

**Cem milhões de anos de actividade hidrotermal.  
O exemplo do paleosistema Varisco**

**One hundred million years of hydrothermalism.  
The case study of the Variscan paleosystem**

FERNANDO NORONHA, ARMANDA DÓRIA, ALEXANDRA GUEDES E  
ALEXANDRE LOURENÇO.

A cadeia Varisca foi dobrada, pelo menos, por três fases de deformação  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ . A época em que se passou de um regime tectónico de extensão a compressão é revelada pelos efeitos de  $D_1$ , no fim do Devónico médio. Do encurtamento crustal, durante  $D_1$  e  $D_2$ , até à colisão continental surgiram dobras deitadas e durante  $D_3$  dobras com plano axial vertical e zonas de cisalhamento dúctil. A acção de  $D_3$ , ao contrário das duas primeiras fases ficou impressa em muitas das massas graníticas Variscas, demonstrando a existência de um período de distensão, durante  $D_3$ , que permitiu a ascensão dos respectivos magmas. Associado a toda esta evolução e depois do espessamento crustal ocorreu, metamorfismo orogénico (sin a tardi  $D_2$ ) e anatexia crustal, no Carbónico inferior (340 a 350 Ma) com condições máximas de P de 300 a 400 MPa e T de 600 a 700°C.

O magmatismo orogénico implicou dois tipos principais de granitos: "granitos de duas micas" (moscovite dominante) ou granitos peraluminosos e "granitóides biotíticos com plagioclase cálcica" ou granitos monzoníticos e granodioritos. Os granitos de duas micas resultaram principalmente da anatexia mesocrustal; aos granitóides biotíticos é atribuída uma origem basocrustal. Associado à instalação dos granitos de duas micas registou-se um primeiro pico térmico (T de 500 a 550°C e P de 300 a 350 MPa) e à dos granitos biotíticos, nomeadamente os pós-tectónicos, um metamorfismo de contacto (T de 500 a 550°C e P de 150 a 200MPa).

Toda esta evolução do orógeno, quer em termos metamórficos, quer magmáticos, implicou uma complexa história de

produção e circulação de fluidos. Primeiro os produzidos e movidos em consequência da tectónica e metamorfismo e depois os remobilizados e equilibrados em consequência de sucessivos circuitos convectivos induzidos pelo magmatismo e onde seguramente intervieram também fluidos magmáticos e meteóricos.

Escolhendo sectores específicos, do Norte e Centro de Portugal, tentamos fazer uma reconstituição da complexa história destes sistemas hidrotermais antigos (dos 340 Ma aos 270 Ma) recorrendo, principalmente ao estudo dos paleofluidos aprisionados em inclusões fluidas (IF) de minerais das rochas metamórficas e de estruturas mineralizadas, de diferentes tipos e idades, associados a sistemas de idade Varisca.

Os fluidos mais antigos a que tivemos acesso estão contidos em veios de quartzo (ante- $D_3$ ) em rochas metamórficas; eles são predominantemente aquosos, com vestígios de  $CH_4$  e/ou  $CO_2$  na fase volátil; e são os fluidos que consideramos mais próximos dos resultantes dos processos de desidratação metamórfica. Entretanto e devido a uma interação fluido/rocha aqueles fluidos modificaram-se e gradualmente foram adquirindo uma composição cada vez mais complexa, com uma fase volátil cada vez mais rica em  $CO_2$  e/ou  $CH_4$  aprisionada a P de 350 a 400 MPa e T de 500 a 550 °C. Constituem exemplos destes fluidos, os aprisionados em quartzos leitosos de veios que viriam a suportar os sulfuretos mais precoces, como por exemplo a arsenopirrite. Estes fluidos estão temporalmente ligados ao pico térmico associado à instalação dos granitos de duas micas (311 Ma). Os

últimos fluidos deste ciclo, são já predominantemente aquosos e de baixa salinidade, provavelmente devido a um influxo de fluidos meteóricos, aos quais esteve associada a deposição do ouro Varisco em condições de  $P < 70$  MPa e  $T < 300^\circ\text{C}$ . Estas condições são indicativas de acentuado levantamento do orógeno e/ou mudança de regime litostático para hidrostático no fim da fase D<sub>3</sub> (305 a 300 Ma).

Segue-se imediatamente no tempo um ciclo em que os fluidos tiveram uma evolução idêntica, em termos composicionais mas espacialmente associados à subida e instalação de granitos mais quentes, porque de origem basicrustal, que subiram mais alto na crosta (até 4 km de profundidade), que provocaram importantes circuitos convectivos - os granitos biotíticos (290 a 280 Ma). Os primeiros fluidos são predominantemente aquosos, de origem magmática, nomeadamente representados em minerais silicatados das fases mais precoces (topázio); estes e fluidos meteóricos aquosos interagiram com as rochas metamórficas dando origem a fluidos aquo-carbónicos associados aos óxidos, nomeadamente, a óxidos de W e Sn. Com a continuação da introdução de água meteórica no sistema, acompanhada com o abaixamento da temperatura e pressão, verificou-se um enriquecimento em CH<sub>4</sub> na fase volátil e uma progressiva diluição, traduzida por um aumento da densidade dos fluidos, nomeadamente os que ocorrem associados à deposição dos sulfuretos (calcopirite e blenda) em estruturas filonianas.

A maior quantidade de fluidos que migraram na crosta superior no final da orogenia Varisca foram, assim, águas

"metamórficas *s.l.*" que entretanto se misturaram com águas superficiais à medida que diminuíam as condições de P e T. As principais forças para a sua migração foram as descontinuidades estruturais (que agiram como zonas de drenagem), a instalação de magmas graníticos e a decompressão das unidades Variscas.