

# CONTROLE ESTRUTURAL E CONSTRANGIMENTOS GEOLÓGICOS NA EXPLORAÇÃO DE MÁRMORES NO ANTICLINAL DE ESTREMOZ – ALENTEJO – PORTUGAL

Lopes<sup>1</sup>, L. & Silva<sup>2</sup>, J. B.

<sup>1</sup> – Universidade de Évora – Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Geociências. Rua Romão Ramalho, 59. 7002 – 554 Évora. [lopes@uevora.pt](mailto:lopes@uevora.pt)

<sup>2</sup> – Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Campo Grande, Edifício C6, 1749-016 Lisboa. [jbsilva@fc.ul.pt](mailto:jbsilva@fc.ul.pt)

## RESUMO

O anticlinal de Estremoz é um dos principais centros mundiais de extracção de mármore para fins ornamentais. O estudo que agora se apresenta permite por em evidência o controle estrutural na exploração dos mármore de Estremoz. A cartografia detalhada em torno de algumas explorações confirmou que, frequentemente, os seus limites físicos correspondem a descontinuidades geológicas. Entre estas destacam-se os corredores de deformação NNW–SSE, sub-verticais e sensivelmente longitudinais em relação à macroestrutura. Estes correspondem a zonas de cisalhamento esquerdas bem definidas com deslocamentos horizontais e verticais difíceis de quantificar mas, superiores à extensão de afloramento exposto, ou seja podendo atingir pelo menos a centena de metros segundo a horizontal e pelo menos 30 metros segundo a vertical. Ortogonalmente a esta direcção ocorrem falhas verticais do tipo *dip slip* e *strike slip* frequentemente sublinhadas por intrusões de filões doleríticos. Em conjunto estas duas famílias de descontinuidades contribuem para uma segmentação da estrutura anticlinal em zonas de exploração com características próprias. No anticlinal de Estremoz, a correcta caracterização destes acidentes nas unidades extractivas em laboração constitui uma ferramenta indispensável na optimização das explorações.

**Palavras-chave:** Mármore, deformação, bandas de cisalhamento, rochas ornamentais.

## ABSTRACT

The Estremoz anticline, South-Central – Portugal, is one of the most important centre of production of marble, as dimension stone, in the World.

These marbles have been quarried since the antiquity as a valuable geological resource. In the 20th century, with the introduction of modern exploitation and manufacturing technologies and especially in the 70's with the opening of the Portuguese economy to the exterior, the marble industry took an increase forward and these are now exported worldwide (Brilha *et al.*, 2004). Nevertheless, due to the lack of geological knowledge by the owners of the quarries, a lot of mistakes have been carried out with the economical penalty. In this paper we propose a geological model which will be useful in the economical feasibility of the quarries of the Estremoz marbles.

**Key-words:** Marble, deformation, shear-bands; dimension stone.

## ENQUADRAMENTO ESTRUTURAL E GEOLÓGICO

O Anticlinal de Estremoz localiza-se no sector setentrional da Zona de Ossa – Morena (ZOM) (Lotze, 1945), em Portugal, 150 quilómetros a Leste de Lisboa, a partir de onde se faz o acesso através da auto-estrada A6 (Fig. 1).

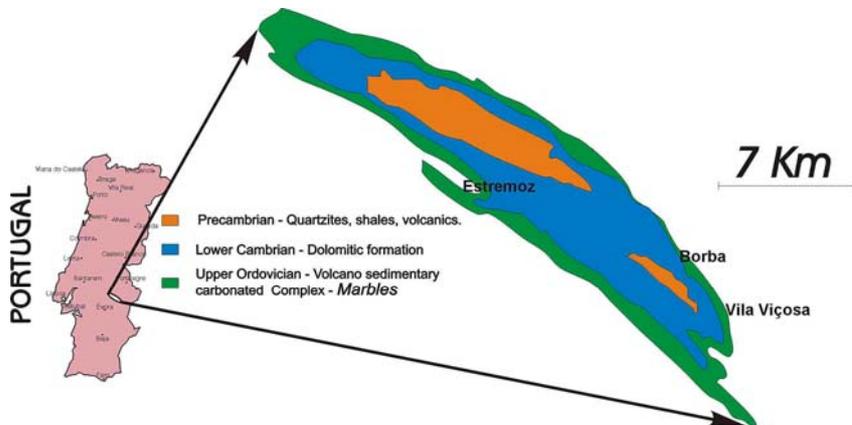


Fig. 1 – Localização e esboço geológico do anticlinal de Estremoz. Retirado de Lopes *et al.* (2000).

A estrutura anticlinal apresenta um núcleo precâmbrico, sobre a qual aflora a Formação Dolomítica (Câmbrico inferior provável) a que se segue o Complexo Vulcano-sedimentar-carbonatado de Estremoz (CVSCE), onde se encontram os mármore explorados como rocha ornamental. A idade deste complexo permanece incerta (Oliveira *et al.* 1986; Oliveira *et al.* 1991 Lopes, 1995; Piçarra, 2000) embora apontemos como mais provável o Ordovícico superior (Ashgill?) para a sua idade (Lopes, 2003).

A ZOM é uma das zonas tectonoestratigráficas em que se divide o território paleozóico português (Lotze, 1945; Ribeiro *et al.*, 1979). Em termos tectónicos a região foi afectada por vários impulsos da Orogenia Varisca (ou Hercínica) (Lopes, 1995, 2003).

Na região, esta orogenia caracteriza-se por apresentar duas fases não coaxiais de deformação dúctil a que se seguem pelo menos três eventos de deformação em regime mais frágil, constituindo, em concreto estes últimos, um maior entrave à exploração do mármore para fins ornamentais.

A primeira fase de deformação dúctil (D1) origina a xistosidade de fluxo regional (S1) que frequentemente transpõe a estratificação. Cinematicamente esta fase gera dobras isoclinais deitadas e direcção axial próxima de N-S e transporte para N ou NNW sub paralelo ao orógeno (Fig. 2).

A segunda fase (D2) é a responsável pela orientação NW-SE regional das estruturas; formam-se dobras mais ou menos abertas, em função das litologias e do andar estrutural em que ocorre a deformação.

As dobras D2 apresentam invariavelmente plano axial sub-vertical e eixos com inclinações inferiores a 30°. A estrutura anticlinal de Estremoz, com orientação NW-SE tem cerca de 40 km de comprimento e 7 a 10 km de largura, apresentando um padrão de afloramento em doma alongado com eixos mergulhantes para NW na terminação setentrional e para SE na terminação periclinal SE. Esta forma descreve perfeitamente a actuação da fase D2 na região.

A transição entre as estruturas D2 e os corredores de deformação NNW-SSE, que se lhe seguem temporalmente, faz-se de modo progressivo (Fig. 3). Frequentemente os flancos das dobras D2 são estirados, primeiro em regime francamente dúctil e nos estádios finais com critérios marcadamente frágeis

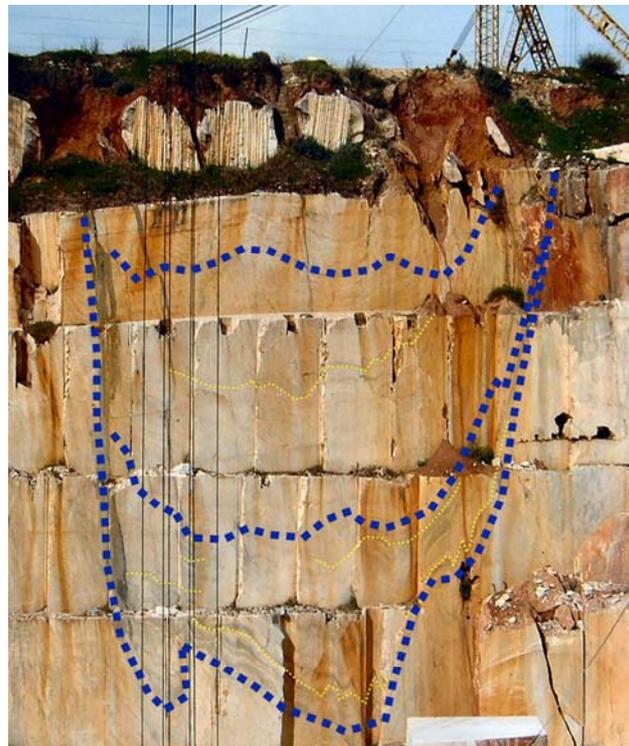
onde se desenvolvem brechas com elementos por vezes de grandes dimensões (Fig. 4).



Fig. 2 (à esquerda) – Padrões de interferência entre as duas fases de dobramento (D1+D2) e cinemática associada a D1. Pedreira ABV – Pardais.

Fig. 3 (em baixo) – Exemplo de dobra sinclinal aberta com flancos verticais estirados. Registe-se o padrão em “M” das dobras mesoscópicas situadas em posição de charneira em relação à macroestrutura. Pedreira ABV – Pardais.

Ao transporte para Norte, presente em D1 e D2, sucedem-se cisalhamentos esquerdos longitudinais à estrutura principal. Até ao presente, ignorados pelos industriais, estes corredores de deformação desempenham na realidade, uma importância extrema na segmentação da estrutura anticlinal, chegando mesmo a inviabilizar unidades extractivas de acentuada dimensão. As tensões remanescentes no final da orogenia varisca, bem como nos processos de exumação da cadeia, originam o desenvolvimento de sistemas de diaclases e fracturas que segmentam ainda mais a massa a explorar. Embora ocorram padrões regionais de fracturação, em termos práticos para a exploração do mármore para fins ornamentais, adquirem mais importância as famílias de diaclases e fracturas que se geram à escala da pedreira, sendo este também um factor a ter em conta, mas que se encontra para além do âmbito da presente apresentação.



No Triásico, em data posterior à Orogenia Varisca e, contemporânea da abertura do Atlântico Norte, o território português é afectado por intensa fracturação com orientação NE-SW. Enquadra-se nesta classe a falha da Messejana que passa a Sul da extremidade SE do anticlinal de Estremoz, prolongando-se por cerca de 600 km desde o extremo SW de Portugal até Norte de Madrid e, é a estrutura de maiores dimensões relacionada com este evento. A estes desligamentos esquerdos estão associados filões doleríticos que, no caso do anticlinal de Estremoz, não só constituem uma barreira à

circulação de água como ainda contribuem para uma segmentação transversal da estrutura (Fig. 5). Para além da componente de movimento esquerda, também ocorre uma componente vertical que, no caso do anticlinal de Estremoz corresponde a um abatimento em degraus para NW, na terminação NW da estrutura e, para SE na extremidade meridional. À semelhança do que acontece com os corredores de deformação NNW-SSE também esta segmentação NE-SW limita a continuidade das explorações de mármore. A conjugação destes dois tipos de descontinuidades delimita no Anticlinal de Estremoz, núcleos extractivos que se podem caracterizar pelas diferentes variedades de mármore que produzem.

### **APONTAMENTO FINAL**

Os trabalhos realizados permitiram a concepção de um modelo geo-estrutural que, em grande parte explica e hierarquiza as estruturas observadas à escala da pedreira. A integração destes dados no plano de lavra das unidades extractivas pode contribuir para uma optimização das explorações ao mesmo tempo que, minimiza os riscos associados a uma optimização da extracção de mármore no anticlinal de Estremoz.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Geológico e Mineiro (agora INETI) os autores agradecem a participação nos diversos projectos de investigação que permitiram a aquisição de dados para o estudo que agora se apresenta.

L. Lopes agradece ao Centro de Geofísica de Évora o apoio financeiro nos trabalhos finais que conduziram à apresentação da sua Tese de Doutoramento.

### **BIBLIOGRAFIA**

- BRILHA, J.; ANDRADE, C.; AZERÊDO, A.; BARRIGA, F.J.A.S.; CACHÃO, M.; COUTO, H.; CUNHA, P.P.; CRISPIM, J.A.; DANTAS, P.; DUARTE, L.V.; FREITAS, M.C.; GRANJA, M.H.; HENRIQUES, M.H.; HENRIQUES, P.; LOPES, L.; MADEIRA, J.; MATOS, J.M.X.; NORONHA, F.; PAIS, J.; PIÇARRA, J.; RAMALHO, M.M.; RELVAS, J.M.R.S.; RIBEIRO, A.; SANTOS, A.; SANTOS, V.; TERRINHA, P. (2004) - Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. IUGS, UNESCO, *in press*.
- LOPES, J. L. G. (1995) – Estudo geológico-estrutural do flanco sudoeste do anticlinal de Estremoz e suas implicações económicas. Tese de Mestrado. DGFCUL, Julho 1995, 135 p.
- LOPES, L., CARRILHO LOPES, J., CABRAL, J. P. & SARANTOPOULOS, P. (2000) – Caracterização Petrográfica dos Monumentos Romanos de Évora. Revista “Cidade de Évora”, II Série, Nº4. pp. 129-142.
- LOPES, J. L. G. (2003) – Contribuição para o conhecimento Tectono – Estratigráfico do Nordeste Alentejano, transversal Terena – Elvas. Implicações económicas no aproveitamento de rochas ornamentais existentes na região (Mármore e Granitos). PhD Thesis, Universidade de Évora, 568 p., (unpubl.).
- LOTZE, F. (1945) – Zur gliederung der Varisciden der Iberischen Meseta. Geotech. Forsch., 6: 78 - 92.
- OLIVEIRA, J. T., OLIVEIRA, V. & PIÇARRA, J. M. (1991) – Traços gerais da evolução tectono – estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal. Cuad. Lab. Xeol. Laxe, vol. 16, pp. 221-250.
- RIBEIRO, A., ANTUNES, M. T., FERREIRA, M. P., ROCHA, R. B., SOARES, A. F., ZBYSZEWSKY, G., MOITINHO DE ALMEIDA, F., CARVALHO, D. & MONTEIRO, J. H. (1979) – Introduction à la géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 114 p.

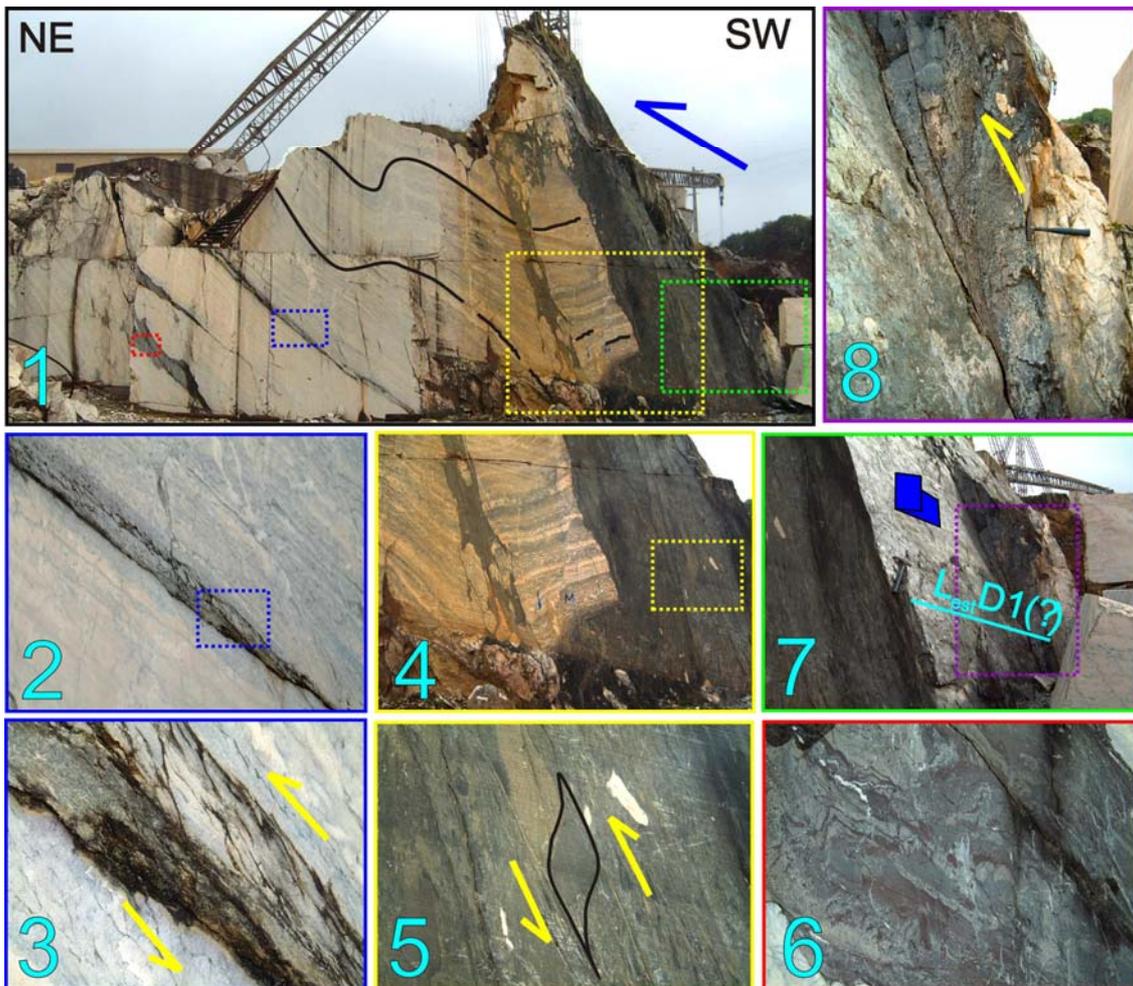


Fig. 4 - Vários aspectos de bandas de cisalhamento. Pedreira no flanco SW do anticlinal de Estremoz. O desenvolvimento deste corredor de deformação está localizado no contacto geológico entre mármore e meta-vulcanitos básicos, ambos do CVSCE. Verifica-se uma verticalização dos metavulcanitos em contraste com a posição mais horizontal dos mármore. O aspecto observado em (6) corresponde a rochas vulcânicas mais ácidas por vezes associadas a jaspe, aqui no entanto tal não acontece. Retirada de Lopes (2003).



Fig. 5 – Vista geral para Leste da Pedreira “Batanete” – Olival Grande, flanco SW do anticlinal de Estremoz. A zona mais escura, representada à esquerda do promontório, corresponde a um filão dolerítico (“cabo real”) que separa a exploração abandonada à esquerda e a pedreira onde a exploração se desenvolve em bom ritmo extractivo. A separação de pedreiras por cabos reais é uma situação muito frequente no anticlinal de Estremoz. Normalmente, na terminação periclinal SE, o bloco situado a SE sofre um abatimento. Nas imediações destes filões o mármore encontra-se mais fracturado.