
Caracterização geoquímica de jazigos filonianos de Pb-Zn-(Ag) através do estudo estatístico dos teores em elementos menores em sulfuretos

Geochemical characterization of Pb-Zn-(Ag) vein deposits using statistical analysis of minor elements contents in sulfides

C. MARQUES DE SÁ – carlosmarquessa@fc.up.pt (Universidade do Porto, Departamento de Geologia)

F. NORONHA – fmnoronh@fc.up.pt (Universidade do Porto, Departamento de Geologia)

RESUMO: Apresenta-se uma análise estatística dos teores em elementos menores presentes em sulfuretos, com o objectivo de distinguir diferentes subtipos dentro de jazigos filonianos de Pb-Zn-(Ag) portugueses. Foram realizadas análises por microsonda electrónica a amostras de galena e blenda dos jazigos em estudo. Os teores obtidos para vários elementos menores nas galenas e blendas foram estudados usando a “Análise de Componentes Principais” (ACP). Pretende-se assim contribuir para a caracterização geoquímica destes jazigos através dos elementos menores presentes nas blendas, galenas e futuramente noutros sulfuretos.

PALAVRAS-CHAVE: Jazigos filonianos; Elementos menores; ACP.

ABSTRACT: Sulfides from Portuguese Vein-type Pb-Zn-(Ag) deposits were analysed with electronic microprobe. The results obtained for several minor elements present in galena and sphalerite were then statistically studied using principal components analysis (PCA). We intend to contribute to the geochemical characterization of these deposits through their contents in the minor elements. We hope to distinguish different subtypes of vein Pb-Zn-(Ag) deposits through the statistical analysis of minor elements present in sulfides.

KEYWORDS: Vein-type deposits, Minor elements, PCA .

1. INTRODUÇÃO

Foram estudados os teores em elementos menores presentes nas blendas e galenas de jazigos de Pb-Zn-(Ag) transmontanos (Olgas, Ferronho e Vale da Madre) e do distrito de Aveiro (Moinho da Pena, Carvalhal e Telhadela). Os resultados obtidos por análise à microsonda electrónica foram tratados estatisticamente através do método factorial de “Análise de Componentes Principais” (ACP).

2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Os jazigos transmontanos estudados, Olgas (Pb-Cu-(Zn-Ag)), Ferronho (Pb-Zn-Ag) e Vale da Madre (Pb), situam-se no SE de Trás-os-Montes entre Mogadouro e Freixo de Espada à Cinta. Os filões cortam rochas metassedimentares pertencentes ao autóctone do “Domínio do Douro Inferior” e ao parautóctone do “Domínio Transmontano”, de idade Ordovícica a Silúrica (Ribeiro, 1974). No seu conjunto os jazigos definem um alinhamento subparalelo à falha da Vilariça, com os filões mineralizados com direcções NNW-SSE e NNE-SSW. Os filões têm

possança decimétrica a métrica, e extensões da ordem da centena de metros. Não é evidente a relação espacial com afloramentos de maciços graníticos, e as mineralizações são posteriores a D3 varisca, não sendo também a natureza do encaixante factor determinante no tipo das mineralizações (Noronha et al., 1998). Frequentemente encontram-se brechificados formando o quartzo texturas em *cocarde* em torno de fragmentos de xisto ou quartzito do encaixante. As brechas têm por vezes como cimento óxidos de Fe e Mn. A mineralogia destes jazigos é semelhante, variando apenas nos conteúdos de certos elementos. Assim os minerais principais, para além do quartzo, são os sulfuretos galena, blenda, calcopirite e pirite (Noronha et al., 2006).

Os jazigos do distrito de Aveiro, Telhadela, Carvalhal e Moinho da Pena, são compostos de filões decimétricos a métricos de orientação predominante E-W a WNW-ESSE estendendo-se por vezes mais de uma centena de metros, que correspondem a fracturas espacialmente associadas à Zona de Cisalhamento Porto-Tomar (ZCPT). Estes ocorrem a cortar rochas de textura gnaíssica da formação de S. João de Ver de idade Ordovícico inferior (Chaminé, 2000). De norte para sul ao longo do rio Caima ocorrem os jazigos da Telhadela (Cu-Pb-(Zn)), Carvalhal (Pb-Zn-(Ag)) e Moinho da Pena (Pb-(Zn)-Ag). A sua mineralogia é muito semelhante, variando principalmente em termos de texturas e abundâncias de certos elementos maiores e menores, sendo constituídos por ganga quartzosa acompanhada de sulfuretos frequentemente bem cristalizados tais como galena, blenda, pirite, calcopirite entre outros de menor expressão.

3. MÉTODOS

Foram realizadas na microsonda electrónica do LNEG 109 análises de galena e 62 análises de blenda de amostras criteriosamente colhidas nos jazigos em estudo. Foram analisados os seguintes elementos na galena: Fe, Cu, Zn, Mn, W, Sn, As, Ni, Co, Sb, Cr, Mo, Cd, Hg, Se, Ga, Ge, In, Bi, Tl, Ag, Au; e na blenda: Fe, Cd, Mn, Cu, Se, Ga, Ge, In, Bi, Tl, Ag, Au, Pb, Sb, Hg, Ni, Co, Sn, W, Cr, Mo, As. Os dados foram inicialmente trabalhados através de estatística univariada e bivariada (Marques de Sá & Noronha, 2010). Posteriormente o estudo complementou-se com um tratamento através de “Análise de Componentes Principais”.

A “Análise de Componentes Principais” (ACP) é um método da estatística multivariada, no domínio da “Análise Factorial”, que permite a visualização e redução dimensional de dados contidos em matrizes de grandes dimensões, cruzando um certo número de indivíduos com as variáveis quantitativas que os caracterizam. O objectivo é encontrar os factores que melhor explicam as similitudes e oposições entre indivíduos ou variáveis. Esses factores constituem um sistema de eixos ortogonais, onde se pode de uma simples forma gráfica interpretar as relações mais significativas dos constituintes da matriz dos dados. Este método permite, como já foi referido, tratar grandes massas de dados que no caso de outras formas de apresentação não permitem visualizar de forma imediata as relações entre os constituintes da matriz de dados.

A redução de dimensionalidade é realizada através da utilização de um algoritmo que procura um novo sistema de variáveis (eixos) linearmente relacionadas com as variáveis originais e alinhadas segundo as direcções de maior variância. Os eixos chamam-se vectores próprios e as variâncias segundo os vectores próprios chamam-se valores próprios.

Todas as análises estatísticas foram efectuadas utilizando o programa *STATISTICA*.

4. RESULTADOS

No estudo já referido (Marques de Sá & Noronha, 2010) em que se aplicaram métodos de análise estatística univariada tinha-se observado algumas relações entre elementos que suscitaram uma análise complementar por métodos de estatística bivariada. Nesta análise verificaram-se algumas correlações positivas entre pares de elementos como por exemplo os pares Sb-Ag, Sb-Cu e Fe-Tl nas galenas ou os pares Fe-Co, Fe-Cd, Sn-Cu e Co-Cu nas blendas.

Noutros casos as correlações observadas são negativas, como nos pares Fe-Ag, Ag-Bi, Fe-Bi e Fe-Cu para as galenas e nas blendas para os pares Fe-Sn, Co-Sn e Fe-Mn. A primeira

correlação (Sb-Ag) é bastante conhecida no caso das galenas sendo referida por vários autores (Ramdohr, 1969; Sharp & Buseck, 1993; Bonev, 2007). Quanto à correlação Fe-Co apresentada no caso da blenda não encontramos referências anteriores, sendo possível que este tipo de relação entre os elementos Fe e Co seja comum a vários exemplares de blenda de vários tipos de jazigos, embora ainda não tenha sido suficientemente valorizada.

Procedeu-se à análise factorial fazendo o cálculo dos valores próprios e vectores próprios para a galena e blenda. Para tal excluiu-se do conjunto em análise aquelas variáveis (elementos) que apresentavam uma variância nula, bem como aquelas cujo número de casos omissos representavam mais de 2/3 do total de casos (análises). Também se excluíram de ambas as tabelas/matrizes as variáveis Pb, Zn, e S por serem os elementos maiores constituintes dos minerais em estudo. Para a galena foram excluídos da análise o Cr, Mo, In, Au, As, Tl, Ge, Ni e W. Para a blenda foram excluídos da análise os elementos Ni, W, Tl, Cr, Mo, Hg, As, Se, Ge, Bi, Sb. Foram calculados os valores e vectores próprios para os restantes elementos.

Obtiveram-se assim para ambas as matrizes (galena e blenda) um conjunto de novas variáveis, de que as mais importantes são no caso da galena o factor 1 (F1) que representa fundamentalmente (i.e. em termos de maior correlação, acima de 70%) o par Sb-Ag e o factor 3 (F3) que representa fundamentalmente Fe; no caso da blenda obteve-se o factor 1 (F1) que representa fundamentalmente o par Fe-Co e o factor F2 que representa fundamentalmente o Sn (Fig. 1). Fizemos a seguir a projecção segundo esses factores de todos os casos categorizados por jazigo, obtendo os gráficos de dispersão da Fig. 2.

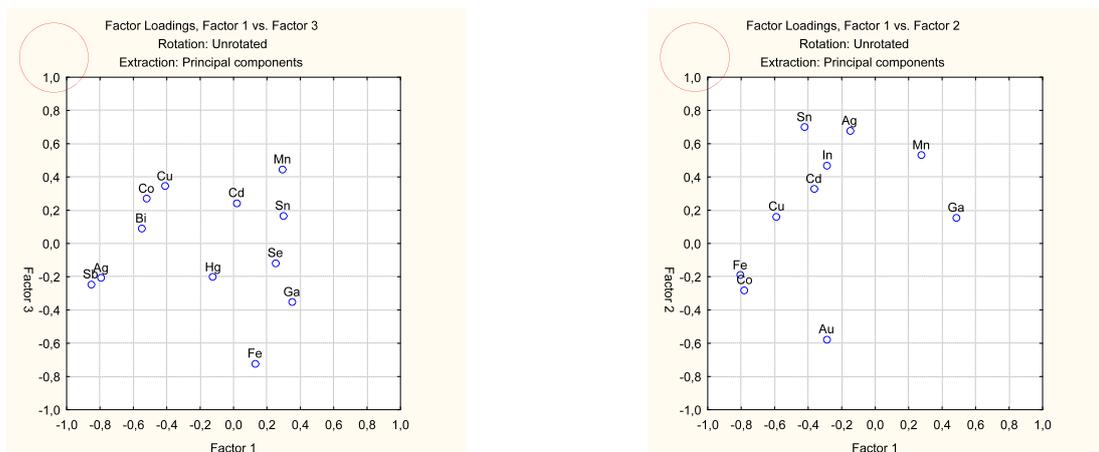


Figura 1 – Diagramas dos factores de correlação relativamente aos componentes principais.

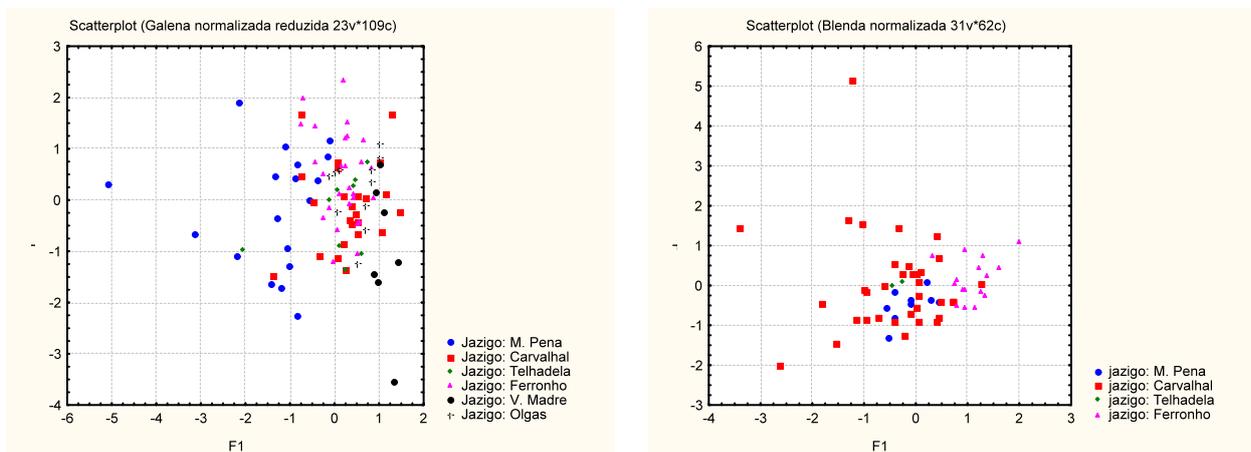


Figura 2 – Diagramas de dispersão segundo os novos eixos para os jazigos estudados

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

No que respeita à galena os jazigos do distrito de Bragança têm muito menor variabilidade segundo o factor 1 (F1: Sb-Ag) do que os do distrito de Aveiro. Os jazigos do distrito de Aveiro têm quanto à composição da galena uma muito maior variabilidade segundo os 2 factores (F1 e F3). Podem-se discriminar os jazigos transmontanos através dos teores em Sb e Ag contidos nas galenas. Assumimos que as condições geoquímicas que presidiram à formação das galenas dos jazigos do distrito de Aveiro tenham sido mais variadas que as dos jazigos do distrito de Bragança. Os jazigos transmontanos apresentam um maior enriquecimento em termos médios da componente Sb-Ag. De todos os jazigos as galenas de Olgas apresentam uma menor dispersão dos resultados segundo os dois factores.

Em relação às blendas nota-se uma grande separação das blendas do jazigo do Ferronho face às dos jazigos do distrito de Aveiro, em relação ao factor F1 (Fe-Co). Observa-se também que os resultados obtidos para o jazigo do Carvalhal apresentam uma enorme dispersão segundo ambos os factores, pelo que é provável que no jazigo do Carvalhal as condições de génese das blendas tiveram grande variação.

Para os jazigos estudados observa-se que existem elementos e pares de elementos que permitem a sua distinção por via do estudo dos elementos menores presentes nas galenas e blendas. É espectável que esta abordagem será possível de extrapolar para outros sulfuretos como a pirite a calcopirite ou a arsenopirite.

Pretendemos prosseguir este estudo estatístico com a realização de mais análises no sentido de levar mais longe as ilações deste trabalho em consonância com os objectivos propostos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a utilização da microsonda ao LNEG do Porto, bem como o apoio do POCI 2010; C. Marques de Sá agradece ainda à FCT, que lhe concedeu a bolsa SFRH/BD/41035/2007.

Referências

- Bonev, I.K. (2007) – Crystal Habit of Ag, Sb and Bi-bearing Galena from the Pb-Zn Ore Deposits in the Rhodope Mountains. *Geochemistry, Mineralogy and Petrology*, v. 45. Bulgarian Academy of Sciences, Bulgarian Mineralogical Society, pp. 1-18.
- Chaminé, H. (2000) – Estratigrafia e Estrutura da Faixa Metamórfica de Espinho – Albergaria-a-Velha (Z.O.M.): Implicações Geodinâmicas. Tese Dout. Dep. Geol. F.C.U.P., 441p.
- Marques de Sá, C., Noronha, F. (2010) – Elementos Menores em Sulfuretos de Jazigos Filonianos Hidrotermais Polifásicos do Centro e Nordeste de Portugal – Resultados Preliminares. X Cong. de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa. - XVI Semana de Geoquímica - Porto.
- Noronha, F., Ramos, J.M.F., Moreira, A., Oliveira, A.F.M. (1998) – Mineralizações filonianas de chumbo-antimónio do NE de Portugal. Algumas notas para o seu conhecimento. *Actas do V Cong. Nac. Geo., Com. do I.G.M., Lisboa*, tomo 84, fasc. 1, pp. B-75 a B-78.
- Noronha, F., Farinha Ramos, J.M., Moreira, A.D., Oliveira, A.F., Machado, M.J.C., Leite, M.R.M. (2006) – VII – Recursos Geológicos; In Pereira, E. (Ed.) *Carta geológica de Portugal à escala 1:200.000 Notícia Explicativa da Folha 2*, INETI, Lisboa, pp. 77-119.
- Ramdohr, P. (1969) – *The Ore Minerals and their Intergrowths*. Ed. Pergamon Press, pp. 250-251.
- Ribeiro, A. (1974) – *Contribution à l' Étude Tectonique de Trás-os-Montes Oriental*. Mem. nº24 Serv. Geol. Port., Lisboa, 168 p.
- Sharp, T.G., Buseck, P.R. (1993) – The Distribution of Ag and Sb in Galena: Inclusions versus Solid Solution. *American Mineralogist*, vol. 78, pp. 85-95.