexo Alóctone Inferior, cobrindo a concessão uma área aproximada de 168 km² em Trás-os-Montes, mais concretamente a SE de Mirandela. Inteiramente pertencente à concessão, destaca-se a área do campo filoniano da Freixeda onde foram realizadas duas campanhas de sondagens carotadas, nomeadamente, na estrutura de Latadas e na estrutura da Freixeda. Importa clarificar que, de um modo geral, na área da concessão da Freixeda existe um conhecimento geológico deficitário em muitas das temáticas geológicas, como p. ex., a falta de cartografia geológica à escala 1:50 000 ou o fraco reconhecimento e conhecimento de estruturas mineralizadas ou com potencial económico.

Na estrutura de Latadas destaca-se o denominado filão de Latadas que é constituído por quartzo leitoso, apresentando um andamento superior a 6 km com uma possança variável entre 1 e 11 metros. Este filão apresenta orientação geral O-E e inclinação sub-vertical com a mineralização auro-argentífera a ocorrer muito heterogénea. A campanha de sondagens foi realizada no segmento do Vale de Pereiro, cortando as litologias da Formação Filito-Quartzítica do CAI. Esta foi constituída por um total de 17 furos de sondagem com uma metragem de 1 610,00 metros, onde se destacam as litologias de filito e quartzofilito, tal como a estrutura mineralizada. Relativamente à última e, segundo os *rock type* definidos em log geológico, existe mineralização a teto (MTE), em filão (MFI) e a muro (MMU), quando relacionadas com o referido filão de Latadas. Pontualmente, ocorrem intervalos com características correspondentes a um *stockwork* incipiente.

Na estrutura da Freixeda realça-se os filões de Santo André e de São Jerónimo que apresentam orientação N40° a N70° e inclinação sub-vertical, sendo que, paralelamente a estes, ocorrem pequenos filões e veios de menor interesse. A área da antiga mina da Freixeda encontra-se nas litologias da Formação Filito-Quartzítica do CAI, ocorrendo em profundidade variável um granito moscovítico. Segundo alguns autores e,

concordante com os últimos estudos, parece verificar-se que a estrutura da Freixeda apresenta continuidade tanto para NE como para SO, respetivamente, para a estrutura do Côvo e para a estrutura da Pedra Luz. Este alinhamento filoniano apresenta uma extensão superior a 4 km, verificando-se mineralizações de W, Au, Ag, Pb, Zn, Cu e Sb.

A campanha de sondagens foi realizada ao longo do segmento onde são reconhecidos os antigos trabalhos para a mina da Freixeda, procurando-se averiguar, em profundidade inferior à alcançada pelos trabalhos da antiga mina, o teor de mineralização presente. Esta é constituída por mineralização auro-argentífera e polimetálica. Esta campanha contou com um total de 18 furos de sondagem com uma metragem de 3 928,00 metros, tendo intersetado as litologias de filito, quartzofilito e de granito moscovítico. Relativamente à mineralização e, segundo os *rock type* definidos em log geológico, existe mineralização na estrutura André (ESTA), na estrutura Jerónimo (ESTJ), em pequenos veios (VEIN) e no granito moscovítico (G2P).

As campanhas de sondagens realizadas na estrutura de Latadas e da Freixeda, foram executadas com base no mesmo manual de procedimentos (QA/QC), tendo sido possível colaborar significativamente em todas as etapas inerentes à sua realização. Assim, de uma forma geral, destaca-se as seguintes etapas: implantação do local de sondagem em *softwares* específicos e em campo; autorizações e subsequente processo junto dos proprietários do terreno; acompanhamento da fase de abertura de plataformas para realização de sondagem; acompanhamento da realização do furo de sondagem com execução contemporânea de log geológico sintético; acompanhamento da fase de fecho das plataformas e requalificação ambiental.

Posteriormente às etapas de campo, foi ainda executada a etapa de log geológico, tendo-se realizado um estudo e uma análise dos testemunhos de sondagem, com destaque para o cálculo da percentagem de recuperação e *RQD*, tanto como para a realização de log geológico. Este último foi executado com base nos *rock type*, modificadores e comentários pertinentes. Por último, foi realizada a fase de amostragem das áreas mineralizadas e adjacentes, com subsequente envio das amostras para laboratório certificado, onde seriam alvo de análises químicas. Após a receção e validação dos dados laboratoriais, foram realizados diversos cálculos e representações gráficas, utilizando para tal, p. ex., os teores de Au e Ag, a percentagem de recuperação, os *rock type* e a real disposição dos filões.

Assim, as campanhas de sondagens contribuíram fortemente para o objetivo principal da campanha de prospeção geológica, que se caracterizava por dotar a empresa de

toda a informação necessária para a realização de todos os estudos e cálculos de viabilidade económica sobre as áreas de interesse. Por sua vez, a realização destas sondagens teve como objetivo principal retirar ilaões e dados concretos dos alvos de estudo selecionados, nomeadamente, estruturas mineralizadas em ouro, prata, chumbo, zinco e cobre.

O estágio realizado apresentou-se como uma oportunidade, uma motivação e uma enorme mais valia pelo contexto em que se realizou e pelo volume de trabalho desenvolvido. Este possibilitou o contacto direto com a realização de trabalho de campo em contexto empresarial (Minaport e Almina), onde foi possível aplicar inúmeros conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, em simultâneo, com uma aprendizagem e crescimento constantes.

Posteriormente, com o término do estágio, realizou-se um estudo laboratorial com base nas amostras das carotes de sondagem recolhidas. Importa realçar que a subsequente caracterização petrográfica e mineralógica, apenas foi realizada para a estrutura de Latadas. Para a sua caracterização foram selecionadas as melhores sondagens, bem como, referentes a estas, os intervalos que apresentavam melhor teor de mineralização de ouro e prata. Simultaneamente, foram selecionadas amostras de filito e quartzofilito. Assim, o referido estágio e o subsequente estudo laboratorial apresentam uma relevância enorme para a área de interesse, contribuindo significativamente para o incremento do conhecimento geológico em diversas temáticas.

A caracterização petrográfica da estrutura de Latadas foi desenvolvida com base nas observações realizadas ao microscópio ótico e lupa binocular, ambos com luz polarizada transmitida e refletida. Observou-se que esta estrutura é caracterizada por uma grande heterogeneidade, estando relacionada com o contacto gradual entre os referidos *rock type* da mineralização (MTE, MFI e MMU), bem como entre os mesmos e as litologias encaixantes (QPH e PHY). No entanto, os diversos *rock type* da estrutura de Latadas apresentam características próprias que permitem a sua individualização e caracterização. Assim, de uma forma resumida, observa-se que o MFI é constituído por dois tipos de quartzo, nomeadamente, os cristais de maiores dimensões de quartzo constituintes do filão de Latadas (QzI) e o quartzo recristalizado proveniente do anterior (QzII). Por sua vez, o MTE e o MMU, apresentam como característica de base a mistura dos referidos tipos de quartzo com as rochas quartzofílicas e/ou filíticas. As rochas de natureza filítica são distinguidas pela presença ou não de quartzo, sendo que este nada tem haver com o presente no MFI.

Referente às rochas e mineralizações que ocorrem na estrutura de Latadas, destaca-se: quartzofilito que apresenta microdobras associadas à fase D_2 da orogenia Varisca, exibindo, assim, clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0//S_1//S_2$; litologia mais filítica que ocorre como um filito sericítico clorítico; cristais de maiores dimensões de quartzo ocorrem estéreis relativamente à mineralização, enquanto o quartzo recristalizado ocorre associado a esta; a mineralização é fortemente constituída por sulfuretos, sendo a arsenopirite o mais abundante (observada em todas as lâminas); verifica-se a deposição de três gerações distintas de arsenopirite e pirite e uma geração de esfalerite, calcopirite e galena; associado a estas mineralizações ocorre matéria orgânica, clorite e sericite; a matéria orgânica (grafite) foi observada em dez das treze lâminas estudadas.

Por sua vez, a caracterização mineralógica da estrutura de Latadas foi desenvolvida com base nas observações complementares realizadas ao microscópio ótico de varrimento, em difração de raios-X, em espectroscopia de infravermelhos e em espectroscopia de *Raman*. Destaca-se o facto da matéria orgânica corresponder a grafite cristalizada a uma temperatura aproximada de 440 °C, verificando-se, junto da mesma, a ocorrência de caulinite, muito bem cristalizada e com formação de relativa alta temperatura. Relativamente ao sulfureto mais abundante, a arsenopirite, foi caracterizada ao MEV observando-se o facto da ApyII e da ApyIII apresentarem temperatura de cristalização e composição química diferentes, confirmando assim tratar-se de deposição em dois estádios de mineralização distintos. No entanto, a temperatura de cristalização obtida apresenta uma margem de erro associada ao número de amostras estudadas.

Relativamente à proposta preliminar da sequência de deposição e paragénese mineral para a estrutura mineralizada de Latadas, verifica-se a ocorrência de quatro estádios principais de mineralização, seguidos de uma fase de alteração supergénica. Destaque para o fluido metamórfico responsável pela mineralização do primeiro e segundo estádio, que se apresenta rico em arsénio e água e muito pobre em sílica. De notar que embora objetivo do presente estudo, a caracterização do ouro e da prata não foi possível de efetuar através dos métodos selecionados, no entanto, nos dados geoquímicos observam-se valores anómalos que chegam aos 7 ppm de ouro e 300 ppm de prata.

Por último, importará referir que o período final de estágio, tal como o subsequente período de estudo laboratorial foram fortemente afetados pelo atual estado pandémico. A título de exemplo, devido a constrangimentos e reorganizações, refere-se que, durante a realização do estágio, não foi possível ao estagiário acompanhar a campanha

de sondagens de *RC* na estrutura de Latadas, tal como não foi possível acompanhar o fim das sondagens carotadas na Freixeda e Côvo. Cessado o período de estágio dever-se-ia ter realizado o estudo laboratorial logo de seguida, no entanto, este foi fortemente condicionado pelo período de confinamento (Covid-19) e, após o seu término, foi condicionado pelo facto de os equipamentos utilizados nas técnicas laboratoriais se encontrarem com a sua utilização muito condicionada e restrita. Como exemplo, destaca-se o facto de, embora recolhidas em tempo oportuno, as amostras de *RC* não terem sido inseridas no presente relatório, uma vez que a obtenção dos resultados finais não foi inteiramente alcançada.

Sugerem-se uma série de possíveis futuros estudos que possam contribuir significativamente para o crescimento do conhecimento geológico nas áreas de interesse. Assim, para as estruturas de Latadas, Freixeda, Pedra Luz e Côvo sugere-se: uma caracterização petrográfica, mineralógica e geoquímica minuciosa; um estudo pormenorizado e focalizado no granito moscovítico (Freixeda e Pedra Luz), nas alterações presentes e na relação destas com as mineralizações; e uma cartografia geológica de pormenor. Especificamente para a estrutura de Latadas urge finalizar os dados das amostras de *RC*, enquadrando-os devidamente na estrutura de Latadas, bem como, a observação e análise de ouro, prata e arsenopirite em diferentes técnicas.

Referências bibliográficas

- Almeida, A., & Noronha, F. (1988). Fluids associated with W and Ag-Au deposits of the Mirandela area, NE Portugal: an example of peri-granitic zoning. *Bull. Mineral.* N° 11.
- Arenas, R., Farias, P., Gallastegui, G., Ibarguchi, J., Lodeiro, F., Klein, E., Marquínez, J., Parra, L., Catalán, J., Ortega, E., Maciá, J., Peinado, M., & Fernández, L. (1988). Características geológicas y significado de los dominios que componen la Zona de Galicia – Tras-os-Montes. *II Congr. Geol. España, Simpósios.*
- Beyssac, O., Goffé, B., Chopin, C., & Rouzaud, J. (2002). Raman spectra of carbonaceous material in metasediments: a new geothermometer. *Journal of Metamorphic Geology*, 20.
- Cabral, J. (1989). An example of intraplate neotectonic activity, Vilariça basin, Northeast Portugal. *Tectonics.*
- Cabral, J. (1995). Neotectónica em Portugal Continental. *Memórias do Instituto Geológico e Mineiro.*
- Cerveira, A. (1947). Notas sobre uma mina de ouro na serra da Louzã: *Bol. Soc. Geol. Portugal*, VI.
- Cerveira, A. (1952). Relações entre os jazigos hipogénicos de ouro e tungsténio: *Bol. Soc. Geol. Portugal.*
- Comissão Europeia (2010). *Critical Raw Materials. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials.*
- Conde, L., Pereira, V., Ribeiro, A., & Thadeu, D. (1971). Jazigos Hipogénicos de Estanho e volfrâmio. *I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica. Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos. Lisboa.*
- Dallmeyer, R., & García, E. (1990). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia.* Berlin, Springer-Verlag.
- Dallmeyer, R., Catalan, J., Arenas, R., Ibarguchi, J., Alonso, G., Farias, P., Bastida, F., & Aller, J. (1997). Diachronous Variscan tectonothermal activity in the NW Iberian Massif: evidence from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of regional fabrics. *Tectonophysics.*

- Dedavid, B., Gomes, C., & Machado, G. (2007). Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Edição do Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise (CEMM) do IDÉIAPUCRS – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento.
- Dias, R. (1994). Regimes de deformação no autóctone da Zona Centro Ibérica: a importância para a compreensão da génese do arco Ibero-Armoricano. Tese de doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Dias, R., & Ribeiro, A. (1995). The Ibero-Armorican arc: a collision effect against an irregular continent? *Tectonophysics*.
- Farias, P., Gallastegui, G., Lodeiro, M., Marquínez, J., Parra, L., Catalán, J., Maciá, J., & Fernández, L. (1987). Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafía a y estructura de Galicia Central.
- Ferreira, N., Iglesias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A., & Ribeiro, M. (1987). Granitoides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: Geologia de los Granitoides y Rocas asociadas del Macizo Hesperico. Bea, et al. (Eds.) Editorial Rueda, Madrid.
- Grivaud, A. (1990). Concessão de Freixeda – Relatório de Síntese (IGM).
- Guedes, A., & Prieto, A. (2014). Caracterização avançada de materiais geológicos por Espectroscopia Raman microscópica. IX Congresso Nacional de Geologia/ II Congresso de Geologia dos Países de Língua Portuguesa, Porto.
- Iglesias, M., Ribeiro, M., & Ribeiro, A., (1983). La interpretacion aloctonista de la estructura del Noroeste Peninsular. Geologia de Espana, Libro Jubilar J.M. Rios, IGME.
- Jaques, L., & Pascal, C. (2017). Full paleostress tensor reconstruction using quartz veins of Panasqueira Mine, central Portugal; part I: paleopressure determination. *Journ. Struct. Geol.*, 102.
- Julivert, M., Fontboté, J., Ribeiro, A., & Conde, L. (1974). Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, Escala 1:1000.000. Memoria Explicativa. Instituto Geologico y Minero de España, Madrid.

- Kelly, W., & Rye, R. (1979). Geologic, fluid inclusion and stable isotope studies of the tin-tungsten deposits of Panasqueira, Portugal. *Econ. Geol.*, 74(8).
- Kretschmar, U., & Scott, S. (1976). Phase relations involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their application. *Can. Mineral.*, 14(3).
- Lourenço, A. (2002). Paleofluidos e mineralizações associadas às fases tardias da Orogenia Hercínica. Tese de doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto.
- Marques, F., Ribeiro, A., & Pereira, E., (1992). Tectonic evolution of the deep crust: Variscan reactivation by extension and thrusting of Precambrian basement in the Braganca-Morais massifs (Tras-os-Montes, NE Portugal). *Geodinamica*.
- Marques, M., Noronha, F., Flores, D., & Rodrigues, B. (2000). Geologia da faixa costeira Lavadores-Porto. In: Livro-guia da excursão geológica do XX Curso de Atualização de Professores de Geociências, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto/Associação Portuguesa de Geólogos, Porto.
- Martinez, F., Julivert, M., Sebastian, A., Arboleya, M., & Ibarra, J. (1988). Structural and thermal evolution of high-grade areas in the north-western parts of the Iberian Massif. *Amer.*
- Martins, L. (2012). Mineral Resources of Portugal. *Direção Geral de Energia e Geologia*.
- Meireles, C. (2013). Litogeoquímica do Paleozóico do Setor Nordeste de Bragança (Trás-os-Montes). Instituto Universitário de Geologia "Isidro Parga Pondal, Univ. Coruña.
- Munhá, J., Ribeiro, A., & Ribeiro, M. (1984). Blueschists in the Iberian Variscan Chain (Trásos-Montes: NE Portugal). *Com. Serv. Geol. Portugal*.
- Neiva, A. (2002). Portuguese granites associated with Sn–W and Au mineralizations. *Bull. Geol. Soc.*
- Noronha, F. (1983). Estudo metalogénico da área tungstífera da Borralha. Tese de doutoramento. Universidade do Porto. Porto.

- Noronha, F., Cathelineau, M., Boiron, M., Banks, D., Dória, A., Ribeiro, M., Nogueira, P., & Guedes, A. (2000). A three stage fluid flow model for Variscan gold metallogenesis in northern Portugal. *Journal of Geochemical Exploration*.
- Noronha, F., Ramos, J., Rebelo, J., Ribeiro, A., & Ribeiro, M. (1979). Essai de correlation des phases de deformation hercynienne dans le Nord -Ouest Péninsulaire. Bol. Soc. geol. Portugal.
- Noronha, F., & Ramos, J. (1993). Mineralizações auríferas primárias no norte de Portugal. Algumas reflexões. *Cuaderno Lab. Xeolóxico de Laxe*. Coruña.
- Noronha, F., Ribeiro, M., Almeida, A., Doria, A., Guedes, A., Lima, A., Martins, H., Sant'Ovaia, H., Nogueira, P., Martins, T., Ramos, R., & Vieira, R. (2006). Jazigos filonianos hidrotermais e aplitopegmatíticos espacialmente associados a granitos (norte de Portugal). In: *Geologia de Portugal no contexto da Iberia* (Dias, R., Araujo, A., Terrinha, P., & Kulberg, J. Editores). Univ. Evora, Evora.
- Palacin, D. (1985). Étude des filons polymétalliques (W, Au, Ag ...) au sud de Mirandela (Trás-os-Montes Portugal). Relations avec les granites. Thèse de 3. o cycle, Univ. P. M. Curie (Paris VI), *Mémoire des Sciences de la Terre*.
- Palacin, D., Noronha, F., & Roger, G. (1987). Les massifs granitiques de Santa Comba da Vilarça et de Pedra Luz (Trás-os-Montes, Portugal) et les mineralisations associées. *Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, Memórias.
- Parra, A., & Lopes, J. (1999). Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses (SIORMINP). Sistemas de Informação Geográfica e Geológica de Base Regional, Beja.
- Pereira, E. (2006). Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000, Notícia Explicativa da folha 2. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa.
- Pereira, E., Coord. (2006). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200.000, Folha 2, Inst. Nac. Eng. Tec. Inov., Lisboa.

- Pereira, E., Iglésias, M., & Ribeiro, A. (1984). Leucogranitos -“stockscheider” e o controlo estrutural da mineralização na mina de Montesinho-Bragança. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 70.
- Pereira, E., Ribeiro, A., & Meireles, C. (1993). Cisalhamentos Hercínicos e controlo das mineralizações de Sn-W, Au e U na Zona Centro Ibérica, em Portugal. *Cuaderno Lab. Xeolóxico de Laxe*. Coruña.
- Pereira, M. (2007). A mina da Freixeda: impacto na qualidade dos solos e das águas da região envolvente.
- Quesada, C. (1992). Evolución Tectónica del Macizo Ibérico (una historia de crecimiento por acreencia sucesiva de terrenos durante el Proterozoico superior y el Paleozoico). In Marco, J., Saavedra, J., & Rábano, I. (Eds.). *Paleozoico Inferior de Ibero-América*. Universidad de Extremadura.
- Ribeiro, A. (1974). Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes oriental, *Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa.
- Ribeiro, A. (1979). Lecadrestructural et géotectonique. In: A. RIBEIRO, et al -Introduction à la Géologie générale du Portugal. *Serviços Geológicos de Portugal*. Lisboa.
- Ribeiro, A. (2004). O Noroeste (Minho e Trás-os-Montes Ocidental) in *O relevo de Portugal*. Ed. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Coimbra.
- Ribeiro, A. (2013). A evolução geodinâmica de Portugal; uma introdução. In: Dias, R., Araújo, A., Terinha, P., & Kullberg, J., (Eds.), *Geologia de Portugal*, Vol. 1, Escolar Editora.
- Ribeiro, A., Iglésias, M., Ribeiro, M., & Pereira, E. (1983). Modèle géodynamic des Hercynides Ibériques. *Com. Serv. Geol. Portugal*.
- Ribeiro, A., Pereira, E., & Rodrigues, J. (2006). Tectónica. In: Pereira, E. (Eds.). *Carta Geológica de Portugal*, Notícia explicativa da folha 2, Publicado IGM/INETI, Lisboa.
- Ribeiro, A., Quesada, C., & Dallmeyer, R. (1990). Geodynamic evolution of the Iberian Massif. In: Dallmeyer, R., & García, E. (Eds.). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer Verlag, Berlin.

- Ribeiro, M. (1991). Contribuição para o conhecimento estratigráfico e petrológico da região a SW de Macedo de Cavaleiros (Trás-os-Montes Oriental). Mem. Serv. Geol. Portugal, Lisboa.
- Shepherd, T., Rankin, A., & Alderton, D. (1985). A practical guide to fluid inclusion studies. Glasgow: Blackie.
- Silva, A., Rebelo, J., & Ribeiro, M. (1989). Notícia Explicativa da carta geológica 11-C Torre-de-Moncorvo na escala de 1/50.000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Thadeu, D. (1977). Hercynian paragenetic units of the portuguese part of the hesperic massif, Bol.Soc.Geol.Portg. Lisboa.
- Ugidos, J. (1990). Granites as a paradigm of genetic processes of granitic rocks: I-types vs S-types. In: Dallmeyer, R., & Garcia, E. (Eds.), Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer-Verlag, Berlin.
- Vera, J. (2004). Geologia de España. SGE-IGME, Madrid.
- Werner, A., Sinclair, W., & Amey, E. (2014). International strategic mineral issues summary report – tungsten, U.S. Geological Survey Circular.
- Whitney, D., & Evans, B. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals, American Mineralogist, Volume 95.

Anexo I – Cartografia geológica à escala 1:200 000 da área da concessão

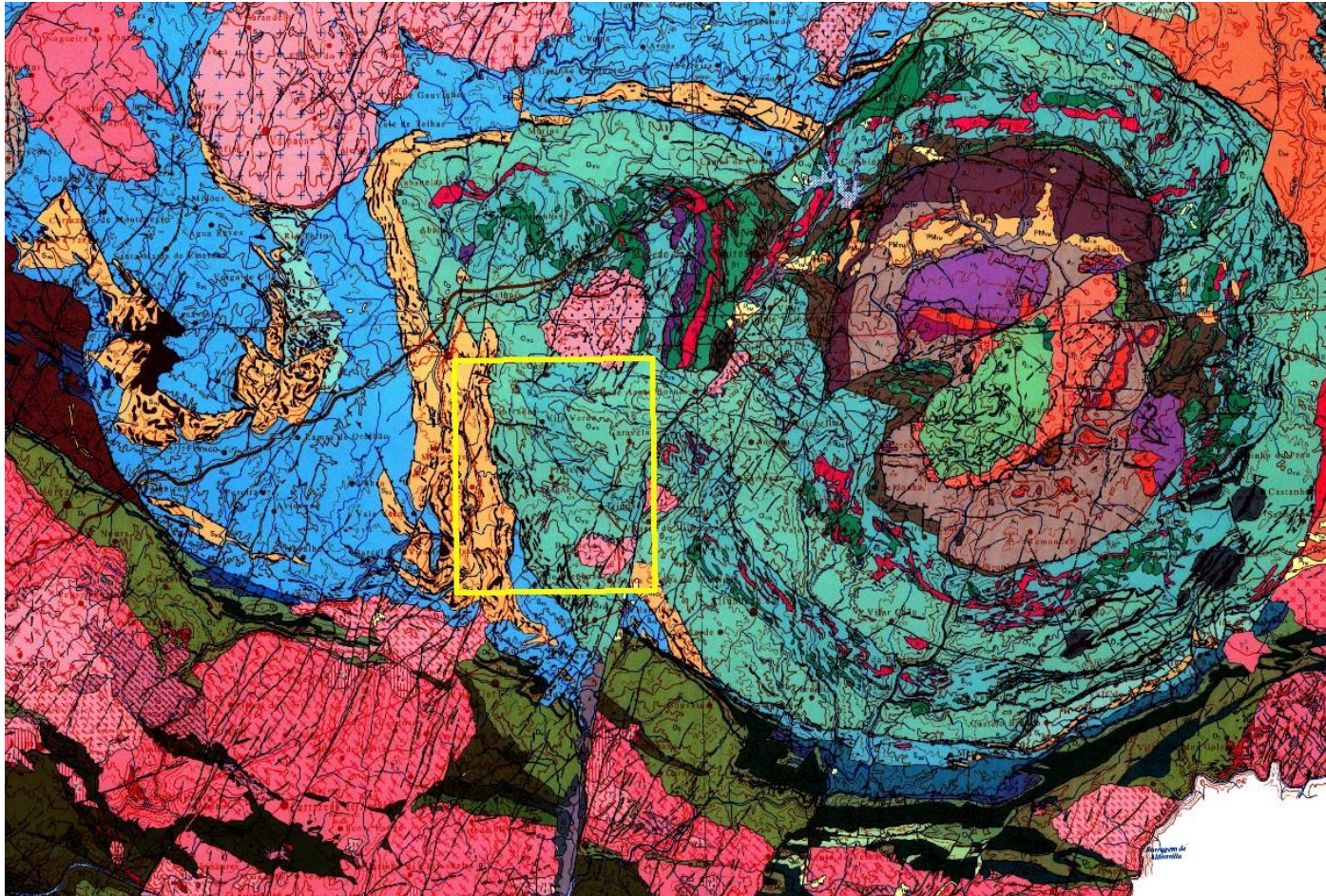


Fig. 1 – Excerto da folha 2 à escala 1:200 000 (Pereira, 2006) onde é possível observar, a amarelo, a área de concessão de prospeção e pesquisa da Freixeda.

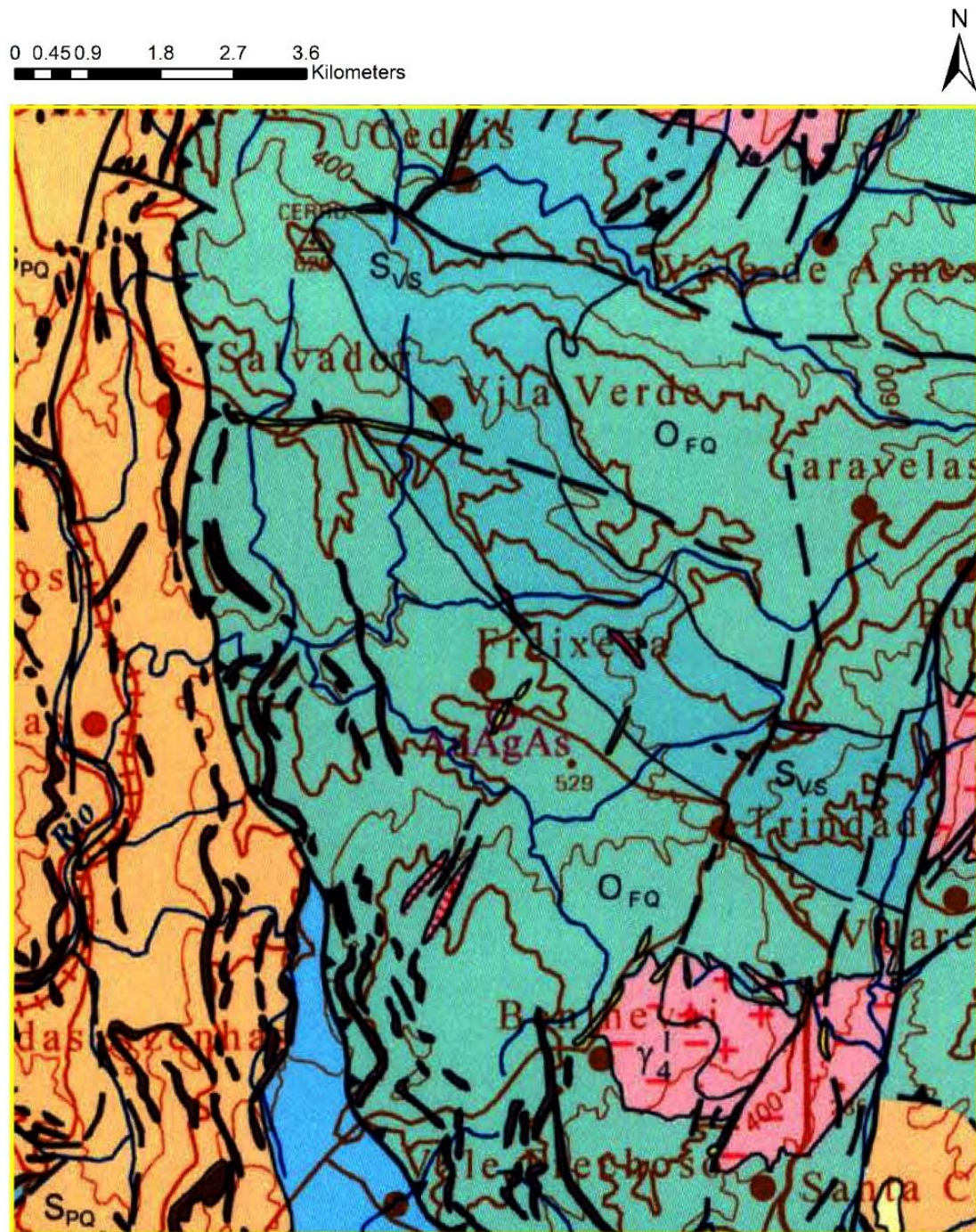


Fig. 2 – Limite, a amarelo, da área da concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda com o correspondente excerto da folha 2 à escala 1:200 000 (Pereira, 2006), de base. Observa-se: Formação Pelito-Grauváquica (S_{px}) (azul escuro); Formação de Quartzitos Superiores (S_{pq}); Formação Filito-Quartzítica (O_{fq}); Complexo Vulcano-Silicioso (S_{vs}); Granito da Pedra Luz (pequena mancha a S da Freixeda); Granito de Benlhevai-Vilares da Vilariça; e Granito do Romeu (mancha a N da concessão).

Anexo II – Área da concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda na Carta Militar de Portugal



Fig. 1 – Limite da área de concessão de prospeção e pesquisa de Freixeda, a amarelo, apresentando de fundo as folhas número 77 – Mirandela, 91 – Frechas e 105 – Vila Flor, pertencentes a série M888 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 do Instituto Geográfico do Exército.

Anexo III – Localização das estruturas mineralizadas de Latadas, Freixeda, Côvo e Pedra Luz

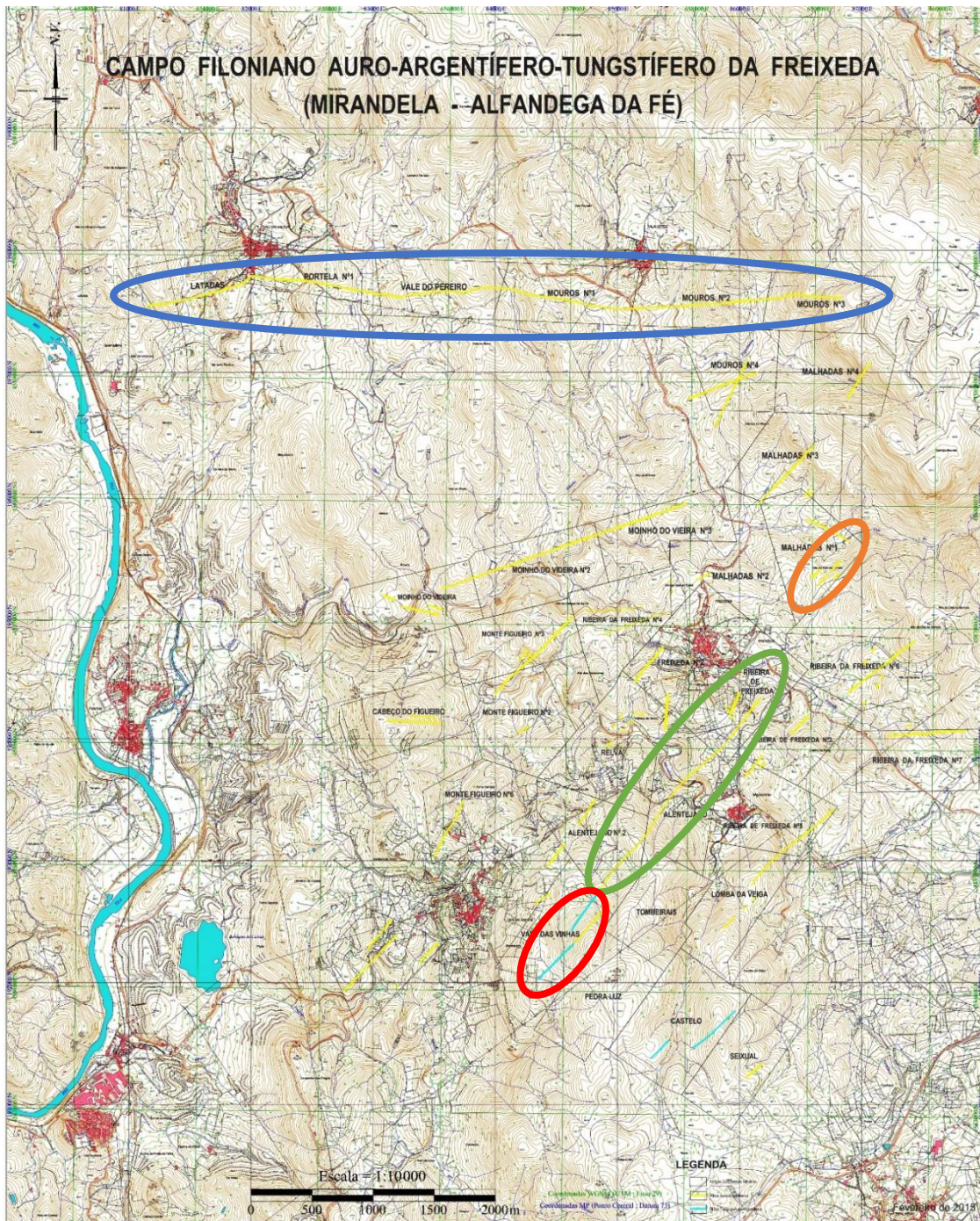


Fig. 1 – Campo filoniano da Freixeda onde se pode observar a localização geográfica do filão de Latadas (circundado a azul), da mina da Freixeda (circundada a verde), do filão do Covo (circundado a laranja), e, por último, da área da Pedra Luz (circundada a vermelho).

Anexo IV – Amostras utilizadas na caraterização petrográfica e mineralógica da estrutura de Latadas









Anexo V – Caracterização petrográfica do quartzofilito e do filito

LAS19014 – LA33

Lupa binocular

Microscópio ótico

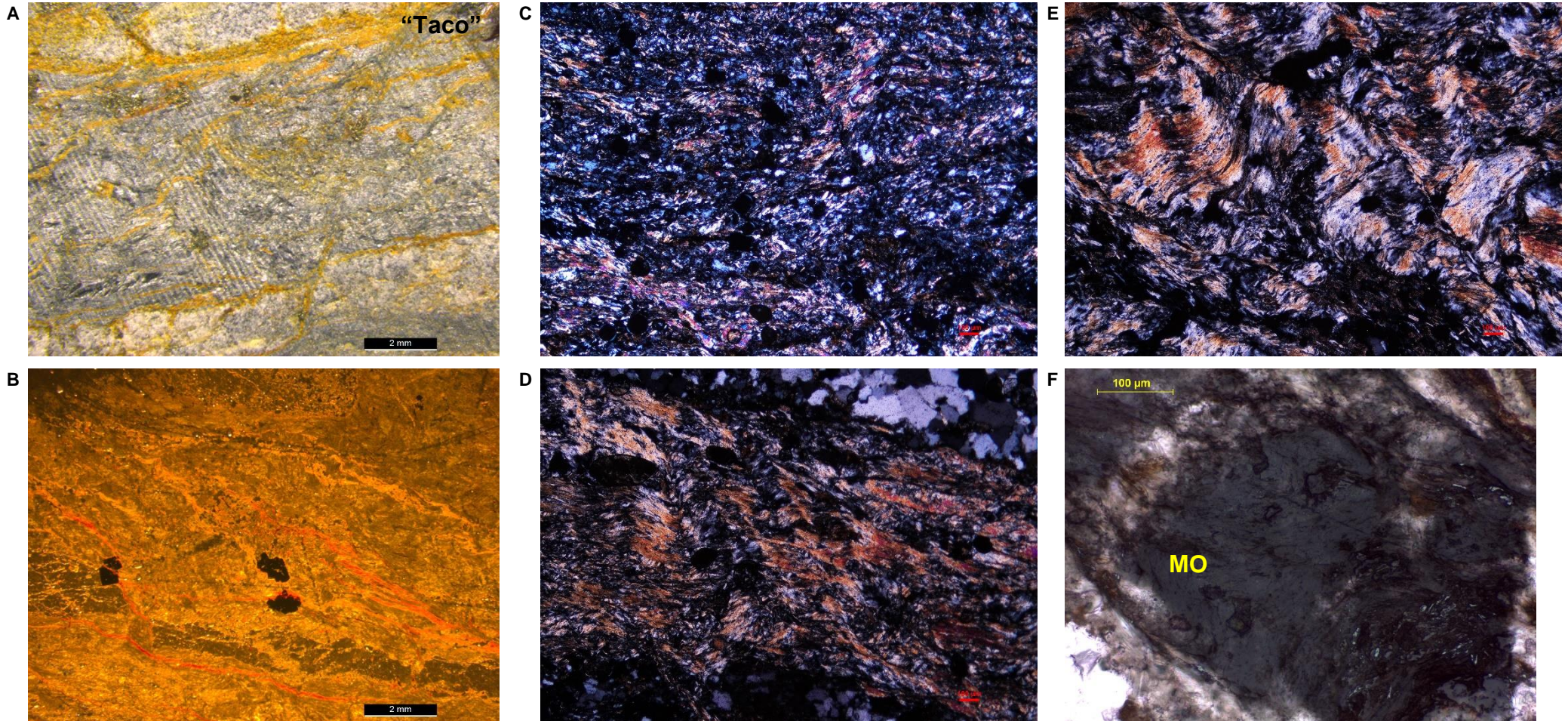


Fig. 1 – A e B – amostra LA33 em lupa binocular (LT/N//); C e D – quartzofilito (LT/NX); E – quartzofilito com clivagem de crenulação S₃ (LT/NX); F – matéria orgânica (MO) (LT/LR/N//).

LAS19005 – LA10

Lupa binocular

Microscópio ótico

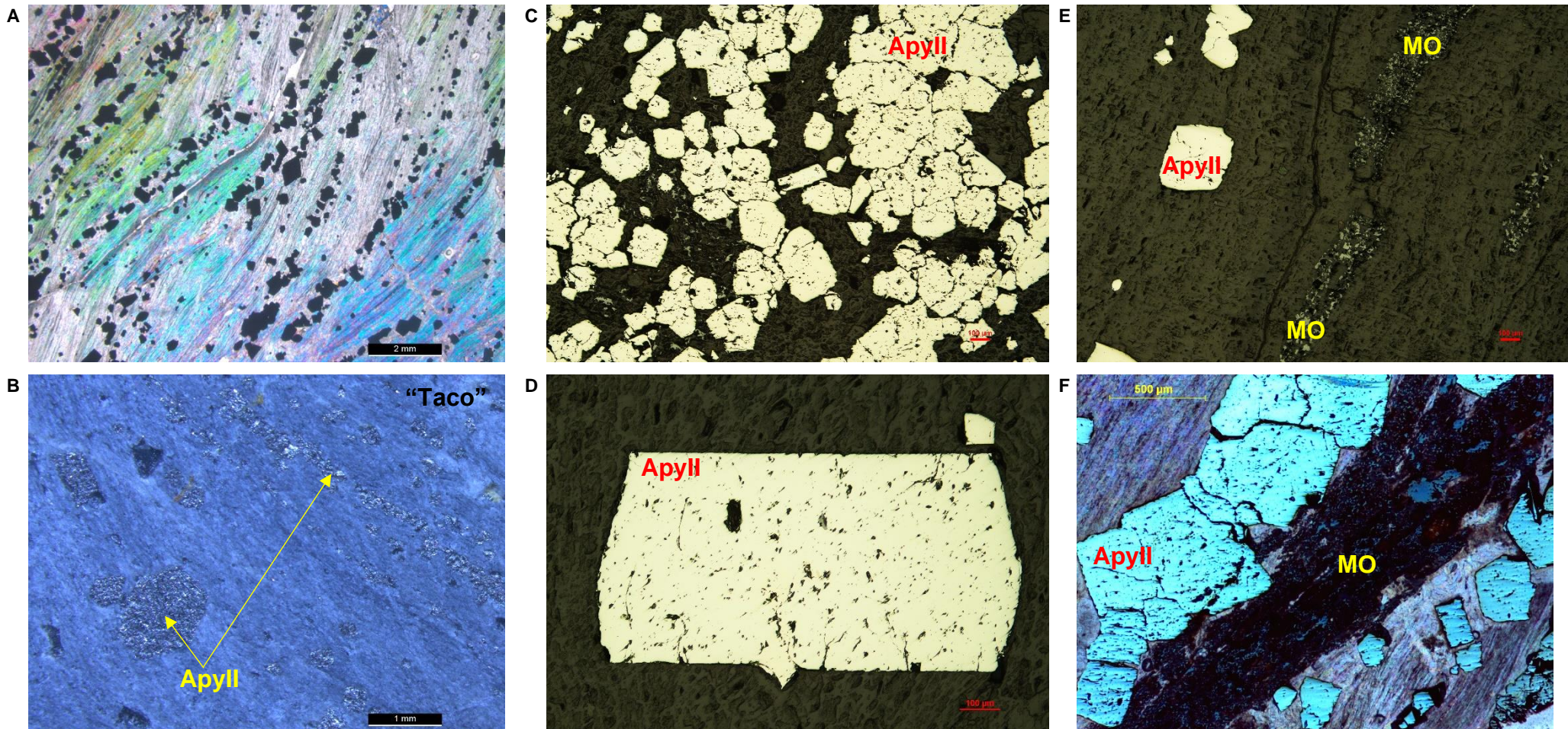


Fig. 2 – A e B – amostra LA10 em lupa binocular (LT/NX e LT/N//); C e D – arsenopirite (ApyII) (LR/N//); E e F – arsenopirite (ApyII) e matéria orgânica (MO) acompanhar planos de xistosidade do filito (LR/N// e LR/LT/N//).

Anexo VI – Caracterização petrográfica da mineralização a teto

LAS19007 – LA17

Lupa binocular

Microscópio ótico

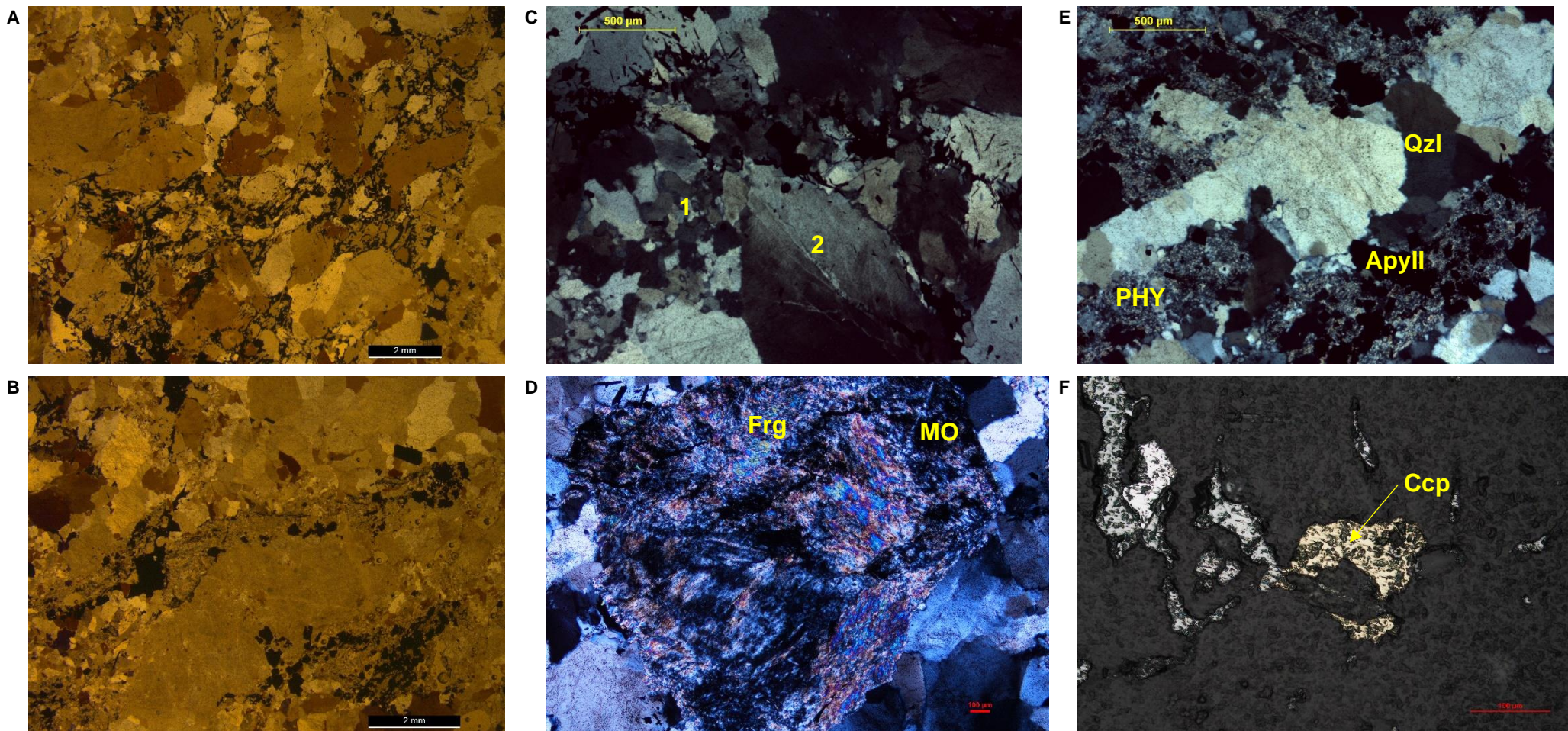


Fig. 1 – A e B – amostra LA17 em lupa binocular (LT/NX); C – cristais de maiores dimensões de quartzo (Qzl) com subgranulação (1), bordos saturados e extinção ondulante (2) (LT/NX); D – fragmento de filito (Frg) com matéria orgânica (MO) (LT/NX); E – cristais de maiores dimensões de quartzo com subgranulação (Qzl) e filito (PHY) com arsenopirite (ApyII) (LT/NX); F – calcopirite (Ccp) (LR/N//).

LAS19005 – LA04

Lupa binocular

Microscópio ótico

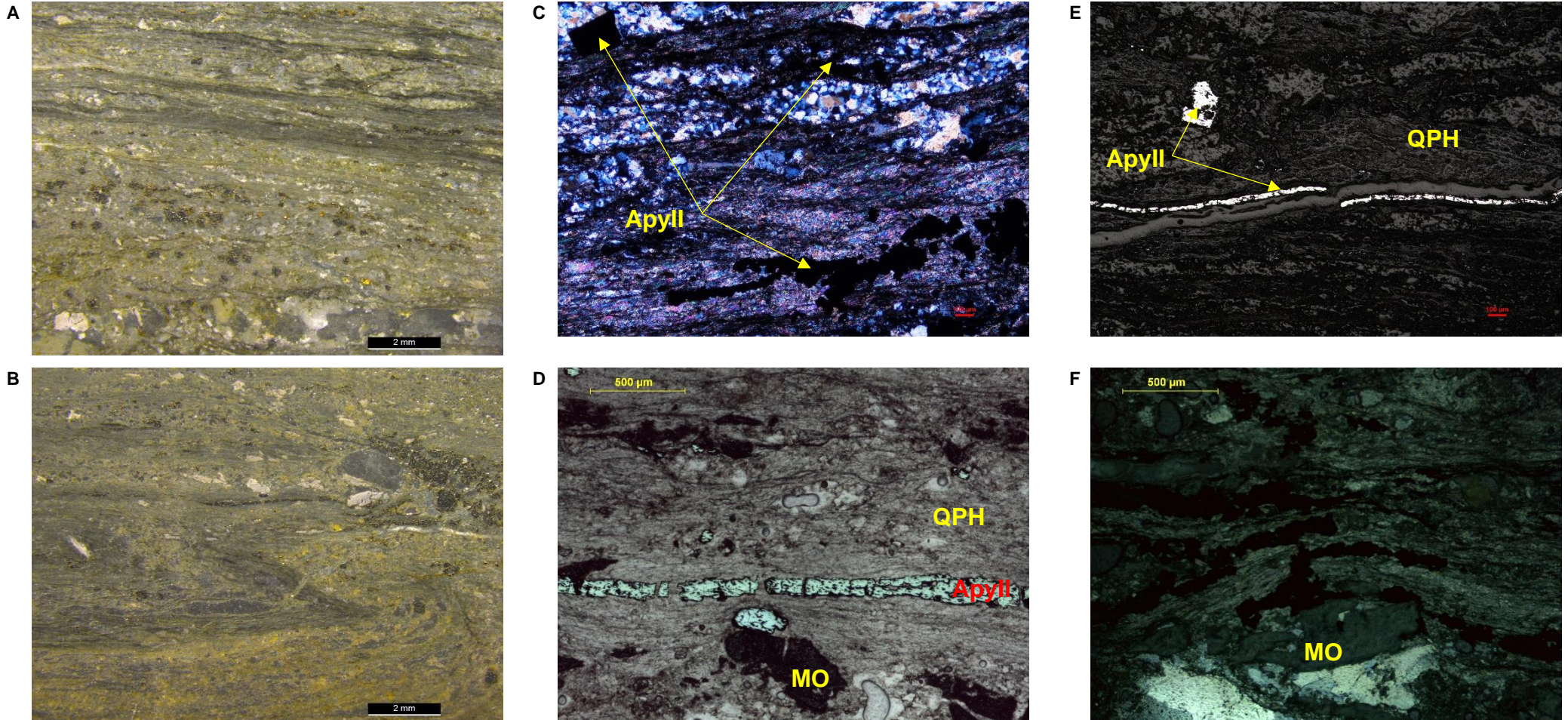
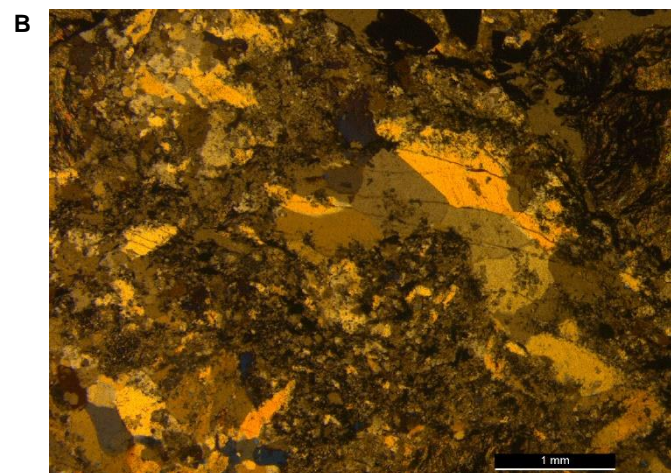
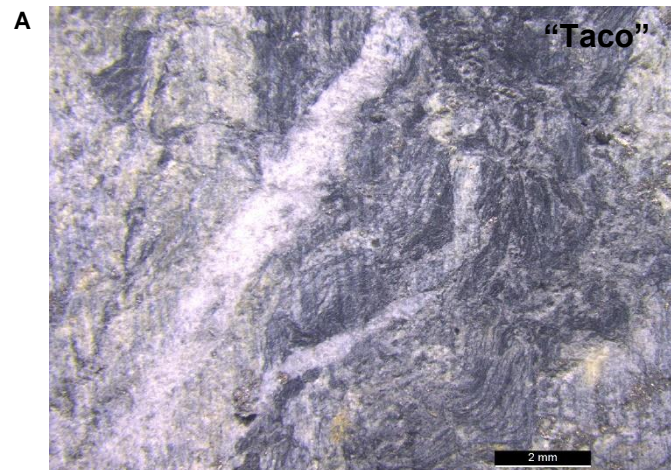


Fig. 2 – A e B – amostra LA04 em lupa binocular (LT/N//); C – quartzofilito com arsenopirite (ApyII) (LT/NX); D – arsenopirite (ApyII) e matéria orgânica (MO) paralelas ao plano de xistosidade do quartzofilito (QPH) (LR/LT/N//); E – arsenopirite (ApyII) a preencher fraturas presentes no quartzofilito (QPH) (LR/N//); F – matéria orgânica (MO) em NX (LR/NX).

LAS19010 – LA39

Lupa binocular



Microscópio ótico

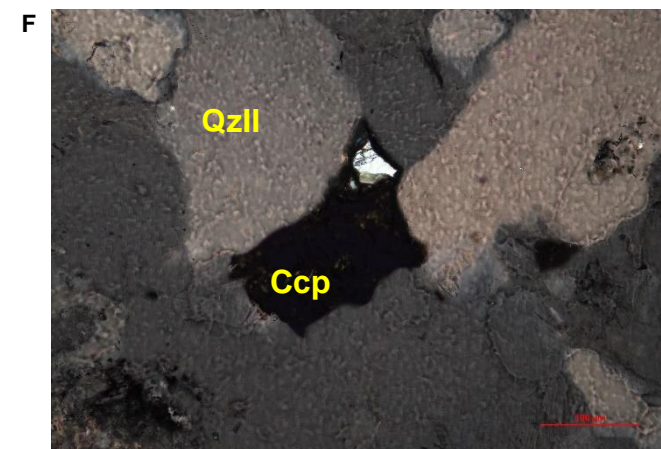
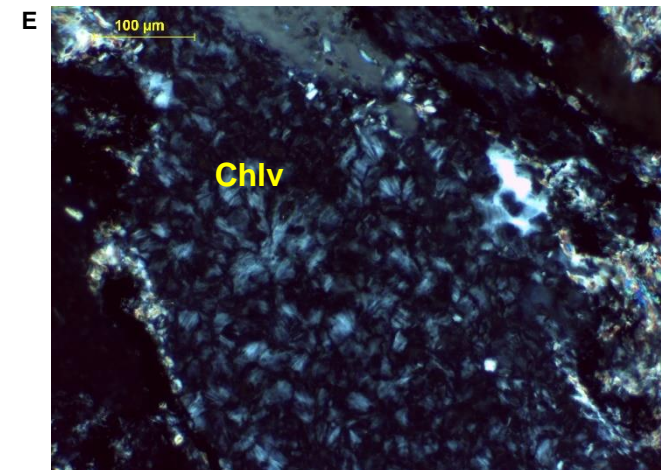
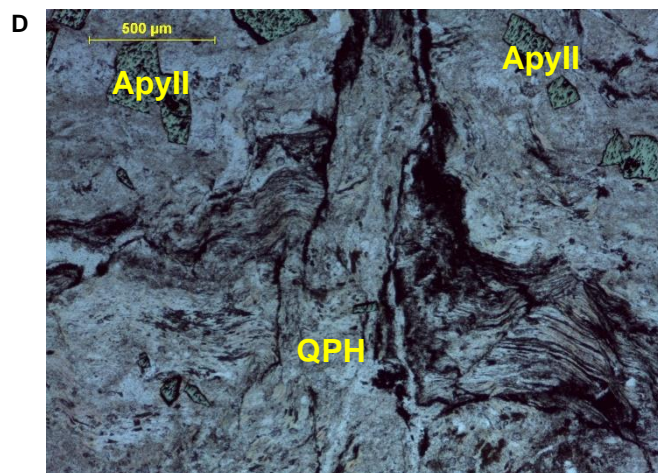
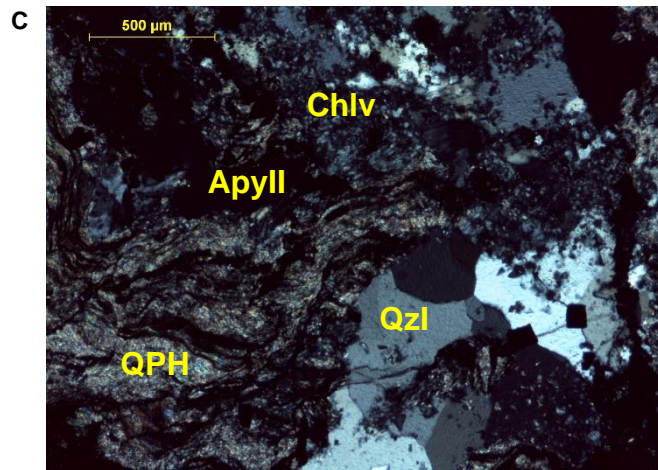
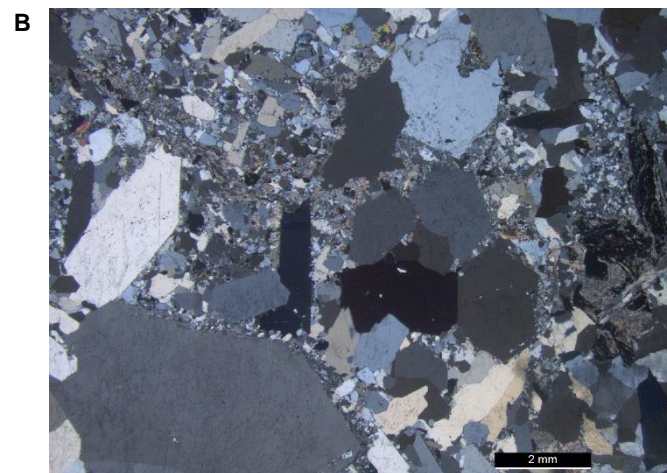
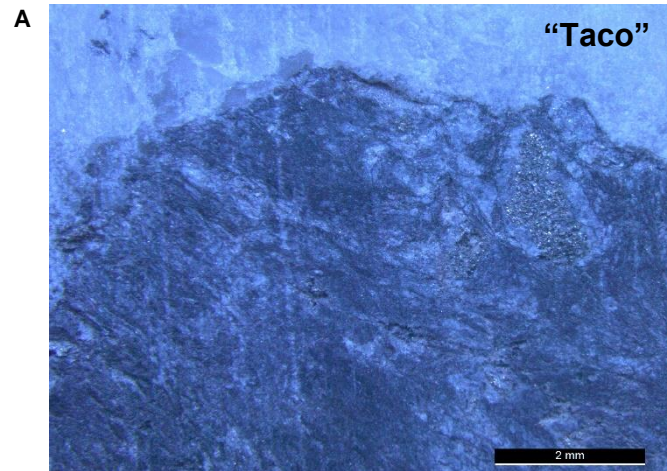


Fig. 3 – A e B – amostra LA39 em lupa binocular (LT/N/ e LT/NX); C – quartzofilito (QPH), cristais de maiores dimensões de quartzo (Qzl), arsenopirite (ApyII) e clorite vermicular (Chlv) (LT/NX); D – quartzofilito (QPH) com arsenopirite (ApyII) (LR/LT/N/); E – clorite vermicular (Chlv) (LT/NX); F – quartzo recristalizado (QzII) com calcopirite (Ccp) (LR/LT/N/).

Anexo VII – Caracterização petrográfica da mineralização em filão

LAS19014 – LA27

Lupa binocular



Microscópio ótico

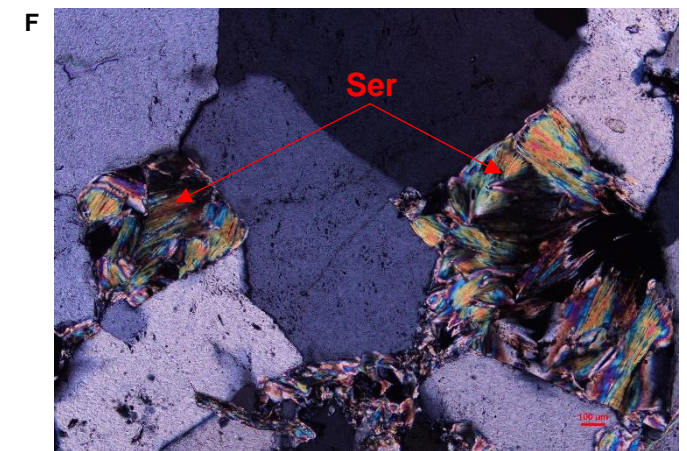
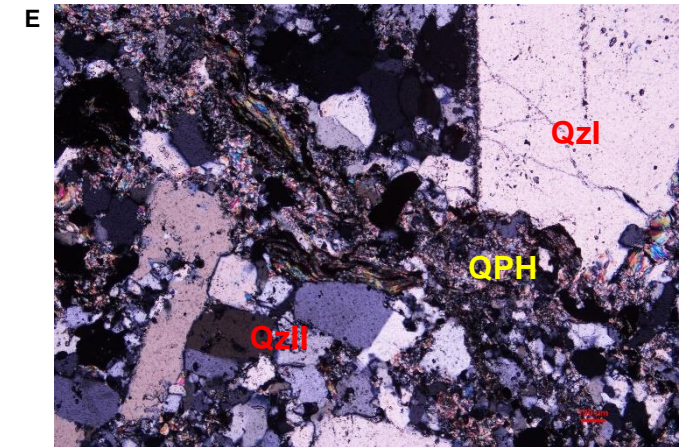
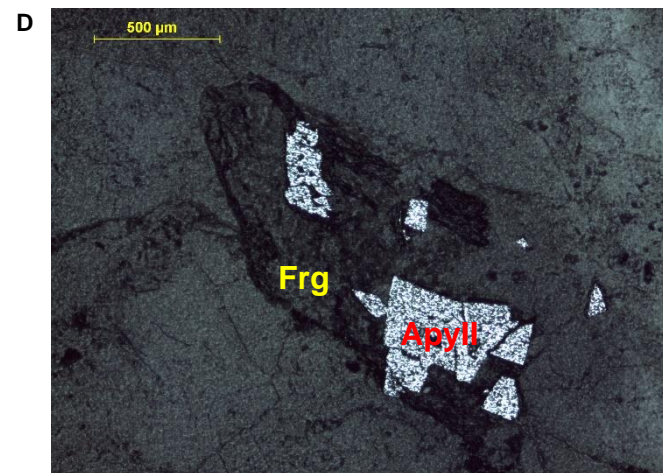
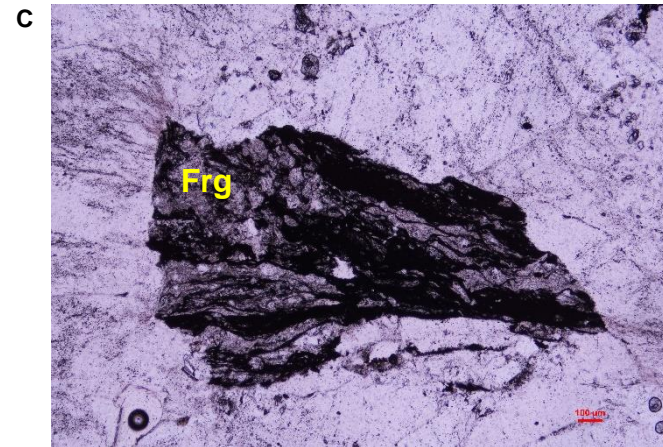
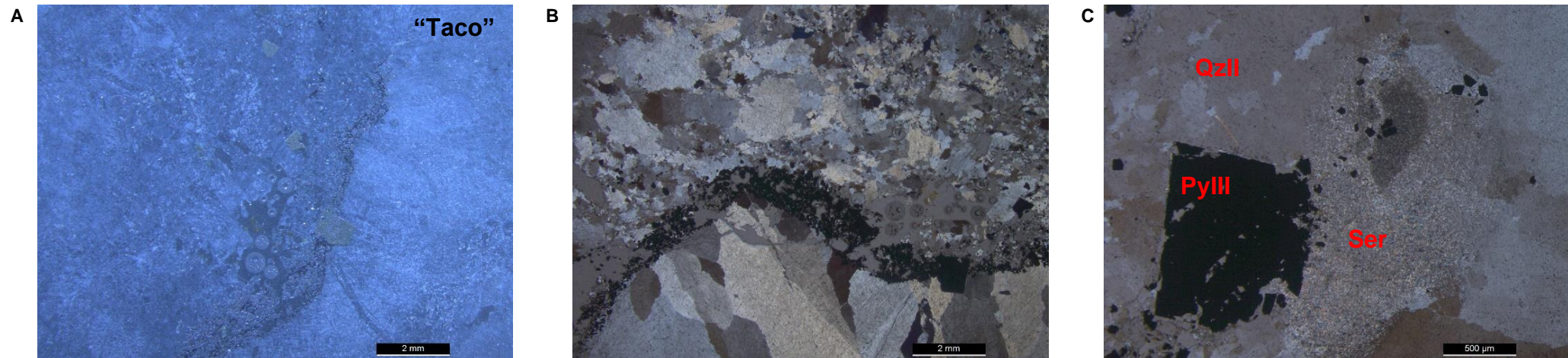


Fig. 1 – A e B – amostra LA27 em lupa binocular (LT/N// e LT/NX); C e D – fragmento de filito (Frg) com matéria orgânica e arsenopirite (ApyII) (LT/N// e LR/N//); E – mistura entre cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI), quartzo recristalizado (QzII), quartzofilito (QPH) e mineralização (LT/NX); F – sericite (Ser) de maiores dimensões (LT/NX).

LAS19014 – LA28

Lupa binocular



Microscópio ótico

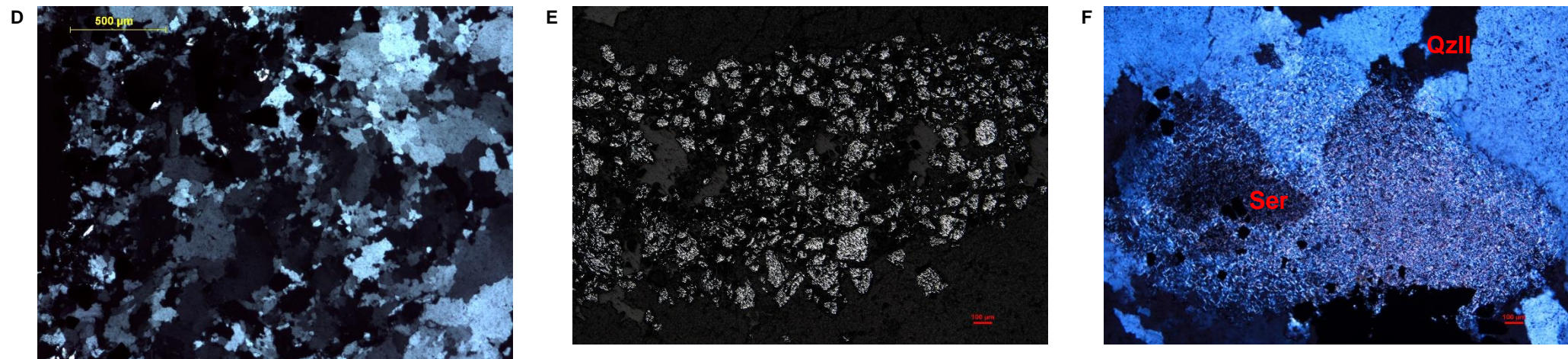
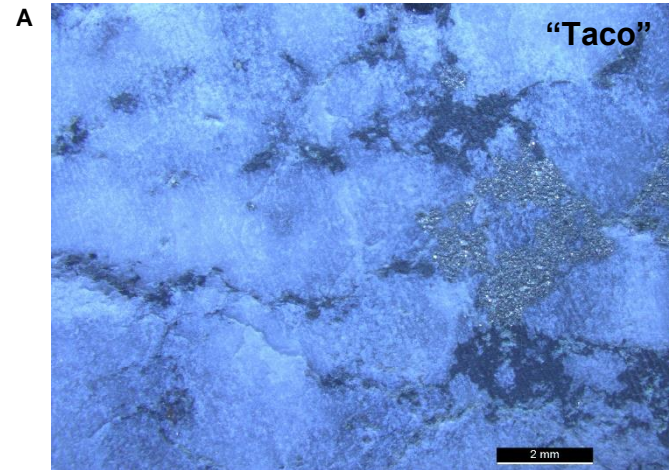


Fig. 2 – A e B – amostra LA28 em lupa binocular (LT/N// e LT/NX); C – sericitização (Ser) junto do quartzo recristalizado (QzII) e da mineralização em pirite (PyIII) (Lupa – LT/N//); D – quartzo recristalizado (LT/NX); E – mineralização de arsenopirite (III) posterior (LR/N//); F – sericitização (Ser) junto do quartzo recristalizado (QzII) (LT/NX).

LAS19005 – LA06

Lupa binocular



Microscópio ótico

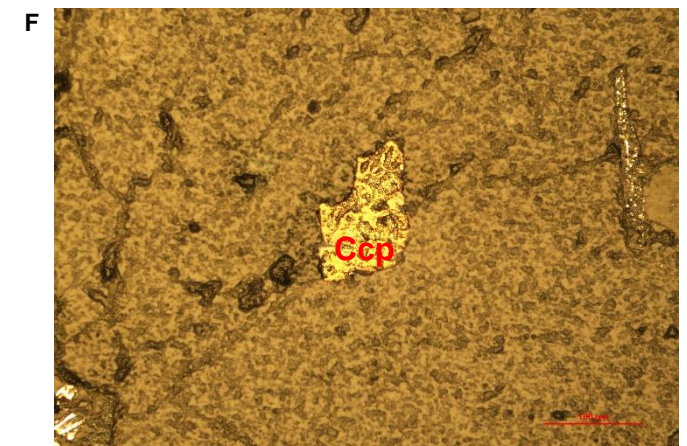
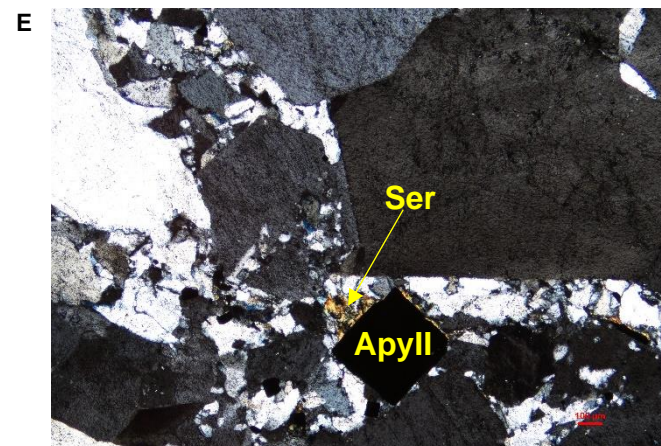
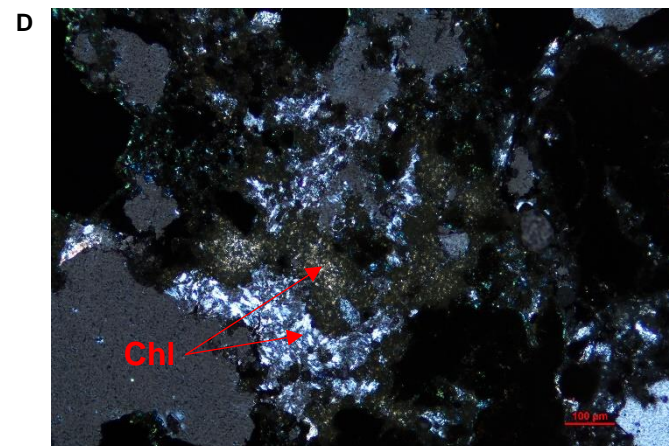
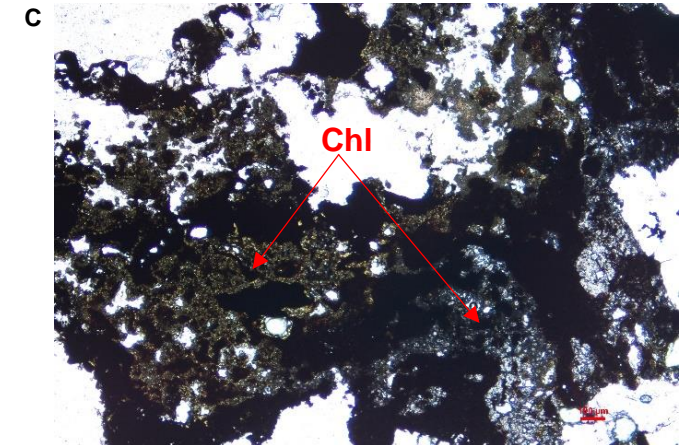
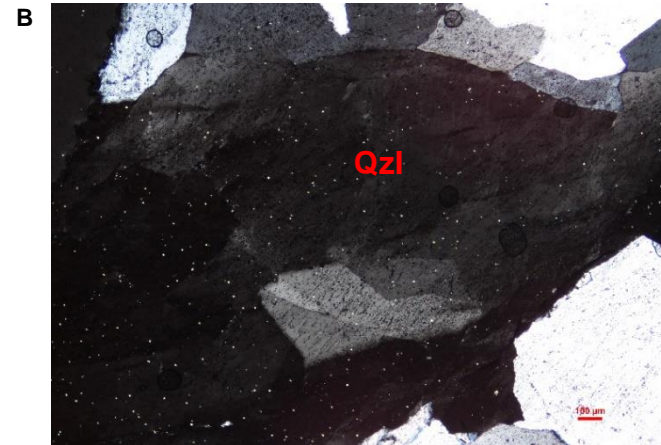
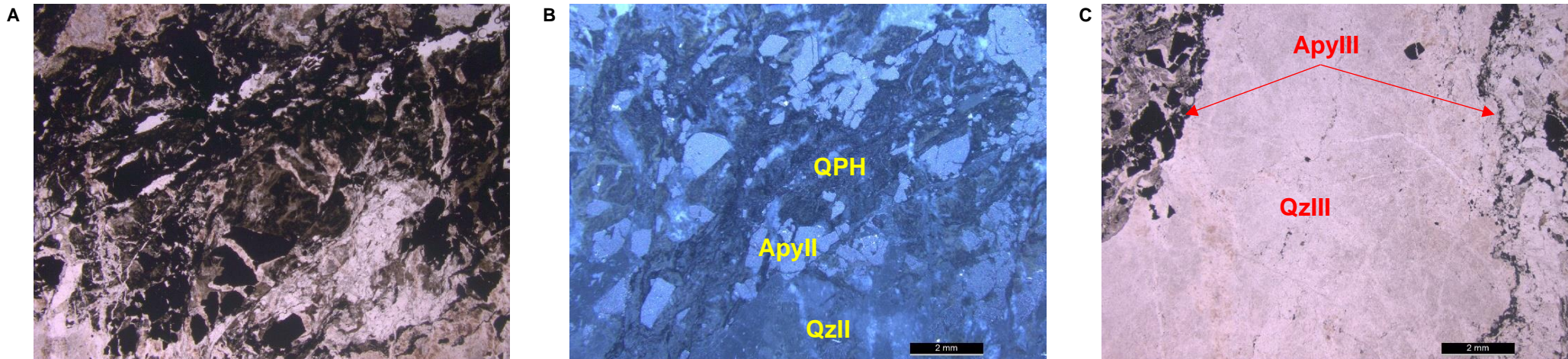


Fig. 3 – A – amostra LA06 em lupa binocular (LT/N//); B – cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) com extinção ondulante e subgranulação (LT/NX); C e D – clorite (ChI) associada à mineralização (LT/N// e LT/NX); E – sericite (Ser) junto de cristal de arsenopirite (ApyII) (LT/NX); F – calcopirite (Ccp) (LR/N//).

LAS19005 – LA07

Lupa binocular



Microscópio ótico

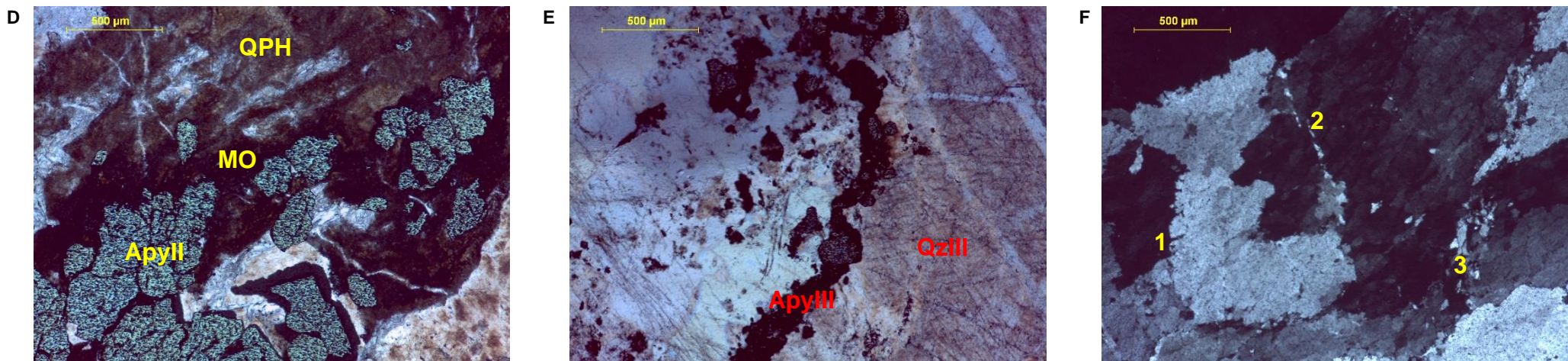
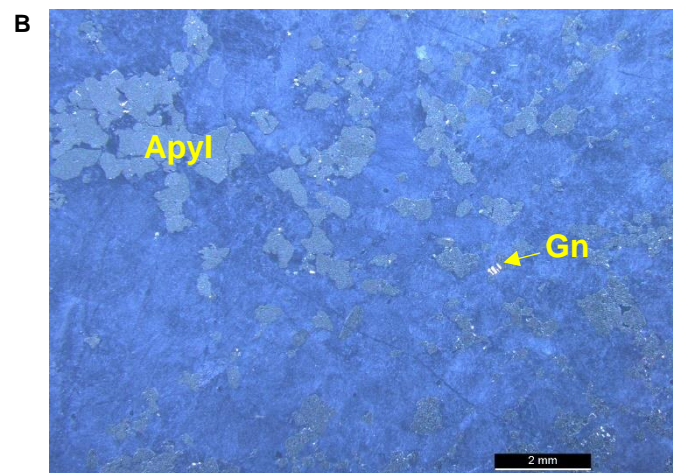
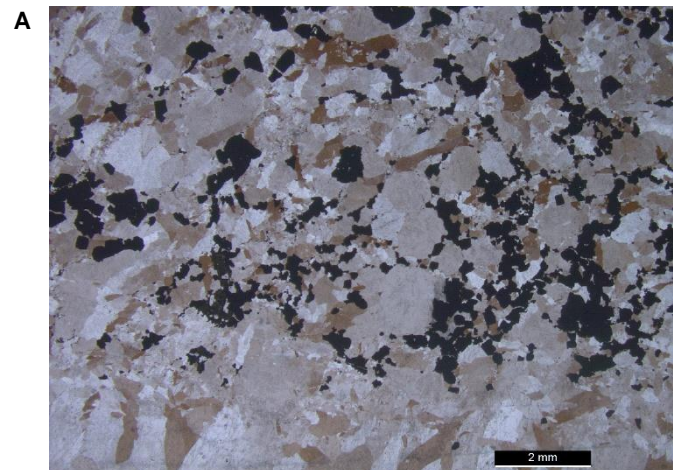


Fig. 4 – A e B – amostra LA07 em lupa binocular (LT/N// e LR/N//); C – veio de quartzo posterior (QzIII) ladeado de arsenopirite (ApyIII) (Lupa – LT/N//); D – arsenopirite (ApyII) e matéria orgânica (MO) junto do quartzofilito/filito (QPH/PHY) e do quartzo recristalizado (QzII) (LR/LT/N//); E – veio de quartzo posterior (QzIII) ladeado de arsenopirite (ApyIII) (LR/LT/N//); F – veio de quartzo posterior (QzIII) com bordos saturados (1), extinção ondulante (2) e subgranulação (3) (LT/NX).

LAS19012 – LA35

Lupa binocular



Microscópio ótico

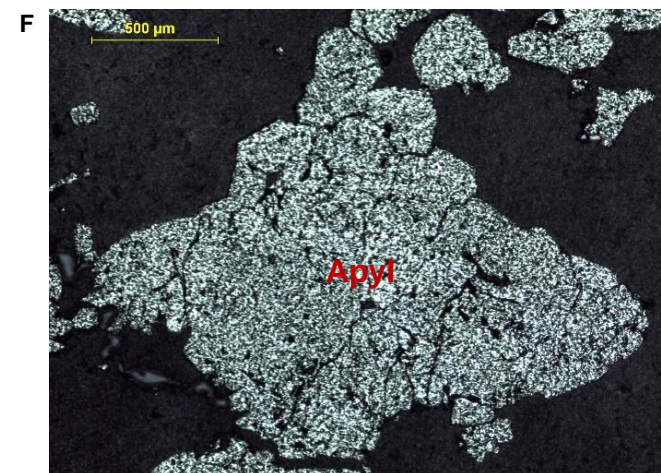
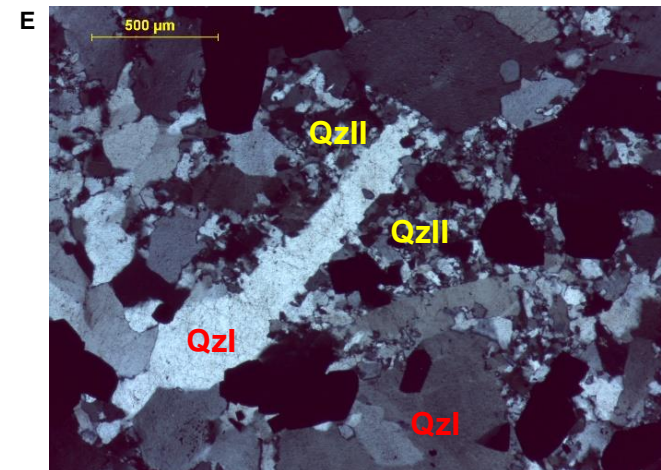
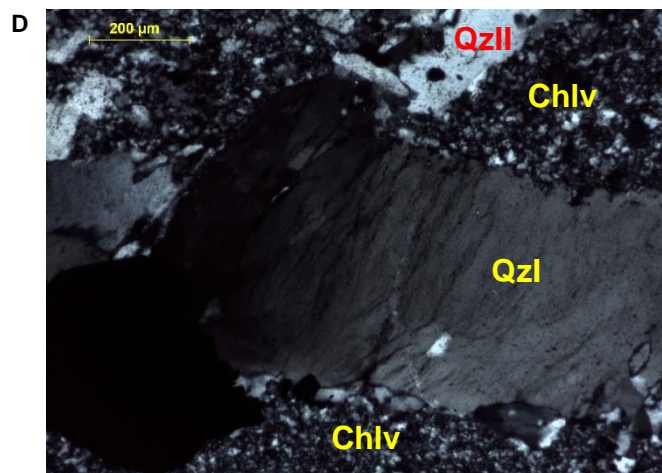
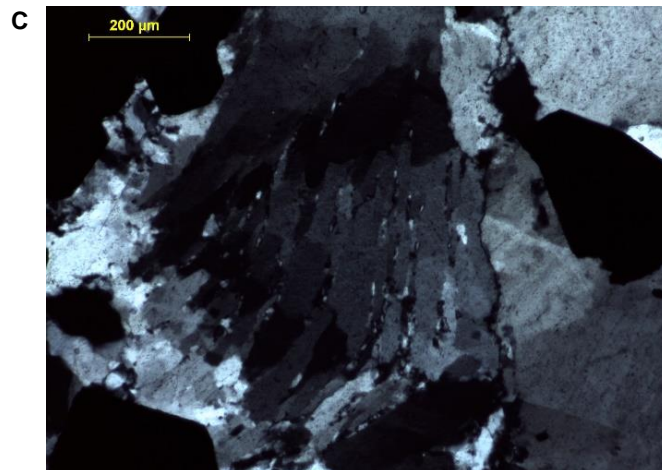
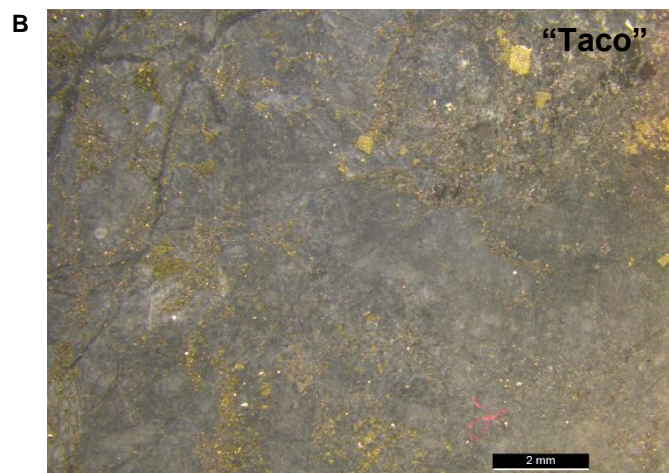
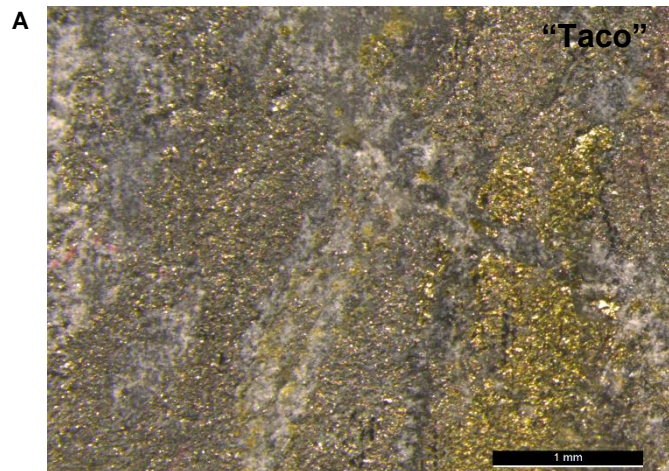


Fig. 5 – A e B – amostra LA35 em lupa binocular (LT/N// e LR/N//); C – cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) com extinção ondulante (LT/NX); D – cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) com extinção ondulante e clorite vermicular (Chlv) junto do quartzo recristalizado (QzII) (LT/NX); E – cristais de maiores dimensões de quartzo (QzI) e quartzo recristalizado (QzII) (LT/NX); F – arsenopirite (Apyl) (LR/N//).

Anexo VIII – Caracterização petrográfica da mineralização a muro

LAS19007 – LA20

Lupa binocular



Microscópio ótico

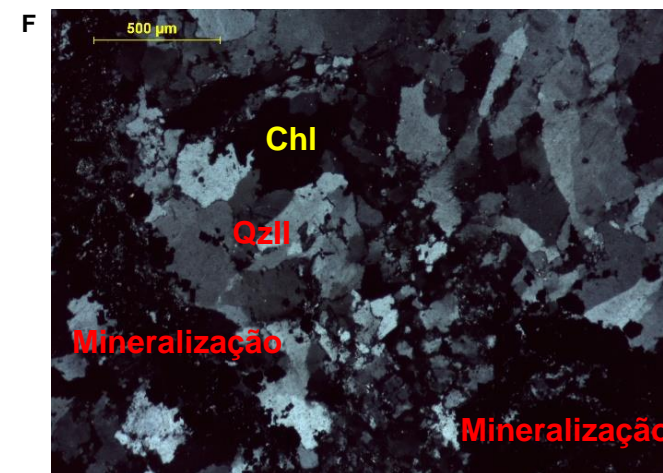
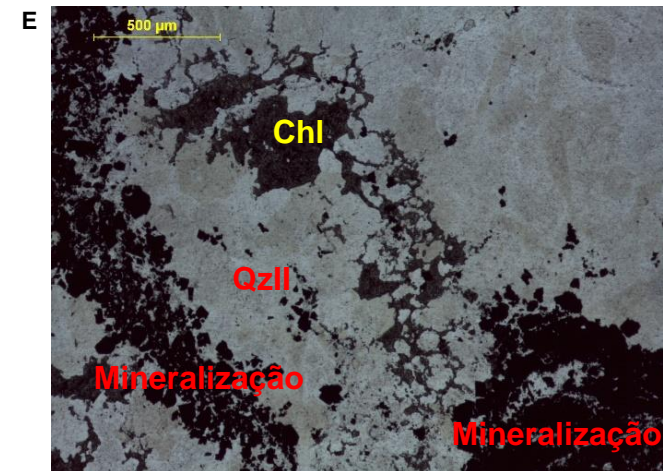
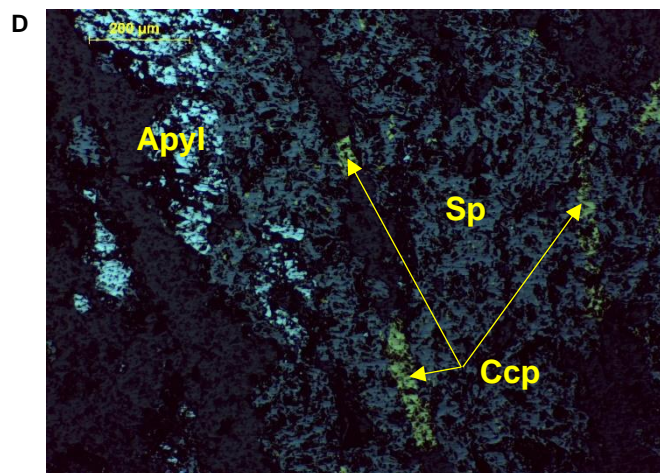
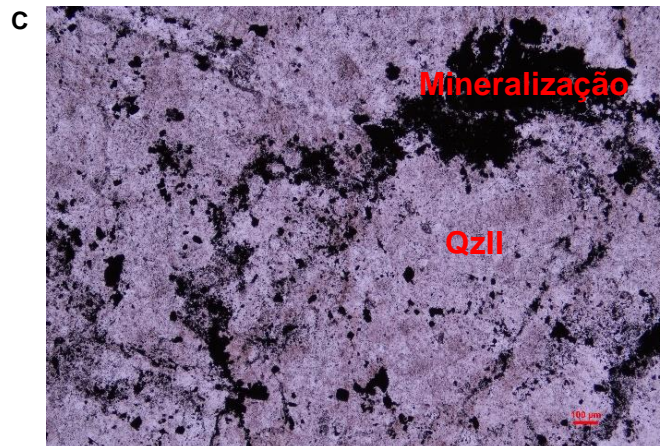


Fig. 1 – A e B – amostra LA20 em lupa binocular (LT/N//); C – diferentes mineralizações associadas ao quartzo recristalizado (QzII) (LT/N//); D – mineralização de arsenopirite (ApyI) e esfalerite (Sp) em massas com deposição de calcopirite (Ccp) nas fraturas da esfalerite (LR/N//); E e F – cristalização de clorite (ChI) e de diversas mineralizações associadas aos cristais de quartzo recristalizados (QzII) (LT/N// e LT/NX).

LAS19010 – LA41

Lupa binocular

Microscópio ótico

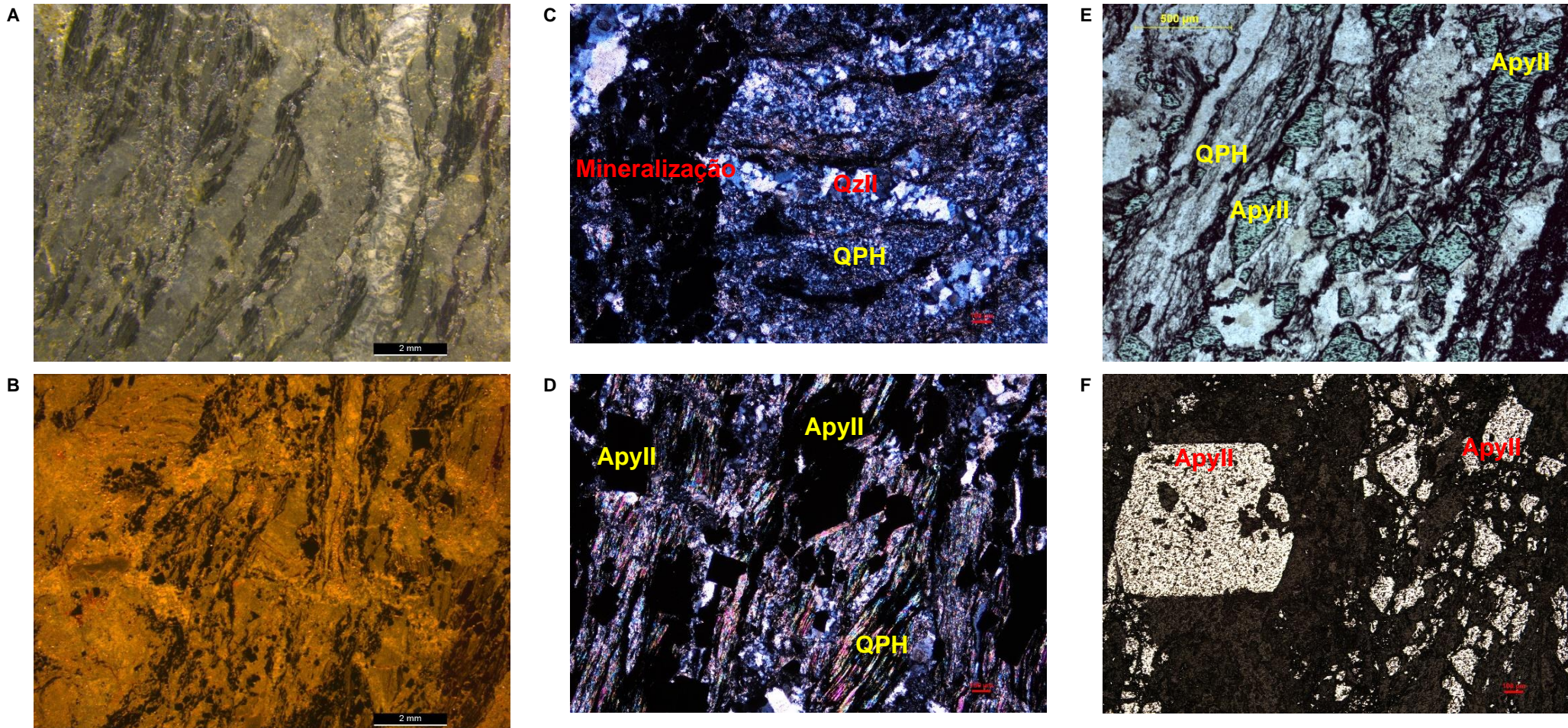


Fig. 2 – A e B – amostra LA41 em lupa binocular (LT/N// e LT/NX); C – mistura entre o quartzofilito (QPH) e o quartzo recristalizado (QzII) junto de diferentes mineralizações (LT/NX); D e E – quartzofilito (QPH) com mineralização de arsenopirite (ApyII) (LT/NX e LR/LT/N//); F – mineralização de arsenopirite (ApyII) (LR/N//).

Anexo IX – Caracterização petrográfica do *stockwork*

LAS19004 – LA45

Microscópio ótico

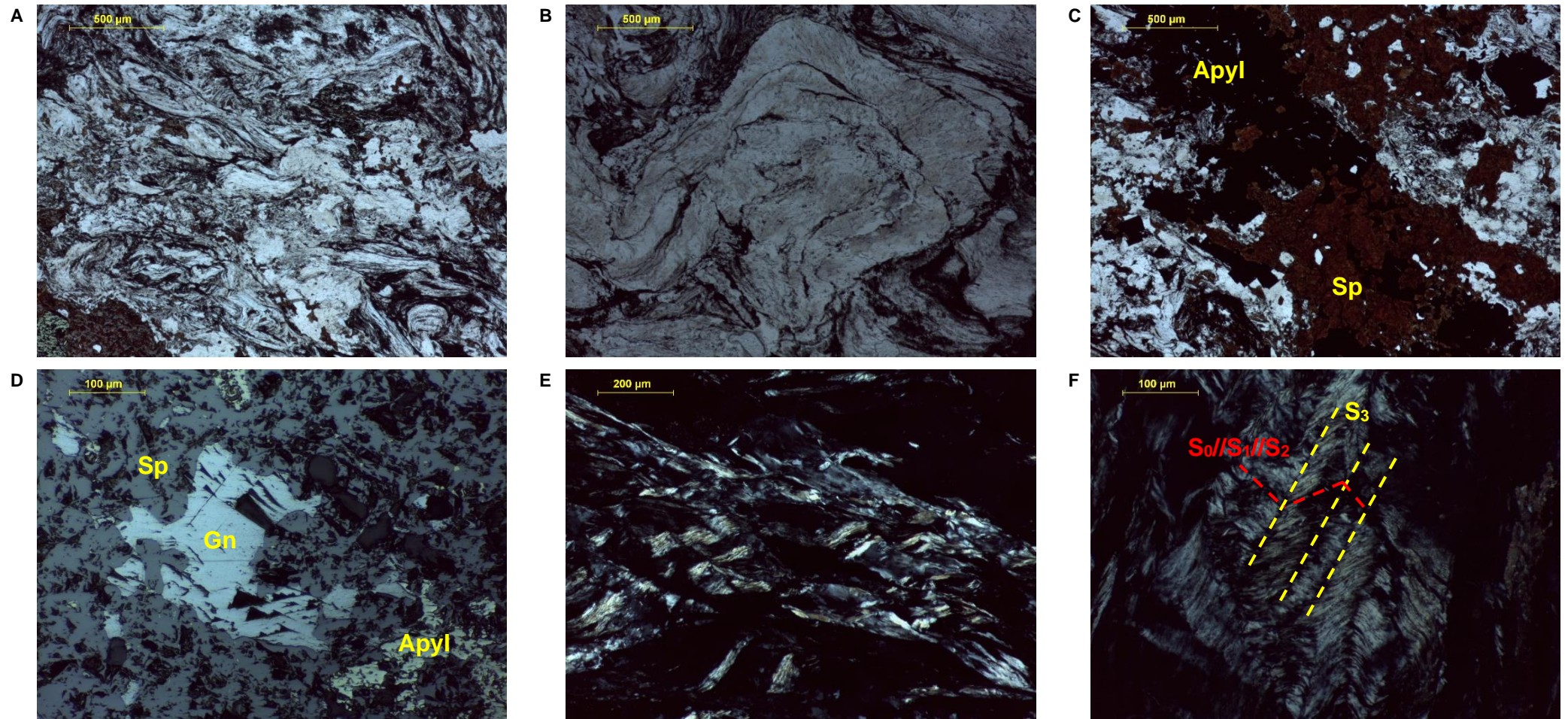


Fig. 1 – A – quartzofilito (LT/N//); B – quartzofilito com nível quartzoso dobrado (LT/N//); C – mineralização de arsenopirite (Apyl) e de esfalerite (Sp) (LT/N//); D – mineralização de esfalerite (Sp) a ser substituída por galena (Gn) que apresenta os característicos arrancamentos em triângulo (LR/N//); E e F – quartzofilito com clivagem de crenulação S_3 , perpendicular à $S_0/S_1/S_2$ (LT/NX).