

Caracterização de zonas de cisalhamento dúctil com diferentes condições de P-T a partir da análise geométrica de *shearband boudins*

Characterization of ductile shear zones with different P-T conditions based on the geometric analyzes of shearband boudins

J. P. Sousa^{1*}, B. C. Rodrigues², & J. Pamplona¹

¹ CIG-R, Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, Portugal

² CGUP, Porto, Portugal

* jpneivasousa@gmail.com

Resumo: No presente trabalho analisou-se a relação entre a morfologia de corpos *boudinados* e as condições tectono-metamórficas em que estes se formaram e evoluíram. Com base neste pressuposto formula-se a hipótese de ser possível associar *boudins*, com características geométricas bem definidas, a ambientes metamórficos específicos. Foram estudados 345 *boudins*, distribuídos por quatro regiões com distintos graus de metamorfismo: Serra da Salgosa, Praia da Granja, Aracena e Acebuches. Relativamente a cada *boudin* foi analisada a relação entre os rácios de parâmetros geométricos e o ângulo θ (ângulo entre a superfície interna do *boudin* – Sib – e a superfície externa do *boudin* – Sb). Os dados obtidos permitiram concluir que a morfologia do *boudin* parece depender de fatores, tais como, a espessura e natureza do corpo *boudinado*, o contraste de viscosidade e a taxa de deformação, não sendo clara uma relação entre a morfologia do *boudin* e o ambiente metamórfico em que este se formou.

Palavras-chave: *shearband boudin*, parâmetros geométricos, ambiente metamórfico.

Abstract: In this study we pretend to analyze the relation between the *boudins* morphology and the tectono-metamorphic environment where they were formed and evolved. Therefore, it would be possible to associate *boudins*, with well-defined geometric parameters, to a specific metamorphic environment. During this study 345 *boudins* have been analyzed, distributed along four different areas with distinct metamorphism degrees: Serra da Salgosa, Praia da Granja, Aracena and Acebuches. For each *boudin*, the relation between ratios of different geometric parameters and the θ angle (angle between the *boudin* internal surface – Sib – and the *boudin* external surface – Sb) were analyzed. The obtain data allow us to conclude that the boudin morphology appears to depend on factors such as the layer thickness and nature, matrix/layer viscosity contrast and strain rate. The relation between the boudin morphology and the metamorphic environment where it was formed doesn't seems clear.

Key-words: shearband boudin, geometric parameters, metamorphic environment.

INTRODUÇÃO

No presente trabalho pretende-se analisar, a partir da metodologia sugerida por Rodrigues & Pamplona (2009) e Pamplona & Rodrigues (2011) - medição de parâmetros geométricos para a caracterização de *boudins* -, zonas de cisalhamento dúctil que evoluíram sob diferentes condições P-T. Foram estudadas quatro áreas com distintas condições de metamorfismo: zona de cisalhamento Malpica-Lamego; zona de cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo e complexos metamórficos de Aracena e Acebuches. Com a aplicação desta metodologia pretende-se estabelecer correspondências entre *boudins*, com características geométricas bem definidas, e ambientes metamórficos específicos (Baixo Grau, Médio Grau e Alto Grau).

Tendo como referência este enquadramento metodológico, pretende-se com o desenvolvimento deste trabalho atingir os seguintes objetivos genéricos de investigação:

- 1) Avaliar a aplicabilidade universal desta metodologia em zonas de cisalhamento com diferentes condições de metamorfismo;
- 2) Verificar se é cientificamente consistente definir diferentes populações de *boudins*, com base em parâmetros geométricos (relação entre o deslocamento inter-*boudins* e o comprimento do seu eixo menor – rácio D'/W – e relação entre o eixo menor e o eixo maior do *boudin* – rácio L/W), para diferentes condições de P-T. Na eventualidade de se verificar a existência de diferentes populações de *boudins*, em função das condições de P-T em que se formaram e evoluíram, seria possível definir padrões morfológicos associados a graus de metamorfismo bem definidos: os *boudins* seriam “marcadores” das condições P-T das formações geológicas onde estão inseridos.

O rácio axial dos *boudins* L/W (L , W – comprimento do eixo maior e eixo menor do *boudin*, respetivamente) é um fator importante que determina a evolução da *boudinage*. A relação entre o espaçamento inter-*boudins* (D') e o comprimento do eixo menor do *boudin* (W) também são indicadores das condições e evolução do processo de *boudinage*. Na Figura 1 são apresentados quatro tipos de *boudins*, com morfologias bem distintas, em função do rácio D'/W (Fig. 1a) e do rácio L/W (Fig. 1b).

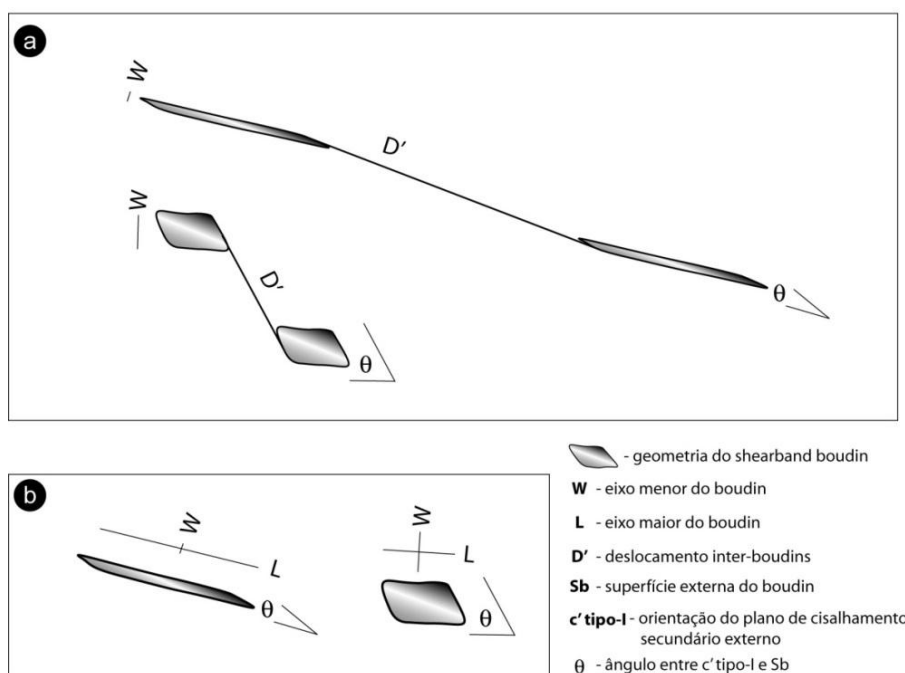


Figura 1 – Influência do rácio D'/W e do ângulo θ (Fig. 1a) e influência do rácio L/W e do ângulo θ (Fig. 1b) na geometria do *boudin*.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada na análise cinemática de zonas de cisalhamento baseada na análise geométricas de *boudins* tem comprovado ser uma ferramenta de fácil aplicação. A análise morfológica de *boudins* inicia-se com a medição da orientação do eixo do *boudin* (Lb), como elemento fundamental da análise cinemática em cisalhamento simples – Lb provou ser sempre perpendicular a um plano de deslocamento local (Sx) que é definido como o plano que contém diferentes lineações (entre as quais, a mais relevante, a lineação de estiramento na rocha encaixante, Lx) e, assim sendo, válida a orientação do plano aflorante.

A metodologia também inclui a medição de diversos parâmetros angulares e dimensionais, alguns deles adaptados de Goscombe e Passchier (2003).

Para cada área estudada foram determinados os seguintes rácios no estudo morfológico de *boudins*: θ (ângulo entre a superfície interna do *boudin* – Sib – e a superfície externa do *boudin* – Sb) e L/W (quociente entre o comprimento do *boudin* e a sua largura); θ e D'/W (quociente entre o afastamento inter-*boudins* e a largura do *boudin*).

Na Salgosa, Praia da Granja e Aracena os parâmetros geométricos dos *boudins* foram medidos *in situ*. No complexo de Xistos Verdes de Acebuches, os afloramentos dos corpos *boudinados* revelaram-se inacessíveis, pelo que, a recolha de amostras *in situ* (amostras orientadas) revelou-se tarefa impossível. Assim sendo, foram recolhidas amostras de mão na base dos taludes. Desta forma, e tendo em consideração que as amostras de mão não estavam orientadas, não foi possível medir determinados parâmetros angulares (por exemplo, o eixo do *boudin*: “Lb”). Não obstante, esses valores não se revelaram determinantes para análise geométrica que foi realizada no âmbito do presente trabalho (rácio D'/W e do rácio L/W).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os valores obtidos para a relação L/W e θ , foi possível identificar diferenças morfológicas entre os *boudins* de cada área: em Acebuches e em Aracena os *boudins* apresentam, de uma forma geral, um ângulo θ superior ao dos *boudins* estudados na Praia da Granja e na Salgosa. Por outro lado, na Praia da Granja e na Salgosa a relação L/W é, genericamente, superior à que se regista em Acebuches e Aracena (Fig. 2A).

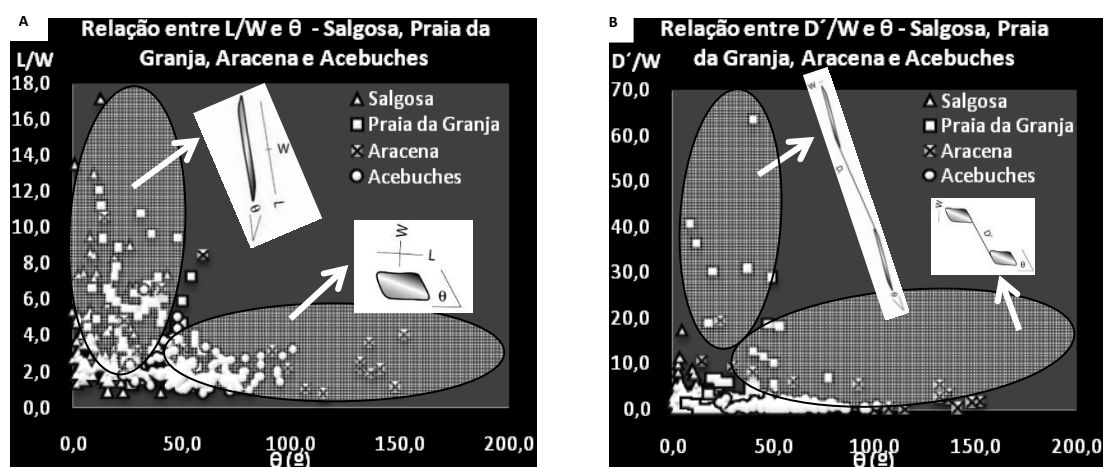


Figura 2 – Comparação entre os rácios de parâmetros geométricos vs. o ângulo θ dos *boudins* estudados. A) Rácio L/W vs. θ . B) Rácio D'/W vs. θ .

No que se refere à relação entre o rácio D'/W e ângulo θ , identificaram-se diferenças morfológicas entre os *boudins* de cada área: em Acebuches, Aracena e Salgosa, os valores para a relação entre D'/W são baixos comparativamente aos valores obtidos na Praia da Granja (Fig. 2B). Significa isto que, na Praia da Granja o afastamento inter-*boudins* é bastante superior ao observado nas outras áreas de trabalho.

Relativamente ao ângulo θ verifica-se, uma vez mais, diferenças significativas entre as áreas estudadas: como referido anteriormente, este parâmetro tem valores superiores nas áreas de Acebuches e de Aracena. Foi possível definir diferentes populações de *boudins*, com características geométricas distintas para cada região estudada.

Apesar de alguma incerteza estatística, é possível identificar diferenças morfológicas entre os *boudins* de cada área: em Acebuches, Aracena e Salgosa, os valores para a relação entre D'/W são baixos comparativamente aos valores obtidos na Praia da Granja. Assim, na Praia da Granja o afastamento inter-*boudins* é bastante superior ao afastamento inter-*boudins* observado nas outras áreas de trabalho.

No que respeita à relação entre o grau de metamorfismo (condições P-T) em que os *boudins* foram gerados e a sua morfologia, designadamente a relação entre L/W e θ , os resultados demonstram que, aparentemente, essa relação não é muito clara. Os *boudins* estudados na Serra da Salgosa e os *boudins* estudados em Aracena, ambos em ambiente de alto grau de metamorfismo, apresentam geometrias muito distintas. Apesar de a sua relação L/W ser relativamente parecida, os *boudins* de Aracena apresentam valores de θ muito superiores aos da Salgosa.

A serem inteiramente corretas estas aferições, por exclusão de partes, conclui-se que a morfologia dos *boudins* dependerá fortemente de fatores tais como a espessura e composição do corpo *boudinado*, ou o contraste reológico, ou as características da matriz onde estão inseridos os *boudins*, entre outros, que terão uma influência bastante mais significativa na morfologia dos corpos *boudinados* que o grau metamórfico que constituiu a hipótese de partida para a realização deste estudo.

CONCLUSÃO

Este estudo aponta para que a geometria dos *boudins* esteja condicionada por fatores, tais como, a espessura e composição do corpo *boudinado*, o contraste reológico e a taxa de deformação. Não é clara a associação de tipos morfológicos de *boudins* com distintos ambientes P-T: verificou-se que para áreas com o mesmo grau de metamorfismo podemos ter *boudins* de geometrias muito distintas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Goscombe, B.D., Passchier, C.W., 2003. Asymmetric boudins as shear sense indicators – an assessment from field data. *Journal of Structural Geology* 25, 575-589.
- Pamplona, J., Rodrigues, B.C., 2011. Kinematic interpretation of shearband boudins: new parameters and ratios useful in HT simple shear zones. *Journal of Structural Geology* 33 (1), 38-50.
- Rodrigues, B.C., Pamplona, J., 2009. How "to see" boudins in HT shear zones? An expeditious method of boudins kinematics interpretation. 17th Deformation Mechanisms, Rheology & Tectonics 2009, Abstract Volume, Liverpool, s/pp.