

## **Estudo da microfracturação do maciço granítico de Castelo Branco através dos Planos de Inclusões Fluidas**

### ***Microfracturation study of Castelo Branco granite massif using Fluid Inclusion Planes***

**A. DÓRIA** – adoria@fc.up.pt (Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT); Centro de Geologia da UP)

**P. MORAIS** - pedrodiasort@gmail.com (Universidade do Porto – DGAOT)

**M. SANTOS** - south\_african\_girl87@hotmail.com (Universidade do Porto – DGAOT)

**C. R. GOMES** – romualdo@dct.uc.pt (Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra; Centro de Geofísica da UC)

**H. SANT’OVAIA** – hsantov@fc.up.pt (Universidade do Porto - DGAOT; Centro de Geologia da UP)

**F. NORONHA** - fmnoronh@fc.up.pt (Universidade do Porto - DGAOT; Centro de Geologia da UP)

*RESUMO:* O principal objectivo deste trabalho consistiu na determinação da geometria dos PIF, no maciço granítico de Castelo Branco. Este estudo mostrou que para além de PIF em Modo I, também estão presentes em Modo II, sugerindo que as orientações encontradas NE-SW a NNE-SSW e E-W a ESE-WNW podem ser interpretadas como conjugados relacionados com uma tensão máxima ( $\sigma_1$ ) orientada NE-SW. A orientação NNW-SSE corresponde a um sistema mais tardio.

*PALAVRAS-CHAVE:* microfracturação, planos de inclusões fluidas, granitos, deformação.

*ABSTRACT:* The main objective of this study was to determine the geometry of the FIP, in the Castelo Branco granite massif. This study showed that in addition to FIP in Mode I, are also present Mode II, suggesting that the directions found NE-SW to NNE-SSW and E-W to ESE-WNW can be interpreted as related to a maximum stress ( $\sigma_1$ ) oriented NE-SW. The NNW-SSE orientation corresponds to a late system.

*KEYWORDS:* microfracturation, fluid inclusion planes, granites, deformation.

### **1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS**

Os planos de inclusões fluidas (PIF) resultam da cicatrização de anteriores microfracturas abertas onde se pensa que fossilizaram corredores de fluidos (Roedder, 1984) e constituem os melhores registos para o estudo da circulação dos fluidos (Lespinnasse & Pecher, 1986; Lespinnasse, 1999).

Para a formação dos PIF é necessária a existência de um regime frágil sendo necessário que o limite de plasticidade seja ultrapassado ocorrendo a deformação por rotura. Esta ocorre por

tracção, isto é, os dois blocos que estão fracturados afastam-se e constituem deste modo microfracturas abertas (Lespinasse, 1991; Nogueira, 1997). O processo de “selagem” de microfracturas é descrito como “crack and seal” (Ramsay, 1967).

Os PIF são microfracturas abertas em modo I (microfracturas de extensão), que se formam no plano  $\sigma_1 - \sigma_2$ , perpendicular a  $\sigma_3$  (Lespinasse, 1991). No entanto outros autores admitem a existência de microfracturas irregulares e curvas que sugerem uma formação em modo II (Lawn & Wilshaw, 1975 *in* Hennings *et al.*, 2007).

O principal objectivo deste trabalho consiste na determinação da geometria da microfracturação, materializada por PIF, nas diferentes fácies graníticas do maciço de Castelo Branco.

O maciço de Castelo Branco, com idade de  $310 \pm 1$  Ma (Antunes, 2006), é aproximadamente concêntrico e constituído por três fácies graníticas: uma fácies central de granito de grão médio de duas micas, rodeado por duas fácies de granitos monzoníticos de tendência porfíroide a porfíroides (Carta Geológica de Portugal, à escala 1:500 000, 1992). Este maciço, situado na Zona Centro-Ibérica, intrui metassedimentos do “Complexo Xisto-Grauváquico” (CXG) e aflora ao longo de uma área de aproximadamente  $390 \text{ km}^2$ , contactando a este com o maciço de Oledo-Idanha-a-Nova.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do estudo dos PIF, utilizaram-se lâminas espessas (cerca de  $200 \mu\text{m}$ ) polidas de ambos os lados, cortadas a partir de amostras orientadas recolhidas para estudos de Anisotropia de Susceptibilidade Magnética (ASM).

Foram medidas em cada lâmina as direcções dos PIF recorrendo a um programa de análise de imagens utilizando um computador que recebe o sinal enviado por uma câmara de vídeo montada num microscópio petrográfico de transmissão através de “software” específico - programa PLANIF (Nogueira & Noronha, 1995; Nogueira, 1997). O microscópio está equipado com um cursor de movimentos X-Y, acoplado à platina, de modo a efectuar o varrimento da lâmina. A imagem da lâmina (a duas dimensões) é observada no monitor do computador, e com a ajuda do “rato” assinalam-se as direcções observadas. O programa utilizado constrói um ficheiro de dados onde são armazenados parâmetros como a direcção, comprimento, abertura, tipo de fluido e frequência dos PIF. Neste estudo, a direcção dos PIF foi o único parâmetro utilizado.

Para a interpretação dos dados foram realizados diagramas de roseta das direcções utilizando o programa “Stereonet for Windows”.

## 3. GEOMETRIA DA MICROFRACTURAÇÃO

Foram seleccionadas algumas amostras, das diferentes fácies estudadas, a fim de proceder ao reconhecimento das principais orientações dos PIF. Só foram medidas as microfracturas registadas nos grãos de quartzo uma vez que este mineral não apresenta alteração nem clivagens, permitindo que as microfracturas se formem em todas as direcções sem a influência das clivagens. Para além destas vantagens, o quartzo comporta-se mais de acordo com um material isotrópico do que como uma substância cristalina anisotrópica (Kowallis, 1987).

Para a sistematização dos PIF observados utilizou-se a terminologia estabelecida por Simmons & Richer (1976) e Kranz (1983) (*in* Kerkhof & Hein, 2001) que considera as seguintes tipologias: transgranular (tipo1- atravessam as fronteiras de vários grãos); intragranulares (tipo3- interior do grão, tipo4- limite/limite, tipo5- limite/interior do grão).

A tabela 1 representa o número de PIF para cada tipologia, em cada amostra.

Pela análise da tabela podemos concluir que o tipo mais frequente de PIF, nas amostras estudadas, é o tipo 5. Por outro lado conclui-se também que os PIF transgranulares são os menos frequentes.

Tabela 1 - Tabela representativa dos diferentes tipos de PIF observados em cada amostra.

Estações	Tipo 1	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
1	20	18	54	64
2	3	17	41	22
3	1	6	5	19
4	3	36	29	32
5	21	11	26	26
6	29	8	54	68
7	15	4	7	15
<b>Total</b>	92	100	216	256

Na figura 1 apresenta-se o mapa simplificado do maciço com as respectivas rosetas de frequência.



Figura 1- Localização das amostras estudadas e respectivas rosetas de orientação dos PIF.

#### 4. DISCUSSÃO

Da análise das rosetas de orientação dos PIF (Fig.1) conclui-se que existem 3 orientações principais: NNE-SSW a NE-SW; E-W a ESE-WNW; NNW-SSE a NW-SE.

Uma compressão NE-SW foi responsável por um estiramento magmático NW-SE evidenciado pelo *fabric* magnético registado neste maciço (Sant’Ovaia *et al.*, 2008).

A menor frequência de PIF transgranulares e a existência de PIF encurvados (Fig. 2a) associado a indícios de cisalhamento (Fig. 2b) sugerem também a formação de fracturas em Modo II. As orientações NE-SW a NNE-SSW e E-W a ESE-WNW podem ser interpretadas como conjugados relacionados com uma tensão máxima ( $\sigma_1$ ) orientada NE-SW; a orientação NNW-SSE corresponde a um sistema mais tardio

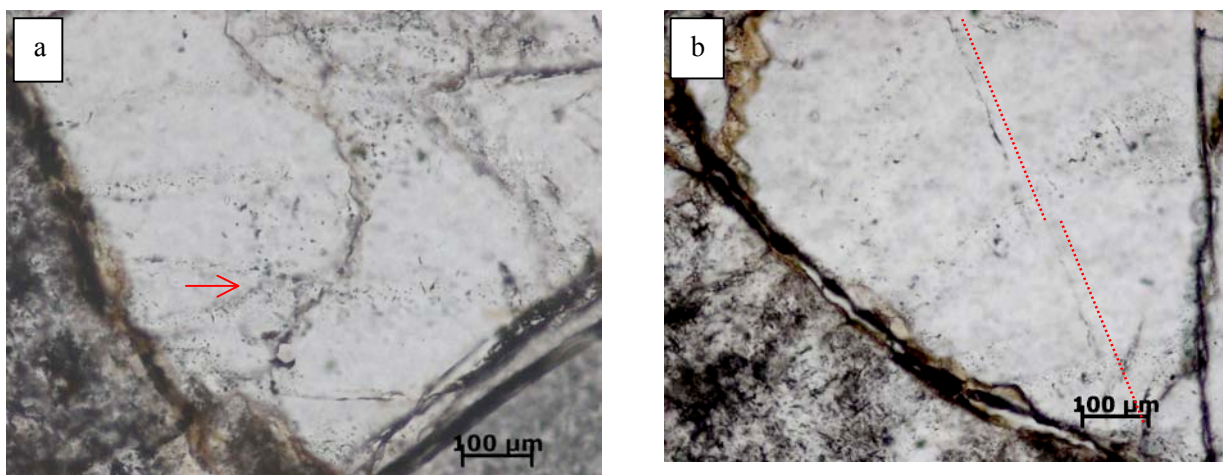


Figura 2- (a) Aspecto de PIF com encurvamento; (b) Evidência de deslocamento esquerdo num PIF.

Os factos sugerem que o arrefecimento magmático foi rápido, uma vez que o campo de tensões se manteve constante na passagem do comportamento dúctil ao dúctil-frágil. Esta interpretação corrobora a existência de PIF em Modo II para além dos em Modo I que são os mais tardios e relacionados com outro campo de tensões.

### Agradecimentos

Os trabalhos desenvolvidos por Helena Sant'Ovaia e Armanda Dória e Fernando Noronha inserem-se respectivamente nas actividades do grupo GEODYN e GEOREMAT do Centro de Geologia da UP e tem o suporte financeiro da FCT, POCI 2010. Os trabalhos desenvolvidos por Celeste Romualdo Gomes inserem-se no âmbito do Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra.

### Referências

- Antunes, I.M. (2006) - *Mineralogia, Petrografia e Geoquímica das rochas graníticas da área de Castelo Branco – Idanha-a-Nova (Portugal central)*. Tese de doutoramento (não publicada). Universidade de Coimbra, 454 p.
- Carta Geológica de Portugal (1992), escala 1:500000, Folha 1, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- Hennings, S., Vollbrecht, A., Van den Kerkhof, A.M., Alfons, M. & Hein, U.F. (2007) – *Healed microcracks in late Variscan granites-comparison between the NE Bavarian Basement and the Harz Mountains (Germany)*. In: ECROFI XIX, University of Bern, Switzerland. Abstract Volume, p.164.
- Kowallis, B.J., Wang, H.F. & Jang, B.A. (1987) – Healed microcrack orientations in granite from Illinois borehole UPH-3 and their relationship to the rock's stress history. *Tectonophysics*, 135, pp. 297-306.
- Lespinasse, M. (1991) - Les trainées d'inclusion fluides: marqueurs microstructuraux des paléocontraintes et des migrations fluids. *Mém. Géol. Géochim. Uranium*, 19, 251 p.
- Lespinasse, M. (1999) – Are fluid inclusion planes useful in structural geology? *Journal of Structural Geology*, 21, pp. 1237-1243.
- Lespinasse, M., Pecher, A. (1986) – Microfracturing and regional stress field: a study of preferred orientations of fluid inclusion planes in a granite from the Massif Central, France. *Journal of Structural Geology*, 8, pp. 169-180.
- Nogueira, P. (1997) - *Estudo de paleofluidos mineralizantes (Au, Ag, As) e sua migração. Aplicação a regiões auríferas do Norte de Portugal*. Tese de Doutoramento. Universidade do Porto, 220 p.
- Nogueira, P. & Noronha, F. (1995) - PLANIF: Um programa de análise de imagens para o estudo de microestruturas das rochas. In: F. Sodrê Borges & M.M. Marques (Coords), IV Congresso Nacional de Geologia, Porto, Resumos Alargados. *Mem. Mus. Labor. Miner. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto*, 4, pp. 379-382.
- Ramsay, J.G. (1967) - *Folding and Fracturing of Rocks*. McGraw-Hill, New York, 568 p.
- Roedder, E., (1984) - *Fluid inclusions, Reviews in Mineralogy*, 12. Mineralogical Society of America. 644 p.
- Sant'Ovaia, H., Gomes, C., Rocha, A. (2008) - Parâmetros magnéticos das rochas do Complexo Granítico de Castelo Branco, Portugal Central. In: P.M. Callapez, R. Bordalo da Rocha, J. Fonseca Marques, L. Sobral da Cunha e P. Morgado Dinis (Edt); *A Terra: Conflitos e Ordem*. Colóquio de homenagem ao Professor António Ferreira Soares, pp 265-272.
- Van den Kerkhof, A.M., Hein, U.F. (2001) – Fluid inclusion petrography. *Lithos* 55, pp. 27-47.