

CARLOS MIGUEL PEDROSO DE ALMEIDA

**ESTUDO DO FILÃO APLITOPEGMATÍTICO
DA MINA DA BAJOCA, ALMENDRA
CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA**



FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
PORTO - 2003

O Presidente do júri
Helena Couto

Carlos Miguel Pedroso de Almeida

**ESTUDO DO FILÃO APLITOPEGMATÍTICO DA MINA
DA BAJOCA, ALMENDRA. CONTRIBUIÇÃO
CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA**



FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

UNIVERSIDADE DO PORTO
BIBLIOTECA
Sala
Coloc.
N.º <u>49662</u>
FACULDADE DE CIÊNCIAS

Departamento de Geologia
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Porto – 2003

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre, no âmbito do Mestrado em
Prospecção e Avaliação de Recursos Geológicos da Faculdade de Ciências da
Universidade do Porto

Reg. 1836
Nota 553-613/
ALYIC/E ac.1

2009.07-21

6 fente

Vues de westward

Agradecimentos

Os meus agradecimentos direccionam-se em primeiro lugar para o Doutor Alexandre Lima, pelo empenho, capacidade e coerência científica que possui, assim como, geólogo que luta dia a dia para enobrecer a nossa classe, também por ter aceite ser o meu orientador de tese, pois mais que um professor foi um amigo que sempre se disponibilizou a ajudar tanto a nível de docência, como a nível pessoal, a ele os meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor Fernando Noronha, por ser o timoneiro de um grupo de investigação que dá oportunidade aos mais jovens, e ao mesmo tempo enriquece o conhecimento geológico do nosso país, ao Professor o meu muito obrigado.

Ao Doutor Iulius Bobos, pela inovação e dados científicos que alargaram horizontes na perspectiva científica do trabalho efectuado.

Aos meus colegas, John Morris, Miguel Prazeres, Romeu Vieira, José Mota, Paulo Ferraz, Mário Lança, Raul Xastre o meu muito obrigado por tudo.

Aos Mineiros, pela lição de vida que me deram, e a todos os Almendrenses, que me acolheram no seio da sua família, o meu sincero sentido de gratidão.

À Felmica Minerais Industriais S.A., pelo apoio que me deram enquanto geólogo dos seus quadros, à pessoa do Sr. Carlos Mota que sempre aprovou e apoiou o trabalho realizado, ao Dr. Rui Vide, pelo seu apoio como profissional de uma das maiores empresas da Europa de minerais cerâmicos, pela oportunidade que me deu de aprender no terreno o que era ser geólogo mineiro, às Eng^{as} Patrícia e Sameiro pela sua amizade e ensinamentos técnicos de engenharia cerâmica, ao Nuno Santos, pelo seu apoio como colega e amigo de trabalho, a todos eles o meu obrigado.

A todos que me ajudaram, e que não enunciei, o meu obrigado.

Aos meus pais e irmã, porque só eles sabem o que é semear para no futuro colher, apesar de todos os momentos difíceis que passei, sempre me disseram para levantar a cabeça e olhar em frente, para eles não existem palavras que possa descrever o que senti, sinto e sentirei – OBRIGADO –.

E à Patrícia, sem ti tudo isto não era possível, e tu sabes..., OBRIGADO.

Resumo

O filão pegmatítico da mina da Bajoca é o filão principal de uma exploração a céu aberto para fornecer a Indústria Cerâmica, embora tenha sido uma mina de estanho no século passado. Estende-se ao longo de 700 metros com possanças variando entre alguns metros e mais de 30 metros nas zonas mais possantes. É claramente intrusivo nos metassedimentos do Complexo Xisto-Grauváquico, apresentando uma orientação geral N10° com um mergulho variando entre 30° e 45° para oeste.

Para além deste, existem os filões lepidolíticos de Almendra. O que está dentro da concessão da mina da Bajoca, é um filão aplitopegmatítico clássico com lepidolite, com um comprimento de cerca de 200 metros e 5 metros de espessura.

No âmbito de trabalhos de investigação no filão principal da Bajoca, foi posta em evidência a presença de minerais de lítio, principalmente sob a forma de petalite, mas também de montebrasite-ambligonite, que aparece como mineral acessório, em cristais milimétricos. A petalite por sua vez ocorre sob a forma de massas microcristalinas de cor branca ou em cristais centimétricos com clivagem perfeita segundo (001). É um mineral essencial numa área perto do tecto deste filão, que é assim considerado zonado em termos de lítio, uma vez que a muro é praticamente estéril, verificando-se um enriquecimento significativo para tecto.

Estes pegmatitos com elementos raros são segundo a classificação de Cerny, da família LCT (Li, Cs, Ta). São do tipo complexo, sendo o filão principal da Bajoca do subtipo petalite, enquanto os referidos em segundo lugar são do subtipo lepidolite. A crescente procura mundial por estes materiais podem ser um incentivo ao desenvolvimento de uma nova Indústria Extractiva para esta região, que como se sabe tem graves problemas de desertificação populacional e de tecido industrial. Esta nova Indústria teria características especiais, na medida que este tipo de explorações é muito menos agressivo que as antigas indústrias mineiras, pois são de pequena dimensão, no tempo e no espaço, fazendo assim com que a possível recuperação ambiental seja muito mais rápida e eficaz.

Abstract

The Bajoca mine pegmatite vein is the main body of an open pit exploitation, linked to the Ceramic Industry, although Bajoca mine was a tin mine in the last century. This vein has an extension of 700 meters, with variable thickness between few meters and more than 30 meters. It is clearly intrusive in the metasediments of the "*Complexo Xisto-Grauváquico*", showing a general orientation N10° with dip variations between 30° and 45° W.

During the research work done in the main vein of the Bajoca mine, was clearly showed the existence of lithium minerals, that occurs as montebrasite-ambligonite and mainly as petalite. The montebrasite-ambligonite appears as accessory mineral, in milimetric crystals. The petalite occurs as microcristaline mineral masses, white in color, or in centimetric crystals with perfect cleavage {001}. Is an essential mineral in the vein hanging wall area, what means that it is considered zoned in terms of lithium, because the foot-wall is almost sterile, with a significant enrichment to the roof zone.

These rare element pegmatites are considered by Cerny classification as LCT (Li, Cs, Ta) family. They are of the complex type, as lepidolite subtype meanwhile the main vein of Bajoca mine is classified as petalite subtype.

The worldwide growing needs of these raw materials, could and should be a motivation to the development of a new industry in this region. As we know this region (NE of Portugal) as several problems related to industrial and human desertification. This new industry as special characteristics, showing a smaller environmental impact compared to the ancienne exploitations of tin and other ore minerals. They have small dimension in time and space, making this possible with small mining compounds, and plants more friendly to the environment.

Lista de Figuras:

Figura 01 – Localização da Freguesia de Almendra, Concelho de Vila Nova de Foz Côa
(www.anecra.pt)

Figura 02 – Mapa do trajecto de Porto a Almendra (Route 66 – Route 2002).

Figura 03 – Extracto da Folha 151 da Carta Militar de Portugal 1 / 25 000 (IGEOE), com foto satélite do SNIG adaptada. (www.snig.pt)

Figura 04 – Campo Aplitopegmatítico de Almendra – Barca de Alva.

Figura 05 – Localização geológica da zona da Mina da Bajoca, com extracto da Folha 15-A da Cartografia Geológica à escala 1:50.000 do IGM, em que as cores esverdeadas se referem aos metassedimentos e as cores rosadas aos granitóides. Os filões aplitopegmatíticos aparecem a vermelho.

Figura 06 – Localização da área estudada nas unidades tectonoestratigráficas (adaptado de Julivert, 1972) e no Mapa Geológico de Portugal Continental – IGM.

Figura 07 – Arco Ibero-Armoricano (Ribeiro, 1979)

Figura 08 – Esquema da tectónica Ibérica (Ribeiro et al. 1979).

Figura 09 – Deformação e metamorfismo no Hercínico (Dias & A. Ribeiro, 1994).

Figura 10 – Relação dos granitóides sin-orogénicos de duas micas sin a tardi F3 com zonas de cisalhamento dúctil (Norte da ZCI), adaptado de Ferreira et al. (1987).

Figura 11 – Geologia do plano de Lavra (Vide, 1999)

Figura 12 – Esquema dos perfis para o cálculo de reservas (Vide, 1999)

Figura 13 – Estações de leitura das atitudes do contacto do filão com os metassedimentos envolventes.

Figura 14 – Diagrama de roseta das direcções dos planos de contacto dos metassedimentos com o filão.

Figura 15 – Pontos de amostragem pontual no filão

Figura 16 – Esboço do mapa com localização da amostragem em painel.

Figura 17 – Implantação topográfica do Céu Aberto, previsto para a exploração no plano de lavra (Vide, 1999).

Figura 18 – Perfil da furação para carga de explosivos (Vide & Simões, 1999).

Figura 19 – Diagrama de Fogo (Vide & Simões, 1999).

Figura 20 – Quadro paragenético do Filão da Mina da Bajoca.

Figura 21 – Modelo cristalográfico da Ortoclase. (www.webmineral.com)

Figura 22 – Modelo cristalográfico da Albite.(www.webmineral.com)

Figura 23 – Aspecto cristalográfico da petalite (www.webmineral.com)

Figura 24 – Modelo cristalográfico da Lepidolite (www.webmineral.com).

Lista de Fotos:

Foto 01 – Mina de Feli (La Fregeneda – Espanha).

Foto 02 – Afloramento do Granito da Mêda perto de Almendra.

Foto 03 – Granito da Meda aspecto petrográfico (5X – N+)

Foto 04 – Exploração em blocos (Granito da Meda)

Foto 05 – Filão da Bajoca em 1998

Foto 06 – Filão da Bajoca em 2001.

Foto 07 – Filão da Bajoca em 2002.

Foto 08 – Remoção de estéril flanco Oeste do filão.

Foto 09 – Filão da Bajoca em 2003.

Foto 10 – Pormenor da foto anterior com destaque para os filões ramificados.

Foto 11 – Amostra de mão que ilustra em pequena escala o carácter magmático intrusivo típico da injeção de material.

Foto 12 – Dobras tipo “kink” ou “chevron” nos metassedimentos.

Foto 13 – Filão de quartzo tardio Flanco Oeste, nível 291 encaixado nos metassedimentos.

Foto 14 – Amostragem de painel

Foto 15 – Giratória a repar o contacto dos metassedimentos do filão.

Foto 16 – Perfuração efectuada por rotopercussão destrutiva.

Foto 17 – Carregamento de explosivos na boca do furo.

Foto 18 – Explosão de frente de mina.

Foto 19 – Equipa de trabalho no ano de 2003.

Foto 20 – Unidade de britagem de maxilas (primário).

Foto 21 – Unidade de moagem por impactos (secundário).

Foto 22 – “Rear Dumper” no primeiro parque de lotes.

Foto 23 – Parque de lotes de expedição para a industria cerâmica

Foto 24 – Abastecimento do minério tal e qual britado para a industria.

Foto 25 – Ribeira de Albergães.

Foto 26 – Aspecto do relevo acidentado da Mina.

Foto 27 – Enquadramento paisagístico.

Foto 28 – Plantação de espécies arbóreas nos coroamentos dos taludes de escombreira.

Foto 29 – Escombreira da Bajoca com recuperação paisagística.

Foto 30 – Esquema estrutura da falha e da zona da petalite.

Foto 31 – Massa de petalite microcristalina na zona do filão.

Foto 32 – Agregado de cristais de quartzo+albite+ ortoclase prismática.

Foto 33 – Petalite em cristal centimétrico fresco.

Foto 34 – Cristal de petalite alterado com clivagem perfeita segundo (001).

Foto 35 – Aspecto da textura do aplitopegmatito da Mina da Bajoca.

Foto 36 – Feldspatos, associados com minerais de menor granulometria de quartzo e moscovite.

Foto 37 – Degradação dos feldspatos com presença muito comum de mirmequites.

Foto 38 – Petalite com grãos de quartzo globular.

Foto 39 – Aspecto da petalite com inclusões de albite radial.

Foto 40 – Zona de greisen (moscovite+quartzo) no aplitopegmatito.

Foto 41 – Cristal de cassiterite, com macla “joelho de estanho” .

Foto 42 – Lâmina da TMA-P-02 vista na lupa, com zonas alvo.

Foto 43 – Zona 1 TMA-P-02 pontos 24, 25 e 26, com montebrasite (Quadro - 7)

Foto 44 – Zona 2 TMA-P-02 pontos 20,21,22 e 23, onde a composição do mineral é consistente com a série ambligonite-montebrasite.

Foto 45 – Zona 3 TMA-P-02 pontos 11 a 19, feitos em ambligonite-montebrasite.

Foto 46 – Aspecto da lâmina delgada e zonas alvo TMA-P-11.

Foto 47 – Zona 2 da TMA-P-11 com os pontos 8 e 9 indicando a constituição da albite, e com a análise do ponto 7 indicando a petalite.

Foto 48 – Análise da Zona 3 do TMA-P-11 nos minerais montebrasite e petalite com os pontos de 1 a 9, na petalite e na montebrasite-ambligonite que ocupa as zonas de alteração

Foto 49 – Aspecto da Lâmina polida da Amostra TMA-P-13.

Foto 50 – Análise dos pontos 28, 29 e 30 na amostra TMA-P-13, de uma zona com minerais de alteração, nomeadamente óxidos de ferro acompanhados por fosfatos cristalizados sob a forma de flúor-apatites.

Foto 51 – TMA-P-13 zona 2 com pontos 31, 32 e 33. (5X – N+).

Foto 52 – TMA-P-98 pontos 1 a 4 nas cassiterites.

Foto 53 – Cassiterites com zonamento. TMA – P – 98, pontos 5 a 11.

Foto 54 – Análise às micas TMA-P-98 (moscovites) 6 e 7.

Foto 55 – Microscópio electrónico de varrimento, CEMUP – Porto. (Vieira, 2002).

Foto 56 – MEV de análise FCPEG_2.

Foto 57 – MEV de análise FCPEG_3.

Lista de Gráficos:

Gráfico 1 – Diagrama representativo da estrutura de consumo (%) de fundentes feldspáticos na indústria cerâmica nacional. Adaptado de Marques (2000).

Gráfico 2 – Distribuição das importações de fundentes feldspáticos por países de origem. Adaptado de Marques

Gráfico 3 – Relação $\text{Na}_2\text{O}\%$ - Li (ppm)

Gráfico 4 – Relação $\text{K}_2\text{O}\%$ - Li (ppm)

Gráfico 5 – Relação K_2O – Na_2O

Gráfico 6 – Relação SiO_2 – Na_2O % com correlação negativa

Gráfico 7 – Relação Nióbio, Tântalo e Estanho (óxidos)

Gráfico 8 – Relação $\text{Fe}+\text{Mg}+\text{Mn}$

Lista de Quadros:

Quadro 01 – Evolução da estrutura de produção (adaptado de Ingenium, 2003).

Quadro 02 – Balanço Impor/Expor. de minerais não-metálicos (minerais para industria química, sal e outros minerais não metálicos). Extraído de Bol. de Minas 39 (3/4) Jul./Dez., 2002.

Quadro 03 – Vértices e coordenadas da Concessão C-64 Mina da Bajoca

Quadro 04 – Amostragem metro a metro efectuada no filão da Bajoca e respectivos resultados analíticos.

Quadro 05 – Quadro comparativo das médias das análises obtidas na zona do filão com e sem petalite e de filões com lepidolite (Charoy & Noronha 1999) do campo aplitopegmatítico de Almendra-Barca de Alva. As colunas Petalite e Lepidolite apresentam os valores para pegmatitos de elementos raros da família LCT, respectivamente 1 - do subtipo petalite (Tanco), e 2 - do subtipo lepidolite (Pidlite) sendo estes dados retirados de Cerny (1991).

Quadro 06 - Amostragem Pontual e de sondagem no filão da Bajoca.

Quadro 07 – Análise à montebrasite da TMA-P-02, zona 1 e pontos 24,25 e 26.

Quadro 08 – Análise à montebrasite da TMA-P-02, zona 2 e pontos 21, 22 e 23.

Quadro 09 – Análise à petalite e montebrasite da (TMA-P-02, zona 3 e pontos 12, 13 e 17.

Quadro 10 – Análise à petalite, e a aglomerados de albite com formação posterior, associação mineral muito pouco comum em pegmatito tipo LCT (TMA-P-11, zona 2 e pontos 7, 8 e 9).

Quadro 11 – Análise à petalite, e à montebrasite, com um estágio inicial de alteração meteórica TMA-P-11, zona 3 e pontos 6, 7 e 8.

Quadro 12 – Análise à apatite, e aos óxidos de ferro TMA-P-13, zona 1 e pontos 28, 29 e 30.

Quadro 13 – Análise à apatite, e caulinite TMA-P-13, zona 2 e pontos 31, 32 e 33.

Quadro 14 – Análise às cassiterites TMA-P-98, para determinação de percentagem de metálicos

Quadro 15 – Análise às micas TMA-P-98, para determinação da sua tipologia, que neste caso se revelou como sendo moscovites.

Quadro 16. Fórmula cristalo-química das moscovites.

Quadro 17 – Resultados da química dos minerais de argila das amostras FCPEG 2 – Z1,Z3 e Z4.

Quadro 18 – Resultados da química dos Feldspatos potássicos das amostras FCPEG 1 – Z1,Z2 e FCPEG 2 – Z2

Quadro 19 – Resultados da química dos minerais de argila das amostras FCPEG 3 – Z1 e Z2

ÍNDICE

I – INTRODUÇÃO.....	1
I.1 – Interesse de Estudo	2
I.1.1 – Importância Económica dos Minerais Não-Metálicos	2
I.2 – Enquadramento Geográfico	6
I.3 – Trabalhos Anteriores	9
I.3.1 – Estado do Conhecimento.....	9
I.4 – Objectivos.....	10
I.5 – Metodologia.....	11
I.6 – Campo Aplitopegmatítico Almendra – Barca de Alva.....	11
I.6.1 – Considerações gerais sobre os aplitopegmatitos	11
I.6.1 – Aplitopegmatitos de Almendra – Barca de Alva.....	11
II – ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	18
II.1 – Introdução	19
II.2 – Enquadramento das Litologias Regionais	21
II.2.1 – Rochas Metassedimentares Regionais.....	21
II.2.2 – Tectónica	24
II.2.3 – Metamorfismo	27
II.2.4 – Granitóides Hercínicos.....	28
II.2.4.1 – γ m Granito da Meda.....	29
III – ESTUDO DO FILÃO DA MINA DA BAJOCA – ALMENDRA	32
III.1 – Trabalho de Campo.....	32
III.1.1 – Descrição do filão da Mina da Bajoca e evolução na sua exploração	32
III.1.2 – Trabalhos anteriores no filão da Mina da Bajoca	39
III.1.3 – Trabalhos de Cartografia Geológica.....	40
III.1.4 – Amostragem de Campo.....	42
III.2 – Exploração do filão da Mina da Bajoca	44
III.3 – Impacte do filão da Mina da Bajoca	53

IV – PETROGRAFIA	57
IV.1 – Descrição Mineralógica Macroscópica.....	58
IV.2 – Estudo da Microscopia Óptica	61
V – GEOQUÍMICA.....	67
V.1 – Introdução	68
V.2 – Resultados da Geoquímica Amostragem em Canal	69
V.3 – Resultados da Geoquímica Amostragem Pontual e de Sondagem	72
V.4 – Estudo Cristal-químico	75
V.4.1 – Microsonda Electrónica	75
V.4.2 – Microscópio Electrónico de Varrimento	88
VI – APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DOS MINERAIS ESTUDADOS.....	92
VI.1 – Considerações Gerais	93
VI.2 – Descrição Tecnológica dos minerais estudados	93
VI.2.1 – Feldspato.....	93
VI.2.2 – Minerais litiníferos.....	97
VI.2.2.1 – O Mineral Industrial Petalite	98
VI.2.2.2 – As aplicações do Lítio.....	99
VI.2.2.3 – A situação a nível Mundial.....	101
VII – CONCLUSÕES	103
VII.1 – Contribuição do estudo do filão da mina da Bajoca	104
VII.1.1 – Caracterização Científica do Depósito Mineral	104
VII.1.2 – Caracterização Tecnológica do Depósito Mineral.....	105
VII.2 – Aplicação do estudo para potenciação de reservas em futuras explorações na região.	106
BIBLIOGRAFIA.....	108
ANEXOS.	

Capítulo I – Introdução

Interesse do Estudo

Importância Económica dos Minerais Não-Metálicos

Enquadramento Geográfico

Trabalhos anteriores

Estado do Conhecimento

Objectivos

Metodologia

Campo Aplitopegmatítico Almendra – Barca de Alva

Considerações gerais sobre os aplitopegmatitos

Aplitopegmatitos de Almendra – Barca de Alva

I – Introdução

I.1 – Interesse do Estudo

A dissertação de tese aqui apresentada encontra-se inserida no “Mestrado em Prospeção e Avaliação de Recursos Geológicos” da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, sendo orientador da mesma, o Doutor Alexandre Lima.

A tese foi desenvolvida no âmbito do enquadramento profissional do mestrando como Geólogo Estagiário da Concessão C-64 (Mina da Bajoca) pertencente à empresa Felmica – Minerais Industriais S.A. unidade de Almendra, Vila Nova de Foz Côa, Distrito da Guarda.

Devido à escassez de estudos nos aplitopegmatitos desta área, nomeadamente de índole científico-tecnológica, decidiu-se orientar os trabalhos como uma contribuição para o estudo do filão principal da Mina da Bajoca – Almendra

Dado o carácter multidisciplinar do Mestrado, a tese incidiu na prospeção e avaliação dos recursos minerais, estabelecendo pontes de conhecimento entre a ciência e a indústria.

I.1.1 – Importância Económica dos Minerais Não-Metálicos

A indústria extractiva tem sofrido profundas alterações das suas características. Essas mudanças foram causadas pelas novas leis de mercado (o mercado de abastecimento foi substituído por um mercado de sustentabilidade, ver Quadro 1) pela abertura de novos jazigos minerais à prospeção e exploração mineira (consequência do processo da globalização), a entrada em produção de jazigos de classe mundial (com custos de produção muito baixos), ajudado com a deslocação da produção dos minérios metálicos e energéticos dos tradicionais países mineiros para novos países (considerados pobres), devido às exigências ambientais a que os países mais desenvolvidos estão sujeitos (Ingenium,2003).

Quadro 1 - Evolução da estrutura de produção (adaptado de Ingenium, 2003).

O “Velho” Paradigma do Abastecimento	O “Novo” Paradigma da Sustentabilidade
Mercado comandado pela oferta (“supply driven”)	Mercado comandado pela procura (“demand driven”)
Satisfação de mercados locais ou regionais	Mercados crescentemente globalizados
Competitividade pelos custos de produção	Competitividade pela especialização dos produtos e valor acrescentado
Inovação na prospecção, extracção e processamento	Inovação nos produtos
Controlo ambiental com recurso a tecnologias de fim de linha	Consideração dos impactes ambientais e sociais, numa perspectiva integral
Abandono não planeado dos locais de extracção	Integração da qualidade ambiental nos métodos e processos operativos
Prevalência do aproveitamento do recurso mineral sobre outras utilizações do território	Recuperação dos locais de extracção e integração do ordenamento do território

Na União Europeia, contrariando o retrocesso da produção dos minérios metálicos e energéticos (a aceção clássica da indústria mineira), “(...) os minerais não-metálicos e as rochas industriais apresentaram um notável crescimento económico, constituindo elemento primeiro de fileiras produtivas de grande relevância no tecido produtivo industrial” (Ingenium,2003).

Dos depósitos minerais presentes na região de Almendra, destacam-se os aplitopegmatitos, que são ricos em minerais não-metálicos mas também em alguns metálicos. Os metálicos foram extraídos no século passado, destacando-se o estanho, e o tungsténio.

No entanto os minerais não-metálicos, como quartzo e feldspato, são extraídos desde há muito tempo de corpos pegmatíticos, para o uso da indústria cerâmica e do vidro.

Segundo Costa (2002), nos últimos anos tem-se assistido a uma crescente importância do sector dos produtos minerais não-metálicos no panorama industrial nacional e na sua competitividade, tornando-se um mercado sustentado e com perspectivas de crescimento futuro, sendo a indústria de extracção de matérias-primas para a cerâmica das que mais beneficia, visto que este sector industrial tem um volume de negócios anuais da ordem dos 1000 M€ (Costa, 2002).

Segundo dados do Instituto Geológico e Mineiro (IGM), a extracção de massas minerais não-metálicas assumiu papel de destaque nacional no que diz respeito à Indústria Extractiva. A título de exemplo, a procura de feldspato pela indústria cerâmica no período de 1989-1995 cresceu 110%. No entanto Portugal é deficitário em feldspatos alcalinos. Segundo Gomes (2000), são produzidas 130.000 ton/ano e importadas 45.000 ton/ano, sendo que em termos financeiros estas últimas representam aproximadamente o dobro do valor do feldspato produzido (Lima, *et al.*, 2003c)

Quadro 2 - Balanço Impor/Expor. de minerais não-metálicos (minerais para industria química, sal e outros minerais não metálicos). Extraído de Bol. de Minas 39 (3/4) Jul./Dez., 2002.

Minerais Não-Metálicos	2001		2002		Variação (%)	
	Toneladas	Euros	Toneladas	Euros	Volume	Valor
Exportação	43.179	2.525.478	37.659	2.764.847	-12,8	9,5
Importação	443.935	37.742.371	426.243	36.601.473	-4,0	-3,0
Saldo	-400.756	-35.216.893	- 388.584	-33.836.626	-8,8	6,5

Esta discrepância nos valores dos materiais importados e exportados, nomeadamente no que diz respeito aos fundentes feldspáticos fornecidos à indústria cerâmica, deve-se ao facto de na maior parte dos casos estes serem fornecidos a estas indústrias sem serem sujeitos a qualquer tipo de tratamento, loteamento ou beneficiação. Este tipo de atitude por parte das empresas de extracção, faz com que

não se garanta a constância nas características dos materiais por períodos mais ou menos longos, facto que não acontece nos materiais importados. Neste aspecto ainda há muito a evoluir, havendo condições naturais e tecnológicas disponíveis que permitam desenvolver graus de qualidade comerciais, de modo a satisfazer a indústria cerâmica (Marques, 2000).

Segundo o mesmo autor os fundentes feldspáticos (Gráfico 1) evidenciam uma situação de carência relativa (Gráfico 2), sendo premente a prospecção e pesquisa de novos jazigos e a intensificação do estudo de fontes que possam tornar-se alternativas, criando condições que garantam o abastecimento sustentado de matérias-primas aos diferentes segmentos da indústria cerâmica e mesmo vidreira, ao ritmo das capacidades instaladas na indústria transformadora, com constância de características tecnológicas e a custos competitivos.

Consumo de fundentes feldspáticos na indústria nacional

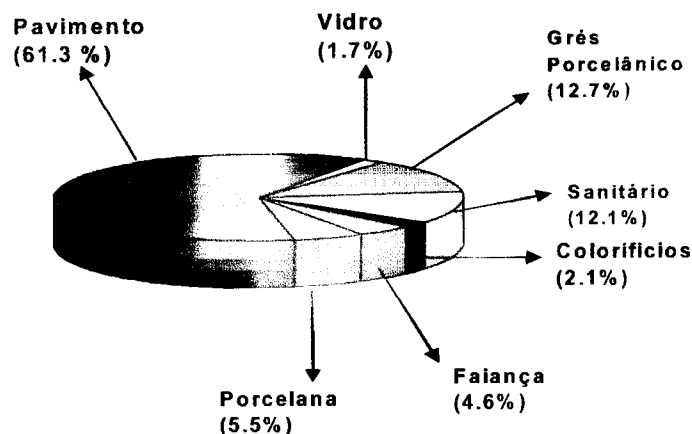


Gráfico 1 – Diagrama representativo da estrutura de consumo (%) de fundentes feldspáticos na indústria cerâmica nacional. Adaptado de Marques (2000).

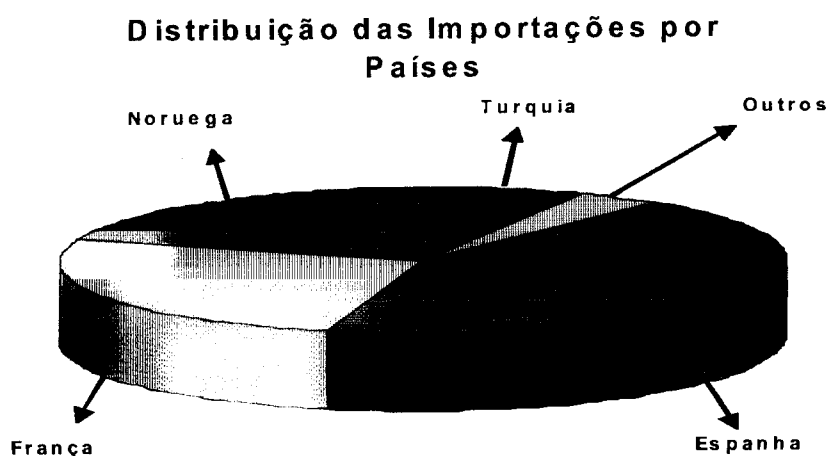


Gráfico 2 – Distribuição das importações de fundentes feldspáticos por países de origem. Adaptado de Marques

I.2 – Enquadramento Geográfico

A área estudada localiza-se no Norte de Portugal, Província da Beira Alta, Distrito da Guarda, Concelho de Vila Nova de Foz Côa, Freguesia de Almendra (Fig. 1).



Figura 1 – Localização da Freguesia de Almendra, Concelho de Vila Nova de Foz Côa (www.anecra.pt)

Trata-se de uma região com fortes desequilíbrios de povoamento, que segundo o relatório da União Europeia de 2000 relativo ao Programa Operacional Regional do Centro para 2000-2006, apresenta densidades populacionais por vezes inferiores a 40 hab/km², com um elevado índice de envelhecimento e com um PIB/hab. que se situa apenas em 85% da média do país e 60,9% da média europeia, colocando esta região entre as mais desfavorecidas no espaço comunitário (Magno, 2001).

A Concessão Mineira onde incidiram a maior parte dos estudos tem a denominação de “**Mina da Bajoca**” cadastrada no Instituto Geológico e Mineiro como C-64. A área de estudo está situada 5 km a NE de Almendra, a 20 km de Vila Nova de Foz Côa e a 200 km do Porto (Fig. 2).

O acesso faz-se pela EN 332 (Fig. 3) que de Almendra conduz à antiga estação da CP, situada na margem esquerda do Rio Douro. A concessão é delimitada pela poligonal com os seguintes vértices aferidos no sistema de coordenadas Hayford-Gauss, referidas ao Ponto Central da Melriça (Quadro 3).

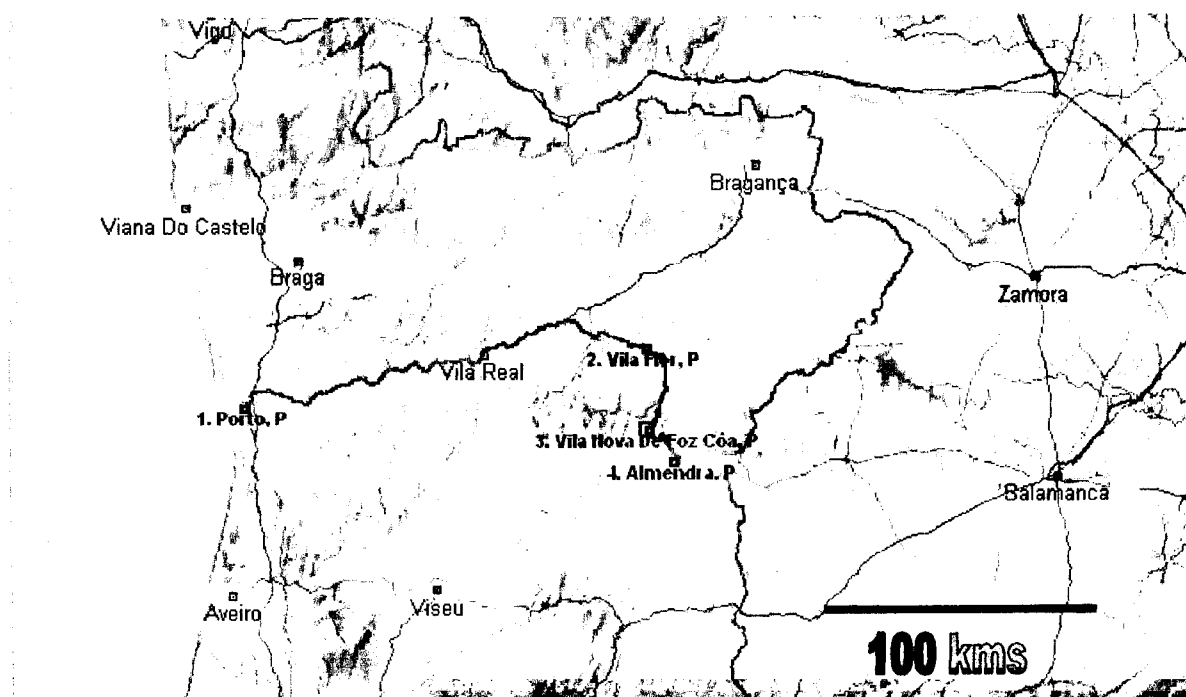


Figura 2 – Mapa do trajecto de Porto a Almendra (Route 66 – Route 2002).

Quadro 3 – Vértices e coordenadas da Concessão C-64 Mina da Bajoca

VÉRTICES	MERIDIANO	PERPENDICULAR
1	+93400	+149000
2	+94100	+149000
3	+95200	+149700
4	+95200	+148700
5	+94200	+148700
6	+94200	+148000
7	+93800	+148000

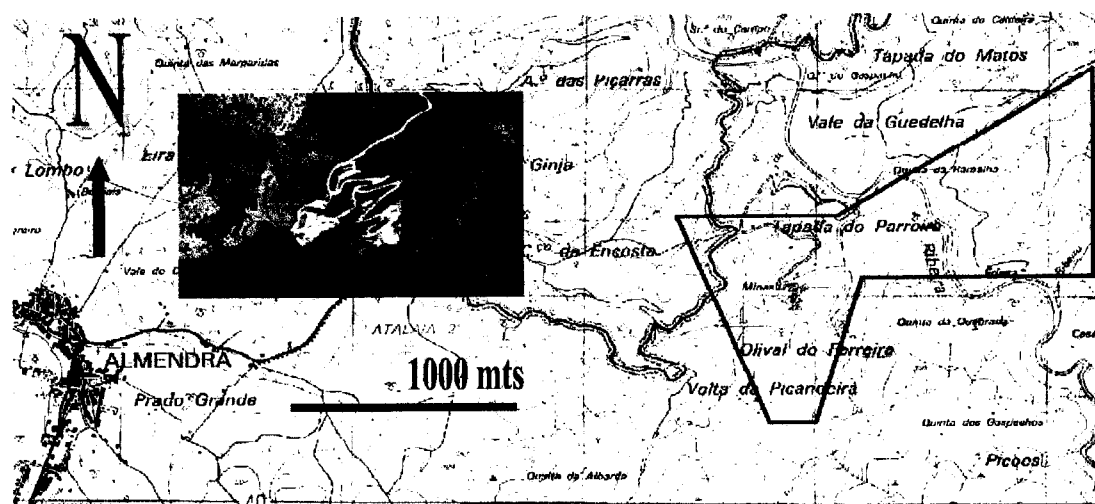


Figura 3 – Extracto da Folha 151 da Carta Militar de Portugal 1 / 25 000 (IGEOE), com foto satélite do SNIG adaptada. (www.snig.pt)

I.3 – Trabalhos Anteriores

I.3.1 – Estado do Conhecimento

A região de Vila Nova de Foz Côa tem sido objecto de diversos estudos relacionados com a Geologia, Geomorfologia, Geoquímica, Arqueologia, etc. Os estudos geomorfológicos sobre a região de Vila Nova de Foz Côa foram efectuados por Patrício (1944) e Ferreira (1971 e 1978).

Ramos *et al.* (1978) efectuaram a prospecção geológico-mineira de Almendra – Castelo Melhor e Oliveira (1982), Goinhas & Viegas (1982) e Viegas (1982) focaram aspectos referentes à metodologia de prospecção mineira e recursos em estanho e volfrâmio da região.

Também Pinto (1983, 1984a e 1984b), dedicou especial atenção às rochas calcossilicatadas e epidotíticas de Almendra. Uma publicação que faz síntese dos estudos efectuados até à altura é a Notícia explicativa da Folha 15-A Vila Nova de Foz Côa (Silva & Ribeiro, 1991).

No enquadramento da execução do plano de Lavra da Mina da Bajoca, Carvalho (1995), realizou um relatório do mesmo que abrangeu os pormenores de índole geológico-mineira, abarcando alguns temas directamente relacionados com a área tecnológica.

Foi ainda efectuada uma tese de mestrado (Gaspar, 1997) com o título “*Contribuição para o estudo das mineralizações de Sn, W e Li do sector Barca de Alva – Escalhão.*” No âmbito deste trabalho, Gaspar & Inverno (1998) realizaram trabalhos sobre os leucogranitos peraluminosos em Barca de Alva – Escalhão e dos multi-estágios do complexo anatético.

Numa outra perspectiva Charoy & Noronha (1999), estudaram os plutões graníticos e pegmatíticos de algumas regiões de Portugal e França, ricos em Lítio (elementos raros), questionando-se acerca da sua assinatura primária ou superimposta, englobando nesse estudo os filões lepidolíticos de Almendra.

Mais recentemente foram elaborados alguns trabalhos no âmbito do estudo desta tese, com o apoio do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da

Universidade do Porto e do Centro de Geologia da Universidade do Porto, mais concretamente do Grupo de Investigação em Metalogenia e Fluidos.

Almeida et al. (2002), realizaram uma abordagem preliminar ao filão da Mina da Bajoca, feito no âmbito do encontro anual da *EUROFEL*, com aplicação de tecnologia MEV (Microscópio Electrónico de Varrimento), para identificação de minerais dentro da paragénese do filão.

Lima et al. (2003b), apresentaram um trabalho de petrografia no VI Congresso Nacional de Geologia, realizado na Universidade Nova de Lisboa. Lima et al. (2003a), efectuaram um estudo a nível geoquímico, apresentado no VII – Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, realizado em Maputo – Moçambique.

Lima et al. (2003c), deram a conhecer um trabalho denominado “Caracterização científica e tecnológica dos aplitopegmatitos com elementos raros da região de Almendra – Barca de Alva (Nordeste de Portugal): possíveis implicações no domínio sócio-económico”, apresentado no III Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, realizado na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

1.4 – Objectivos

A tremenda expansão da aplicação de elementos raros na alta-tecnologia, assim como de minerais especializados não metálicos, requer uma reavaliação periódica dos recursos geológicos

O objectivo principal deste estudo é a caracterização científico-tecnológica das ocorrências aplitopegmatíticas da Mina da Bajoca e da sua relação com os metassedimentos do Super-Grupo do Douro do Complexo Xisto-Grauváquico. A aplicação deste conhecimento tem implicações directas na comunidade industrial que está relacionada com a exploração dos minerais industriais destes filões.

A tese servirá para desenvolver o conceito de que o conhecimento ao nível científico e tecnológico de um depósito mineral contribui de forma significativa para o seu aproveitamento total sem desperdícios, e da forma mais rentável possível.

1.5 – Metodologia

Foi efectuado um trabalho de cartografia geológica de pormenor do filão da Bajoca, com base topográfica executada por equipamento adequado (Estação total Nikon), com levantamento geológico exaustivo de todas as litologias patentes na zona de exploração mineira. Ao mesmo tempo que se executava a cartografia procedeu-se a uma amostragem sistemática para análise. Embora de menor pormenor, foi feita a cartografia da zona envolvente recorrendo ao apoio da transformação de um ficheiro “raster” em vectorial (formato CAD), dando desta forma pormenor satisfatório relativamente aos filões e às outras litologias envolventes, recorrendo à base geológica da folha 15-A de Vila Nova de Foz Côa, da Cartografia Geológica à escala 1:50.000 do IGM.

A amostragem pontual foi efectuada recorrendo a amostras em painel e à recolha “*in situ*” de amostras de mão, para posterior análise laboratorial, nas instalações da Unidade de Mangualde – Felmica, no Laboratório do Departamento de Geologia da FCUP e no Laboratório de S. Mamede de Infesta do IGM. O estudo petrográfico foi feito em lâminas polidas para visualização ao microscópio óptico, na microsonda electrónica e no microscópio electrónico de varrimento.

Recorrendo ao microscópio electrónico de varrimento do CEMUP, foi executado um estudo de pormenor da Geoquímica de micro minerais existentes nas lâminas polidas, que posteriormente foi completado com recurso ao equipamento de microsonda electrónica do IGM de S. Mamede de Infesta, onde foram executados estudos a diferentes ocorrências de minerais metálicos e não metálicos do aplitopegmatito da Mina da Bajoca (Almendra).

1.6 – Campo Aplitopegmatítico Almendra – Barca de Alva

1.6.1 – Considerações gerais sobre os aplitopegmatitos

A compreensão da associação dos pegmatitos tipo com o arranjo geológico e a afinidade petrogenética, é considerada importante em prol da procura de materiais de alta-tecnologia. A correlação com a geoquímica é considerada secundária para o controlo das litologias. Na classificação de aplitopegmatitos, surgiram várias tentativas de classificar os pegmatitos graníticos, mesmo durante o século XX (Jahns, 1955; Cerny, 1982a). As principais razões para a sua diversidade resultam de diferentes critérios de abordagem ao problema. Um marco na classificação de aplitopegmatitos foi a publicação de Ginsburg *et al.* (1979), em que os autores definiram 4 classes de pegmatitos, de acordo com o seu ambiente geológico e relativo à sua génese, que permite classificar o filão em estudo como pertencente à classe dos pegmatitos de elementos raros. Por sua vez os aplitopegmatitos de elementos raros são de forma clássica subdivididos em 3 famílias (Cerny, 1991):

LCT – pegmatitos com, Li, Rb, Cs, Be, Ca, Sn, Ta.

NYF – pegmatitos com Nb>Ta, Ti, Y, REE.

LCT + NYF – pegmatitos com assinatura geoquímica de mistura.

Dentro do LCT, o sub-tipo de lepidolite é enriquecido em Y e REE. Os pegmatitos de Albite-Espodumena, têm simplesmente mineralizações em Li. O tipo albitico tem nomeadamente Sn. Na família NYF não se pode ter uma subdivisão, apenas temos conhecimento de presenças esporádicas em LREE enriquecidos e largamente difundidos com Y e HREE. Os granitos peraluminosos geradores dos LCT são derivados do melt parcial das rochas da crosta média/superior aquando da 1ª anatexia. Estes pegmatitos apresentam frequentemente zonamento regional. As sequências LCT são reconhecidas tradicionalmente como orogénicas, em contraste com os sistemas NYF que são anarogénicos.

1.6.2 – Aplitopegmatitos de Almendra – Barca de Alva

O filão aplitopegmatítico da Bajoca (Almendra), é o filão principal de uma zona de aplitopegmatitos que vai de Almendra a Barca de Alva e será descrito nos próximos

capítulos. Trata-se de uma zona que contém várias dezenas de ocorrências de massas minerais sob a forma de aplitopegmatitos (Fig. 4, Anexo 1), com enorme potencialidade para estudo a nível científico e provável rentabilização a nível económico como reservas de minerais concessíveis.

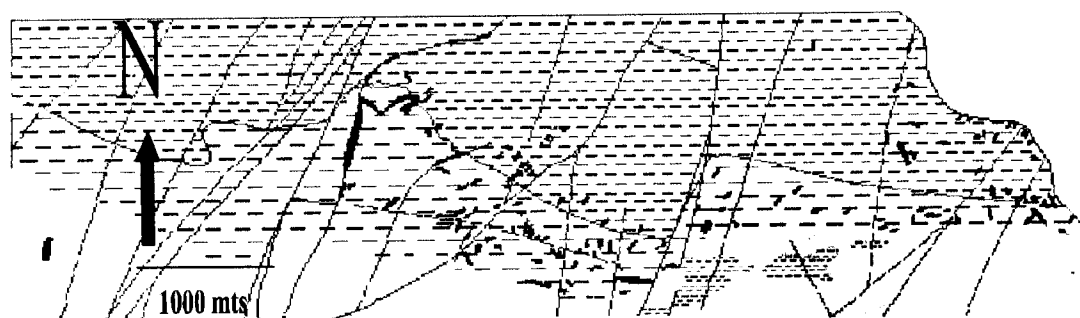


Figura 4 – Campo Aplitopegmatítico de Almendra – Barca de Alva.

Dentro destes, os filões lepidolíticos de Almendra apresentam-se em termos de evolução como sendo similares aos aplitopegmatitos de Alvarrões (Charoy & Noronha, 1999). O que está dentro da concessão da mina da Bajoca, é um filão aplitopegmatítico clássico com um comprimento de cerca de 200 metros e 5 metros de espessura. Está intrusivo no “Complexo Xisto-Grauváquico”, pertencente ao Super-Grupo Dúrico-Beirão, de idade Pré-Câmbrica a Câmbria, enquadrado numa zona de baixo grau de metamorfismo (zona da Clorite) a cerca de 2 km a Norte de um maciço granítico de duas micas. A paragénesse deste aplitopegmatito é largamente dominada pela presença de lepidolite rósea (apresentando-se com cristais centimétricos ou como agregados de grão fino, por vezes com cleavelandite). O topázio é corroído marginalmente, a amblygonite é substituída por fosfatos secundários assim como por lepidolite. Esta paragénesse, que é sintomática dos pegmatitos sódicos, é obviamente secundária relativamente ao feldspato potássico primário. Ao contrário do exemplo já citado do pegmatito de Alvarrões, não existem vestígios de uma mineralização primária em lítio, que foi aparentemente inteiramente consumida. A totalidade do aplitopegmatito é portadora de uma ligeira mineralização em estanho (Charoy & Noronha, 1999).

A região de Barca de Alva - Escalhão, fica situada perto desta e possui um conjunto de mineralizações de W, Sn e Li, cuja caracterização petrográfica e

metagenética está descrita em Gaspar (1997).

Segundo este autor as mineralizações ocorrem em terrenos metassedimentares pertencentes ao Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovícico, que na região são dominados pela Formação de Desejosa, caracterizada por alternância rítmica de pelitos e psamitos, onde se intercalam grauvaques e rochas calcossilicatadas. A estrutura geral apresenta um dobramento isoclinal subvertical de direcção WNW-ESE, com o desenvolvimento de clivagem de plano axial.

As rochas granitóides da região, pertencentes ao Complexo Meda-Penedono-Lumbrals, ocupam uma extensão considerável. Estes granitóides foram estudados com algum pormenor, dada a presumível associação genética com as mineralizações. Correspondem a granitos hercínicos sintectónicos (sin-F3) instalados na zona de cisalhamento dúctil Escalhão-Quinta dos Boais, de direcção WSW-ENE. São leucogranitos peraluminosos, siliciosos, reduzidos, enriquecidos em P, Rb, Li, Cs e Sn e empobrecidos em CaO, FeO(t), MgO, Sr, Ba, Zr, Y e V. Correspondem a granitos do tipo S, muito evoluídos e metalogeneticamente especializados, que resultam da anatexia dos metassedimentos do Complexo Xisto-Grauváquico. Com base nas características geoquímicas e petrográficas individualizaram-se cinco fácies: granito porfiróide (GP), granito grosseiro (GG), granito de Escalhão (GEs), granito de Saucelle (SA) e granito cisalhado (GC). O carácter evoluído aumenta de acordo com a sequência GG(GP)-GP(GG)-GEs-SA(GC)-GC(SA), sugerindo-se diferentes graus de fusão e parcial e/ou de diferenciação magmática. Associado a estes granitóides existe um pórfiro granítico e várias estruturas filoneanas que englobam filões de andaluzite e quartzo, filões de quartzo e filões aplitopegmatíticos, estes dois últimos onde se incluem as mineralizações de Sn e Li (Gaspar 1997).

Numa zona próxima desta (zona de “La Fregeneda”, em Espanha) foram definidos vários tipos de pegmatitos que se diferenciam pela sua mineralogia, morfologia e estrutura interna. O tipo mais comum corresponde a um pegmatito simples sem estrutura interna, mas de igual ordem de importância. Temos presente pegmatitos ricos em lítio, havendo também em menor grau de importância os diques pegmatíticos ricos em cassiterite explorados até ao século passado (Robles, 1993).

Segundo esta autora estes pegmatitos estão encaixados em materiais ante-ordovícicos do "Complexo Esquitoso-Grauváquico" (CEG). Limitando o campo aplitopegmatítico a Sul e a Nordeste, temos os granitos de Lumbrales e Saucelle respectivamente. São leucogranitos peraluminosos sintectónicos relativamente à 3ª Fase da Orogenia Hercínica. Os diferentes corpos pegmatíticos dispõem-se de forma diferente visto que aumenta o seu grau de diferenciação à medida que aumenta a distância em relação ao granito de Lumbrales. Consequentemente em princípio este corpo granítico parece estar ligado à génese destes pegmatitos. Este campo pegmatítico é limitado a sul pelo "Complejo laminar de Alamo" e pelo granito de Lumbrales e a noroeste pelo granito de Saucelle. O Granito de Lumbrales pertence ao grupo denominado de "leucogranitos peraluminicos" (López Plaza & Carnicero, 1988) é sintectónico com a segunda fase (terceira fase Hercínica), e têm uma idade de 300 M.a. (Garzón & Locutura, 1981). Os granitóides do "Complejo de Alamo" são anteriores à segunda fase (terceira fase Hercínica) e são considerados de carácter autóctone a subautóctone e peraluminicos (López Plaza & Carnicero, 1988). O metamorfismo regional é de carácter progressivo e observa-se uma variação gradual desde a isógrada da clorite até à da silimanite-feldspato potássico (Carnicero, 1980). O grau de metamorfismo aumenta em direcção ao "Complejo de Alamo" e batólito de Lumbrales, existindo zonas de migmatização à volta deste, que se podem interpretar como um produto de anatexia relacionado com o processo de metamorfismo regional. Roda Robles (1993) distinguiu na área, em função da sua estrutura interna, morfologia, características mineralógicas e geoquímicas, os seguintes tipos de pegmatitos: -T1- pegmatitos intragraníticos, com quartzo, feldspato potássico, plagioclase, moscovite e turmalina e por vezes heterosite; - T2- diques com "boudinage" que afloram muito perto do granito, principalmente com quartzo e andaluzite, e em menor quantidade, moscovite, turmalina e feldspato potássico; -T3 - diques e apófises com fácies aplíticas e pegmatíticas que também afloram perto do contacto do granito, principalmente no sector oriental; -T4- pegmatitos simples concordantes que afloram perto do granito no sector ocidental, constituídos por quartzo, feldspato potássico, plagioclase, moscovite e principalmente turmalina, e em menor quantidade granada, andaluzite e apatite, entre outros; -T5- pegmatitos compostos maioritariamente por feldspato potássico; -T6-

pegmatitos discordantes simples, formados principalmente por feldspato potássico, quartzo e moscovite. Para além disso tem fosfatos de Fe-Mn-Li nos corpos mais próximos do granito de Lumbrales, e de Al-Li nos pegmatitos mais afastados deste; -T7- pegmatitos litiníferos, com micas litiníferas, ambignonite, espodumena e cassiterite entre outros, isto é, neste tipo inclui-se o pegmatito da Mina de Feli (Foto 1), explorado tendo em vista a produção de material para a Indústria Cerâmica; -T8- diques de quartzo, com feldspato e moscovite subordinada e abundante cassiterite (Robles, 1993).



Foto 1 – Mina de Feli (La Fregeneda – Espanha).

Os quatro primeiros tipos de pegmatitos podem ser agrupados e considerados como pegmatitos estéreis, e os restantes como evoluídos. A disposição dos diferentes tipos em redor do granito de Lumbrales, parece desenhar uma zonação, de modo que os pegmatitos mais evoluídos afloram nas zonas mais afastadas do contacto norte do granito, enquanto os estéreis afloram dentro ou então nas proximidades do contacto referido. Recordando a caracterização do metamorfismo anteriormente descrita, à

medida que aumenta o grau de evolução dos corpos pegmatíticos, diminui o grau de metamorfismo do encaixante. O modelo petrogenético proposto pela autora acima referida, considera que o grupo T1 e T3 teve origem a partir da cristalização fraccionada de um magma granítico de composição semelhante ao granito de Lumbrales. Os grupos T5, T6 e T7 cristalizariam da mesma linha evolutiva, a partir de um fundido originado por um grau de fusão parcial menor que 25% de um protólito quartzo-feldspático, semelhante a algumas das rochas que constituem o CEG. Por outro lado, o grupo T8 teve origem também por cristalização fraccionada, mas de um fundido gerado por baixo grau de fusão parcial; provavelmente numa linha de cristalização diferente do resto dos pegmatitos evoluídos. Os grupos T2 e T4 poderiam considerar-se segregações pegmatíticas anteriores, ou simultâneas, do granito de Lumbrales (Robles, 1993).

No entanto existe uma controvérsia quanto a esta relação, pois por um lado este granito possui um carácter para-autóctone e sin-cinemático que tradicionalmente é característico de granitos estéreis (Cerny, 1982b), por outro lado a sul do granito de Lumbrales aflora o granodiorito de Villar del Ciervo, de carácter alóctone, pós-cinemático e com altos teores em Li e Rb, que se ajusta às características dos granitos parentais de pegmatitos com elementos raros. Este granito tem associado pegmatitos ricos em lítio de características muito similares à área de "La Fregeneda" sobre a qual há uma maior incerteza sobre a possível relação genética com o granito de Lumbrales. (Robles, 1993)

Capítulo II – Enquadramento Geológico

Introdução

Enquadramento das Litologias Regionais

Rochas Metassedimentares Encaixantes

Tectónica

Metamorfismo

Granitóides Hercínicos

Granito da Meda

II – Enquadramento Geológico

II.1 – Introdução

A área estudada abrange na parte norte essencialmente metassedimentos do Complexo Xisto-Grauváquico (Super-Grupo do Douro), estando presentes as Formações da Desejosa, do Pinhão e vestígios do Rio Pinhão (Fig. 5).

As rochas granitóides ocupam a maior parte da metade sul da folha de Vila Nova de Foz Côa (Fig. 5) onde intrui o Antiforma de Lamego-Penedono-Escalhão.

Ocorrem também rochas filonénicas de afinidade granítica intrusivas nos metassedimentos assim como pequenas manchas aluvionares (Fig. 5).

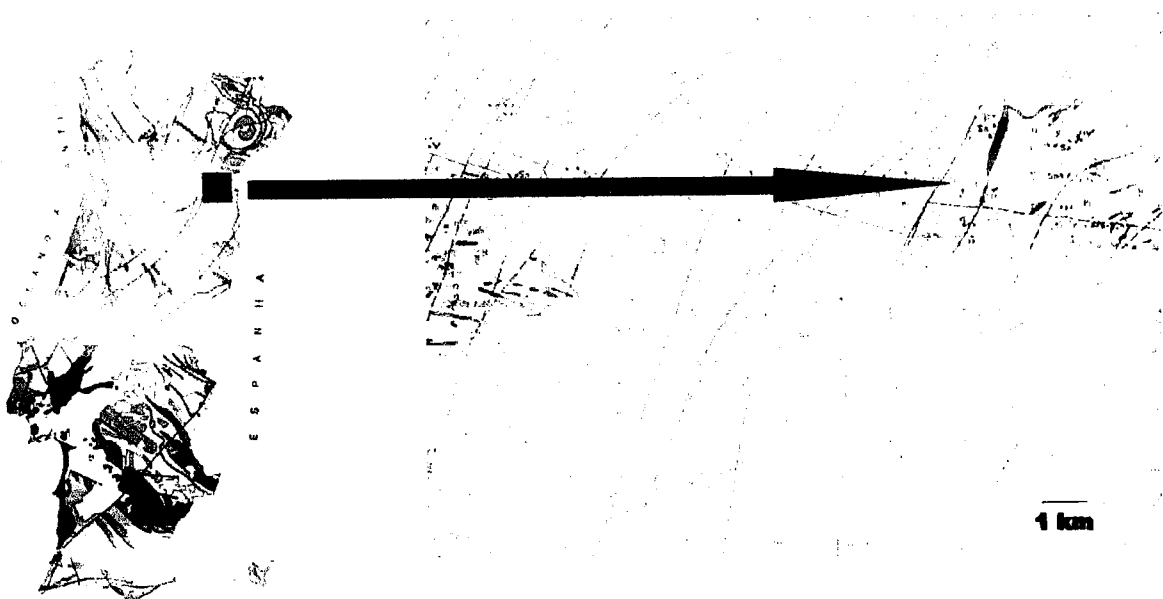


Figura 5 – Localização geológica da zona da Mina da Bajoca, com extracto da Folha 15-A da Cartografia Geológica à escala 1:50.000 do IGM, em que as cores esverdeadas se referem aos metassedimentos e as cores rosadas aos granitóides. Os filões aplitopegmatíticos aparecem a vermelho.

A área estudada situa-se claramente na Zona Centro Ibérica como se pode comprovar na Figura 6 da página seguinte.

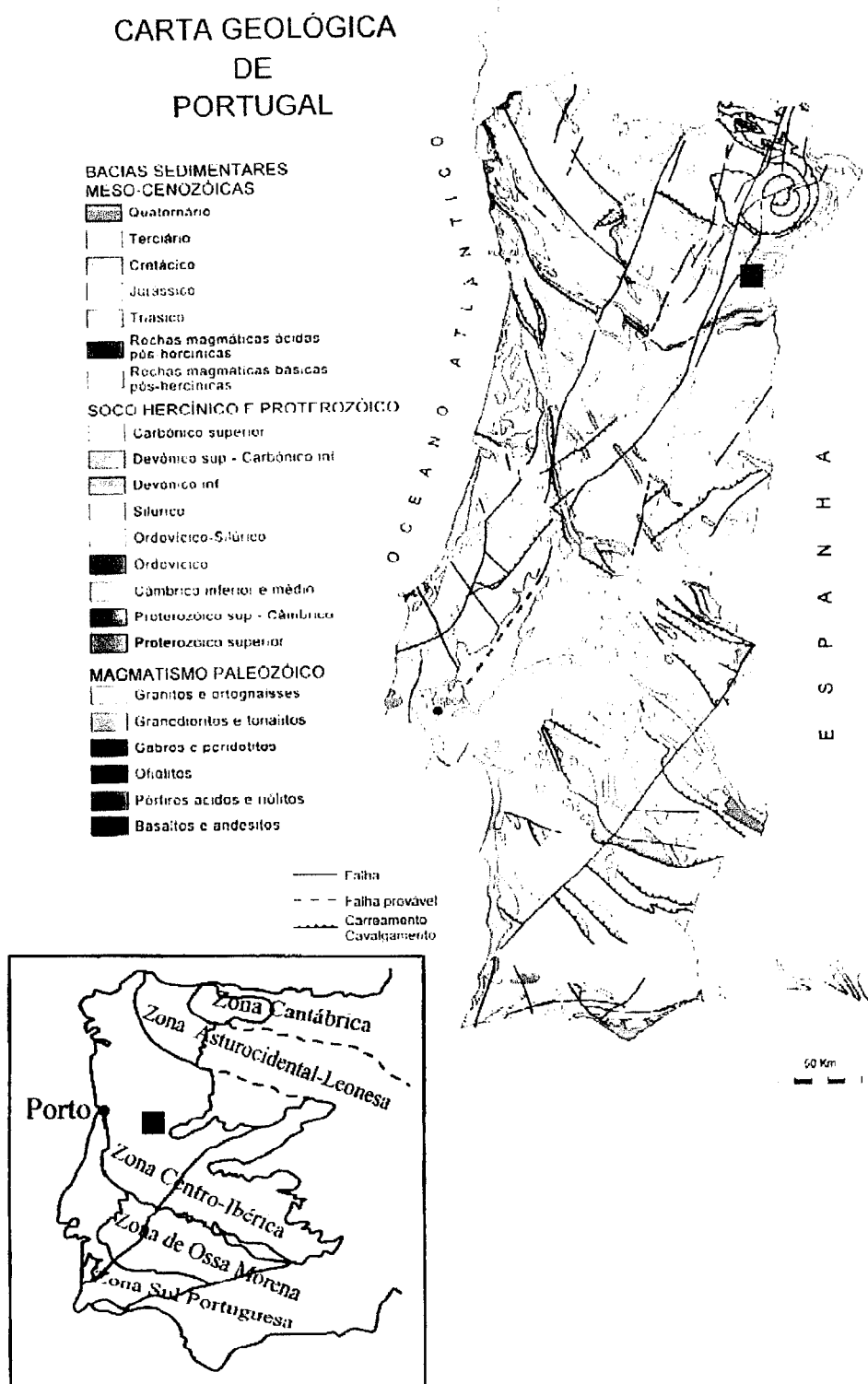


Figura 6 – Localização da área estudada nas unidades tectonoestratigráficas (adaptado de Julivert, 1974) e no Mapa Geológico de Portugal Continental – IGM.

II.2 – Enquadramento das Litologias Regionais

II.2.1 – Rochas Metassedimentares Encaixantes

As rochas metassedimentares encaixantes dos filões aplitopegmatíticos em estudo pertencem às Formações da Desejosa (Autóctone), do Pinhão e vestígios do Rio Pinhão (Alóctone) localmente como xenólitos no granito da Meda.

A Formação da Desejosa, foi definida e assim designada por Sousa (1982) na região de Desejosa, localizada a noroeste da Folha de Vila Nova de Foz Côa. Segundo Sousa (1983a), a Formação de Desejosa caracteriza-se pela presença de xistos listrados numa sequência bastante monótona, correspondendo a uma alternância fina de níveis pelíticos e psamíticos, onde se incluem níveis inter-estratificados de metagrauvaques, calcossilicatadas e skarns e esporadicamente de microconglomerados e calcários. (Silva & Ribeiro, 1991)

No seu estudo petrográficos, Gaspar (1997) identificou nos níveis pelíticos de cor mais escura uma textura lepidoblástica, com biotite, moscovite e sericite como minerais principais, onde o quartzo e a clorite desempenham papel secundário. Os níveis psamíticos, de cores claras, cinzentos, azulados e esbranquiçado, apresentam uma textura lepidoblástica a grano-lepidoblástica e são constituídos essencialmente por quartzo (quase sempre o maioritário), feldspatos, biotite, moscovite e sericite.

Segundo Silva & Ribeiro (1991) as corneanas calcossilicatadas, de cor verde clara a esbranquiçada, ocorrem por vezes em níveis não muito contínuos, apresentando uma textura francamente granoblástica onde para além do quartzo sempre presente, os minerais do grupo do epídoto e as anfíbolas da série tremolite-actinolite constituem os minerais principais.

Os skarns de cores variáveis entre os verdes, castanhos e esbranquiçados ocorrem, sub-paralelos à estratificação, em formas lenticulares, a maioria das vezes boudinados, tendo sido denominados de skarns estratóides por Viegas (1983) em oposição à presença de outros filonianos. Tratam-se de rochas com textura

granoblástica com uma paragénese muito complexa, onde a clinozoisite, actinolite-tremolite, quartzo e fluorite constituem a mineralogia principal, e onde subordinadamente ocorre scheelite. De acordo com o que foi definido para os metagrauvaques desta formação (Sousa, 1983a), eles deverão corresponder a rochas com textura detrítica ainda visível constituídos por grãos de quartzo e feldspato unidos por uma matriz de quartzo, clorite, sericite e por vezes carbonatos (Silva & Ribeiro, 1991).

O contacto da Formação de Desejosa com os metassedimentos Ordovícicos acompanha o curso da margem direita da ribeira do Mosteiro. A Formação de Desejosa junto ao topo torna-se menos listrada, iniciando-se o Ordovícico com intercalações de xistos negros e cinzentos com bancadas quartzíticas típicas do Arenigiano, que vão aumentando de possança à medida que caminhamos para o seu interior (Gaspar, 1997). Saliente-se ainda, que nos xistos da base do Ordovícico existem nódulos negros fosfatados (Silva & Ribeiro, 1991).

Por outro lado, entre Castelo Melhor, Almendra e a ribeira de Aguiar ocorrem, frequentes intercalações de rochas calcossilicatadas, sobretudo metagrauvaques calcossilicatados (Ramos *et al.*, 1978; Sousa, 1981; Oliveira, 1982; Pinto, 1984a) in: (Silva & Ribeiro, 1991). Os designados epídiositos de Almendra estão associados a rochas carbonatadas e calcossilicatadas e intercalam-se em níveis metafilíticos (Pinto, 1984b). Nas rochas desta unidade as estruturas primárias mais habitualmente observadas são as figuras de carga, estratificação gradada, laminação oblíqua e, mais raramente, "slumps" e laminação convoluta. Foi em litologias desta formação que na contínua região de Torre de Moncorvo, Rebelo (1983/1985) encontrou trilobites mal conservadas, o que lhe permitiu atribuir idade câmbrica a esta unidade. (Silva & Ribeiro, 1991). A formação de Pinhão foi igualmente definida por Sousa (1982) que a caracterizou nas imediações da povoação de Pinhão. A Formação de Pinhão aflora numa estreita faixa com menos de 200 metros de largura, rejeitada para sul através de fracturas NNE-SSW na zona mais ocidental, em consonância com a cartografia apresentada por (Silva *et al.* 1990).

Em termos litológicos esta formação apresenta-se muito monótona com tons cinzentos e amarelados, constituída por uma alternância de xistos pelíticos e psamíticos com intercalações de níveis calcossilicatados por vezes skarnitizados e onde estão ausentes as intercalações metagrauváquicas e de xistos cloríticos com magnetite típicos da sequência definida por Sousa (1983a).

Na região é possível identificar porfiroblastos de andaluzite, principalmente nos níveis mais argilosos conferindo-lhes aspecto mosqueado, resultado dos fenómenos metamórficos térmicos. Os metassedimentos envolventes do pegmatito de Almendra, foram afectados por metamorfismo regional de fácies de xistos verdes e nas proximidades do corpo pegmatítico, mostram sinais de metamorfismo de contacto, que se traduz por uma maior competência das camadas, não chegando a apresentar um aspecto mosqueado (Silva & Ribeiro, 1991). No entanto no campo chega-se a encontrar xisto mosqueado perto do filão, na sua parte superior.

A Formação de Pinhão apresenta forte exposição na área estudada aflorando em algumas manchas sendo uma delas em – Qt^a. Pedro Cevada (4.500m, a es-sudeste de Almendra) (Silva & Ribeiro, 1991).

A Formação de Rio Pinhão foi assim designada por Sousa (1982) devido as suas melhores exposições ocorrerem nas margens do rio Pinhão, onde foi caracterizada. As suas litologias constituem, na região de Vila Nova de Foz Côa, o equivalente lateral da Formação de Bateiras. As litologias desta unidade distribuem-se por numerosas manchas desde a região noroeste da carta, até ao rio Côa (Silva & Ribeiro, 1991). Essas manchas ocorrem isoladas no interior dos granitos, normalmente de pequena dimensão, em estreita relação com as rochas intrusivas encaixantes, patente pelas inúmeras intercalações de filões e apófises graníticas nos metassedimentos, tendo sido denominado por Viegas (1983) de complexo xisto – granítico. Nestas rochas são também visíveis fenómenos de deformação dúctil e aparentemente fenómenos de migmatização (Gaspar, 1997).

As litologias mais abundantes desta unidade são os meta-grauvaques e/ou meta-quartzovaques cinzento-escuros quase sempre com finas intercalações de filitos cinzento-escuros a negros (Silva & Ribeiro, 1991).

II.2.2 – Tectónica

A Zona Centro Ibérica corresponde ao domínio axial do Arco Ibero-Armoricano, contactando a norte com a Zona Oeste Astúrico-Leonesa (ZOAL) e a sul com a Zona da Ossa Morena (ZOM) através de limites tectónicos ou tectono-magmáticos, cuja localização exacta constitui ainda motivo de controvérsia (Fig. 7).

A maioria dos autores, quer espanhóis quer portugueses, assumem as fronteiras definidas por (Julivert *et al.*, 1974), considerando que o limite com a ZOAL ocorre a sul do Anticlinório de Olho de Sapo materializado por gnaisses, enquanto que a sul a fronteira com a ZOM corresponde a um acidente complexo que inclui o alinhamento dos batólitos Nisa-Los Pedroches-Cáceres e mais a oeste o cavalgamento de Portalegre-Ferreira do Zêzere (Ribeiro *et al.*, 1979; Dias, 1986; Ribeiro, 1990; Vilas e San José, 1990) in: (Silva & Ribeiro, 1991). O limite oeste da ZCI corresponde à zona de cisalhamento Porto-Tomar com orientação aproximada N-S.

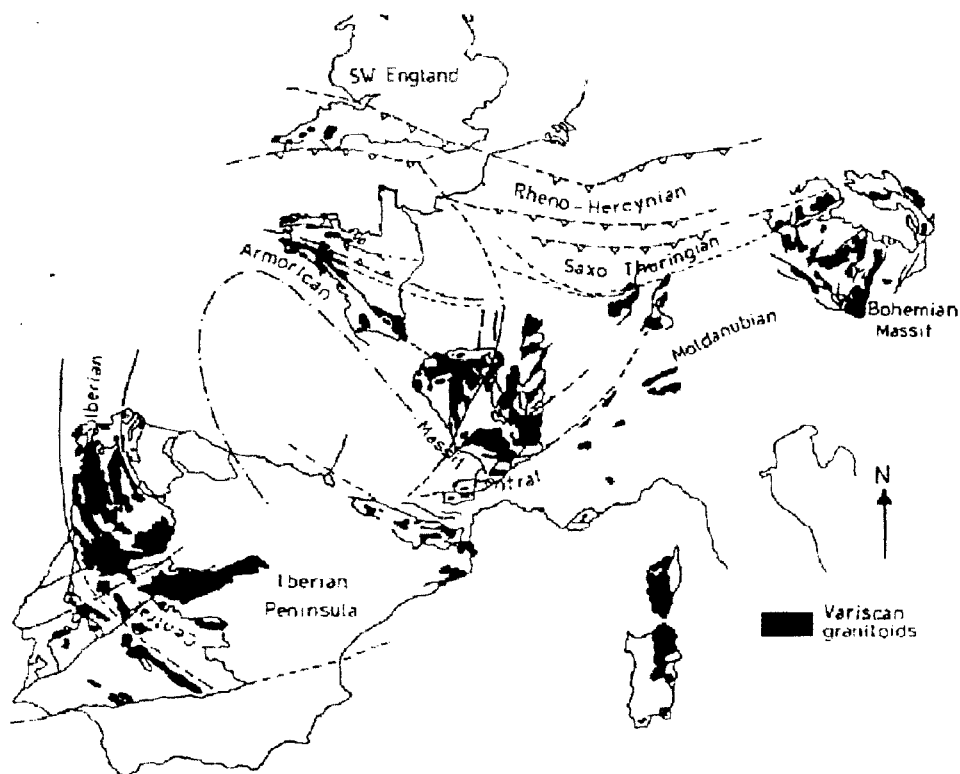


Figura 7 – Arco Ibero-Armoricano (Ribeiro, 1979)

A noroeste da zona existe um conjunto de mantos alóctones constituindo a Sub-Zona da Galiza Média e Trás-os-Montes (Ribeiro *et al.*, 1979; Dias, 1986; Díez Balda *et al.*, 1990; Ribeiro, 1990; Ribeiro *et al.*, 1990). in: (Silva & Ribeiro, 1991)

A estrutura geral da ZCI (Fig. 8; Ribeiro *et al.*, 1979) pode considerar-se como o resultado da actuação da orogenia Hercínica e em particular da sua primeira fase de deformação (Ribeiro *et al.*, 1979; Dias, 1986; Díez Balda *et al.*, 1990; Ribeiro, 1990; Ribeiro *et al.*, 1990) in: (Silva & Ribeiro, 1991). No entanto, as discordâncias angulares pontualmente entre as séries Alcudiana Superior e Inferior e mais frequentemente entre o Ordovícico e o CXG evidenciam claramente a existência de deformação pré-Hercínica.

A deformação responsável pelas primeiras, de idade Vendiana, produziu um dobramento incipiente por vezes acompanhado por uma xistosidade e/ou metamorfismo (Ortega e González-Lodeiro, 1986) in: (Silva & Ribeiro, 1991), reconhecida principalmente por uma lineação de intersecção dobrada na série Micudiana Inferior, em contraste com a série Superior onde esta se apresenta geralmente horizontal (San José *et al.*, 1990) in: (Silva & Ribeiro, 1991).

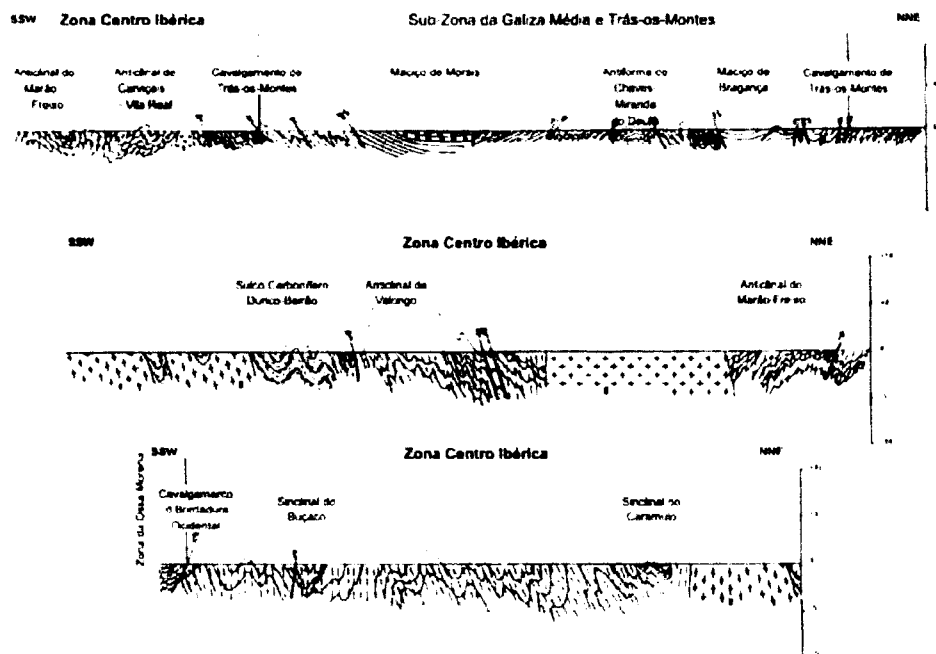


Figura 8 – Esquema da tectónica Ibérica (Ribeiro *et al.* 1979).

A deformação responsável pelas segundas, sem qualquer dúvida a mais importante, é atribuída à fase Sarda da orogenia Caledónica, gerando estruturas dobradas sem xistosidade ou metamorfismo associado (Diez Balda *et al.*, 1990) in: (Silva & Ribeiro, 1991).

A primeira fase de deformação Hercínica (F1) gera dobras N-S a NW-SE, com grande comprimento de onda e planos axiais sub-verticais num eixo central, a partir do qual divergem dois sectores com dobras vergentes para SW (ex: Valongo) e NE (ex: Marão), respectivamente (Ribeiro *et al.*, 1979; Dias, 1986; Diez Balda *et al.*, 1990). A estrutura axial corresponde à Faixa Blastomilonítica da Galiza (Vigo-Pontevedra-Noya) e que se prolonga para Portugal segundo o alinhamento de um conjunto de intrusões graníticas (Ribeiro *et al.*, 1979). Por vezes ocorrem dobras N-S resultantes de cisalhamentos posteriores. A esta primeira fase está associada uma xistosidade de plano axial regional S1 em especial nas zonas afectadas por um metamorfismo mais intenso, nem sempre penetrativa (Ribeiro *et al.*, 1979; Dias, 1986; Diez Balda *et al.*, 1990).

A segunda fase de deformação Hercínica (F2) é bastante local e origina cisalhamentos sub-horizontais, em particular no sector norte, afectando os granitóides pré-hercínicos e hercínicos precoces, desenvolvendo-se no núcleo de antiformas em zonas de médio a elevado grau metamórfico (Diez Balda *et al.*, 1990). As dobras da primeira fase são afectadas por estes cisalhamentos, dando lugar a dobras muito assimétricas onde se desenvolve uma clivagem de crenulação horizontal, penetrativa apenas nas faixas de cisalhamento (Diez Balda *et al.*, 1990). Nesta fase orogénica ocorrem também importantes cavalgamentos. A terceira fase Hercínica (F3) origina dobras sub-verticais, coaxiais com as da primeira fase embora de menor amplitude e maior comprimento de onda com eixos horizontais desenvolvendo uma clivagem (S3) de plano axial (Ribeiro *et al.*, 1979; Diez Balda *et al.*, 1990). Contemporaneamente ocorrem cisalhamentos esquerdos, WSW-ENE a WNW-ESE, e direitos, NW-SE, importantes. A deformação tardi-Hercínica, já em regime frágil, está representada por falhas de desligamento esquerdas aproximadamente N-S e com movimentação normal (Ribeiro *et al.*, 1979).

II.2.3 – Metamorfismo

A região é caracterizada por um metamorfismo regional de baixo grau, na fácies dos xistos verdes, que se desenvolve segundo faixas paralelas ao contacto com o granito, coexistindo texturas metamórficas regionais e de contacto (Silva e Ribeiro, 1994). Os efeitos do metamorfismo regional intensificam-se de norte para sul, tratando-se de um metamorfismo progressivo que se inicia na zona da clorite (Silva e Ribeiro, 1994).

As associações metamórficas mais frequentes desta zona correspondem a moscovite ou clorite-moscovite com a moscovite sempre anterior a S_1 , enquanto que a clorite forma-se pré-sin F_1 e estende-se até F_3 (Carnicero, 1982 in Gaspar, 1997). Por vezes nota-se a presença de cloritóide (Silva e Ribeiro, 1994). O aparecimento da biotite marca a passagem a uma nova zona – zona da biotite – que é a mais extensa da região caracterizando-se pelas associações biotite-moscovite-clorite e biotite-moscovite (Carnicero, 1982 in Gaspar, 1997).

As associações frequentes são biotite-clorite-moscovite-andaluzite, biotite-moscovite-andaluzite e biotite-moscovite-andaluzite-cordierite. Os porfiroblastos andaluzíticos, que conferem à rocha um aspecto mosqueado, são segundo Carnicero (1982) in Gaspar (1997), interfásicos relativamente a S_1 e a S_3 , estando englobados por S_3 e formando sombras de pressão mal desenvolvidas. A andaluzite e cordierite aparecem frequentemente alteradas em sericite. O aparecimento de fibrolite marca a passagem à zona da silimanite. Esta zona só é visível nos retalhos da Formação de Rio Pinhão no interior do granito e desenvolve as associações biotite-silimanite-moscovite e biotite-silimanite-feldspato potássico (Carnicero, 1982, in Gaspar, 1997). Segundo este autor, a zona da silimanite com feldspato potássico marca o início da migmatização, visível nos referidos retalhos.

Segundo Silva e Ribeiro (1994) este metamorfismo ter-se-à de facto iniciado na primeira fase (F_1) e terminado após a terceira (F_3) (Fig.9). A diminuição da temperatura, posteriormente à instalação dos granitos é documentada pela cloritização das biotites, marcando o final do episódio retrógrado (Mangas e Arribas, 1988 in

II.2.4 – Granitóides Hercínicos

Os granitóides do núcleo do Antiforma de Lamego-Penedono-Escalhão constituem um conjunto complexo constituído por fácies mais precoces, intruídas por outras mais tardias. A fácies observada no bloco oeste da falha de Vilarça apresenta maior homogeneidade que a fácies do bloco oriental da mesma falha. Deste modo o granodiorito de Chãs e os granitos de Tomadías, Meda, Santa Comba – Algodres e ribeira de Massueime que evidenciam texturas planolineares, embora incipientes, foram considerados os mais antigos – sintectónicos. (Silva, F. & Ribeiro, 1991).

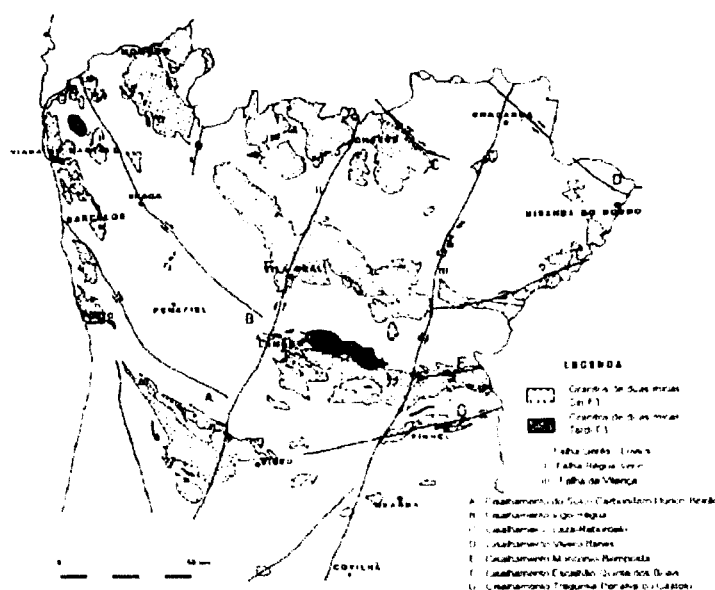


Figura 10 – Relação dos granitóides sin-orogénicos de duas micas sin a tardi F3 com zonas de cisalhamento dúctil (Norte da ZCI), adaptado de Ferreira et al. (1987).

II.2.4.1 – γ m Granito da Meda

Este granito constitui a litofácies que ocupa a maior área na zona estudada. Ocorre em ambos os lados da falha da Vilarica estendendo-se do extremo ocidental ao extremo oriental da folha 15-A de Vila Nova de Foz Côa e prolonga-se para além destes limites e também para sul, formando como que uma "matriz" que engloba as restantes fácies. (Silva & Ribeiro, 1991).

A norte de Vilar de Amargo este granito encontra-se cisalhado segundo uma faixa N60°/70°E pertencente ao designado cisalhamento ductil de Qt^a. dos Boiais. Corresponde a uma fácies bastante homogénea, exceptuando nas imediações de Vilar de Amargo, onde possui frequentes xenólitos do granodiorito de Chãs. Apresenta cor cinzenta clara, grão médio e duas micas, embora localmente possa apresentar predomínio de biotite (Foto 3) (Silva & Ribeiro, 1991).

Pode-se observar a ocorrência deste granito num afloramento com aspecto mais fresco (Foto 2), numa elevação junto à Vila de Almendra, já perto da zona de contacto com os metassedimentos da Formação de Pinhão.



Foto 2 – Afloramento do Granito da Mêda perto de Almendra.

Esta zona de afloramentos deste granito, pelas razões indicadas anteriormente, apresenta actividade extractiva para inertes e construção, com alguma relevância no mercado espanhol vizinho, assim como para os pavimentos das estradas da região (Foto 4).



Foto 3 – Granito da Meda aspecto petrográfico (5X – N+)



Foto 4 – Exploração em blocos (Granito da Meda)

Capítulo III – Estudo do Filão da Mina da Bajoca.

Trabalho de campo

Descrição do filão e evolução na sua exploração

Trabalhos anteriores no filão da Mina da Bajoca

Trabalhos de Cartografia Geológica

Amostragem de Campo

Exploração do filão da Mina da Bajoca

Impacte ambiental e recuperação paisagística

III – Estudo do filão da Mina da Bajoca – Almendra

III.1 – Trabalho de Campo

III.1.1 – Descrição do filão da Mina da Bajoca e evolução na sua exploração.

O filão da Mina da Bajoca é claramente intrusivo nos metassedimentos, apresentando uma orientação geral N10° e um mergulho variando entre 30° e 45° para Oeste, aflorando entre as cotas 390m e 200m, tendo sido reconhecido por sondagens até aos 160 m de profundidade. É afectado por uma falha NNE-SSW conhecida pela falha do Barril. Este corpo estende-se por cerca de 700 m, com possanças que variam de 2 a 34m com leve mineralização em cassiterite e tântalo, contendo ramificações laterais menos espessas, mas com centenas de metros de andamento (Carvalho, 1995).

Seguidamente vamos referir um enquadramento histórico progressivo, relacionado com o período de exploração do filão para materiais cerâmicos, que se iniciou em 1998 (Foto 5) e se mantém na actualidade.



Foto 5 – Filão da Bajoca em 1998

No início da exploração na vertente de rochas e minerais industriais para a indústria cerâmica, deu-se uma requalificação da zona do filão a explorar, com descobrimento de zonas de antigas escombreyras e com aplicação de bancadas para início de ataque à massa mineral. De salientar que foi necessário a remoção de matéria-prima menos nobre até se chegar ao afloramento “in situ” propriamente dito.

Em 2001, quando se teve contacto pela primeira vez com este filão (Foto 6), observou-se um avanço relativamente ao registo fotográfico de 1998 (Foto 5), pois apresentava uma evolução de frente de mina a céu aberto, um pouco desordenada, com bancadas e rodeiras de acesso aos diferentes níveis, em desacerto com o preconizado pelo plano de lavra.



Foto 6 – Filão da Bajoca em 2001.

Desta forma procedeu-se junto da directoria, no sentido da aplicação das técnicas e regras de exploração mineira, que apesar de ter sido problemática e demorada, acabou por ser resolvida. Nesta altura a frente de mina situava-se no avanço do patamar do nível 284.

Em 2002 (Foto 7) verificou-se então a alteração e viragem efectiva para a exploração sustentada do filão da Bajoca. De tal modo que ao se fazer o levantamento geológico da frente de mina, foi-se observando uma certa anisotropia ao nível da mineralogia, que culminou nomeadamente na descoberta da petalite na paragénese do filão.

Assim procedeu-se a uma delimitação da zona de falha muito rica em óxidos de ferro, fosfatos e minerais de argila formados supergenicamente, retirando-se a capa de óxidos até atingir a zona fresca de contacto de tecto e de muro da falha do Barril.



Foto 7 – Filão da Bajoca em 2002.

Durante cerca de 3 meses efectuou-se uma operação de remoção de estéril de flanco de encosta para descobrimento do flanco Oeste do filão para acesso ao corpo pegmatítico (Foto 8).



Foto 8 – Remoção de estéril flanco Oeste do filão.

Para seleccionar os diferentes tipos de produtos para a industria cerâmica, que saiem tal e qual da mina, tivemos que controlar muito bem o tipo de minério, pois era fulcral para a manutenção da qualidade, uma constância ao nível dos álcalis e teores em ferro.

Com a investigação efectuada no Departamento de Geologia da FCUP e análises no seu Laboratório de Química e Laboratório da Felmica de Mangualde, bem como a sua aplicação no processo de exploração e tratamento de minério, foi possível estabelecer uma lavra concertada para optimização dos diferentes produtos retirados da massa mineral.

Em 2003 (Foto 9) concertaram-se estratégias para descobrimento da zona norte do filão até à confluência da Ribeira da Bajoca.

De facto os resultados destes trabalhos revelaram-se fundamentais para a compreensão da instalação deste corpo aplitopegmatítico, pois apareceu em afloramento uma estrutura complexa anostomosada (Foto 9 e 10), típica da injeção de material magmático nos metassedimentos (Foto 11).



Foto 9 – Filão da Bajoca em 2003.

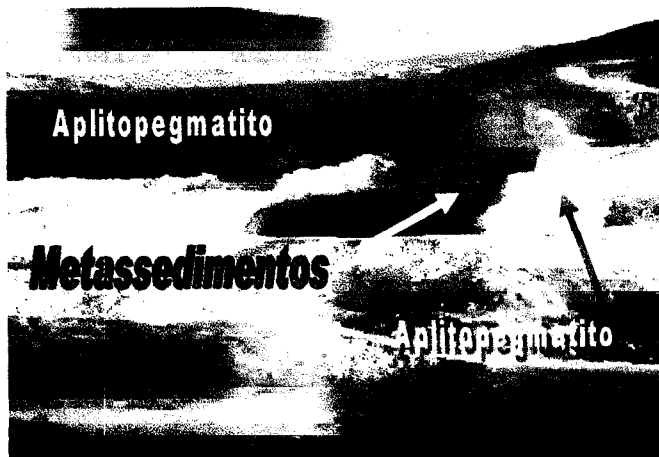


Foto 10 – Pormenor da foto anterior com destaque para os filões ramificados.



Foto 11 – Amostra de mão que ilustra em pequena escala o carácter magmático intrusivo típico da injeção de material.

Nessa mesma zona, observam-se dobras do tipo “kink”, que demonstram a fase mais frágil que afectou o filão, condicionando-o tectonicamente (Foto 12).



Foto 12 – Dobras tipo “kink” ou “chevron” nos metassedimentos.

O filão aplitopegmatítico é cortado por filões de quartzo, por vezes com alguma espessura, e que são nitidamente posteriores, tendo continuidade para os metassedimentos envolventes (Foto 13).



Foto 13 – Filão de quartzo tardio Flanco Oeste, nível 291 encaixado nos metassedimentos.

De salientar que este filão de quartzo que intruía os metassedimentos foi totalmente removido na operação de remoção de estéril, e ficou só o registo fotográfico desta ocorrência de massa mineral.

III.1.2 – Trabalhos anteriores no filão da Mina da Bajoca

Na avaliação de reservas efectuadas pela Promotora Mineira na década de 80, foi levado a cabo uma campanha de sondagens e trincheiras para constituir uma base de dados que fornecesse informação para quantificação e avaliação da massa mineral. Estes dados foram utilizados posteriormente para o estudo do cálculo de reservas do jazigo. Sobre uma base geológica em CAD, foram projectadas secções ou perfis geológicos elaborados com base na informação das sondagens efectuadas (Fig. 11).

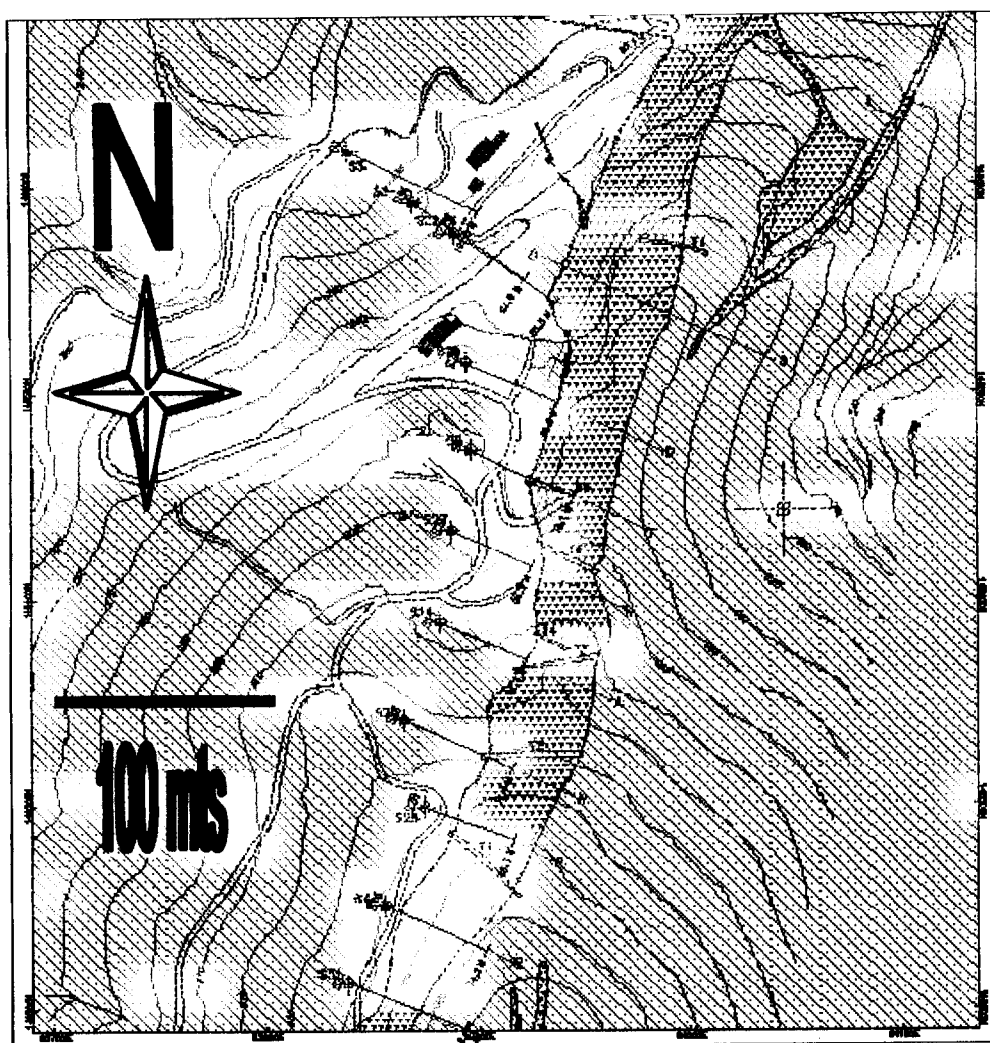


Figura 11 – Geologia do plano de Lavra (Vide, 1999)

Com base nessa informação e recorrendo a perfis paralelos entre si e com espaçamento variável, podemos ter uma ideia de como a massa mineral se apresenta em profundidade. (Figura 12)

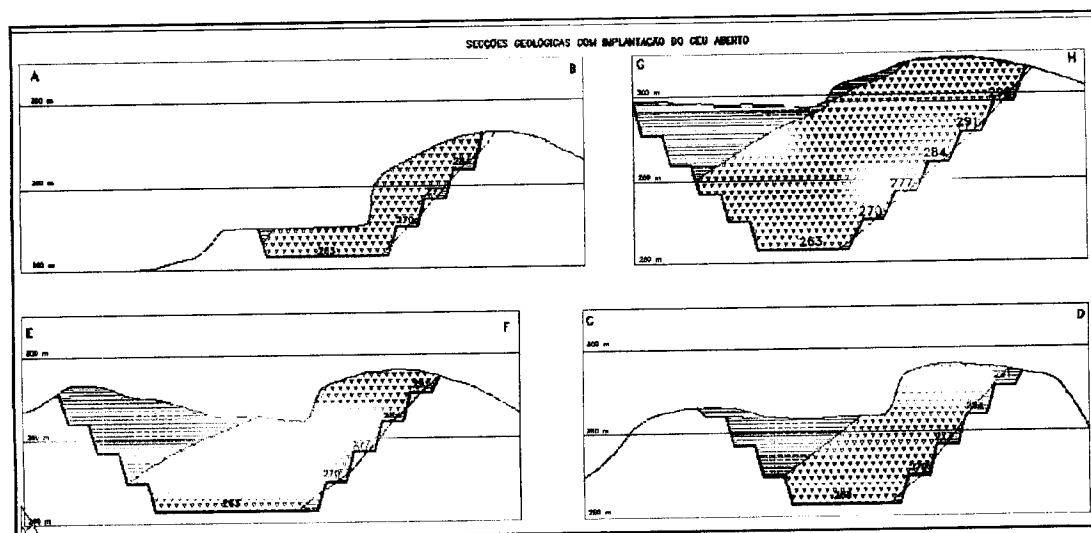


Figura 12 – Esquema dos perfis para o cálculo de reservas (Vide, 1999)

O cálculo de reservas do jazigo bem como a relação estéril / minério foram calculadas por piso e por perfil através do método dos perfis. A aplicação deste método envolveu a execução de 4 perfis onde se projectou o corpo mineralizado com base nas sondagens e sanjas executadas.

Dado o cálculo se apoiar em sondagens, as reservas calculadas foram consideradas reservas mineiras certas. À totalidade das reservas foram deduzidos 5% que correspondem ao quantitativo estimado de estéril não quantificável devido à irregularidade da sua ocorrência (Vide & Simões, 1999).

III.1.3 – Trabalhos de Cartografia Geológica

Numa fase inicial dos estudos para a dissertação do mestrado procedeu-se a uma cartografia de pormenor, com levantamento dos parâmetros

geológicos relacionados com o filão da Mina da Bajoca. Realizou-se então numa fase primária o levantamento por estações (Fig. 13) para determinação de atitudes de planos de contacto do filão com os metassedimentos.

Pretendeu-se desta forma ter uma noção de como o corpo estava encaixado nos metassedimentos envolventes, pois como é sabido ao contrário dos filões em contexto granítico, os deste tipo são muito mais imprevisíveis estruturalmente.

É de salientar que a direcção preferencial das direcções dos planos de contacto é a NNE-SSW (Figura - 14). No entanto existem algumas excepções que são devidas a variações locais no contacto, mas principalmente devido às zonas anastomosadas.

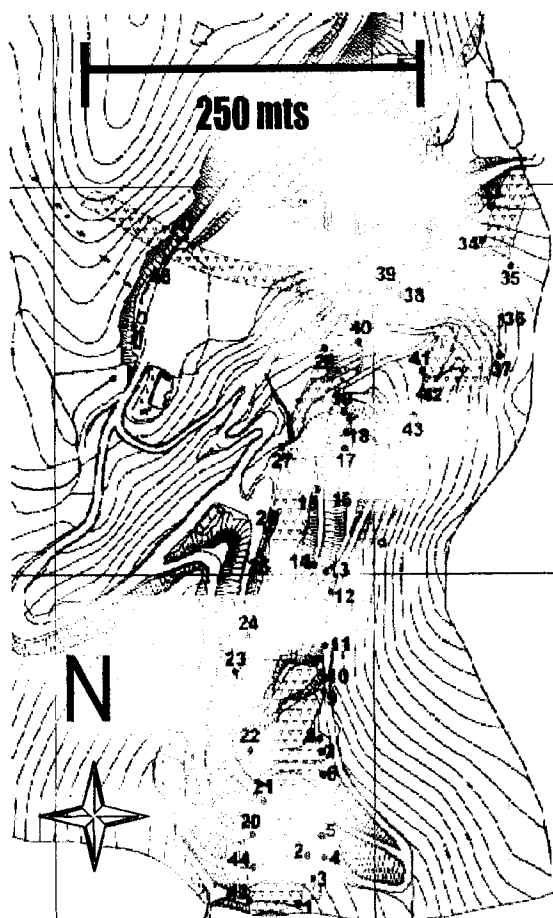


Figura 13 – Estações de leitura das atitudes do contacto do filão com os metassedimentos envolventes.

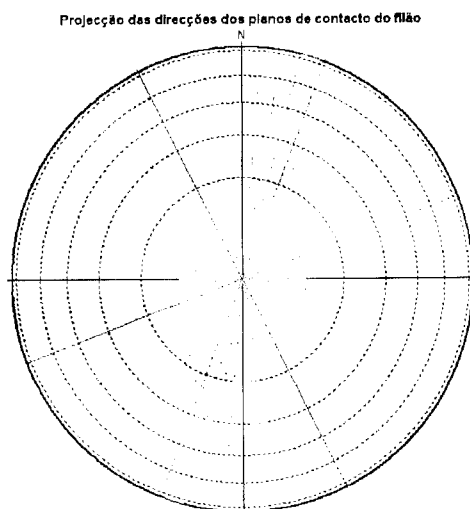


Figura 14 – Diagrama de roseta das direcções dos planos de contacto dos metassedimentos com o filão.

Como se verifica no diagrama de roseta (Fig. 14), as direcções principais dos contactos estão directamente relacionadas com a presença da falha de direcção muito próxima dos N 10°, o que indica mais uma vez, o forte controlo estrutural deste corpo pegmatítico. Também a sua caixa de falha demonstra que houve uma actividade importante após a solidificação do filão. Existe então uma clara discordância com os planos de xistosidade dos metassedimentos que se situam medianamente nos N 120°.

III.1.4 – Amostragem de Campo

A amostragem no filão foi realizada durante a cartografia geológica e conforme o avanço das frentes mineiras (Fig. 15). Desta forma com o controlo da mineralogia e dos valores da geoquímica podemos aferir as diferentes zonas mineralógicas patentes neste filão, que passaram a orientar a tentativa de lavra selectiva. De salientar que foi esta abordagem primária que posteriormente levou à execução de uma amostragem de canal (Fig. 16 e foto 14), transversal à orientação do filão como teremos oportunidade de descrever.

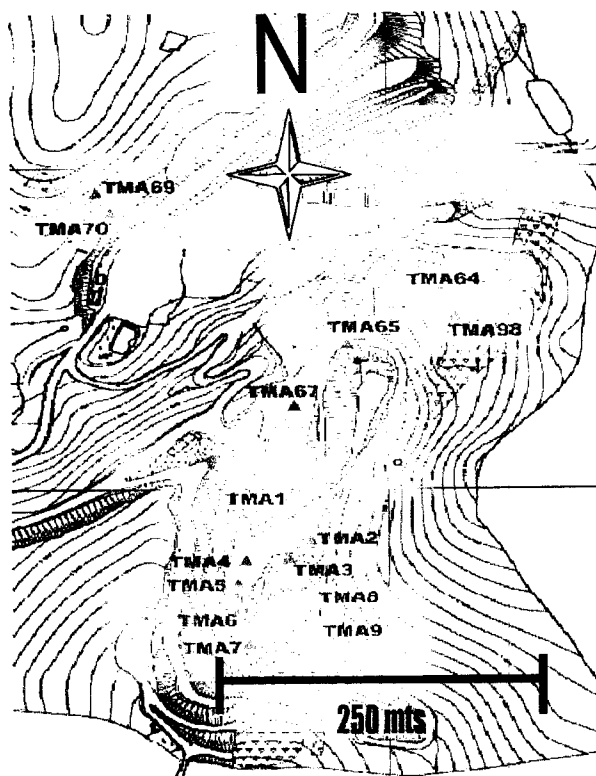


Figura 15 – Pontos de amostragem pontual no filão

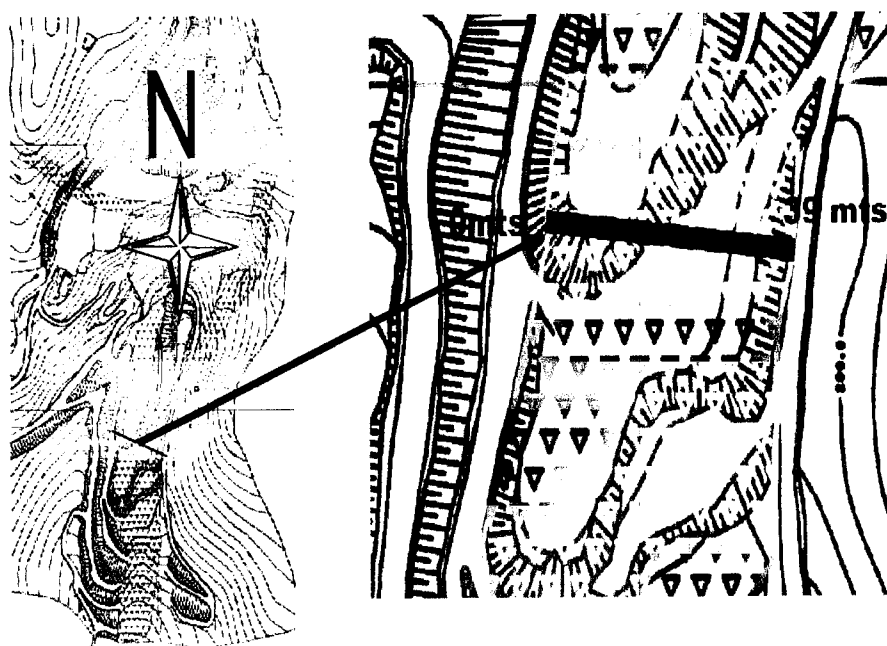


Figura 16 – Esboço do mapa com localização da amostragem em canal.

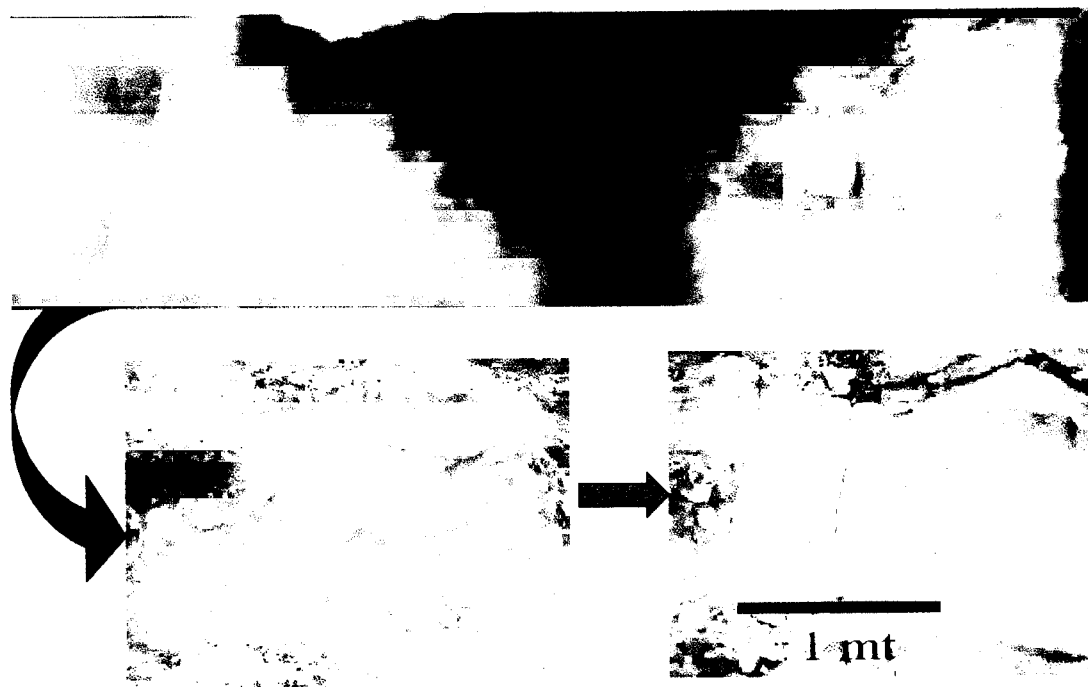


Foto 14 – Amostragem de canal

Foram ainda feitas algumas amostras com recurso ao TamRock (Foto 16) recolhendo as areias resultantes da perfuração. Como se verá no capítulo da geoquímica, os resultados encontrados são compatíveis com os de canal e pontual, mostrando que é um método de amostragem com bons resultados.

III.2 – Exploração do filão da Mina da Bajoca

O corpo pegmatítico da Bajoca é um jazigo de rochas e minerais industriais aflorante e por esta razão optou-se pelo método de lavra a céu-aberto, pelo método de degraus direitos progredindo de cima para baixo no sentido de menor cota.

O desmonte é realizado com recurso a explosivos, em flanco de encosta, efectuando-se de acordo com as características do jazigo e condições locais. Deste modo os desmontes são desenvolvidos segundo degraus com altura

máxima de 7 metros e largura máxima de 5 metros. O talude máximo da corta não ultrapassa os 45° de inclinação. Os taludes dos degraus serão praticamente sempre de 18°, somente na zona SE o valor sobe para 25°. (Vide & Simões, 1999).

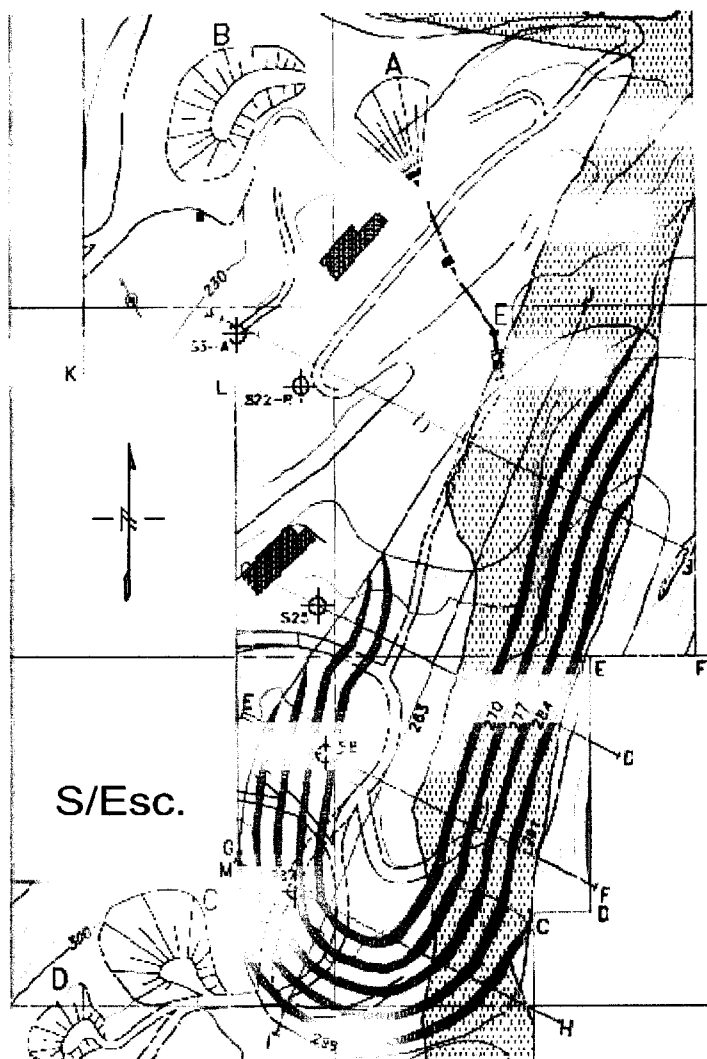


Figura 17 – Implantação topográfica do Céu Aberto, previsto para a exploração no plano de lavra (Vide, 1999).

O arranque é efectuado com recurso a explosivos e por acção de giratória (Foto 15). A perfuração é executada por um Tamrock Dino 500 (Foto 16) e destina-se ao posterior emprego de explosivos. O comprimento dos furos é o do

comprimento das bancadas mais a subfuração, sendo implantados sub-verticalmente nos vértices de quadrícula de 2.56 X 2.72 metros. A aplicação de explosivos compreende a utilização de gelamonite e amonite, o primeiro como carga de fundo, e o segundo na carga de coluna (Vide & Simões, 1999).



Foto 15 – Giratória a ripar o contacto dos metassedimentos do filão.

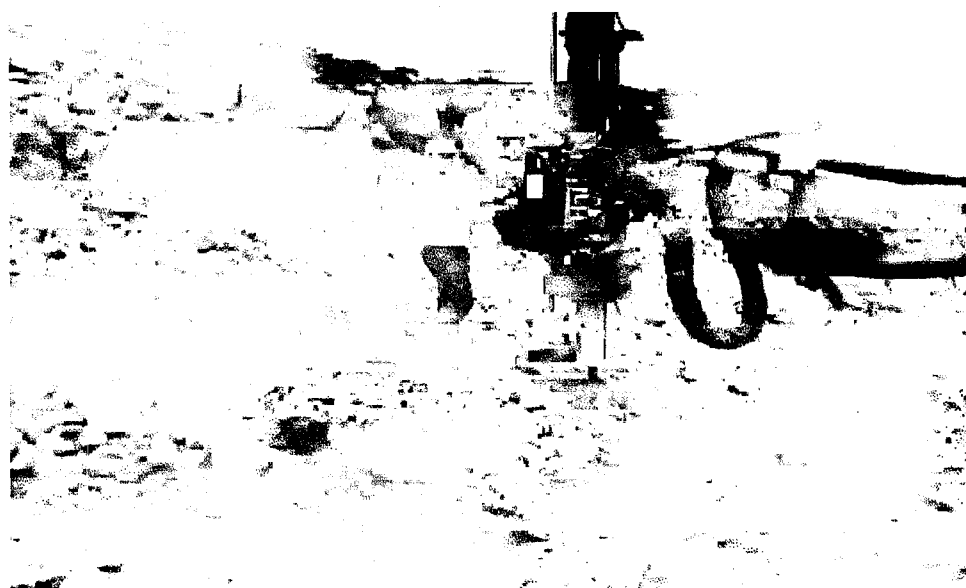


Foto 16 – Perfuração efectuada por rotopercussão destrutiva.

O rebentamento é feito mediante o emprego de cápsulas detonantes iniciadas à boca do furação, executado por pessoal credenciado respeitando sempre as normas de segurança. De acordo com o plano os furos com diâmetro de 64mm são inclinados de 18° e efectuados com o Tamrock (Figura 18). Cada furo é carregado com carga (Foto 17) contínua com o seguinte procedimento (Vide & Simões, 1999)

Atacamento – 2,18 metros

Carga de coluna (amonite) – 3,78 metros

Carga de fundo (gelamonite) – 2,18 metros

Subfuração – 0,77 metros

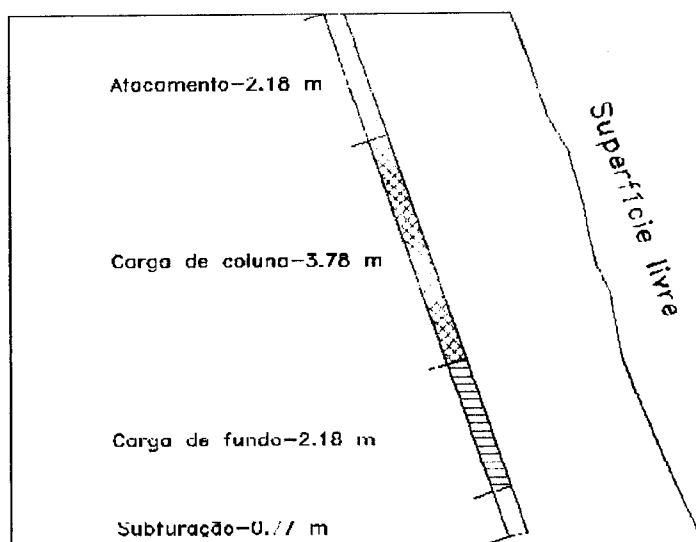


Figura 18 – Perfil da furação para carga de explosivos (Vide & Simões, 1999).

No diagrama de fogo (Figura 18), dispuseram-se os furos em fiadas paralelas à superfície livre em malha triangular equilátera. A sequência de iniciação que se adapta a um desmonte com uma superfície livre frontal foi efectuado de modo a proporcionar um alívio progressivo ao maior número de furos possível (Vide & Simões, 1999).

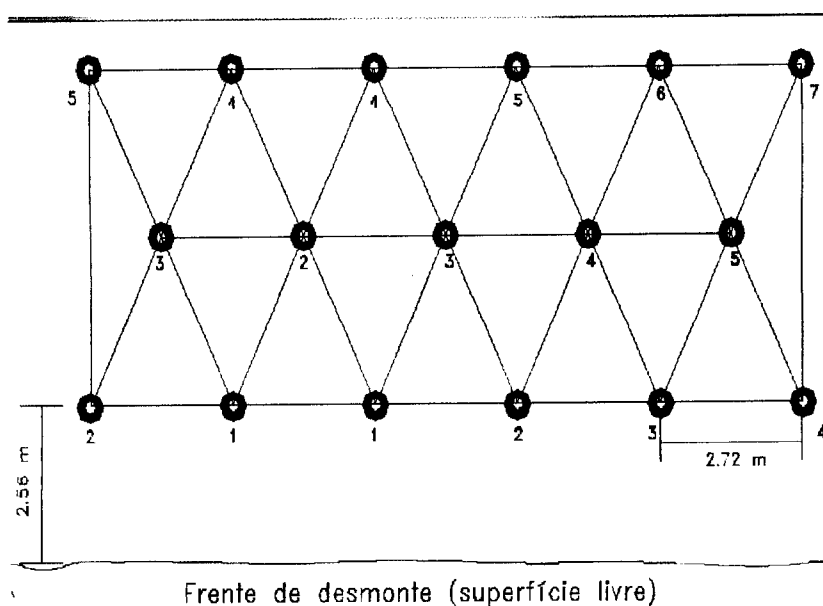


Figura 19 - Diagrama de Fogo (Vide & Simões, 1999).



Foto 17 – Carregamento de explosivos na boca do furo.

Depois do tiro na frente de mina (Foto 18) aplica-se o processo de carga e de transporte, em que o minério é desmontado por uma unidade giratória, para carregamento de outra unidade do tipo “rear dumper”, até a um parque de lotes junto a uma unidade de britagem de maxilas móvel (Foto 20).



Foto 18 – Explosão de frente de mina.

Nesta exploração trabalham cinco elementos permanentes, dos quais quatro mineiros e um geólogo residente (Foto 19) (Prazeres, 2003).



Foto 19 – Equipa de trabalho no ano de 2003.

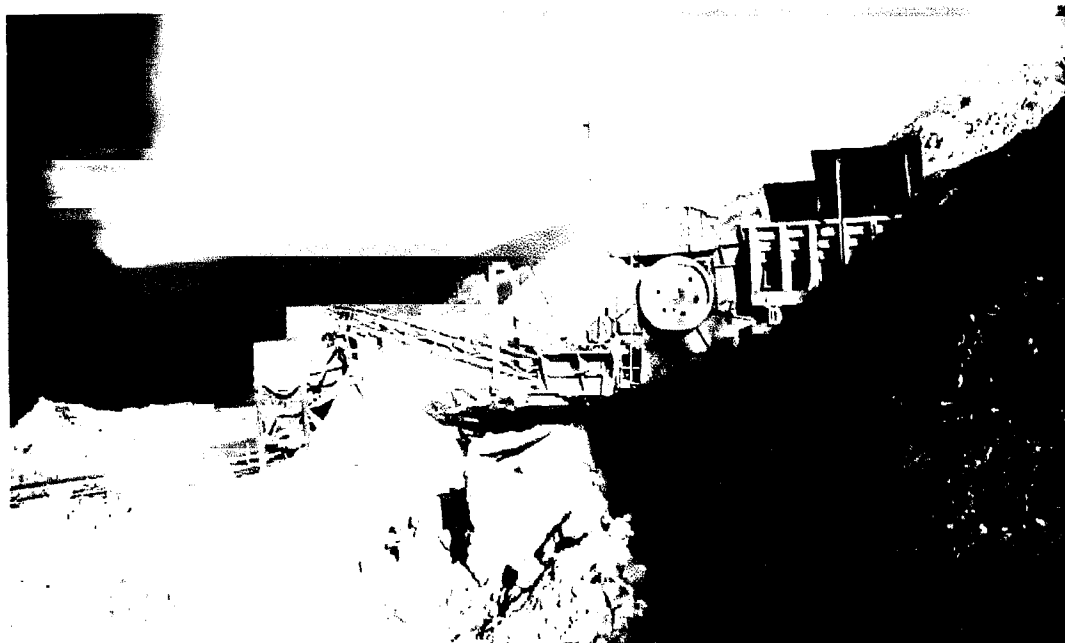


Foto 20 – Unidade de britagem de maxilas (primário).

Unidade de moagem por impactos (Foto 21) (Secundário), com criva, peneiros de malhas variadas, placa desferrilizadora e detector de metais.

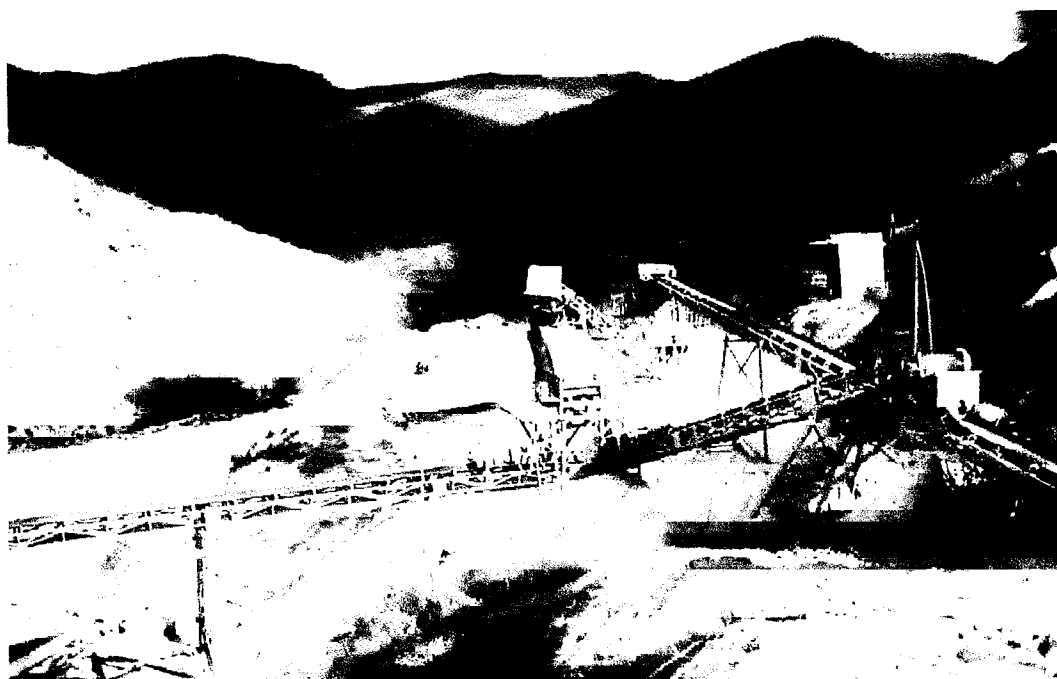


Foto 21 – Unidade de moagem por impactos (secundário).

A competência do geólogo residente é de manter uma gestão mineira equilibrada, isto é, fazer cumprir o plano de lavra, controlar as cargas, ordenando os transportes e as remessas, organizar as tarefas mineiras, e controlar tudo o que seja inerente ao bom funcionamento da mina.

Junto ao parque do britador primário, temos o parque de lotes de minério em bruto (Foto 22), que irá alimentar o sistema de britagem e moagem até ao produto final.

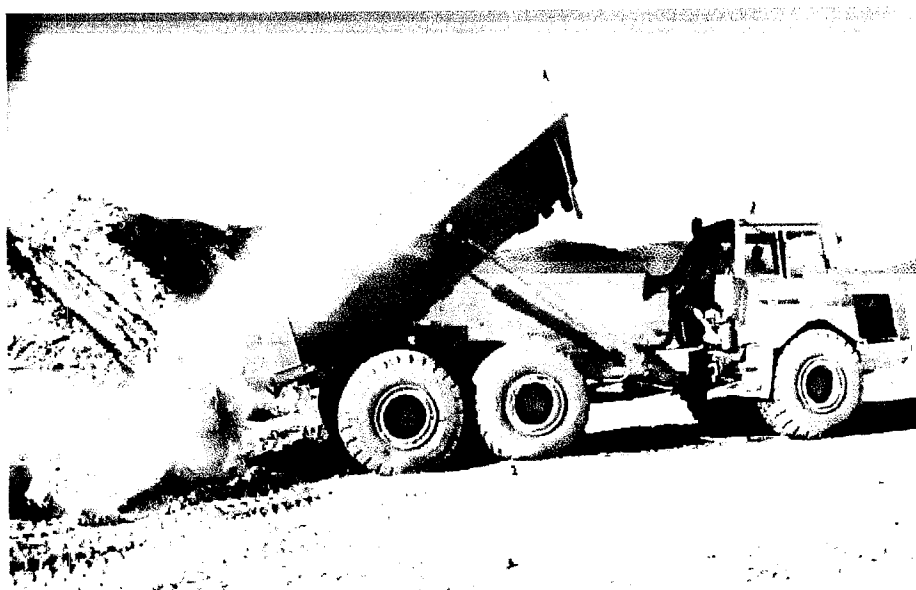


Foto 22 – “Rear Dumper” no primeiro parque de lotes.

Todo o material que aí existe tem que passar por essa unidade, sendo por isso necessária a pá carregadora frontal de modo a alimentar o britador. Depois de britado o material pode seguir para um segundo parque de lotes e daí transportado para as fábricas de transformação, ainda que numa granulometria bastante elevada (até cerca de 20 centímetros) ou segue para a unidade de moagem por impactos para que o material fique com um diâmetro inferior a 1,5 centímetros, só então aí seguindo para o segundo parque de lotes (Foto 23). Nesse parque de lotes o material é estratificado, com uma pá carregadora, de modo a homogeneizá-lo, criando assim os lotes que mais tarde serão transportados para outros locais (Foto 24) (Prazeres, 2003).



Foto 23 –Parque de lotes de expedição para a industria cerâmica



Foto 24 – Abastecimento do minério tal e qual britado para a industria.

III.3 – Impacte Ambiental e Recuperação Paisagística

Assumiu-se a responsabilidade de proteger o ambiente e minimizar as perturbações, reabilitando ao máximo as áreas afectadas. A recuperação paisagística da exploração tem por base a análise de factores do meio físico que serão modificados ao longo da vida da mina.

Esta exploração incide num aplitopegmatito intrusivo no CXG, dada a fraca permeabilidade destes terrenos e o elevado declive da superfície topográfica, a água das chuvas dificilmente fica armazenada e dá origem a um escoamento superficial importante, deste modo a região demonstra uma certa aridez, não sendo conhecida nenhuma exsurgência de água nas proximidades da exploração (Vide & Simões, 1999).

Localizando-se o corpo explorado numa crista inclinada do terreno, a exploração não interfere com a rede de drenagem natural, nem afecta nenhum aquífero. Existe um curso de água de carácter sazonal, a Ribeira de Albergães (Foto 25), que se encontra desviado do seu curso natural por galeria traçada e executada à época de trabalhos mineiros antigos, logo a ribeira não é afectada pela exploração nem pelos seus acessos.

O sistema de drenagem e esgoto engloba escoamento das águas superficiais do desmonte é encaminhado para uma bacia de decantação para deposição dos finos (Foto 25) e seguidamente encaminhado para a Ribeira da Bajoca.

Na fisiografia o relevo é muito acidentado, com cumes apertados e vales profundos em “V”, as altitudes da área envolvente da exploração variam entre os 250 e 390 metros, com declives apreciáveis atingindo frequentemente os 20% (Foto 26). A exploração é feita em flanco de encosta, entre as cotas 263 e 305 metros, pelo que as modificações fisiográficas não são consideráveis.



Foto 25 – Ribeira de Albergães.



Foto 26 – Aspecto do relevo acidentado da Mina.

Na edafologia da área de exploração os solos têm pouca expressão, sendo bastante pobres em nutrientes, daí resulta que a vegetação local seja reduzida a espécies rasteiras. Com o avanço da mina prevê-se um aumento dos fenómenos erosivos se bem que de escassa importância. Devido às características do terreno (pendor acentuado e escassez de solo) e às condições climáticas da região, a zona em apreço não tem nenhum uso específico, embora aí se verifique alguma pastorícia de ovinos e caprinos. Trata-se de um terreno de monte com coberto vegetal diminuto e sem uso particular, o que de resto é reflectido nas delimitações das actuais Reservas Agrícola e Ecológica (Vide & Simões, 1999).

As cores dominantes da paisagem são os castanhos e os verdes, sendo os verdes pouco brilhantes e de tons escuros, sendo os castanhos reflexo dos afloramentos de xisto. O contraste com as cores da corta mineira é marcado pelo contraste entre o branco do pegmatito e o resto da paisagem (Foto 27). Tendo em conta estes factores, o futuro do solo afectado pela lavra é inserido em zona de mato baixo de interesse ecológico reduzido.



Foto 27 – Enquadramento paisagístico.

A recuperação ambiental deverá ser efectuada, durante (Fotos 28 e 29) e no final da exploração. Deste modo a recuperação iniciar-se-á de Leste para Oeste e das cotas superiores para as inferiores.



Foto 28 – Plantação de espécies arbóreas nos coroamentos dos taludes de escombreira.

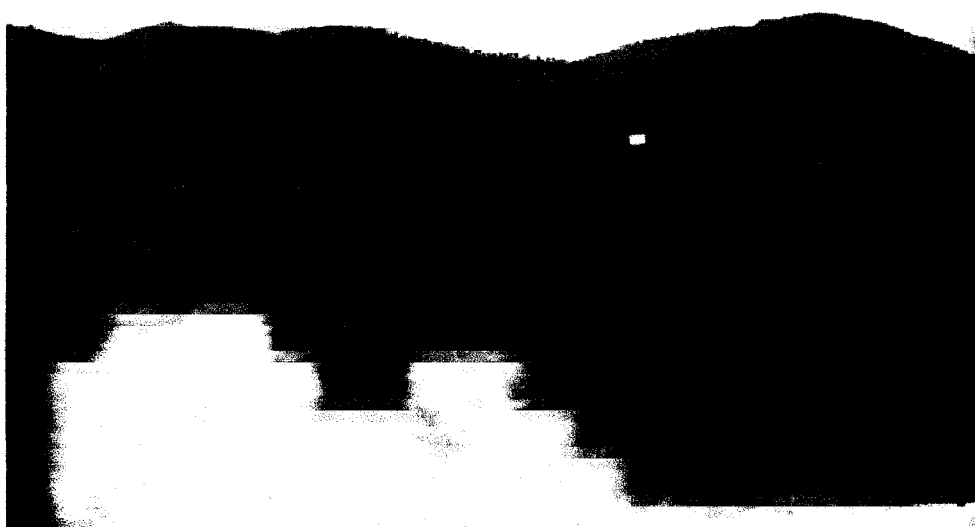


Foto 29 – Escombreira da Bajoca com recuperação paisagística.

Capítulo IV – Petrografia

Descrição Mineralógica Macroscópica

Estudo de Microscopia Óptica

IV – Petrografia

IV.1 – Descrição Mineralógica Macroscópica

A associação mineralógica primária deste aplitopegmatito é bastante simples e corresponde a uma composição essencialmente granítica. A fácies pegmatítica consiste predominantemente em:

- 1) megacristais euédricos a subédricos de feldspato potássico e das plagioclases (maioritariamente albite até 10 cm), uniformemente distribuídos, formando por vezes agregados;
- 2) agregados de cristais de petalite, subédricos ou anédricos, umas vezes milimétricos, outras vezes, centimétricos;
- 3) grãos de quartzo arredondados de pequena dimensão, formando por vezes agregados.

A moscovite primária, por vezes centimétrica não é abundante. Estão ainda presentes fosfatos primários como a apatite e ambligonite-montebrazite. Acessoriamente, e associada a zonas greisenizadas quartzo e moscovites, também aparece alguma cassiterite.

Quanto à parte aplítica, esta é composta essencialmente por pequenos grãos de albite (com o quartzo e moscovite em menores quantidades).

Na zona da falha do Barril (Foto 30) com orientação geral N10°;80°W, verifica-se a presença de bastantes cristais cúbicos de pirite, que por alteração passam a óxidos de ferro. Nessa mesma zona, assiste-se a uma argilização da massa aplitopegmatítica.

Assinale-se foi na altura deste desmonte, que num dos afloramentos da frente de mina se visualizava melhor a mineralização em cristais milimétricos de petalite (Foto 31).



Foto 30 – Esquema estrutura da falha e da zona da petalite.

Na zona central do filão, observam-se agregados frescos de quartzo, feldspato potássico (Foto 32), e petalite (Foto 33) já que eram zonas de frente de mina recentes.

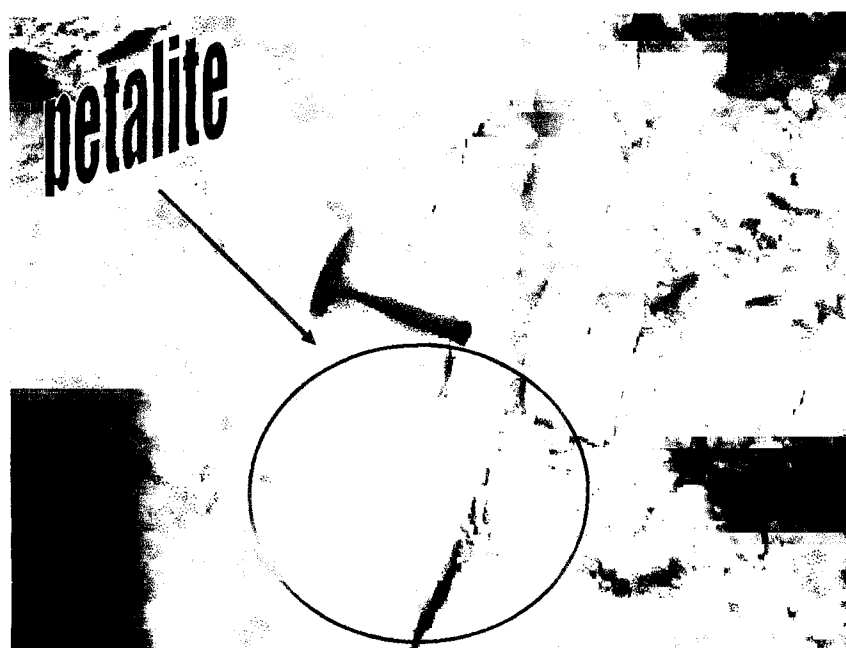


Foto 31 – Massa de petalite microcristalina na zona do filão.

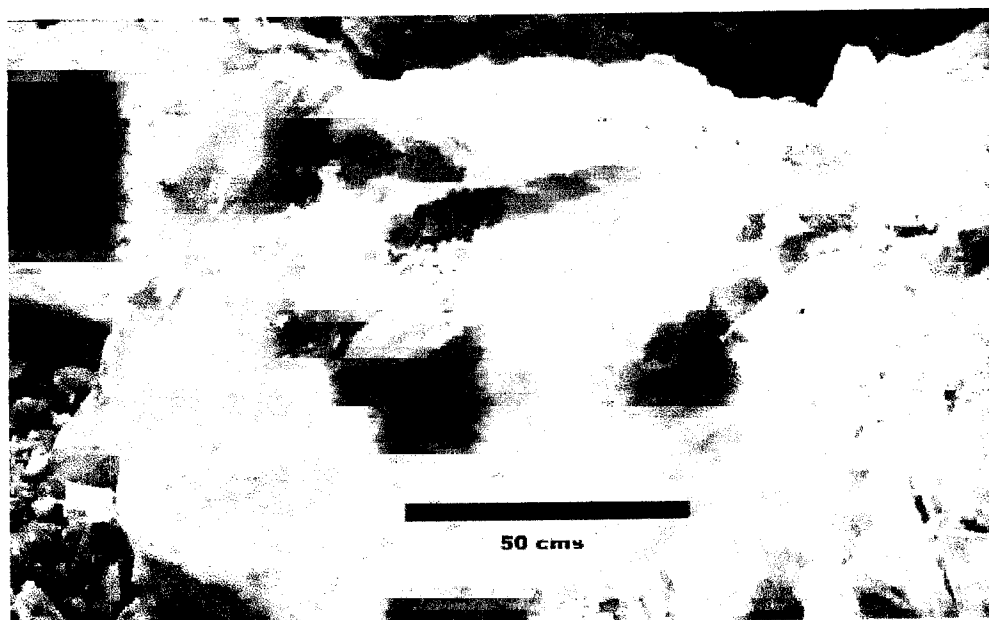


Foto 32 – Agregado de cristais de quartzo+albite+ ortoclase prismática.



Foto 33 – Petalite em cristal centimétrico fresco.

Dentro da zona da petalite encontram-se fracturas típicas causadas pelo regime frágil de descompressão do maciço. De realçar que nessas fracturas, ocorrem zonas de argilização significativas. Esta alteração poderá ajudar a explicar a lixiviação do lítio verificado nas análises químicas.

Deve-se salientar que não é fácil distinguir a petalite no seio da massa filoneana, uma vez que observadores menos experientes, facilmente a confundem com feldspatos (Foto 34). Uma das técnicas de campo utilizadas para a sua detecção, é a erosão diferencial negativa, que apresenta cristais de petalite alterados, isolados numa envolvente de minerais mais resistentes.

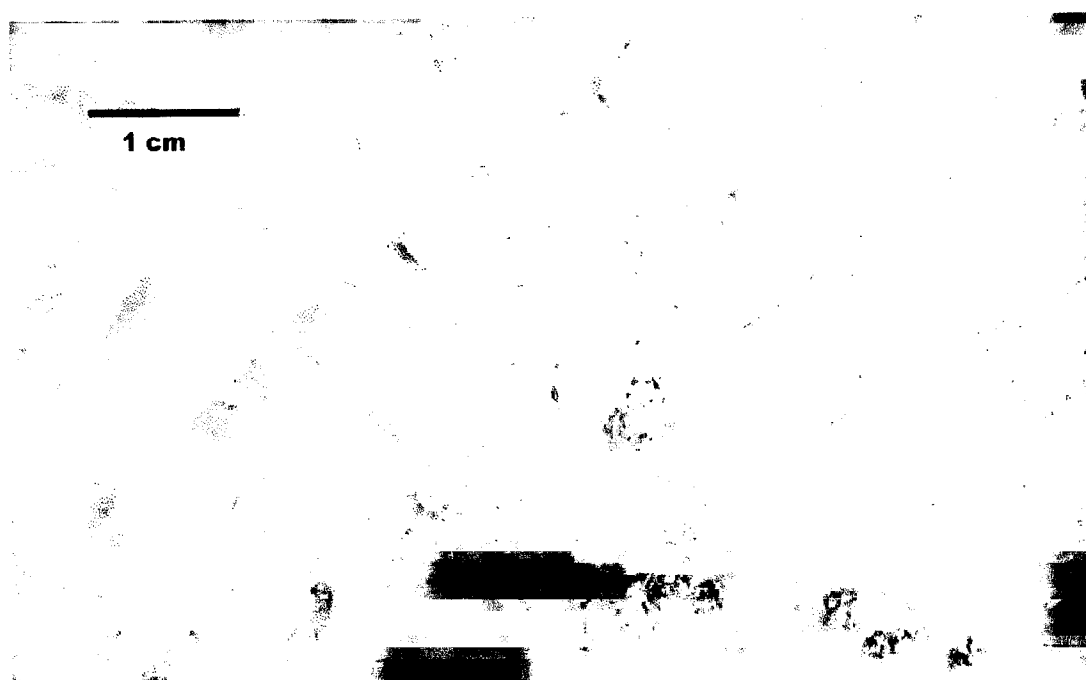


Foto 34 – Cristal de petalite alterado com clivagem perfeita segundo {001}.

IV.2 – Estudo de Microscopia Óptica

A textura deste aplitopegmatito é bastante homogénea, com feldspato potássico disperso numa matriz de plagioclases sódicas, quartzo e moscovite rara (Foto 35).



Foto 35 – Aspecto da textura do aplitopegmatito da Mina da Bajoca.

As lâminas delgadas não permitem obter uma melhor observação objectiva das fácies francamente pegmatíticas, do que a efectuada macroscopicamente.

A petalite é maioritariamente microcristalina, apresentando um aspecto muito fresco e aparecendo em massas de cor branca. No entanto é possível definir vários cristais centimétricos que apresentam uma clivagem perfeita segundo {001}.

Os feldspatos apresentam vulgarmente maclas simples (Foto 36), as plagioclases sódicas surgem também em estruturas de mirmequitização (Foto 37).

A petalite apresenta microscopicamente dois tipos de inclusões, quartzo globular (Foto 38) e de albite em cristais radiais. (Foto 39)

Quanto à parte aplítica, ao microscópio verifica-se que é unicamente constituída por albite, quartzo e raras micas.

Ao microscópio também são visíveis cristais de micas e quartzo de origem hidrotermal resultantes da percolação de fluidos tardios na génese do filão, aquando da greisenização (Foto 40). A cassiterite, o alvo da anterior exploração aparece em cristais milimétricos, evidenciando por vezes a macla de "joelho de estanho" (Foto 41).



Foto 36 – Feldspatos, associados com minerais de menor granulometria de quartzo e moscovite.



Foto 37 – Degradação dos feldspatos com presença muito comum de mirmequites.

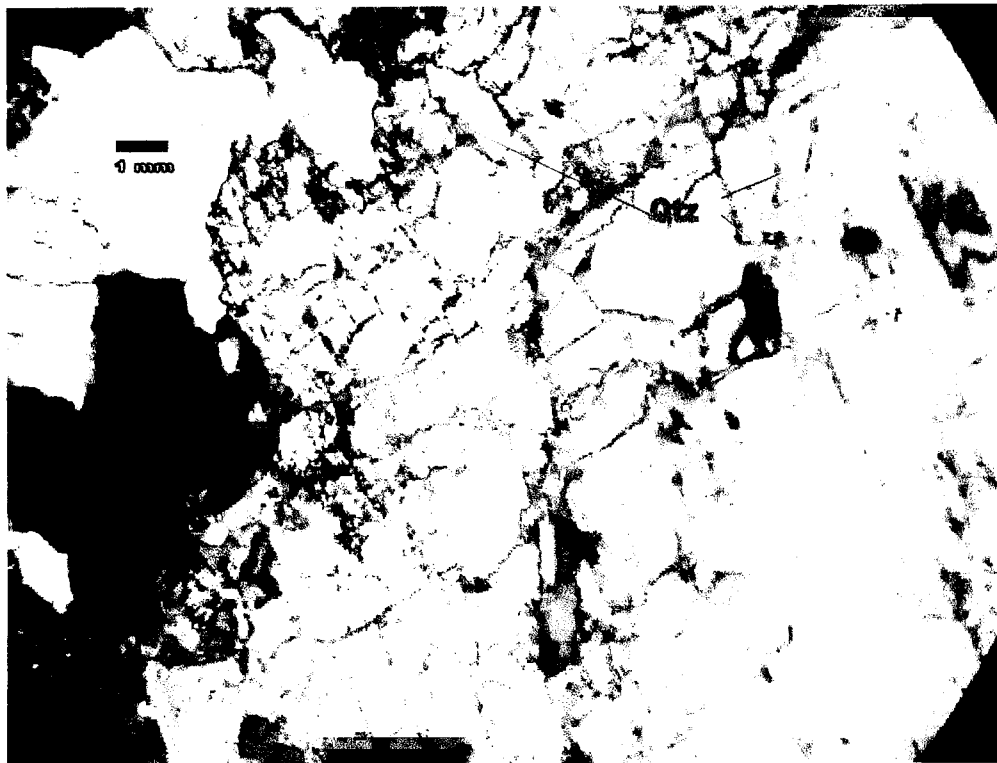


Foto 38 – Petalite com grãos de quartzo globular.



Foto 39 – Aspecto da petalite com inclusões de albite radial.

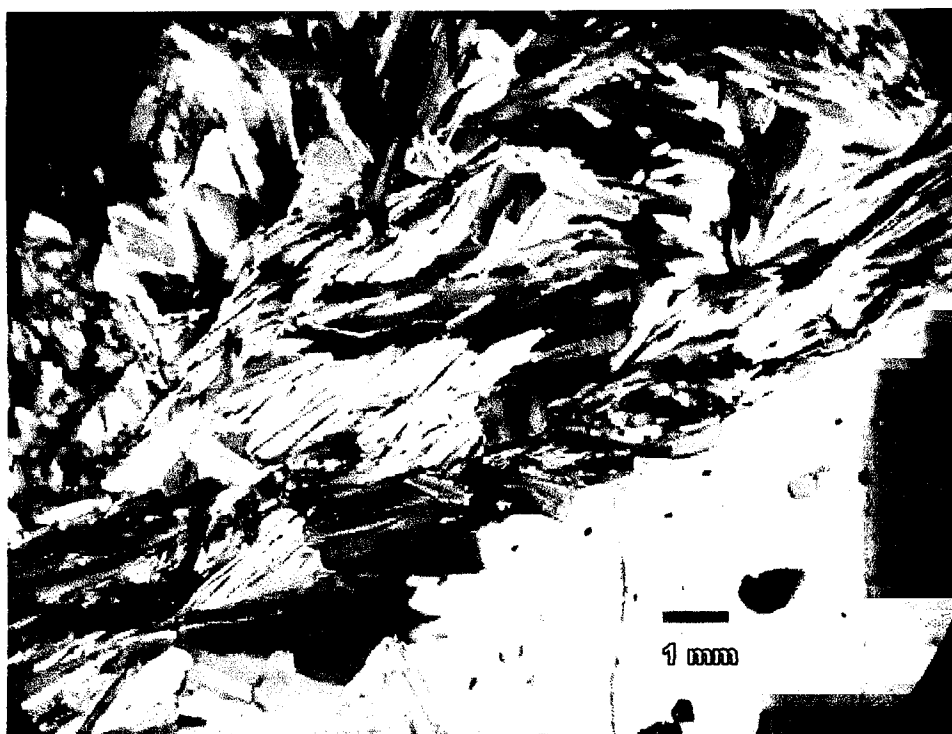


Foto 40 – Zona de greisen (moscovite+quartzo) no aplitopegmatito.



Foto 41 – Cristal de cassiterite, com macla "joelho de estanho".

Desta forma a provável sequência paragenética de cristalização, do magma pegmatítico, com a provável alteração hidrotermal e a alteração supergénica por acção meteórica, observa-se na Figura 20.

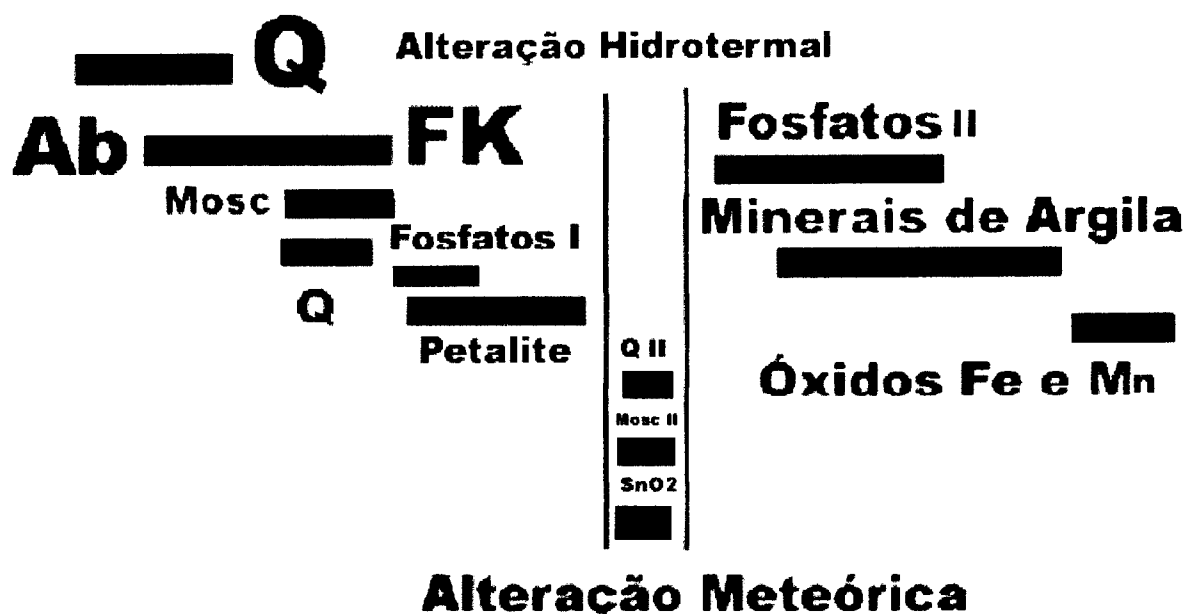


Figura 20 – Quadro paragenético do Filão da Mina da Bajoca.

De salientar que este quadro paragenético é uma proposta de modelo, baseado em estudos da mesma índole de massas minerais, de casos nacionais e internacionais. Será desta forma necessário para elaboração de um quadro mais completo, o mesmo ser alvo de um trabalho mais aprofundado, com execução de estudos mais pormenorizados ao nível petrográfico e geoquímico.

Capítulo V – Geoquímica

Introdução

Resultados da Geoquímica de amostragem em canal

Resultados da Geoquímica de amostragem pontual e de sondagem

Estudo Cristalo-químico

 Microsonda electrónica

 Microscópio Electrónico de Varrimento

V – Geoquímica

V.1 – Introdução

No filão aplitopegmatítico da mina da Bajoca que se encontra em plena laboração, optou-se pela utilização de vários tipos de amostragem:

- **Amostragem pontual** – que consistiu numa recolha de amostras pontuais, que serviram de base a análises químicas e à realização de lâminas polidas para ME (Microsonda Electrónica) e MEV (Microscopia Electrónica de Varrimento).
- **Amostragem em canal** – com secção de aproximadamente 1 metro de comprimento por 10 cms de altura e 2 cms de espessura, com recolha de amostras com aproximadamente $(1 \times 0,10 \times 0,02 = 0,002 \text{ m}^3 \times 2,5) = 5 \text{ kg}$ por secção. Esta amostragem foi toda feita ao mesmo nível na frente de desmonte, de tecto para muro (Oeste para Este) num total de 39 amostras, embora só 13 foram analisadas (Foto 15), cortando o filão de direcção N10°, com mergulho a variar entre 30° e 45° para Oeste.
- **Amostragem por sondagem destrutiva** – foi efectuada com furação em rotopercussão com recurso ao equipamento Tamrock, normalmente utilizada para a implantação de esquemas de fogo, que recolhia por aspiração os finos resultantes da furação do maciço. A amostragem era efectuada de 3 em 3 metros até a um alcance máximo de 9 metros.

Os resultados analíticos referentes ao rubídio (Rb), lítio (Li) e estanho (Sn) foram obtidos por Espectrofotometria de Absorção Atómica com Chama no Laboratório de análise química do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da

Universidade do Porto. Os referentes ao sódio (Na) e potássio (K) foram obtidos por fluorescência de Raio X no Laboratório de Química da Felmica, Mangualde.

V.2 – Resultados de Geoquímica da amostragem em canal.

No século passado o filão da Bajoca era uma mina de estanho. Nos resultados analíticos já obtidos foi detectada essa mineralização em estanho (Sn), sob a forma de cassiterite.

Os resultados analíticos obtidos na amostragem realizada no filão da Bajoca, são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Amostragem metro a metro efectuada no filão da Bajoca e respectivos resultados analíticos.

Amostra nº	Na ₂ O %	K ₂ O %	Rb ppm	Li ppm	Sn ppm	Observações
TMA15	5,70	3,60	1400	2100	660	Zona com Petalite
TMA16	4,80	3,40	1100	800	570	
TMA17	4,52	3,21	600	7000	430	
TMA18	7,20	2,70	600	600	400	
TMA19	6,86	2,34	700	300	480	
TMA20	5,60	2,30	400	2300	530	
TMA24	7,90	2,00	700	600	440	Zona sem Petalite
TMA26	7,70	2,20	800	300	610	
TMA27	6,10	2,60	900	700	530	
TMA40	6,60	2,50	500	400	320	
TMA45	6,13	5,40	600	100	330	
TMA52	7,50	3,60	100	200	320	
TMA53	6,96	2,35	300	300	380	

Podem-se observar nos gráficos 3 e 4, as relações de cada um dos álcalis (Na₂O% e K₂O%) com o Lítio (ppm). Como se pode verificar, existe uma certa correlação negativa entre o Na e o Li, enquanto a correlação entre o K e o Li será

pouco evidente. Dada a paragênese do filão, leva-nos a deduzir que o aparecimento de albite indica uma redução ou mesmo inexistência de petalite.

Relação Na₂O% - Li (ppm)

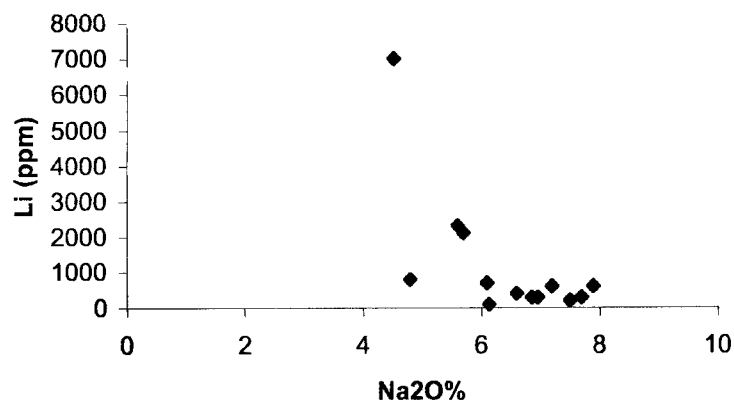


Gráfico 3 - Relação Na₂O% - Li (ppm)

Relação K₂O% - Li (ppm)

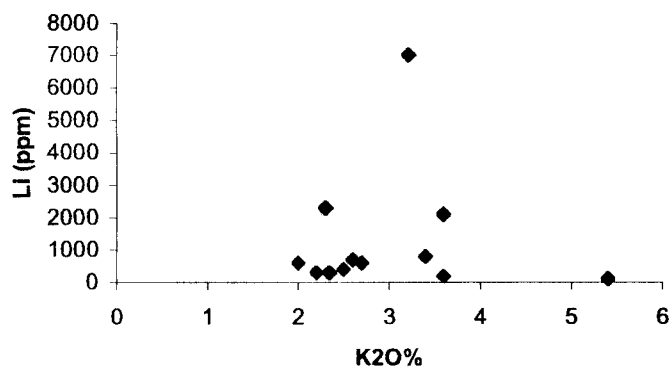


Gráfico 4 – Relação K₂O% - Li (ppm)

No Quadro 5 estão comparados estes resultados do filão da Bajoca com os filões de lepidolite da mesma concessão (Charoy & Noronha 1999). Como pode verificar-se, têm aproximadamente, os mesmos valores em termos de elementos maiores, e nos vários elementos traço analisados. Contudo os filões lepidolíticos são mais enriquecidos

em lítio, em flúor e em rubídio, o que está de acordo com os valores encontrados por Cerny (1991).

Quadro 5 – Quadro comparativo das médias das análises obtidas na zona do filão com e sem petalite e de filões com lepidolite (Charoy & Noronha 1999) do campo aplitopegmatítico de Almendra-Barca de Alva. As colunas Petalite e Lepidolite apresentam os valores para pegmatitos de elementos raros da família LCT, respectivamente 1 - do subtipo petalite (Tanco), e 2 - do subtipo lepidolite (Pidlite) sendo estes dados retirados de Cerny (1991).

	Média da zona com petalite	Média da zona sem petalite	Petalite 1	Charoy & Noronha (1999)	Lepidolite 2
SiO ₂ %	69,56	68,74	69,74	69,57	74,5
Al ₂ O ₃ %	16,09	15,06	16,50	17,35	14,8
Fe ₂ O ₃ %	0,13	0,22	0,18	0,16	nd
CaO %	0,63	0,63	0,89	0,3	0,2
MgO %	0,04	0,04	nd	tr	nd
Na ₂ O %	5,78	6,80	2,69	5,05	3,3
K ₂ O %	2,93	3,46	4,42	3,25	5,4
TiO ₂ %	0,01	0,01	0,01	nd	nd
MnO %	0,00	0,00	0,21	0,05	nd
P ₂ O ₅ %	0,91	0,65	1,18	0,73	nd
F %	0,07	0,07	nd	1,33	0,9
A/KCN	1,16	0,94	1,52	1,40	1,27
Na ₂ O/ K ₂ O	1,97	1,96	0,61	1,55	0,61
Li (ppm)	2050	230	93-	4960	37-8400
Rb (ppm)	800	400	274-	2570	183-9970
Cs (ppm)	nd	nd	28-236	430	9-9400
K/Rb (ppm)	32	30	24-6	44	5-40
Rb/Cs (ppm)	nd	nd	13-7	6	8,5-1,2

No filão da Bajoca, que apresenta petalite, bem como nos de lepidolite, a albite é dominante relativamente ao feldspato potássico ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} \gg 1,5$), principalmente na rara fácies aplitica. No que se refere aos índices de peraluminosidade, ambas indicam rochas peraluminosas ($\text{A/KCN} \gg 1$). Do ponto de vista de fraccionamento, utilizando o critério da razão K/Rb (Cerny, 1992), os filões com lepidolite parecem ser mais evoluídos que o da Bajoca. Apesar disso, nem no filão da Bajoca, nem nos de lepidolite foi ainda possível encontrar polucite, mineral típico de pegmatitos evoluídos tipo LCT.

Podemos concluir por estudo em amostragem de canal, que os valores mais significativos em lítio serão devidos à presença de agregados microcristalinos e de cristais centimétricos de petalite em algumas zonas do filão da Bajoca.

Noutras zonas encontra-se uma facies caracterizada pela presença de megacristais de ortoclase isolados distribuídos numa matriz quartzo-albítica, com diminuição notória dos teores em lítio.

Existe, tal como foi encontrado para os filões petalíferos do campo aplitopegmatítico do Barroso-Alvão (Lima et al. 2003b) valores significativos em estanho.

De acordo com (Cerny, 1991), são aplitopegmatitos com elementos raros, da família LCT (Li, Cs, Ta), de tipo complexo, sendo o filão da Bajoca do subtipo petalite, e os outros referidos por Charoy & Noronha (1999) do subtipo lepidolite.

V.3 – Resultados de Geoquímica da amostragem pontual e de sondagem

Os resultados analíticos obtidos na amostragem pontual realizada no filão da Bajoca são apresentados no Quadro 6.

Da sua leitura verifica-se que apresenta valores em álcalis na sua globalidade compatíveis com a sua utilização como matéria-prima na indústria cerâmica. Tal como se indica no quadro, os teores em Na e K, podem atingir valores muito altos.

São ainda de assinalar os valores altos em Ferro, no início da amostragem, que estão relacionados com a zona de influência da falha do Barril (TMA 1 a TMA 6).

Os teores altos em fósforo (P), são devidos à presença localizada de ambligonite-montebrasite.

A relação entre o Na e o K (Gráfico 5), indica não haver nenhuma correlação entre estes elementos, e por conseguinte entre a ortoclase e a albite. Esta relação (Gráfico 5) prova não haver qualquer regra de associação do sódio com o potássio, pois de certa forma é o gráfico que apresenta mais dispersão de valores.

Verifica-se uma correlação com forte tendência negativa entre a alumina (Al_2O_3) e a sílica (SiO_2), em que quanto mais sílica têm a amostra, menos alumina está presente.

Quadro 6 - Amostragem Pontual e de sondagem no filão da Bajoca.

Amostra nº	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	TiO ₂ %	MnO %	P ₂ O ₅ %	F %
TMA1	70,90	19,20	0,71	2,50	0,92	2,70	2,00	0,01	0,03	0,90	0,12
TMA2	68,00	19,10	2,20	1,00	0,66	1,50	6,00	0,01	0,31	0,40	0,09
TMA3	67,80	19,10	5,12	0,30	0,79	0,80	4,90	0,01	0,05	0,20	0,15
TMA4	72,10	19,90	0,74	1,40	0,90	1,90	2,70	0,01	0,05	0,20	0,10
TMA5	72,50	20,00	0,58	1,60	0,55	2,80	1,30	0,01	0,05	0,50	0,09
TMA6	68,30	21,50	1,71	0,50	0,08	-0,90	3,30	0,01	0,04	0,20	0,09
TMA7	67,90	23,80	0,50	0,60	0,07	-1,00	3,80	0,00	0,00	0,10	0,08
TMA8	72,00	16,90	0,41	0,10	0,11	0,60	0,80	0,01	0,02	0,20	0,07
TMA9	72,00	16,80	0,44	0,10	0,11	1,10	0,90	0,02	0,04	0,20	0,07
TMA10	71,40	17,20	0,18	0,60	0,03	6,50	3,60	0,01	0,03	0,40	0,09
TMA11	72,70	17,50	0,54	0,30	0,09	3,60	4,90	0,04	0,07	0,10	0,08
TMA12	70,40	17,60	0,19	0,40	0,07	6,40	4,20	0,01	0,00	0,40	0,07
TMA13	71,30	17,10	0,09	0,70	0,03	3,50	1,90	0,01	0,00	0,90	0,07
TMA14	71,50	17,60	0,15	0,50	0,06	6,40	3,50	0,01	0,00	0,70	0,07
TMA55	68,00	19,10	2,20	1,00	0,66	1,50	6,00	0,65	0,31	0,40	0,14
TMA56	69,70	16,70	0,27	0,70	0,02	5,40	3,60	0,01	0,01	1,30	0,08
TMA57	70,00	15,10	0,53	1,60	-0,10	7,10	2,00	0,01	0,04	1,90	0,08
TMA58	70,40	16,80	0,12	0,40	0,08	7,60	3,70	0,00	0,00	0,40	0,07
TMA59	70,20	15,50	0,15	0,50	0,05	6,20	3,90	0,00	0,01	0,60	0,07
TMA60	70,20	15,50	0,20	0,50	0,05	5,50	3,70	0,00	0,01	0,60	0,07
TMA61	70,00	15,50	0,14	0,40	0,07	4,70	3,90	0,00	0,00	0,50	0,07
TMA62	70,40	15,80	0,16	0,50	0,06	6,20	4,00	0,00	0,00	0,50	0,07
TMA63	69,30	15,80	0,25	1,40	-0,08	2,60	4,20	0,01	0,01	1,90	0,08
TMA64	70,00	15,30	0,16	0,60	0,06	2,40	1,30	0,00	0,00	0,70	0,07
TMA65	71,10	16,70	0,19	0,70	0,03	8,80	1,10	0,02	0,00	0,90	0,07
TMA66	71,50	16,40	0,13	0,50	0,06	6,90	3,20	0,01	0,01	0,70	0,07
TMA67	70,60	16,80	0,13	0,40	0,07	6,60	4,00	0,01	0,00	0,40	0,07
TMA68	70,60	16,20	0,12	0,50	0,06	5,70	3,50	0,01	0,00	0,70	0,07
TMA69	68,40	17,30	0,30	0,40	0,06	4,80	5,80	0,00	0,02	1,20	0,08
TMA70	73,80	14,50	0,22	0,30	0,08	5,60	3,00	0,01	0,01	0,40	-0,1
TMA99	69,15	18,19	1,21	0,22	0,11	2,33	7,51	0,01	0,03	0,16	0,09
TMA100	69,50	18,83	0,27	0,39	0,08	5,96	6,63	0,01	0,00	0,39	0,08
TMA101	69,52	18,76	0,65	1,19	-0,04	8,56	1,78	0,01	0,02	1,18	0,08

* (Valores negativos indicam que estão abaixo do limite de detecção; os valores indicados a verde indicam teores em álcalis muito altos; os valores a vermelho indicam valores altos em elementos contaminantes).

**(Amostras TMA65 a TMA68, são relativas a sondagens).

Existe uma certa percentagem de amostras que são muito ricas em potássio que correspondem a zonas de aglomerados de cristais de ortoclase.

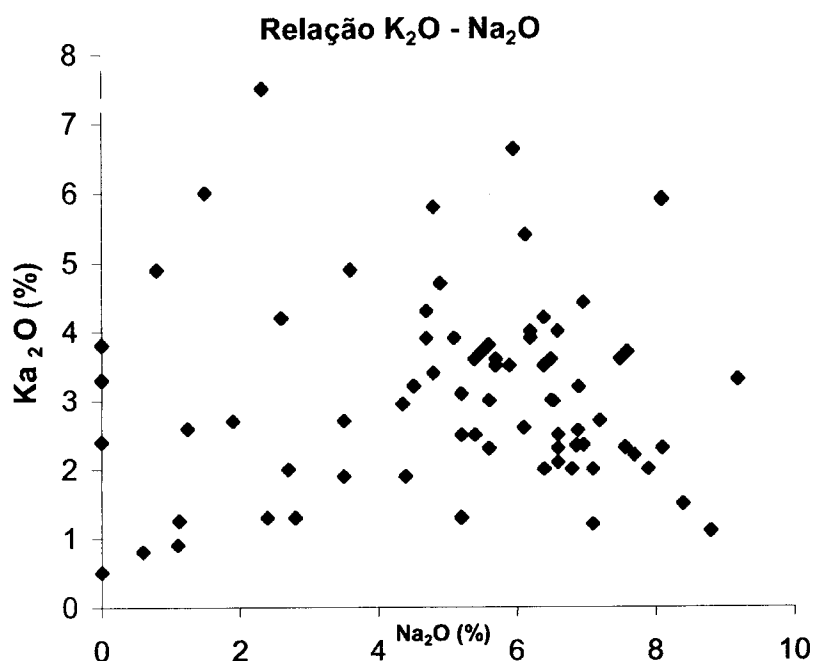


Gráfico 5 – Relação K_2O – Na_2O

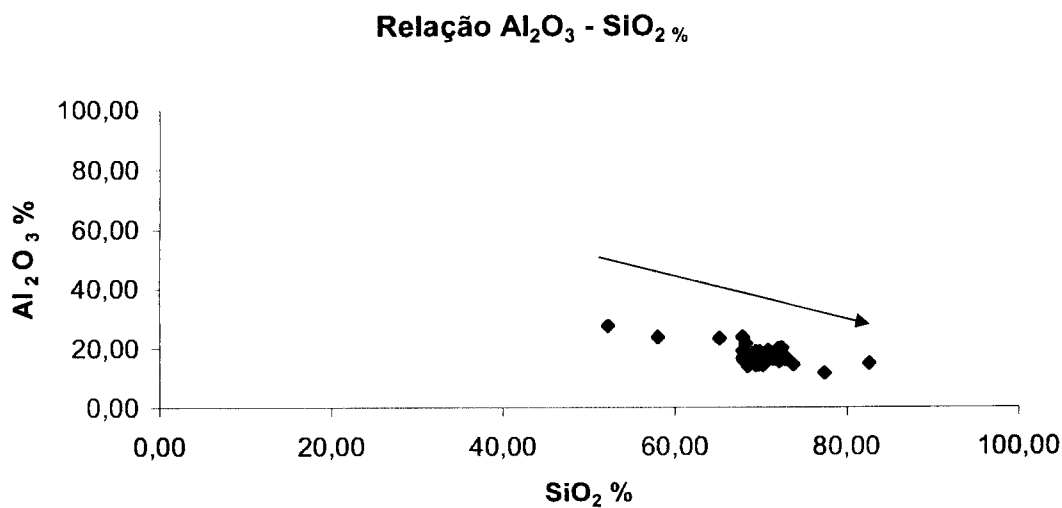


Gráfico 6 – Relação SiO_2 – Al_2O_3 % com correlação negativa

V.4 – Estudo Cristalo-químico

V.4.1 – Microsonda electrónica

Uma parte do estudo, consistiu numa observação e descrição microscópica das lâminas delgadas. (capítulo anterior) As análises foram realizadas no laboratório do IGM (Instituto Geológico e Mineiro) de S. Mamede Infesta – Porto. O laboratório do IGM está equipado com uma microsonda CAMEBAX que utiliza as riscas K α para todos os elementos com os seguintes cristais analisados (Ramos, 1998) TAP (ftalato ácido de tálio) para o Si, Al, Mg, F e Na; PET (pentaeritritol) para os elementos K, Ti, Ca e P e o cristal LiF (fuoreto de lítio) para o Fe e o Mn. (Vieira, 2003)

A apresentação dos resultados será efectuada com a apresentação da foto das lâminas polidas analisadas, os círculos de localização, os pontos efectuados com a ME, tudo com a respectiva legenda (ex. Foto 42 e 43).

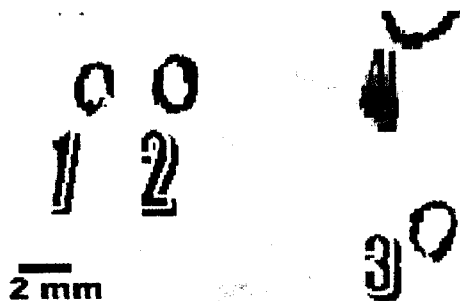


Foto 42 – Lâmina da TMA-P-02 vista na lupa, com zonas alvo.



Foto 43 – Zona 1 TMA-P-02 pontos 24, 25 e 26, com montebrasite (Quadro - 7)

Os primeiros círculos analisados foram feitos numa amostra com montebrasite-amblygonite milimétrica (quadros 7, 8 e 9 e foto 43, 44 e 45) com valores de P e F que estão de acordo com a composição típica desta série mineral.

Quadro 7 – Análise à montebrasite da TMA-P-02, zona 1 e pontos 24,25 e 26.

Mineral	Montebrasite		Mineral	Montebrasite		Mineral	Montebrasite	
Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Ponto	24		Ponto	25		Ponto	26	
Zona	1		Zona	1		Zona	1	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	48,29	0,00	O	47,74	0,00	O	48,53	0,00
F	3,89	5,53	F	3,41	4,85	F	3,81	5,41
Na	0,00	0,01	Na	0,00	0,00	Na	0,04	0,06
Mg	0,00	0,00	Mg	0,07	0,11	Mg	0,01	0,01
Al	19,88	37,56	Al	20,02	37,82	Al	20,24	38,24
Si	0,00	0,00	Si	0,02	0,05	Si	0,02	0,04
P	22,42	51,38	P	22,00	50,42	P	22,35	51,22
K	0,01	0,02	K	0,00	0,00	K	0,01	0,01
Ca	0,01	0,02	Ca	0,02	0,02	Ca	0,03	0,04
Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00
Mn	0,02	0,02	Mn	0,00	0,01	Mn	0,00	0,00
Fe	0,01	0,01	Fe	0,02	0,02	Fe	0,01	0,01
SOMA	94,53	94,55	SOMA	93,30	93,30	SOMA	95,05	95,04

Quadro 8 – Análise à montebrasite da TMA-P-02, zona 2 e pontos 21, 22 e 23.

Mineral	Montebrasite		Mineral	Montebrasite		Mineral	Montebrasite	
Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Ponto	21		Ponto	22		Ponto	23	
Zona	2		Zona	2		Zona	2	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	45,92	0,00	O	47,41	0,00	O	47,67	0,00
F	1,34	1,90	F	3,20	4,55	F	3,35	4,76
Na	0,38	0,52	Na	0,01	0,02	Na	0,02	0,02
Mg	0,00	0,01	Mg	0,00	0,00	Mg	0,00	0,01
Al	19,16	36,20	Al	19,77	37,35	Al	19,46	36,77
Si	0,02	0,04	Si	0,01	0,02	Si	0,00	0,00
P	21,80	49,95	P	22,02	50,45	P	22,40	51,31
K	0,00	0,00	K	0,01	0,01	K	0,00	0,00
Ca	0,02	0,03	Ca	0,00	0,00	Ca	0,01	0,02
Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	Mn	0,08	0,10	Mn	0,06	0,08
Fe	0,00	0,00	Fe	0,00	0,00	Fe	0,00	0,00
SOMA	88,64	88,65	SOMA	92,51	92,51	SOMA	92,97	92,97

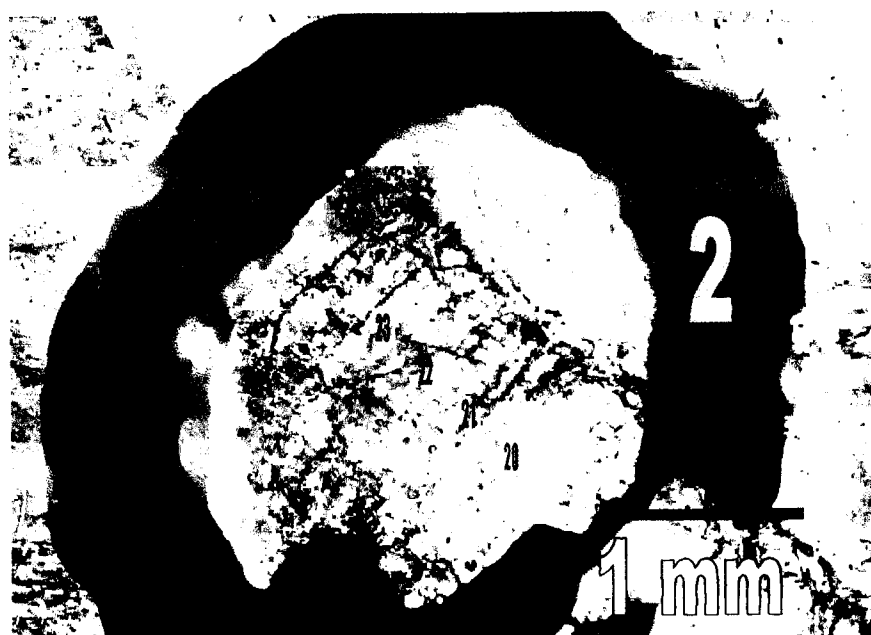


Foto 44 – Zona 2 TMA-P-02 pontos 20,21,22 e 23, onde a composição do mineral é consistente com a série amblygonite-montebrasite.

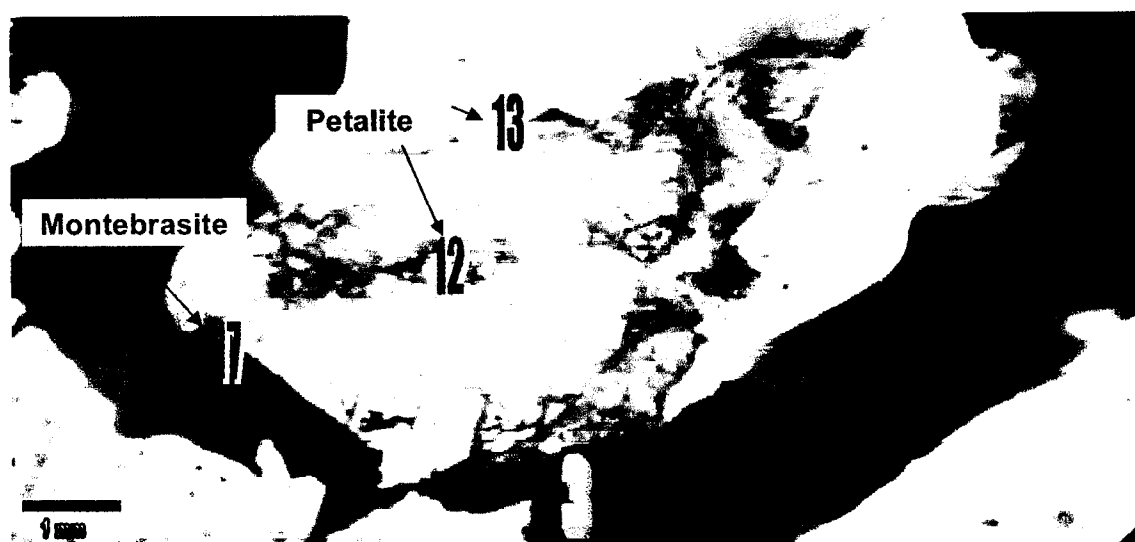


Foto 45 – Zona 3 TMA-P-02 pontos 11 a 19, feitos em amblygonite-montebrasite.

Na orla da foto 45, os pontos 12 e 13 foram dados na petalite envolvente, dando resultados (Quadro 9) que estão de acordo com a composição típica deste mineral. Não se pode indicar o valor de Li da petalite porque este não se determina em ME.

Quadro 9 – Análise à petalite e montebrasite da (TMA-P-02, zona 3 e pontos 12, 13 e 17.

Mineral	Petalite		Mineral	Petalite		Mineral	Montebrasite	
Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Ponto	12		Ponto	13		Ponto	17	
Zona	3		Zona	3		Zona	3	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	45,90	0,00	O	45,65	0,00	O	48,06	0,00
F	0,00	0,00	F	0,10	0,14	F	3,19	4,53
Na	0,14	0,19	Na	0,12	0,16	Na	0,01	0,01
Mg	0,13	0,22	Mg	0,08	0,14	Mg	0,00	0,00
Al	21,80	41,19	Al	21,68	40,97	Al	19,78	37,38
Si	22,66	48,47	Si	22,56	48,25	Si	0,00	0,00
P	0,14	0,33	P	0,17	0,39	P	22,54	51,64
K	0,21	0,25	K	0,24	0,28	K	0,00	0,00
Ca	0,43	0,60	Ca	0,43	0,60	Ca	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00
Mn	0,03	0,04	Mn	0,00	0,00	Mn	0,03	0,04
Fe	0,52	0,67	Fe	0,32	0,42	Fe	0,00	0,00
SOMA	91,96	91,96	SOMA	91,35	91,35	SOMA	93,61	93,60

Os pontos seguintes foram dados numa lâmina de uma amostra com petalite aparentemente fresca (Foto 46 e 47). Tal como se verifica pelo Quadro 10, as alterações observadas na Foto 47 são constituídas por cristais de albite em arranjo radial.



Foto 46 – Aspecto da lâmina delgada e zonas alvo TMA-P-11.

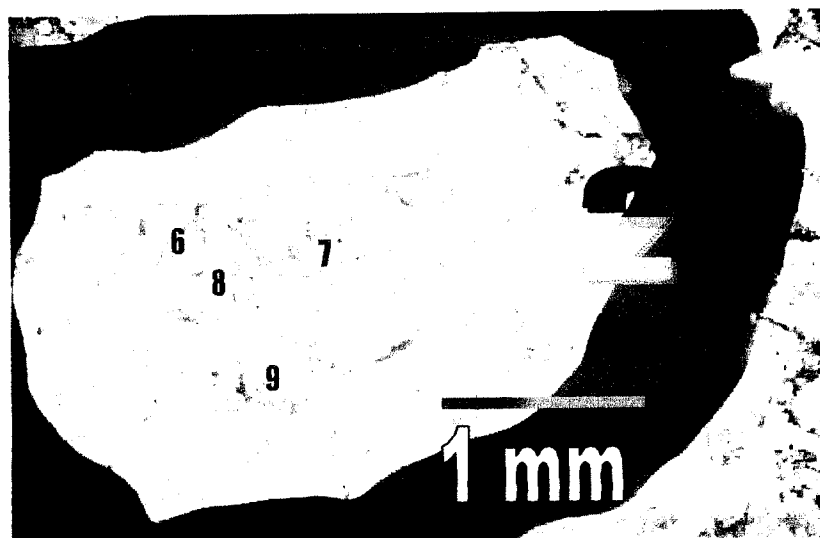


Foto 47 – Zona 2 da TMA-P-11 com os pontos 8 e 9 indicando a constituição da albite, e com a análise do ponto 7 indicando a petalite.

Estes ninhos de albite no seio da petalite, ou serão gerados supergenicamente, substituindo gradualmente a mineralização do aluminossilicato de lítio, ou serão resultado de uma alteração em sub-solidus ainda não descrita na bibliografia.

Quadro 10 – Análise à petalite, e a aglomerados de albite com formação posterior, associação mineral muito pouco comum em pegmatito tipo LCT (TMA-P-11, zona 2 e pontos 7, 8 e 9).

Mineral	Petalite		Mineral	Albite		Mineral	Albite	
Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Ponto	7		Ponto	8		Ponto	9	
Zona	2		Zona	2		Zona	2	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	50,26	0,00	O	49,16	0,00	O	50,14	0,00
F	0,05	0,08	F	0,50	0,08	F	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	Na	8,62	11,63	Na	7,52	10,14
Mg	0,01	0,01	Mg	0,00	0,00	Mg	0,01	0,01
Al	9,01	17,03	Al	10,48	19,80	Al	10,42	19,69
Si	37,05	79,25	Si	32,25	69,00	Si	33,53	71,73
P	0,00	0,00	P	0,01	0,02	P	0,00	0,00
K	0,00	0,00	K	0,11	0,13	K	0,14	0,17
Ca	0,00	0,00	Ca	0,00	0,01	Ca	0,02	0,03
Ti	0,02	0,03	Ti	0,02	0,03	Ti	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	Mn	0,07	0,09	Mn	0,03	0,04
Fe	0,00	0,00	Fe	0,01	0,01	Fe	0,02	0,02
SOMA	96,40	96,40	SOMA	101,23	100,80	SOMA	101,83	101,83

Nos pontos representados na foto 48 (Zona 3 do TMA-P-11) tentou-se observar a existência ou não de cookeíte como alteração, vindo-se a verificar sim a formação de montebrasite no seio da petalite (Quadro 11).



Foto 48 – Análise da Zona 3 do TMA-P-11 nos minerais montebrasite e petalite com os pontos de 1 a 9, na petalite e na montebrasite-amblygonite que ocupa as zonas de alteração.

Quadro 11 – Análise à petalite, e à montebrasite, com um estágio inicial de alteração meteórica TMA-P-11, zona 3 e pontos 6, 7 e 8.

Mineral	Montebrasite		Mineral	Petalite		Mineral	Petalite	
Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Ponto	6		Ponto	7		Ponto	8	
Zona	3		Zona	3		Zona	3	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	47,71	0,00	O	46,15	0,00	O	44,69	0,00
F	2,84	4,04	F	0,11	0,16	F	0,00	0,00
Na	0,01	0,02	Na	0,03	0,04	Na	0,03	0,05
Mg	0,00	0,00	Mg	0,11	0,19	Mg	0,14	0,24
Al	19,68	37,19	Al	21,62	40,85	Al	20,84	39,38
Si	0,06	0,13	Si	23,26	49,75	Si	22,66	48,48
P	17,07	45,97	P	0,07	0,16	P	0,06	0,14
K	0,00	0,00	K	0,20	0,24	K	0,17	0,21
Ca	0,02	0,03	Ca	0,17	0,24	Ca	0,13	0,19
Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00
Mn	0,01	0,01	Mn	0,00	0,00	Mn	0,01	0,02
Fe	0,05	0,06	Fe	0,30	0,39	Fe	0,20	0,25
SOMA	87,45	87,45	SOMA	92,02	92,02	SOMA	88,93	88,96

Como se observa nas fotos 60 e 61, temos os óxidos de ferro a preencher as fracturas, isto derivado a uma alteração supergênica que promove a percolação de fluidos principalmente originários da zona de falha, por minerais secundários que “beberam” nas ocorrências minerais primários da falha (por ex. pirite) (Quadro 12).

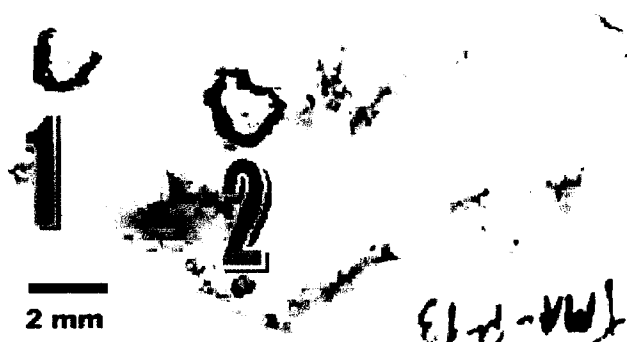


Foto 49 – Aspecto da Lâmina polida da Amostra TMA-P-13.



Foto 50 –análise dos pontos 28, 29 e 30 na amostra TMA-P-13, de uma zona com minerais de alteração, nomeadamente óxidos de ferro acompanhados por fosfatos cristalizados sob a forma de flúor-apatites.

Quadro 12 – Análise à apatite, e aos óxidos de ferro TMA-P-13, zona 1 e pontos 28, 29 e 30.

Mineral	Apatite		Mineral	Óx. Ferro		Mineral	Óx. Ferro	
Amostra	TMA-P-13		Amostra	TMA-P-13		Amostra	TMA-P-13	
Ponto	28		Ponto	29		Ponto	30	
Zona	1		Zona	1		Zona	1	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	41,94	0,00	O	36,05	0,00	O	42,95	0,00
F	3,70	5,26	F	0,01	0,02	F	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	Na	0,04	0,05	Na	0,03	0,04
Mg	0,00	0,00	Mg	0,05	0,08	Mg	0,06	0,09
Al	0,00	0,00	Al	14,45	27,30	Al	19,88	37,57
Si	0,00	0,00	Si	14,73	31,52	Si	21,19	45,33
P	18,97	43,46	P	0,28	0,65	P	0,11	0,24
K	0,00	0,00	K	0,01	0,01	K	0,18	0,22
Ca	39,58	55,38	Ca	0,13	0,19	Ca	0,06	0,09
Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00
Mn	0,31	0,40	Mn	0,00	0,00	Mn	0,06	0,08
Fe	0,00	0,00	Fe	20,73	26,66	Fe	2,99	3,85
SOMA	104,50	104,50	SOMA	86,48	86,48	SOMA	87,51	87,51

Como se pode observar no quadro 12 e 13 (Foto 50 e 51), podemos observar apatites, com valores de P e Ca típicos deste mineral e algum F, que poderá classificá-la como flúor-apatite. Deste modo temos outro fosfato na paragénese do filão, que aparecia nas alterações mineralógicas detectadas a nível macroscópico.



Foto 51 – TMA-P-13 zona 2 com pontos 31, 32 e 33. (5X – N+).

Estes óxidos de ferro resultam da lixiviação dos sulfuretos de ferro para óxidos de ferro (Quadro 13) que existem nos encostos da falha e nos metassedimentos envolventes, que por processos meteóricos vão-se infiltrar no edifício cristalino dos minerais de argila formados a partir da massa aplitopegmatítica.

Quadro 13 – Análise à apatite, e caulinite TMA-P-13, zona 2 e pontos 31, 32 e 33.

Mineral	Caulinite		Mineral	Apatite		Mineral	Apatite	
Amostra	TMA-P-13		Amostra	TMA-P-13		Amostra	TMA-P-13	
Ponto	31		Ponto	32		Ponto	33	
Zona	2		Zona	2		Zona	2	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	40,30	0,00	O	42,17	0,00	O	42,42	0,00
F	0,01	0,01	F	3,65	5,19	F	3,41	4,84
Na	0,12	0,16	Na	0,01	0,02	Na	0,01	0,01
Mg	0,57	0,95	Mg	0,00	0,00	Mg	0,00	0,00
Al	16,95	32,02	Al	0,01	0,01	Al	0,00	0,00
Si	18,58	39,74	Si	0,00	0,00	Si	0,00	0,00
P	0,15	0,33	P	18,88	43,25	P	19,08	43,71
K	1,09	1,31	K	0,00	0,00	K	0,01	0,01
Ca	0,24	0,34	Ca	40,59	56,79	Ca	40,71	56,96
Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00	Ti	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	Mn	0,16	0,20	Mn	0,23	0,30
Fe	10,95	14,09	Fe	0,00	0,00	Fe	0,10	0,12
SOMA	88,96	88,95	SOMA	105,47	105,46	SOMA	105,97	105,95

Foram ainda feitas amostras em zonas onde apareciam as mineralizações em cassiterite, ou seja nos contactos com os metassedimentos, em zonas particularmente greisenizadas.

Na Foto 52 e 53 temos os locais de análise aos elementos metálicos, de um cristal de cassiterite. Como se verifica opticamente, existe um zonamento nas cassiterites, em que a tonalidade dos pontos mais escuros, ou seja, mais impuros em termos de não ter unicamente óxido de estanho, pois têm valores mais altos em Ta (Quadro 14). A cor da cassiterite é mais clara, quanto menos impurezas tiver (Fotos 52 e 53).

Os resultados são apresentados no Quadro 14.



Foto 52 – TMA-P-98 pontos 1 a 4 nas cassiterites.

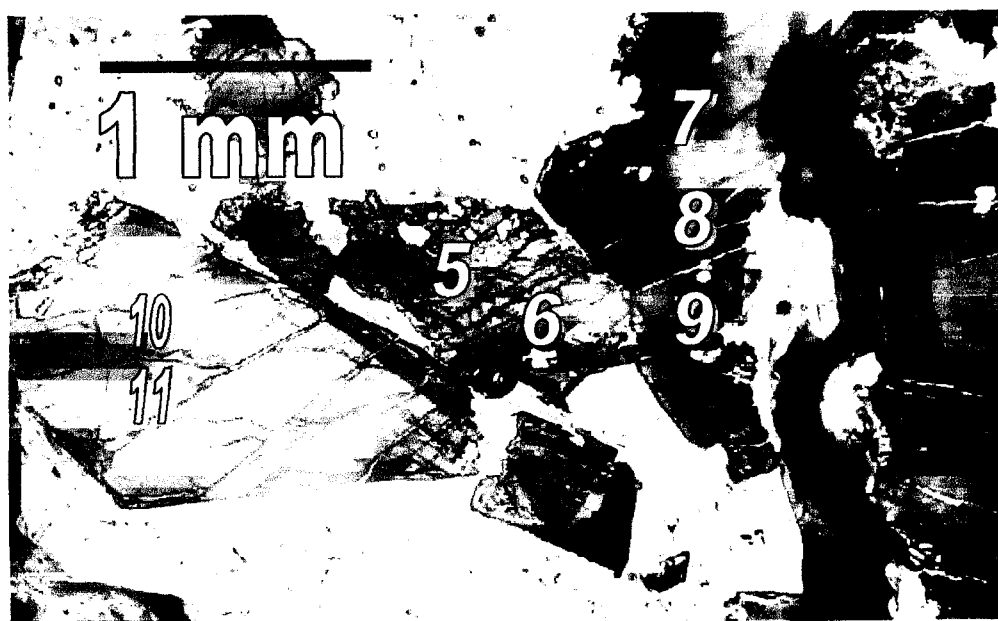


Foto 53 – Cassiterites com zonamento. TMA- P – 98 , pontos 5 a 11.

Quadro 14 – Análise às cassiterites TMA-P-98, para determinação de percentagem de metálicos

Amostra	Ponto	Ox%(Mg)	Ox%(Ti)	Ox%(Mn)	Ox%(Fe)	Ox%(Nb)	Ox%(Sn)	Ox%(Ta)	Ox%(W)
TMA-P-98	1	0,090	0,006	0,004	0,015	0,004	97,500	1,000	0,000
TMA-P-98	2	0,010	0,008	0,000	0,000	0,001	97,300	0,060	0,002
TMA-P-98	3	0,009	0,015	0,002	1,100	2,300	91,700	2,800	0,001
TMA-P-98	4	0,016	0,020	0,020	0,090	0,080	94,380	0,080	0,002
TMA-P-98	5	0,010	0,014	0,000	0,060	1,700	93,800	1,100	0,009
TMA-P-98	6	0,006	0,013	0,020	0,050	1,200	93,900	1,100	0,010
TMA-P-98	7	0,010	0,016	0,010	0,080	1,700	92,800	2,200	0,010
TMA-P-98	8	0,006	0,020	0,015	0,060	1,600	94,100	1,300	0,004
TMA-P-98	9	0,010	0,025	0,000	0,070	2,400	91,700	2,300	0,001
TMA-P-98	10	0,010	0,011	0,006	0,070	1,400	95,100	2,000	0,000
TMA-P-98	11	0,010	0,010	0,010	0,040	1,400	96,100	1,100	0,000

O Gráfico 7 relaciona os óxidos de Tântalo e Nióbio com a concentração de óxido de estanho. Verifica-se uma correlação negativa, que demonstra, tal como se esperava, que quantas mais impurezas houverem, menor é o teor em estanho.

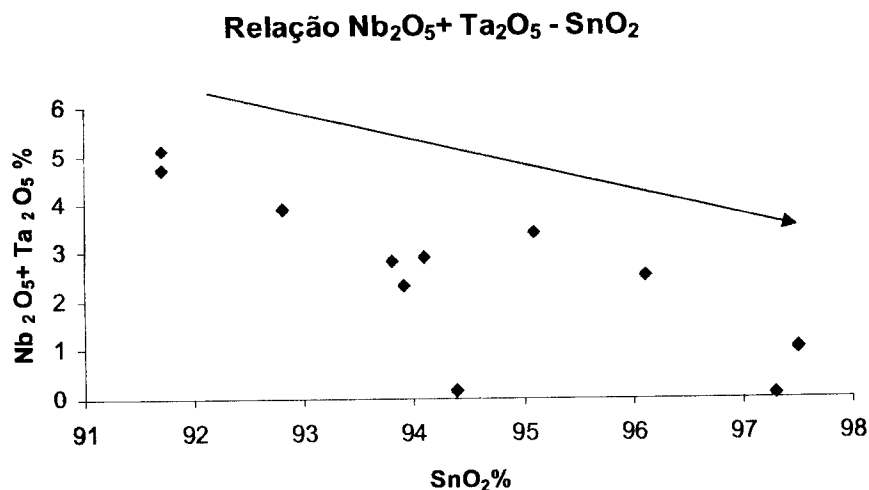


Gráfico 7 – Relação Nióbio, Tântalo e Estanho (óxidos)

Foram ainda analisadas as micas que aparecem com esta mineralização em cassiterite (Foto 54, Quadro 15).



Foto 54 – Análise às micas TMA-P-98 (moscovites) 6 e 7.

Quadro 15 – Análise às micas TMA-P-98, para determinação da sua tipologia, que neste caso se revelou como sendo moscovites.

Amostra	Ponto	Ox%(F)	Ox%(Na)	Ox%(Mg)	Ox%(Al)	Ox%(Si)	Ox%(K)	Ox%(Ti)	Ox%(Mn)	Ox%(Fe)
PAD	1	0,000	0,040	0,030	17,200	65,700	15,900	0,001	0,000	1,260
TMA-P-98	2	0,030	0,060	0,002	37,500	45,300	10,300	0,011	0,000	0,070
TMA-P-98	3	0,010	0,050	0,001	37,900	45,600	10,400	0,010	0,090	0,060
TMA-P-98	4	0,010	0,040	0,002	37,040	46,200	10,300	0,003	0,080	0,080
TMA-P-98	5	0,007	0,030	0,005	36,700	45,800	10,300	0,010	0,070	0,090
TMA-P-98	6	0,030	0,050	0,005	38,380	47,400	10,200	0,007	0,000	0,070
TMA-P-98	7	0,020	0,040	0,001	37,900	46,200	10,100	0,006	0,000	0,060

Dados os resultados do ME foi possível identificar as micas como moscovite (Gráfico 8) e fazer o seu cálculo cristaloquímico (Quadro 16).

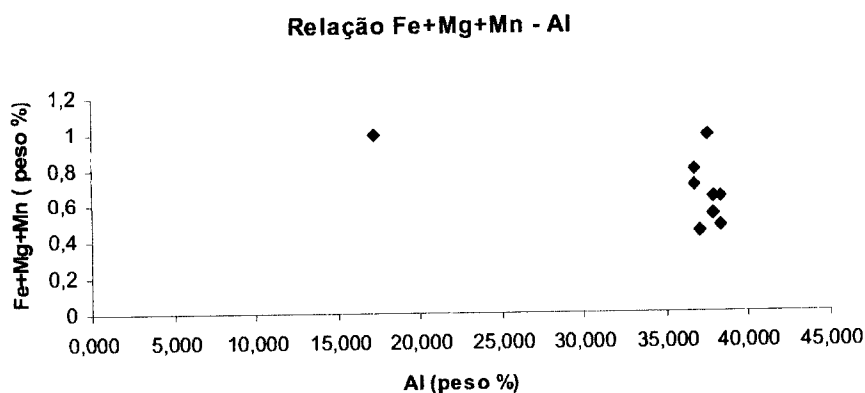


Gráfico 8 - Relação Fe+Mg+Mn

Quadro 16. Fórmula cristalo-química das moscovites.

AMOSTRA	P-98-2	P 98-3	P 98-4	P 98-5	P 98-6	P 98-7
SiO2	45.32	45.67	46.25	45.83	47.41	46.27
TiO2	0.11	0.1	0.04	0.12	0.07	0.06
Al2O3	37.53	37.96	37.04	36.71	38.38	37.91
MgO	0.22	0.01	0.02	0.05	0.06	0.02
FeO	0.73	0.61	0.85	0.95	0.71	0.65
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P2O5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.60	0.53	0.45	0.36	0.51	0.49
K2O	10.35	10.48	10.33	10.37	10.23	10.15
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.33	0.31	0.15	0.08	0.36	0.22
Soma	95.19	95.67	95.33	94.47	97.73	95.77
Si	3.003	3.001	3.07	3.06	3.04	3.05
Ti	0.005	0.005	0.03	0	0	0.00
Al	2.93	2.94	2.90	2.88	2.9	2.93
Mg	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.00
Fe	0.048	0.054	0.07	0.07	0.1	0.08
Mn	0	0	0.00	0	0	0.00
P	0	0	0.00	0	0	0.00
Na	0.077	0.068	0.06	0.05	0.06	0.06
K	0.875	0.878	0.87	0.88	0.84	0.85
F	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00

V.4.2 – Microscópio Electrónico de Varrimento

Tal como um microscópio óptico, num microscópio electrónico, podemos encontrar a fonte de alimentação – canhão de electrões – um sistema condensador que permite variar a intensidade de iluminação, uma lente objectiva que fornece uma primeira ampliação do objecto e um sistema que forma a imagem final e a projecta. A imagem é conseguida por um feixe de electrões que atravessa o material com espessura inferior a 100 μm . Os electrões que formam o feixe apresentam alterações ao atravessar o objecto, podendo sofrer absorção por ionização, dispersão elástica ou dispersão inelástica.

A dispersão elástica acontece quando o electrão passa junto de um átomo, mudando de trajectória, e não perde energia, enquanto que na dispersão inelástica, quando os electrões são desviados há perda de energia (acontece normalmente nos átomos leves e médios). Contudo, esta imagem produzida não é visível pelo olho humano. Então, é traduzida em radiações visíveis através do impacto dos electrões num ecrã fluorescente, recoberto com fósforo, com uma resposta luminosa na região de 560 nm – coloração amarelo-verde.

A seguir ao ecrã fluorescente encontra-se a câmara fotográfica que regista as imagens de interesse. São estes os constituintes da coluna do microscópio (normalmente localizada verticalmente e para cima da mesa do aparelho). Para além da coluna ainda temos a parte electrónica, um sistema de vácuo elevado e um sistema de circulação de água para o arrefecimento de bombas de difusão e de lentes do microscópio. O sistema de vácuo serve para obter um vácuo melhor que 10^{-4} mbar, necessário para que se produza o feixe de electrões que percorra toda a coluna sem serem detidos pelas moléculas de ar.

Este sistema contém eclusas, a nível da zona de preparação e da câmara fotográfica, de modo a permitir a mudança do material a observar sem desfazer o vácuo na totalidade. (Vieira, 2003)

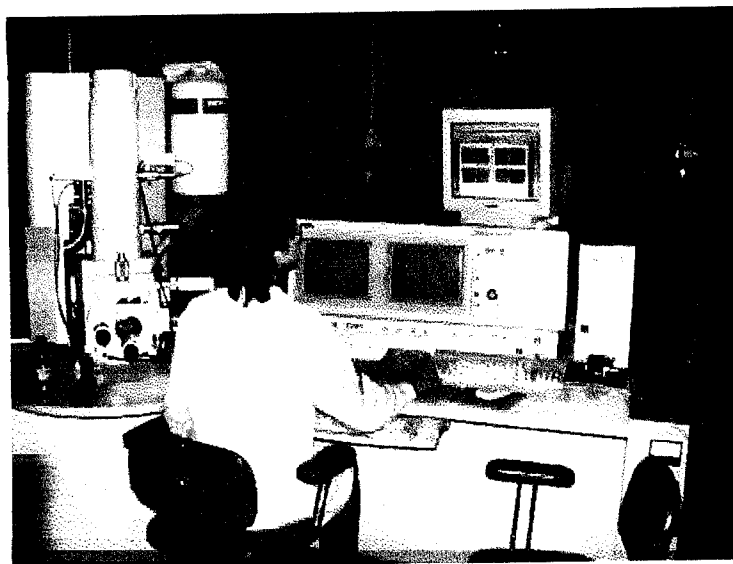


Foto 55 – Microscópio electrónico de varrimento, CEMUP – Porto. (Vieira, 2002).

Neste estudo recorreu-se ao MEV (Microscópio Electrónico de Varrimento) para reconhecer as relações mineralógicas e texturais entre minerais do pegmatito. Foram identificadas vários aspectos, como sericite de grão fino, disposta em vénulas a substituir o feldspato potássico.

A turmalina (schorl) e apatite (Z2, Foto - 57) são muito raras. Algum do material aplitepegmatítico é portador de um baixo teor de mineralização em estanho (cassiterite), que foi anteriormente descrito em microscopia óptica.

Também se verificou bolsas de caulinite (Z4) a alternar com sericite (Z3) onde ocorrem filonetes (Foto 56, FCPEG_2). Ao longo das falhas principais a Halosite foi observada e provavelmente está a cristalizar directamente de soluções ácidas (Z1, Foto 57).

Estas análises resultaram de observação no MEV, com intuito de obter dados sobre a composição química dos minerais de argila.

Tanto as alterações supergénicas como as hidrotermais foram identificadas, e estão associadas com a evolução deste pegmatito.

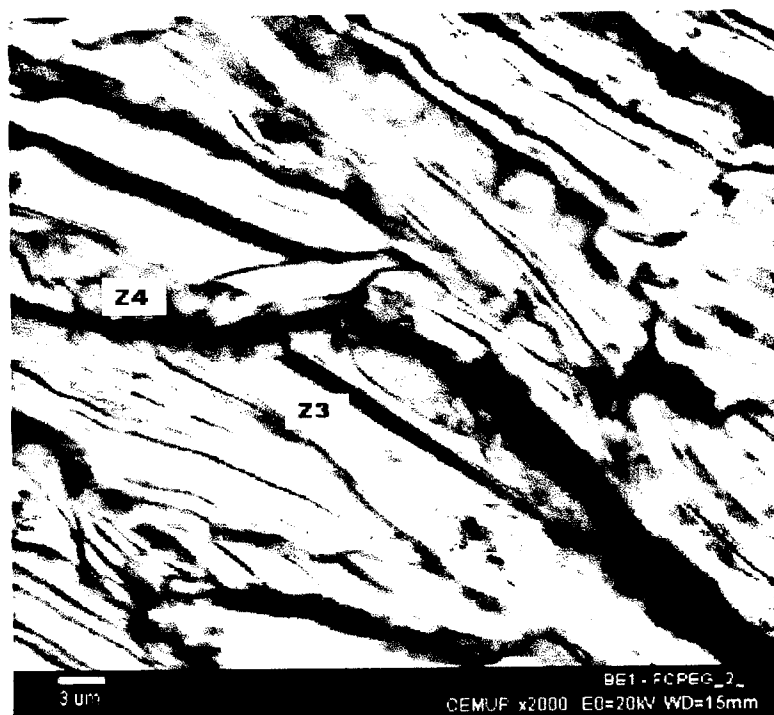


Foto 56 – MEV de análise FCPEG_2.



Foto 57 – MEV de análise FCPEG_3.

Quadro 17 – Resultados da química dos minerais de argila das amostras

FCPEG 2 – Z1,Z3 e Z4.

Fórmula química	Composição normalizada %		
	Minerais de argila		
	FCPEG 2 – Z1	FCPEG 2 - Z3	FCPEG 2 – Z4
Al ₂ O ₃	38.97	38,55	40,88
SiO ₂	52.07	49,74	55,99
K ₂ O	7.86	10,36	0,83
P ₂ O ₅	0.06	0,32	0,49
Cl	0.03	0	0,17
MgO	0.02	0	0,26
CaO	0.27	0,13	0,4
FeO	0.72	0,9	0,98

Quadro 18 – Resultados da química dos Feldspatos potássicos das amostras

FCPEG 1 – Z1,Z2 e FCPEG 2 – Z2.

Fórmula química	Composição normalizada %		
	Feldspato potássico		
	FCPEG 1 - Z1	FCPEG 1 – Z2	FCPEG 2 – Z2
Al ₂ O ₃	17,73	17,95	18,48
SiO ₂	65,31	65,03	64,32
K ₂ O	16,61	16,54	16,4
P ₂ O ₅	0,09	0,27	0,71
Cl	0	0,07	0
MgO	0	0	0
CaO	0,26	0	0,03
FeO	0	0,14	0,07

Quadro 19 – Resultados da química dos minerais de argila das amostras

FCPEG 3 – Z1 e Z2

Composição normalizada %		
Fórmula química	FCPEG 3 – Z2	FCPEG 3 – Z1
Al ₂ O ₃	0,81	37.87
SiO ₂	1,5	48.94
K ₂ O	0,45	11.19
P ₂ O ₅	40,24	0.26
Cl	0,19	0.17
MgO	0	0.09
CaO	55,62	0.3
FeO	0,43	0.69

Capítulo VI – Aplicações tecnológicas dos minerais estudados.

Considerações gerais

Descrição tecnológica dos minerais estudados

Feldspatos

Minerais litiníferos

O mineral industrial petalite

As aplicações do lítio

A situação a nível mundial

VI – Aplicações Tecnológicas dos minerais estudados

VI.1 – Considerações Gerais

Dos numerosos aplitopegmatitos que afloram nesta região, um dos principais é o filão da actual mina da Bajoca (Almendra) que explora materiais cerâmicos. No âmbito de uma recente investigação neste filão, foi descoberta a presença de minerais de lítio (elemento raro), principalmente sob a forma de abundantes massas de petalite milimétrica e centimétrica (mineral industrial).

Os minerais industriais, como quartzo e feldspato, são extraídos desde há muito tempo de corpos pegmatíticos, para o uso da indústria cerâmica e do vidro. As propriedades de fusão dos minerais de lítio, têm como resultado, menores temperaturas de vitrificação e fusão, beneficiando quer o ambiente, quer as indústrias cerâmicas e vidreiras.

VI.2 – Descrição Tecnológica dos minerais estudados

VI.2.1 – Feldspatos

Os feldspatos são minerais principais ou essenciais da maioria das rochas ígneas. No entanto, nos que ocorrem segundo uma granulometria fina e misturados com outros minerais, a sua separação não é fácil. Os pegmatitos, por outro lado, constituem a principal fonte de feldspatos, objecto de exploração. Apresentam uma composição mineralógica semelhante à dos granitos, mas apresentam grão grosseiro ou muito grosseiro, modos de jazida de forma simples (filões, lenticulas) ou complexa e com dimensões muito variadas, desde alguns decímetros a várias centenas de metros de comprimento. A espessura destes corpos é também variável, desde alguns centímetros a várias dezenas de metros. Constituem, por conseguinte, os depósitos de feldspatos tradicionalmente mais explorados. Assim, estas rochas feldspáticas podem ser aproveitadas como fonte de feldspatos para uso industrial (Gomes, *et al.*, 1998).

No filão estudado foram identificados em quantidades significativas essencialmente os dois feldspatos mais comuns em aplitopegmatitos: a ortoclase (Fig. 21) e a albite (Fig. 22)

ORTOCLASE

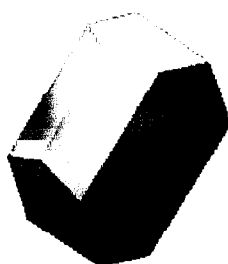


Figura 21 – Modelo cristalográfico da Ortoclase. (www.webmineral.com)

ALBITE

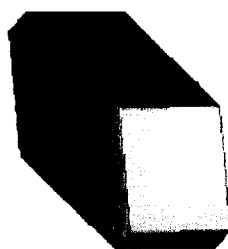


Figura 22 - Modelo cristalográfico da Albite.(www.webmineral.com)

O feldspato potássico (feldspato-K) funde um pouco acima de 1150°C enquanto que o feldspato sódico (feldspato-Na) funde a 1118°C. Para além desta pequena

diferença, a viscosidade da fusão do feldspato-K é superior à do feldspato-Na. Por esta razão o feldspato-K é aplicado de preferência em corpos cerâmicos enquanto que o feldspato-Na é mais usado em vidros. O elevado teor em álcalis dos feldspatos é responsável pela sua fusão a temperaturas relativamente baixas e também pela reactividade com os outros componentes dos corpos cerâmicos durante a cozedura. Quando aquecidos entre 1100° – 1400°C, o líquido formado dissolve todos os componentes do corpo cerâmico, líquido que depois solidifica para formar um vidro leitoso de cor branca, porcelana (corpo cerâmico sintetizado) ou faiança (corpo cerâmico poroso). A indústria de cerâmica prefere a utilização de feldspato-K porque este funde incongruentemente, isto é, funde gradualmente, durante um intervalo grande de temperatura, facto que permite aos componentes gasosos escaparem com facilidade. Deste modo, verificam-se pequenas deformações do corpo cerâmico durante o cozimento. Quanto ao feldspato-Na, este funde mais rapidamente, o que aumenta o perigo de sobreaquecimento e deformação do corpo porque o líquido formado impede os gases de se escaparem. O corpo cerâmico toma-se mais poroso e a resistividade eléctrica é diminuída. Os sectores de aplicação dos feldspatos repartem-se pelas indústrias do vidro, da cerâmica e como carga em diferentes produtos de outras indústrias. No fabrico do vidro as matérias-primas feldspáticas são utilizadas como fonte de alumina e acessoriamente de óxido alcalino. Para um peso igual de material, possui uma proporção superior de alumina, seguido do feldspato sódico e, finalmente do feldspato potássico. Assim, no fabrico do vidro, utiliza-se de preferência o feldspato sódico. O feldspato é o segundo componente mais importante na formulação da pasta logo a seguir à argila. Durante o fabrico do produto os álcalis actuam como fluxo. O feldspato funde a uma temperatura inferior ao quartzo e à argila, rodeando as partículas destas matérias-primas e unindo-as através da tensão superficial. A fusão do feldspato dissolve em primeiro lugar parte do quartzo e depois parte da metacaulinite. Os feldspatos sódicos actuam como um fluxo mais eficaz do que os feldspatos potássicos. Por outro lado, um aumento destes num corpo cerâmico tem o efeito de aumentar a refractividade do material produzido. Por vezes, utiliza-se uma combinação destes dois tipos de feldspatos como forma de baixar o ponto de fusão (Gomes, *et al.* 1998).

No entanto a adição de lítio é muito mais eficaz. Por exemplo quando uma espodumena- α , de ocorrência natural, é aquecida acima dos 1082° C, ocorre uma fase de transição irreversível formando desta forma espodumena- β , acompanhada por um aumento de volume em cerca de 30%, com subsequente descida da densidade específica de 3.2 para 2.4. A espodumena- β , tem um coeficiente de expansão termal muito baixo, com cerca de $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ para o intervalo de 25° C a 1000°C (www.spodumene.com).

O teor em ferro dos feldspatos deve ser baixo (0,1 % para as melhores qualidades). O material fundido deve dar um produto de cor uniforme sem manchas. Quanto mais fino for o feldspato mais baixa é a temperatura de vitrificação. Para a cerâmica assim como para o vidro, utiliza-se por vezes uma mistura de feldspato e quartzo, onde a proporção deste último pode atingir o valor de 30%. Feldspatos alcalinos de maior pureza mineral e química são utilizados em vidrados para porcelanas, contribuindo substancialmente para o aumento do brilho, transparência e pureza dos vidrados. A alumina introduzida sob a forma de feldspato em certos vidrados influi favoravelmente na sua dureza e elasticidade e também na sua resistência mecânica, térmica e química.

Utilizando feldspato sódico, o corpo cerâmico é mais fraco em termos de módulo de ruptura. Em esmaltes cerâmicos, o feldspato potássico é o preferido sendo usado no fabrico de porcelana eléctrica de alta voltagem, principalmente quando o seu teor em Rb é alto (www.avalonventures.com).

Os feldspatos podem ser aplicados ainda como carga e extensor em tintas, plásticos e borrachas bem como noutros sectores industriais, onde tem menor importância relativa (www.avalonventures.com).

VI.2.2 – Minerais litiníferos

Como se referiu ao longo desta tese, o mineral de lítio mais abundante no filão da Bajoca é sem dúvida a petalite, apesar da existência de cristais milimétricos de montebrasite-ambligonite isolados e de lepidolite abundante em filões de aplitopegmatito muito próximos, ainda dentro da mesma concessão mineira.

A petalite (Fig. 23) é um tectossilicato de fórmula geral $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ que cristaliza no sistema monoclinico. A sua cor é branca acinzentada. O conteúdo teórico de lítio da petalite é 2,27%, mas em depósitos comerciais varia entre 1,6% e 2,19% (Gomes, *et al.*, 1998).

Petalite

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

Monoclinico



Petalite

Figura 23 – Aspecto cristalográfico da petalite (www.webmineral.com)

A lepidolite (Fig. 24), de fórmula geral $\text{K}_2(\text{Li,Al})_{5-6} (\text{Si}_{6-7} \text{Al}_{12-1} \text{O}_{20}) (\text{OH,F})_4$, é um filossilicato que apresenta cor rosa ou violácea. O conteúdo de lítio da lepidolite vai desde 1,5% (até ao valor máximo teórico de 3,6%. apesar de em depósitos comerciais, os teores variarem entre 1,4 e 1,9% (Gomes, *et al.*, 1998) .

Lepidolite

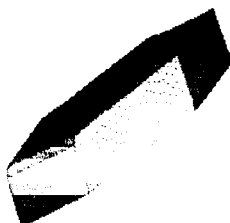


Figura 24 – Modelo cristalográfico da Lepidolite (www.webmineral.com).

VI.2.2.1 – O mineral industrial petalite

De acordo com CeramicMaterials.Info, a petalite é um aluminossilicato de lítio, geralmente usado em corpos de cerâmica. É bastante valiosa porque fornece uma fonte de lítio insolúvel (o carbonato de lítio é solúvel) e tem a mais alta relação $\text{Li}_2\text{O} : \text{Al}_2\text{O}_3$ de todos os minerais naturais. O lítio tem um forte fluxo alcalino e é efectivo em todo espectro de temperaturas. Implica baixa expansão e confere um cor única quando combinado com cobre e cobalto em processos de vitrificação.

A petalite é reconhecida pelas suas propriedades mineralógicas e é especialmente valiosa no seu papel de resistência ao choque termal em corpos cerâmicos, devido à sua expansão ser praticamente zero, quando aquecida acima dos 700°C . A cerâmica com mais de 60% de petalite pode-se sujeitar a contacto com chama directa e rápido arrefecimento com água sem apresentar anomalias na sua estrutura. Estas misturas a baixas temperaturas limitam a expansão do vidro e sua relação com sílica e alumínio. As cerâmicas de alta resistência (choques termais e mecânicos – “Flameware”) podem ter na sua constituição 50-60 % de petalite. Este mineral pode ser utilizado nas cerâmicas vidradas de baixa expansão, serve para cerâmicas brancas ou transparentes, também devido ao seu baixo teor em ferro. Não apresenta os problemas frequentemente associados com a espodumena e melhora

substancialmente o seu brilho. A espodumena e a lepidolite, também são fontes importantes de lítio, no entanto a espodumena é mais refractária, produzindo materiais porosos resultantes da cozedura da respectiva cerâmica. Se um corpo cerâmico precisar de ser estendido então a espodumena pode ser adicionada em detrimento da sílica, mas no entanto a petalite é mais refractária que a lepidolite. A cerâmica com petalite, pode ser combinada com argila branca ou caulino em proporções que forneçam um bom compromisso com o alto teor em petalite e a plasticidade necessária para o corpo tenha os padrões normais de qualidade.

(www.digitalfire.ab.ca/ceramat/material/1114.html)

Têm-se feito em Portugal, vários tipos de misturas com lítio, entre elas a petalite, nas pastas cerâmicas. As rochas aplitopegmatíticas com minerais de lítio foram introduzidas com sucesso em produtos porcelânicos. São conhecidos casos em que a maturação foi bastante extensa e ocorreu a temperaturas consideravelmente baixas (1150° - 1250°) ou seja mais baixas que as necessárias para a cerâmica convencional. Portanto o uso deste tipo de minerais na indústria cerâmica antevê uma enorme poupança em termos energéticos. Com estas novas aplicações, temos produtos cerâmicos com uma qualidade mais elevada ao nível da densidade, resistência mecânica e brancura. E com o acréscimo de que a temperaturas excessivas (> 1350°), os produtos exibiram admirável resistência visto que não deformaram e mantiveram a sua resistência mecânica. Durante o processo de cozedura, ocorreu a formação de mullite, quartzo e fase líquida. A presença do Li, desempenha um papel chave durante o processo de cozedura (Tulyaganov *et al.* - 2003).

VI.2.2.2 – As aplicações do lítio

O lítio é o metal mais leve que se conhece. É macio, prateado e reage lentamente com oxigénio e a água. Foi descoberto em 1817 por Arfvedson, em Estocolmo, e o seu nome provém de "lithos" (pedra). Tem número atómico 3 e peso atómico 6,941, fazendo parte do grupo dos metais alcalinos. Distingue-se pela sua actividade química intensa e pela sua baixa densidade (0,534), enquanto os seus sais coram a chama de vermelho vivo. Na natureza, ocorre sempre combinado, em cerca de

90 espécies minerais, em geral silicatos, fosfatos, hidróxidos, fluoretos, etc., sendo as mais comuns a espodumena, petalite, lepidolite, ambligonite, litiofilite, entre outros minerais. Por se tratar de um metal alcalino, apresenta propriedades idênticas às do sódio e do potássio, mas a similaridade do seu raio iónico com o do magnésio permite a substituição extensa deste elemento e a sua concentração tardia em minerais de magnésio, como em algumas micas dos pegmatitos. O lítio é, em geral, comercializado como concentrados minerais (espodumena, petalite, lepidolite, ambligonite, etc.), salmouras e compostos vários, dos quais o carbonato e o hidróxido são os mais importantes, ou ainda sob a forma metálica, adquirindo múltiplas e variadas aplicações (Farinha Ramos, 2000).

Uma aplicação do lítio com elevado potencial na indústria do vidro é como substituto do flúor durante o processo de fusão do vidro. O lítio consegue proporcionar uma composição mais estável do concentrado em contraste com o flúor que tem uma tendência para se volatilizar e de ser um componente corrosivo para além dos seus efeitos nocivos em termos ambientais. (Gomes, *et al.* 1998)

A maior parte dos compostos de lítio tem sido consumida na produção de materiais cerâmicos e na indústria do vidro, na metalurgia do alumínio, gorduras, lubrificantes, borracha sintética, baterias, etc. A adição de concentrados de lítio ou de carbonato de lítio às pastas cerâmicas e do vidro permite baixar os pontos de fusão, reduz o coeficiente de expansão térmica, baixa a viscosidade da pasta e permite eliminar o uso de outros produtos químicos tóxicos. Daí a aplicação em vitrocerâmica, nas "fritas", na TV monocromática, em alguns componentes da TV a cores, louças de alta qualidade, recipientes de vidro para uso doméstico resistentes ao forno, frascos de perfume, pavimento cerâmico e ladrilhos, etc. Nas pastas cerâmicas normais, o lítio também tem sido utilizado para permitir uma velocidade mais rápida de arrefecimento e uma rotação mais rápida do forno. As indústrias de produção de alumínio adicionam carbonato de lítio às fusões de criolite (fluo-aluminato de sódio) para baixar o ponto de fusão, aumentar a condutividade eléctrica e diminuir a libertação de flúor. O hidróxido de lítio monohidratado é usado para produzir lubrificantes líticos, os quais mantêm as propriedades lubrificantes numa extensa gama de temperaturas e têm boa resistência à

água, à oxidação e ao endurecimento, pelo que adquirem larga utilização em aplicações militares, aviação, etc. (Farinha Ramos, 2000).

VI.2.2.3 – A situação a nível Mundial

Comercialmente, existem apenas quatro minerais (Espodumena, Petalite, Lepidolite, Montebrasite-Amblygonite) que são objecto de exploração como fontes de lítio apesar deste elemento ocorrer em cerca de 145 espécies minerais. O lítio ocorre predominantemente em pegmatitos que contêm paragénese de minerais que derivam da cristalização de fluidos pós-magmáticos ou da acção metassomática de fluidos pegmatíticos residuais.

São produtores de lítio a nível mundial um pequeno número de países. O mercado de compostos de lítio, está estimado com os dados de 2001, em cerca de 45 000 toneladas anuais de lítio metal. O consumo global de minerais de lítio está avaliado nas 158 000 toneladas para o ano 2000.

No Brasil temos duas companhias produtoras de lítio: a “Companhia Brasileira de Lítio” e a “Arqueana de Minérios e Metais, Lda”. A primeira produz concentrados de espodumena originários da Mina da Cachoeira do Araçuí. Este material é usado na Lavaría de Águas Vermelhas em Minas Gerais, como primário para carbonato e hidróxido de lítio, no segundo caso, produzem uma mistura de espodumena, petalite e lepidolite, provenientes de Minas do Araçuí e Itinga. Aqui os compostos e minerais de lítio, são usados em lubrificantes, graxas, produção primária de alumínio, cerâmica, baterias e reactores nucleares.

No Canadá a “Tantalum Mining Corporation Ltd” (TANCO) empresa subsidiária da “Hudson Bay Mining Co.”, têm em laboração uma mina de espodumena e uma lavaria de concentrados em Bernic Lake, Manitoba. O desenvolvimento da “Avalon Ventures Ltd” com o Big Whopper e a sua massa de petalite, fazem parte do projecto de metais raros no Noroeste de Ontário. Também a “Emerald Fields Resource Corp’s” com o seu projecto de petalite do “Big Mack” tem relativa importância. Tanto a TANCO como a AVALON, partilham o mesmo campo aplitepegmatítico. Devido aos clientes de lítio industrial, terem fortes relações com produtores a longo prazo, os mais recentes

exploradores mineiros só agora estão a ser requisitados pelo mercado, levando a AVALON a orientar a sua estratégia mineira para a produção de um minério rico em lítio e baixo em teores de ferro, em que o produto de feldspato com lítio oferece um baixo custo, com as adições de lítio para cerâmica e vidrados.

Também o Chile tem duas grandes operações no Salar de Atacama, associados com as lavarias de carbonato de lítio. Já foi um dos maiores produtores mundiais de carbonato de lítio. A “Chemetall Foote’s” produziu o seu primeiro carbonato de lítio em 1984 na sua lavaria em Langelsheim na Alemanha, e agora os produtos são encaminhados para os mercados da Alemanha, Taiwan e EUA. A SQM (outra empresa) completou o seu primeiro ano de produção em pleno ano de 1997, e tem capacidade de produção de cerca de 23 000 ton/ano, vindo os seus concentrados de lítio também do Salar de Atacama. A “Chemecall Foote’s” e a SQM têm mercados praticamente iguais com o seu carbonato de lítio, mas a China e a Rússia também estão no mercado em menores quantidades. A vitalidade da indústria do lítio está relacionada directamente com a performance da indústria da cerâmica, dos vidrados e do alumínio primário. A partir de 2002 houve uma explosão na procura de lítio, devido à necessidade deste elemento para baterias, principalmente do ramo das telecomunicações. Uma previsão prevê um aumento de procura anual médio de 16% até 2008, com uma receita esperada de 6 000 milhões de dólares até 2005, só nos EUA (www.asianceramics.com).

Portugal era reconhecido como um dos principais produtores mundiais de lítio, sob a forma de lepidolite, com uma produção de 8740 ton em 1995 (Gomes et al. 1998). No entanto, nas duas últimas décadas, têm-se descoberto no norte do país importantes ocorrências de minerais litiníferos como espodumena e petalite. O campo aplitopegmatítico do Barroso-Alvão, sendo o mais extenso e com mais corpos filonianos mineralizados em lítio (quer espodumena quer petalite), apresenta já várias concessões de prospecção de pelo menos três empresas de fornecimentos de matérias-primas cerâmicas em Portugal. A descoberta de abundante petalite num dos filões do campo aplitopegmatito de Almendra- Barca de Alva, onde só era reconhecida a existência de lepidolite e espodumena, põe mais uma área em destaque em Portugal para a prospecção de minerais litiníferos, em especial a petalite.

Capítulo VII – Conclusões

Contribuição do estudo do filão da Mina da Bajoca

Caracterização Científica do depósito mineral

Caracterização Tecnológica do depósito mineral

Aplicação do estudo para potenciação de reservas em futuras explorações na região

VII – Conclusões

VII.1 – Contribuição do estudo do filão da mina da Bajoca

O filão aplitopegmatítico da mina da Bajoca é explorado como matéria-prima para a indústria cerâmica. A mineralização em petalite (mineral de lítio) detectada durante este estudo permite, dada a conhecida aplicação deste mineral industrial na cerâmica e no vidro, equacionar o seu aproveitamento para a beneficiação da exploração.

O filão apresenta também uma mineralização noutros elementos raros (estanho e tântalo) que já foi explorada no século passado. Os elementos raros, quando presentes em quantidades economicamente viáveis podem ser extraídos para uso em muitas aplicações tecnológicas.

O conhecimento geológico pormenorizado desta região, pode ajudar a constituir uma reserva inferida de aplitopegmatitos ricos em elementos raros, que são uma das riquezas do nosso país. A crescente procura mundial por estes materiais podem ser um incentivo ao desenvolvimento de uma nova Indústria extractiva para esta região, que como se sabe tem graves problemas de desertificação populacional e de tecido industrial.

Esta nova Indústria teria características especiais, na medida que este tipo de explorações é muito menos agressivo que as antigas indústrias mineiras, pois são de pequena dimensão, no tempo e no espaço, fazendo assim com que a possível recuperação ambiental seja muito mais rápida e eficaz.

VII.1.1 – Caracterização científica do depósito mineral

Podemos concluir deste estudo que os valores mais significativos em lítio serão devidos à presença de agregados microcristalinos e de cristais centimétricos de petalite em massas mais ou menos isoladas no filão. Nas outras zonas encontra-se uma facies caracterizada pela presença de megacristais de ortoclase distribuídos numa matriz quartzo-albítica, com diminuição drástica dos teores em lítio, quer por não haver

minerais de lítio, quer por já terem sido lixiviados do Lítio pela alteração posterior à sua formação.

Do estudo petrográfico efectuado até ao momento no filão aplitopegmatítico da Bajoca, pode concluir-se que a petalite é o único aluminossilicato de lítio presente.

Também ao contrário do que é habitualmente descrito, ocorre petalite sem ter ocorrido qualquer passagem a espodumena mais quartzo.

Existe, tal como foi encontrado para os filões petalíferos do campo aplitopegmatítico do Barroso-Alvão (Lima et al. 2003b) valores significativos em estanho.

Os filões litiníferos descritos para o campo aplitopegmatítico de Almendra são segundo a classificação de Cerny (1991), pegmatitos com elementos raros, da família LCT (Li, Cs, Ta). São do tipo complexo, o do filão da mina da Bajoca do subtipo petalite e os outros na mesma coacção do subtipo lepidolite. (Lima, et al. 2003a)

VII. 1.2 - Caracterização tecnológica do depósito mineral

Associados às tradicionais explorações de materiais cerâmicos em filões aplitopegmatíticos, estudos de índole científico-tecnológica evidenciaram a existência de outros minerais industriais, nomeadamente de lítio (lepidolite, petalite, etc.) de valor tecnológico relevante, uma vez que é conhecido o facto deste elemento químico baixar consideravelmente o ponto de fusão das pastas cerâmicas nos fornos.

Para além disso o doseamento em certas quantidades de petalite nas pastas cerâmicas baixa a temperatura necessária para a formação da matéria vitrosa. Estas duas características influenciam directamente na diminuição do consumo de energia da Indústria Cerâmica e Vidreira, com implicações indirectas na protecção do meio ambiente.

Este tipo de situações põe em evidência a necessidade de melhoria da caracterização dos depósitos minerais explorados na região e mesmo a nível nacional. Também alerta para a importância da procura de aplicação tecnológica eficiente e útil

de todos os minerais presentes numa exploração. Para isso, estudos simples de inventariação, cartografia geológica de pormenor, petrografia, análises geoquímicas, de difractometria de Raio X, etc., podem ajudar a caracterizar os filões objecto de exploração ou de prospecção.

VII.2 – Aplicação do estudo para potenciação de reservas em futuras explorações na região.

A região de Almendra-Barca de Alva fica situada no Nordeste de Portugal, mais precisamente no limite entre as províncias de Trás-os-Montes e Alto Douro e a da Beira Alta. A esta região do designado Portugal "profundo", poucos anos de vida restarão se se mantiver o actual ritmo de êxodo rural para as cidades. No entanto sendo esta região rica em recursos minerais, nomeadamente no enquadramento de massas minerais concessíveis, como minerais industriais e de elementos raros de enorme potencial económico, devem-se tomar medidas enérgicas no intuito de aproveitar tão valioso património mineral, como acontece com a exploração do filão aplitopegmatítico da mina da Bajoca. Desta forma, estar-se-á a fomentar numa base sustentada, a criação de pólos de indústria extractiva, promovendo assim a criação de postos de trabalho directos e indirectos numa zona de população profundamente envelhecida que está votada à desertificação.

Alerta-se ainda para a debilidade tecnológica do País, que faz com que muitas vezes seja incapaz de produzir materiais de valor tecnológico acrescentado. Por vezes, são até desperdiçados alguns dos elementos úteis presentes mas ignorados nas matérias-primas extraídas e comercializadas, como é o caso da petalite.

Torna-se então claro que a defesa dos recursos geológicos, nomeadamente os depósitos minerais, na região estudada é essencial para garantir uma boa evolução sócio-económica. Para isso, há que saber conciliar as várias zonas protegidas da região (Parque Natural do Douro Internacional, Parque Arqueológico do Vale do Côa, etc.) com os vários depósitos minerais que têm a característica de ter uma localização imutável.

Sendo assim, a possibilidade de existirem na região mais depósitos minerais, nomeadamente de aplitopegmatitos ricos em elementos raros potencialmente exploráveis, leva à necessidade da sua inventariação por prospecção e pesquisa, bem como a sua protecção por mecanismos de ordenamento do território. A criação de uma reserva de minerais industriais da área da indústria Cerâmica e Vidreira, para além de elementos raros, poderá suscitar o desenvolvimento de uma indústria extractiva e até transformadora, que ajude a fixar as populações e tecido industrial nesta região. As explorações de minerais industriais não-metálicos têm ainda a vantagem de serem mais fáceis de conciliar com as áreas protegidas da região.

A importância estratégica desta região do ponto de vista geográfico com posição importante quer nas ligações entre o Norte e Centro de Portugal, nomeadamente com as principais unidades consumidoras deste tipo de material (zona de Viseu-Aveiro), quer no acesso à Europa e ao mercado extra-comunitário, onde como já referimos, tem aumentado o consumo e a procura.

Esta nova Indústria Extractiva teria características especiais, na medida que este tipo de explorações é muito menos agressivo que as antigas indústrias mineiras, pois são de pequena dimensão, no tempo e no espaço, fazendo assim com que a possível recuperação ambiental seja muito mais rápida e eficaz.

Bibliografia

Almeida C., Lima A.M.C., Bobos I., Noronha F. & Vide R. (2002) - "Preliminary Petrographic Studies on the Almendra Pegmatite" encontro anual da EUROFEL.

Boletim de Minas – Industria Extractiva – Evolução do Comércio Externo 39, nº ¾ Jul./Dez., pp.231-236

Bouma, A.H. (1962) - Sedimentology of some flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation. *Elsevier publishing company*, Amsterdam, 168 pp.

Cabral, J. ; Rebelo, J.A. & Ribeiro, A. (1983/1985) – Neotectónica de Trás-os-Montes Oriental. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, Lisboa, 24, pp. 193-197.

Carvalho, J. H. (1995) – Plano de Lavra da exploração de feldspato e quartzo da Mina da Bajoca – Almendra – Vila Nova de Foz Côa.

Cerny P., Meintzer R. (1988) - Fertile granites in the Archean and Proterozoic fields of rare element pegmatites: Crustal environment, geochemistry and petrogenetic relationship. In: R.P. Taylor y D.F. Strong (Eds), Recent advances in the geology of granite-related mineral deposits. *CIM Spec.*, 39, 170-207.

Cerny P. (1982a) - The Tanco pegmatite at Bernic Lake, Southeastern Manitoba. In: Cerny P. (Ed.), *Granitic pegmatites in Science and Industry*. Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook.

Cerny P. (1991) - Rare-element granitic pegmatites, Part I.

Cerny P. (1991b) - Rare-element granitic pegmatites. Part 11: Regional to global environments and petrogenesis. *Geoscience Canada* 18/2,68-81.

Cerny P. (1992a) - Regional zoning of pegmatite populations and its interpretation. - *Mitt. Osterr. Mineral. Ges.* 137,99-107.

Cerny P. (1998) - Constitution, petrology, affiliations and categories of miarolitic pegmatites. -*Soc. Italiana Sci. Nat., Special Volume, in press.*

Cerny P., Meintzer R. E., Anderson A. J. (1985) - Extreme fractionation in rare-element granitic pegmatites: selected examples of data and mechanisms. - *Can. Mineral.*, 23,381-421.

Cerny P., Trueman, D.L., Ziehlke, D.V., Goad, B.E., Paul B.J. (1981) - The Cat Lake-Winnipeg River and the Wekusko Lake pegmatite fields, Manitoba: Manitoba

Cerny, P., 1982 - Anatomy and classification of pegmatites. Mac Short Course Handbook 8, pp 1-39.

Charoy, B. & Noronha, F. (1999) - Rare-element (Li-Rich) granitic and pegmatitic plutons: a primary or superimposed signature, *Revista Brasileira de Geociências* 29 (1) pp. 3-8. evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada* 18/2, 49-67. evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*, 18, 49-67...

Conde, L.E.N. (1971) - Existência em Portugal de uma série superior à "Formação xistosa das Beiras" e inferior ao ordovícico. *Soc. Geol.* 2, pp. 25-26.

Costa, J.C. (1931) - O paleozóico português (síntese e crítica). Tese, porto, ed. Autor, 143 pp.

(1935) - O problema das bilobites (a propósito de três cartas de Nery Delgado). *Fac. Ciên. Porto*, vol. XIX, n. 3, pp. 152-176, publ. *Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciên. Porto*, I série, n.. 2, 27 pp.

- Costa, L. R. (2002)** – Recursos Minerais de Portugal: da industria extractiva à economia dos georrecursos. *Boletim de Minas*, vol.39 nº3/4 Jul./Dez., pp. 169-179. De Vila Nova de Foz Côa (norte de Portugal). *Est. Not. Trab. Serv. Fom. Min.*, Porto, 23 (3-4).
- Delgado, J.F.N. (1908)** – Systême silurique du Portugal. Etude de stratigraphie paleontologique. *Mem. Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 245 pp.
- Dias, R & Ribeiro, A. (1994)** – The Ibero Armorican Arc: A Collision effect against na irregular continent. *Fac. Ciências Uni. Lisboa (Tese de Doutoramento)*
- Duarte, M.L., Coutinho, J., Barros, R. & Ribeiro, A. (1966)** – Estudos geológicos no sinclinal de Moncorvo, *Bol. Minas*, Lisboa, 3 (1), pp. 51-53.
- Ferreira, A. B. (1971)** – O rebordo ocidental da meseta e a depressão tectónica de Longroiva. *Finisterra*, Lisboa, 6 (12), pp. 196-217.
- Ferreira, A. B. (1978)** – Planaltos e montanhas do norte da Beira. *Mem. Cent. Est. Geogr.*, Lisboa, 4, 374 pp.
- Ferreira, M.P. & Macedo, C.A.R. (1979)** – Actividade magmática durante o mesozóico: datação k-ar das rochas filonianas básicas intrusivas na zona centro-ibérica (Portugal). *Mem. Not., publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra*, Coimbra, 87, pp. 29-49.
- Ferreira, N.M.R., Macedo, C.A.R. & Sousa, M.B. (1987)** – Cronostratigrafia dos granitos da região de Moimenta da Beira - Tabuaço - Penedono. *Actas e comunicações, IX reunião sobre a geologia do oeste peninsular*, Porto, pp. 287-302.

Ferreira, N.M.R., Sousa, M.B. & Romão, J.M.C., (1990) – Carta geológica de Portugal na escala 1/ 50.000. Notícia explicativa da folha 14-b. (Moimenta da Beira). *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa.

Gaspar & Inverno (1998) – Leucogranitos peraluminosos em Barca de Alva – Escalhão e dos multi-estágios do complexo anatético.

Gaspar, L. (1997) – “Contribuição para o estudo das mineralizações de Sn, W e Li do sector Barca de Alva – Escalhão”. *Tese de mestrado*. Fac.Ciências Uni. Lisboa

Gaspar, M.L. & Inverno, C.M.C. (1998) – P-enriched, peraluminous leucogranites in Barca de Alva-Escalhão, NE Portugal – A multi-stage anatectic complex, *acta universitatis carolinae - geologica* 1998, 42 (1) pp. 35-40

Ginsburg A.I., Timofeyev, I.N.; Feldman, L.G. (1979) - Principles of geology of the granitic pegmatites. Nedra, Moscow.

Goinhas, J.A. C. & Viegas, L.F. (1982) – Província metalogenética estanífera e tungsténica ibérica. Considerações sobre as ocorrências de tungsténio em Portugal, sua prospecção e potencialidade. *Simp. Tungsténio CEE.*, Lisboa.

Goinhas, J.A.C. & Viegas, L.F. (1982) – Província metalogenética estanífera e tungsténica ibérica. Considerações sobre as ocorrências de tungsténio em Portugal, sua prospecção e potencialidade. *Simp. Tungsténio.*, Lisboa.

Gomes, C., Velho, J. & Romariz, C. (1998) – Minerais industriais: geologia, propriedades, tratamentos, aplicações, especificações, produção e mercados. Coimbra

Gomes, C.S.F. (2000) – Condicionantes das Funções das Matérias – Primas Cerâmicas Tradicionais Impostas pela sua Geologia e Mineralogia. *Cerâmica – Industria Sustentável em Matérias – Primas Nacionais*.pp. 13-19 IGM – S. Mamede de Infesta.

Ingenium, 2003 - II Série, nº 72 Janeiro 2003

Jahns R.H. (1982) - Internal evolution of granitic pegmatites. In: Cerny P. (ed) *Granitic pegmatites in Science and Industry*. Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook 8,293-328.

Jahns R.H., Burnham C.W. (1969) - Experimental studies of pegmatite genesis: I. A model for the derivation and crystallization of granitic pegmatites. *Economic Geology* 64,843-864.

Julivert, M.; Fontboté, J., Ribeiro, A. & Conde, L. (1974) - Memória explicativa del mapa tectónico De la peninsula ibérica y baleares, *Inst. Geol. Min. España*, Madrid.

Lamy Carneiro (2000) – Intervenção da APICER. *Cerâmica – Industria Sustentável em Matérias – Primas Nacionais*. pp. 11-12 IGM – S. Mamede de Infesta.

Lima A. (2000) - Estrutura, mineralogia e génese dos filões aplitopegmatíticos com espodumena da região Barroso-Alvão (Norte de Portugal) – Tese de Doutoramento. *Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*.

Lima A., Charoy B., Noronha F.J Farinha J. (1998) - Espodumena-Petalite-Eucryptite em filões aplitopegmatíticos da região Barroso-Alvão. *Actas do V Congresso Nacional de Geologia (Lisboa)*.pp.B-71-B74

Lima A., Farinha J., Pires M., Viegas L., Charoy B., Noronha, F., Martins L. (1997) Prospecção de jazidas de lítio na região de Barroso-Alvão. *Actas X Semana de Geoquímica IV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa*, Braga, Resumos, 199-202.

Lima A., Noronha F., Charoy B., (1999b) - Fluid Inclusion Studies in Li-bearing pegmatite-aplite veins from Barroso-Alvão Area (Northern of Portugal). *ECROFI, Terra Nostra* vol 99/6, 190-192

Lima A.M.C., C. Almeida, F. Noronha & R. Vide (2003) - "Geoquímica dos filões litiníferos no Campo Aplitopegmatítico de Almendra – Barca de Alva (Nordeste de Portugal)", apresentado no VII – Congresso de Geoquímica da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa, realizado em Maputo – Moçambique.

Lima A.M.C., C. Almeida, F. Noronha (2003) - "A zonação mineralógica do filão principal da Mina da Bajoca no campo aplitopegmatítico de Almendra (Nordeste de Portugal)", submetido ao VI Congresso Nacional de Geologia, realizado na Universidade Nova de Lisboa.

Lima A.M.C., R.C. Vieira & C. Almeida (2003) - "Caracterização científica e tecnológica dos aplitopegmatitos com elementos raros da região de Almendra – Barca de Alva (Nordeste de Portugal): possíveis implicações no domínio sócio-económico", III Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Departamento de Geociências.

London D. (1990) - Internal differentiation of rare-element pegmatites; a synthesis of recent research. *Geological Society of America, Special Paper* 246,35-50.

London, D., Burt, D. M., (1982) - Lithium Minerals in Pegmatites. *Mac Short Course Handbook* 8, pp 99-133.

- Magno, C.E.F. (2001)** – O sistema de gestão territorial e os recursos geológicos de Portugal. *Boletim de Minas*, Vol. 38 nº3 Jul/Set., pp. 151-160
- Marques, J.C. (2000)** – Estudo de Mercado de Fundentes Feldspáticos. *Cerâmica – Indústria Sustentável em Matérias – Primas Nacionais.*, pp. 21-36 Instituto Geológico Mineiro, S. Mamede de Infesta.
- Mcdougall, N., Brenchley, P.J., Rebelo, J.A. & Romano, M. (1987)** - Fans and fan deltas-precursors to the armorican quartzite (ordovician in western ibéria). *Geo/. Mag.*, 124 (4), pp. 347-359.
- Medeiros. A.C. & Faria, F.L. (1953)** – Estudos de algumas formações calcárias dos distritos de Vila Real, Viseu e Guarda, *est. Not. Trab. Serv. Fom. Min.*, Porto, 8 (3-4), pp. 297-312.
- Oliveira, J.M.S. & Cramez, P. (1982)** - geoquímica do sn e do w em granitóides hercínicos portugueses na perspectiva da sua especialização metalogenética. *Boi. Soco geol. Portugal*, lisboa, 23, pp. 101-107.
- Oliveira, J.M.S. (1982)** – Orientação geoquímica com vista à escolha da metodologia a seguir na prospecção de mineralizações de estanho e volfrâmio. *Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa 68 (2) pp.171-178
- Oliveira, J.M.S., Ramos, J.M.F. & Simoes, M.C. (1982)** - A litogeoquímica na definição das relações entre granitóides e mineralizações de sn-w.com. *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 68 (1), pp. 55-65.-50
- Patricio, A. (1944)** – Notas sobre a morfologia da Beira transmontana. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, Porto, 4 (1-2), pp. 61-68.

Pichavant M. (1983). Melt-fluid interaction deduced from studies of silicate B2O3-H2O systems at 1 Kb. *Bull. Minéral.*, 106,201-211.

Pichavant M. (1987) - Effects of B and H2O on liquidus phase relations in the haplogranite system at 1Kb. *Amer. Mineral.*, 72,1056-1070.

Pinto, A.F.F (1983) – Rochas calcossilicatadas a Norte do Tejo - Mineralogia, petrologia e geoquímica. Tese de doutoramento, Univ. Coimbra, 614 pp.

Pinto, A.F.F (1984a) – Rochas calcossilicatadas do Complexo Xisto-Grauváquico: mineralogia, geoquímica, evolução genética. Com. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 70 (1), p. 55-62.

Pinto, A.F.F (1984b) – Rochas epídóticas de Almendra: mineralogia, geoquímica, evolução genética. Com. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 70 (1), p. 63-71.

Pinto, A.F.F. (1983) - rochas calcossilicatadas a norte do Tejo - mineralogia, petrologia e geoquímica. Tese de doutoramento, Univ. Coimbra, 614 pp.

Prazeres, M. (2003) – Relatório de Estágio Profissionalizante Cartografia Mineira – Mina da Bajoca – Almendra. Fac. Ciências Uni. Porto

Ramos J. M. F.(1998). Mineralizações de metais raros de Seixo Amarelo -Gonçalo (Guarda). Contribuição para o seu conhecimento. Fac. Ciênc. Univ. Lisboa. (*tese de Doutoramento*). Parte I e II. 659 pp.

Ramos, J. M. F., (2000) – *Prefácio*. Estudos, Notas e Trabalhos, Tomo 42. Instituto Geológico e Mineiro.

Ramos, J.M.F. & Oliveira J.M.S. (1975) – Aplicação de métodos conjugados de prospecção, geológicos e geoquímicos, no estudo da área scheelítica de Freixo de Numão (Vila Nova de Foz Côa) no Norte de Portugal. II Congr. Iber-Amer. Geo. Econ.

Ramos, J.M.F. & Oliveira J.M.S. (1977) – Prospecção geológica e geoquímica na área scheelítica de Vila Nova de Foz Côa (Norte de Portugal). Est. Not. Trab. Serv. Fom. Min. , Porto, 23 (3-4).

Ramos, J.M.F. & Oliveira J.M.S., Viegas, L.F. & Simões, M.C. (1978) - Prospecção geológico-mineira na região de Almendra - Castelo Melhor (NE de Portugal). Congresso da Ordem dos Engenheiros.

Ramos, J.M.F. & Oliveira, J.M.S. (1975) – aplicação de métodos conjugados de prospecção, geológicos e geoquímicos, no estudo da área scheelítica de Freixo de Numão (Vila Nova De Foz Côa), no norte de Portugal. // Congr. Ibero-Amer. Geol.

Ramos, J.M.F. & Oliveira, J.M.S. (1977) - Prospecção geológica e geoquímica na área scheelítica

Raymond, L. A., (1995). Petrology, the study of igneous, sedimentary and metamorphic rocks. Wm. C. Brown Publishers. pp 227.

Rebelo, J.A. & Romano, M. (1986) - A contribution to the lithostratigraphy and palaeontology on the lower palaeozoic rocks of the moncorvo region, northeast Portugal. *Com. Servo geol. Portugal*, lisboa, 72 (1), pp. 45-57.

Rebelo, J.A. (1983/1985) – contribuição para o conhecimento da base do ordovícico em Portugal

Ribeiro, a & rebelo, j.a. (1971) - estudo geológico de moncorvo e, em especial, do seu jazigo de Ferro. *I cong. Hispano-luso-amer. Geol. Eeon.*, madrid, seco 4, pp. 983-994.

- Ribeiro, a (1974)** - Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes oriental.. *Mem. Servo geol. Portugal*, Lisboa, nova série, 24, 177 pp.
- Ribeiro, A., Antunes, M., Ferreira, M., Rocha, R., Soares, A., Zbyszewski, G., Almeida, F., Carvalho, D., & Monteiro, J., (1979)** – Introduction à la geologie générale du Portugal, pp.114 SGP, Lisboa (Cong. Int Geo. 26° Paris, 1980)
- Ribeiro, A., Mata, C. & Ramos, M. (1960)** - Notas prévias sobre a geologia de Trás-os-Montes oriental. - O ordovícico de Vila Flor e a linha de fractura de Vilariça. *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciên. Univ. Lisboa*, 8 (2), pp. 127-131.
- Ribeiro, A., Pereira, E., Dias, R., (1990)** – Structure in the Iberian Península. In: Dallmeyer & Martinez Garcia, Eds, *Pré-Mesozoic Geology of Ibéria*, pp. 220-236 Springer-Verlag, Berlin.
- Robles, R. (1993)** - Distribucion, características y petrogenesis de las pegmatitas de La Fregeneda. Salamanca
- Silva, A.F. & Ribeiro, A. (1985)** - Thrust tectonics of sardic age in the alto douro region (northeastern Portugal). *Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 71(2), pp. 151-157.
- Silva, A.F. (1990)** - O grupo das beiras (complexo xisto-grauváquico) no extremo sudoeste da zona centro-ibérica, entre Monforte da Beira, Castanheira de Pera e Góis (centro-leste de Portugal). *Rel. Inéd. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 71 pp.
- Silva, A.F., Rebelo, J.A. & Ribeiro, M.L. (1989)** - carta geológica de Portugal na escala 1/50.000. Notícia explicativa da folha 11-c (Torre de Moncorvo). *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 65 pp.

Silva, AF. & Ribeiro, M.L. - Carta geológica de Portugal na escala 1/50.000. Notícia explicativa da folha 15-b (Freixo de Espada à Cinta). *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa.

Silva, AF., Romão, J.M.C., Sequeira, A.J.D. & Ribeiro, M.L. (1988) - Geotransversal no grupo das beiras (complexo xisto-grauváquico) entre os sinclínios de Mação e Penha Garcia (centro-leste de Portugal). Painele apresentado à *XI reunião de geologia do oeste peninsular*, Bragança.

Silva, F. & Ribeiro, M.L., (1991) - Notícia explicativa da Folha 15-A Esc. 1/50 000 "Vila Nova de Foz Côa, *Serviços Geológicos de Portugal*"

Sousa, M.B. & Sequeira, A.J.D. (1989) - Carta geológica de Portugal na escala 1/50.000. Notícia Explicativa da folha 10-d (Alijó). *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 59 pp.

Sousa, M.B. (1979) - Complexo xisto-grauváquico do douro: os conglomerados de Trevões e seu significado estratigráfico. *Mem. Not. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra*, 89.

(1981) - Skams e rochas calcossilicatadas do complexo xisto-grauváquico do douro (ne Portugal) - seu enquadramento litoestratigráfico. *Com. Serv. Geol. Portugal*, 67 (2), pp. 169-172.

(1982) - Litostratigrafia e estrutura do complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico. - grupo do douro (nordeste de Portugal). Dissertação de doutoramento, *mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra*, Coimbra, 223 pp..

Tavares, J.A.A. (1942) - História e arqueologia por terras de meda. Atitude, Guarda, 2 (4).

Teixeira, C. & Rebelo, J.A. (1976) - Contribuição para o conhecimento da paleontologia do ordovícico de Moncorvo. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, Lisboa, 20, pp. 25-28.

Teixeira, C. (1981) - Geologia de Portugal. I - Precâmbrico, paleozóico. *Fundação Calouste Gulbenkian*, Lisboa, 629 pp.

Thadeu, D. (1952) – Le gisement de fer de Moncorvo (Concession de Fragas de Carvalhosa). *Bol. Soc. Geol. Portugal, Porto*, 10 (1/2/3), pp. 59-76.

Tulyaganov, D., Agatho, S., Fernandes, H., & Ferreira, J. (2000) – Low temperature production and characterization of tableware porcelains from lithium natural rock. Dtº Engenharia Cerâmica Uni. Aveiro. (PRAXIS-XXI BPD/1619/00)

Vide & Simões (1999) – Relatório do Plano de Lavra da C-64 IGM Mina da Bajoca, Exploração de Quartzo e Feldspato.

Vide, R. (1999) – Peças desenhadas de Plano de Lavra C-64 Mina da Bajoca.

Viegas, L.F. (1982) – Recursos Minerais de Volfrâmio e estanho na região de Freixo-Escalhão. Um exemplo de prospecção mineira. *Relat. Int. Serv. Fom. Min, Porto* 56 pp.

Vieira, R. (2003) – “Estudos Preliminares para Caracterização dos Filões Aplitopegmatíticos com Petalite da Região do Barroso-Alvão” Estágio Profissionalizante GIMEF – Centro de Geologia FCUP

www.anecra.pt

www.avaionventures.com

www.cnig.pt/snig.pt

www.digitalfire.ab.ca

www.fc.up.pt

www.lgeoE.pt

www.igm.pt

www.route66.com

www.spodumene.com

www.webmineral.com

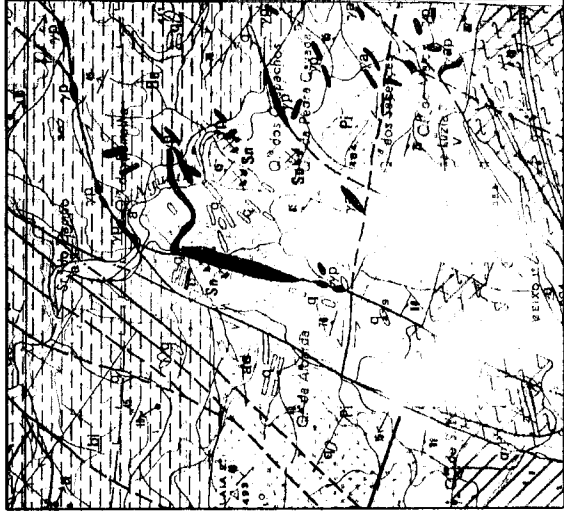
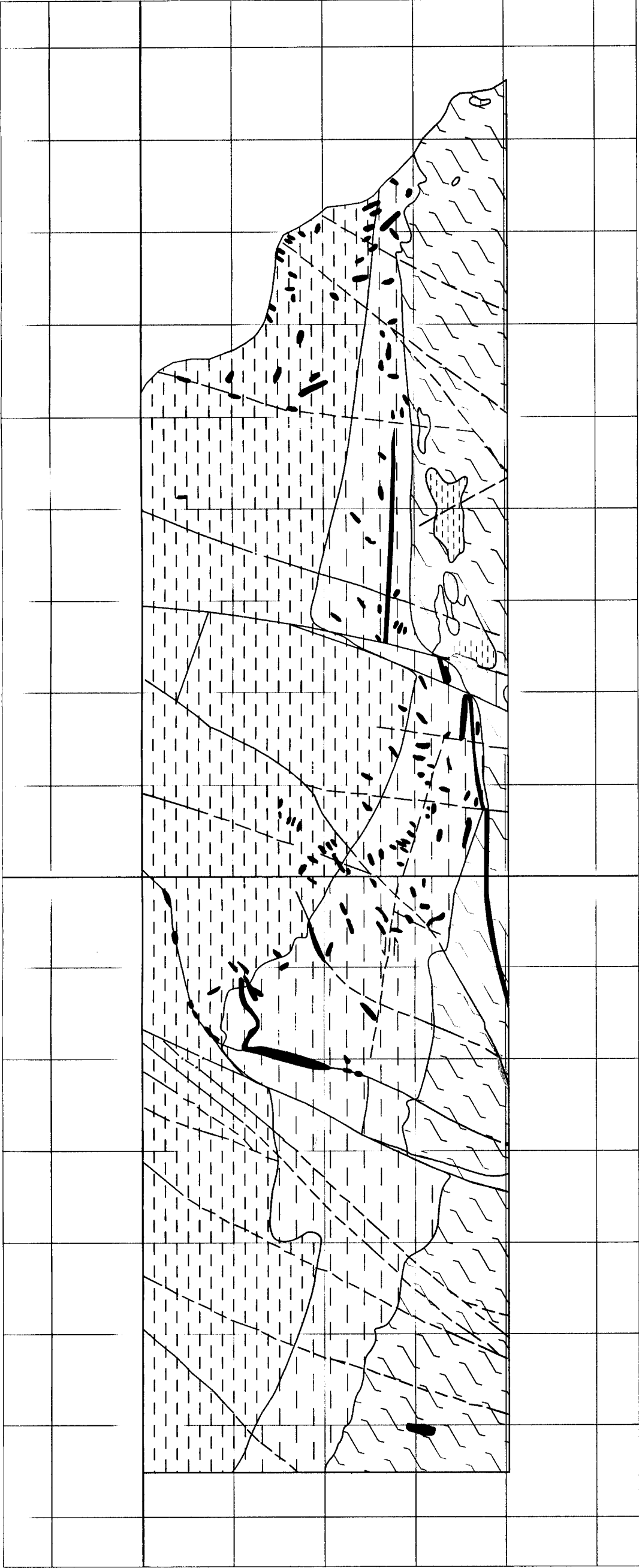
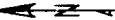
Anexos

Anexo 1

Cartografia Geológica da Região
Almendra-Barca de Alva

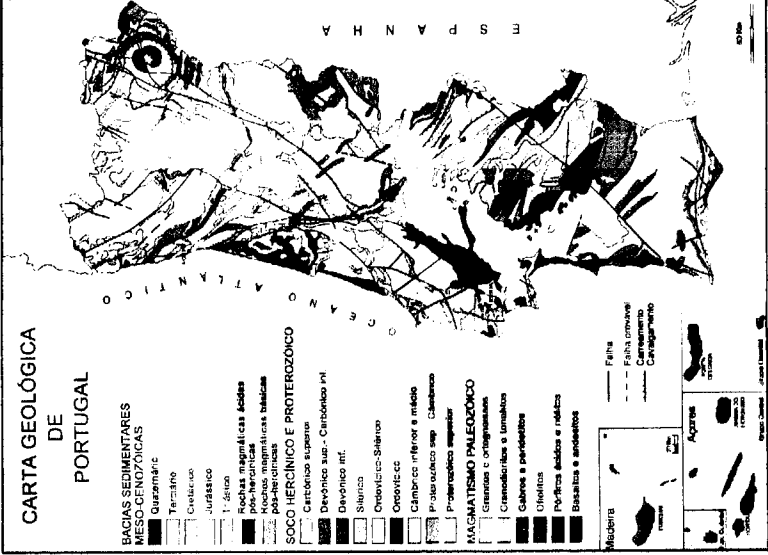
141 | 142
151 | 152

15-A | 15-B



LEGENDA

- Granito da Meia (2 micas, sin-tectónico F3)
- Apitopegnatitos
- Formação da Desajosa (CXG)
- Filões de Quartzo
- Formação de Pinhão (CXG)
- Pórfiro Granítico
- Formação de Rio Pinhão (CXG)
- Estruturas Geológicas (Falhas e Contactos)



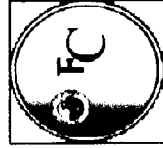
TÍTULO: Cartografia Geológica Almendra - Barca de Alva

Descrição: Implantação em base digital da geologia de parte das Folhas 15-A e 15-B 1:50 000 do IGM, georeferenciada com cartografia militar do IGEOE Folhas 151 e 152 da Carta Militar de Portugal.

ESCALA - 1 : 50.000

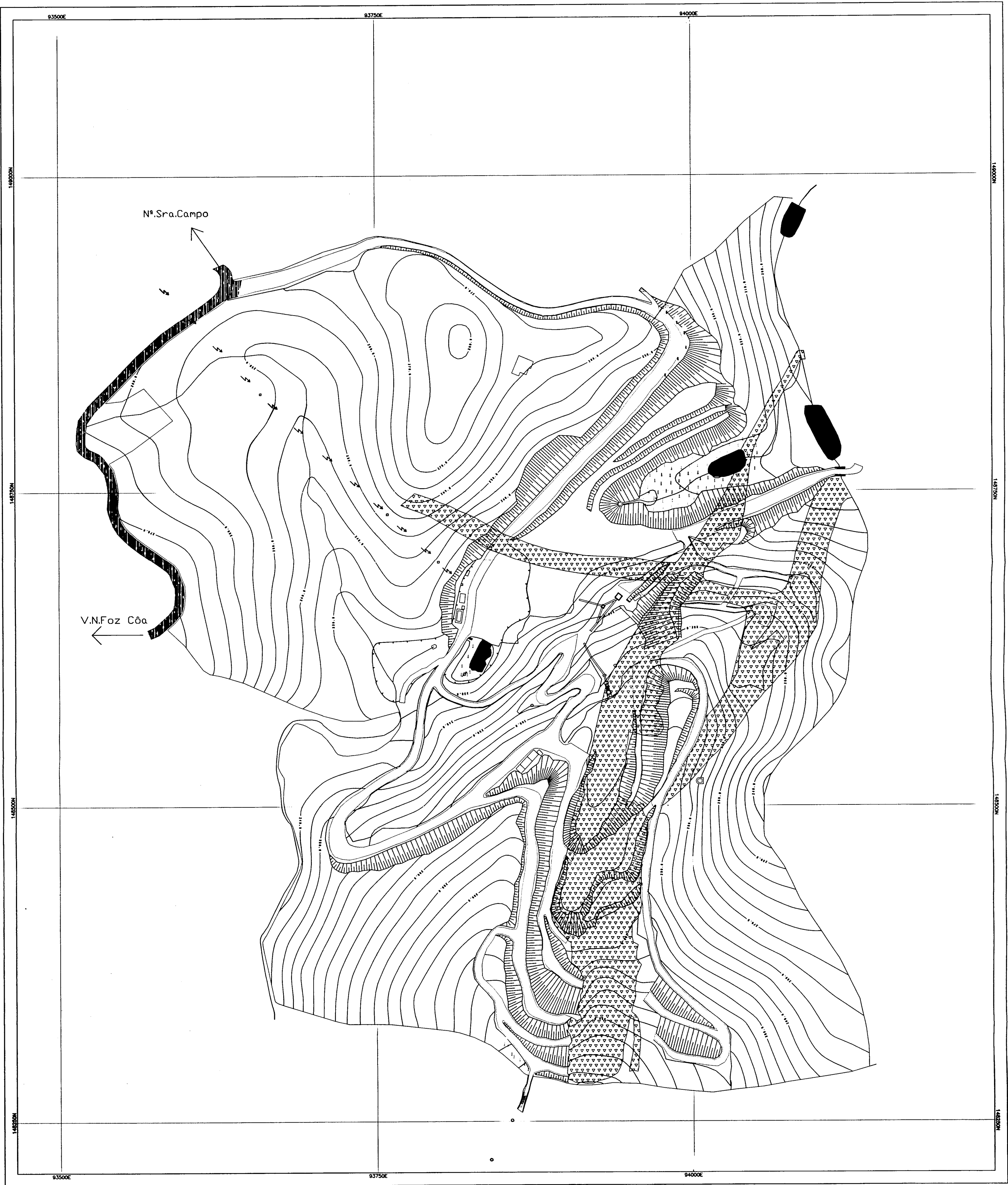
Tese de Mestrado de Almendra

Adaptado de: IGM e IGEOE
Desenhado por: Carlos Almeida
Verificado por: John Pereira





Anexo 2

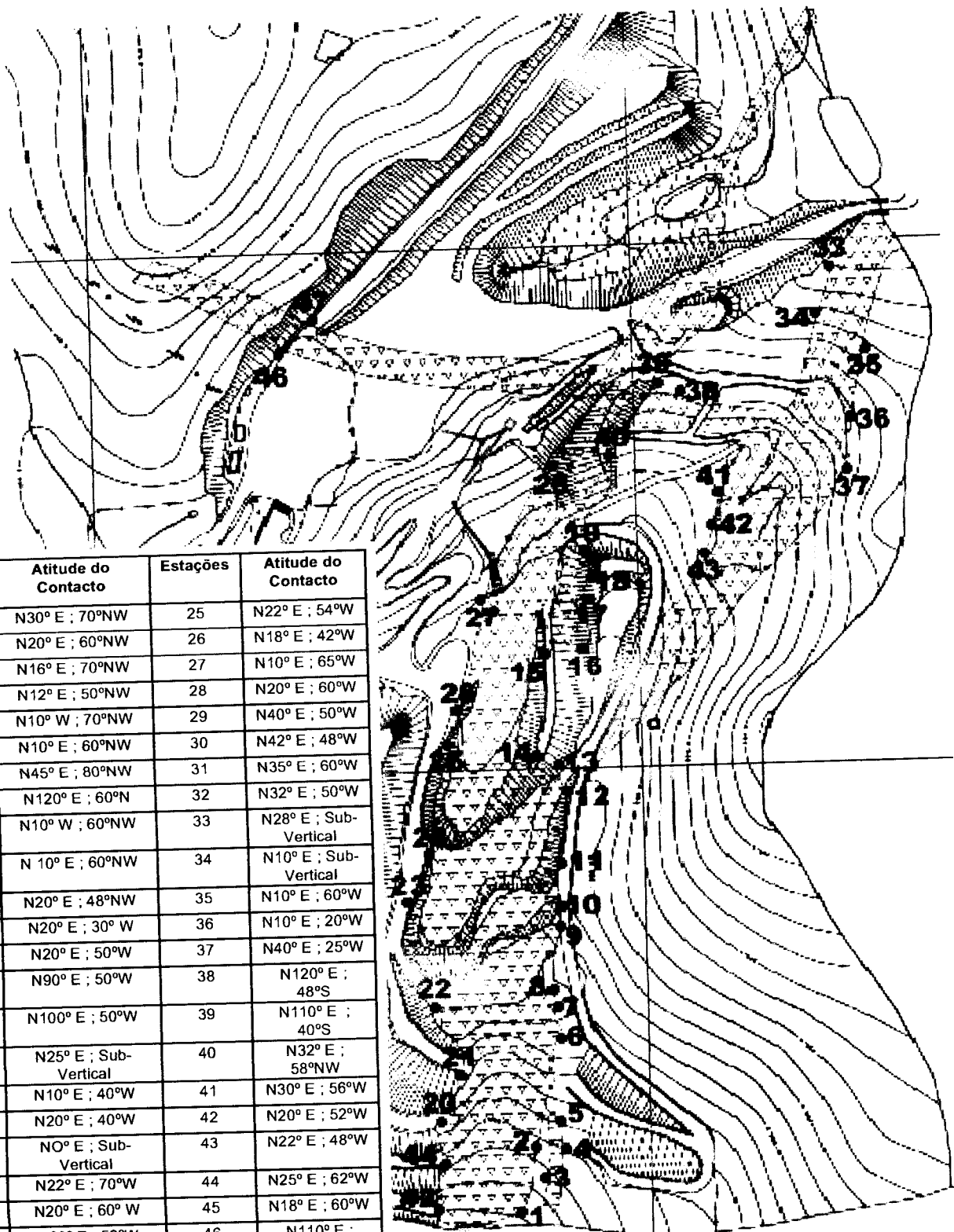


LEGENDA

	Filão aplitopegmatítico		Linhas de água e bacias
	Metassedimentos		Acessos mineiros
	Equipamentos Mineiros		

TÍTULO: Cartografia Geológica Mina Bajoca	
Descrição: Cartografia Geológica do Filão da Mina da Bajoca concessão C-64 IGM e sua ocorrência nos metassedimentos envolventes, equipamentos mineiros e hidrogeologia	
ESCALA - 1 : 1000	
Tese de Mestrado de Almendra	
Adaptado de: Cartografia Geológica Bajoca Almeida / Prazeres Desenhado por: Nuno Santos / Carlos Almeida Verificado por: Carlos Almeida / Alexandre Lima	

Anexo 3



Estações	Atitude do Contacto	Estações	Atitude do Contacto
1	N30° E ; 70°NW	25	N22° E ; 54°W
2	N20° E ; 60°NW	26	N18° E ; 42°W
3	N16° E ; 70°NW	27	N10° E ; 65°W
4	N12° E ; 50°NW	28	N20° E ; 60°W
5	N10° W ; 70°NW	29	N40° E ; 50°W
6	N10° E ; 60°NW	30	N42° E ; 48°W
7	N45° E ; 80°NW	31	N35° E ; 60°W
8	N120° E ; 60°N	32	N32° E ; 50°W
9	N10° W ; 60°NW	33	N28° E ; Sub-Vertical
10	N 10° E ; 60°NW	34	N10° E ; Sub-Vertical
11	N20° E ; 48°NW	35	N10° E ; 60°W
12	N20° E ; 30° W	36	N10° E ; 20°W
13	N20° E ; 50°W	37	N40° E ; 25°W
14	N90° E ; 50°W	38	N120° E ; 48°S
15	N100° E ; 50°W	39	N110° E ; 40°S
16	N25° E ; Sub-Vertical	40	N32° E ; 58°NW
17	N10° E ; 40°W	41	N30° E ; 56°W
18	N20° E ; 40°W	42	N20° E ; 52°W
19	N0° E ; Sub-Vertical	43	N22° E ; 48°W
20	N22° E ; 70°W	44	N25° E ; 62°W
21	N20° E ; 60° W	45	N18° E ; 60°W
22	N20° E ; 52°W	46	N110° E ; 80°S
23	N22° E ; 58°W	47	N110° E ; 80°S
24	N24° E ; 60°W		

Anexo 4

Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Point	1		Point	2		Point	3	
Zona	nd		Zona	nd		Zona	nd	
Elemento	Peso Atómico	Oxid%	Elemento	Peso Atómico	Oxid%	Elemento	Peso Atómico	Oxid%
O	51.18	0.00	O	52.15	0.00	O	47.37	0.00
F	0.11	0.15	F	0.00	0.00	F	0.01	0.02
Na	6.47	8.72	Na	4.22	5.69	Na	0.31	0.41
Mg	0.00	0.00	Mg	0.01	0.02	Mg	0.00	0.00
Al	7.65	14.45	Al	6.73	12.71	Al	9.12	17.22
Si	36.90	78.95	Si	39.20	83.85	Si	31.79	68.01
P	0.00	0.00	P	0.00	0.00	P	0.00	0.00
K	0.04	0.05	K	0.08	0.09	K	13.12	15.81
Ca	0.01	0.02	Ca	0.01	0.01	Ca	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.02	0.03	Mn	0.02	0.03	Mn	0.00	0.00
Fe	0.04	0.05	Fe	0.04	0.05	Fe	0.85	1.09
SOMA	102.42	102.42	SOMA	102.46	102.45	SOMA	102.57	102.56
Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Point	4		Point	5		Point	6	
Zona	nd		Zona	nd		Zona	nd	
Elemento	Peso Atómico	Oxid%	Elemento	Peso Atómico	Oxid%	Elemento	Peso Atómico	Oxid%
O	20.58	0.00	O	49.03	0.00	O	48.38	0.00
F	0.00	0.00	F	0.00	0.00	F	0.01	0.02
Na	0.00	0.00	Na	2.81	3.78	Na	8.23	11.10
Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.00	Mg	0.02	0.03
Al	0.02	0.04	Al	9.52	17.99	Al	10.30	19.47
Si	0.51	1.08	Si	34.68	74.19	Si	31.82	68.07
P	0.02	0.06	P	0.01	0.03	P	0.03	0.07
K	0.02	0.02	K	0.15	0.18	K	0.11	0.14
Ca	0.03	0.04	Ca	0.01	0.02	Ca	0.03	0.04
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.01	0.01
Mn	0.07	0.09	Mn	0.02	0.02	Mn	0.00	0.00
Fe	69.50	89.42	Fe	0.08	0.10	Fe	0.00	0.00
SOMA	90.75	90.75	SOMA	96.31	96.31	SOMA	98.94	98.95
Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Point	7		Point	8		Point	9	
Zona	nd		Zona	nd		Zona	nd	
Elemento	Peso Atómico	Oxid%	Elemento	Peso Atómico	Oxid%	Elemento	Peso Atómico	Oxid%
O	50.26	0.00	O	49.16	0.00	O	50.14	0.00
F	0.05	0.08	F	0.50	0.08	F	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	Na	8.62	11.63	Na	7.52	10.14
Mg	0.01	0.01	Mg	0.00	0.00	Mg	0.01	0.01
Al	9.01	17.03	Al	10.48	19.80	Al	10.42	19.69
Si	37.05	79.25	Si	32.25	69.00	Si	33.53	71.73
P	0.00	0.00	P	0.01	0.02	P	0.00	0.00
K	0.00	0.00	K	0.11	0.13	K	0.14	0.17
Ca	0.00	0.00	Ca	0.00	0.01	Ca	0.02	0.03
Ti	0.02	0.03	Ti	0.02	0.03	Ti	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	Mn	0.07	0.09	Mn	0.03	0.04
Fe	0.00	0.00	Fe	0.01	0.01	Fe	0.02	0.02
SOMA	96.40	96.40	SOMA	101.23	100.80	SOMA	101.83	101.83

Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Point	10		Point	11		Point	12	
Zona	nd		Zona	nd		Zona	nd	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	49.23	0.00	O	49.96	0.00	O	50.54	0.00
F	0.00	0.00	F	0.00	0.00	F	0.00	0.00
Na	8.09	10.90	Na	7.97	10.74	Na	4.82	6.49
Mg	0.01	0.02	Mg	0.02	0.03	Mg	0.00	0.00
Al	10.57	19.96	Al	10.66	20.15	Al	7.92	14.96
Si	32.38	69.27	Si	33.02	70.64	Si	36.66	78.43
P	0.07	0.17	P	0.01	0.01	P	0.00	0.00
K	0.09	0.11	K	0.10	0.13	K	0.08	0.09
Ca	0.00	0.00	Ca	0.03	0.04	Ca	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	Ti	0.04	0.06	Ti	0.00	0.01
Mn	0.00	0.00	Mn	0.03	0.04	Mn	0.12	0.16
Fe	0.00	0.00	Fe	0.00	0.00	Fe	0.00	0.00
SOMA	100.44	100.43	SOMA	101.84	101.84	SOMA	100.14	100.14
Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Point	13		Point	1		Point	2	
Zona	nd		Zona	3		Zona	nd	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	50.75	0.00	O	44.20	0.00	O	44.19	0.00
F	0.03	0.04	F	2.33	3.31	F	2.35	3.34
Na	0.02	0.03	Na	0.01	0.01	Na	0.00	0.01
Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.00
Al	8.99	16.99	Al	18.95	35.80	Al	19.68	37.18
Si	37.50	80.22	Si	0.03	0.06	Si	0.02	0.04
P	0.00	0.00	P	20.40	46.75	P	19.86	45.51
K	0.00	0.00	K	0.00	0.00	K	0.00	0.00
Ca	0.01	0.02	Ca	0.01	0.02	Ca	0.01	0.02
Ti	0.01	0.02	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.01	0.00	Mn	0.00	0.00	Mn	0.07	0.09
Fe	0.00	0.00	Fe	0.02	0.02	Fe	0.00	0.00
SOMA	97.32	97.32	SOMA	85.95	85.97	SOMA	86.18	86.19
Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Point	3		Point	4		Point	5	
Zona	nd		Zona	nd		Zona	nd	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	44.18	0.00	O	45.02	0.00	O	44.62	0.00
F	2.42	3.44	F	3.17	4.51	F	2.72	3.87
Na	0.03	0.04	Na	0.00	0.00	Na	0.00	0.00
Mg	0.01	0.02	Mg	0.00	0.00	Mg	0.02	0.03
Al	19.67	37.17	Al	19.81	37.42	Al	19.70	37.22
Si	0.03	0.06	Si	0.07	0.16	Si	0.06	0.12
P	19.82	45.40	P	20.11	46.08	P	20.04	45.91
K	0.00	0.00	K	0.01	0.01	K	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	Ca	0.01	0.01	Ca	0.01	0.01
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.01	0.02	Mn	0.03	0.04	Mn	0.00	0.00
Fe	0.09	0.11	Fe	0.01	0.01	Fe	0.00	0.00
SOMA	86.26	86.26	SOMA	88.24	88.24	SOMA	87.17	87.16

Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-11	
Point	6		Point	7		Point	8	
Zona	nd		Zona	nd		Zona	nd	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	47.71	0.00	O	46.15	0.00	O	44.69	0.00
F	2.84	4.04	F	0.11	0.16	F	0.00	0.00
Na	0.01	0.02	Na	0.03	0.04	Na	0.03	0.05
Mg	0.00	0.00	Mg	0.11	0.19	Mg	0.14	0.24
Al	19.68	37.19	Al	21.62	40.85	Al	20.84	39.38
Si	0.06	0.13	Si	23.26	49.75	Si	22.66	48.48
P	17.07	45.97	P	0.07	0.16	P	0.06	0.14
K	0.00	0.00	K	0.20	0.24	K	0.17	0.21
Ca	0.02	0.03	Ca	0.17	0.24	Ca	0.13	0.19
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.01	0.01	Mn	0.00	0.00	Mn	0.01	0.02
Fe	0.05	0.06	Fe	0.30	0.39	Fe	0.20	0.25
SOMA	87.45	87.45	SOMA	92.02	92.02	SOMA	88.93	88.96
Amostra	TMA-P-11		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Point	9		Point	10		Point	11	
Zona	nd		Zona	3		Zona	3	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	44.60	0.00	O	46.48	0.00	O	44.35	0.00
F	0.00	0.00	F	0.02	0.03	F	0.04	0.05
Na	0.03	0.04	Na	0.00	0.00	Na	0.05	0.07
Mg	0.06	0.10	Mg	0.11	0.18	Mg	0.11	0.18
Al	21.22	40.08	Al	22.05	41.67	Al	20.82	39.33
Si	22.37	47.86	Si	23.06	49.33	Si	22.15	47.39
P	0.07	0.16	P	0.15	0.34	P	0.17	0.39
K	0.09	0.10	K	0.13	0.16	K	0.10	0.12
Ca	0.13	0.18	Ca	0.46	0.65	Ca	0.39	0.55
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	Mn	0.01	0.02	Mn	0.00	0.00
Fe	0.13	0.17	Fe	0.37	0.48	Fe	0.34	0.43
SOMA	88.70	88.69	SOMA	92.84	92.86	SOMA	88.52	88.52
Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Point	12		Point	13		Point	14	
Zona	3		Zona	3		Zona	3	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	45.90	0.00	O	45.65	0.00	O	43.09	0.00
F	0.00	0.00	F	0.10	0.14	F	2.66	3.79
Na	0.14	0.19	Na	0.12	0.16	Na	0.01	0.01
Mg	0.13	0.22	Mg	0.08	0.14	Mg	0.00	0.01
Al	21.80	41.19	Al	21.68	40.97	Al	19.06	36.00
Si	22.66	48.47	Si	22.56	48.25	Si	0.00	0.00
P	0.14	0.33	P	0.17	0.39	P	19.35	44.33
K	0.21	0.25	K	0.24	0.28	K	0.02	0.02
Ca	0.43	0.60	Ca	0.43	0.60	Ca	0.02	0.03
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.03	0.04	Mn	0.00	0.00	Mn	0.08	0.10
Fe	0.52	0.67	Fe	0.32	0.42	Fe	0.00	0.00
SOMA	91.96	91.96	SOMA	91.35	91.35	SOMA	84.29	84.29

Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Point	15		Point	16		Point	17	
Zona	3		Zona	3		Zona	3	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	43.47	0.00	O	47.80	0.00	O	48.06	0.00
F	3.41	4.84	F	3.40	4.83	F	3.19	4.53
Na	0.00	0.01	Na	0.01	0.02	Na	0.01	0.01
Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.00
Al	18.89	35.69	Al	19.77	37.35	Al	19.78	37.38
Si	0.03	0.07	Si	0.02	0.05	Si	0.00	0.00
P	19.50	44.69	P	22.23	50.93	P	22.54	51.64
K	0.00	0.00	K	0.01	0.01	K	0.00	0.00
Ca	0.03	0.04	Ca	0.01	0.01	Ca	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	Mn	0.10	0.13	Mn	0.03	0.04
Fe	0.00	0.00	Fe	0.05	0.07	Fe	0.00	0.00
SOMA	85.33	85.34	SOMA	93.40	93.40	SOMA	93.61	93.60
Amostra	PADRÃO		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Point	18		Point	19		Point	20	
Zona	3		Zona	3		Zona	2	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	41.61	0.00	O	47.02	0.00	O	47.60	0.00
F	4.62	6.57	F	3.47	4.94	F	3.02	4.29
Na	0.16	0.22	Na	0.00	0.01	Na	0.28	0.38
Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	Al	18.96	35.82	Al	19.93	37.66
Si	0.38	0.81	Si	0.00	0.01	Si	0.00	0.00
P	18.29	41.91	P	22.21	50.89	P	22.07	50.56
K	0.00	0.01	K	0.01	0.02	K	0.01	0.01
Ca	38.92	54.46	Ca	0.01	0.02	Ca	0.00	0.01
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	Mn	0.00	0.00	Mn	0.00	0.01
Fe	0.08	0.10	Fe	0.00	0.00	Fe	0.00	0.00
SOMA	104.06	104.06	SOMA	91.68	91.71	SOMA	92.91	92.91
Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Point	21		Point	22		Point	23	
Zona	2		Zona	2		Zona	2	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	45.92	0.00	O	47.41	0.00	O	47.67	0.00
F	1.34	1.90	F	3.20	4.55	F	3.35	4.76
Na	0.38	0.52	Na	0.01	0.02	Na	0.02	0.02
Mg	0.00	0.01	Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.01
Al	19.16	36.20	Al	19.77	37.35	Al	19.46	36.77
Si	0.02	0.04	Si	0.01	0.02	Si	0.00	0.00
P	21.80	49.95	P	22.02	50.45	P	22.40	51.31
K	0.00	0.00	K	0.01	0.01	K	0.00	0.00
Ca	0.02	0.03	Ca	0.00	0.00	Ca	0.01	0.02
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	Mn	0.08	0.10	Mn	0.06	0.08
Fe	0.00	0.00	Fe	0.00	0.00	Fe	0.00	0.00
SOMA	88.64	88.65	SOMA	92.51	92.51	SOMA	92.97	92.97

Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02		Amostra	TMA-P-02	
Point	24		Point	25		Point	26	
Zona	1		Zona	1		Zona	1	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	48.29	0.00	O	47.74	0.00	O	48.53	0.00
F	3.89	5.53	F	3.41	4.85	F	3.81	5.41
Na	0.00	0.01	Na	0.00	0.00	Na	0.04	0.06
Mg	0.00	0.00	Mg	0.07	0.11	Mg	0.01	0.01
Al	19.88	37.56	Al	20.02	37.82	Al	20.24	38.24
Si	0.00	0.00	Si	0.02	0.05	Si	0.02	0.04
P	22.42	51.38	P	22.00	50.42	P	22.35	51.22
K	0.01	0.02	K	0.00	0.00	K	0.01	0.01
Ca	0.01	0.02	Ca	0.02	0.02	Ca	0.03	0.04
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.02	0.02	Mn	0.00	0.01	Mn	0.00	0.00
Fe	0.01	0.01	Fe	0.02	0.02	Fe	0.01	0.01
SOMA	94.53	94.55	SOMA	93.30	93.30	SOMA	95.05	95.04
Amostra	TMA-P-13		Amostra	TMA-P-13		Amostra	TMA-P-13	
Point	27		Point	28		Point	29	
Zona	1		Zona	1		Zona	1	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	41.37	0.00	O	41.94	0.00	O	36.05	0.00
F	4.09	5.82	F	3.70	5.26	F	0.01	0.02
Na	0.17	0.22	Na	0.00	0.00	Na	0.04	0.05
Mg	0.00	0.00	Mg	0.00	0.00	Mg	0.05	0.08
Al	0.01	0.03	Al	0.00	0.00	Al	14.45	27.30
Si	0.37	0.79	Si	0.00	0.00	Si	14.73	31.52
P	18.22	41.75	P	18.97	43.46	P	0.28	0.65
K	0.02	0.03	K	0.00	0.00	K	0.01	0.01
Ca	39.12	54.74	Ca	39.58	55.38	Ca	0.13	0.19
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	Mn	0.31	0.40	Mn	0.00	0.00
Fe	0.00	0.00	Fe	0.00	0.00	Fe	20.73	26.66
SOMA	103.37	103.37	SOMA	104.50	104.50	SOMA	86.48	86.48
Amostra	TMA-P-13		Amostra	TMA-P-13		Amostra	TMA-P-13	
Point	30		Point	31		Point	32	
Zona	1		Zona	2		Zona	2	
Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%	Elemento	Peso Atômico	Oxid%
O	42.95	0.00	O	40.30	0.00	O	42.17	0.00
F	0.00	0.00	F	0.01	0.01	F	3.65	5.19
Na	0.03	0.04	Na	0.12	0.16	Na	0.01	0.02
Mg	0.06	0.09	Mg	0.57	0.95	Mg	0.00	0.00
Al	19.88	37.57	Al	16.95	32.02	Al	0.01	0.01
Si	21.19	45.33	Si	18.58	39.74	Si	0.00	0.00
P	0.11	0.24	P	0.15	0.33	P	18.88	43.25
K	0.18	0.22	K	1.09	1.31	K	0.00	0.00
Ca	0.06	0.09	Ca	0.24	0.34	Ca	40.59	56.79
Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00	Ti	0.00	0.00
Mn	0.06	0.08	Mn	0.00	0.00	Mn	0.16	0.20
Fe	2.99	3.85	Fe	10.95	14.09	Fe	0.00	0.00
SOMA	87.51	87.51	SOMA	88.96	88.95	SOMA	105.47	105.46