

## **Contribuição para o estudo da estrutura da mina de Aljustrel (Faixa Piritosa Ibérica) com base em novos dados palinoestratigráficos do Complexo Vulcano-Sedimentar e da Fm. Mértola**

### ***Contribution to the understanding of the structure of Aljustrel mine Iberian Pyrite Belt, based in new palynostratigraphical data obtained in the Volcano-Sedimentary Complex and Mértola Formation***

**J. X. MATOS** - joao.matos@lneg.pt (LNEG, LGM, Unidade de Recursos Minerais e Geofísica)

**Z. PEREIRA** - zelia.pereira@lneg.pt (LNEG, LGM, Unidade de Geologia e Cartografia Geológica)

**P. FERNANDES** - pfernandes@ualg.pt (UALG, CIMA Centro de Investigação Marinha e Ambiental)

**D. ROSA** - diogo.rosa@lneg.pt (LNEG, LGM, Unidade de Geologia e Cartografia Geológica)

**J. T. OLIVEIRA** - tomas.oliveira@lneg.pt (LNEG, LGM, Unidade de Recursos Minerais e Geofísica)

**RESUMO:** A cartografia geológica de detalhe e a análise palinoestratigráfica de sedimentos do Complexo Vulcano-Sedimentar da Faixa Piritosa e da Fm. Mértola, na região da mina de Aljustrel, permite uma melhor compreensão da estrutura local. A Fm. Paraíso apresenta uma idade Tournaisiano sup. - Viséano inf. (biozonas CM e Pu). A Fm. Gavião tem uma idade semelhante, contendo associações de miosporos da biozona CM, do Tournaisiano sup. Propõe-se uma nova unidade sedimentar correspondente à base da Fm. Mértola, a *Unidade Canal da BAI*, de idade Viséano médio-sup. (biozona NM).

**PALAVRAS-CHAVE:** Palinoestratigrafia, Comp. Vulcano-Sedimentar, Fm. Mértola, Aljustrel, Faixa Piritosa

**ABSTRACT:** Palynostratigraphic analysis and detailed mapping of the Volcano-Sedimentary Complex sedimentary formations and the Mértola Formation (Baixo Alentejo Flysch), in the Aljustrel mining area of the Iberian Pyrite Belt, permit a better understanding of the local structure. The Paraíso Formation shows an upper Tournaisian to upper Viséan age (CM and Pu Miospores Biozones). The Gavião Formation presents a similar age (upper Tournaisian, CM Biozone). A new unit is proposed representing the base of the Mértola Formation, the *Canal da BAI Unit* (upper middle Viséan age, NM biozone).

**KEYWORDS:** Palynostratigraphy, Volcano-Sedimentary Comp., Mértola Fm., Aljustrel, Iberian Pyrite Belt

### **1. GEOLOGIA DA REGIÃO DE ALJUSTREL**

A mina de sulfuretos maciços polimetálicos de Aljustrel constitui um dos principais centros mineiros da Faixa Piritosa Ibérica (FPI), com cerca de 200 Mt de sulfuretos identificados em seis massas de pirite (Leitão 1998). A ALMINA, actual concessionária mineira, pretende reiniciar a produção de concentrados de cobre em 2010, a partir da extracção de minério maciço e stockworks das massas de Feitais e de Moinho. A região de Aljustrel é marcada pela falha da Messejana, de direcção NE-SW, que limita um bloco setentrional formado pela Bacia Terciária do Sado, e um outro meridional onde se encontra exposto o soco Paleozóico, aqui representado pelo Comp. Vulcano-Sedimentar da FPI (CVS) e pela Fm. de Mértola. A actividade tardivarisca desta falha induziu um desligamento esquerdo de cerca de 2,5 km. Durante o Jurássico médio

(Batoniano) instalou-se ao longo da falha um dolerito toleítico datado por K-Ar com a idade de  $168 \pm 5$  Ma (Schermerhorn *et al.* 1987), observando-se metamorfismo de contacto nos xistos e grauvaques da Fm. Mértola, a oeste da Barragem de Estéreis (Matos 2005). Nas proximidades da corta de São João, este acidente reflecte-se por uma mudança da orientação das estruturas paleozóicas, de  $N40^\circ W$  para  $N70^\circ E$ . Associados ao sistema Messejana ocorrem diversos desligamentos direitos como as falhas Esteval, Azinhal, Feitais, Represa, Castelo e Moinho (Andrade e Schermerhorn 1971, Silva *et al.* 1997, Leitão 1998, Matos 2005, Matos *et al.* 2008). O complexo anticlionório de Aljustrel resulta da primeira fase de dobramento da FPI, apresentando uma clivagem xistenta de plano axial. A segunda fase de deformação é de menor intensidade sendo identificada por uma segunda xistosidade. As lineações entre S1 e S2 apresentam um mergulho sistemático para o quadrante NW, tal como a generalidade dos eixos das dobras (Matos 2005). Simplificadamente definem-se em Aljustrel o Anticlinal de Feitais, onde se localizam os jazigos de *Estação* e de *Feitais*, o Anticlinal Central, o Sinclinal de São João e o Anticlinal SW onde se situam as massas de *Algares*, do *Moinho*, de *São João* e *Gavião*.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A cartografia geológico-mineira da região de Aljustrel foi efectuada à escala 1/5000 (Matos 2005) servindo de base a estudos de palinologia das formações sedimentares. Foram também estudadas centenas de amostras de galerias mineiras e de 17 sondagens efectuadas em Feitais, Estação, Moinho e Gavião. A investigação bioestratigráfica realizou-se com recurso a palinomorfos segundo as normas do LNEG (ver detalhes em Pereira *et al.* 2008). O esquema de Biozonação de Miosporos utilizado é o proposto para a Europa Ocidental.

## 3. SUCESSÃO LITOSTRATIGRÁFICA DE ALJUSTREL

A sucessão litostratigráfica da região de Aljustrel foi inicialmente descrita por Schermerhorn e Stanton (1969) e por Andrade e Schermerhorn (1971), que consideraram um núcleo central representado por *Tufos com Megacristais* na parte inferior e *Tufos Verdes* na parte superior; lateralmente a este núcleo, foi identificada uma sucessão, em ambos os flancos da estrutura anticlinorial, constituída por rochas vulcânicas ácidas inferiores de *Fácies Felsítica* e rochas vulcânicas ácidas superiores, também designados por *Tufos da Mina*, que são os portadores da mineralização no seu topo. À sucessão vulcânica de Aljustrel sobrepõem-se extensos corpos lenticulares de jaspes aos quais se segue a Fm. Paraíso, constituída por xistos escuros a esverdeados siliciosos, xistos borra de vinho e passagens de sedimentos vulcanoclásticos finos. Sobre a Fm. Paraíso depositaram-se os sedimentos turbidíticos da Fm. Mértola, através de contacto gradual. Estes autores reconheceram que a sucessão estratigráfica foi tectonicamente deformada durante a orogenia Varisca, com o desenvolvimento de uma estrutura anticlinorial constituída por vários anticlinais e sinclinais, os quais foram carregados para cima da Fm. de Mértola, por efeito do designado carregamento de Aljustrel. Esta interpretação foi questionada por Conde *et al.* (1986) e Leitão (1992) que consideram ser esta falha um simples cavalgamento. O CVS apresenta uma espessura superior a 200 m, aflorando no núcleo do anticlinório, o qual porém não expõe o substrato detrítico do Gr. Filito-Quartzítico. Esta unidade basal da FPI não foi ainda identificada em Aljustrel, mesmo em sondagens ou galerias mineiras. Barriga (1983; Barriga e Kerrich, 1984), tendo presente a intensa alteração hidrotermal associada à formação dos jazigos de sulfuretos maciços, que afectou as rochas vulcânicas nesta área, simplificou a sucessão estratigráfica do CVS em duas unidades: *Formação dos Tufos com Olhos de Quartzo* (que inclui os *Tufos com Megacristais* e os *Tufos Verdes*) e *Formação do Tufo da Mina* onde ocorrem fácies vulcânicas interpretadas como ignimbritos, podendo também haver xistos negros intercalados nas rochas vulcânicas. Mais recentemente Dawson *et al.* (2001) que reconheceram a seguinte sequência CVS indicada da base para o topo: Unidade Vulcânica Inferior, representada por três tipos de riólitos provenientes de câmaras magmáticas distintas, e equivalentes aos *Tufos*

*Felsíticos* e aos *Tufos da Mina* de Schermerhorn e Stanton; Unidade dos Sulfuretos Maciços, com espessura que varia de 1 a 100m; Unidade Vulcânica Superior, com vulcanitos e raro lapilli de composição riolítica, considerada equivalente dos *Tufos Verdes* de Schermerhorn e Stanton; Unidade com Riólitos Quartzo-Fedspáticos Porfíricos, considerada intrusiva e equivalente dos *Tufos com Megacristsais* de Schermerhorn e Stanton. A cartografia realizada em Aljustrel (Matos, 2005) reflecte a presença das unidades vulcânicas inferior e superior, possibilitando a identificação de contactos intrusivos entre vulcanitos desta última unidade e sedimentos xistentos de idade desconhecida, tal como se observa nas proximidades da praça de Touros de Aljustrel e na margem direita da Barragem de Água Industrial (BAI). Os riólitos da unidade *Tufo Verde* foram datados, pelo método de U/Pb em zircões, de  $352.4 \pm 1.9$  Ma (Barrie *et al.*, 2002) permitindo identificar a base do Tournaisiano. Também através deste método Rosa *et al.*, 2009 refere as idades de  $355 \pm 2$  Ma para estas rochas vulcânicas, de  $356 \pm 1$  Ma e  $357 \pm 2$  Ma para a unidade vulcânica dos *Tufos com Megacristsais* (base do Tournaisiano) e de  $364 \pm 2$  Ma (Fameniano) para os riólitos da Un. Vulcânica Inferior o que denuncia um longo período de actividade vulcânica em Aljustrel. Este autor refere ainda a possibilidade de aqui ter ocorrido a fusão de rochas vulcânicas recém formadas, indiciando a existência de um fluxo de calor sustentado, favorável à génese dos jazigos de sulfuretos maciços. A Jazida do Gavião, situada a ocidente da falha da Messejana, foi descoberta através de sondagens, sob a cobertura terciária. Andrade e Schermerhorn (1971) reconheceram a mesma sucessão litostratigráfica patente em Aljustrel, tendo identificado uma unidade nova, constituída por xistos escuros e siltitos finamente estratificados, que designaram por Fm. Gavião, considerada equivalente lateral da sucessão vulcânica dos *Tufos da Mina*. Procederam também à interpretação estrutural da jazida, reconhecendo 5 pequenas lenticulas de sulfuretos maciços no sector NE e uma massa maior a SW, assumida como sendo o prolongamento da massa do Moinho. J. Relvas (1991) considerou que a Fm. Gavião é a continuação para SW da Fm. Paraíso, não havendo portanto necessidade da criação de nova unidade estratigráfica regional. Sugeriu também que a jazida SW constitui a continuação da massa de São João, e que as cinco lenticulas a NE representam o mesmo horizonte mineralizado que foi dobrado.

A investigação palinoestratigráfica apresentada neste trabalho foi dificultada pela reduzida presença de matéria orgânica em bom estado de conservação nas amostras estudadas, continuando a observar-se a falta de dados relativos à datação de sedimentos intercalados em rochas vulcânicas. No entanto, obtiveram-se datações fiáveis das seguintes unidades: i) a *Formação do Paraíso* forneceu associações de palinómorfs das biozonas CM e Pu (Tournaisiano sup. - Viseano inf.); ii) a *Formação do Gavião* contém palinómorfs da biozona CM (Tournaisiano sup.), tendo portanto com idade semelhante à da Fm. Paraíso e confirmando a interpretação de Relvas (1991); iii) na sondagem GV08001 do Gavião identificaram-se xistos negros e siltitos bandados (entre os 509,80 m e 518,6 m) com uma associação de esporos incompleta, assinalada à Biozona TS (Viseano médio). Estes sedimentos encontram-se a topo de um nível decamétrico de riólitos que, provavelmente, terá uma idade similar; iv) a *Formação de Mértola* forneceu em sondagens de Feitais associações de miosporos, bem preservadas e relativamente diversificadas, assinaladas à Biozona NM (Viseano sup.-médio). Na entrada da Rampa de Feitais, a unidade xistenta amostrada corresponde à *Unidade de Monte da Broca* considerada como o topo da sequência flysch (Andrade e Schermerhorn, 1971). Estes sedimentos evidenciam miosporos que indicam a base da Biozona NM. Os resultados obtidos em termos de idades conjugam-se mais favoravelmente com a cartografia efectuada em Aljustrel por Matos (2005), onde esta mesma unidade surge na base da Fm. de Mértola, encontrando-se bem exposta ao longo do canal da BAI. A consistência dos argumentos paleontológicos e cartográficos leva a que se proponha esta unidade como representante do início da sedimentação turbidítica na região, com nome de Unidade Canal da BAI, sendo a mesma constituída por xistos cinzento-escuros a argilosos, com raros níveis de grauvaques. A observação das sondagens de Feitais e

Estação, mostrou que na base da Fm. Mértola os níveis de grauvaques são menos espessos e mais raros, ocorrendo uma maior predominância de xistos cinzentos-escuros. Estas variações sedimentares são semelhantes a outras sequências similares, observadas no sector português da FPI como é o caso de Neves Corvo (Oliveira *et al.*, 2005, Pereira *et al.*, 2008).

#### 4. CONCLUSÕES

O trabalho realizado permite uma melhor compreensão da estrutura de Aljustrel. A Fm. Paraíso apresenta uma idade Tournaisiano sup. - Viseano inf. (biozonas CM e Pu). A Fm. Gavião tem uma idade semelhante, contendo associações de miosporos da biozona CM, do Tournaisiano sup. Propõe-se uma nova unidade sedimentar correspondente à base da Fm. Mértola, a *Unidade Canal da BAI*, de idade Viseano médio-sup. (base da biozona NM). Estes resultados são interpretados com base em cartografia geológica de detalhe. As sequências vulcânicas encontram-se porém ainda mal conhecidas, sobretudo ao nível da sua variabilidade espacial, desconhecendo-se ainda a idade de sedimentos intercalados entre os litótipos vulcânicos. O estudo palinoestratigráfico sobre o CVS de Aljustrel deverá por isso prosseguir, alargando-se também ao controlo estratigráfico da Fm. de Mértola, em ambos os flancos da estrutura.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem o empenho do colector José Leal e o apoio dos geólogos das empresas Pirites Alentejanas, Almina, AGC e EDM na observação de sondagens. Este artigo foi um contributo para os projectos RUMYS e PYBE (PPCDT/CTE-GIN/56450/2004) da Fundação para a Ciência e Tecnologia.

#### Referências

- Barriga, F. (1983) - *Hydrothermal metamorphism and ore genesis at Aljustrel, Portugal*. PhD Thesis, Un. Western Ontario, London, 368 p.
- Barriga F., Kerrich, R. (1984) - *Extreme 18O-enriched Volcanics and 18O-evolved Marine Water, Aljustrel, Iberian Pyrite Belt: Transition from High to Low Rayleigh Number Convective Regimes*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* (48) pp.1021-1031
- Barrie, C., Amelin, Y., Pascual, E. (2002) – *U-Pb geochronology of VMS mineralization in the Iberian Pyrite Belt*. *Mineralium Deposita* (37/8) pp. 684-703.
- Conde, L.N.; Leitão, J. R., Ferreira, A. (1986) - *Estrutura das mineralizações de Aljustrel*. *Maleo* (2-13) pp. 15-16.
- Dawson, G.L., Barrett, T.J., Caessa, P., Alverca, R. (2001) - *The Feitais Polymetallic Massive Sulphide Deposit, Southern Portugal*; GEODE Workshop Massive Sulphide deposits in IPB, Abs., Aracena, Spain.
- Leitão, J. (1992) - *The Aljustrel overthrust problem in the view of the new evidence from the Sto Antão area*. *Comun. Serv. Geol. Portugal, Lisboa*, 78 (2), pp. 97-102.
- Leitão, J. (1998) – *Geologia dos depósitos de sulfuretos maciços de Aljustrel*. V Cong. Nac. Geol., IGM, pp. 91-100.
- Matos, J.X. (2005) – *Carta geológica e mineira da mina de Aljustrel 1/5000*. DPMM INETI.
- Matos, J.X.; Martins, L.P.; Oliveira, J.T.; Pereira, Z.; Batista, M.J.; Quental, L. (2008) - *Rota da pirite no sector português da Faixa Piritosa Ibérica, desafios para um desenvolvimento sustentado do turismo geológico e mineiro*. Livro *Rutas Minerales en Iberoamérica*, Ed. P. Carrion, Esc. Sup. Polit. Guayaquil, Equador, p136-155.
- Oliveira, J.T.; Pereira, Z.; Rosa, C.J.; Rosa, D.; Matos, J.X. (2005) - *Recent advances in the study of the stratigraphy and the magmatism of the Iberian Pyrite Belt, Portugal*. In: Carosi, R., Dias, R., Iacopini, D., Rosenbaum, G., (Eds.), *The southern Variscan belt*, *Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition* 19/9, 1441-8142.
- Pereira, Z., Matos, J.X., Fernandes, P., Oliveira J.T., (2008). *Palynostratigraphy and Systematic Palynology of the Devonian and Carboniferous Successions of the South Portuguese Zone, Portugal*. *Mem. INETI* (34), pp. 1-176.
- Relvas, J.M.R.S. 1990. *Estudo geológico e metalogenético do Gavião, Baixo Alentejo*. Tese Mest. Un. Lisboa 248p.
- Rosa, D., Finch, A., Andersen, T., Inverno, C. (2009) - *U-Pb geochronology and Hf isotope ratios of magmatic zircons from the Iberian Pyrite Belt*. *Miner Petrol.* (95), pp. 47-69.
- Schermerhorn, L., Staton, W. (1969) - *Folded overthrusts at Aljustrel (Portugal)*. *Geol. Magazine* (106) pp.130-141.
- Schermerhorn, L. (1971) - *An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt*. *Bol. IGME* (82/3-4), pp. 239-268.
- Schermerhorn L.; Zbyzewski, G.; Ferreira, V. (1987) – *Carta Geológica 1/50000 42D Aljustrel*, SGP, 55pp.
- Silva JMB, V Oliveira, J Matos, JC Leitão, 1997. *Field Trip #2: Aljustrel and the Central Iberian Pyrite Belt*. In Barriga F., Carvalho D. *Geology and VMS Deposits of the Iberian Pyrite Belt*, SEG Guidebook USA (27), 192 p.