

MARTIM PORTUGAL V. FERREIRA  
Coordenação

# A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos

VOL. 2 • RECURSOS GEOLÓGICOS E FORMAÇÃO



Coimbra • Imprensa da Universidade

## O JAZIGO DA FACUCA REVISITADO

F. NORONHA <sup>1</sup>, A. DÓRIA <sup>1</sup> e J. M. FARINHA RAMOS <sup>2</sup>

**PALAVRAS-CHAVE:** Facuca, chumbo, mineralogia, fluidos, pós-hercínico.

**KEY WORDS:** Facuca, lead, mineralogy, fluids, post-Hercynian.

### RESUMO

O jazigo de chumbo da Facuca está localizado a SE de Vila Cova (Serra do Marão). A área é caracterizada pela ocorrência de rochas metassedimentares da Zona Centro Ibérica e por granitos hercínicos. O filão é quartzoso tem uma direcção N130°E e mergulha 50 a 80° para NE. A muro ocorre uma estrutura brechoide. Distinguem-se três episódios principais de deposição de sulfuretos: um *primeiro episódio* com Ni, Co, As, Fe; um *segundo episódio* com As, Fe, Zn, Cu; um *terceiro episódio* com Pb, Ag. Realizaram-se estudos de inclusões fluidas em quartzo: quartzo límpido contemporâneo do segundo episódio de deposição e quartzo hialino associado à galena. Estudos de microtermometria e espectroscopia Raman revelaram a presença de três tipos de fluidos: (1) aquo-carbónicos; (2) aquosos com baixa salinidade e (3) aquosos muito salinos. Os fluidos aquo-carbónicos são mais precoces e resultaram da interacção rocha/fluido. Os fluidos muito salinos são os mais recentes e os de mais baixa temperatura. Estes últimos fluidos possuem características muito semelhantes às de fluidos associados a estruturas pós-hercínicas que ocorrem por toda a Europa o que sugere que pelo menos parte da história do filão da Facuca seja pós-hercínica.

<sup>1</sup> GIMEF-Departamento de Geologia e Centro de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 4099-002 Porto. fmnoronh@fc.up.pt; adoria@fc.up.pt.

<sup>2</sup> Laboratório do IGM, 4465-021 S.Mamede de Infesta, farinha.ramos@igm.pt.

## **ABSTRACT: Reappraisal of the Facuca ore deposit**

The lead ore deposit of Facuca is located immediately at SE of Vila Cova (Serra do Marão). The area comprises essentially metasedimentary rocks, belonging to the autochthonous units of Central Iberian Zone, and Hercynian granites. The vein, striking N130°E and with a NE dip of 50° to 80°, is filled by massive milky quartz with a brecciate structure near the footwall. Three main stages of sulphide deposition are distinguished: *a first stage* with Ni, Co, As, Fe; *a second stage* with As, Fe, Zn, Cu; *a third stage* with Pb, Ag. Fluid inclusion studies were carried out in quartz: a clear quartz contemporaneous of the second stage and a hyaline quartz spatially associated with galena. Microthermometric and Raman studies revealed the presence of three fluid types: (1) aqueous-carbonic; (2) aqueous with low salinity and (3) aqueous with high salinity. The earlier aqueous-carbonic are considered resulting from fluid/rock interactions. The youngest fluids correspond to aqueous high saline and low temperature fluids. The resemblance between these youngest fluids and others associated with post-Hercynian structures on a European scale indicates that at least part of the fluid history of the vein is post-Hercynian.

## **INTRODUÇÃO**

Na continuação dos trabalhos de reconhecimento geológico-mineiro das ocorrências de chumbo da folha 2, à escala 1/200.000 da Carta de Ocorrências Minerais procedemos ao reconhecimento da jazida denominada "Minas do Cando" ou "Mina da Facuca" situada em plena serra do Marão, a ESE da povoação de Vila Cova (Vila Real) (fig. 1). A região está enquadrada na carta geológica de Portugal 1/50.000 folha 10-A Celorico de Basto dos Serviços Geológicos de Portugal. Esta antiga mina de chumbo está geograficamente situada junto ao grupo de concessões que constituíram as antigas minas de ferro (Fe) de Vila Cova, que geologicamente estão situadas no topo da formação quartzítica do Arenigiano.

## **ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO REGIONAL**

60

A região onde se situam as "Minas da Facuca" é, do ponto de vista geológico, essencialmente constituída por rochas metamórficas, pertencentes às unidades autóctones da Zona Centro Ibérica e rochas graníticas de diferentes tipos e idades, que afloram essencialmente a norte e a este da Facuca (figura 1). As mineralizações estudadas têm a particularidade de ocorrerem num filão que intersecta formações de idade arenigiana na vizinhança de um cavalgamento que separa estas formações das do "Complexo Xisto-Grauváquico" (CXG).

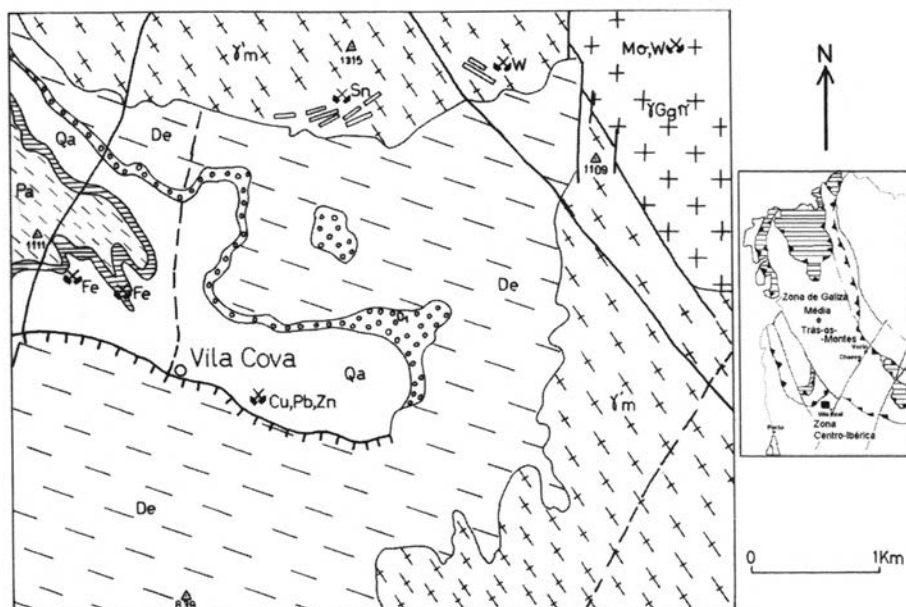


Fig. 1 – Carta geológica simplificada da região da Facuca-Vila Cova (a partir da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000, folha 10-A Celorico de Basto- SGP 1987). De - formação da Desejosa; O<sub>1</sub> - conglomerado do Tremadociano (?), Qa - quartzitos do Armoricano; Fe - horizonte ferrífero; Pa - formação de Pardelhas;  $\gamma m$  - granito de duas micas de Vila Real;  $\gamma Gp$  - granito biotítico com plagiolase cálcica-granito de Lamas de Olo. XCu,Pb,Zn - jazigo da Facuca, XFe - jazigo de ferro de Vila Cova; XW - jazigo de volframite; XSn - jazigo de cassiterite; Xmo,W - jazigo de molibdenite e volframite.

#### ROCHAS METAMÓRFICAS

**Formação Desejosa (De)** – Os terrenos mais antigos que afloram são de idade câmbria e pertencem ao Complexo Xisto-grauváquico (Grupo do Douro) – Formação de Desejosa (SOUSA, 1982).

**Ordovícico – Formação do Quartzito Armoricano (Oa)** – Constitui a litofácies mais característica do Ordovícico inferior e compreende, na base, conglomerados e quartzitos impuros, a que se seguem xistos cinzento-negros com intercalações de quartzitos e metassiltitos e bancadas mais ou menos espessas de quartzitos imaturos, com intercalações finas de xistos negros, e níveis ferríferos a que se seguem ainda xistos negros (PEREIRA, 1987). É nesta formação, intercalados nos quartzitos impuros, que ocorrem os filões quartzosos mineralizados.

**Pa – Formação de Pardelhas – Landeiliano** – Esta formação é constituída, na região, por uma sub-unidade inferior com cerca de 40-50 m de espessura de xistos micáceos e filitos com intercalações centimétricas de metassiltitos, a que se sucedem cerca de 100 m de filitos e xistos cinzento-azulados e, no topo da formação, uma sucessão monótona de xistos ardosíferos. Segundo PEREIRA (1987)



ocorre na região uma grande lacuna na transição do Ordovícico para o Silúrico, faltando os terrenos do topo do Ordovícico (calcários e vulcanitos básicos) e os terrenos correspondentes ao Landoveriano médio e superior, uma vez que a formação de Campanhó, que se sobrepõe na região aos xistos de Pardelhas é referida como pertencendo ao Venloquiano.

*Ca – Formação de Campanhó- Venloquiano* – A formação de Campanhó forma uma sequência de xistos negros carbonosos, a que se sucedem níveis espessos de lilitos com intercalações ampelitosas, que se tornam mais persistentes para o topo da unidade. Na parte terminal esta formação apresenta um membro com características deposicionais diferentes que compreende da base para o topo: um banco de quartzitos claros, ampelitos impregnados de carbonatos, fosfatos, óxidos e sulfuretos de ferro, calcários cinzentos escuros, lenticulares com restos de crinóides, novamente xistos carbonosos e um banco de quartzitos escuros.

#### ROCHAS GRANÍTICAS

Na área envolvente das “Minas da Facuca” ocorrem também granitos sinorogénicos de duas séries diferentes: Granitos de duas micas, sintectónicos relativamente a D3 e granitóides pós-tectónicos (pós-D3), biotíticos com plagioclase cálcica.

*Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com raros megacristais (granito de Vila Real) ( $\gamma$ m)*

Constitui a fácies dos granitos de duas micas mais representada na região, sendo igualmente o granito que aflora mais próximo das minas (a cerca de 1,5 km para SE), contactando directamente com os xistos da formação de Desejosa. Tratam-se de granitos em que a plagioclase é uma albite e a mica dominante é a moscovite. Possuem frequentemente uma foliação definida pela orientação subparalela das micas, ou um certo alinhamento dos megacristais de feldspato potássico. Do ponto de vista químico são granitos ricos em sílica, com caracter peraluminoso e predominantemente potássico (PEREIRA, 1987). Espacialmente associados a estes granitos ocorrem algumas massas e filões de material aplítico e pegmatítico intuindo as formações metamórficas encaixantes e o contacto com o granito.

*Granitóides biotíticos com plagioclase cálcica (Pós-tectónicos) ( $\gamma$ G $\gamma$  $\pi$ )*

62

Este tipo de granitos afloram a Nordeste das minas e pertence ao maciço circunscrito de Lamas de Olo. Este maciço é predominantemente constituído por uma fácies porfíróide de grão médio a grosseiro, com tonalidade por vezes rosada. Petrograficamente consta de quartzo, plagioclase zonada, variando de oligoclase no centro dos cristais a albite nos bordos, microclina, biotite verde ou castanha. Alguns acessórios menores como apatite, zircão, alanita, esfena, magnetite, entre outros, ocorrem neste granito. No seio deste granito ocorrem filões de quartzo com volframite, molibdenite e berilo.

## TECTÓNICA

No noroeste da Península Ibérica são geralmente consideradas três fases de deformação principais D1, D2 e D3, as quais são responsáveis pela estruturação desta parte do orógeno hercínico, sendo a última de idade intra-vestefaliana. A estrutura geral da região pode ser enquadrada no esquema mais vasto do NW da Península Ibérica que apresenta um empilhamento de unidades. As “Minas da Facuca” estão localizadas nos terrenos autóctones, na formação do Quartzito armoricano e nas proximidades do cavalgamento de Vila Cova (PEREIRA, 1987).

Na região de Vila-Cova – Facuca a xistosidade regional é S1 e possui uma atitude que varia entre N120°E a N140°E, com inclinação de 30 a 40°SE.

A última fase de deformação dúctil foi D3. Posteriormente a esta fase seguiram-se as fases de deformação frágil responsáveis, entre outras, pelos sistemas de fracturação conjugados NNE-SSW e NNW-SSE.

## METAMORFISMO

De acordo com PEREIRA (1987) não se pode distinguir na região o metamorfismo termal induzido pela intrusão dos granitos do metamorfismo regional. A presença de andaluzite e granadas nas rochas xistentas do autóctone e a presença em alguns encaves xistentos, que ocorrem no seio do granito de Vila Real, das associações andaluzite-silimanite e andaluzite-cordierite, definem como condições máximas de metamorfismo T de 650 a 700°C e P < 5 kb as quais terão sido atingidas logo após o espessamento crustal devido ao empilhamento provocado por D2.

## DESCRIÇÃO DA JAZIDA

A mineralização ocorre num filão quartzoso com uma brecha, com cimento de quartzo, a muro, instalado numa fractura com orientação preferencial N130°E, com um pendor de 50 a 80° para NE e com de 50 cm de possança média. O filão corta S1 da rocha encaixante e aflora numa extensão de cerca de 200 m, ao longo da direcção do cavalgamento de Vila Cova.

O filão foi objecto de trabalhos de pesquisa anteriores a 1946, data em que foi de novo sujeito a trabalhos de limpeza, pesquisa e reconhecimento por parte da Companhia Mineira de Vila Cova. Nessa data, os trabalhos compreenderam a abertura de uma galeria em direcção com cerca de 110 m de extensão, situada em flanco de encosta, um poço inclinado segundo o filão com 50m, definindo o conjunto dois pisos com duas galerias de nível.

## MINERALOGIA

A mineralização metalífera compreende essencialmente arsenopirite, pirite, blenda, e galena sendo a ganga predominantemente quartzosa. Por vezes a mineralização ocorre disseminada, com granulado fino e compacto, tornando difícil a identificação macroscópica dos componentes, outras vezes aparecem agregados maciços de arsenopirite e pirite, ou cristais de galena mais desenvolvidos, que ocorrem dispersos na matriz quartzosa. Segundo dados antigos algumas análises de amostras colhidas nas galerias e poços mostraram que ocorrem teores de Ag, não muito significativos (entre 408 e 3 ppm com valor médio de cerca de 100 ppm), e teores muito esporádicos de Au que não ultrapassaram 4 ppm.

O presente estudo mineralógico incidiu em cerca de 20 amostras colhidas no filão junto da entrada da galeria principal, uma vez que esta não está presentemente acessível. A mineralização foi observada à escala macroscópica e microscópica, sendo efectuado posteriormente o estudo geoquímico dos minerais com recurso à microsonda CAMEBAX do Laboratório do Instituto Geológico e Mineiro.

Sendo uma mineralização de tipo filoniano de ganga quartzosa é o quartzo o mineral predominante apresentando-se em geral branco leitoso (QI) e frequentemente mostra brechificação evidente comprovando várias etapas de movimentação. Macroscopicamente as amostras colhidas evidenciam tipos de mineralização sulfureta diferentes, predominando numas a arsenopirite, noutras a pirite, enquanto noutras a galena é dominante.

Nas amostras em que predomina a arsenopirite, esta forma agregados maciços, fracturados dispersos no quartzo, por vezes com 10 a 15 cm de comprimento (arsenopirite I).

Naquelas em que predomina a pirite, esta forma agregados de cristais por vezes com dimensões superiores às dos agregados de arsenopirite. Nas amostras em que predomina a galena esta forma cristais idiomórficos, centimétricos, ou massas com 5 a 10 cm dispersas no quartzo.

Ao microscópio e com a microsonda foi possível identificar as seguintes fases minerais:

*Quartzo*: constitui o principal mineral da ganga, sendo quase sempre xenomórfico e leitoso (QI), raramente idiomórfico e límpido, o que acontece quando cristaliza em pequenos geodes (QII). Um quartzo hialino (QIII), que por vezes possui inclusões de galena. Normalmente os quartzos apresentam-se fracturados.

*Feldspato potássico*: O feldspato potássico ocorre, por vezes, em cristais e agregados dispersos na massa de quartzo, apresentando-se na maior parte das vezes caulinizado.

*Mica branca*: Agregados de mica branca ocorrem, por vezes, associados à arsenopirite, preenchendo cavidades entre os cristais em alguns casos com quartzo e arsenatos de ferro.

*Arsenopirite:* Pode ocorrer em cristais idiomórficos (arsenopirite I), inclusos no seio dos minerais de deposição mais tardia (quartzo, galena, blenda, sulfatos de chumbo, etc.), ou formar massas recristalizadas e fracturadas, sendo frequentemente xenomórfica, corroída e envolvida por arsenatos de ferro (escorodite) e ou quartzo (arsenopirite II). Por vezes está associada a cristais e gotas de pirrotite. A alteração para escorodite é por vezes quase completa.

*Escorodite:* Em geral envolve e substitui a arsenopirite penetrando as suas fracturas. Está frequentemente corroída pelo quartzo tardio que preenche as fracturas da escorodite, ou os espaços deixados vazios por esta. É relativamente abundante nas amostras onde a arsenopirite constitui o sulfureto dominante.

*Galena:* Ocorre em agregados de cristais xenomórficos ou em cristais idiomórficos, por vezes desenvolvidos e dispersos na matriz quartzosa. Está frequentemente envolvida por sulfato de chumbo, que muitas vezes a corrói completamente, ou penetra as suas fracturas e clivagens. Contém frequentemente inclusões de tetraedrite argentífera, xenomórfica, arseno-pirite idiomórfica, blenda xenomórfica, por vezes com calcopirite ou pirrotite associadas.

*Anglesite:* Forma massas que ocorrem em geral envolvendo os cristais e massas de galena.

*Anquerite:* foi encontrada esporadicamente no seio dos sulfatos de chumbo.

*Blenda:* Distinguem-se com base nas observações metalográficas dois tipos de blenda com poderes reflectores e teores de Fe distintos. A blenda I ocorre em cristais xenomórficos sendo, em geral, corroída pela galena, pelo quartzo, arsenatos e óxidos de chumbo. Por vezes mostra inclusões de calcopirite, pirrotite e arsenopirite. Não sendo rara, não é também, particularmente abundante. Por vezes, contém exsoluções goticulares de calcopirite, mas mais frequentemente não apresenta exsoluções. O teor de ferro relativamente elevado parece indicar uma deposição precoce. A blenda II ocorre frequentemente no seio da pirite I, ou preenchendo cavidades deste mineral. Por vezes apresenta finas exsoluções goticulares de calcopirite.

*Calcopirite:* É relativamente rara ocorrendo quer em gotas no seio da blenda, outras vezes ocorre no seio da galena, algumas vezes associada à blenda e à pirrotite (calcopirite I) e sendo corroída pela tetraedrite. Por vezes ocorre em cristais isolados (raros), no seio do quartzo ou dos arsenatos e óxidos de chumbo (calcopirite II). A escassez de calcopirite e tetraedrite permite-nos caracterizar este minério (Pb, Zn, Ag) como bastante pobre em cobre.

*Pirite:* Ocorre associada à pirrotite e arsenopirite (pirite I), revelando neste caso, ser de deposição mais precoce. Cristais hipidiomórficos e xenomórficos ocorrem também quer em cavidades de dissolução e alteração da galena, quer no seio do quartzo e dos arsenatos (pirite II).

*Hematite:* É muito rara tendo sido observada, apenas, no seio da pirite I.

*Pirrotite*: Forma pequenos cristais xenomórficos arredondados que ocorrem no seio da blenda ou da galena por vezes são envolvidos pelos cristais idiomórficos de arsenopirite. Estão, em alguns casos, corroídos pela calcopirite.

*Pentlandite*: Forma pequenos cristais que ocorrem em cavidades e estão em geral envolvidos por quartzo ou por sulfato de chumbo. Estes minerais são relativamente raros também porque, sendo de precipitação muito precoce, foram corroídos e substituídos pelas paragêneses mais tardias.

*Stefanite*: Forma inclusões, xenomórficas, cinzento esverdeadas, micrométricas, em geral inferiores a 10 mm. Apenas foi observada no seio da galena, mas é muito rara.

*Pirargirite*: Ocorre também apenas no seio da galena, em cristais xenomórficos, muito raros e de dimensões, em geral, inferiores a 10 mm.

*Freibergite*: Ocorre em cristais xenomórficos, em geral no seio da galena ou do sulfato de chumbo. Corrói a blenda, galena calcopirite e pirrotite. É o principal portador de prata do minério, estando particularmente associado à galena, sendo mais tardia que esta.

*Covelite*: É muito rara e está associada geralmente à calcopirite ou à freibergite.

J.M.C. NEIVA (1955) descreve a ocorrência de clorite e de sericite além da moscovite nos minerais da ganga. Este autor, no que respeita aos minérios primários, refere a ocorrência de muito raro bismuto e entre os minerais secundários refere a cerussite e a limonite.

## SEQUÊNCIA DE DEPOSIÇÃO

A mineralização detectada nesta mina apesar de ser, do ponto de vista mineralógico, relativamente menos complexa que a observada noutras do mesmo tipo (As, Zn, Pb, Ag), não deixa de ser interessante pelas associações paragenéticas, aparentemente anómalas, que apresenta. As observações macroscópicas e os estudos microscópicos e texturais permitiram evidenciar, com alguma probabilidade, uma sucessão cronológica entre as diversas fases de deposição mineral que se podem agrupar em quatro estádios mineralizadores principais referidos no Quadro I. Assim o preenchimento da fractura deve ter-se iniciado com deposição de algum quartzo (quartzo I), a que seguem feldspato potássico e mica branca que ocorrem dispersas no seio do quartzo. A primeira etapa de deposição sulfuretada (Ni, Co, As, Fe) é caracterizada pela pirrotite, arsenopirite I, pentlandite, e alguma pirite. Uma segunda etapa de deposição sulfuretada (As, Fe, Zn, Cu) compreendeu, entre outros, arsenopirite II, pirite II, blenda I e calcopirite I. A terceira etapa (Pb, Ag) compreendeu essencialmente blenda II, galena, tetraedrite, stefanite, pirargirite, pirite, e calcopirite. A etapa mais tardia consistiu da alteração de alguns dos minerais anteriores, com a formação dos sulfatos de chumbo, arsenatos de ferro, sulfuretos de cobre secundários e caulinite.

Quadro I – Sequência de deposição

Minerais	Fases de deposição			
	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV
Quartzo	xxx	xxxx	xxx	
Feldspato	x			
Mica branca	xx			
Pirrotite	xx			
Pentlandite	x			
Arsenopirite I	xx			
Calcopirite I	x	xx		
Pirite I	x			
Blenda I		xxx		
Arsenopirite II		xxxx		
Hematite		x		
Calcopirite II			xx	
Pirite II		xx	xxx	
Blenda II			xx	
Galena			xxxx	
Freibergite			xx	
Stefanite			x	
Pirargirite			x	
Sulfato de chumbo				
Escorodite				xx
Anquerite				xx
Covelite				x
Caulinite				x

## GEOQUÍMICA DOS MINERAIS

*Tetraedrite*: Está em geral presente nos locais do filão enriquecidos em galena, mineral com o qual ocorre normalmente associado. Já nos trabalhos de reconhecimento realizados, no fim do século XIX, se admitia que o minério era portador de prata (cada 1% de galena continha 0.02% de prata). Este conteúdo é determinado pela presença em média de 0,2 % de Ag na rede da galena e também pela ocorrência de sulfossais de prata, nomeadamente freibergite, que revelou um teor médio de cerca de 29% de Ag, e ainda stefanite e pirargirite.

Uma das características notáveis das tetraedrites da mina da Facuca é a sua relativa homogeneidade composicional, que contrasta com a de outras minas onde revela de composição muito mais variável (RAMOS e SOUSA, 1990). Isto pode ter a ver com deposição em condições de P e T de maior estabilidade.

A composição química média obtida para as tetraedrites pode expressar-se pela seguinte fórmula química obtida na base de 29 átomos por célula unitária:





*Pirite:* A pirite apresenta duma maneira geral composição química próxima da estequiométrica apresentando como característica mais importante a presença de teores já significativos de As (valor médio 0.5 %, mas com teores pontualmente superiores a 1% em pirite homogénea). Ainda de registar a presença esporádica de Zn, Cu e Cd. Também raramente foi ainda detectada a presença de Ni e Co.

Com base na fórmula química média obtida nas pirites da mina da Facuca obtivemos a fórmula química média  $(S,As)_{2,007}(Fe, Zn)_{0,981}$ .

*Pirrotite:* A pirrotite é relativamente rara ocorrendo, em geral, em pequenos cristais xenomórficos no seio da blenda, da galena e do quartzo. De salientar apenas a presença de de 0.1 % de Cu e, pontualmente, de traços de As. A sua composição química média pode descrever-se com a fórmula  $(Fe_{0,854}, Cu_{0,001})S_{1,000}$ .

*Blenda:* Os resultados da análise química das blendas permitiram separar dois grupos distintos: Um grupo de cor mais escura (blenda I) que revela teor médio de Fe da ordem de 7 % e um outro, de coloração mais clara, (blenda II) com de cerca de 1% de Fe em média. Os cristais de blenda de qualquer dos grupos não mostram zonamento significativo e revelam composição bastante homogénea nos vários cristais analisados. Parece assim haver dois episódios curtos de deposição de blenda separados no tempo não tendo os cristais reagido significativamente com os fluidos metalíferos.

A fórmula química média determinada para a blenda I é  $(Zn_{0,89}, Fe_{0,13})S_{1,00}$ , enquanto a blenda II pode descrever-se pela fórmula química  $(Zn_{1,02}, Fe_{0,02})S_{1,00}$ .

As blendas da mina do Cando revelam também a presença de pequenas percentagens de Cd (entre 0,5 e 1). Também é de registar a presença de traços de Cu em ambos os tipos de blenda sem ultrapassar no entanto 0.4%. No entanto há uma tendência para os valores mais elevados ocorrerem nas blendas do tipo II.

Utilizando, como geotermómetro, os teores médios de FeS obtidos para as blendas I e II da jazida da Facuca estima-se que as temperaturas de deposição para as primeiras da ordem de 350° - 400°C e inferiores a 138°C para as segundas, valores que devem ser encarados como valores relativos.

## INCLUSÕES FLUIDAS

O estudo das inclusões fluidas centrou-se em dois tipos de quartzo, um associado à arsenopirite (QII) e outro à galena (QIII). Realizaram-se análises microtermométricas e de espectrometria Raman que revelaram a existência de três grupos de fluidos: (1) aquocarbónicos, (Lc-w e Lw-c); (2) aquosos de baixa salinidade (Lw1); (3) aquosos salinos (Lw2 e Lw3) (NORONHA *et. al.* 2003).

Os fluidos aquocarbónicos pertencem ao sistema  $H_2O - CO_2 - CH_4 - N_2$ , encontram-se em inclusões primárias nos quartzos QI e QII, tal como em inclusões pseudo-secundárias em QII. Todas as inclusões fluidas têm duas fases à temperatura

ambiente e um grau de preenchimento (Flw), variando de 0,50 a 0,70. Estas inclusões revelaram uma temperatura de fusão de CO<sub>2</sub> (TmCO<sub>2</sub>) que varia de -63,2 a -61,1°C o que sugere desde logo indicia a presença de outros tipos de compostos voláteis para além de CO<sub>2</sub> puro (CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>), o que foi comprovado pela análise Raman. O CO<sub>2</sub> é a espécie dominante na fase volátil, com percentagens que variam de 59,7 a 95,0 mol % enquanto CH<sub>4</sub> varia entre 5,0 e 40,3 mol % e N<sub>2</sub> entre 10,5 a 4,7mol %. A temperatura de homogeneização de CO<sub>2</sub> (ThCO<sub>2</sub>), em fase vapor, varia de na gama de -17,2 a 3,1°C enquanto que a temperatura de fusão dos clatratos (Tmcl) varia de 10 a 14°C. Por sua vez, a temperatura de homogeneização total, em fase líquida, (Th) variou de 240 a 360°C nas inclusões (Lc-w) e 160 a 320°C em (Lw-c) correspondendo, estas temperaturas às temperaturas mínimas de aprisionamento dos fluidos aquocarbónicos.

Os fluidos Lw1 são observados em todos os tipos de quartzos, concentrados em grupos e alinhamentos ou em planos de inclusões fluidas (PIF) que cortam as duas gerações de quartzo. O Flw varia de 0,70 a 0,95. A temperatura de fusão do gelo (Tmg) varia entre -5,5 e -0,1°C (salinidade entre 0,18 e 8,55 % equivalente em peso de NaCl) (BODNAR, 1993) e Th em fase líquida entre 102 e 200°C. Tratam-se, por isso de líquidos, do tipo H<sub>2</sub>O-NaCl, aprisionados a temperaturas mínimas de 102°C a 200°C.

Os fluidos Lw<sub>2</sub> ocorrem em grupos de inclusões no QIII; a Tmg varia de -32,5 a -21,2°C o que aponta para altas salinidades que variam de 21,6 a 25,7 % de equivalente em peso de CaCl<sub>2</sub> (GOLDSTEIN & REYNOLDS, 1994). A Th, em fase líquida, varia de 102 a 145°C.

Os fluidos Lw<sub>3</sub> ocorrem em PIF em QIII, a Tmg varia de -47,1 a -37,8°C, o que corresponde às salinidades mais altas (entre 27,3 e 29,7 % de equivalente em peso de CaCl<sub>2</sub>) com temperaturas de eutético (Te) a rondar os -70°C. A Th ocorre em fase líquida no intervalo de 82 a 100°C.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A maioria, se não todos, os jazigos de chumbo do Norte de Portugal, têm sido considerados como epigenéticos e relacionados com o magmatismo hercínico.

Porém, em exemplos estudados, de quartzos até-D3 considerados como quartzos de exsudação metamórfica, fluidos precoces considerados como “fluidos metamórficos” são aquosos e em alguns casos contêm clatratos de CH<sub>4</sub> e/ou CO<sub>2</sub> e são assumidos como resultantes de processos de desidratação ligada ao metamorfismo (GUEDES *et al.*, 2002). Devido à interação fluido-rocha fluidos como os precedentes foram, entretanto, modificados e adquiriram uma composição mais complexa, porque enriquecida em CH<sub>4</sub> e/ou CO<sub>2</sub> na fase volátil (GUEDES & NORONHA, 2002a). Exemplos de fluidos semelhantes a estes são os que ocorrem nos quartzos

leitosos associados com arsenopirite precoce e são considerados como relacionados com o pico térmico induzido pela intrusão dos maciços de granitos de duas micas sintectónicas (311 Ma). Os fluidos mais tardios evoluíram, predominantemente, para fluidos aquosos de baixa salinidade e de origem meteórica. Estes factos sugerem que, posteriormente ao aprisionamento dos fluidos aquocarbónicos, houve uma considerável elevação do soco durante e após a fase D3 (305 a 300 Ma) (DÓRIA *et al.*, 1995; NORONHA *et al.*, 2000).

A maioria dos fluidos que migraram para níveis mais superiores da crosta no final da orogenia hercínica foram águas metamórficas *s.l.* que se misturaram com águas superficiais ao mesmo tempo que se verificava uma diminuição de P e T. As maiores forças motoras que afectaram esta migração foram as descontinuidades estruturais, que actuaram como zonas de drenagem devido à sua grande permeabilidade, o calor resultante da intrusão dos e o levantamento e decompressão do orógeno hercínico.

Fluidos ainda mais jovens correspondentes a fluidos aquosos salinos de baixa temperatura foram descritos em filões de quartzo estéreis (GUEDES & NORONHA 2002b). A semelhança destes fluidos tardios e os que ocorrem associados a filões mineralizados em Pb-Zn-Ba em estruturas pós-hercínicas europeias (CANALS *et al.* 1992) sugerem que pelo menos uma parte da história dos fluidos associados a estes filões é pós-hercínica. A datação destes episódios mais tardios é contudo questionável devido à inexistência de afloramentos de formações permo-cretácicas.

Não é habitual, nas mineralizações descritas no hercínico português, a existência de minérios argentíferos associados com minerais de Ni. Geralmente, o que existe é um estágio precoce As-Fe-(Bi).

Neste estudo é descrito um estágio Fe-As-Ni cuja deposição se deu a temperaturas mínimas de 240 a 360°C a partir de líquidos aquocarbónicos e um estágio, mais tardio Pb-Ag em que a deposição dos minerais se deu a partir de um líquido salino, com salinidades que variam de 21,6 a 25,7% de equivalente em peso de CaCl<sub>2</sub>, a temperaturas mínimas de 102 a 145°C.

H.N.A. PRIEM (1962) analisou seis amostras de galena do filão Facuca e determinou a sua composição isotópica em Pb. As abundâncias isotópicas, juntamente com as “idades modelo”, determinadas por aquele autor, levaram-no a distinguir dois grupos de idades, um à volta dos 400Ma e outro dos 260Ma e a notar que estes dois grupos de idades modelo são comparáveis às idades dos dois mais antigos de três grupos definidos para as galenas dos Alpes e do Norte de África, sugerindo a existência de dois diferentes tipos de Pb.

No filão das Minas da Facuca os fluidos aquo-carbónicos ocorrem associados aos sulfuretos mais precoces e terão resultado da interacção fluidos metamórficos-rocha encaixante, adquirindo inclusive características geoquímicas específicas como as que decorrem da ocorrência de Ni tal como foi verificado na magnetite de Vila Cova onde se registam teores médios (n=8) de Ni de 0,1%. De referir que na

formação de Campanhó e mais concretamente em níveis siliosos existem teores em Ni que variam de 56 a 129 ppm (FERNANDES *et al.* 1997); RIBEIRO, M.A. (1998) refere a ocorrência de teores anómalos em Ni (42 a 56 ppm) em formações do NE transmontano correlacionáveis com a formação de Pardelhas e teores de 39 a 84 ppm com as correlacionáveis com a formação de Campanhó. Por sua vez os fluidos aquosos salinos tardios, relacionados com a deposição da galena, representarão fluidos superficiais relacionados com salmouras, ao que tudo indica de idade pós-hercínica.

## BIBLIOGRAFIA

- BODNAR, R. J. (1993) – Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57, 683-684.
- CANALS, A., CARDELLACH, E., RYE, D.M. & AYORA, C. (1992) – Origin of the Atrevida vein (Catalonian coastal ranges, Spain): mineralogic, fluid inclusion and stable isotope study. *Economic Geology* 87: pp. 142-153.
- DÓRIA, A., NORONHA, F., BOIRON, M. C. & CATHELINÉAU, M. (1995) – Fluid rock interactions in C-rich units during ductile to brittle deformation related to regional metamorphism (Vila Pouca de Aguiar, Northern Portugal). *Terra Abstracts*, 7, 312. (Abstract Supplement nº1 to Terra Nova, EUG 8, Strasbourg).
- FERNANDES, J.P., ROCHA, F. T., GOMES, C.F. (1997) – mineralogia e geoquímica dos calcários de Campanhó (Marão-Portugal): Dados preliminares. I Congresso Ibérico de Geoquímica y VII Congreso de Geoquímica de España, Soria. pp 21-26
- GOLDSTEIN, R.H. & REYNOLDS, T.J. (1994) – Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. 199 pp. SEPM-Society for Sedimentary Geology. Tulsa, Okla. (SEPM Short Course 31).
- GUEDES A. & NORONHA F. (2002a) – Estudo de paleofluidos em rochas metamórficas hercínicas. *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 89, 81-96.
- GUEDES A. & NORONHA F. (2002b) – Contribuição para o estudo dos fluidos associados a sistemas hidrotermais pós-hercínicos. *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 89, 97-104.
- GUEDES A., NORONHA, F., BOIRON M.C., BANKS, D.A. (2002) – Evolution of fluids associated with metasedimentary sequences from Chaves (North Portugal), *Chemical Geology*, 190, 273-279
- NEIVA, J.M.C. (1955) – O jazigo da Facuca (Serra do Marão) e os seus minerais. *Mem. e Not. Coimbra*, 30, 21-32.
- NORONHA, F., DÓRIA, A., RAMOS, R., RAMOS, J.M.F. (2003) – Fluids associated with Pb-Ag mineralisations of Facuca deposit (Northern Portugal). ECROFI XVII, Budapest 2003. *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series*, 2, Szeged, 149-150
- NORONHA, F., CATHELINÉAU M., BOIRON M.C., BANKS, D.A., DÓRIA A., RIBEIRO M.A., NOGUEIRA P., GUEDES A. (2000) – A three-stage fluid flow model for Variscan gold metallogenesis in northern Portugal. *J. Geochem. Expl.* 71, 209-224.
- PEREIRA, E. S. (1987) – Estudo geológico e estrutural da região de Celorico de Basto e sua interpretação geodinâmica. Tese de Doutoramento Universidade de Lisboa. 274 pp.
- PRIEM, H.N.A. (1962) – Geologicaal, petrological and mineralogical investigations in the Serra do Marao region, Northern Portugal. Thesis University of Amsterdam, 160 pp.

- RAMOS, J.M.F. & SOUSA, B. (1990) – Mineralização Zn-Pb-Ag de Varzea de Trevões (NE de Portugal). Comun. Serv. Geol. Portugal, 76, 41-53.
- RIBEIRO, M.A. (1998) – Estudo litogeoquímico das formações metassedimentares encaixantes de mineralizações em Trás-os-Montes Ocidental. Tese de doutoramento UP, 231 pp.