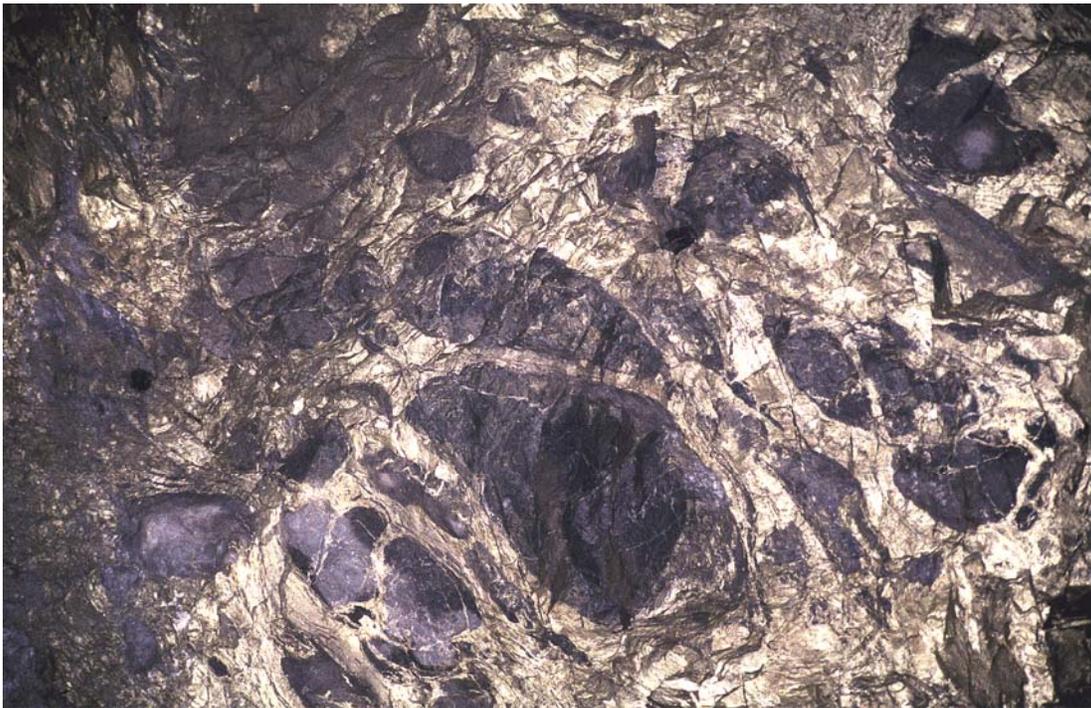


RECURSOS MINERAIS METÁLICOS

4ºAno – 1º Semestre

Unidade de Trabalhos Práticos nº6

Jazigos de Sulfuretos Maciços



Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da
Universidade de Lisboa

Lisboa, 2006

1. Objectivos

O trabalho a desenvolver nas aulas tem por objectivos principais:

- i) Caracterização de minérios e paragéses de alteração hidrotermal característicos dos diferentes tipos de sulfuretos maciços vulcanogénicos, com auxílio a exemplares dos jazigos de Kidd Creek, Amulet, Rio Tinto, Tharsis e do ofiolito de Troodos;
- ii) Caracterização das rochas encaixantes e dos principais tipos de minério característicos dos jazigos de Aljustrel e Neves Corvo.
- iii) Exame macroscópico de amostras de depósitos manganésiferos da Faixa Piritosa Ibérica.
- iv) Caracterização dos minérios e rochas encaixantes características dos jazigos de sulfuretos maciços associados a rochas sedimentares clásticas, com o auxílio a amostras de Sullivan e Rubiales.
- v) Caracterização dos minérios e rochas encaixantes características dos jazigos de sulfuretos maciços associados a rochas sedimentares carbonatadas, recorrendo a amostras de Enfermarias.

2. Considerações gerais

Os jazigos de sulfuretos maciços constituem uma classe de depósitos cujas características mais marcantes decorrem da (i) acumulação de grandes massas de sulfuretos (essencialmente constituídas por pirite (\pm pirrotite), calcopirite, esfalerite e galena) e do (ii) seu carácter estratiforme a lenticular, concordante em relação a horizontes estratigráficos bem definidos, onde os minérios se encontram encaixados. A natureza exclusivamente sedimentar ou vulcânica das formações que encaixam as massas de sulfuretos maciços é determinante na caracterização do ambiente geológico em que as mesmas se desenvolveram (Fig.1), sendo por isso considerada na sistematização desta tipologia de jazigos, como aliás foi discutido nas sessões teóricas desta disciplina:

1. *Depósitos de sulfuretos maciços vulcanogénicos*
 - a) Tipo **Primitivo** - *Kidd Creek* e *Amulet* (Canadá);
 - b) Tipo **Polimetálico** - *Aljustrel* e *Neves Corvo* (Portugal), *Rio Tinto*, *Tharsis* e *Aznalcollar* (Espanha);
 - c) Tipo **Ofiolítico** - *ofiolito de Troodos* (Chipre).
 - d) Tipo **Besshi** - *Besshi* (Japão)
2. *Depósitos de sulfuretos maciços associados a rochas sedimentares clásticas (SEDEX)* - *Red Dog* (USA), *Sullivan* (Canadá); *Rubiales* (Espanha);
3. *Depósitos de sulfuretos maciços associados a rochas carbonatadas (MVT-Mississippi Valley Type)* - *Polaris* (Canadá), *Upper Mississippi Valey district* (USA)

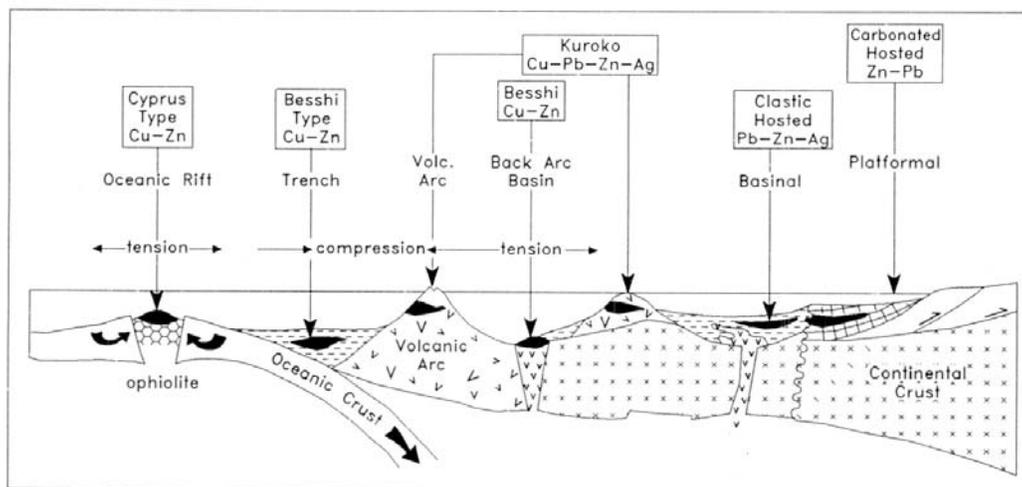


Figura 1 – Ambientes geotectónicos dos jazigos de sulfuretos maciços (Hutchinson, 1980)

3. Jazigos de Sulfuretos Maciços Vulcanogénicos

Os jazigos de sulfuretos maciços vulcanogénicos compreendem massas lenticulares de minério inclusas em sequências de rochas vulcânicas de carácter submarino e natureza predominantemente ácida. As massas são: *i) singenéticas*, uma vez que ocupam uma posição estratigráfica bem definida e partilham uma história metamórfica e tectónica comum às rochas encaixantes; e *ii) exalativas*, porquanto a precipitação de sulfuretos é devida à descarga focalizada de fluídos após circulação na coluna de rochas vulcânicas.

A ocorrência deste tipo de jazigos não se confina a um tipo particular de ambiente geotectónico, não encontra afinidades exclusivas com um tipo de vulcanismo de filiação geoquímica especial, nem se restringe no tempo a uma época particular da história do nosso Planeta.

3.1. Importância económica

A tonelagem e os teores em metais básicos que se associam a este tipo de jazigos são também extremamente variáveis. Se parte destes depósitos não ultrapassam toneladas da ordem dos 10-15 Mt com teores de Cu+Zn+Pb variando entre os 2 e os 10%, existem também jazigos com toneladas que atingem ou ultrapassam os 100 Mt de minério e outros cujos teores são bastante superiores àquele valor médio. A Faixa Piritosa Ibérica constitui a maior província metalogenética e o maior *stock* de metais básicos da Europa Ocidental (Carvalho *et al.*, 1976), albergando a mais importante concentração conhecida de sulfuretos vulcanogénicos do mundo. De entre as cerca de 60 minas que operaram na Faixa Piritosa nos últimos 100 anos, distribuídas pelos territórios português e espanhol (Strauss & Madel, 1974), figuram Aljustrel, onde se concentra uma das maiores concentrações mundiais de sulfuretos maciços vulcanogénicos (250 Mt; Barriga & Fyfe, 1988), e Neves-Corvo (200 Mt), de longe o mais importante produtor de cobre e estanho (≈ 30 Mt de reservas de minérios cupríferos e estaníferos de alto teor, com aproximadamente 6,85% Cu e 11,68% de Sn - Carvalho e Ferreira, 1993).

3.2. Modo de ocorrência

Tipicamente, um depósito de sulfuretos maciços compreende um ou vários corpos estratiformes de minério, a que se associa, a muro, uma zona discordante de mineralização (*zona de stockwork*), onde os sulfuretos ocorrem disseminados ou em veios mais ou menos divergentes e/ou ramificados, que se entrecruzam gerando uma estrutura típica no seio de rochas vulcânicas encaixantes fortemente metassomatizadas (Fig. 2).

3.3. Mineralogia

O minério compreende maioritariamente sulfuretos de ferro (especialmente pirite), a que se associam em proporções variáveis quantidades subordinadas de calcopirite, esfalerite, galena e, como acessórios, muitos outros sulfuretos, sobretudo de Cu, Zn e Pb, bem como alguns sulfossais (em particular do grupo da tennantite-tetraedrite). Em muitos jazigos os corpos mineralizados apresentam uma zonação vertical e lateral típica com predomínio de calcopirite, pirite e/ou pirrotite nas zonas mais internas e aumento gradual de pirite e esfalerite para a periferia (Fig.2).

3.1. Alteração hidrotermal

O ascenso dos fluídos mineralizantes induz nas rochas vulcânicas a muro das massas de sulfuretos um padrão de alteração hidrotermal característico. Este traduz-se usualmente por intensa **cloritização** e **silicificação** das rochas, acompanhando a zona de *stockwork* central, passando perifericamente a um domínio de **sericitização** pronunciada (Fig.2). A alteração é, por norma, controlada por veios preenchidos por quartzo + clorite + sericite + sulfuretos (pirite + calcopirite ±

esfalerite \pm galena) \pm carbonatos, que são tanto mais abundantes quanto maior a proximidade relativamente ao núcleo clorítico do sistema hidrotermal.

Afastamentos mais ou menos acentuados relativamente a estas características padrão, têm normalmente sido interpretadas como função das condições de grau metamórfico da região onde cada depósito se insere, ou de características geoquímicas particulares da sequência encaixante. É, por exemplo, o caso do jazigo de Flin-Flon Snow Lake, onde o enriquecimento em ferro e magnésio do núcleo do sistema hidrotermal se traduz pela estabilização da associação cordierite + antofilita, uma vez que as condições termo-barométricas do metamorfismo se situam acima do campo de estabilidade da clorite. No jazigo de Matabi, por outro lado, os principais minerais de alteração são a siderite, cloritóide e andaluzite, com ocorrência muito subordinada de clorite e sericite (Franklin *et al.*, 1975), mas este caso é interpretado como consequência das características particulares da sequência a muro do jazigo que consiste numa espessa série de rochas epiclásticas contendo 10-15% de dolomite.

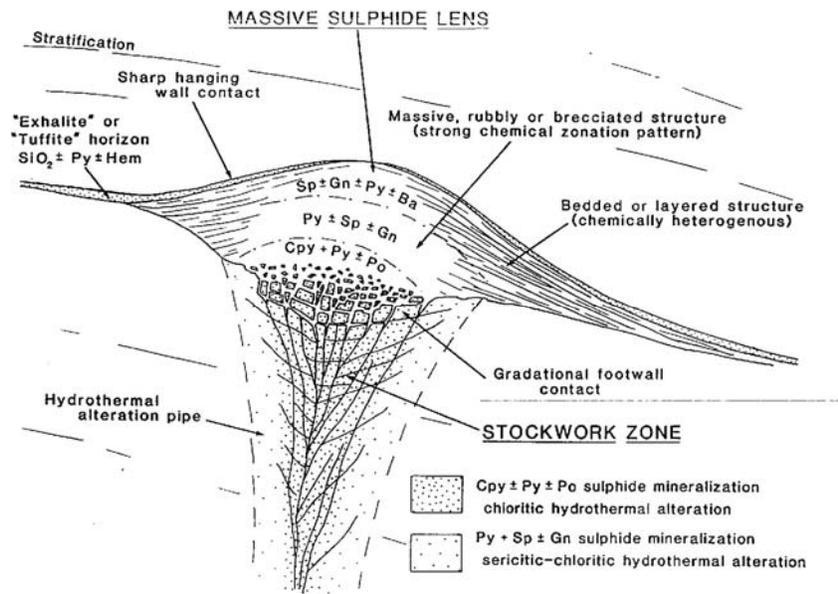


Figura 2 – Modelo esquemático de um jazigo de sulfuretos maciços vulcanogénico (Lydon, 1984)

4. Exemplos de jazigos de Sulfuretos Maciços Vulcanogénicos do Tipo Primitivo

4.1. Couto Mineiro de Noranda

No Couto Mineiro de Noranda existem numerosas explorações activas. As rochas vulcânicas félsicas e intermédias que enquadram as mineralizações encontram-se metamorfizadas na fácies dos xistos verdes e constituem o topo da sequência vulcânica denominada por Grupo de Blake River.

A maioria dos produtos vulcânicos consiste em escoadas submarinas, apesar de serem frequentes os níveis de tufo piroclásticos ácidos e estruturas brechóides grosseiras adjacentes a centros eruptivos reconhecidos (Spence & Rosen-Spence, 1975). De acordo com Sangster (1972), é possível reconhecer uma associação, pelo menos espacial, entre os corpos mineralizados e os níveis de aglomerados ou de piroclastos grosseiros ácidos. Estas rochas são habitualmente designadas por *mill-rock* e, regra geral, a sua posição lito-estratigráfica é próxima ou coincidente com a unidade vulcânica em que as massas mineralizadas ocorrem.

Tufitos chérticos ocorrem, por vezes, entre as unidades riolíticas e andesíticas que se lhes sobrepõem, contendo, em geral, abundantes sulfuretos disseminados. Estes tufitos constituem, na maior parte das situações, o equivalente estratigráfico lateral das massas de sulfuretos maciços,

materializando assim um *horizonte portador* de extrema importância na prospecção deste tipo de depósitos no Couto Mineiro de Noranda.

Os minérios típicos deste Couto Mineiro podem ser classificados em três grandes tipos, de acordo com a predominância relativa dos principais sulfuretos e constituintes metálicos (Spence & Rosen-Spence, 1975):

- O primeiro caracteriza-se pela associação **Fe + Cu + Zn ± Sn ± Au ± Ag**, *i.e.*, **pirrotite + pirite + calcopirite + esfalerite ± estanita ± sulfossais diversos ± electrum**

- O segundo tipo contempla massas onde a paragénese principal, compreende **pirite + esfalerite ± galena ± sulfossais diversos ± ouro**, cabalmente definida pela associação **Fe + Zn ± Pb ± Au ± Ag**.

- O terceiro que, não sendo geralmente alvo de exploração económica, se caracteriza pela presença de massas piritosas com quantidades acessórias, por vezes esporádicas, de zinco, cobre, ouro e prata.

4.2. Jazigo de Kidd Creek

Em Kidd Creek, o corpo mineralizado é concordante com a formação de rochas vulcânicas félsicas. O muro da mineralização é constituído por rochas de natureza andesítica-diorítica, vulcanoclastitos riolíticos e um horizonte de xisto argilítico-carbonoso. O tecto das massas mineralizadas compreende vulcanoclastitos riolíticos e riólitos maciços. Estas rochas fazem parte da formação vulcânica félsica suprajacente à unidade predominantemente constituída por rochas ultrabásicas alteradas.

As massas mineralizadas no depósito de Kidd Creek compreendem três tipologias distintas de minério:

TIPO I - Minério tipo stockwork: filonetes de **calcopirite ± pirite ± pirrotite ± cassiterite** que se ramificam e anastomosam numa matriz siliciosa, localmente rica em clorite, de natureza original riolítica vulcanoclástica;

TIPO II - Minério maciço e/ou bandado: inclui toda a porção homogénea explorada com textura estratificada e/ou bandada, essencialmente composta por **pirite + esfalerite ± calcopirite ± galena ± pirrotite ± covelite ± digenite ± marcassite ± acantite ± arsenopirite ± stromeyerite ± bornite ± galena ± prata nativa**;

TIPO III - Minério brechificado: geralmente próximo do horizonte carbonoso, esta tipologia compreende, na sua essência, fragmentos de minério rico em pirite e esfalerite e fragmentos das rochas hospedeiras (riólito, argilito, etc.) cimentados por um cimento silicioso.

Existem, porém, situações particulares que dificilmente podem ser classificadas de acordo com os tipos de minério acima referidos e que podem admitir, por exemplo, minério maciço exclusivamente constituído por esfalerite ou por calcopirite.

Questionário:

1 – Caracterize do ponto de vista mineralógico e textural as paragénese de alteração e mineralização das amostras de Noranda.

2 - Caracterize do ponto de vista mineralógico e textural as paragénese de alteração e mineralização das amostras de Kidd Creek.

5. Exemplos de Jazigos de Sulfuretos Maciços Vulcanogénicos Polimetálicos. Faixa Piritosa Ibérica.

Os depósitos de sulfuretos maciços existentes no Sul de Portugal e Sudoeste de Espanha, constituem a província metalogenética denominada por **Faixa Piritosa Ibérica (F.P.I.)** que se estende desde Sevilha até Grândola, ocupando uma área com cerca de 230 km de comprimento por 30 a 60 km de largura (fig. 3). Esta Faixa insere-se numa unidade geotectónica mais vasta que, compreendendo formações metassedimentares e vulcânicas de idade paleozóica, evidencia características estruturais e paleogeográficas específicas - *Zona Sul Portuguesa*. Tal domínio do Orógeno Hercínico, abarca, da base para o topo, as seguintes unidades lito-estratigráficas:

- *sequência de filitos e quartzitos* (abreviadamente referenciada na literatura por **PQ**) de idade devónica;

- *complexo vulcânico-sedimentar* (usualmente denominado por **VS**), datado do Carbónico Inferior (Tournaisiano a Viséano Inferior), que compreende séries de rochas vulcânicas de natureza ácida e básica (lavas e rochas piroclásticas) associadas a centros vulcânicos distintos de natureza bimodal; as variações laterais de fácies são frequentes e, por norma, registadas pela presença de tufitos. Tais sequências integram igualmente níveis sedimentares intercalados de natureza siltítica, argilosa e siliciosa; e

- *sequência turbidítica* (genericamente designada por *flysch* ou **Culm**), a qual consiste em uma alternância monótona de xistos e grauvaques com níveis lenticulares de conglomerados intra-formacionais polimíticos depositada durante o Carbónico (Viséano Superior a Vestefaliano).

Durante a deposição do *flysch* têm início as primeiras manifestações da Orogenia Hercínica, gerando estruturas sin-sedimentares diversas, em particular as que levam à repetição por empilhamento das sequências sedimentares (*planos de carregamento*). A subsequente intensificação dos esforços tectónicos conduz, por norma, à deformação destes planos de movimento sin-sedimentar, induzindo ainda o desenvolvimento de dobras deitadas com vergência para SW, bem como de outras estruturas tipicamente associadas a um estilo de deformação tangencial, na sua essência, desencadeado por tensões cisalhantes elevadas.

A deformação hercínica da Zona Sul Portuguesa foi acompanhada de metamorfismo regional de baixo grau (Munhá, 1983). A análise das paragénese metamórficas nas rochas metavulcânicas máficas e intermédias, aliada ao estudo da cristalinidade da ilite nos restantes litótipos, permitiu colocar em evidência a zoneografia do metamorfismo, revelando a existência de quatro zonas metamórficas correspondentes a fácies de grau metamórfico crescente para Norte: *zeolítica* (zona 1); *prenite-pumpeleite/xistos verdes* (zonas 2 e 3) e *xistos verdes* (zona 4). Ainda segundo Munhá (1983), o regime metamórfico regional da Faixa Piritosa ter-se-á caracterizado pelo seu carácter praticamente isoquímico, baixas pressões e gradientes geotérmicos da ordem dos 40-50°Ckm⁻¹.

As massas de sulfuretos maciços ocorrem invariavelmente associadas ao topo das sequências vulcânicas ácidas, em particular aos níveis que marcam os períodos finais da actividade vulcânica. Algumas destas massas foram alvo de movimentações sin-sedimentares assinaláveis ao longo das vertentes dos aparelhos vulcânicos, pelo que se designam por (Fig.4): *autóctones*, se enraizadas no *stockwork* (como acontece, por exemplo, com o minério de Feitais, Aljustrel); *alóctones*, caso se afastem da zona de ascenso dos fluídos mineralizantes, sendo, por isso, enquadradas por rochas isentas de alteração hidrotermal ou objecto de metassomatismo incipiente (exemplificado pelo minério de Tharsis); e *transicionais*, se correspondem a situações intermédias das anteriores.

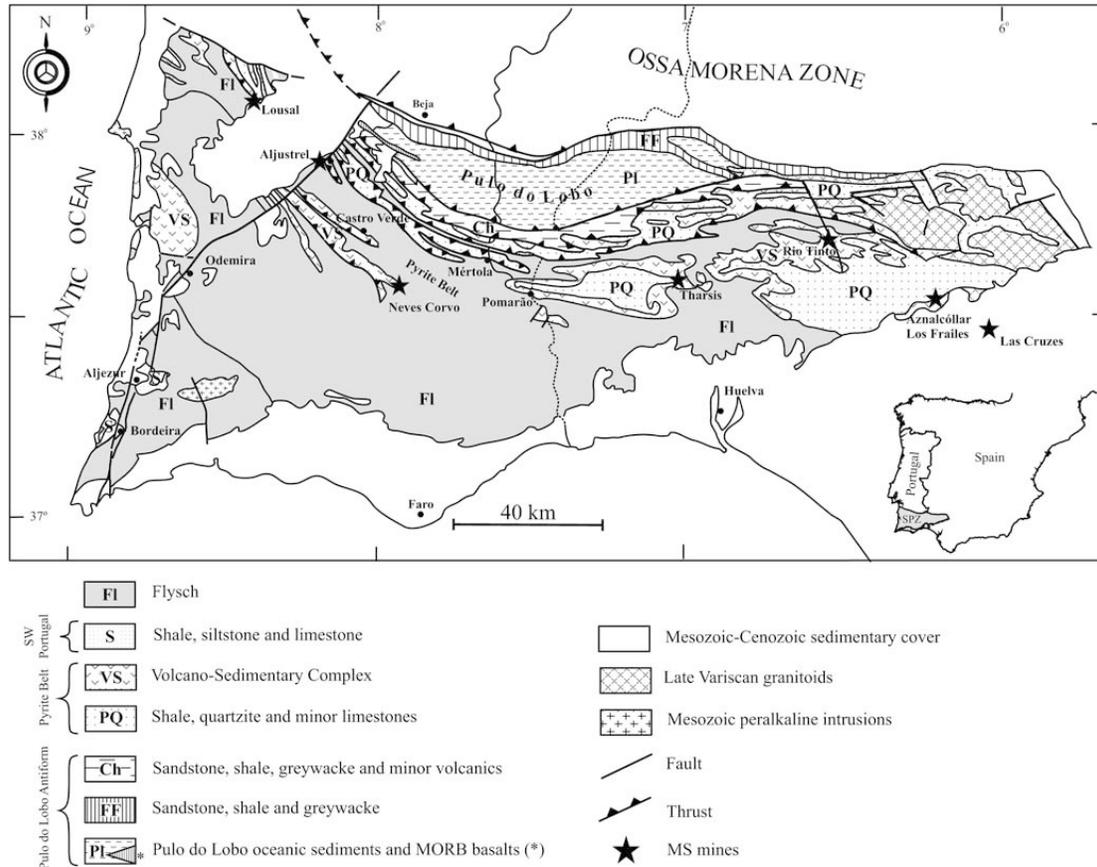


Figura 3. Localização dos centros mineiros mais importantes da Faixa Piritosa Ibérica no mapa geológico simplificado (Oliveira *et al.*, 2004).

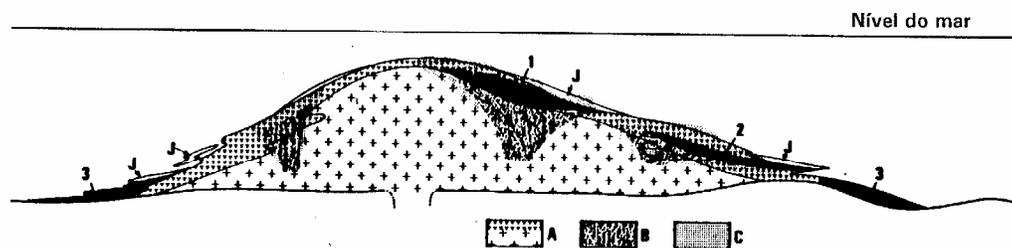


Figura 4. Tipologia dos depósitos de Sulfuretos Maciços Vulcanogénicos na Faixa Piritosa Ibérica (segundo Carvalho, 1979). A - Rochas vulcânicas félsicas; B - Alteração clorítica forte e *stockwork* cuprífero; C - Alteração sericitica pronunciada; 1 - Massa autóctone; 2 - Massa transicional; 3 - Massa redepositada; J - Jaspe.

Não obstante os efeitos da erosão (responsáveis, por exemplo, por uma redução superior a 85% da tonelagem original da massa de Rio Tinto) e de mais de 3000 anos de actividade mineira - primeiro para o cobre e metais nobres nas zonas de enriquecimento supergénico dos jazigos aflorantes e, mais recentemente, para o enxofre e o ferro (\pm cobre) -, as reservas globais da Faixa Piritosa Ibérica estimam-se actualmente em mais de 700 Mt, com teores médios (excluindo Neves-Corvo) de 46% S, 40% Fe, 0.7% Cu, 2.9% Zn, 1.1% Pb, 0.8 g/t Au, 30 g/t Ag (*e.g.* Barriga & Carvalho, 1983). Para aquele total contribuem muitas dezenas de massas mineralizadas de dimensões extremamente variadas, distribuídas ao longo de toda a Faixa. A maior parte destas massas concentram-se em sete importantes

centros mineiros, actualmente em laboração e/ou manutenção: Aljustrel (250 Mt) e Neves-Corvo (200 Mt), em Portugal, e Tharsis (130 Mt), La Zarza (60 Mt), Río Tinto (55 Mt), Aznalcóllar (50 Mt) e Sotiel-Coronada (40 Mt), em Espanha. Para além dos jazigos mencionados conhecem-se ainda outras áreas, algumas das quais correspondem a antigas explorações, presentemente abandonadas, como por exemplo S. Domingos, Lousal e Cercal. De registar ainda a descoberta recente (1993-1994), por parte do Instituto Geológico e Mineiro, da ocorrência de Lagoa Salgada (Grândola); a importância de tal descoberta decorre do facto das massas de sulfuretos se encontrarem sob a cobertura sedimentar de idade Cenozóica da bacia do Sado, a qual chega a atingir 300 m de espessura (Oliveira *et al.*, 1993).

Ainda que sem qualquer interesse económico nos nossos dias, de referir igualmente a existência de centenas de ocorrências e pequenos jazigos estratiformes de manganês, associados quer a vulcanitos ácidos e básicos, quer a sedimentos siliciosos metalíferos, que justificaram no passado numerosas explorações de dimensão reduzida. O minério é constituído principalmente por rodonite e/ou rodocrosite e/ou óxidos de manganês, alterando-se superficialmente para óxidos e hidróxidos de manganês e ferro.

5.1. Couto Mineiro de Aljustrel

O Couto Mineiro de Aljustrel (Fig. 5), abrangendo uma área aproximada de 12 km² e com cerca de 250 milhões de toneladas de reservas, já foi um dos mais importantes centros mineiros mundiais (Carvalho *et al.*, 1976).

Em Aljustrel as rochas pertencentes ao complexo vulcano-silicioso encontram-se sobrepostas às litologias do *flysch* por intermédio de um acidente tectónico importante - *carreamento de Aljustrel* -, o qual se encontra dobrado numa série de anticlinais e sinclinais. Tais dobramentos segundo a direcção NW-SE a WNW-ESE, imprimem um padrão de afloramento característico das litologias do **VS** (frequentemente dispostas ao longo dos núcleos anticlinais de primeira ordem), sendo, portanto, responsáveis pelos alinhamentos de rochas vulcânicas que se reconhecem por toda a Faixa Piritosa. Acresce referir que a estrutura de Aljustrel é truncada a NW pela falha da Messejana: este acidente tardi-hercínico de direcção NE-SW, evidencia movimentação esquerda oblíqua com abatimento do bloco NW, conforme se infere do arraste produzido nos corpos mineralizados e estruturas variscas.

Em Aljustrel o **VS** compreende uma espessa sequência de tufos (espessura superior a 250 m, base desconhecida) genericamente designada por Vulcanitos de Aljustrel (**VA**), a que se sobrepõem cerca de 50 m de sedimentos - xistos, filitos e tufitos - pertencentes à chamada *Formação Siliciosa de Paraíso* (**PS**). A base desta última *Formação* é sublinhada por um nível descontínuo e relativamente possante (8-10 m) de sedimentos siliciosos : jaspes, chertes ou sedimentos siliciosos metalíferos.

O Couto Mineiro de Aljustrel compreende seis massas de sulfuretos maciços que se distribuem por dois alinhamentos principais, cujo enquadramento estrutural e estratigráfico é bem conhecido. Efectivamente, os minérios ocorrem a topo dos *Vulcanitos de Aljustrel* e são geralmente capeados pelo nível de sedimentos siliciosos a muro da *Formação do Paraíso*, alinhando-se paralelamente às estruturas tectónicas NW-SE, de ambos os lados do núcleo anticlinorial de Aljustrel.

Tal como as rochas que o encaixam, o minério evidencia forte deformação, responsável por um padrão complexo de dobras/falhas (acidentes cavalgantes de flanco inverso). O dobramento induz ainda o paralelismo das terminações das massas de sulfuretos (periféricamente interdigitadas com os vulcanitos encaixantes sob a forma de "apófises"), dando lugar a um modo de ocorrência típico, com "filões" ou "veias" superficiais, coalescendo em corpos possantes em profundidade.

Tal como a grande maioria dos depósitos de sulfuretos maciços vulcanogénicos, as lenticulas de minério apresentam, por norma, uma zonalidade químico-mineralógica vertical, a qual se traduz por desenvolvimento de níveis ricos em cobre nos domínios a muro e *stockwork*, passando superiormente a horizontes ricos em Zn ± Pb (*minério polimetálico*).

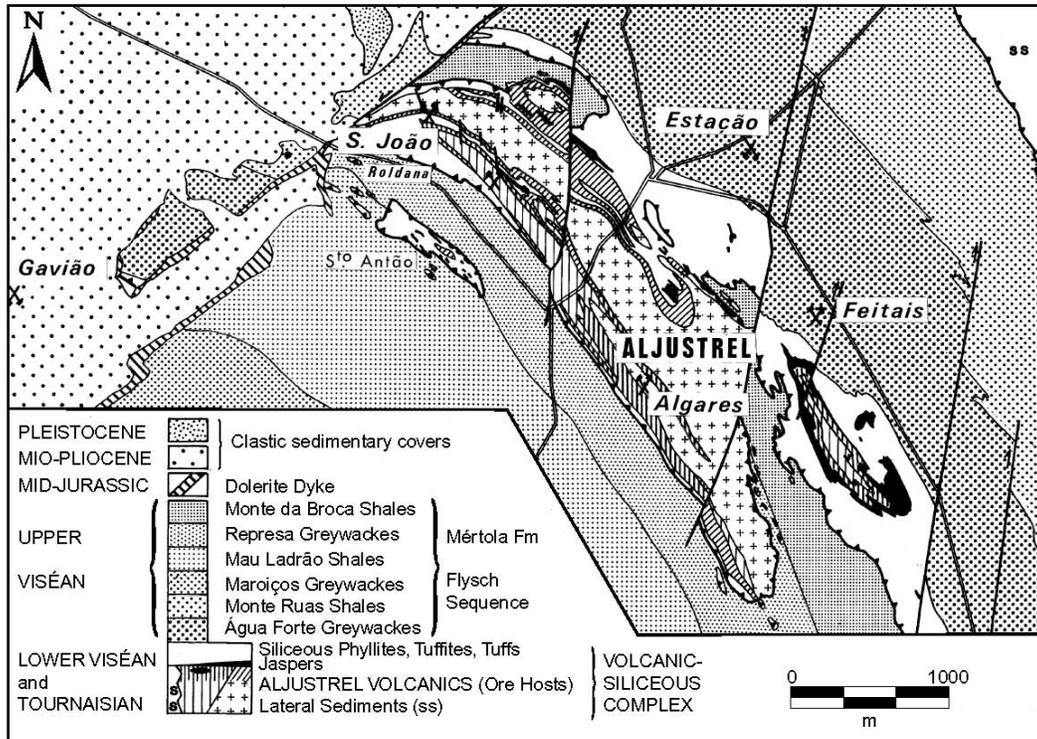


Figura 5. Mapa geológico da região de Aljustrel adaptado de Andrade & Schermerhorn (1971).

O padrão de alteração hidrotermal que se desenvolve em torno dos corpos mineralizados de Aljustrel compreende basicamente três zonas. A mais central, traduz-se pela estabilização de **clorite + quartzo + sulfuretos ± carbonatos** e substitui completamente a rocha pré-existente. Esta passa lateralmente a uma zona onde a alteração dos vulcanitos é caracterizada pela paragénese **sericite + quartzo + sulfuretos ± carbonatos**, a qual reflecte a destruição total dos feldspatos ígneos, bem como a sericitização, silicificação e/ou sulfuretização generalizada da matriz, particularmente notória em halos periféricos a veios pré-tectónicos preenchidos por aquela associação secundária. Nos domínios mais externos do sistema (afastados da zona de ascenso dos fluidos mineralizantes), o registo da actividade hidrotermal é bastante mais subtil, traduzindo-se somente pela presença de **quartzo hidrotermal, sulfuretos disseminados ou veios pré-tectónicos preenchidos por quartzo + sericite ± sulfuretos ± carbonatos**. Acresce referir que o desenvolvimento desta associação secundária ultra-periférica não impede a preservação dos fenocristais ígneos, bem como da matriz quartzo-clorítica decorrente do metamorfismo oceânico precoce.

Questionário:

3 - As amostras 1, 2 e 3 representam o minério polimetálico característico da massa do Moinho em Aljustrel. Caracterize-as do ponto de vista mineralógico e textural.

4 - A lâmina delgada polida FS-8-455 representa o minério maciço da massa de Feitais. Identifique os minerais opacos presentes e, com base na zonalidade geoquímica que caracteriza as massas de sulfuretos maciços, diga, justificando, se situaria a amostra em estudo na base ou no topo do corpo mineralizado.

5 - Observe a amostra 10 relativa a um tufo da Formação QET do sector de Feitais. Quais os critérios texturais que lhe permitem concluir que os feldspatos observados são, de facto, megacristais metassomáticos e não fenocristais ígneos.

6 - A lâmina delgada polida SA-25-166.5 representa um dos litótipos presentes na região de Aljustrel. Caracterize petrograficamente esta amostra e procure identificar a que unidade pertence.

7 - As amostras 11, 12 e 13 representam tufo da Formação MT colhidos na pedreira de Malpique e afectados unicamente por alteração regional na fácies verde. Em que critérios se fundamenta esta afirmação ?

8 - Identifique e caracterize o tipo de alteração hidrotermal que afectou o tufo vulcânico encaixante das massas de sulfuretos maciços de Gavião, representado pela lâmina delgada polida SA-25-488.7.

9 - O exemplar 16 materializa um tufo vulcânico colhido a muro da massa mineralizada de Moinho. Descreva sucintamente esta amostra, referindo os aspectos relacionados com a mineralização e a alteração hidrotermal.

10 - A amostra representada pela lâmina delgada FS-8-504.4 foi colhida a muro da massa de Feitais. Como interpreta a paragénese de alteração observada em ordem à proximidade do sistema hidrotermal ? Justifique sucintamente a sua resposta.

11 - Identifique o litótipo representado pela amostra FS-8-362. Como se posiciona esta amostra relativamente às massas de sulfuretos maciços ?

5.2. Couto Mineiro de Neves-Corvo

A descoberta recente (no decurso da década de 70) das massas mineralizadas do Couto Mineiro de Neves-Corvo constituiu um passo decisivo para a reavaliação do potencial económico da Faixa Piritosa Ibérica, numa altura em que muitos geólogos julgavam comprometidas as potencialidades deste distrito mineiro. Em 1991, as reservas globais (conjunto das cinco massas - Neves-Covo, Graça, Zambujal e Lombador) do Couto Mineiro de Neves-Corvo ultrapassavam as 80 Mt de minério de alto teor em Cu, Sn, Pb e Zn. Registavam-se ainda concentrações anómalas, susceptíveis de exploração económica, de alguns metais de alta tecnologia, designadamente de Se, Ge, Ga e In. Os quadros seguintes dão conta da importância económica relativa dos minérios de Neves-Corvo no contexto da Faixa Piritosa Ibérica.

As principais unidades estruturais da região comportam três anticlinórios (Fig. 6) que, de NE para SW, são denominados por *Anticlinório de Castro Verde*, *Anticlinório do Rosário* e *Anticlinório de Ourique*. O anticlinório do Rosário, vergente para SW e mergulhante para SE (Silva *et al.*, 1986), constitui a estrutura dominante, cujo núcleo é ocupado pelo Complexo vulcano-silicioso, por sua vez coberto pela sequência do **Culm**. Outra característica estrutural marcante deste sector da Zona Sul Portuguesa decorre da presença de carreamentos que conduzem ao sobre-espessamento (por repetição tectónica) das unidades lito-estratigráficas, em particular as que integram o **Culm**.

As mineralizações localizam-se no flanco Nordeste desta estrutura e inclinam suavemente (10-30°) para NE; apenas a massa da Graça se situa no flanco SW do anticlinório do Rosário. O reconhecimento cartográfico de superfície, complementado com os dados obtidos por sondagem, permite afirmar que os corpos mineralizados se associam a um complexo vulcano-sedimentar diferenciado representado principalmente por xistos siliciosos e tufitos em contacto tectónico com o *flysch* inferior. As litologias estratigraficamente acima deste contacto tectónico são descritas como pertencentes à sequência superior, embora as relações cronológicas entre as duas sequências sejam incertas e discutíveis. Os sulfuretos maciços estão localizados no topo do **VS** inferior e o seu contacto com o *flysch* inferior é, por vezes, sublinhado por um fino horizonte de jaspes e carbonatos ou xistos cloritizados (Thadeu & Carvalho, 1986).

De acordo com a sua granulometria, textura e composição, é possível dividir os corpos mineralizados presentes no Couto Mineiro de Neves-Corvo em diversos tipos de minérios (Albouy *et al.*, 1981; Leca, 1985; Relatórios Internos da Somincor, 1990) que, da base para o topo, compreendem:

- minério fissural e de *stockwork*;
- minério brechóide;
- minério maciço;
- minério "*rubané*".

No **minério tipo *stockwork***, a mineralização (na sua essência constituída por **calcopirite + pirite ± cassiterite ± estanite**) ocorre preferencialmente numa rede complexa e anastomosada de veios e filonetes que se desenvolve em rochas fortemente metassomatizadas de natureza tufítica. A *cloritização*, *sericitização*, *silicificação* e, localmente, a *carbonatização*, constituem os fenómenos metassomáticos mais importantes, cuja extensão impede, por vezes, o reconhecimento das texturas e paragéneses originais.

O **minério fissural** desenvolve-se predominantemente em níveis tufíticos grosseiros, cuja matriz aparenta não ter sido alvo de alteração hidrotermal significativa. Nesta tipologia de minério (definida pela associação principal **calcopirite + pirite + cassiterite ± estanite ± kosterite**), a mineralização preenche estruturas distensivas subverticais relativamente espaçadas e geometricamente distintas das que caracterizam a zona de ascenso dos fluidos mineralizados (*stockwork*). Consoante a riqueza em estanho - teores superiores a 1% - ou cobre - teores superiores a 2% - este minério é designado por **fissural estanífero (FT)** ou **fissural cuprífero (FC)**. Ambos os subtipos de minério ocorrem fundamentalmente na extremidade Norte das massas de Neves e Corvo.

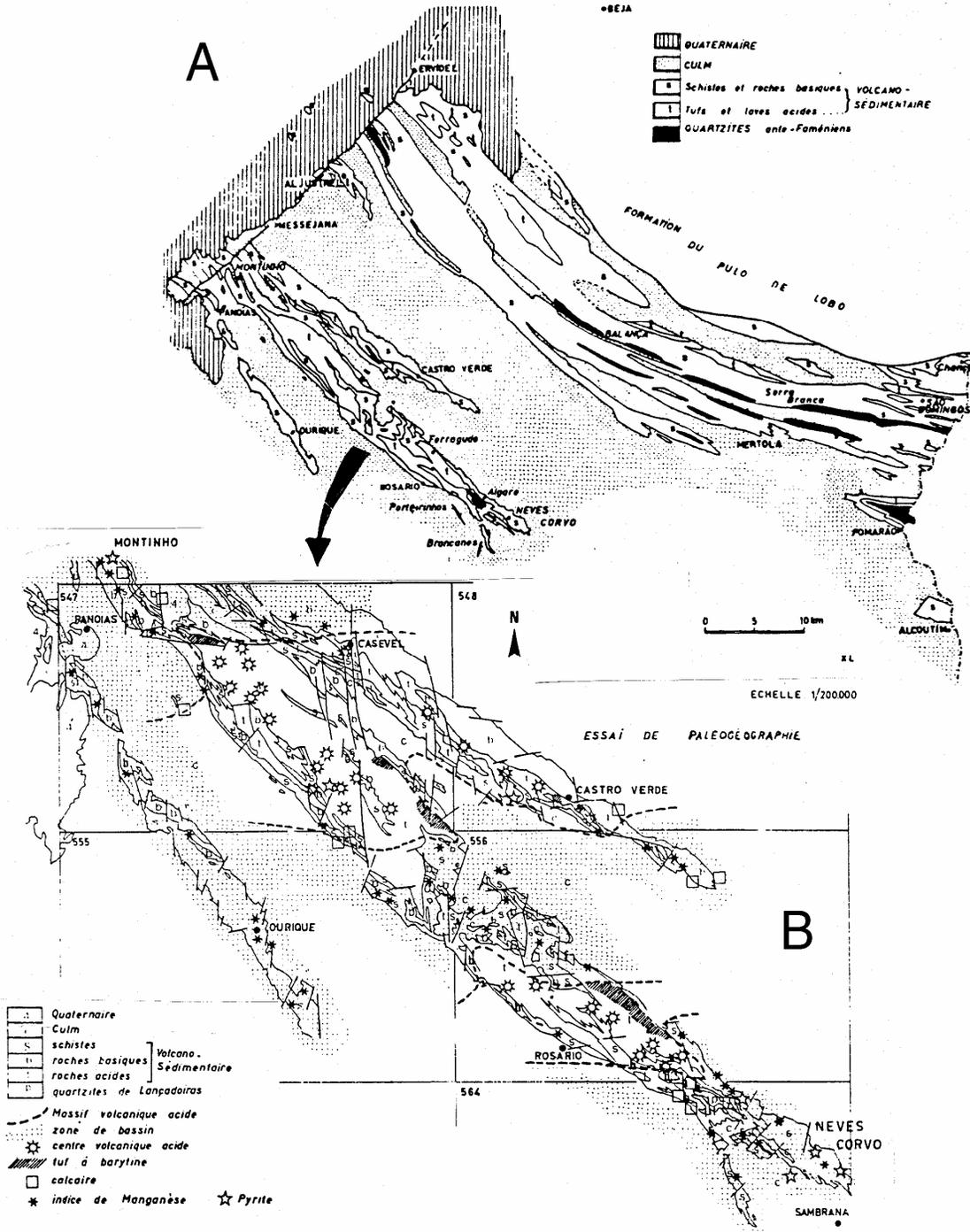


Figura 6. A. Carta geológica simplificada da região de Neves-Corvo. B. Mapa geológico do sector de Castro Verde - Rosário (Leca *et al.*, 1983).

O minério brechóide ocorre fundamentalmente no extremo NE da massa do Corvo, sobre o minério *stockwork*. Face à natureza do cimento e dos clastos que compõem este minério, é possível distinguir três subtipos com:

(1) - clastos de dimensão variável, por vezes muito fracturados, essencialmente constituídos por pirite, cimentados por calcopirite;

(2) - clastos de pequena dimensão predominantemente constituídos por calcopirite numa matriz piritosa;

(3) - fragmentos de natureza vulcânica cimentados por pirite ± calcopirite.

A caracterização do minério brechóide é ainda deficiente. Todavia, os estudos preliminares disponíveis indicam que: (i) a calcopirite tende a predominar sobre a pirite; (ii) a esfalerite e galena são raras; e (iii) a cassiterite e a estanita ocorrem de modo esporádico.

O minério maciço integra sulfuretos de grão geralmente muito fino e associação mineralógica principal **calcopirite + pirite ± galena ± esfalerite**. Em estreita associação com a calcopirite, podem ocorrer ainda quantidades menores de **cassiterite** e **estanita**. A **tetraedrite/tennantite**, bem como a **kosterite**, ocorrem por vezes em quantidades significativas. Este tipo de minério define com frequência níveis bem individualizados de espessura variável, muito embora nem sempre seja possível estabelecer um padrão claro de zonamento químico. Alguns destes níveis apresentam figuras sedimentares (como, por exemplo, laminação convoluta e estratificação gradada) que, regra geral, indicam polaridade normal. Quando a pirite é o principal sulfureto presente, sendo os teores de chumbo-zinco (Pb- Zn), Cu e Sn inferiores ao teor de corte (4%, 2% e 1%, respectivamente), o **minério é considerado estéril** e designado por **maciço estéril (ME)**. A calcopirite pode constituir o único componente de determinados níveis, como acontece no extremo S da massa do Corvo e na massa da Graça. Neste caso, se o teor em Cu for superior a 2% e o de Sn inferior a 1%, o minério denomina-se por **maciço cuprífero (MC)**. Associados à calcopirite podem ocorrer cassiterite e estanita, disseminadas ou em leitos micrométricos. A cassiterite é, no entanto, o mineral de estanho predominante. A estanita pode conter algum Zn ou Cu, aproximando-se assim da composição ideal da kosterite e da mawsonite, respectivamente. Se o teor em Sn for elevado (acima de 8%), o minério designa-se por **maciço estanífero (MT)**. Se os teores em Sn e Cu superarem, respectivamente, 1% e 2%, o minério é considerado **maciço cupro-estanífero (MS)**. O minério maciço rico em Sn (seja o **MT** ou o **MS**), ocorre preferencialmente nas zonas adjacentes a algumas falhas.

No minério maciço é ainda possível definir níveis relativamente ricos em prata, mercúrio e em metais de alta tecnologia. A prata, com teores variáveis entre 30 e 70 ppm, surge geralmente associada a certos níveis de calcopirite que, por vezes, contêm arsenopirite (mineral raro no contexto geral da paragénese característica do minério maciço). Trabalhos preliminares em química mineral realizados recentemente (Leca, 1985), sugerem que a tetraedrite é o principal portador de Hg; se o teor neste elemento superar 300 ppm, o minério designa-se por **MH** e é tratado separadamente na lavaria, visto que o Hg é considerado um elemento penalizante dos concentrados metálicos para efeitos metalúrgicos.

A esfalerite ocorre sob a forma de pequenos cristais disseminados, ou formando leitos milimétricos no maciço estéril; são também relativamente comuns as estruturas em pente de esfalerite no seio da calcopirite. Do ponto de vista químico, a esfalerite é geralmente rica em ferro (marmatite), podendo conter também quantidades significativas de Cd (pribramite). As concentrações anómalas em índio, germânio e gálio (susceptíveis de extracção económica futura; Lopes & Franco, 1988) surgem também associadas aos níveis ricos em esfalerite. A galena ocorre intimamente associada à esfalerite, aparecendo geralmente no núcleo das zonas enriquecidas naquele sulfureto. O minério de Pb-Zn, com um teor conjunto destes elementos superior a 4%, sem Sn e com teores de Cu inferiores a 0.5%, é designado por **maciço polimetálico (MZ)**.

O **minério rubané** ocorre a topo do minério maciço nas massas mineralizadas da Graça e do Corvo. Compreende veios e filonetes de geometria complexa, preenchidos por sulfuretos, quartzo e carbonatos, que se desenvolvem numa matriz rica em grafite, sericite e alguma clorite. No **rubané cuprífero (RC)**, com teores médios em Cu geralmente variáveis entre 6 e 9%, os sulfuretos presentes são predominantemente a **calcopirite ± pirite ± hausmanite ± cobaltite**. O **rubané estanífero (RT)**, com teores médios de Sn próximos de 5%, caracteriza-se pela associação **cassiterite + calcopirite ± pirite ± estanita ± kosterite**.

Questionário:

12 - As amostras NC-1 e NC-3 representam o minério maciço cuprífero das massas de Graça e Corvo, respectivamente. Recorrendo à observação micro e macroscópica, caracterize as referidas amostras do ponto de vista mineralógico e textural.

13 - Caracterize a amostra NC-2 representativa do minério *rubané* cuprífero de Neves-Corvo.

14 - A amostra NC-4 representa uma zona de contacto entre os minérios do tipo *rubané* cuprífero e *rubané* estanífero da massa de Corvo. Caracterize mineralógica e texturalmente estes tipos de minério, recorrendo igualmente às lâminas delgadas polidas disponíveis.

15 - A amostra NC-15 materializa o minério fissural cuprífero. Classifique a rocha suporte da mineralização.

16 - Descreva os litótipos representados pelas amostras NC-7, NC-8 e NC-16.

17 - Como classificaria do ponto de vista petrográfico a amostra representada pela lâmina delgada polida NC-9 ? Que evidências lhe permitem afirmar que esta rocha foi objecto de alteração hidrotermal ?

6. Exemplos de Jazigos de Sulfuretos Maciços Vulcanogénicos em Sequências Ofiolíticas. Troodos, Chipre.

A ilha de Chipre, localizada no Mediterrâneo Oriental, foi provavelmente um dos primeiros locais onde o Homem iniciou a exploração de minerais metálicos. As investigações arqueológicas efectuadas provam que, cerca de 4000 a.C., já existia nesta ilha uma importante indústria mineira, a qual deverá ter contribuído decisivamente para o desenvolvimento económico e social da população da altura. Nas últimas duas décadas foram descobertos cerca de três dezenas de corpos mineralizados com dimensões e teores variáveis (Hadjistavrinou & Constantinou, 1982). Estes corpos de sulfuretos maciços, particularmente ricos em $\text{Cu} \pm \text{Zn} \pm \text{Ag}$, associam-se privilegiadamente às séries de lavas em almofada de idade Cretácica presentes na sequência superior do Complexo Ofiolítico de Troodos. A cromite constitui também um minério importante, embora menos representado, que tem a particularidade de ocorrer associado às sequências de rochas ultrabásicas características da base do maciço de Troodos. Registe-se ainda a exploração económica de níveis sedimentares ricos em manganês (*umbers*), estratigraficamente acima dos depósitos de sulfuretos maciços. Estes horizontes sedimentares metalíferos encontram-se frequentemente associados a níveis de natureza jaspilítica e, por vezes, argilítica; o seu desenvolvimento é atribuível à actividade hidrotermal associada a vulcanismo submarino (Elderfield *et al.*, 1972).

O **Complexo Ofiolítico de Troodos** constitui a unidade geotectónica mais importante da ilha de Chipre. Apresenta forma elíptica, com eixo maior segundo a direcção E-W, e ocupa cerca de 2000 km², i.e., aproximadamente 1/3 da área total da ilha. Este maciço compreende, na sua essência, rochas máficas e ultramáficas de idade Cretácica que, da base para o topo, definem a seguinte sequência: série de rochas ultramáficas, rochas gabróicas; complexo de dique em dique; lavas em almofada; e sedimentos bentónicos (Fig.7). Todo o conjunto encontra-se afectado por uma família de falhas normais subverticais que se desenvolvem segundo a direcção NE-SW, cujo movimento, imprimindo um estilo estrutural em “teclado de piano” (alternância de *horsts* e *grabens*), permite explicar a presença das rochas ultramáficas características do núcleo da estrutura numa posição topográfica superior.

Os depósitos de sulfuretos maciços surgem geralmente associados aos contactos entre as unidades superior e inferior de lavas em almofada (Constantinou, 1976 - fig. 7). Existem, porém, algumas excepções; nestas, os corpos mineralizados ocorrem ao longo do contacto entre a unidade inferior e o grupo basal de lavas em almofada (e.g. Jazigo de Kokkinopezoula), ou então ao longo do contacto entre a unidade superior de lavas em almofada e os horizontes sedimentares suprajacentes (e.g. Jazigo de Skouriotissa).

Em alguns jazigos regista-se a presença de horizontes de ocre que, apresentando tonalidades amarelas-alaranjadas e acastanhadas, são, regra geral, ricos em quartzo, óxidos de ferro, argilas e fragmentos corroídos de pirite. Tais horizontes, com espessuras que oscilam entre alguns centímetros até cerca de 5 metros, ocorrem a tecto do minério e têm sido interpretados como o resultado da acumulação submarina de sulfuretos, alvo de lixiviação e oxidação em meio oceânico (Constantinou & Govett, 1972). O minério maciço, em geral grosseiro e relativamente friável, caracteriza-se pela abundância relativa de pirite e marcassite; as texturas colomórficas/esferoidais são comuns (Johnson, 1972). Trabalhos detalhados efectuados por Constantinou (1976) permitem ainda colocar em evidência para alguns depósitos um domínio basal onde o minério, rico em **pirite + calcopirite ± esfalerite**, se desenvolve numa matriz siliciosa. Sob o minério maciço ocorre uma zona de *stockwork* com extensão variável onde predominam os filonetes quartzosos ricos em sulfuretos (**calcopirite ± esfalerite**), preenchendo fracturas geometricamente complexas em rochas basálticas metassomatizadas com abundante pirite disseminada.

Questionário:

18 - Recorrendo à observação macroscópica, caracterize do ponto de vista mineralógico e textural as paragéses de alteração e dos minérios do jazigo de sulfuretos maciços de Troodos.

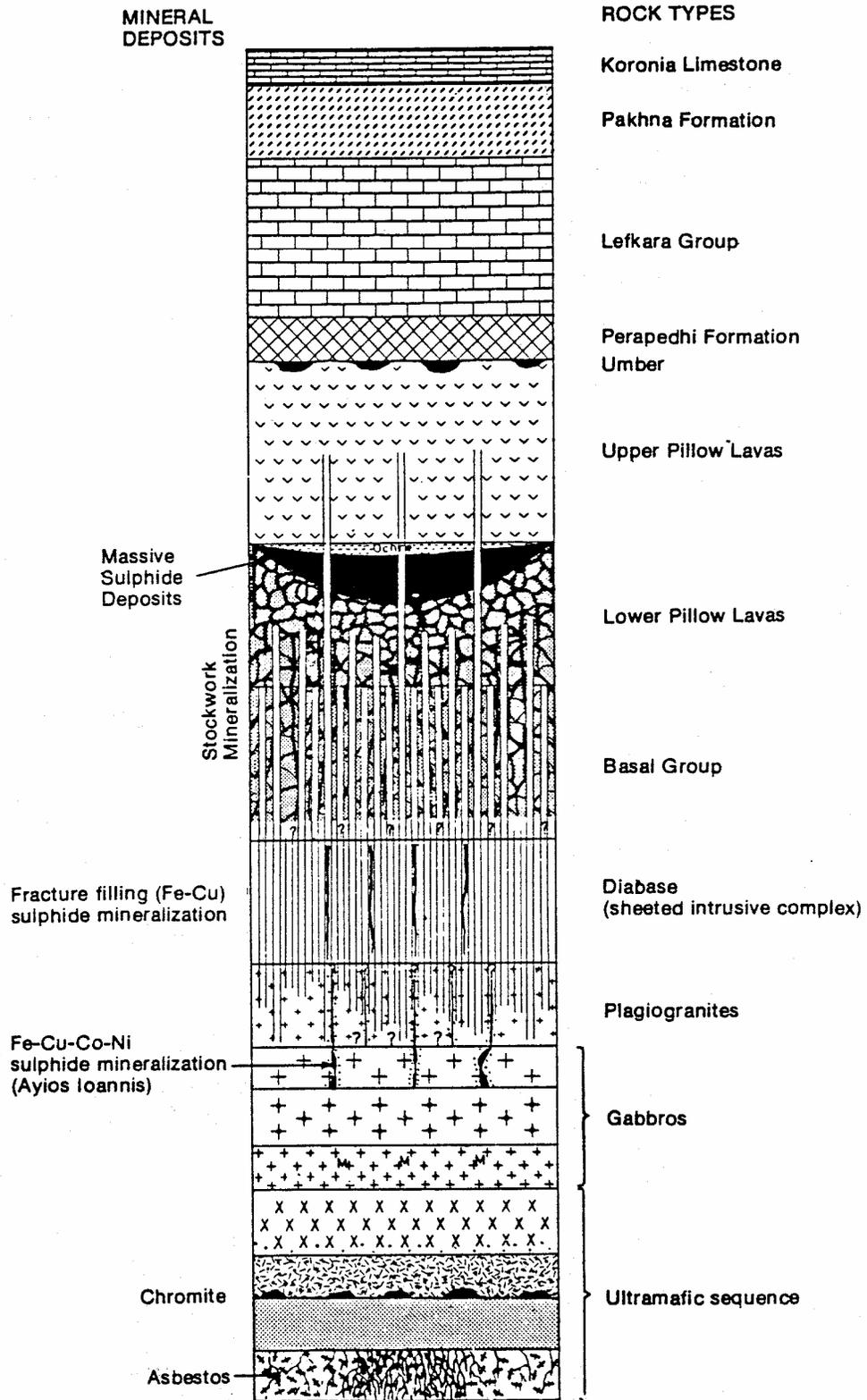


Figura 7. Sequência lito-estratigráfica típica do Complexo Ofolítico de Troodos (de acordo com Constantinou, 1979).
 7. Jazigos de Sulfuretos Maciços Associados a Rochas Sedimentares Clásticas (SEDEX)

Os jazigos de sulfuretos maciços do tipo SEDEX compreendem massas lenticulares de minério incluídas em seqüências de rochas sedimentares clásticas, depositadas em bacias marinhas em ambiente de rifting intracontinental (Fig.1). Tal como nos VMS as mineralizações são **síngenéticas e exalativas**.

7.1. Rochas encaixantes

As rochas encaixantes, de natureza sedimentar marinha, incluem maioritariamente argilitos carbonosos e cherts, argilitos dolomíticos e siltitos, localmente com presença de depósitos turbidíticos, brechas de escorregamento ou níveis vulcanoclásticos.

7.2. Modo de ocorrência

As massas de sulfuretos maciços são tipicamente estratiformes, com dimensões que variam entre centimétricas a algumas dezenas de metros, e frequentemente apresentam uma laminação interna caracteristicamente monominerálica. Estas lenticulas de sulfuretos, às quais se associam a muro ou adjacentes disseminações de sulfuretos ou mesmo uma **zona de stockwork** (Fig.8), ocorrem intercaladas com rochas clásticas de granularidade fina.

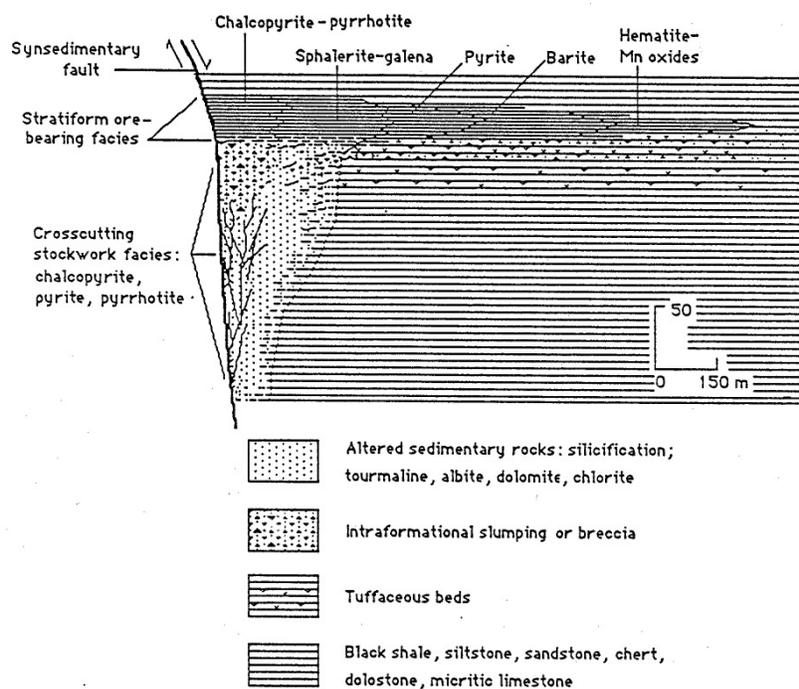


Figura 8. Representação esquemática da zonação mineralógica característica de jazigos de sulfuretos maciços do tipo SEDEX (Briskley, 1986).

7.3. Mineralogia

O minério compreende maioritariamente sulfuretos de Zn (esfalerite), Pb (galena) e Fe (pirrotite, pirite e/ou marcasite), a que se associam quantidades subordinadas de calcopirite, arsenopirite, tetraedrite e sulfosais de Ag. Em muitos jazigos os corpos mineralizados apresentam uma zonação vertical e lateral típica com predomínio de pirrotite \pm calcopirite na zona mais interna, seguida por esfalerite e/ou galena, e uma zona mais externa dominada por pirite (Fig.8). Em alguns depósitos, a barite e os óxidos de Fe e Mn são minerais característicos das zonas mais distais do sistema, denunciando um ambiente distal oxidado. Os minérios, quando não afectados por metamorfismo e recristalização, apresentam frequentemente texturas primárias características de deposição em

ambientes sedimentares, como sejam: laminações entrecruzadas, slumps, pirite com textura framboidal ou colofórmica, muitas vezes com crescimento posterior euédrico, esfalerite e galena granular.

7.4. Alteração hidrotermal

Nos jazigos de sulfuretos maciços do tipo SEDEX, a silicificação é o tipo de alteração hidrotermal dominante, e muitas vezes o único tipo de alteração presente. A carbonatização, maioritariamente representada por deposição de siderite, é também um processo de alteração comum em alguns depósitos. Outros tipos de alteração, como a turmalinização, albitização e cloritização, são menos comuns e encontram-se invariavelmente associados às zonas de focalização de fluidos onde a mineralização ocorre disseminada ou em “*stockworks*”.

8. Jazigos de Sulfuretos Maciços Associados a Rochas Sedimentares Carbonatadas (MVT)

As características mais importantes dos depósitos do tipo MVT, de acordo com Leach e Sangster (1993), são :

- 1- A grande maioria dos depósitos ocorre em dolomias e mais raramente em calcários ou rochas clásticas.
- 2- A mineralização é epigenética e estratiforme sem qualquer associação com actividade ígnea.
- 3- Os depósitos ocorrem em zonas marginais de bacias pouco profundas em zonas de maior permeabilidade e focalização de fluidos, como sejam falhas, brechas, ou contactos litológicos.
- 4- A maioria dos depósitos encontram-se em districtos mineiros relativamente extensos (centenas de km²)
- 5- A mineralogia é relativamente simples: esfalerite, galena, pirite, marcasite, dolomite, calcite, quartzo. Nalguns distritos são ainda comuns sulfuretos de Cu como a calcopirite e a bornite. A barite e a fluorite podem pontualmente constituir minerais de ganga importantes. Como minerais acessórios destacam-se os carbonatos e sulfatos, nomeadamente os de Zn (smithsonite) e Pb (cerussite e anglesite).
- 6- Os fenómenos de alteração dominante consistem em dissolução, recristalização e/ou brechificação (hidrotermal ou por colapso), que frequentemente é acompanhada por dolomitização, e por vezes silicificação. Nalguns depósitos é ainda comum argilização e feldspatização, resultantes da destruição da componente silicatada detritica.
- 7- A mineralização ocorre quer sob a forma de corpos lenticulares maciços, quer como preenchimentos de fracturas, cavidades, ou brechas, ou ainda de forma disseminada a ocupar a porosidade intergranular. Frequentemente os minérios apresentam uma granularidade fina, por vezes com texturas laminares, botrioidais, ou dendríticas sendo comuns os intercrescimentos esqueléticos por exemplo de esfalerite e galena.

Questionário:

18 – A amostra Sullivan-1. representa o encaixante do Jazigo de Sullivan. Descreva a sua textura e composição.

19 – As amostras Sullivan-2 e Sullivan-3. representam dois tipos distintos de minério do jazigo de sullivan. Com base nas amostras de mão e superfícies polidas, caracterize-as do ponto de vista textural e mineralógico. Indique qual a possível localização dos dois tipos de minério no esquema apresentado na figura 8.

20 – Compare e contraste os jazigos de Rubiales e Reocin com base nas características texturais e mineralógicas das amostras mineralizadas.

21 – As amostras com referência CAT (5 amostras) correspondem a mineralizações de jazigos do tipo SEDEX da Catalunha, Espanha. Descreva os aspectos texturais e mineralógicos mais relevantes, e localize as amostras no esquema da figura 8.

8. Referências bibliográficas

Albouy, L.; Conde, L.N.; Foglierini, F.; Leca, X.; Morikis, A.; Callier, L.; Carvalho, P.; Songy, J.C. (1981) - Le gisement de sulfures massifs polymétalliques de Neves-Corvo, Baixo Alentejo, Portugal. *Chron. de Recherches Minière*, **460**: 27 pp.

- Andrade, R.F.; Schermerhorn, L.J.G. (1971) - Aljustrel e Gavião. In: Livro guia, Exc. 4, 1º Congresso Hispano-Luso-Americano (Carvalho, D.; Goinhas, J.A.C. - eds.): 32-59.
- Barriga, F.J.A.S. (1983) - *Hydrothermal metamorphism and ore genesis at Aljustrel, Portugal*. The University of Western Ontario, Ph. D. Thesis: 368 pp.
- Barriga, F.J.A.S. (1990) - Metallogenesis in the Iberian Pyrite Belt. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (Martinez-Garcia, E.; Dallmeyer, R.D. - eds.), Springer-Verlag: 369-379.
- Barriga, F.J.A.S.; Carvalho, D. (1983) - Carboniferous vulcanogenic sulphide mineralizations in South Portugal (Iberian Pyrite Belt). In: *Carboniferous of Portugal*, Memórias dos S.G.P. **29**: 99-116.
- Barriga, F.J.A.S.; Fyfe, W.S. (1988) - Giant pyritic base-metal deposits: the example of Feitais (aljustrel, Portugal). *Chem. Geol.*, **69**: 331-343.
- Briskey, J.A., Descriptive model of sedimentary exhalative Zn-Pb, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., Mineral deposit models: USGS Bulletin **1693**, 211-212.
- Carvalho, D. (1976) - Considerações sobre o vulcanismo da região de Cercal-Odmira. Suas relações com a Faixa Piritosa. óes com a Faixa Piritosa. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, **60**: 216-238.
- Carvalho, D. (1979) - Geologia, metalogenia e metodologia da investigação de sulfuretos polimetálicos do Sul de Portugal. *Comun. Serv. Geol. de Portugal*, **65**: 169-191.
- Carvalho, D.; Conde, L.; Enrile, J.; Oliveira, V.; Schermerhorn, L.J.G. (1976) - Livro guia das excursões geológicas na Faixa Piritosa Ibérica. *Comun. Serv. Geol. de Portugal*, **60**: 271-315.
- Carvalho, P.; Ferreira, A. (1993) - Geologia de Neves-Corvo: Estado actual do conhecimento. *I Simpósio de Sulfuretos Polimetálicos da Faixa Piritosa Ibérica - APIMINERAL*, Évora, Outubro de 1993: 1-21.
- Constantinou, G. (1976) - Genesis of the conglomerate structure, porosity and collomorphic textures of the massive sulphide ores of Cyprus. *Geol. Assoc. Canada, Special Paper 14*: 187-210.
- Constantinou, G. (1979) - Metallogenesis associated with the Troodos ophiolite. In: *Ophiolites* (Panayioutou, A. - ed.), International Ophiolite Symposium, Cyprus, 1979. Proc. Cyprus Ministry Agricul. Nat. Resources, Geol. Survey Dept.: 663-674.
- Constantinou, G.; Govett, G.J.S. (1972) - Genesis of sulphide deposits, ochre and umber of Cyprus. *Inst. Mining Metallurgy*, **8-B**: 34-46.
- Ederfield, H.; Gass, I.G.; Hammond, A.; Blar, L.M. (1972) - The origin of ferromanganese sediments associated with the Troodos massif of Cyprus. *Sedimentology*, **19**: 1-19
- Franklin, J.M.; Kasarda, J.; Poulsen, K.H. (1975) - Petrology and chemistry of the alteration zone in the Mattabi massive sulfide deposit. *Econ.geol.*, **70**: 63-79.
- Goodfellow, W.D., Lydon, J.W., and Turner, R.J.W., 1993, Geology and genesis of stratiform sediment-hosted (SEDEX) zinc-lead-silver sulphide deposits, in Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and Duke, J.M., eds, Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada, **Special Paper 40**, 201-251.
- Goodwin, A.M.; Ridler, R.H. (1970) - The Abitibi orogenic belt. In: *Basins and geodynamics of canadian shield*, (Baes, A.J. - ed.), Geological Survey of Canada, **Paper 70-40B**: 1-30.
- Hadjitavrinou, Y.; Constantinou, G. (1982) - Mineral deposits of Europe. Vol. 2 - Southeast Europe. *The Mineralogical Society, The Instit. of Mining and Metallogeny*: 255-256.
- Hutchinson, R.W., 1980, Massive base metal sulphide deposits as guides to tectonic evolution, in D.W. Strangway, The Continental Crust and Its Mineral Deposits, Geological Association of Canada Special Paper **20**, 659-683.
- Leach, D.L. and Sangster, D.F., 1993, Mississippi Valley-type lead-zinc deposits, in Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and Duke, J.M., eds, Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada, Special Paper **40**, 289-314.

-
- Leca, X.; Albouy, L.; Aye, F.; Picot, P. (1985) - Caractéristiques principales du gisement de Neves-Corvo (Portugal). *Chron. Rech. Min.*, **481**: 53-58.
- Leca, X.; Ribeiro, A.; Oliveira, J.T.; Silva, J.B.; Albouy, L.; Carvalho, P.; Merino, H. (1983) - Cadre géologique des minéralisations de Neves-Corvo, Baixo Alentejo, Portugal. *Mem BRGM*, **121**: 79 pp.
- Munhá, J. (1983a) - Hercynian magmatism in the Iberian Pyrite Belt. In: *Carboniferous of Portugal*, Memórias dos S.G.P. **29**: 39-81.
- Oliveira, V.M.J.; Matos, J.X.; Bengala, J.A.M.; Silva, M.C.N.; Sousa, P.O.; Torres, L.M.M. (1993) - Lagoa Salgada um novo depósito na Faixa Piritosa Ibérica. Bacia Terciária do Sado. *Estudos Notas e Trabalhos I.G.M.*, **35**: 55-89.
- Sangster, D.F. (1972) - Precambrian volcanogenic massive sulphide deposits in Canada: a review. *Geological Survey of Canada, Special Paper 72-22*: 44pp.
- Sawkins, F.J. (1976) - Massive sulphide deposits in relation to geotectonics. In: *Metallogeny and Plate Tectonics* (Strong, D.F. - ed.), Geological Association of Canada, Special Paper, **14**: 221-240.
- Silva, J.B.; Barriga, F.J.A.S.; Real, F.; Carvalho, P. (1986) - Geologia e metalogenia da Faixa Piritosa Ibérica (Excursão B1). In: 2º Congresso Nacional de Geologia, 27 de Setembro a 4 de Outubro, Lisboa: 19 pp.
- Spence, C.D. (1975) - Volcanogenic features of the Vauze sulfide deposit, Noranda, Quebec. *Econ. Geol.*, **70**: 102-114.
- Spence, C.D.; Rosen-Spence, A.F. (1975) - The place of sulfide mineralization in the volcanic sequence at Noranda, Quebec. *Econ. Geol.*, **70**: 90-101.
- Strauss, G.K.; Madel, J. (1974) - Geology of massive sulphide deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite Belt. *Geol. Bunds.*, **63**: 191-211.
- Relvas, J.M.R.S. (1991) - *Estudo geológico e metalogenético da área de Gavião, Baixo Alentejo*. Dissertação apresentada no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Dep. Geologia F.C.U.L.: 208 pp.
- Walker, R.R.; Matulich, A.; Amos, A.C.; Watkin, J.J.; Mannard, G.W. (1975) - The geology of the Kidd Creek mine. *Econ. Geol.*, **70**: 80-89.