

Mineralizações de Magnetite e Sulfuretos de Monges (Santiago do Escoural, Montemor-o-Novo), Vale de Pães (Cuba-Vidigueira) e Orada (Pedrógão, Serpa): Síntese de ensaio comparativo

Rute Salgueiro
Carlos Inverno

Laboratório Nacional de Energia e Geologia; Unidade de Investigação de Recursos Minerais e Geofísica; Apartado 7586, 2610-999 Alfragide; Portugal

*e-mail: rute.salgueiro@lneg.pt
e-mail: carlos.inverno@lneg.pt*

António Mateus

Departamento de Geologia e CeGUL, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal

e-mail: amateus@fc.ul.pt

Palavras-chave: Mineralizações magnetite-sulfuretos; SEDEX-VMS tipo misto; Skarn-Fe(Mg/Ca).

RESUMO

As mineralizações Monges (Montemor-o-Novo), Vale de Pães (Cuba-Vidigueira) e Orada (Serpa), incluídas na *Faixa Magnetítico-Zincífera da Zona de Ossa-Morena (ZOM)*, evidenciam características mineralógicas e geoquímicas diferentes, não obstante partilharem uma constituição dominada por magnetite \pm sulfuretos (pirite, pirrotite e calcopirite). A diferença é tanto mais notória quando se compara Monges (possivelmente um sistema misto do tipo SEDEX-VMS) com Vale de Pães ou Orada, as duas últimas representando sistemas do tipo *Skarn-Fe(Mg/Ca)*. Os dados disponíveis permitem ainda posicionar o desenvolvimento destes sistemas mineralizantes em contextos geológicos distintos, correlacionáveis com diferentes estádios da evolução geodinâmica/metalogenética da ZOM.

As mineralizações de magnetite e sulfuretos presentes em Monges (Santiago do Escoural, Montemor-o-Novo), Vale de Pães (Cuba-Vidigueira) e Orada (Pedrógão, Serpa) integram a faixa **Magnetítico-Zincífera da Zona de Ossa-Morena** (e.g. Oliveira, 1996; Martins *et al.*, 1998; Tornos *et al.*, 2004). As mineralizações de Monges, parte das antigas Minas de Ferro de Montemor-o-Novo, foram alvo de exploração desde o tempo dos Romanos e objeto de alguns estudos desde, pelo menos, 1942 (Goinhas e Martins, 1986; Salgueiro *et al.*, 2008). A exploração mineira de Orada remonta ao início do século XIX e os minérios de ferro aí existentes foram sujeitos a diversos estudos ao longo dos anos (e.g. Carvalho, 1971a, 1971b; Salgueiro *et al.*, 2010a). A jazida de Vale de Pães identificada durante os trabalhos de prospeção do ex-Serviço de Fomento Mineiro nos anos 50 do século passado foi caracterizada em detalhe por Salgueiro *et al.* (2009 e 2010b) e Salgueiro (2011).

As mineralizações estratóides de magnetite e sulfuretos de Monges são enquadradas por mármore dolomíticos clorítico-anfibólicos e metavulcanitos atribuídos à **Formação de Monfurado** (Câmbrico Inferior?; Carvalhosa e Zbyszewski, 1994) ou ao **Complexo Ígneo e Sedimentar de Monfurado** (Câmbrico Inferior/Médio; Chichorro, 2006). A mineralização primária (ante-metamórfica) contém barita e revela efeitos de deformação/recristalização síncrona do percurso metamórfico Varisco; as suas características mineralógicas e geoquímicas e a sequência litológica encaixante sugerem génese por processos exalativo-hidrotermais em meio submarino pouco profundo, apontando para um modelo conceptual misto *SEDEX-VMS*. Os processos de retrogradação metamórfica promoveram remobilização e redeposição de metais, por vezes estruturalmente controlada; estes processos desenvolveram-se sob condições P-T variáveis ($\approx 0,7$ a 2 kb e ≈ 350 a 550°C), envolvendo fluidos ligeiramente ácidos a moderadamente alcalinos. Variações de potencial redox e pH terão acompanhado os principais estádios de deposição mineral (Salgueiro *et al.*, 2008; Salgueiro, 2011).

A mineralização ferrífera de Orada compreende magnetite \pm sulfuretos, sendo hospedada em anfíbolitos ou domínios calcossilicatados da **Unidade da Mina do Pequito**. As associações minerais são análogas às que caracterizam depósitos do tipo *skarn* Fe-(Mg) e Fe-(Ca), modificadas de forma heterogénea durante o percurso de retrogradação (sin- a pós-pico de

deformação Varisca). Os dados disponíveis favorecem a possibilidade da génese deste *skarn* ser devida a reajustamentos químicos impostos pelo gradiente inverso de temperatura criado na dependência da imbricação tectónica experimentada pelas formações geológicas encaixantes da mineralização (Salgueiro *et al.*, 2010a; Salgueiro, 2011). O desenvolvimento das paragénese minerais prógradas do *skarn* Fe-(Mg) terá decorrido sob temperaturas variáveis entre ≈ 450 e $\approx 500^\circ\text{C}$, valores também admitidos como possíveis na geração das paragénese minerais prógradas do *skarn* Fe-(Ca). As condições redox estabelecidas durante a deposição das paragénese minerais anidras terão sido distintas nos dois tipos de *skarn*, sendo que o de natureza Fe-(Mg) apresenta características oxidadas e o Fe-(Ca) evidencia assinatura reduzida (Salgueiro *et al.*, 2010a; Salgueiro, 2011).

As mineralizações de Vale de Pães ocorrem no seio de uma sequência metamórfica ante-Varisca intruída por rochas do **Complexo Ígneo de Beja**. As suas características mineralógicas e químicas são compatíveis com um *skarn* de Fe zonado: rico em Mg ($Fo+Di_{\approx 90}$, oxidado) e rico em Ca ($Grs+Di_{81-39}$, oxidado ou reduzido). No *skarn* Fe-(Mg), a deposição de magnetite acompanha a paragénese mineral anidra ($\approx 600^\circ\text{C}$); a precipitação de sulfuretos ocorre desde o início do estádio retrógrado ($\leq 550^\circ\text{C}$) e prossegue durante a formação das fases hidratadas e carbonatadas ($< 420^\circ\text{C}$). No *skarn* Fe-(Ca), a magnetite é gerada no estádio retrógrado ($< 550^\circ\text{C}$) em conjunto com a associação mineral hidratada, seguida pela deposição dos sulfuretos ($\approx 400^\circ\text{C}$). O processo mineralizante envolveu fluidos de salinidade moderada-elevada e foi controlado por variações de potencial redox e pH (Salgueiro *et al.*, 2010b; Salgueiro, 2011), tal como verificado durante o desenvolvimento das mineralizações de Monges e Orada.

O estudo litogeoquímico efetuado sobre os anfíbolitos de Monges coloca em evidência dois grupos com composição distinta, correspondentes a basaltos tipo MORB e VAB (Salgueiro, 2011), reconhecidos como parte do registo geológico preservado sobre o desenvolvimento da fase de *rift* continental que marca o início do Ciclo Varisco. Por outro lado, os anfíbolitos de Orada e Vale de Pães apresentam características geoquímicas compatíveis com as das séries geradas em bacias oceânicas tal como outras rochas congéneres regionais, (Ribeiro *et al.*, 1992; Mateus *et al.*, 1999 e 2005; Salgueiro, 2011). A assinatura geoquímica dos meta(sub)vulcanitos félsicos estudados

nas três áreas (Salgueiro, 2011) sugere gênese em ambiente colisional, o que se afigura compatível com a evolução geodinâmica recentemente proposta para a **Zona de Ossa-Morena** (e.g. Ribeiro *et al.*, 2007). Estas assinaturas geoquímicas, bem como as características do minério permite paralelizar o desenvolvimento das mineralizações de Monges com o de outras mineralizações similares (*i.e.* Enfermarias, Balsa e Algaes) que, ocorrendo na mesma faixa metalogenética, se correlacionam com a fase de *rifting*

experimentada pela Zona de Ossa-Morena durante os estádios iniciais do Ciclo Varisco (e.g. Mateus *et al.*, em impressão). Os sistemas mineralizantes em Orada e Vale de Pães terão tido desenvolvimento consequente dos processos desencadeados pela colisão continental oblíqua Varisca; embora diacrônicos e distintos, estes processos conduziram à formação de *skarns* Fe-(Mg) e Fe-(Ca) em ambas as áreas.

Na Tabela I encontram-se sintetizadas as principais características das três mineralizações estudadas.

TABELA I

Síntese das principais características das mineralizações de Monges, Orada e Vale de Pães

Mineralizações de magnetite e sulfuretos	Domínios mineralizados (Salgueiro <i>et al.</i> , 2008, 2009, 2010a, 2010b; Salgueiro, 2011).	Condições de deposição do minério	Rochas enquadranes	Ambiente geodinâmico	Tipo de depósito
Monges	<p>Paragénese mineral ante-Varisca: magnetite, pirite, pirrotite, calcopirite, esfalerite, carbonatos, anfíbolos e barita.</p> <p>Paragénese mineral sin-/pós-Varisca: magnetite, pirite, pirrotite, calcopirite, carbonatos, anfíbolos, escapolite, turmalina, epidoto e esfena.</p>	<p>Características de processo exalativo-hidrotermal, em meio submarino pouco profundo.</p> <p>[Retrogradação metamórfica, com remobilização e redeposição de metais, por vezes estruturalmente controlada; P \approx 0,7 a 2 kb e T \approx 350 a 550°C; fluidos ligeiramente ácidos/moderadamente alcalinos, variações de potencial redox e pH].</p>	Basaltos tipo MORB e VAB; Meta (sub) vulcanitos félsicos tipo VAG.	Fase de <i>Rift</i>	SEDEX-VMS Tipo misto
Orada	Magnetite, pirite, pirrotite, calcopirite, forsterite, diópsido, anfíbolos e granada.	T \approx 450 e \approx 500°C; oscilação do potencial redox e pH.	Anfibolitos geoquimicamente compatíveis com séries geradas em bacias oceânicas. Meta(sub) vulcanitos félsicos tipo VAG.	Fase Colisional; Empilhamento de escamas tectónicas.	<i>Skarn</i> Fe (Mg/Ca)
Vale de Pães	Magnetite, pirite, pirrotite, calcopirite, forsterite, diópsido, grossulária, anfíbola, epidoto, prenite e esfena.	T \approx 600°C até \approx 400°C Fluidos de salinidade moderada/elevada; oscilação do potencial redox e pH.	Anfibolitos geoquimicamente compatíveis com séries geradas em bacias oceânicas. Meta(sub) vulcanitos félsicos tipo VAG.	Fase Colisional; Instalação de corpos magmáticos	<i>Skarn</i> Fe (Mg/Ca)

Evolução geodinâmica da Zona de Ossa-Morena
..... \approx 560-540 Ma
.....
.....
..... \approx 310-300 Ma
.....

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, D. (1971a) - Minas da Orada, *in* Carvalho, D., Goinhas, J.A.C., e Schermerhorn, L.J.G., Principais jazigos minerais do Sul de Portugal: Livro-Guia da Excursão nº 4, I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica, Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos, p. 84-89.
- CARVALHO, D. (1971b) - Observações sobre os jazigos de ferro da área Pedrógão-Orada: I Congresso Hispano-luso-Americano de Geologia Económica, Ibérica, Madrid, Tomo 1, secção 4, p. 519-537.
- CARVALHOSA, A., E ZBYSZEWSKY, G. (1994) - Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000, Folha 35-D, Montemor-o-Novo: Lisboa, Instituto Geológico e Mineiro, 86 p.
- CHICHORRO, M.A. (2006) - Evolução tectónica da Zona de Cisalhamento de Montemor-o-Novo (Sudoeste da Zona de Ossa-Morena- Área de Santiago do Escoural – Cabrela). Tese de Doutoramento, Universidade de Évora, 564 p.
- GOINHAS, J.A., E MARTINS, L.M.P. (1986) - Área metalífera de Montemor-o-Novo - Casa Branca (Baixo Alentejo, Portugal). Um exemplo da evolução dos objectivos em prospecção mineira. Estudos, Notas e Trabalhos, Direcção Geral de Geologia e Minas, Tomo 8, p. 119-148.
- MARTINS, L., BORRALHO, V., MOREIRA, J., MAGNO, C., INVERNO, C., OLIVEIRA, V., TORRES, L., MATOS, J., e OLIVEIRA, D. (1998) - Mineral Potential of Portugal. Lisboa, Instituto Geológico e Mineiro, 60 p.
- MATEUS, A., ARAÚJO A., GONÇALVES, M.A., e MATOS J. (2005) - Variscan overthrusting, fluid flow and the genesis of magnetite ore-bodies at Azenhas area (Pedrógão, Ossa-Morena, SE Portugal), Boletim Geológico y Minero, v. 116 (1), p. 3-22.
- MATEUS A., ARAÚJO A., e MATOS J. (1999) - Análise estrutural e caracterização mineralógico-geoquímica da mina de ferro de Azenhas II (Pedrógão, Zona de Ossa-Morena). 5ª Conferência Nacional do Grupo de Geologia Estrutural e Tectónica, Vila Real (Portugal), p. 58-65.
- MATEUS, A., MUNHÁ, J., INVERNO, C.M.C., MATOS, J.X., MARTINS, L., OLIVEIRA, D., JESUS, A., e SALGUEIRO, R., (em impressão), Mineralizações na Zona de Ossa-Morena (capítulo), *in* Dias, R., Araújo, A.A., Terrinha, P., e Kullberg, J.C., eds., Geologia de Portugal no contexto da Ibéria, 2ª edição. Livraria Escolar Editora, Lisboa.
- OLIVEIRA, V. (1996) - Principais recursos metálicos da Zona de Ossa-Morena. Texto de apoio a palestra integrada no Ciclo de Conferências dedicado ao estudo da Geologia da Zona de Ossa-Morena - GEOCEV, Departamento de Geociências da Universidade de Évora / JNICT, 4 p.
- RIBEIRO, A., MUNHÁ, J., DIAS, R., MATEUS, A., PEREIRA, E., RIBEIRO, M.L., FONSECA, P., ARAÚJO, A., OLIVEIRA, J.T., ROMÃO, J., CHAMINÉ, H., COKE, C., e PEDRO, J.C. (2007) - Geodynamic evolution of the SW Europe Variscides. Tectonics, v. 26, TC6009. DOI:10.1029/2006/TC002058.
- RIBEIRO, M.L., MATA, J., e PIÇARRA, J.M. (1992) - Vulcanismo bimodal da Região de Ficalho: características geoquímicas. Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal. Tomo 78, fasc. 2, p. 75-85.
- SALGUEIRO, R. (2011) - Caracterização e génese das mineralizações de magnetite – sulfuretos em Monges (Santiago do Escoural, Montemor-o-Novo) e ensaio comparativo com as suas congéneres em Orada-Vale de Pães (Serpa-Vidigueira). Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 524 p.
- SALGUEIRO, R., INVERNO, C., e MATEUS, A. (2009) - Principais características e génese do skarn de Vale de Pães (Cuba-Vidigueira, Zona de Ossa-Morena), Actas do VII Congreso Ibérico e X Congreso Nacional de Geoquímica, Sória (España), p. 128-137.
- SALGUEIRO, R., INVERNO, C., e MATEUS, A. (2010b) - Main characteristics and genesis of the Vale de Pães skarn (Cuba-Vidigueira, Ossa Morena Zone, Portugal). Estudios Geológicos, 66 (1), p. 65-74. ISSN 0367-0449. DOI:10.3989/egol.40150.101
- SALGUEIRO, R., MATEUS, A., e INVERNO C.M.C. (2008) - Origem e principais características da mineralização de magnetite e sulfuretos em Monges (Montemor-o-Novo, Zona de Ossa Morena). Livro de Resumos do V Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, UTAD, p. 161-169.
- SALGUEIRO, R., MATEUS, A., e INVERNO, C. (2010a) - Caracterização e génese do skarn ferrífero de Orada (Zona de Ossa Morena). VIII Congresso Nacional de Geologia, GEOTIC – Sociedade Geológica de Portugal. e –Terra <http://e-terra.geopor.pt> ISSN 1645-0388, v. 20 (3).
- TORNOS, F., INVERNO, C.M., CASQUET, C., MATEUS, A., ORTIZ, G., e OLIVEIRA, V. (2004) - The metallogenic evolution of the Ossa-Morena Zone. Journal of Iberian Geology, v. 30, p. 143-181.