



FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Rui Miguel de Sousa e Rodrigues

Contribuição para o conhecimento do Campo Aplitopegmatítico Seixoso-Vieiros (Baixo Tâmega)

O caso de estudo do
Granito da Mina do Outeiro

Dissertação de Mestrado em
Geomateriais e Recursos Geológicos

Porto - 2008

A Presidente do Juri
R. H. L. Ch. H.

**Rui Miguel de
Sousa e
Rodrigues**

**Contribuição para o conhecimento
do Campo Aplitopegmatítico
Seixoso-Vieiros (Baixo Tâmega)**

**O caso de estudo do Granito da Mina
do Outeiro**

Dissertação apresentada à Universidade do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Geomateriais e Recursos Geológicos, realizada sob a orientação científica do Doutor Alexandre Martins Campos de Lima, Professor Auxiliar do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e co-orientação de Maria Alexandra Mascarenhas Guedes, Investigadora Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Faculdade de Ciências Departamento de Geologia	
BIBLIOTECA	
Solo	107
N.º	2544
Cota	552.3(643.2)/R00m/C
Universidade do Porto	

Aos meus pais...

O júri

Presidente

Maria Manuela Coelho Marques

Professora Associada do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Alexandre Martins Campos de Lima

Professor Auxiliar do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (orientador)

Maria Alexandra Mascarenhas Guedes

Investigadora Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (co-orientadora)

Maria Elisa Preto Gomes

Professora Associada com Agregação da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Fernando Manuel Pereira de Noronha

Professor Catedrático do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Agradecimentos

Queria em primeiro lugar agradecer ao Doutor Alexandre Lima. Pela oportunidade, pelo incentivo e sobretudo pela paciência. Por nunca deixar a motivação esmorecer. Também por me inculir a Geologia como Causa, e por toda a amizade e apoio científico e pedagógico prestado ao longo destes meses de trabalho. Queria igualmente agradecer todo o apoio e paciência da Doutora Alexandra Guedes. Bem hajam.

Ao Doutor Romeu Vieira, pela amizade, companheirismo, ajuda e disponibilidade. Ao Professor Doutor Milan Novák pela oportunidade de trabalho e investigação em conjunto. À Doutora Tânia Martins, pelo apoio e pelas enriquecedoras discussões científicas.

Ao Professor Doutor Fernando Noronha, pelo apoio científico e disponibilidade.

Ao Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e ao Laboratório do INETI de S. Mamede de Infesta, pelos meios colocados à minha disposição, e pela disponibilidade dos funcionários e docentes em geral. Ao Sr. Freitas, encarregado da Mina do Outeiro, pela simpatia e disponibilidade permanente.

A Torre de Moncorvo, minha pátria e território de um interminável interesse geológico, onde me apaixonei pela nobre ciência à qual me dedico há mais de 7 anos. Ao Projecto Arqueológico da Região de Moncorvo (PARM) pelo gozo de todo o trabalho multidisciplinar realizado desde 2006 no Museu do Ferro & da Região de Moncorvo, no âmbito da cultura e da ciência, com um especial agradecimento ao Dr. Nelson Rebanda e ao Dr. Rui Leonardo.

Um agradecimento muito especial aos meus pais pelo incentivo e apoio desde o primeiro dia, pelo amor e pela força. Foi por vós que fiz este trabalho. Aos meus irmãos que sempre me apoiaram e animaram nas alturas mais difíceis.

Aos Myula, pelo sonho que se está a realizar, mas sobretudo pela amizade e compreensão em determinados momentos.

Finalmente agradeço a todos os meus amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para que eu realizasse este trabalho.

RESUMO

O presente trabalho constitui a dissertação de mestrado de 2º Ciclo em Geomateriais e Recursos Geológicos do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e é constituída por duas partes, uma baseada numa pesquisa bibliográfica e outra que consiste numa síntese do trabalho realizado sobre o Granito da Mina do Outeiro.

Sendo que inicialmente o interesse estaria num estudo mais aprofundado do Campo Aplitopegmatítico de Seixoso-Vieiros, a descoberta de novas fácies aquando dos primeiros reconhecimentos da área, determinaram a focalização do trabalho no referido granito. Dada a sua composição mineralógica, em tudo idêntica a um pegmatito da classe dos Elementos Raros com Petalite, este granito parece estar directamente associado ao Campo Aplitopegmatítico de Seixoso-Vieiros, tendo muitos aspectos em comum como o referido campo.

As amostras recolhidas foram caracterizadas sob o ponto de vista petrográfico, em amostra de mão e ao microscópio óptico. Foram ainda levados a cabo estudos de Espectroscopia Micro-Raman e Microsonda Electrónica nas fases mineralógicas de difícil identificação.

Distinguiram-se então 5 fácies:

- L – Leucocrata: maioritária (90%);
- F – Fosfatada: com zonas de forte coloração associada à presença de fosfatos;
- A – Andaluzítica: com megacrists de andaluzite, grande quantidade de silimanite e agregados de nigerite, e ainda com pretulite, um raríssimo fosfato de escândio;
- V – Verde: com cookeíte;
- P – leucocrata com Petalite.

Com os dados obtidos pretendeu-se fundamentalmente caracterizar a mineralogia do Granito da Mina do Outeiro e questionar a sua génese. Este trabalho, longe de ser definitivo, representa apenas um ponto de partida para estudos posteriores que permitirão dar resposta às questões deixadas em aberto, nomeadamente a provável relação do granito da Mina do Outeiro com o campo aplitopegmatítico referido, e contribuir assim para o conhecimento destas raras mineralizações.

ABSTRACT

The present work constitutes the dissertation of the Master Thesis of 2^o Cycle in Geomaterials and Geologic Resources of the Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Porto, and is constituted by two parts, one based in a bibliographical research and another one that consists of a synthesis of the work carried out on the Outeiro Mine Granite.

Being that initially the interest would be in detailed study of the Aplitepegmatitic Field of Seixoso-Vieiros, after the discovery of new facies during the first recognitions of the area, it was decided to focus the work in the referred granite. Given its mineralogical composition, identical to a Rare Element Petalite-bearing pegmatite, this granite seems to be directly associated to the Aplitepegmatitic Field of Seixoso-Vieiros, having many aspects in common with the related field.

The collected samples were characterized petrographically, with observation of hand samples and thin sections using the optical microscope. Micro-Raman Spectroscopy and Electronic Microprobe were also used in some minerals of difficult identification.

Then, five different facies had been distinguished:

L – “Leucocrata” (leucocrat): this facies constitutes 90% of the outcrop;

F – “Fosfatada” (with phosphates): facies with zones of strong coloration associated to the presence of phosphates;

A – “Andaluzítica” (with many Andalusite): facies with megacrystals of andalusite, great amount of silimanite and nigerite, and with pretulite, a very rare phosphate of scandium;

V – “Verde” (Green): facies with cookeite;

P – facies leucocrat with Petalite.

With the obtained results we have characterized the mineralogy Outeiro Mine Granite and questioned its genesis. This work, far from being complete, represents a starting point for subsequent studies that will permit to obtain answers to the questions left in open, such as the probable relation of the granite of the Mine of the Outeiro with the referred aplitepegmatitic field, and thus contributing for the knowledge of these rare mineralisations.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1 Localização do Couto Mineiro do Seixoso	4
Fig. 1.2: Demarcação do Couto Mineiro do Seixoso.....	5
Fig. 1.3: A região do Seixoso na Folha 100 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:25.000, com a litologia retirada da Folha 10-A da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50.000.....	6
Fig. 1.4: Localização da concessão C22 – Seixoso sobre a fotografia aérea do Virtual Earth de 2006. Pode observar-se que o seu desenho foi controlado pelas escombreyras de estereis da exploração de estanho.	7
Fig. 1.5: Localização da Concessão C91 – Fraguças sobre a Fotografia aérea do Virtual Earth, de 2006. Esta exploração foi aberta no granito da Mina do Seixoso para substituir a utilização das escombreyras que durou de 1982 a quase 1992.....	7
Fig. 1.6: Pormenor das Folhas 9B de Guimarães (à esquerda) e 10A de Celorico de Basto da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000, e respectivas legendas.	8
Fig. 1.7: Mapa elaborado com base nas folhas 9B de Guimarães e 10A de Celorico de Basto da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000.	9
Fig. 1.8: Localização de jazigos portugueses de cassiterite e volframite (Cotelo Neiva, 1944). Área de estudo a vermelho.....	17
 Fig. 2.1: Aspecto geral da exploração do granito, onde se efectuaram os estudos de campo e recolha de amostras.	25
 Fig. 3.1: Frente principal do desmonte do Granito da Mina do Outeiro. Assinalada encontra-se uma das zonas onde aparecem as fácies minoritárias.....	29
Fig. 3.2: Zona assinalada na figura anterior (X) e esquema com cartografia das diferentes fácies (Y).....	30
Fig. 3.3: Pormenor da foto anterior onde se pode observar a passagem da fácies leucocrata para uma fácies fosfatada de cor azul.....	30
Fig. 3.4: Aspecto da Fácies L.....	31
Fig. 3.5: Feldspato potássico albitizado (NX).....	31
Fig. 3.6: Cristal de feldspato potássico perítico com apatite (NX).	31
Fig. 3.7: Relíquia de moscovite (NX).	32
Fig. 3.8: Cristal de andaluzite a ser substituído por moscovite (NX).	32
Fig. 3.9: Moscovite secundária a preencher espaços intercristalinos (NX).	32
Fig. 3.10: Imagem em N// (A) e NX (B) de uma “mosca” onde é possível observar albite e mica verde.	32

Fig. 3.11: Pormenor de “mosca” onde aparecem albite, moscovite, berilo e mica verde – a envolver os cristais de berilo e dentro de fracturas na albite (NX).	33
Fig. 3.12: Cristais euédricos de nigerite (N//).	33
Fig. 3.13: Cristal de andaluzite fracturado e cristal opaco de alanite (N//).	33
Fig. 3.14: Cristal/aglomerado de cristais de rútilo. A com luz transmitida, B com luz reflectida.	34
Fig. 3.15: Secção prismática e secção basal de ilmenite em N//. B com luz reflectida.	34
Fig. 3.16: Zona fosfatada azul (cor dominante dentro da fácies F). No canto superior esquerdo da imagem observa-se uma zona de cor branca que corresponde à fácies L e cristais escuros de vivianite	35
Fig. 3.17: Zona com diferentes tons de verde em contacto com a fácies L (canto superior direito da imagem).	35
Fig. 3.18: Feldspato potássico caulinizado (N//).	36
Fig. 3.19: Cristais de berilo inclusos em feldspato potássico (NX).	36
Fig. 3.20: Cristais de moscovite inclusos em feldspato potássico (NX).	36
Fig. 3.21: Cristais de vivianite com zonamento entre azul (centro) e verde (periferia). No lado esquerdo da imagem são visíveis cristais de nigerite (N//).	37
Fig. 3.22. Cristal de vivianite rodado 90° de A para B, sendo possível assim observar o pleocroísmo entre castanho claro e azul esverdeado (N//).	37
Fig. 3.23: Fosfato amarelo. É visível também fosfato castanho em cristais aciculares que parecem crescer a partir de núcleos onde se localizam cristais de alanite. A: N//; B: NX.	38
Fig. 3.24: Fosfatos a preencher espaços e fracturas entre os cristais, de cores azul e castanha (N//).	38
Fig. 3.25: Aspecto de fosfatos a preencher fracturas e espaços entre cristais em tons verde e amarelo (N//).	38
Fig. 3.26: Fosfato de cor cinza (N//).	38
Fig. 3.27: Relíquia de moscovite e cristalização de albite e fosfatos. A: N//; B: NX.	39
Fig. 3.28: Mica verde a substituir o feldspato. A: N//; B: NX.	40
Fig. 3.29: Mica verde em agregado policristalino. A: N//; B: NX.	40
Fig. 3.30: Relíquia de turmalina observada no interior do perímetro azul. B em NX.	41
Fig. 3.31: Pormenor da fig. 3.30, onde é possível observar turmalina inalterada.	41
Fig. 3.32: Crisoberilo em secção prismática no centro da imagem (N//).	42
Fig. 3.33: Goetite a preencher espaços entre cristais (N//).	42
Fig. 3.34: Rútilo (N//).	42
Fig. 3.35: Cristais de MXZ (N//).	42
Fig. 3.36: Vivianite em castanho-escuro. Em B podem observar-se os cristais de albite em tons cinzentos, e ainda moscovite (do lado esquerdo da imagem). A: N//; B: NX.	43

Fig. 3.37: Aspecto da fácies A em amostra de mão.	44
Fig. 3.38: Imagem em NX onde se pode observar moscovite, silimanite (cristais alongados), quartzo e feldspatos (ambos polarizados em cinzento).....	45
Fig. 3.39: Imagem onde se observa uma grande quantidade de argila castanha (N//).	45
Fig. 3.40: Cristais prismáticos alongados de silimanite, na sua maioria sobre argila castanha. No entanto não foi possível perceber se há uma relação directa entre as duas espécies minerais.	45
Fig. 3.41: Cristais de silimanite e de MXZ.....	45
Fig. 3.42: Andaluzite: de A para B rodou-se a platina 90° no sentido dos ponteiros do relógio de modo a se poder observar o pleocroísmo entre rosa e incolor. Observa-se também nigerite (castanha) e alanite (opacos). Imagem em N//.	45
Fig. 3.43: Agregado de cristais de nigerite (N//).....	46
Fig. 3.44: Foto de nigerite obtida por ME onde é possível observar o seu zonamento.	46
Fig. 3.45: Apatite euédrica em secções basais (hexagonais) e prismáticas (N//).....	46
Fig. 3.46: Alanite euédrica (N//).	46
Fig. 3.47: Turmalina de tons esverdeados.....	46
Fig. 3.48: Grão de pretulite entre moscovite, silimanite e albite. Na imagem B (pormenor de A) pode observar-se xenótima e zircão (imagens obtidas por ME).	47
Fig. 3.49: Aspecto da fácies V em amostra de mão.	48
Fig. 3.50: Feldspato com tons castanhos devido a caulinização (N//).....	48
Fig. 3.51: Aspecto geral da fácies V em NX.	48
Fig. 3.52: Pormenor da figura anterior (3.51) onde se pode observar os constituintes maioritários desta fácies: albite, quartzo, feldspato potássico, cookeite e moscovite.	49
Fig. 3.53: Mica verde a substituir moscovite primária. A: N// e B: NX.....	49
Fig. 3.54: Parte de um cristal de Petalite (NX).....	50
Fig. 3.55: Cristal de MXZ (N//).	50
Fig. 3.56: Mitridatite em N// (B ampliação de A).	50
Fig. 3.57: Nigerite (N//).....	51
Fig. 3.58: Cristal de nigerite da foto anterior – fotografia obtida por ME – onde é possível observar algum zonamento. As zonas a branco correspondem a cassiterite.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 Designação das concessões do Couto Mineiro do Seixoso e respectivos períodos de exploração.....	4
Quadro 3.1 Minerais encontrados em cada uma das fácies.....	52

Índice

CAPÍTULO 1 – Generalidades.....	1
1.1 Introdução	2
1.1.1 Objecto de Estudo.....	2
1.1.2 Enquadramento Geográfico e Histórico	3
1.2 Descrição do Couto Mineiro do Seixoso	4
1.2.1 Generalidades	4
1.2.2 Enquadramento Geológico Regional	8
1.2.3 Jazigos Primários Portugueses de Sn e W	16
CAPÍTULO 2 – Enquadramento Geológico	18
2.1 Rochas graníticas mineralizadas em Sn-Nb-Ta-Li-Be	19
2.1.1 Introdução	19
2.1.2 Caracterização dos Aplitopegmatitos e Granitos do Seixoso	19
2.1.3 Origem Magmática	22
2.2 O Granito do Seixoso	23
2.2.1 Introdução	23
2.2.2 Alterações hidrotermais do Granito do Seixoso	24
2.3 “Stock” de Outeiro	25
2.4 Nigerite nos aplitopegmatitos e granitos associados	26
2.5 O fósforo nos feldspatos	27
CAPÍTULO 3 – Mineralogia do Granito da Mina do Outeiro.....	28
3.1 Introdução	29
3.2 Fácies L.....	31
3.3 Fácies F	35
3.4 Fácies A	44
3.5 Fácies V	48
3.6 Fácies P	50
3.7 Considerações	52
CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

CAPÍTULO 1 – Generalidades

INTRODUÇÃO

OBJECTO DE ESTUDO

ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E HISTÓRICO

DESCRIÇÃO DO COUTO MINEIRO DO SEIXOSO

GENERALIDADES

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO REGIONAL

JAZIGOS PRIMÁRIOS PORTUGUESES DE Sn E W

1.1 INTRODUÇÃO

1.1.1 OBJECTO DE ESTUDO

A República Portuguesa durante praticamente todo o século XX teve na indústria mineira um suporte de desenvolvimento, no qual as inúmeras explorações de estanho (artesaniais e industriais) desempenharam um papel fundamental. Exemplos dessas explorações encontram-se na bacia do Tâmega, quer em aluviões quer em filões pegmatíticos e de quartzo mineralizados em cassiterite.

Por motivos logísticos foi decidido estudar a zona de Amarante, com acesso fácil a partir do Porto, mais concretamente os filões de aplitepegmatitos do Couto Mineiro de Vieiros e do Couto Mineiro do Seixoso, em contexto geológico semelhante.

Posteriormente foi decidido estudar com mais pormenor a segunda zona referida. Desde 1982 que as suas escombrelas (estéreis aquando da exploração de estanho) têm vindo a ser aproveitadas para a Indústria Cerâmica, nomeadamente pela empresa Unizel, agora pertencente à Felmica. Em 1992 após o quase esgotamento das escombrelas, começou a ser explorada uma outra rocha leucocrata da região, o **granito da Mina do Outeiro**.

Durante este projecto de investigação foram identificados novos minerais litiníferos nestas ocorrências, entre eles a petalite e cookeite, não referidas anteriormente para o Seixoso. Com a importância destes minerais no abaixamento do ponto de fusão das pastas cerâmicas e vidreiras (e a melhoria da sua qualidade) e a consequente poupança em Energia (acompanhada de redução de emissões de CO₂), garante-se assim mais um fôlego à Indústria de Rochas e Minerais Industriais em Portugal.

1.1.2 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E HISTÓRICO

A área coberta pelo couto mineiro de Seixoso e couto mineiro de Vieiros situa-se nos concelhos de Amarante, Felgueiras (distrito do Porto) e Celorico de Basto (distrito de Braga), encontrando-se o campo aplitopegmatítico facilmente acessível através da auto-estrada A4 Porto/Amarante (saída Amarante Este). Esta região situa-se na transição entre o Douro Litoral e a região montanhosa de Trás-os-Montes. As duas minas situam-se a cerca de uma dezena de quilómetros da cidade de Amarante, sendo abrangidas pela folha nº100 (Arnóia), da Carta Militar de Portugal dos Serviços Cartográficos do Exército à escala 1:25 000.

A exploração do jazigo pegmatítico de Vieiros foi atribuída, em 1917, 1921, 1922 e 1928, por concessão de direitos de exploração e emissão dos respectivos alvarás, à empresa belga SMIT – Societé Minière et Industrielle du Tâmega, SA, cuja actividade se estendeu, na época, a outros jazigos até ao Alto Tâmega.

Por transmissão verbal de um antigo trabalhador que vive ainda no bairro mineiro, sabe-se que durante oito anos, entre 1929 e 1937, não existiu memória de actividade em Vieiros.

Entre 1938 e 1956, a empresa “Melo Castro & Jerónimo da Fonseca – Minas de Vieiros (Amarante)” tornou-se responsável pelos trabalhos de prospecção. Em 1956 a empresa mineira “Nortenha – Minérios de Estanho, SA” tomou conta da exploração subterrânea da cassiterite, enquanto a empresa anteriormente referida continuava a laboração nas lavarias (Cotelo Neiva, 1992).

Em toda a concessão de Vieiros, os trabalhos mecanizados ocorreram em sete filões (Ricotti, Bicha, Luíza, Serpente, Ramificação, Grande Filão e Morto), existindo pequenos filões que eram explorados em regime de “pilha”, ou seja, eram explorados manualmente pela população (os “pilhas”), recorrendo a métodos artesanais de tratamento e separação do minério (Joaquim Costa, Mineiro local).

O Couto Mineiro do Seixoso começou, por sua vez, a operar para o estanho em 1929 e terminou esta actividade na década de 70. Os trabalhos de exploração destas minas tiveram processos de extracção subterrânea (salões e pilares) e em *open-pit* (exploração a céu aberto). A extracção dos filões aplitopegmatíticos funcionava frequentemente em diferentes níveis. O avanço era efectuado de modo a que se deixassem pilares de sustentação, para posteriormente (se possível), quando se chegasse ao fim do filão se pudesse efectuar o contra-ataque, retirando as colunas de sustentação em sentido inverso ao do início da exploração. Aproveitava-se assim todo o material com cassiterite disponível em cada filão, gerando-se no entanto grandes quantidades de estéril a partir da ganga de quartzo, feldspato e mica.

Entre 1982 e 1992 foi retomada a exploração mineira aproveitando estas escombrelas de estéreis de estanho, à base de quartzo, feldspato e mica para a Indústria Cerâmica e Vidreira. Ao final de 1992 começou então a exploração do granito da Mina do Outeiro.

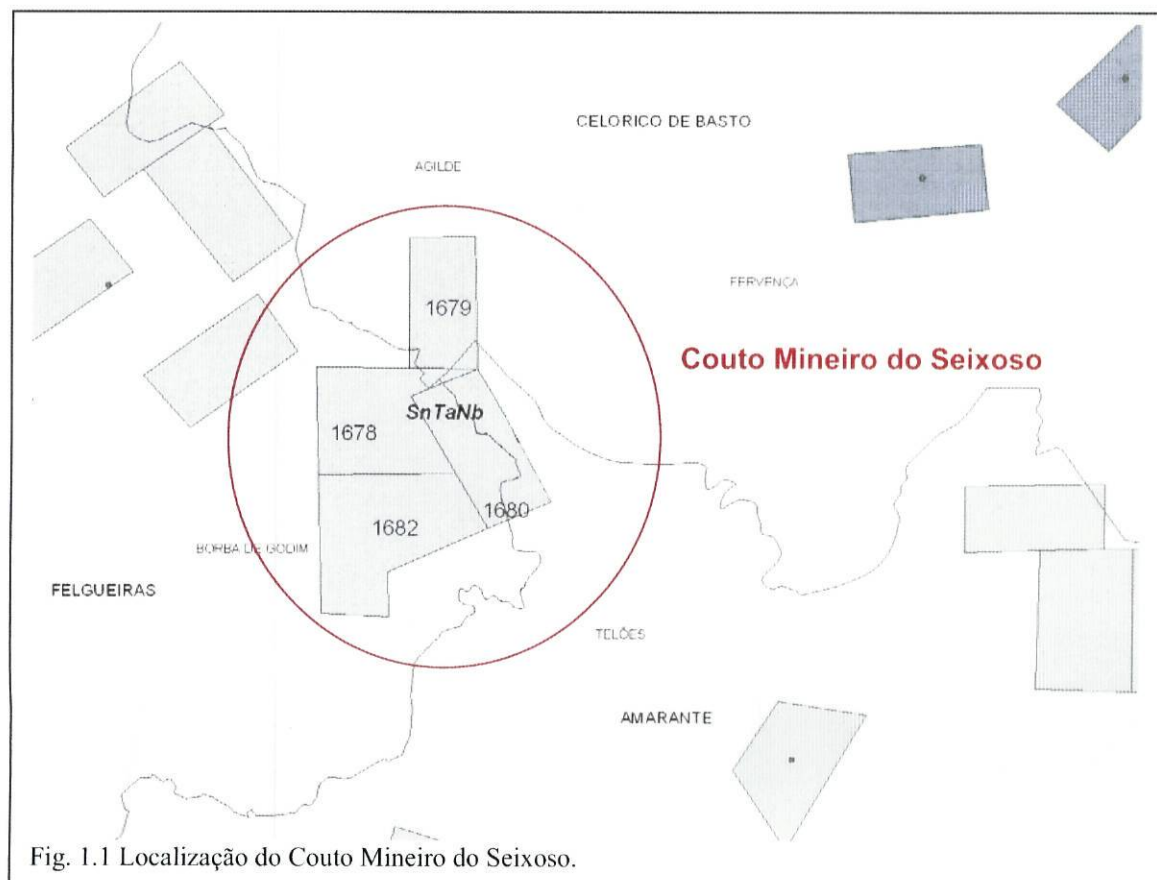
1.2 DESCRIÇÃO DO COUTO MINEIRO DO SEIXOSO

1.2.1 GENERALIDADES

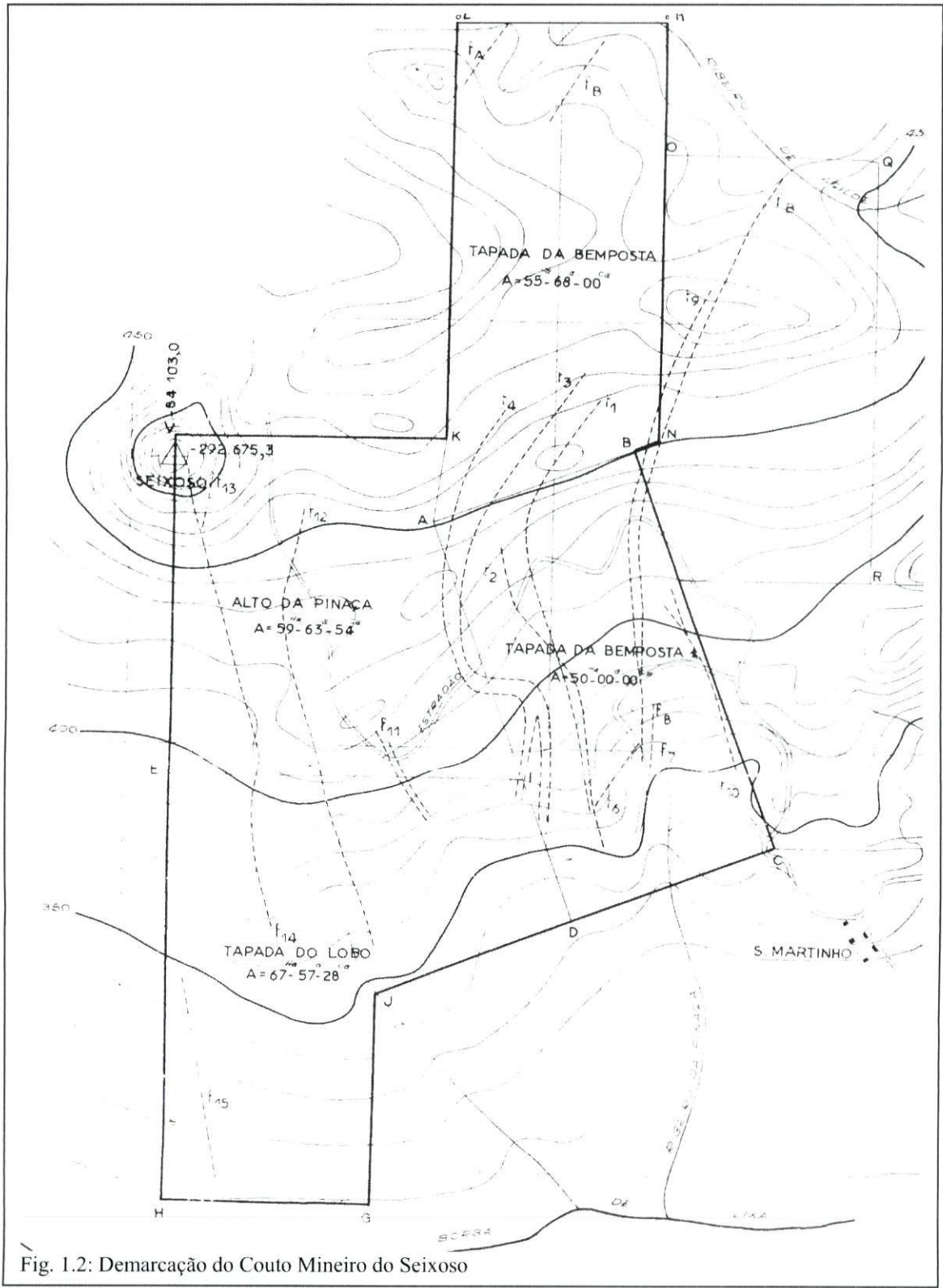
O Couto Mineiro do Seixoso foi constituído por quatro concessões todas situadas no distrito do Porto, denominadas (quadro 1.1 e figura 1.1):

Ref.	Nome	Início	Fim
1678	Alto da Pinaça	01/02/1929	09/06/1992
1679	Tapada da Bemposta	01/02/1929	09/06/1992
1680	Tapada da Bemposta nº1	01/02/1929	09/06/1992
1682	Tapada do Lobo	11/02/1929	09/06/1992

Quadro 1.1 – Designação das concessões do Couto Mineiro do Seixoso e respectivos períodos de exploração.



A demarcação do Couto Mineiro de estanho denominado “Seixoso” ficou constituída em plano horizontal, pelo polígono K L M N B C J G H V com uma área de duzentos e trinta e dois hectares e com os vértices determinados pelas suas coordenadas rectangulares planas segundo o IPCC, no sistema com origem no Castelo de S. Jorge (figura 1.2).



De acordo com os estudos efectuados por Braga da Cruz (1969) o teor médio de Sn era da ordem de 1,5 kg/t, sendo o teor médio em Ta+Nb bastante inferior a 100 ppm. Por outro lado a distribuição da cassiterite e columbo-tantalite nos corpos mineralizados era extremamente irregular.

A mina “Tapada da Bemposta nº1” destacou-se das restantes, em termos de valores de produção bastante mais elevados, devido à sua posição topográfica, permitindo um acesso mais fácil ao jazigo, tendo sido trabalhada mais activamente do que qualquer uma das outras. Assim, a mina “Tapada da Bemposta” era a reserva da mina “Tapada da Bemposta nº1”, assim como as minas “Alto da Pinaça” e “Tapada do Lobo”.

O jazigo da mina "Tapada da Bemposta nº1" era constituído por sete filões com uma inclinação aproximada de 80°, juntando-se por vezes e ficando com grandes possanças e por consequente afloramentos de grande dimensão.

Na figura 1.3 pode observar-se os filões aplitopegmatíticos de Seixoso, os granitos de Seixoso e Outeiro, a concessão C22 do Seixoso e a nova concessão C91 das Fraguças (localizada sobre o “*Stock*” do Outeiro) tudo localizado na folha 100 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25.000. As duas concessões podem observar-se em pormenor através de fotografia aérea nas figuras 1.4 e 1.5, respectivamente.





Fig. 1.4 – Localização da Concessão C22 – Seixoso sobre a Fotografia aérea do Virtual Earth, de 2006. Pode observar-se que o seu desenho foi controlado pelas escombreyas de estêreis da exploração de estanho.

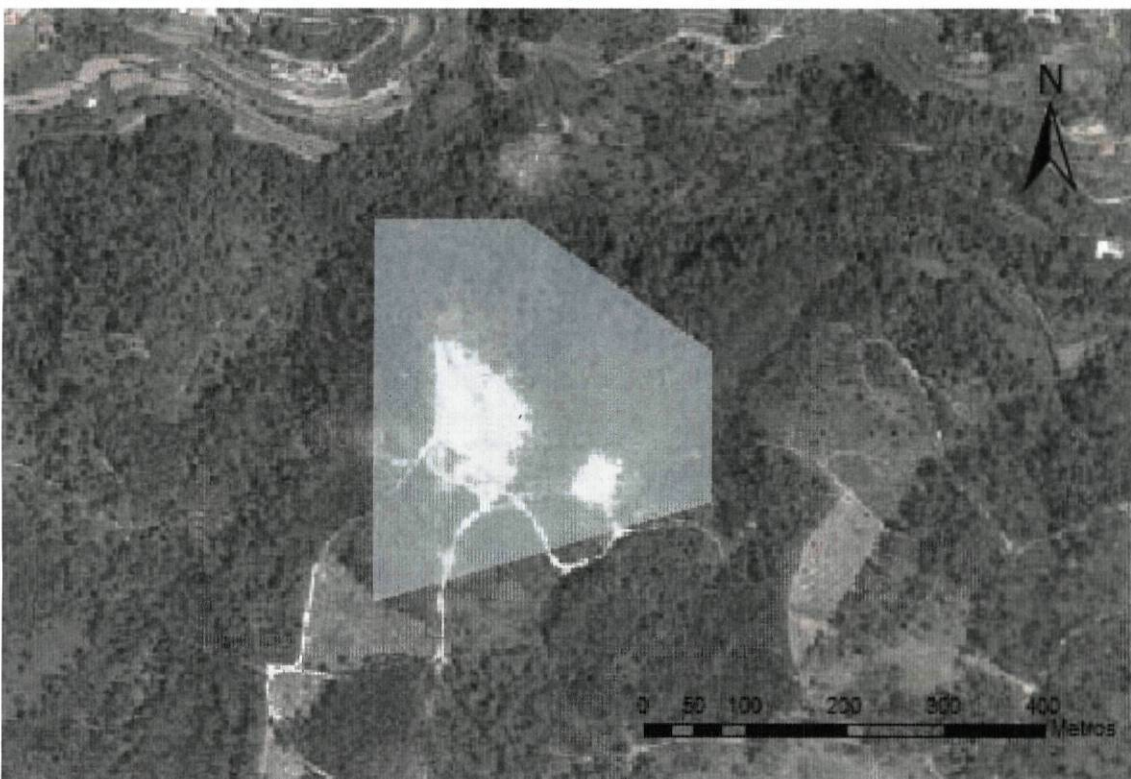


Fig. 1.5 – Localização da concessão C91 – Fraguicas sobre a Fotografia aérea do Virtual Earth, de 2006. Esta exploração foi aberta no granito da Mina do Seixoso para substituir a utilização das escombreyas que durou de 1982 a quase 1992.

1.2.2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área do Couto Mineiro de Seixoso situa-se na Zona Galiza-Média Trás-os-Montes e encontra-se abrangida pelas folhas 9B de Guimarães e 10-A de Celorico de Basto (fig. 1.6) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000. Segundo os estudos de Pereira (1989) a região apresenta como rochas mais antigas, pertencentes ao ante-ordovícico, as do complexo xistoso com alguns leitos de microquartzitos. Os anfibolitos derivam de rochas hipogénicas básicas, anteriores à formação dos granitos. Como rochas intrusivas aparecem granitos de vários tipos, numerosos filões e massas filonianas aplitopegmatíticas e alguns filões de quartzo. No fundo de alguns vales existem depósitos modernos de aluviões.

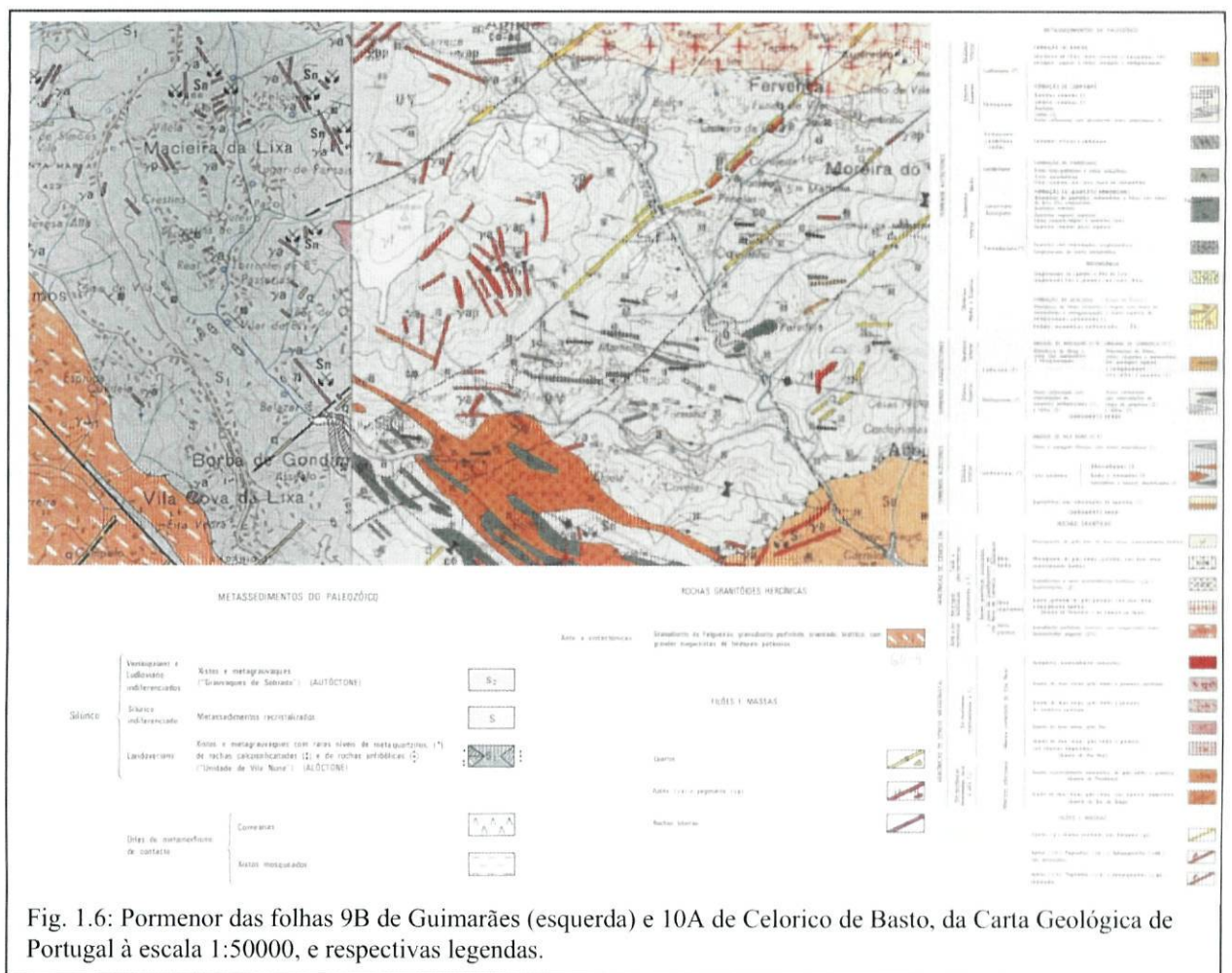


Fig. 1.6: Pormenor das folhas 9B de Guimarães (esquerda) e 10A de Celorico de Basto, da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000, e respectivas legendas.

Para o presente estudo decidimos elaborar mapa mais simplificado (fig. 1.7), que resulta da junção de duas porções das duas folhas, onde estão referidas as unidades principais:

- metassedimentos que constituem a rocha encaixante quer dos granitos quer dos filões aplitopegmatíticos;
- rochas graníticas e afins, intrusivas nos metassedimentos.

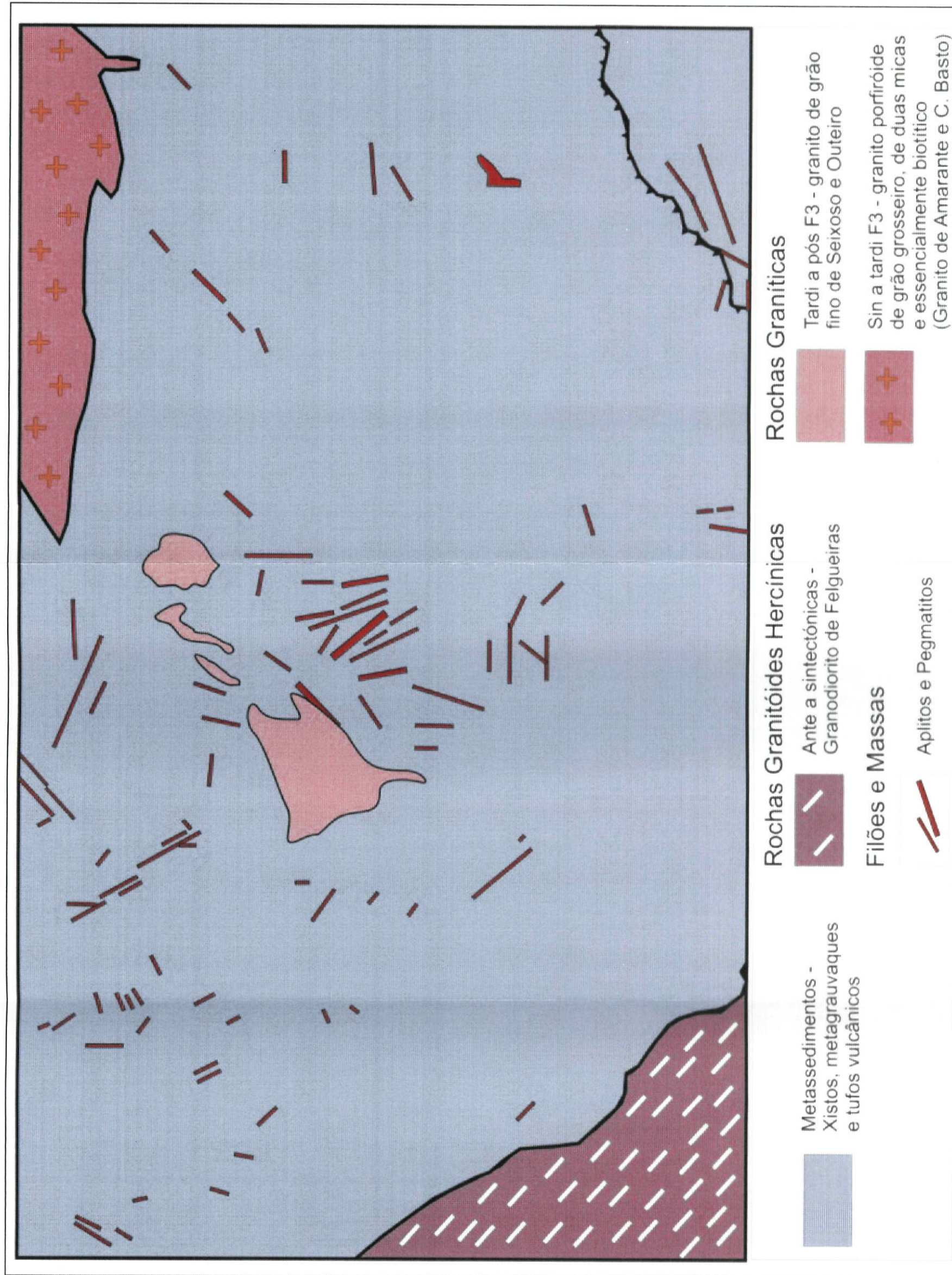


Fig. 1.7: Mapa elaborado com base nas folhas 9B de Guimarães e 10A de Celorico de Basto da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000.

Granodiorito porfiróide biotítico de grão médio (granodiorito de Felgueiras)

Aflora, na região da vila da Lixa apresentando megacristais de feldspato potássico. Como minerais essenciais, tem quartzo, microclina e plagioclase. A biotite é abundante, e acessoriamente encontra-se apatite, zircão e magnetite.

Nestas rochas há encaves de tonalito biotítico de grão fino, essencialmente constituído por plagioclase, apresentando como acessórios menores apatite e zircão.

Massas filonianas aplitopegmatíticas graníticas

A carta geológica evidencia numerosos afloramentos aplitopegmatíticos existentes na região. A maior parte deles situa-se numa faixa com cerca de 2 km de largura, com orientação NW-SE.

Os afloramentos têm, na sua grande maioria, a direcção NW-SE, tendo alguns a direcção N-S, havendo no entanto ainda afloramentos com outras direcções.

Estes filões e massas filonianas aplitopegmatíticas encontram-se na sua maioria mineralizados com cassiterite, motivo principal da exploração nas minas do Seixoso.

- Granito de grão fino de duas micas essencialmente moscovítico

No caso do granito do Outeiro a única mica presente é a moscovite.

Na notícia explicativa da folha 10-A de Celorico de Basto (Pereira, 1989), este granito encontra-se descrito como um “Monzogranito de grão fino de duas micas essencialmente biotítico”. Embora actualmente se possa comprovar que não se trata de um monzogranito, na altura em que foi feita a notícia explicativa a rocha aflorante teria características muito diferentes, pelo que se decidiu incluir esta informação no presente trabalho. Segundo Pereira (1989) o monzogranito caracteriza-se pela presença de megacristais de microclina-pertite que incluem, poiciliticamente, plagioclase, quartzo e lamelas de biotite e moscovite. A geração de fenocristais é resultante do processo de feldspatização desencadeada por fluidos ricos em potássio em meio parcialmente cristalino; os fluidos contribuem igualmente para a acidificação da plagioclase, gerando albite pertítica, que, por sua vez, também sofre microclinização. É comum a presença de aluminossilicatos tais como andaluzite e silimanite associados a moscovite primária.

Formações Metamórficas

Abaixo estão descritas algumas das formações mais comuns na área, e que incluem dois grandes grupos: as rochas metamórficas derivadas de rochas pelíticas e gresosas complexas, e as rochas anfibólicas, todas elas datáveis do Silúrico Inferior.

- Rochas filíticas

Afloram em duas manchas, uma localizada em torno do afloramento de anfibolitos de Sanguinedo, e uma outra, mais pequena, na região do Alto da Aguilhada.

Encontram-se intensamente dobradas e em concordância com os anfibolitos nas proximidades do afloramento de Sanguinedo.

- Xistos com biotite, microquartzitos e micaxistos

Apresentam-se em alternância de bancadas com constituição e estruturas diferentes, havendo rochas com xistosidade muito nítida e outras que quase não apresentam xistosidade.

- Anfibolitos

Ocorrem nestas rochas anfíbolos dos tipos tremolite-actinolite e hornblenda, quartzo, plagioclase, encontrando-se em algumas epidoto. Acessoriamente encontra-se esfena, apatite e magnetite, esta última formando, por vezes, cristais bem desenvolvidos.

Metamorfismo

No estabelecimento do zonamento metamórfico e correspondente cartografia, foram identificados minerais indicadores do grau de metamorfismo — minerais tipomorfos — utilizados isoladamente ou em associações (Pereira, 1989). Nesta base foram estabelecidas as seguintes zonas:

Terrenos autóctones

- zona da clorite
- zona da biotite
- zona da almandina/andaluzite
- zona da silimanite (fibrolite) – moscovite (cortinas de metassedimentos incluídos no maciço granítico de Vila Real)

Terrenos alóctones (parautóctones incluídos)

- zona da biotite
- zona da andaluzite
- zona da cordierite-andaluzite (na qual se encontra o “Stock” do Outeiro)

Terrenos autóctones e alóctones em contacto com o granito de Amarante-Celorico de Basto

- zona da silimanite

Segundo Pereira (1989), o estudo das relações de cristalização/deformação dos minerais tipomorfos reportadas às principais fases das deformações hercínicas, mostram que o metamorfismo é essencialmente resultado do desenvolvimento do orógeno.

Ainda segundo o mesmo autor (Pereira, 1989), os granitos parecem estar na origem do fluxo térmico impulsor do metamorfismo regional. Podem ter sido gerados nas fases precoces, mas apenas ascenderam na crosta quando o relaxamento das tensões orogénicas o permitiu, instalando-se antes e depois de F3. Os mais tardios, como os de Lamas de Olo, mostram características próprias dos granitos tardi a pós-orogénicos. Quanto aos granitos mesocrustais, de tipo colisional, começam a ascender na crosta ainda no período compressivo de F2 e vão até ao final de F3. Nas imediações dos vários tipos de granitos presentes na região, a cristalização dos tipomorfos perdura ou é deslocada até ao período ou fase em que os granitos se instalem, nos níveis crustais superiores. Nestas condições, embora o máximo do metamorfismo se tenha produzido ante a sin-F2, próximo dos granitos, este máximo é deslocado para a fase que comanda a sua instalação. Não se pode, na região, distinguir o

metamorfismo térmico induzido pelos granitos do metamorfismo dito regional. Aquele é uma extensão deste, podendo as condições P/T sofrerem alterações ao longo de arcos condicionados à presença ou ausência de determinados tipos de granitos, dentro do mesmo orógeno (Capdevila, 1969; Miyashiro, 1973, *in* Pereira, 1989). Assim, o metamorfismo na região de Celorico de Basto tem características de metamorfismo regional orogénico e é condicionado pela modificação das isogeotérmicas ao tempo da granitização, sendo por isso anterior à instalação dos granitos.

Pereira (1989), com base na composição da almandina e nas restantes associações paragenéticas, definiu no autóctone um metamorfismo de baixo grau e pressão intermédia, ao passo que no alóctone as associações paragenéticas conduziram à definição de um tipo de metamorfismo de grau médio e baixa pressão, segundo a nomenclatura de Winkler (1976).

Tectónica

Segundo Pereira (1989), a tectónica da região é susceptível de ser enquadrada no esquema estrutural mais vasto que hoje se admite para o NW da Península e cujas bases foram lançadas nos trabalhos de Iglésias *et al* (1983, *in* Pereira 1989) e Ribeiro *et al* (1983, *in* Pereira 1989).

Nas fases mais precoces, dois importantes cisalhamentos, Vila Nova de Cerveira-Amarante e segundo o bordo do maciço granítico de Vila Real, actuam na região, originando no autóctone dobramentos da primeira fase de deformação hercínica (F1) vergentes para NE, com orientação média dos eixos 20-30°/N300° e o plano axial mergulhante para SW.

Ainda segundo o mesmo autor, a deformação progressiva e o movimento continuado segundo os carreamentos basais dos mantos vai deformar a xistosidade S1, anteriormente desenvolvida, e dar lugar a dobramentos de F2. Na região de Vila Nune a direcção axial das dobras F2 é N60°W, a vergência faz-se para NE, a deformação é forte e a direcção de estiramento tende a aproximar-se da direcção das charneiras. Na região a SW de Celorico de Basto, as relações charneiras das dobras – estiramento em F2, estão rodadas de 20-25°, para leste em relação aos observados em F1 e a deformação produzida em F2, ou é fraca, ou está mascarada pela intensidade da fase seguinte; e, finalmente, na região de Mondim de Basto, ou seja, na região frontal os mantos de carregamento, a direcção axial das dobras F2 é próxima de W-E, a deformação ainda é forte e a direcção do estiramento é N-S +/- 10°.

O sector Norte é actuado, ainda durante a fase F2, por um cisalhamento paralelo ao de Amarante e, posteriormente aproveitado pelo bordo do maciço granítico de Vila Real estando materializado nos xistos do encaixante. Aqui as direcções do estiramento tendem a serem paralelas com as charneiras das dobras F2. Assim, na região de Mondim de Basto a progressão dos mantos obedece a um modelo particular que sobrepõe, ao achatamento, uma deformação constritiva, devida à interacção de rampas laterais que implicam uma rotação de cerca de 37° para oeste na mesma progressão, correspondente aos últimos incrementos de F2.

O empilhamento dos mantos e o espessamento crustal daí resultante, deu lugar, à inversão da tensão máxima que passou de horizontal a vertical, tendo como consequência o desenvolvimento de um regime distensivo responsável pela ocorrência da falha normal de Pena Suar, de direcção NNE-SSW e inclinação suave para W. Este acidente dobrado por F3 e com fibras de quartzo orientadas W-E terá ocorrido no intervalo de tempo entre F2 e F3 hercínicas, a que também corresponde o início de ascensão dos granitóides profundos. Em conjugação com este acidente, pode ter-se verificado o cavalgamento de Vila Cova cujas estrias apontam movimento cavalgante para NW, com uma componente de desligamento oblíquo, dextro. Os movimentos de Pena Suar e cavalgamento de Vila Cova são compatíveis com o movimento do cisalhamento de Amarante.

Após implantação dos mantos, a evolução tectónica regional muda de um regime tangencial para um regime de cisalhamentos subverticais durante a vigência da deformação F3. Esta resulta da interacção de desligamentos dúcteis conjugados, que actuando ao nível do soco, induzem nos terrenos de cobertura dobras com planos axiais subverticais e eixos sub-horizontais.

Consideradas as fases tardias como posteriores a F3, detectam-se na área estudada vários sistemas de fracturas correspondentes a estas fases. O mais importante sistema, com direcção NE-SW, poderá ter sido gerado como fendas de tracção de F3 e posteriormente retomadas como desligamentos senestres. Admite, como conjugado, o sistema de fracturas, dextro, NW-SE que afecta todos os granitos. Estes dois sistemas facilitam a instalação dos granitóides tardios. Reportado ao granito de Lamas de Olo, o mais tardio de todos, definiu-se um sistema de fracturas NNE-SSW senestre e o conjugado dextro ENE-WSW. Este sistema implica rotação da tensão máxima para uma direcção NW-SE que poderá já ser Alpina.

1.2.3 JAZIGOS PRIMÁRIOS PORTUGUESES DE Sn E W

Para definir uma província metalogenética, área em que os jazigos minerais primários se formaram no mesmo período de mineralização, não só é necessário conhecer morfológica e geneticamente os jazigos, como a sua estreita interdependência com a tectónica, a diferenciação magmática, e mesmo, com a fisiografia do terreno.

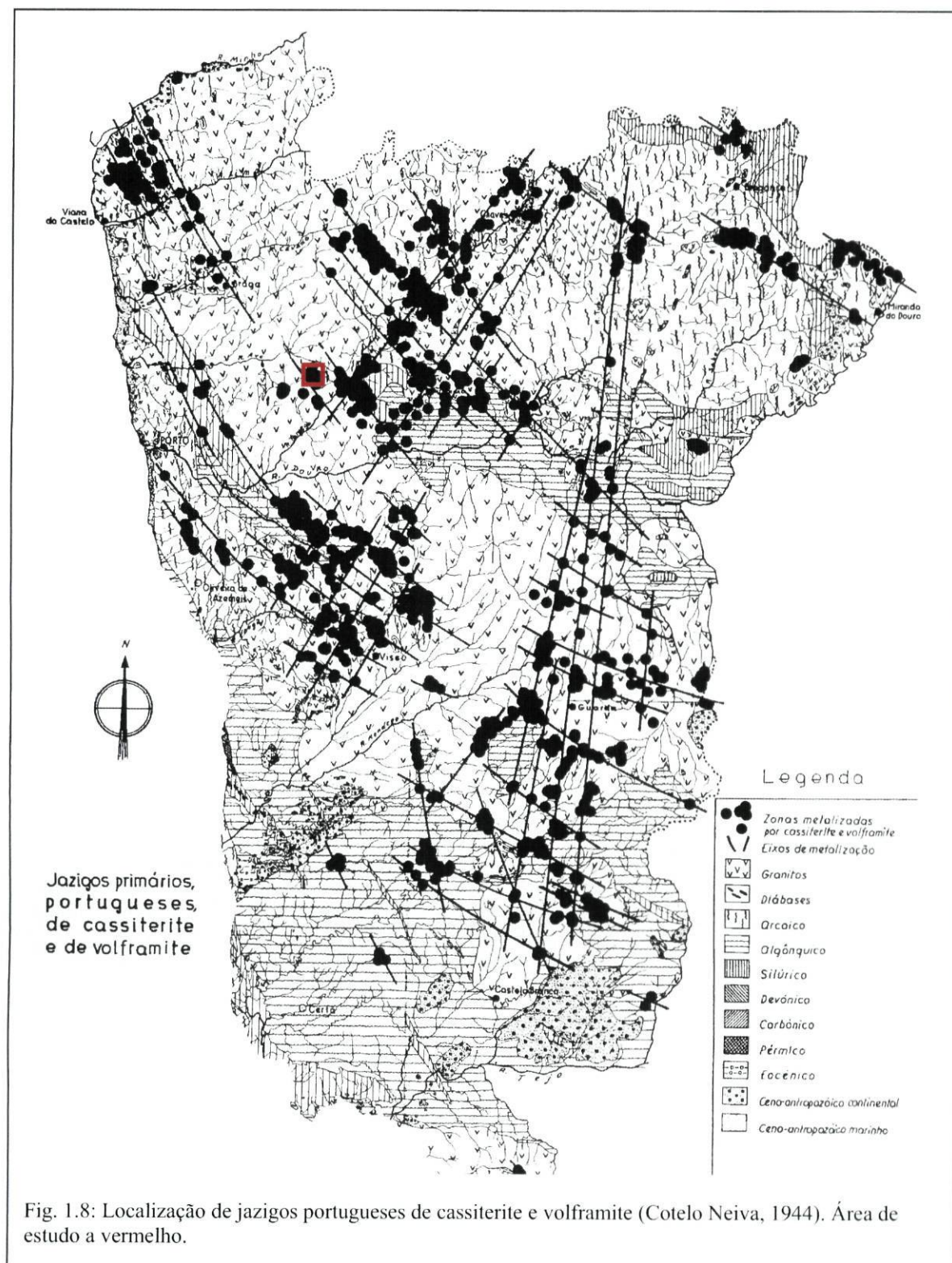
Existem certos conhecimentos de índole geoquímica que servem como guias importantes na prospecção de jazigos minerais. Actualmente, e citando um exemplo, dá-se grande relevo à presença de diversos minerais indicadores em pegmatitos que podem predizer a ocorrência de minerais raros, ou então à existência de um ou vários elementos típicos que levem à mesma finalidade. Estes elementos formam, não só minerais próprios, como podem ser incorporados noutros – principais ou acessórios – quando da cristalização final dos pegmatitos ou quaisquer veios, em geral quartzosos.

No que respeita a pesquisas sobre mineralizações estaníferas, particular atenção tem sido dada, por exemplo, a investigações sobre diversas alterações pós-magmáticas como a albitização, a silicificação, greisenização, etc, ou à ocorrência de turmalinas com várias colorações.

Além destes guias, considera-se ainda muito importante determinar a ocorrência de estanho (Sn). Numa província metalogénica rica em estanho, as concentrações primárias de cassiterite confinam-se aos pegmatitos ou veios quartzosos. Contudo nem todos os pegmatitos aparecem mineralizados e, mesmo naqueles que o estão, encontram-se apófises deficitárias de minério (Hosking, 1965 *in* Oliveira, 1969).

Assim, a região em estudo possui mineralizações de Sn (Nb, Ta) conjuntamente com algumas de W, em numerosos filões de aplitopegmatitos e algumas ocorrências de Sn em filões de quartzo, normalmente incluídos nos maciços ou na sua proximidade, verificando-se a distribuição do estanho nas orlas mais externas do encaixante dos granitos (Pereira, 1989). Foi já admitido por vários autores que o granito porfiróide biotítico que ocorre naquela região seja o responsável pela formação das mineralizações (Oliveira, 1969).

Na figura seguinte (1.8) localizam-se os jazigos portugueses de cassiterite e volframite, permitindo a visualização da sua interdependência com as rochas graníticas e com as linhas tectónicas principais.



CAPÍTULO 2 – Enquadramento Geológico

ROCHAS GRANÍTICAS MINERALIZADAS EM Sn-Nb-Ta-Li-Be

INTRODUÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DOS APLITOPEGMATITOS E GRANITOS DO SEIXOSO

ORIGEM MAGMÁTICA

O GRANITO DO SEIXOSO

INTRODUÇÃO

ALTERAÇÕES HIDROTERMAIS DO GRANITO DO SEIXOSO

“STOCK” DE OUTEIRO

NIGERITE NOS APLITOPEGMATITOS E GRANITOS ASSOCIADOS

O FÓSFORO NOS FELDSPATOS

2.1 ROCHAS GRANÍTICAS MINERALIZADAS EM Sn-Nb-Ta-Li-Be

2.1.1 INTRODUÇÃO

O encaixante metassedimentar dos grandes batólitos de Celorico de Basto e Amarante é constituído por vários cotos mineiros de aplitopegmatitos mineralizados em Sn-Nb-Ta-Li-Be: Seixoso, Vilares-Gontães, Fontão e Vieiros encontrando-se o campo do Seixoso a cerca de 2 km do bordo Sul do batólito de Celorico de Basto.

2.1.2 CARACTERIZAÇÃO DOS APLITOPEGMATITOS E GRANITOS DO SEIXOSO

O jazigo do Seixoso, segundo Braga da Cruz (1969), pertence ao tipo das massas filonianas aplitopegmatíticas de constituição mineralógico-petrográfica complexa. Justapõem-se e sobrepõem-se neste jazigo formações pegmatíticas francas, de constituição característica, com formações aplitopegmatíticas mais ou menos zonadas e alterações mais ou menos intensas e generalizadas.

As rochas encaixantes deste campo são essencialmente constituídas por micaxistos, corneanas e anfibolitos. Os contactos são em geral nítidos e bruscos entre as rochas aplitopegmatíticas e as rochas encaixantes. Estas, nas proximidades dos contactos, encontram-se pouco modificadas, mas frequentemente injectadas por veios de quartzo, tanto a muro como a tecto do filão. O jazigo encontra-se afectado por vários sistemas de falhas.

Estudos efectuados por Braga da Cruz (1969) a partir da análise dum conjunto de cartas estruturais, permitiu estabelecer as principais características morfológicas do jazigo, concluindo que:

- Exceptuando os núcleos pegmatíticos grosseiros típicos, em todo o jazigo, encontram-se misturadas as formações pegmatíticas mais ou menos grosseiras, com formações pegmatíticas mais finas e aplíticas;
- Dum modo geral, o jazigo torna-se mais pegmatítico e grosseiro com o aumento da profundidade;
- As porções do lado do muro têm normalmente texturas mais finas, e frequentemente zonadas, com alternância de formações pegmatíticas e aplíticas, enquanto que, as zonas das proximidades do tecto são normalmente mais grosseiras, notando-se, por vezes, texturas gráficas;
- O pegmatito encontra-se em grande parte alterado, sendo frequentes os aspectos de albitização e de greisenização;
- As formações mais pegmatíticas encontram-se cortadas por uma formação aplítica

cinzenta, que parece corresponder a consolidação magmática após reabertura da massa filoniana;

- No interior do jazigo existem alguns encraves xistentos com formas lenticulares.

Segundo Helal (1992) é possível observar na proximidade imediata do campo aplitopegmatítico do Seixoso um conjunto de pequenos “stocks”, em blocos e filões, de granito de grão fino frequentemente com turmalina, onde a disposição e a forma mostram interacção de estruturas em muitas direcções:

- direcção N100° a N120°, correspondente neste sector à fase F3,
- direcções NE-SW e NW-SE de 2 sistemas de fracturas conjugadas,
- direcção N-S e um sistema de fracturas de muito difícil reconhecimento.

Estes sistemas de fracturas são tardi-hercínicas e afectam tanto o granito de Celorico de Basto, como o seu encaixante.

O campo aplitopegmatítico do Seixoso e os “stocks” de Seixoso e Outeiro encontram-se instalados segundo a direcção F3.

Distinguem-se 2 tipos de afloramentos:

Tipo 1: filões subverticais, rectilíneos, com uma possança máxima de 12m e uma extensão máxima de 450m. Estes filões dispõem-se ao longo das fracturas de direcção N-S que controlam igualmente a intrusão de alguns filões graníticos.

Tipo 2: em filões concordantes com a estratificação, isto é, segundo a direcção principal N100°. O aplitopegmatito principal, com uma possança superior a 10m, foi explorado por trincheiras e galerias horizontais. É globalmente concordante com a estratificação no flanco N de um anticlinal de fase F3. De Sul em direcção a Norte, a inclinação varia entre 0° e 30° em direcção a NNE, a Norte o corpo verticaliza-se em conformidade com a estratificação.

O aplitopegmatito principal enraíza-se lateralmente, a Norte, na bordadura SE do granito do Seixoso. Os contactos dos aplitopegmatitos com o encaixante são claros. Não são visíveis apófises (com a excepção de alguns filões do tipo 1), contudo podemos observar no tecto do aplitopegmatito principal, estruturas comparáveis às de migmatitos.

Os aplitopegmatitos do Seixoso têm uma composição granítica muito leucocrata e não apresentam zonamento interno bem definido. As fácies pegmatítica e aplítica aparecem intercaladas em proporções praticamente iguais, designando-se esta fácies por GSP – Granítica Sacaróide Porfiróide.

A GSP é composta por uma matriz de grão fino a médio, raramente grosseira, de aspecto sacaróide, com megacristais de feldspato potássico pertítico, cujo tamanho pode variar de alguns centímetros a vários decímetros. Estes megacristais são frequentemente anédricos a subédricos e maclados segundo Carlsbad.

A matriz do GSP apresenta uma textura semelhante às texturas graníticas. É essencialmente constituída por albite sem orientação preferencial, quartzo, feldspato potássico intersticial, e moscovite de ocorrência muito variável (por vezes ausente). Muito raramente aparecem alguns cristais de moscovite euédricos. Os megacristais de feldspato potássico não têm uma repartição homogénea, pelo que aparecem com frequência, elevadas concentrações locais.

Fortes variações na dimensão do grão são observadas no interior desta fácies, variações essas que são muitas vezes progressivas, ou pelo contrário, bruscas e conferem aos aplitopegmatitos um aspecto bandado característico. A dimensão do grão da matriz é habitualmente de 0,2 a 1 cm, mas pode ter vários centímetros (zonas de tendência pegmatítica). A cassiterite e os niobiotantalatos encontram-se mais ou menos regularmente repartidos nesta fácies, sendo mais abundantes nas bordaduras. Os fosfatos estão repartidos de maneira bastante regular e formam por vezes manchas azuladas ou esverdeadas características, quando alterados para fosfatos secundários.

O contacto aplitopegmatito-encaixante está sistematicamente marcado pela presença de uma fácies de bordadura muito particular, que aparece em todos os filões, mesmo nos de fácies mais aplítica. Esta fácies caracteriza-se pela presença de grandes cristais de albite alongados (vários centímetros) em que o crescimento se deu perpendicularmente ao contacto com o encaixante. Estas albites estão perfeitamente macladas segundo Carlsbad. Os restantes minerais desta fácies são o quartzo e a moscovite (não tendo sido observado feldspato potássico). Os minerais acessórios de GSP só muito raramente são observados (cassiterite, niobiotantalatos e fosfatos).

Os aplitopegmatitos do Seixoso não contêm grandes zonas monominerálicas, com a excepção de algumas bolsas de quartzo decimétricas (excepcionalmente métricas) na fácies GSP.

Os aplitopegmatitos do Seixoso são ricos em albite e em feldspato potássico. Os pegmatitos ricos em albite são geralmente considerados como pegmatitos muito diferenciados. Os autores das diferentes classificações estão em desacordo relativamente à origem da albite. Varlamoff (1959, in Helal 1992) considera que a albite destes pegmatitos tem uma origem hidrotermal (substituição dos minerais primários). Já Jahns (1955, in Helal 1992) e Vlasov (1961, in Helal 1992) distinguem, em determinados pegmatitos, 2 tipos de albite: uma de origem magmática e uma hidrotermal (albitização).

Os aplitopegmatitos do Seixoso não mostram zonamento acentuado, típico da generalidade dos pegmatitos da classe dos Elementos-Raros. Contudo apresentam um zonamento textural e mineralógico.

2.1.3 ORIGEM MAGMÁTICA

A morfologia filoniana localmente secante, a presença de estruturas semelhantes comparáveis a certos migmatitos de injeção, a existência de metamorfismo de contacto equivalente ao metamorfismo que se desenvolve no tecto dos “stocks” de granito peraluminoso, apontam para estes aplitopegmatitos uma origem essencialmente magmática (Helal, 1992).

Os aplitopegmatitos do Seixoso encontram-se enraizados nas zonas de cota mais alta dos “stocks” peraluminosos do Seixoso e particularmente do Outeiro. O “stock” do Seixoso é essencialmente constituído por granitos leucocratas com biotite dominante e moscovite. Nas zonas mais altas deste “stock” encontram-se fácies diferenciadas (pouco importantes em termos de volume) fracamente mineralizadas em cassiterite. O “stock” encontra-se albitizado e greisenizado. A intensidade da albitização e da greisenização aumenta das zonas profundas para as zonas mais superficiais, onde se pode observar uma zonação vertical bem pronunciada. A albitização é moderada e nunca se encontra feldspato potássico totalmente substituído.

A greisenização está presente sobretudo nas zonas próximas do tecto da intrusão. A albitização manifesta-se nas zonas que estariam relativamente profundas. A albitização crescente permite que seja possível distinguir uma sucessão de zonas caracterizadas pela transformação de um mineral primário ou pelo seu desaparecimento. Esta sucessão de zonamento e a natureza das transformações dos minerais primários no interior de cada zona é similar ao que se encontra em resultado de albitização por percolação de fluidos.

A albitização crescente dos granitos do “stock” do Seixoso corresponde a uma redução progressiva do número de fases sólidas, conforme previsto no modelo de percolação de Korzhinskii (1970, in Helal 1992).

O aplitopegmatito principal do campo aplitopegmatítico do Seixoso está encaixado lateralmente na zona mais alta do “stock” do Seixoso. É provável que neste caso o corpo tenha sofrido as mesmas alterações hidrotermais que os granitos do referido “stock”. Nos aplitopegmatitos o feldspato potássico é relativamente abundante. Se admitirmos a hipótese metassomática isto indicará uma albitização de intensidade comparável à que afectou os granitos (o feldspato potássico nunca se encontra totalmente albitizado).

A ligação estreita entre os granitos peraluminosos e os aplitopegmatitos pode confirmar-se pelo facto de ser observada a mesma sucessão de fases de alteração hidrotermal

(albitização seguida de greisenização). Nas zonas alteradas dos aplitopegmatitos, os feldspatos potássicos estão efectivamente albitizados, mas esta albitização leva à formação de albite mas não conduz jamais à substituição total do feldspato potássico. De referir que a albite destas zonas está ela mesma albitizada e sericitizada, perdendo o zonamento interno: a composição é de uma albite pura. Uma cristalização a partir de um magma albitico rico em Sn, Li, Nb, Ta, P_2O_5 parece ser o único modelo possível de formação dos aplitopegmatitos segundo Helal (1992).

2.2 O GRANITO DO SEIXOSO

2.2.1 INTRODUÇÃO

Segundo Helal (1992) o granito do Seixoso ocupa no seu afloramento uma superfície de 1000 por 500m. É constituído essencialmente por granitos leucocratas de grão fino, localmente de grão médio, com biotite e moscovite. Estes granitos evidenciam uma textura ligeiramente porfiróide através de fenocristais de feldspato potássico e plagioclase. Nos seus limites o “stock” encontra-se albitizado e greisenizado e a intensidade destes fenómenos aumenta das zonas profundas para as zonas superficiais. Um dos efeitos mais visíveis destas alterações é a diminuição da quantidade de biotite sendo a moscovite a mica dominante.

A partir do ponto mais alto deste granito (541m), são visíveis os afloramentos de extensão reduzida o que sugere que esta parte corresponde à zona mais alta do “stock”. Esta zona é essencialmente constituída por uma fácies de grão médio a grosseiro com fraca mineralização em cassiterite. Esta fácies é predominantemente biotítica (cloritizada) e moscovítica ou apenas moscovítica, havendo sempre forte greisenização do material.

Ainda segundo o mesmo autor, 50m a NE do “stock”, a uma altitude compreendida entre os 450 e 470m, existem pequenos afloramentos de uma dezena de m² de granitos de grão fino com tendência porfiróide, essencialmente biotíticos. Estes granitos são visíveis em pequenos vales de direcção NE-SW que encaixam o flanco Sul do vale da Ribeira de Redolhos de direcção NW-SE. Estes granitos de Seixoso-Redolhos (predominantemente biotíticos e parcialmente cloritizados) parecem estar em continuidade com os granitos que constituem o “stock” do Seixoso, com os quais têm muitos aspectos em comum, tais como a mineralogia e a tendência porfiróide, o que raramente é observado nos restantes granitos finos pós-tectónicos de Celorico de Basto.

2.2.2 ALTERAÇÕES HIDROTERMAIS DO GRANITO DO SEIXOSO

Os granitos albitizados e moderadamente greisenizados com moscovite dominante conservam a mesma textura e uma parte da mineralogia dos granitos biotíticos originais. Distinguem-se dos seus derradeiros devido à intensidade de uma alteração crescente evidenciado por uma sucessão de mudanças de composição dos minerais primários, pelo desaparecimento de certos minerais e aparecimento de outros. Os granitos biotíticos encontram-se praticamente inalterados (Helal, 1992).

O “stock” do Seixoso sofreu uma albitização e greisenização, e apesar da existência destes dois tipos de alteração, é possível estabelecer uma zonação vertical em função do carácter incompleto das alterações hidrotermais. Estes dois fenómenos de alteração são mais intensos à superfície que em profundidade. A albitização é relativamente “ácida” (o quartzo não sofreu qualquer tipo de ataque) e de intensidade moderada: as texturas magmáticas estão conservadas e os feldspatos potássicos nunca estão totalmente albitizados. A greisenização é intensa, especialmente no topo do granito, e conduz mesmo à formação de verdadeiros greisens e ao desaparecimento das texturas magmáticas (Helal, 1992).

2.3 “STOCK” DE OUTEIRO

Helal (1992) descreveu o “stock” de granito leucocrata de grão fino de Outeiro como um afloramento de área 450 por 350m. Segundo o mesmo autor, o “stock” apresenta uma estrutura de fluxo magmático horizontal bem marcado, ou uma alternância de granitos com tendência aplítica, granito de grão fino e raros pegmatitos contendo por vezes turmalina. Frequentemente, a turmalina forma cristais centimétricos ao longo de planos subverticais que cortam a estrutura de fluxo horizontal do “stock”, o que indica o seu carácter secundário.

Os granitos deste “stock” estão sistematicamente albitizados num grau equivalente àquele observado em algumas zonas do “stock” do Seixoso: a biotite observa-se, excepcionalmente, sob a forma de relíquias cloritizadas nas moscovites em palhetas.

Neste “stock” surgem greisens em fissuras subverticais que cortam todo o conjunto.

O presente estudo levado a cabo no “stock” do Outeiro, em resultado da intensa exploração que tem sido alvo nos últimos anos, revelou fácies nunca antes observadas ou descritas neste “stock”, nomeadamente fácies fosfatadas com fortes colorações e fácies com petalite e cookeite (estas poderão ser de zonas mais internas e diferenciadas do “stock”) (ver Fig. 2.1). Foi a mineralogia destas novas fácies o principal objecto de estudo do presente trabalho. Por outro lado, a cassiterite macroscópica, descrita em trabalhos anteriores, e encontrada sobretudo nos contactos deste granito com o encaixante metassedimentar, só foi por nós observada como pequenas exsoluções em cristais de nigerite.



Fig. 2.1: Aspecto geral da exploração do granito, onde se efectuaram os estudos de campo e recolha de amostras.

2.4 NIGERITE NOS APLITOPEGMATITOS E GRANITOS ASSOCIADOS

A nigerite foi descoberta em 1944 por Jacobson e Webb (1947, *in* Madjer 1965) em rochas quartzo-silimaníticas associadas a pegmatitos com cassiterite, na província de Kabba na Nigéria. É o único mineral até hoje descoberto, em que Sn, Zn e Al são os constituintes essenciais. A nigerite é um mineral peraluminoso que surge sempre associada a silicatos de alumínio e/ou moscovite.

A Lixa surge como a terceira localidade em todo o Mundo em que este mineral foi encontrado, e é primeiramente descrita por Van Tassel (1965) e Madjer (1965). O primeiro autor faz referência a uma nigerite que surge nos pegmatitos que na altura estavam em exploração para estanho pela Empresa Mineira de Caramos. Esta nigerite surge associada a uma fácies com muita mica branca, e ocorre preferencialmente em aglomerados de fosfatos de cor azul, compostos por litiofilite, apatite e vivianite. Madjer (1965) por sua vez refere a existência da nigerite igualmente nos granitos associados. Mais tarde Helal (1992) aprofunda o estudo sobre este mineral.

Na área do Seixoso, a nigerite ocorre nos pegmatitos, especialmente nos contactos com os metassedimentos encaixantes e em xenólitos do mesmo encaixante, encontrados primeiramente no topo do afloramento do granito do Outeiro, e recentemente no interior do próprio granito explorado.

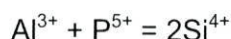
A nigerite é um mineral secundário formado durante a interacção de um fluido rico em Sn e Zn e pobre em S, inicialmente em equilíbrio com o magma granítico ou pegmatítico e as rochas pelíticas. Ocasionalmente cristaliza numa fase magmática tardia em zonas da fácies GSP, contaminada pelos já referidos xenólitos pelíticos (Helal, 1992).

De referir que no granito do Outeiro, o Sn surge sob a forma de nigerite e em rútilo rico em Sn, Nb e Ta. A cassiterite, tal como já referimos, aparece somente em pequenas exsoluções junto de cristais de nigerite. A nigerite é muitas vezes observada em inclusões nas palhetas de moscovite formadas aquando da greisenização e poderá ser o resultado de uma reacção entre a silimanite e um fluido rico em Zn e Sn, fluido esse responsável pela greisenização (Helal, 1992).

2.5 O FÓSFORO NOS FELDSPATOS

Segundo Helal (1992), a localização do fósforo nos granitos e aplitopegmatitos com fosfatos complexos associados do sector do Seixoso, é de grande interesse para a determinação da génese destas rochas. Ainda segundo o mesmo autor, a análise por microsonda electrónica indicou um teor de 1% de fósforo nos feldspatos dos aplitopegmatitos, e inferior nos feldspatos dos granitos.

O aspecto homogéneo e a ausência de inclusões de fosfatos nos feldspatos são ricos em fósforo, sugere que este elemento é introduzido na estrutura dos feldspatos (Cerny, 1994). A introdução de fósforo nos feldspatos faz-se provavelmente segundo a substituição proposta por Simpson (1977, in Helal 1992) e confirmada por London *et al.* (1990, in Helal 1992):



Os teores em fósforo das albites e dos feldspatos potássicos são sistematicamente elevados: 1-1,2% e 1,05-1,25% respectivamente.

No grupo dos pegmatitos peraluminosos, os teores em fósforo dos feldspatos potássicos aumentam segundo a seguinte ordem:

- pegmatitos sem fosfatos;
- pegmatitos com apatite;
- pegmatitos com apatite e outros fosfatos.

Claramente se pode concluir que o granito do Seixoso está associado a um pegmatito do terceiro tipo, dado a grande quantidade de vivianite, apatite e outros fosfatos (em menor quantidade que os dois primeiros) que possui, e cuja descrição veremos mais à frente.

CAPÍTULO 3 – Mineralogia do Granito da Mina do Outeiro

INTRODUÇÃO

FÁCIES L

FÁCIES F

FÁCIES A

FÁCIES V

FÁCIES P

CONSIDERAÇÕES

3.1 INTRODUÇÃO

O Granito do Outeiro é um granito com uma granulometria média na ordem dos 1 a 2 mm, em que a fácies maioritária é leucocrata com algumas “moscas” cinzento escuro.

Após estudo do local e recolha de diversas amostras, decidimos distinguir cinco fácies, em função das diferenças mineralógicas observáveis quer à vista desarmada, quer em microscopia óptica, e que se encontram descritas em seguida:

- L** – fácies **L**euocrata (unidade maioritária, >90%)
- F** – fácies **F**osfatada (diferentes tons de verde ou azul)
- A** – fácies **A**ndaluzítica (megacristais) com matriz branca
- V** – fácies **V**erde pálida e branca/amarelada
- P** – fácies leucocrata com **P**etalite

À excepção da fácies L maioritária, as restantes fácies compreendem surgem em 2 zonas da mina (fig. 3.1), com 2 m de possança máxima, zonas essas com forte coloração, e que está associada à grande quantidade de fosfatos existentes (figs. 3.2 e 3.3).

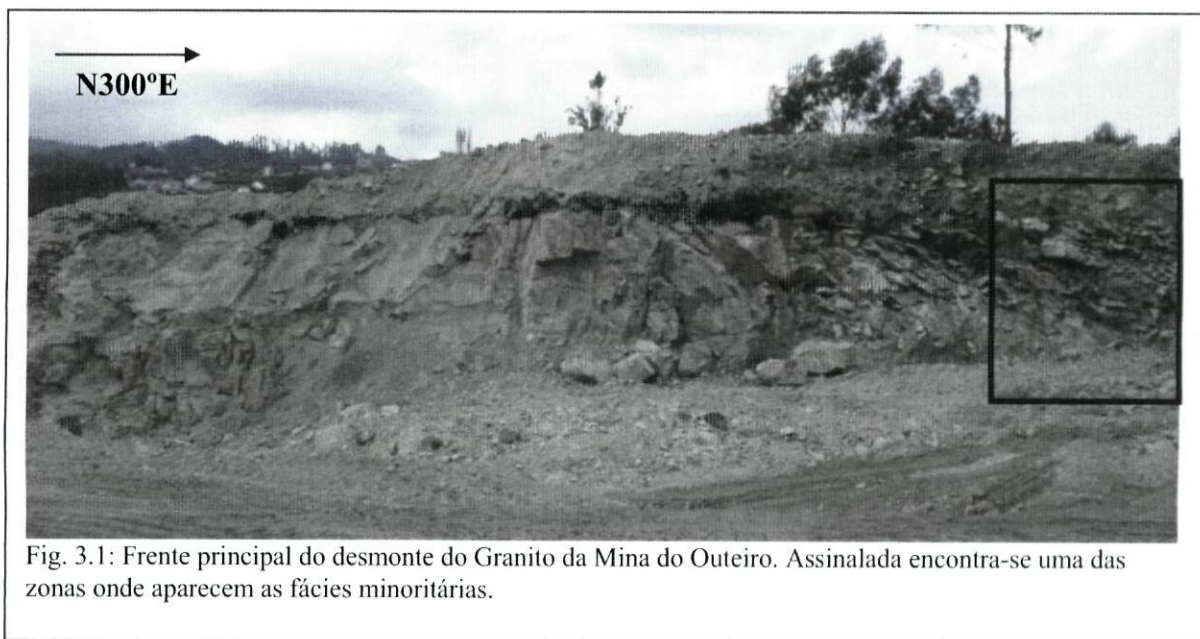
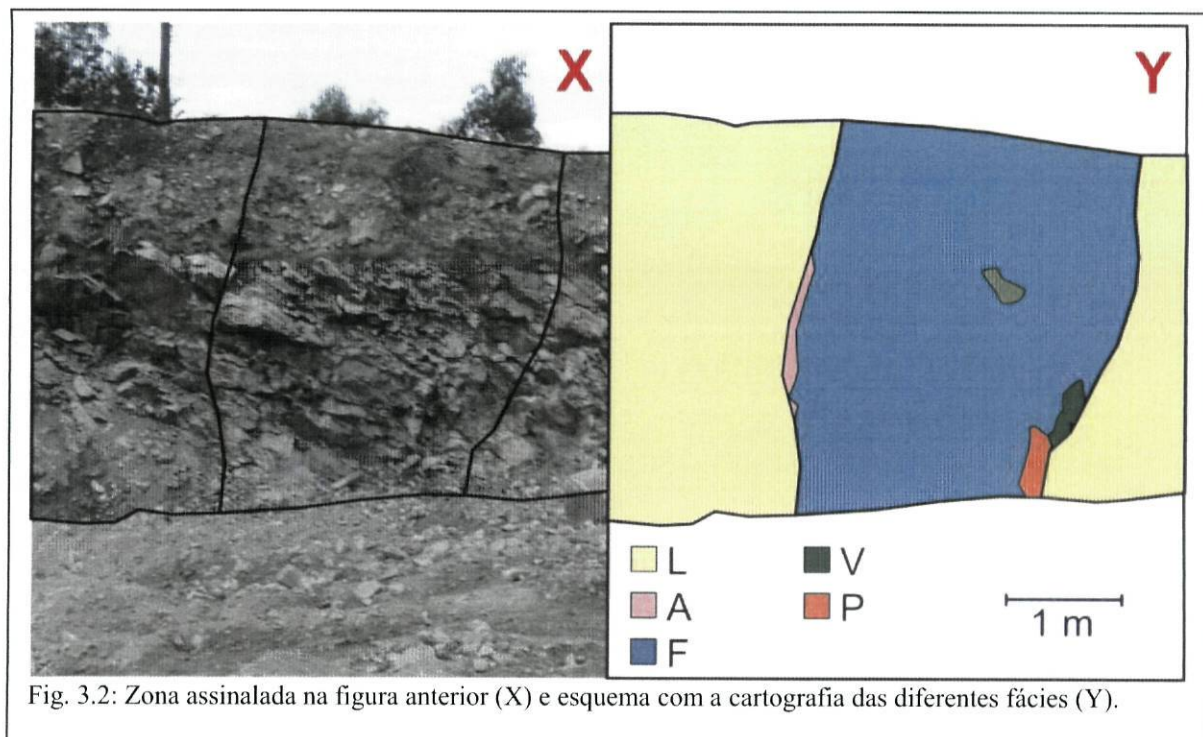


Fig. 3.1: Frente principal do desmonte do Granito da Mina do Outeiro. Assinalada encontra-se uma das zonas onde aparecem as fácies minoritárias.



Tendo-se iniciado o estudo microscópico das fácies, verificou-se que os seus constituintes maioritários são: quartzo, feldspato potássico, albite e moscovite. Como acessórios há a referir a andaluzite, berilo, fosfatos (vivianite, apatite e outros), nigerite, rútilo, alanita e MXZ (monazite/xenótima/zircão – devido à dificuldade de distinguir as 3 espécies, adoptou-se esta nomenclatura).

Seguidamente encontram-se descritas as principais características mineralógicas e petrográficas de cada uma das fácies.

3.2 FÁCIES L – fácies Leucocrata

Em amostra de mão (fig. 3.4) esta fácies é constituída por uma matriz microcristalina (1 mm) branca de quartzo e feldspato, onde também é possível observar:

- “moscas” negras (geralmente de dimensão 2 - 5 mm);
- andaluzite rosa (< 5 mm);
- nigerite (< 1 mm).



Fig. 3.4: Aspecto da Fácies L.

Ao microscópio verifica-se que esta fácies é constituída essencialmente por quartzo, feldspato potássico frequentemente albitizado (fig. 3.5) pelo menos parcialmente, e por vezes pertítico (fig. 3.6), albite e alguma moscovite. Esta última aparece em relíquias (fig. 3.7), primária, e secundária a substituir andaluzite (fig. 3.8) ou em espaços entre cristais (fig. 3.9).

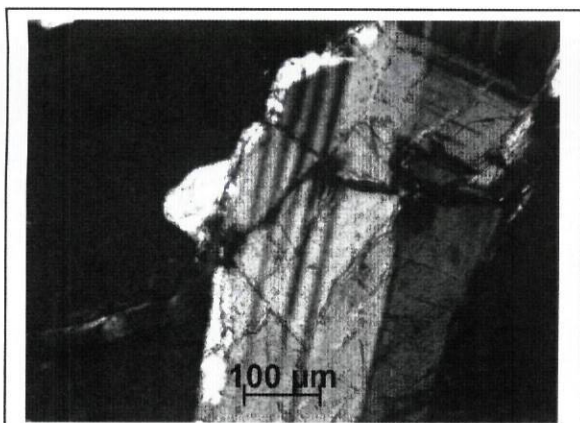


Fig. 3.5: Feldspato potássico albitizado (NX).



Fig. 3.6: Cristal de feldspato potássico pertítico com apatite (NX).

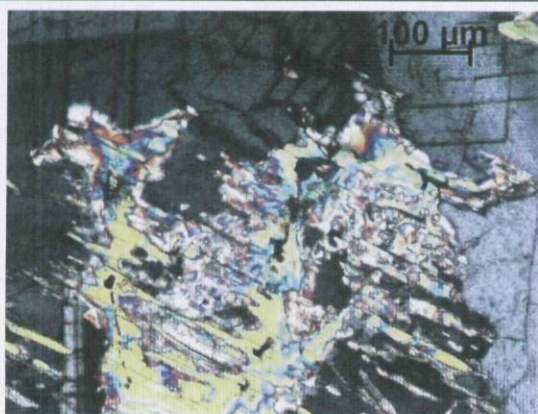


Fig. 3.7: Relíquia de moscovite (NX).

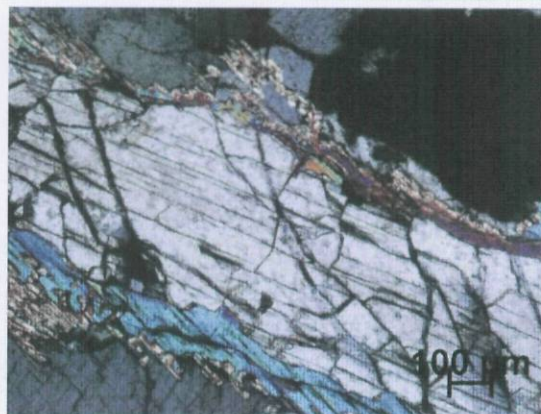


Fig. 3.8: Cristal de andaluzite a ser substituído por moscovite (NX).

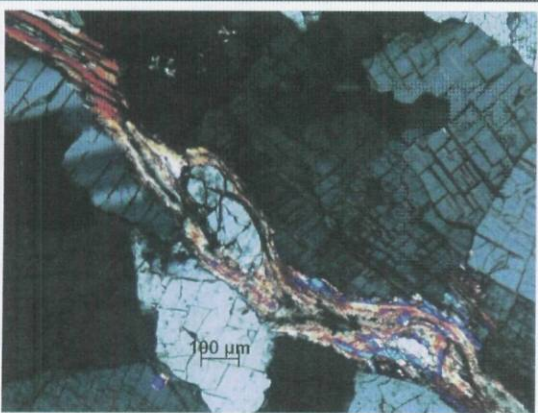


Fig. 3.9: Moscovite secundária a preencher espaços intercristalinos (NX).

Ao microscópio é possível observar que as “moscas” são constituídas por mica verde conjuntamente com os restantes minerais da matriz (fig. 3.10 e 3.11).

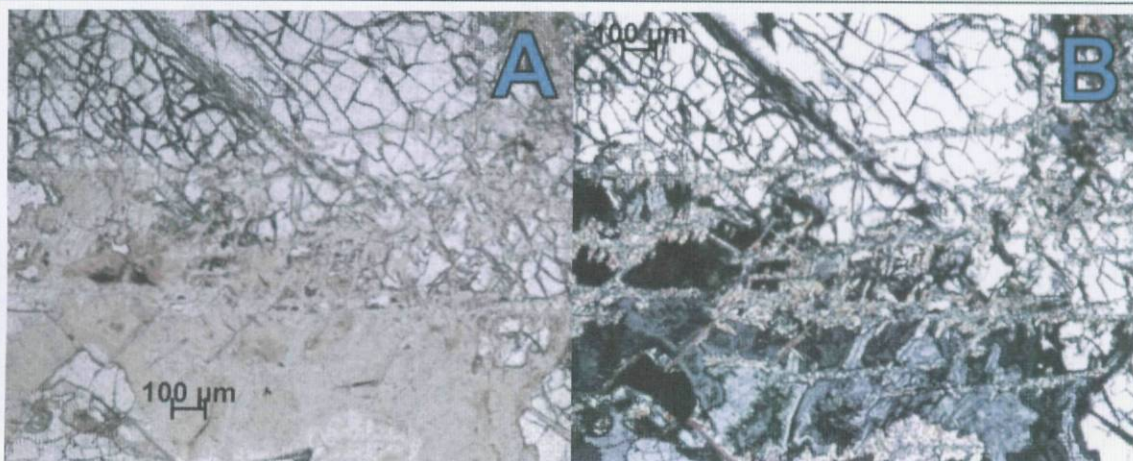


Fig. 3.10: Imagem em N// (A) e NX (B) de uma “mosca” onde é possível observar albite e mica verde.

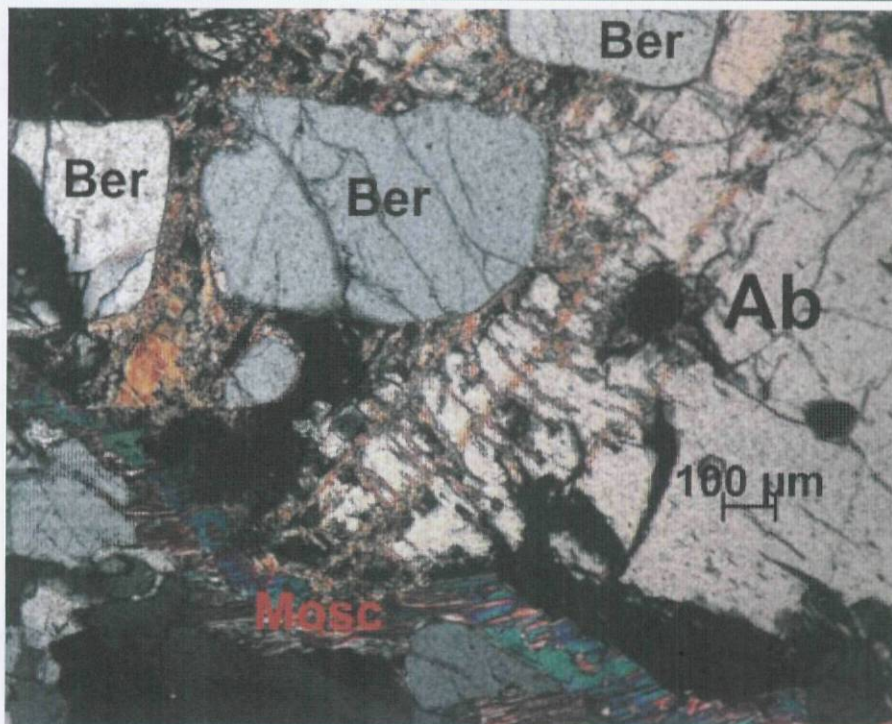


Fig. 3.11: Pormenor de “mosca” onde aparecem albite, moscovite, berilo e mica verde – a envolver os cristais de berilo e dentro de fracturas na albite (NX).

Em microscopia óptica foram ainda identificados minerais como apatite (fig. 3.6), nigerite (fig. 3.12), andaluzite (fig. 3.13), berilo (fig. 3.11), alanite (fig. 3.13), rútilo (fig. 3.14) e ilmenite (fig. 3.15).

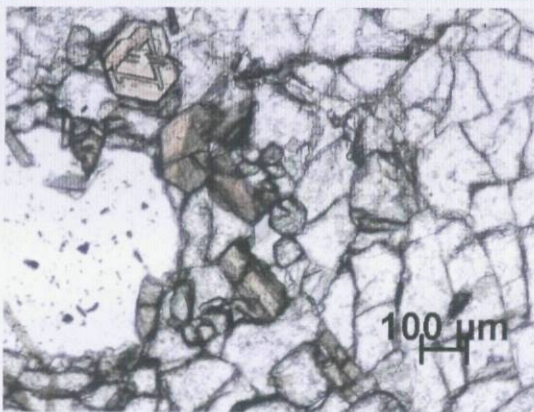


Fig. 3.12: Cristais euédricos de nigerite (N//).

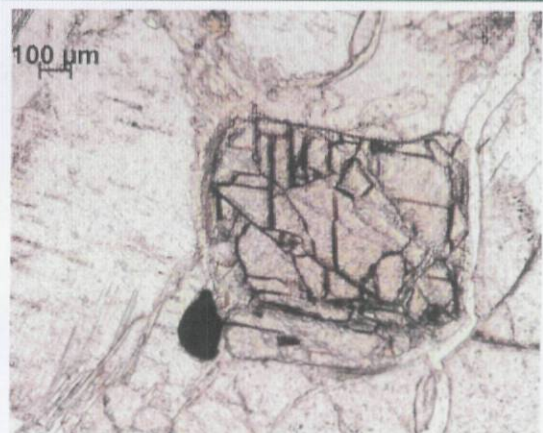


Fig. 3.13: Cristal de andaluzite fracturado e cristal opaco de alanite (N//).

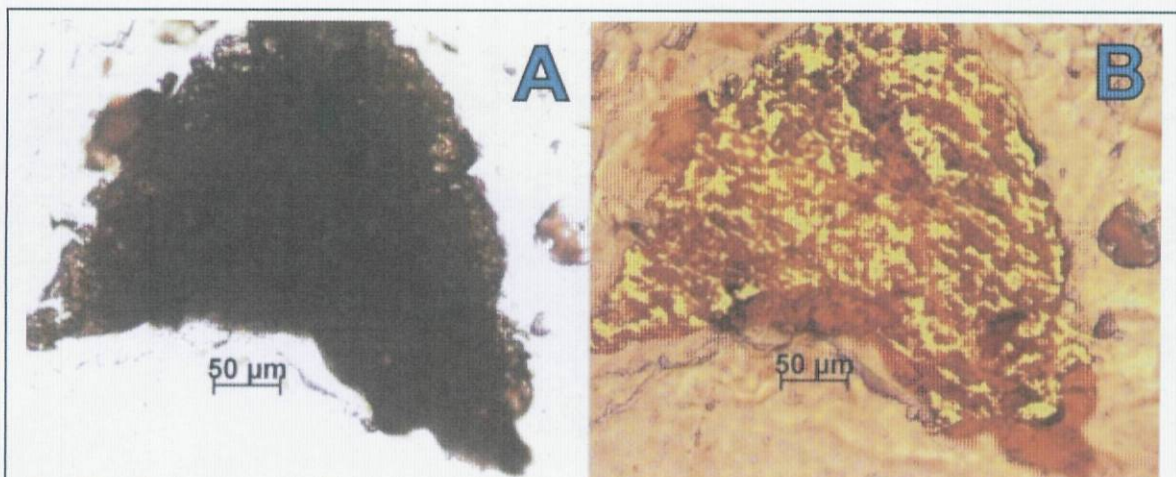


Fig. 3.14: Cristal/aglomerado de cristais de rútilo. A com luz polarizada, B com luz reflectida.

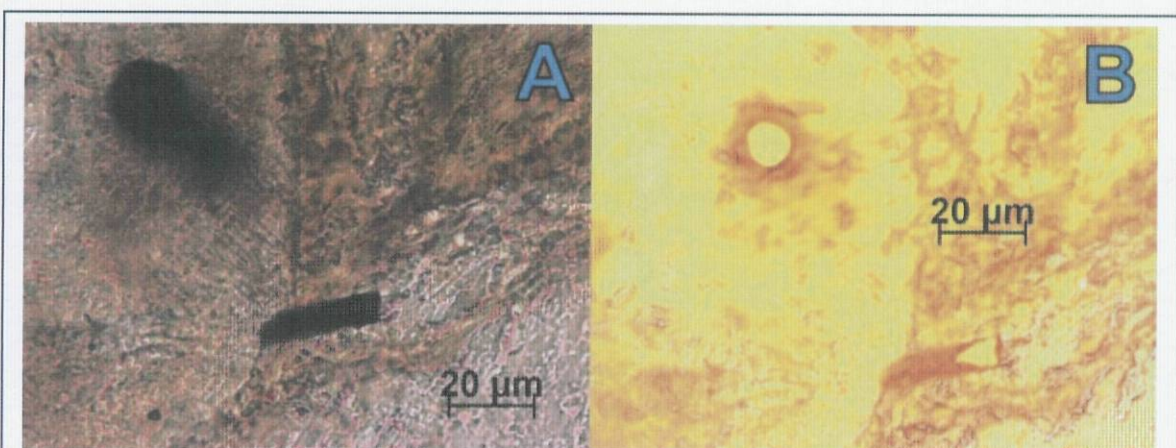


Fig. 3.15: Secção prismática e secção basal de ilmenite em N//. B com luz reflectida.

3.3 FÁCIES F – fácies Fosfatada

Esta fácies surge em amostra de mão com colorações muito fortes, que vão desde o azul (fig. 3.16) a diferentes tons de verde (fig. 3.17).



Fig. 3.16: Zona fosfatada azul (cor dominante dentro da fácies F). No canto superior esquerdo da imagem observa-se uma zona de cor branca que corresponde a fácies L e cristais escuros de vivianite.



Fig. 3.17: Zona com diferentes tons de verde em contacto com a fácies L (canto superior direito da imagem).

Os feldspatos potássicos encontram-se frequentemente albitizados e caulinizados (fig. 3.18) e contêm inclusões frequentes de berilo (fig. 3.19) e de moscovite (fig. 3.20).

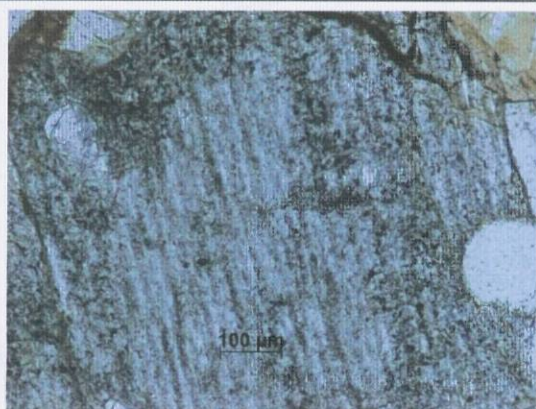


Fig. 3.18: Feldspato potássico caulinizado (N//).

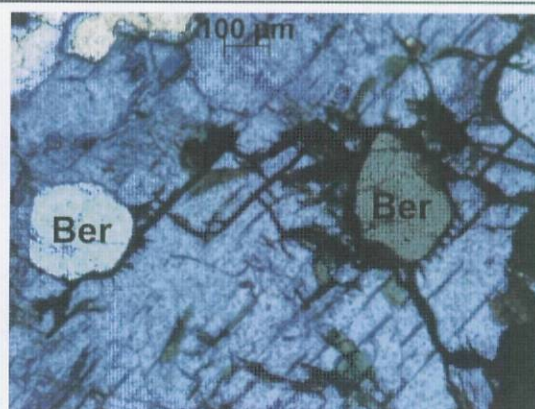


Fig. 3.19: Cristais de berilo inclusos em feldspato potássico (NX).

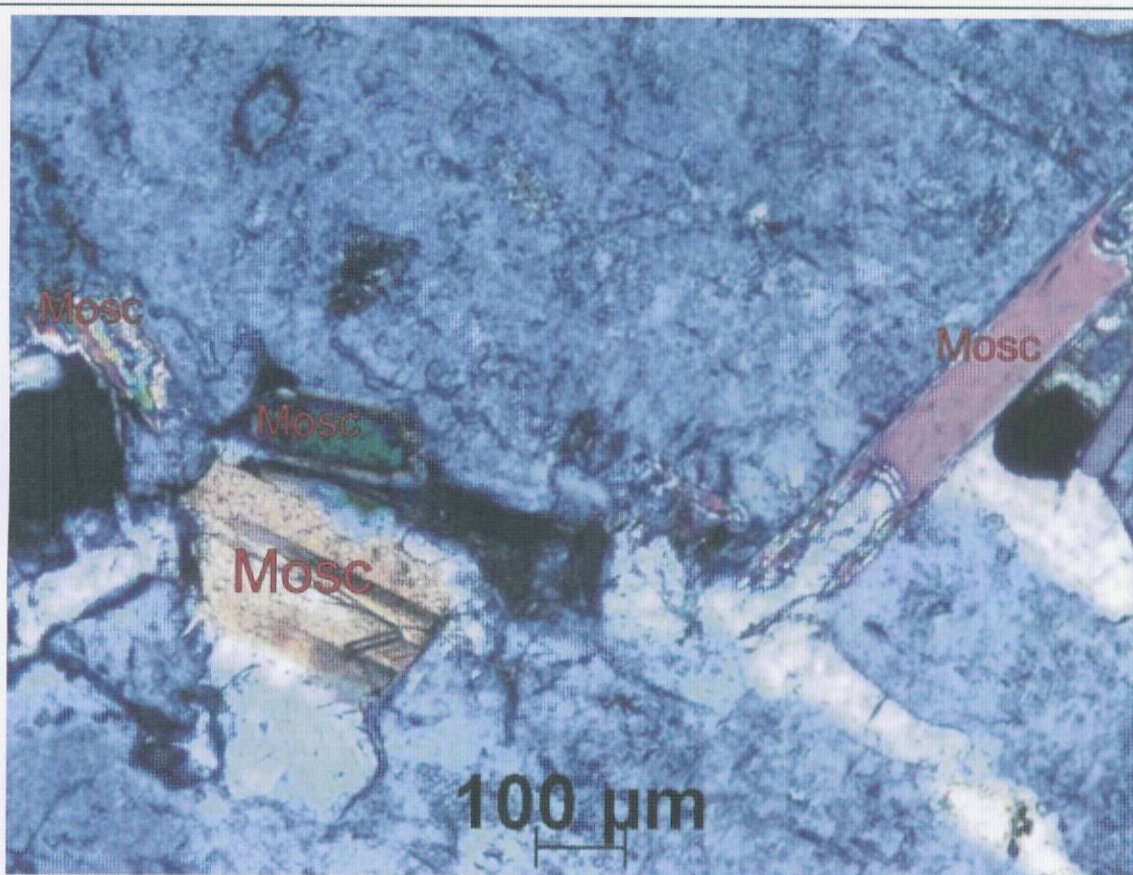


Fig. 3.20: Cristais de moscovite inclusos em feldspato potássico (NX).

Ao microscópio óptico pode observar-se a presença de elevadas quantidades de fosfatos, uns que parecem ser primários, como é o caso da vivianite (figs. 3.21 e 3.22) e um fosfato de cor amarela (fig. 3.23), outros que preenchem fracturas e espaços entre cristais (figs. 3.24, 3.25 e 3.26), parecendo neste caso claramente secundários.

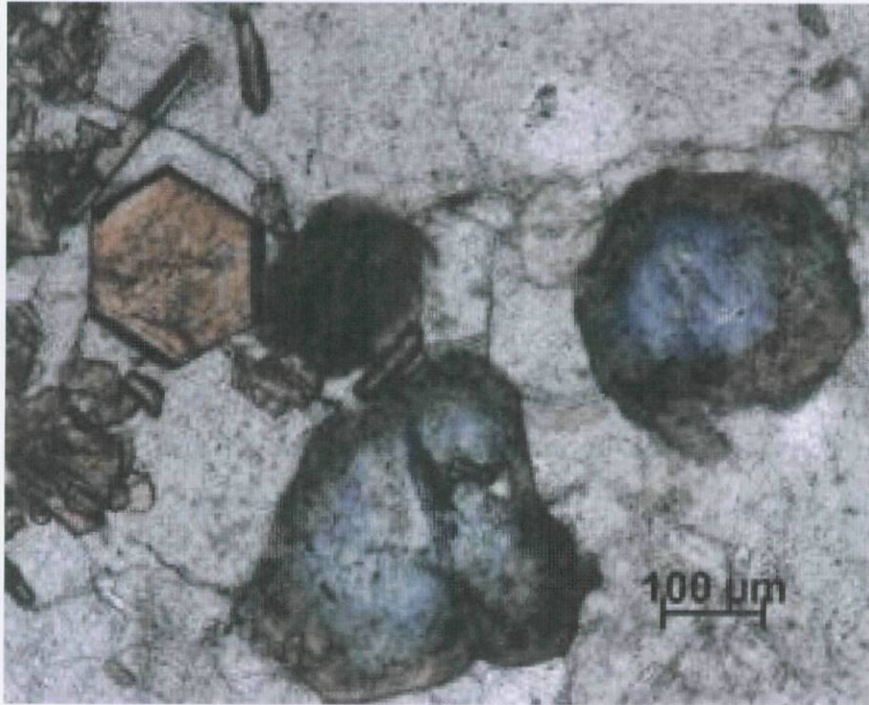


Fig. 3.21: Cristais de vivianite com zonamento entre azul (centro) e verde (periferia). No lado esquerdo da imagem são visíveis cristais de nigerite (N//).

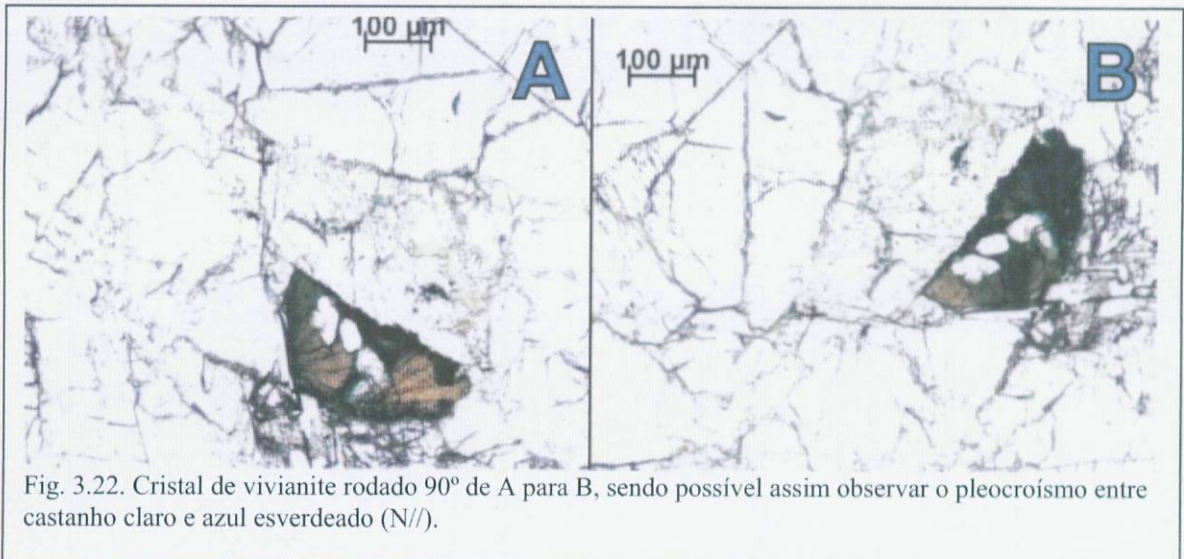


Fig. 3.22. Cristal de vivianite rodado 90° de A para B, sendo possível assim observar o pleocroísmo entre castanho claro e azul esverdeado (N//).

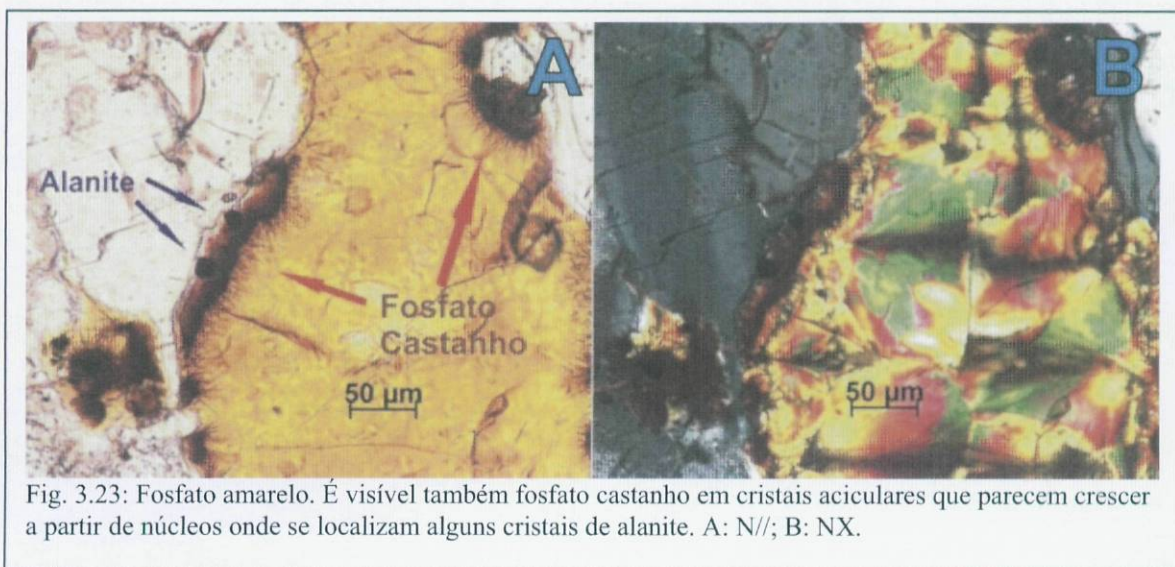


Fig. 3.23: Fosfato amarelo. É visível também fosfato castanho em cristais aciculares que parecem crescer a partir de núcleos onde se localizam alguns cristais de alanite. A: N//; B: NX.

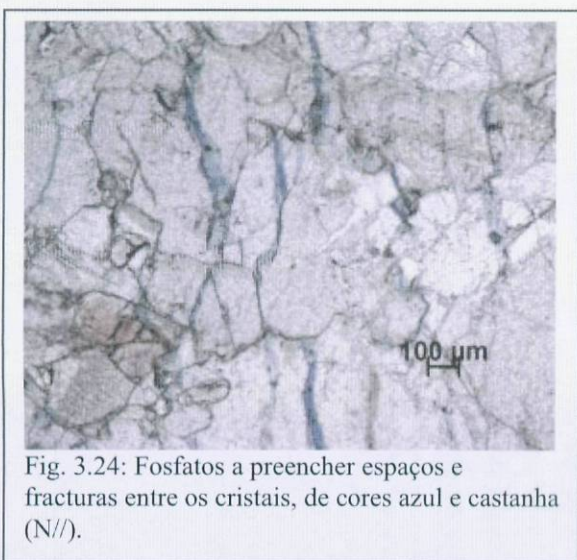


Fig. 3.24: Fosfatos a preencher espaços e fracturas entre os cristais, de cores azul e castanha (N//).

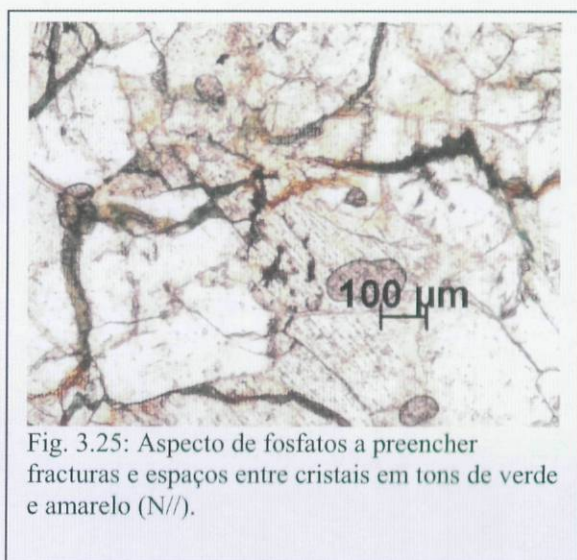


Fig. 3.25: Aspecto de fosfatos a preencher fracturas e espaços entre cristais em tons de verde e amarelo (N//).

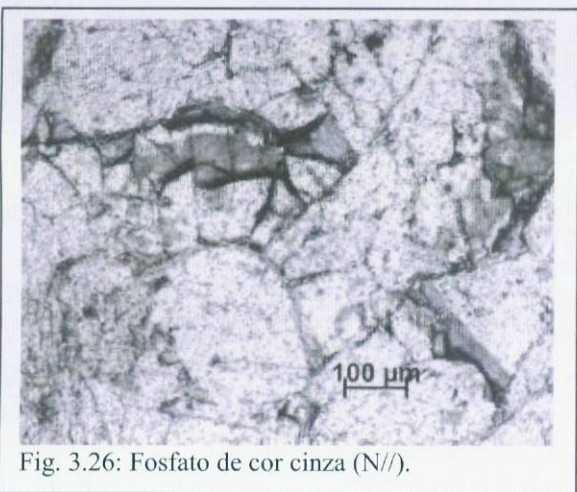


Fig. 3.26: Fosfato de cor cinza (N//).

A alteração da moscovite parece ser originada pelo mesmo fenómeno que provoca a cristalização da albite e fosfatos secundários, conforme se pode observar na imagem seguinte (3.27).

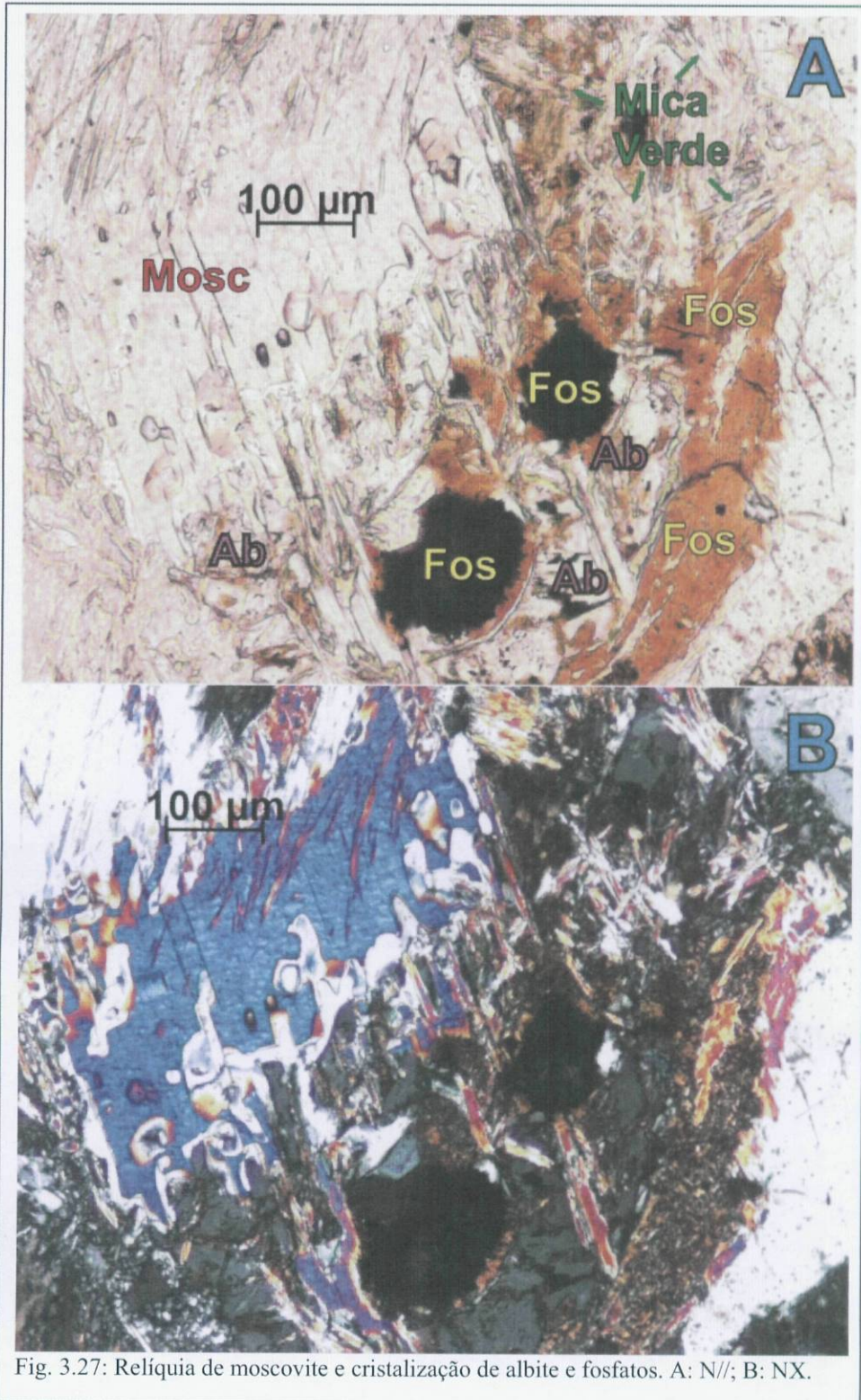


Fig. 3.27: Relíquia de moscovite e cristalização de albite e fosfatos. A: N//; B: NX.

Outro mineral comum nesta fácies é a mica verde. Por vezes parece substituir feldspato potássico (fig. 3.28), em outras situações aparece em agregados alongados que em nicóis paralelos parecem constituir um único mineral, mas que em nicóis cruzados se consegue observar serem agregados policristalinos (fig. 3.29).



Fig. 3.28: Mica verde a substituir o feldspato. A: N//; B: NX.

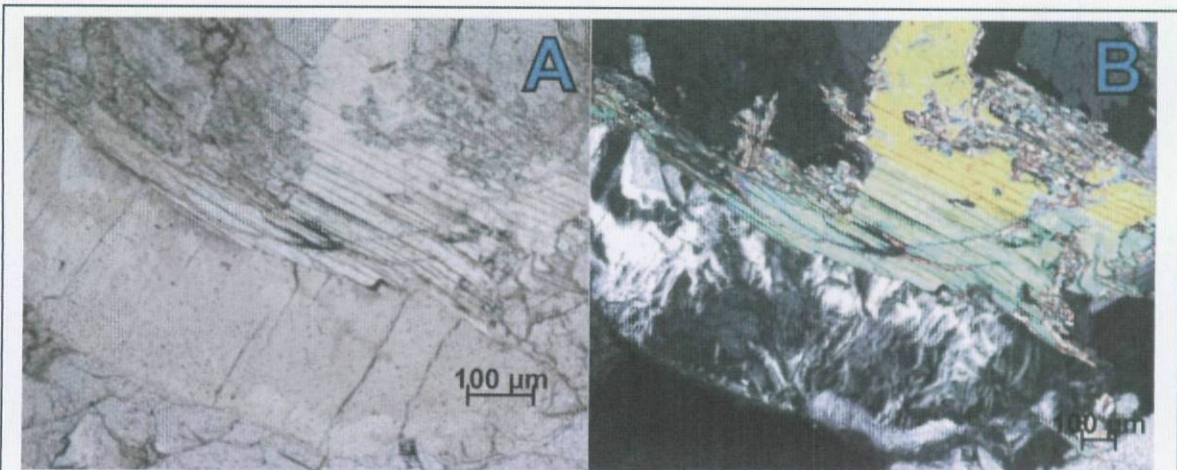


Fig. 3.29: Mica verde em agregado policristalino. A: N//; B: NX.

Foi possível observar turmalina em relíquias de dimensão considerável (fig. 3.30) apenas com pequenas partes com estrutura preservada (fig. 3.31). Parece-nos que provavelmente antes dos fenómenos hidrotermais tardios, haveria alguma quantidade deste mineral, mas que sofreu alteração quase completa, quer nesta fácies quer nas restantes.

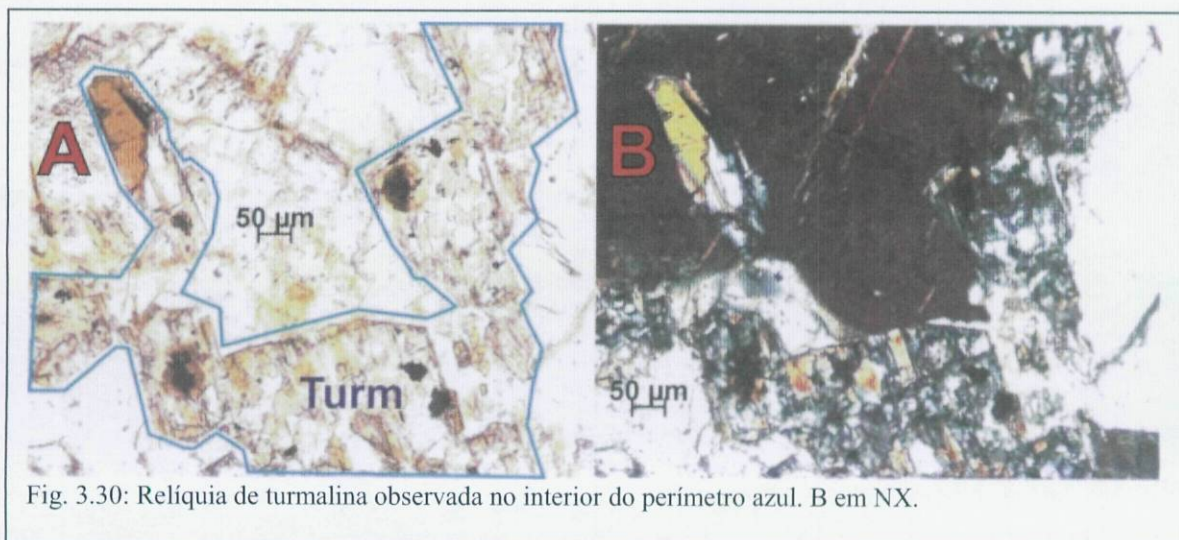


Fig. 3.30: Relíquia de turmalina observada no interior do perímetro azul. B em NX.

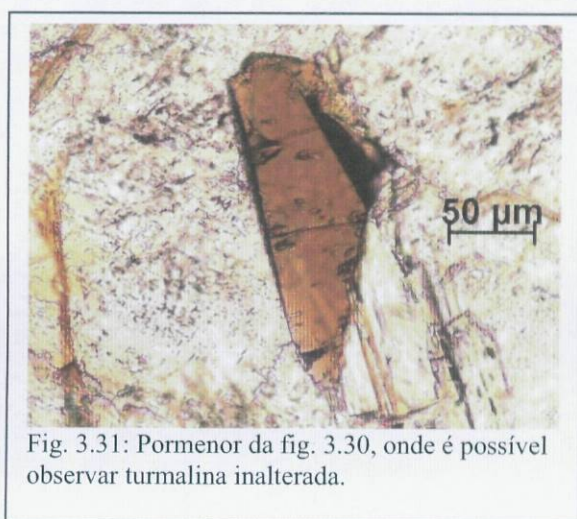


Fig. 3.31: Pormenor da fig. 3.30, onde é possível observar turmalina inalterada.

Observaram-se ainda minerais como: crisoberilo (fig. 3.32), goetite (fig. 3.33), rútilo (fig. 3.34) e MXZ (fig. 3.35), para além de outros minerais referidos no Quadro 3.1.



Fig. 3.32: Crisoberilo em secção prismática no centro da imagem (N//).

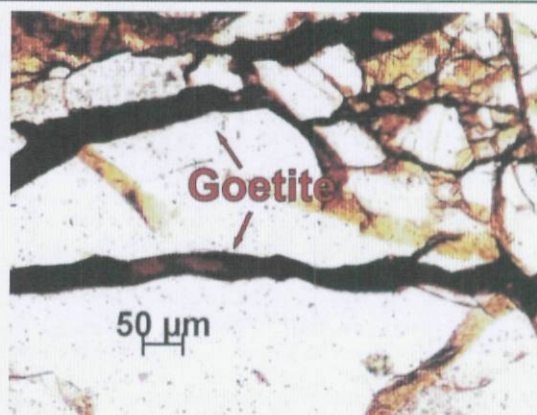


Fig. 3.33: Goetite a preencher espaços entre cristais (N//).

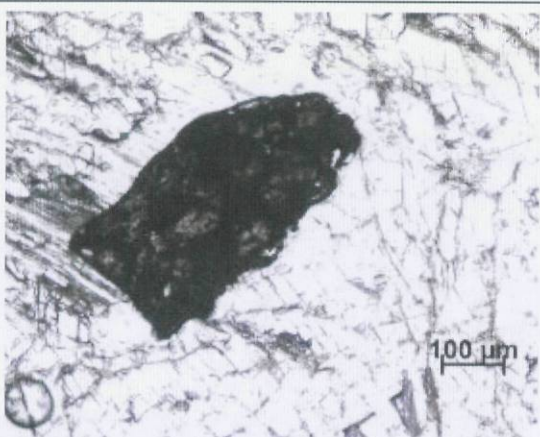


Fig. 3.34: Rútilo (N//).

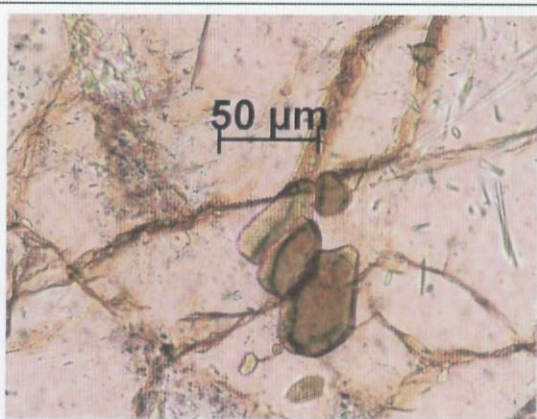


Fig. 3.35: Cristais de MXZ (N//).

Em algumas amostras desta fácies, especialmente em contactos com a fácies L (como observado na fig. 3.16), é possível identificar cristais macroscópicos de vivianite mas que em microscopia se verifica terem a estrutura muito danificada (fig. 3.36).

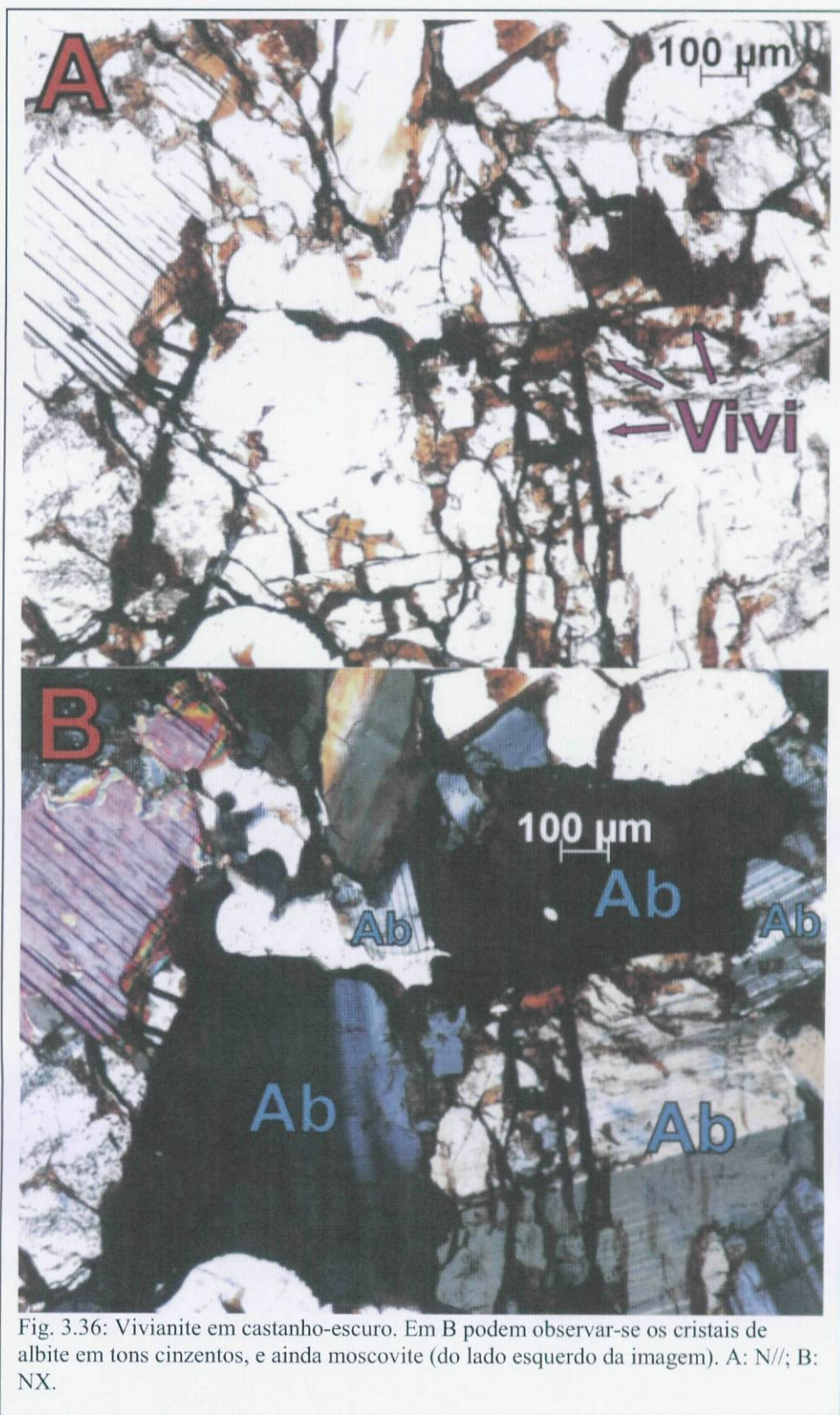


Fig. 3.36: Vivianite em castanho-escuro. Em B podem observar-se os cristais de albite em tons cinzentos, e ainda moscovite (do lado esquerdo da imagem). A: N//; B: NX.

3.4 FÁCIES A – fácies Andaluzítica

Esta fácies é rara, tendo sido encontrada apenas algumas amostras próximo dos contactos entre as fácies L e F (fig. 3.2). Caracteriza-se pela presença de megacristais prismáticos de andaluzite rosa e agregados muito numerosos de nigerite castanho-avermelhada, numa matriz de cor branca a cinza clara, onde se observam minerais alongados e com brilho forte, com aspecto de mica branca, mas que em ME se confirmou serem de silimanite.

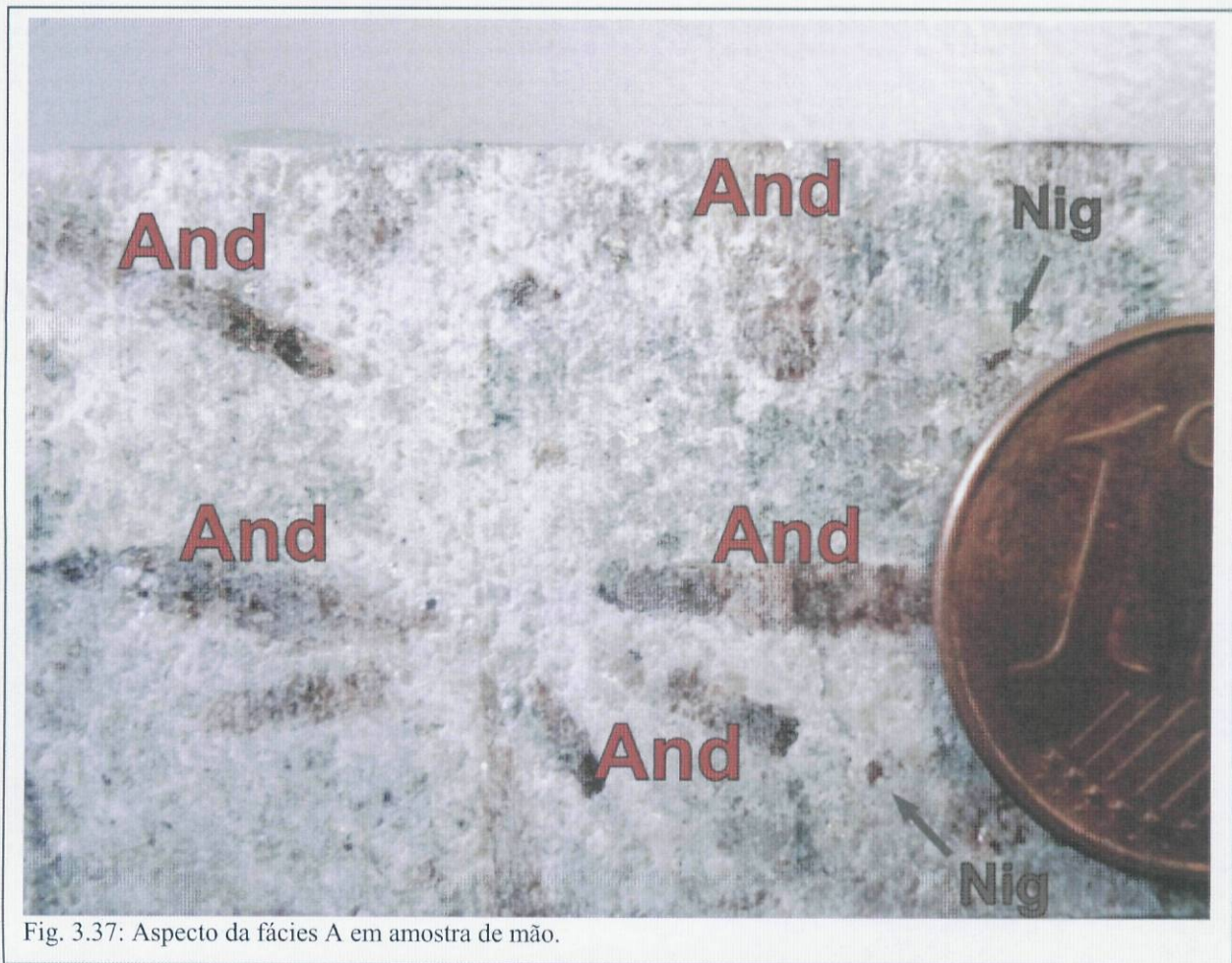


Fig. 3.37: Aspecto da fácies A em amostra de mão.

Ao microscópio óptico pode observar-se grande quantidade de moscovite (fig. 3.38), minerais de argila castanha (fig. 3.39), silimanite (figs. 3.40 e 3.41), quartzo e feldspatos, a par com a andaluzite (fig. 3.42) e nigerite (figs. 3.42, 3.43 e 3.44) já observadas a olho nu.

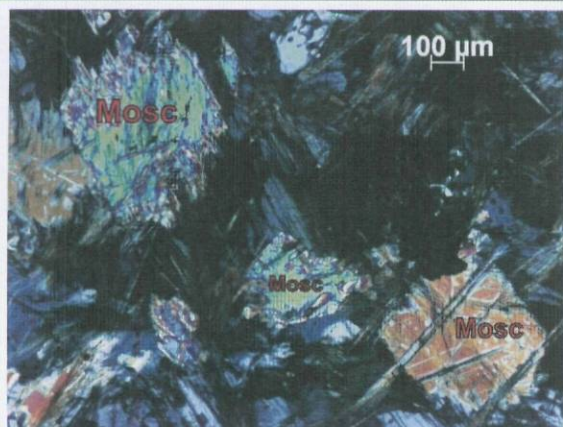


Fig. 3.38: Imagem em NX onde se pode observar moscovite, silimanite (cristais alongados), quartzo e feldspatos (ambos polarizados em cinzento).

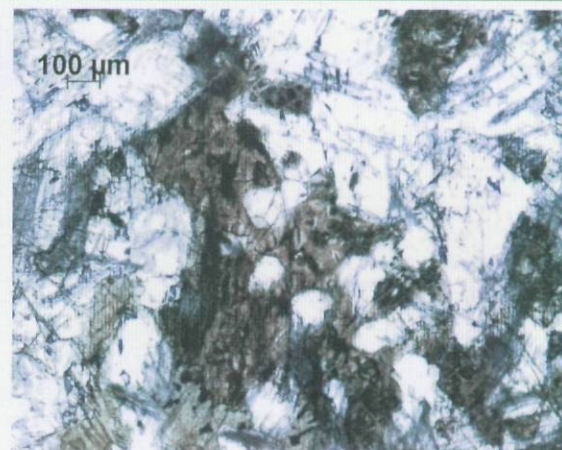


Fig. 3.39: Imagem onde se observa uma grande quantidade de minerais de argila castanha (N//).

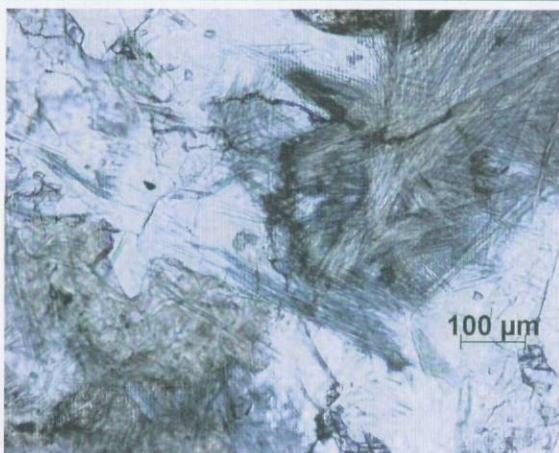


Fig. 3.40: Cristais prismáticos alongados de silimanite, na sua maioria sobre argila castanha. No entanto não foi possível perceber se há uma relação directa entre as duas espécies minerais.

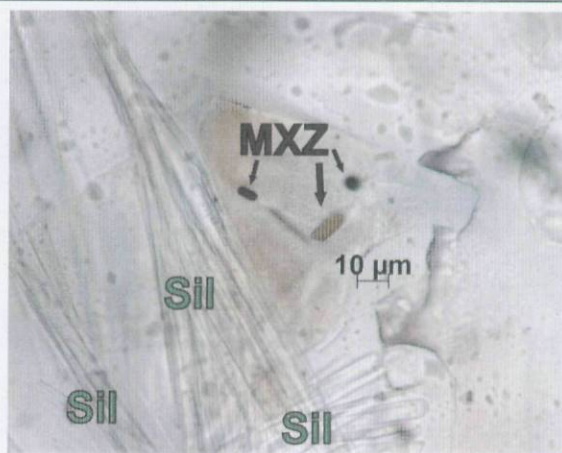


Fig. 3.41: Cristais de silimanite e de MXZ (N//).

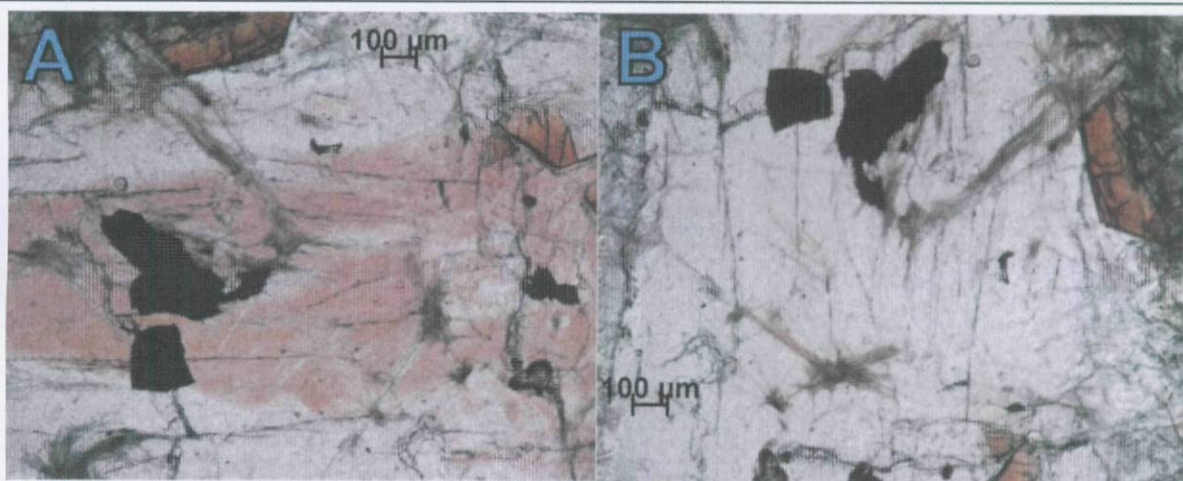


Fig. 3.42: Andalusite: de A para B rodou-se a platina 90° no sentido dos ponteiros do relógio de modo a se poder observar o pleocroísmo entre rosa e incolor. Observa-se também nigerite (castanha) e alanite (opacos). Imagem em N//.



Fig. 3.43: Agregado de cristais de nigerite (N//).

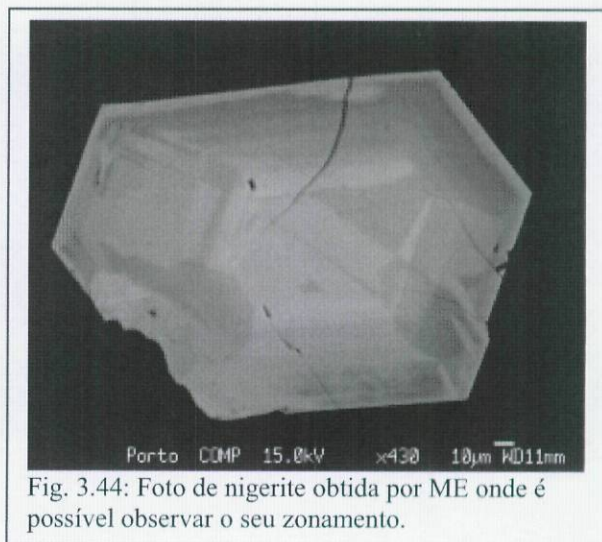


Fig. 3.44: Foto de nigerite obtida por ME onde é possível observar o seu zonamento.

Encontraram-se ainda apatite (fig. 3.45), alanite (figs. 3.42 e 3.46), turmalina (fig. 3.47) e MXZ (fig. 3.41).

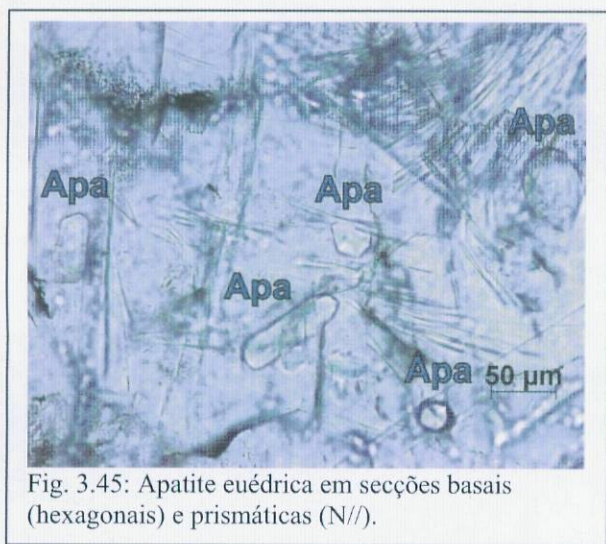


Fig. 3.45: Apatite euédrica em secções basais (hexagonais) e prismáticas (N//).

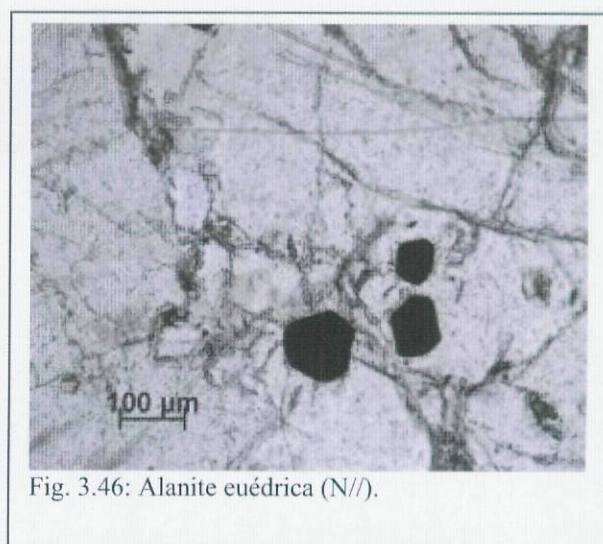


Fig. 3.46: Alanite euédrica (N//).

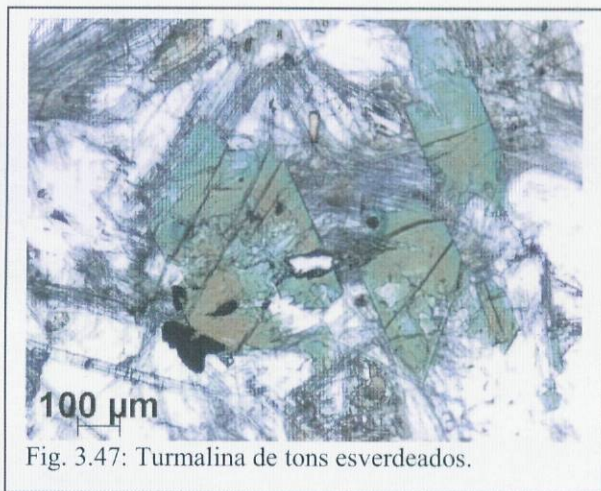
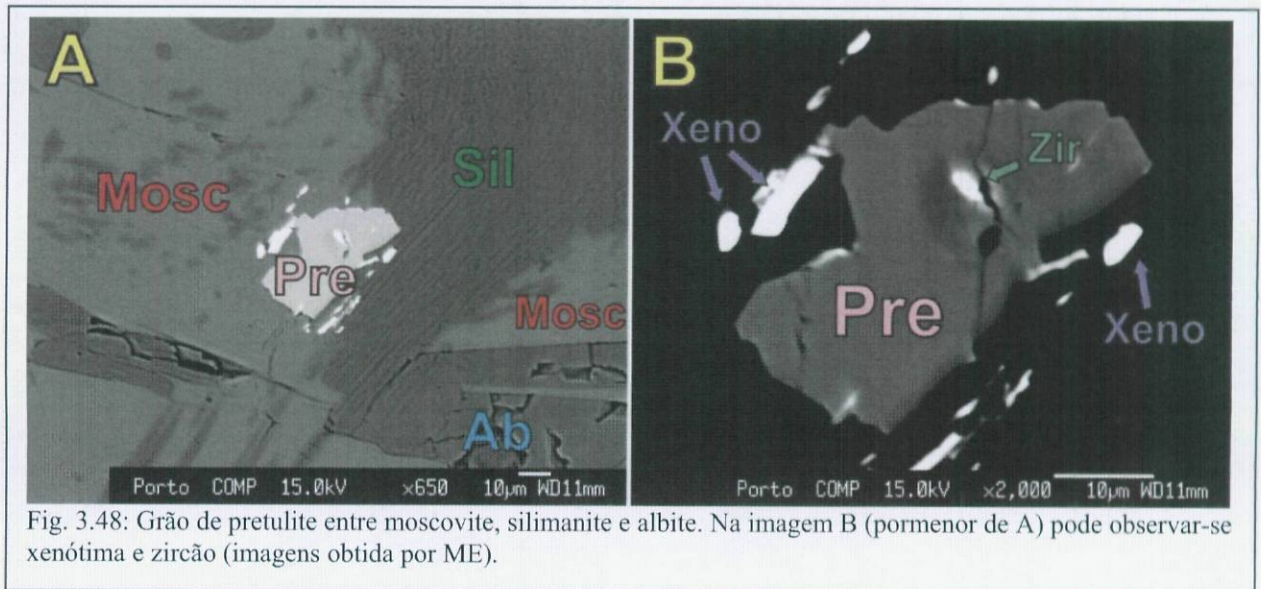


Fig. 3.47: Turmalina de tons esverdeados.

Através de recurso à ME, foi possível determinar a composição de um mineral com elevado poder reflector, tendo verificado tratar-se de um raríssimo fosfato de escândio (Sc) denominado Pretulite (fig. 3.48). Não se conseguiu identificar este mineral em microscopia.



3.5 FÁCIES V – fácies Verde

Esta fácies compreende uma mistura de uma massa verde clara translúcida e feldspatos brancos/amarelados (fig. 3.49), onde são ainda visíveis algumas “moscas” de cor escura e cristais de nigerite.



Fig. 3.49: Aspecto da Fácies V em amostra de mão.

Ao microscópio é possível observar uma mineralogia constituída por quartzo, albite, feldspato potássico (muito caulinizado; fig. 3.50), e uma mica muito numerosa com crescimento radial, como é possível observar nas figuras abaixo (3.51 e 3.52) e que através do recurso a ME se verificou ser cookeite.



Fig. 3.50: Feldspato com tons castanhos devido a caulinização (N//).

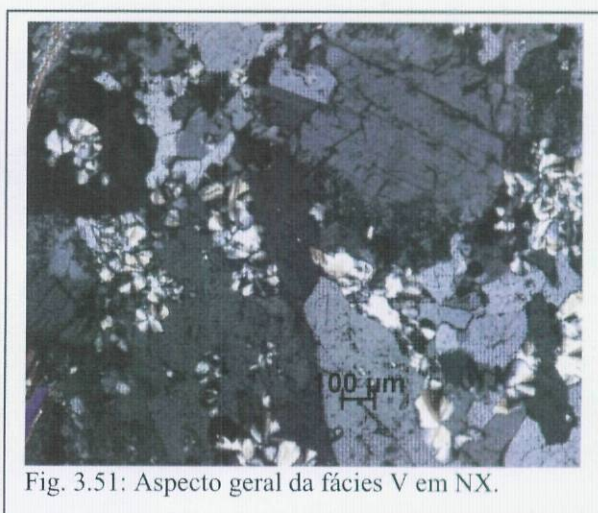
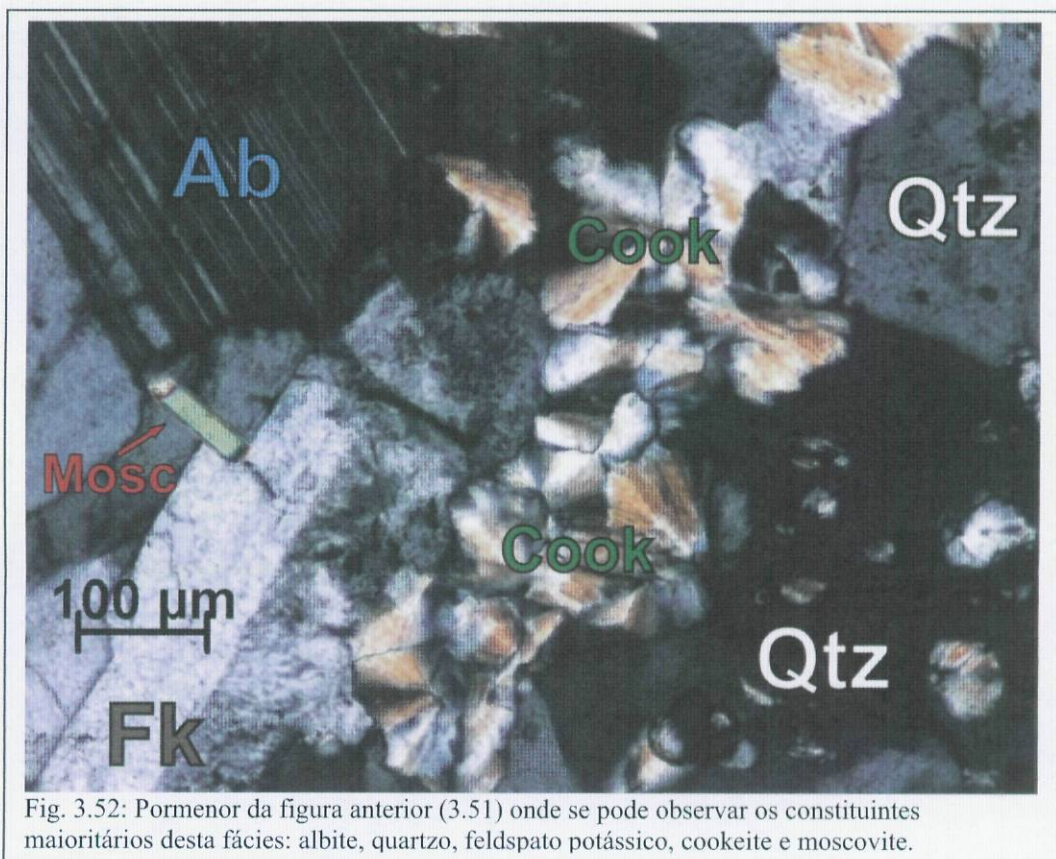
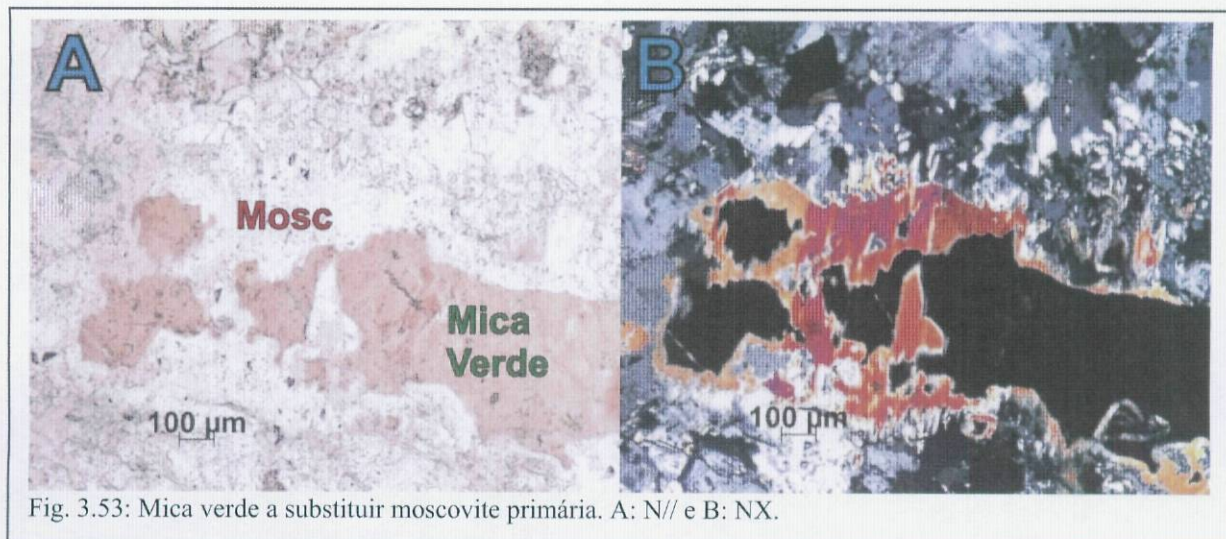


Fig. 3.51: Aspecto geral da fácies V em NX.



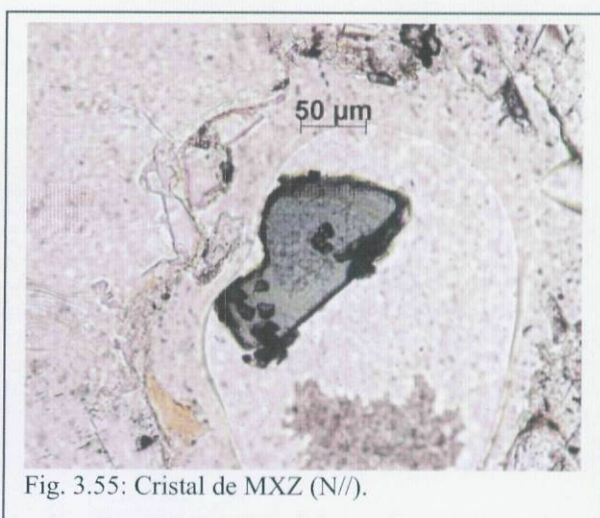
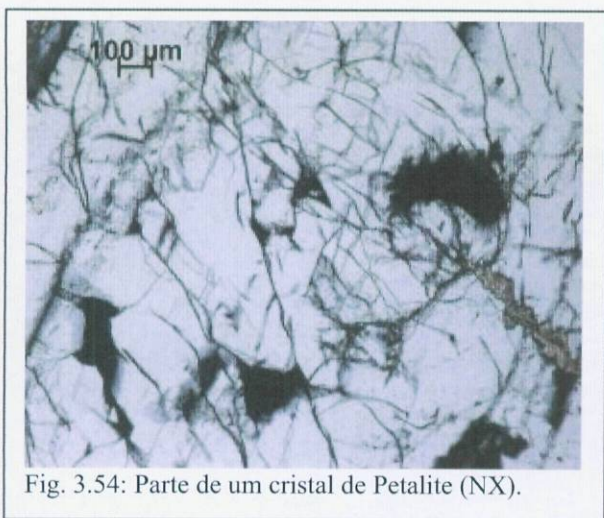
Foram observadas muitas estruturas como as da figura 3.53, em que é possível observar mica verde/acastanhada a substituir moscovite primária. Neste caso possui uma coloração acastanhada.



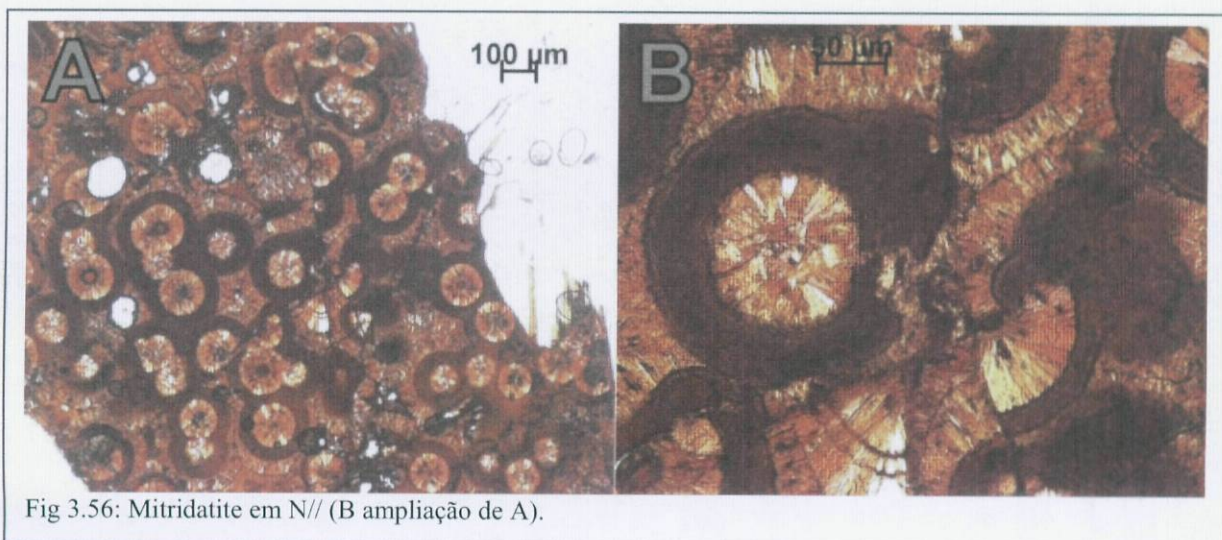
3.6 FÁCIES P – fácies leucocrata com Petalite

Em amostra de mão esta fácies é bastante semelhante à fácies L, no entanto, apresenta uma diferença significativa pois contém petalite (fig. 3.54) e aglomerados de fosfatos de cor castanha de grande dimensão (<5mm).

Ao microscópio pode observar-se algumas diferenças, como a pouca quantidade de feldspato potássico (albitização quase total) e alanite, e a inexistência de andaluzite e apatite (fosfato primário). Outro aspecto particular desta fácies é a presença de muitos cristais de MXZ, alguns de dimensão considerável ~ 150 μm (fig. 3.55).



Através de recurso a ME verificou-se que o fosfato presente em maior quantidade nos aglomerados é mitridatite (fig. 3.56), existindo, no entanto, outros. A nigerite é rara, encontra-se corroída (fig. 3.57) e, apresenta inclusões de cassiterite (fig. 3.58).



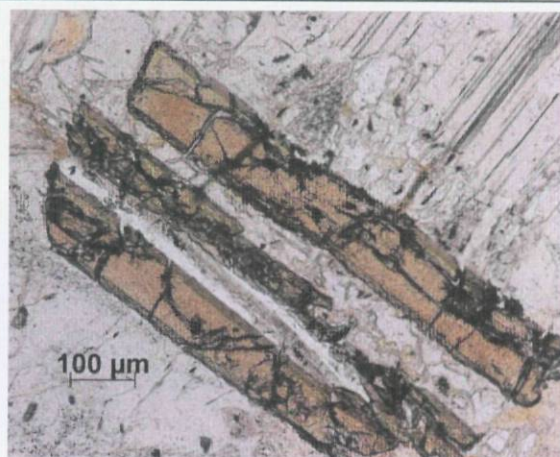


Fig. 3.57: Nigerite (N//).

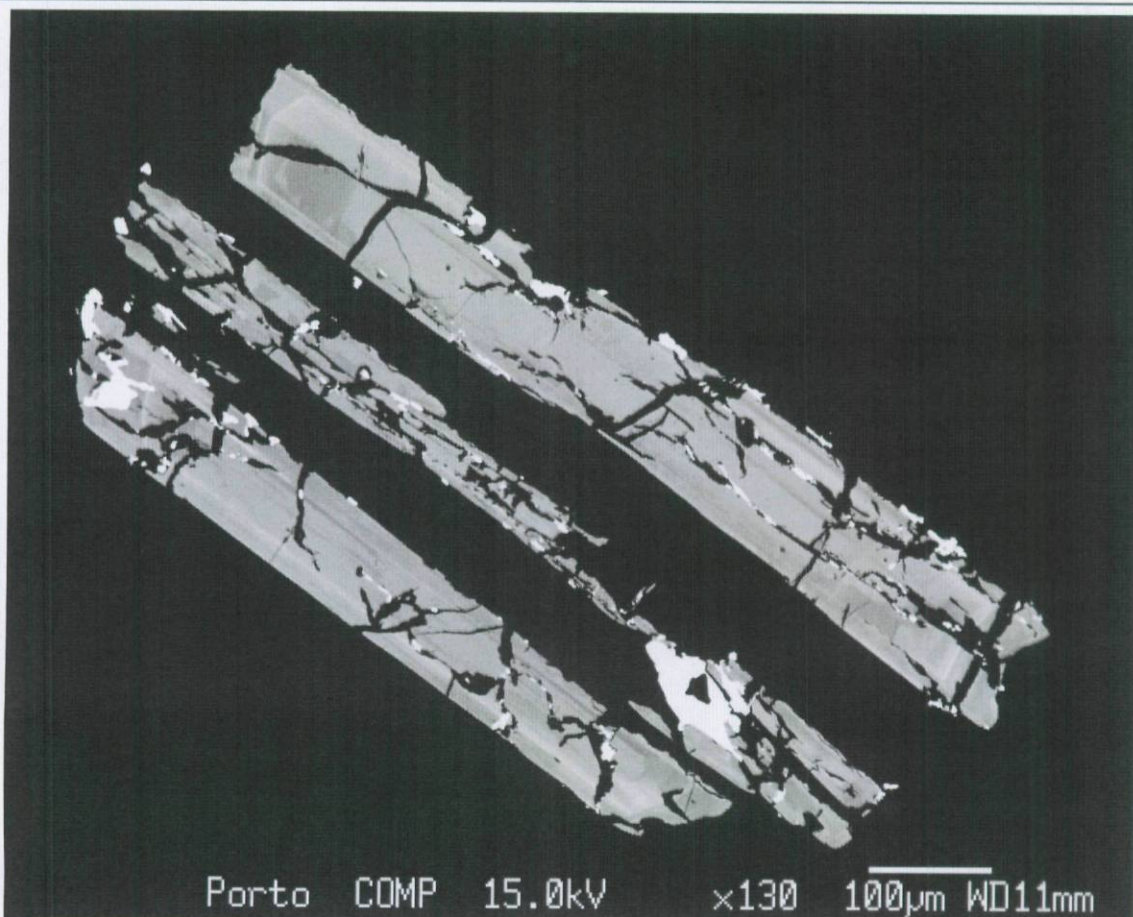


Fig. 3.58: Cristal de nigerite da foto anterior – fotografia obtida por ME – onde é possível observar algum zonamento. As zonas a branco correspondem a cassiterite.

3.7 CONSIDERAÇÕES

Em baixo apresenta-se um quadro resumo dos minerais encontrados em cada uma das fácies. Apesar de a maioria terem sido identificados em microscopia, para alguns casos utilizou-se Microsonda Raman e para outros ainda, a Microsonda Electrónica (ME).

Algumas amostras foram analisadas com ME na Universidade de Brno (República Checa), mas destas análises apenas tivemos acesso à lista de minerais de foram encontrados. A determinação da variedade de apatite, que se verificou ser cloroapatite, foi um dos aspectos que nos foi revelado pelo Departamento de Mineralogia da referida universidade.

Mineral	Fácies				
	L	F	A	V	P
Quartzo	X	X	X	X	X
Albite	X	X	X	X	X
Fk	X	X	X	X	X
Moscovite	X	X	X	X	X
Nigerite	X	X	X	x	x
Andaluzite	X	X	X		
Silimanite			X		
Berilo	X	X		X	x
Vivianite	x	X	x		
Apatite (cloroapatite)	X	x	X		
Pretulite			x		
Mitridatite					X
Fosfatos (não identificados)	X	X	X	x	x
Moscovite secundária	X	X	X	x	x
Mica verde	X	x		X	
Cookeite				X	
Argilas	X	X	X	X	X
Alanite	x	X	x	x	X
Turmalina	x	x		x	
Crisoberilo		X			
Petalite					X
Rútilo	x	X	X	x	x
Ilmenite	x	x	x		x
Goetite		x			
Cassiterite		x			x
Monazite, Xenótima e Zircão	x	x	x	x	x

Quadro 3.1: Minerais encontrados em cada uma das fácies.

X – constituinte maioritário
X – mineral presente em alguma quantidade
x – mineral presente ocasionalmente

- Através da análise do quadro verifica-se que:
- as fácies V e P não têm andaluzite e fosfatos primários (vivianite e apatite);
 - não se encontrou berilo na fácies A, no entanto pensamos que tal facto se deveu ao estudo de apenas uma lâmina delgada desta fácies;
 - deverá existir turmalina em todas as fácies, simplesmente é muito rara;
 - a petalite encontrou-se apenas na fácies P, a cookeite encontrou-se apenas na fácies V, e a pretulite e silimanite apenas na fácies A

Levantam-se então algumas hipóteses:

- as fácies V e P parecem ser mais evoluídas que as restantes devido à inexistência de fosfatos primários (vivianite e apatite) e andaluzite, e à presença de mineralizações de lítio (cookeite e petalite, respectivamente);
- a fácies A poderá localizar-se numa superfície de passagem de fluidos tardios de alta temperatura que permitiu a cristalização de silimanite (aluminossilicato de temperatura de cristalização superior à da andaluzite). Esta hipótese é também fundamentada pelo modo de ocorrência que se observou no campo.

Em seguida encontram-se algumas informações sobre os minerais encontrados.

Quartzo SiO_2

A par da albite e do feldspato potássico, este é um dos constituintes mineralógicos maioritários deste granito. Apresenta-se em cristais anédricos intersticiais, com algumas inclusões fluidas e por vezes com extinção ligeiramente ondulante.

Albite $\text{Na}_{1,0-0,9}\text{Ca}_{0,0-0,1}\text{Al}_{1,0-1,1}\text{Si}_{3,0-2,9}\text{O}_8$

É um mineral muito comum neste granito e apresenta-se com duas gerações diferentes: primária e de alteração hidrotermal do feldspato potássico. É normalmente anédrica, por vezes subédrica, e com macla polissintética muito comum.

Feldspato Potássico KAlSi_3O_8

A esta espécie mineral pertencem os maiores cristais encontrados nas amostras recolhidas, chegando a ser centimétricos. Surge em cristais anédricos a subédricos, muitas vezes albitizados, pelo menos parcialmente. Encontra-se ocasionalmente caulinizado, pertítico e com inclusões (especialmente de moscovite e berilo).

Embora em microscopia pareça existir em pouca quantidade, através de Microsonda Electrónica verifica-se que muitos dos cristais que evidenciam macla polissintética típica da albite, possuem ainda a estrutura de feldspato potássico.

Moscovite $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH};\text{F})_2$

Aparece em alguma quantidade e em 2 gerações distintas: primária – normalmente em relíquias, em inclusões nos feldspatos ou muito alterada para mica verde; secundária – por vezes a substituir andaluzite, e parece ser deste tipo a mesma que aparece em espaços entre cristais de feldspatos e quartzo.

Nigerite $(\text{Fe}^{2+}, \text{Zn}, \text{Mg})(\text{Sn}, \text{Zn})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_{12}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Este mineral é visível em amostra de mão ou com auxílio de uma lupa, chegando a atingir 0,5 mm de diâmetro. Em microscopia verifica-se que é normalmente euédrico, com faces muito bem definidas – cristais hexagonais de cor acastanhada.

Nas fácies V e P aparece alterada e em muito pouca quantidade.

Andaluzite Al_2SiO_5

Visível em amostra de mão em cristais prismáticos cor-de-rosa, este mineral surge em todas as fácies. Em microscopia aparece em secções prismáticas e por vezes basais, com pleocroísmo entre incolor e rosa nas zonas interiores das secções prismáticas. Apresenta ainda inclusões de minerais ricos em REE como a alanite, monazite, xenótima e zircão.

Silimanite Al_2SiO_5

Surge na fácies A como um dos constituintes maioritários, sendo inclusive possível observar em amostra de mão (aspecto de mica branca).

Berilo $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

Aparece em cristais com alguma dimensão que podem ultrapassar 500 μm .

Vivianite $\text{Fe}_3^{2+}(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Este mineral surge em cristais subédricos, por vezes com forte pleocroísmo de tons de azul e verde, ou em agregados. Parece ser preimária.

Apatite (Cloroapatite) $\text{Ca}_5[\text{Cl}(\text{PO}_4)_3]$

A cloroapatite apresenta-se em cristais euédricos a subédricos, com tons ligeiramente esverdeados, sendo muito abundante nas fácies L e A. Tal como a vivianite parece claramente primária.

Pretulite ScPO_4

Ocorre em cristais anédricos associada a monazite, xenótima e zircão.

É um dos poucos minerais que contêm escândio (Sc), facto que só por si o torna num mineral muito raro. É um fosfato quase puro de Sc, mas cujo teor em REE (em média 1,5% de Y_2O_3) está de acordo com os já referidos minerais ricos em REE que se lhe encontram associados.

Mineral detectado pela primeira vez nesta área, ocorrendo apenas na fácies A. No entanto, valores anómalos de Sc já haviam sido detectados por Oliveira (1969) em amostras

dos aplitopegmatitos do Seixoso, em teores por vezes de 100 ppm, quando o valor de referência para o Sc é 4 ppm.

Mitridatite $\text{Ca}_2\text{Fe}_3^{3+}\text{O}_2(\text{PO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Mineral castanho com crescimento em agregados radiais, por vezes visível em amostra de mão.

Este mineral típico da oxidação de fosfatos ricos em Fe, nomeadamente trifilite e vivianite, ocorre em pegmatitos graníticos (Anthony et al, 2005), o que está de acordo com a grande quantidade de vivianite encontrada nas amostras.

De notar que também esta espécie foi detectada pela primeira vez.

Fosfatos

Fosfatos de tons acastanhados, avermelhados e amarelos da série Eosforite-Childrenite (ricos em Mn e Fe), da série Ambignonite-Montebrasite (Li), e Crandallite (Al e algum Ca), foram identificados no laboratório do Departamento de Mineralogia da Universidade de Brno (República Checa) com recurso a Microsonda Electrónica de Varrimento (MEV), no entanto não nos foi possível associá-los aos cristais observados em microscopia.

Dada a grande quantidade e variedade de fosfatos, não foi possível efectuar estudos pormenorizados sobre todos eles. Foram identificadas espécies novas na mineralogia conhecida desta área, como a Pretulite e a Mitridatite, mas há ainda muito a estudar. Fica apenas esta nota para futuros estudos.

Mica Verde

Parece resultar da alteração da moscovite e de feldspatos, podendo ser duas espécies minerais diferentes. Tem normalmente tonalidades verdes, mas por vezes surge em tons acastanhados.

O espectro Raman obtido nesta mica é semelhante ao da Pirofilite, que difere da moscovite por não conter K e ter maior conteúdo em sílica, no entanto não deverá ser o referido mineral.

Cookeite $\text{LiAl}_4(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

É um dos constituintes maioritários da fácies V, e que provavelmente confere a tonalidade verde à matriz.

Esta mica é comum como produto de alteração hidrotermal em pegmatitos graníticos ricos em Li (Anthony et al, 2005) e pertence ao grupo da clorite.

Argilas

Ocorrem de forma abundante na fácies A e V e aparecem com alguma frequência nas restantes fácies, resultando da caulinização dos feldspatos.

Alanite $(\text{Ce,Ca,Y})_2(\text{Al,Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$

Este mineral surge em cristais euédricos e sempre opaca (por vezes com halos pleocróicos), o que poderá significar metamictização – inclusões de elementos radioactivos emitem radiação alfa que provoca uma degradação progressiva da estrutura interna dos minerais, através de bombardeamento interno (Primak, 1964).

Aparece por vezes associada a fosfatos tardios.

Turmalina $\text{NaFe}_3^{2+}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$

Ocorre em relíquias muito alteradas, mas dada a dimensão original dos grãos, e a informação obtida na bibliografia, originalmente poderia existir em alguma quantidade, mas desapareceu quase totalmente devido à ocorrência de fenómenos hidrotermais tardios.

Crisoberilo BeAl_2O_4

Este mineral é muito referido na bibliografia, nomeadamente por Maijer (1965) e Helal (1992), no entanto devido à difícil distinção do berilo, foi detectado apenas na fácies F através de Microsonda Raman.

Petalite $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$

Ocorre como constituinte maioritário da fácies P em cristais normalmente subédricos, que podem ser centimétricos.

Este mineral de Li, comum em pegmatitos da Classe dos Elementos-Raros bastante evoluídos (London, 2008), foi observado pela primeira vez neste couro mineiro.

Rútilo TiO_2

Ocorre em cristais castanhos, com relevo elevado, amorfos (com a estrutura danificada), e parece ser primário. Identificado em todas as fácies.

Ilmenite $\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$

Ocorre em cristais basais e prismáticos, raros, não tendo sido observado na fácies V.

Goetite $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$

Este óxido tardio cristalizou em espaços entre cristais e possui tons avermelhados a negros.

Cassiterite SnO_2

Muito rara, foi encontrada associada a nigerite e noutros casos associada a xenótima e zircão, com recurso a ME.

MXZ: Monazite CePO_4 Xenótima YPO_4 Zircão ZrSiO_4

Ocorrem como minerais primários em cristais normalmente subédricos. Estes minerais foram detectados em todas as fácies através de recurso a ME. Não foi possível distingui-los em microscopia, pelo que resolvemos denominá-los por MXZ uma vez que não sabemos exactamente de qual das espécies se trata.

Foram ainda detectados, com recurso a ME, outros minerais, todos eles com ocorrência muito rara nas amostras:

- Uraninite UO_2
- Minerais da série Cordierite $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ – Sekaninaite $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$
- Blenda $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$
- Escorodite $\text{Fe}^{3+}\text{AsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Almandina $\text{Fe}_3^{2+}\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

CONCLUSÕES

O presente estudo e conseguinte descrição mineralógica do Granito da Mina do Outeiro baseou-se primeiramente num estudo da bibliografia existente, nomeadamente sobre o trabalho de Braga da Cruz (1969) e de Helal (1992).

Em seguida procedeu-se ao estudo do local, recolha de amostras, e análise destas. O estudo petrográfico permitiu-nos observar:

- todas as fácies são constituídas maioritariamente por quartzo, albite (sendo que parte resulta da albitização de feldspatos potássicos), feldspato potássico e alguma moscovite;
- a presença de nigerite e de grande quantidade de fosfatos está localizada em duas áreas da Mina;
- total ausência de biotite em toda a área explorada;

É notória igualmente a existência de fenómenos hidrotermais tardios, nomeadamente uma forte albitização que afectou os feldspatos potássicos primários, e que provavelmente permitiu a lixiviação do fósforo destes mesmos feldspatos, e a sua precipitação sob a forma de fosfatos em fracturas e espaços entre cristais, e que contribuiu para as fortes colorações observadas em algumas fácies.

Foi possível identificar praticamente todos os minerais anteriormente descritos para este granito. Para além dos minerais já referidos em trabalhos anteriores, foram identificados a petalite (mineral de Li), e também os fosfatos pretulite (Sc) e a mitridatite (Fe e Ca).

A presença de petalite (mineral típico de pegmatitos da Classe dos Elementos Raros) e de pretulite (fosfato de Sc, elemento este detectado em quantidades anómalas nos pegmatitos) leva-nos a propor que o granito do Outeiro foi gerado por um magma mais evoluído (relativamente aos restantes granitos existentes na região), magma este que poderá estar na origem dos aplitopegmatitos de Seixoso-Vieiros. Estes minerais surgiram inseridos em fácies identificadas desta forma pela primeira vez (L, F, A, V e P), dado que nos últimos anos este afloramento granítico tem sido alvo de exploração, o que pôs a descoberto zonas mais profundas e mais interiores do corpo, que aquando dos últimos estudos realizados não estariam possivelmente visíveis.

Foi possível assim dar um contributo real para o conhecimento desta zona, e em especial destacar a riqueza e variedade mineralógica deste local, que esperamos que num futuro próximo seja alvo de trabalhos mais aprofundados, de modo a poder determinar ou pelo menos propor um possível modelo genético, quer deste granito quer dos granitos e aplitopegmatitos que coexistem na área, e determinar as possíveis relações entre eles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W. & Nichols, M. C. (2005). "Handbook of Mineralogy". Mineral Data Publishing, Handbook PDFs, version 1. 3774 p.
- Braga da Cruz, A. M. (1969). "A Amostragem na Exploração dos Pegmatitos com cassiterite. Aplicação ao jazigo do Seixoso (Felgueiras)". Memórias e Notícias, nº67, Museu e Laboratório Mineralógico da Universidade de Coimbra e do Centro de Estudos Geológicos, p.1-133.
- Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000, folha 9B, Guimarães (1986). Serviços Geológicos de Portugal.
- Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000, folha 10A, Celorico de Basto (1989). Serviços Geológicos de Portugal.
- Carta Militar de Portugal à escala 1:25000, folha 100, Arnóia (Celorico de Basto) (1998). Instituto Geográfico do Exército, Edição 3.
- Cerný, P. (1994). "Evolution of Feldspars in Granitic Pegmatites". I. Parson (ed.), Feldspars and Their Reactions, Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp. 501-540.
- Cotelo Neiva, J. M. (1944). "Jazigos Portugueses de Cassiterite e de Volframite". Separata do Tômo XXV das Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa. p1-231.
- Cotelo Neiva, J. M. (1992). "O Jazigo Pegmatítico de Vieiros (Amarante) com Cassiterite, Columbotantalite e Minerais Litiníferos". Relatório Inédito. 63 p.
- Helal, B. (1992). "Granitoides, granites à métaux rares et hydrothermalisme associe: géologie, minéralogie et géochimie de plusiers suites tardi-hercyennes (Nord du Portugal)". École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne et École Nationale Supérieure des Mines de Paris. pp. 59-95, 205-228, 253-260.
- London, D. (2008). "Pegmatites". The Canadian Mineralogist, Special Publication. Mineralogical Association of Canada. pp. 17-125.

- Maijer, C. (1965). "Geological investigations in the Amarante region (Northern Portugal) with special reference to the mineralogy of the cassiterite-bearing albite pegmatites". pp. 35-147.
- Oliveira, J. M. S. (1969). "Aspectos Geoquímicos de Pegmatitos e veios da area estano-volframítica de Amarante-Celorico de Basto". Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro. Vol. XIX – Fascs. 1-2.
- Pereira, E. (1989). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000 Folha 10-A, Celorico de Basto. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 53 p.
- Primak, W. (1954). "The Metamict State". Physical Review, Vol. 95, n.º 3. p. 837.
- Van Tassel, R. (1965). "Nigerite from Lixa, near Felgueiras, Douro Litoral province, Portugal". Institute royal dês Sciences naturelles de Belgique. pp. 482-486.
- Winkler, H. G. F. (1976). "Petrogenesis of metamorphic rocks". Springer-Verlag (4ª Edição). 334 p.