

# O triângulo do mármore

## Estudo geológico

LUÍS LOPES

### Introdução

A História de uma região começa muito antes da sua ocupação pelo Homem. No caso do nordeste alentejano estas palavras adquirem ainda um significado mais profundo, pois as suas rochas situam-se entre as mais antigas do país. É no substrato rochoso que o Homem encontra os recursos para a sua subsistência. Desde logo, a existência de água (indispensável à vida), de locais altaneiros (de onde se poderia aperceber da aproximação de inimigos, da presença de caça e/ou de alimentos silvestres) e, mais tarde, de terrenos aráveis, foram os principais condicionantes da ocupação do espaço rural. Deste modo, podemos entender a localização e a existência dos povoados que encontramos na região. Contudo, neste texto, iremos expor um passado ainda mais antigo do que qualquer História do Homem, do qual podemos encontrar indícios na região, e que remonta aos primórdios das primeiras formas de vida que adquiriram um suporte esquelético, com as quais partilhamos um passado comum. Revisitando sequencialmente a história Geológica da região, também ampliamos a nossa perspectiva do Mundo. Os eventos preservados nas rochas só fazem sentido quando enquadrados num esquema global, isto quer dizer que não podemos fazer uma interpretação geológica de determinada ocorrência de rochas de forma isolada, ou seja, a informação recolhida num ponto corresponde a uma sequência lógica de eventos que se deverá enquadrar num contexto regional.

A Geologia trabalha com escalas de espaço e de tempo que, frequentemente, escapam à percepção humana da realidade. Os eventos geológicos ora são instantâneos e catastróficos, com períodos cíclicos demasiado longos para constituírem uma memória viva do Homem (estão neste caso a queda de grandes meteoritos, os sismos e as erupções vulcânicas mais destruidoras), ora demasiado lentos para que nos apercebamos que existem (por exemplo, o movimento dos continentes e a formação das rochas). Assim,

os geólogos falam em centenas de milhares, ou mesmo milhões de anos, e precisam destas escalas para justificar os acontecimentos geológicos que as rochas nos transmitem. Por outro lado, também são desta ordem de grandeza os valores que os mais recentes e precisos métodos analíticos de datação nos fornecem, o que lhes confere credibilidade e suporte científico.

Assim, o recurso geológico mármore chega até nós depois de transformações profundas da matéria que o constitui e que a Geologia pode explicar. Inicialmente os materiais carbonatados, que irão dar origem ao mármore, formaram-se em mares tépidos, pouco profundos, foram depois envolvidos em choques continentais, fazendo parte de antigas montanhas onde adquiriram os variados aspectos que hoje apresentam. Pela destruição destas montanhas, finalmente, ficou exposto à superfície e acessível à utilização pelo Homem.

No panorama geomineiro português, o anticlinal de Estremoz representa a única estrutura geológica em exploração ininterrupta e, praticamente, sempre crescente nos últimos sessenta anos. A superior qualidade dos mármore fez com que, pelo menos, desde o Período Romano, tivessem sido explorados. Não raras vezes os monumentos romanos, não só de Portugal, mas também de Espanha, foram executados em mármore provenientes de Estremoz<sup>3</sup>.

### The marble triangle

The area known as the “marble triangle” (Estremoz – Borba – Vila Viçosa) in Alentejo’s northeast, between Sousel and Alandroal, contains Portugal’s most important ornamental rock deposit. In fact, Estremoz marbles have been the region’s main economic engine for a number of decades. Their location and variety may be explained through geological criteria setting them in a global context of the earth’s geodynamic evolution in the past six hundred million years.

## Definição de mármore

A etimologia da palavra mármore provém do grego *marmairein* ou do latim *marmor* e significa pedra de qualidade ou pedra branca; para os geólogos o mármore é exclusivamente uma rocha metamórfica cristalina e carbonatada, composta por cristais de calcite (mármore calcítico), ou dolomite (mármore dolomítico), resultante da recristalização de rochas calcárias ou dolomíticas, na maior parte de natureza sedimentar, previamente existentes. Um conceito comercial mais comum refere que o mármore é toda a rocha cristalina sedimentar ou metamórfica, carbonatada ou não, que apresentando um aspecto semelhante ao do mármore (*stricto sensu*), possa ser extraída em blocos, evidencie boas características para o corte e seja susceptível de adquirir bom polimento. No caso dos mármore alentejanos, apenas se exploram os de natureza calcítica, embora os mármore dolomíticos sejam mais abundantes, mas, por se encontrarem muito fracturados, não é possível obter blocos com dimensão comerciável (dimensões médias próximas de: 2x1,5x1,2 metros). Para além das explorações de mármore no anticlinal de Estremoz, existem ainda outros locais que no passado foram intensivamente explorados, a saber, por ordem crescente de importância: Brinches; Escoural; Serpa; Viana do Alentejo; Trigaches e Vila Verde de Ficalho<sup>b</sup>. Nestes locais exploravam-se rochas únicas pelas cores e texturas que apresentavam, no entanto, apenas os dois últimos mantêm pedreiras activas.

Das imagens de marca que Portugal disponibiliza ao mundo, os “mármore de Estremoz” estão, sem dúvida, entre as mais conhecidas. A excelência evidenciada pelas variedades cromáticas, mas, também, e cada vez mais, pelas suas propriedades físico-me-

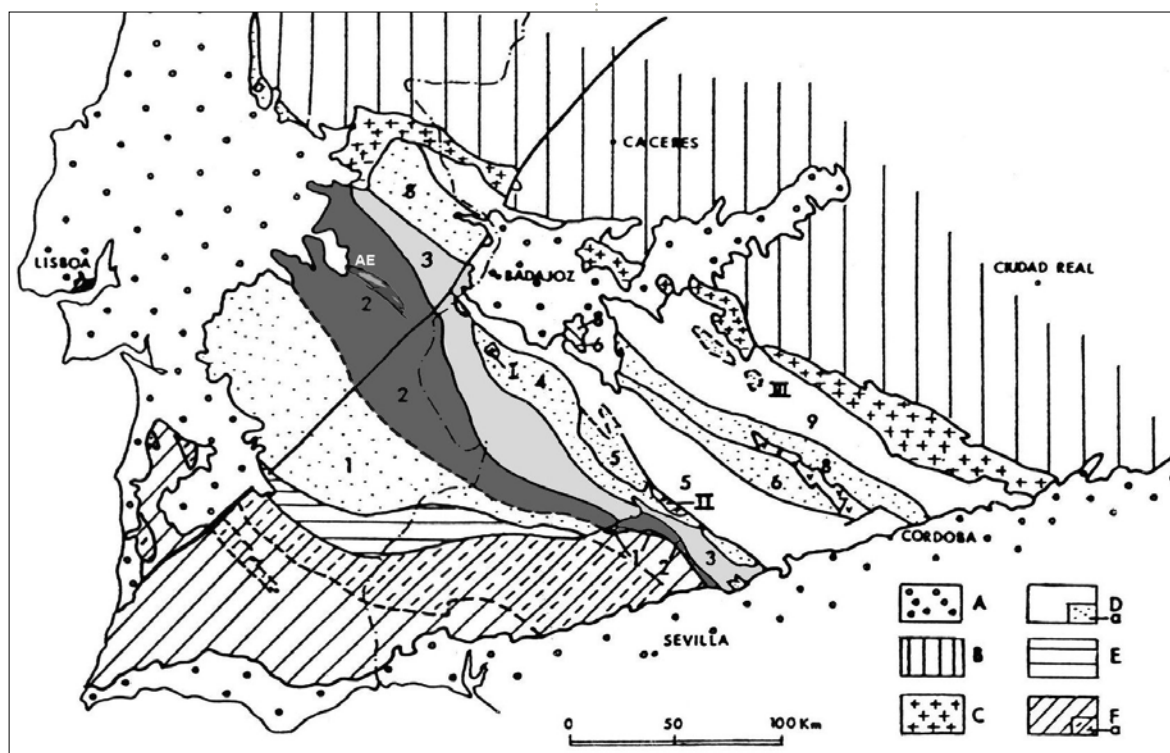
cânicas, determinadas por exigências cada vez mais específicas dos mercados internacionais, colocam os “mármore de Estremoz” entre os melhores do mundo, sejam quais forem os parâmetros comparativos que se utilizem.

## Geologia e estratigrafia do anticlinal de Estremoz

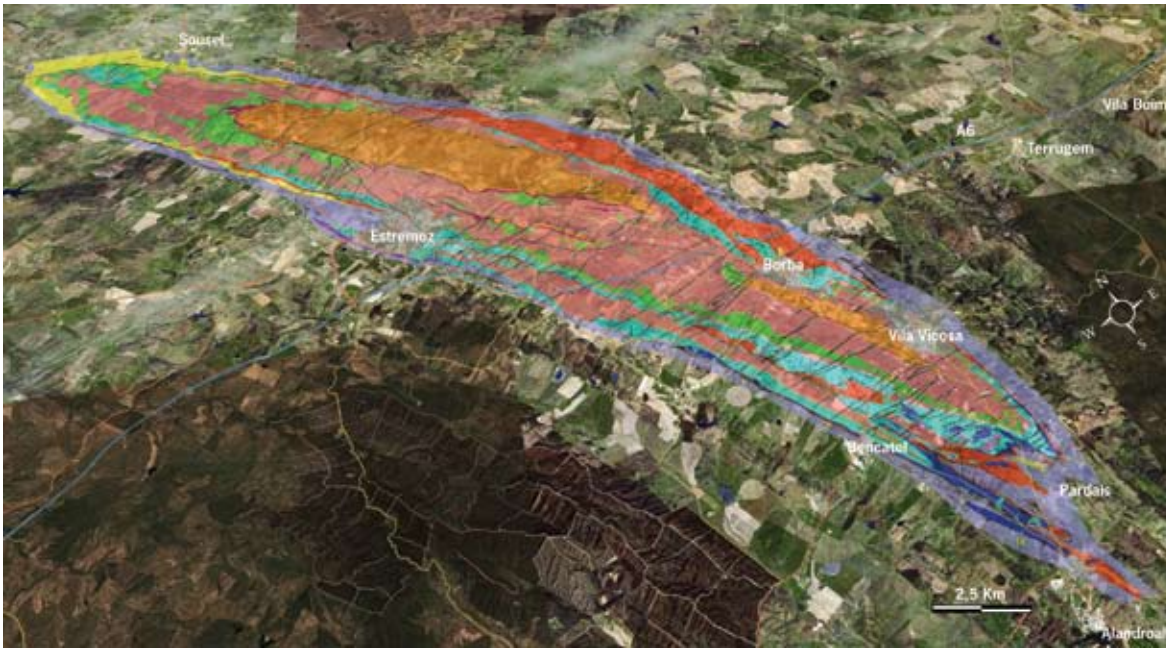
A individualização do anticlinal de Estremoz como unidade geológica distinta já constava da edição de 1899 da *Carta Geológica de Portugal* à escala 1:500 000<sup>c</sup>, no entanto, não apresentava qualquer separação litológica interna. A primeira referência bibliográfica do anticlinal de Estremoz, que faz uma descrição geológica desta estrutura e estabelece equivalências entre os xistos aflorantes no núcleo anticlinal (“xistos de mares”)[tenho dúvidas quanto às maiúsculas/minúsculas] com as formações similares de Portalegre, Tomar e Abrantes, mas que não separou as formações carbonatadas e dolomíticas de Estremoz destes “xistos de mares” deve-se a Nery Delgado<sup>d</sup>. Na *Carta Geológica de Portugal* à escala 1:1 000 000, de 1952, estas unidades já vêm separadas. Foi Carrington da Costa<sup>e</sup>, primeiro, e Teixeira<sup>f</sup>, depois, que os separaram, tendo-lhes atribuído idade câmbria. Na geologia peninsular o anticlinal de Estremoz insere-se no Sector de Estremoz-Barrancos que, por sua vez, faz parte da Zona de Ossa-Morena (fig. 1). Esta zona pode ser entendida como um antigo fragmento continental que contacta com outros dois. A norte contacta com a Zona Centro-Ibérica e a sul com a Zona Sul-Portuguesa. As três zonas apresentam características litológicas, estratigráficas e graus metamórficos distintos entre si, permitindo distingui-las quase sem margens para dúvidas. Das três, é na Zona de Ossa-Morena que encontramos os

1 | Domínios geológicos do sudoeste peninsular com realce para a Zona de Ossa-Morena, onde se destaca a continuidade geológica das rochas aflorantes em Portugal e em Espanha, desenho adaptado de Apalategui et al., 1990

- A Cobertura sedimentar pós-paleozóica.  
 B Zona Centro-Ibérica.  
 C Batólito de Alpalhão-Nisa-Pedroches.  
 D Zona de Ossa-Morena:  
 a cinturas metamórficas.  
 1 Domínio de Beja-Aracena;  
 2 Domínio de Estremoz-Barrancos-Hinojales,  
 AE anticlinal de Estremoz;



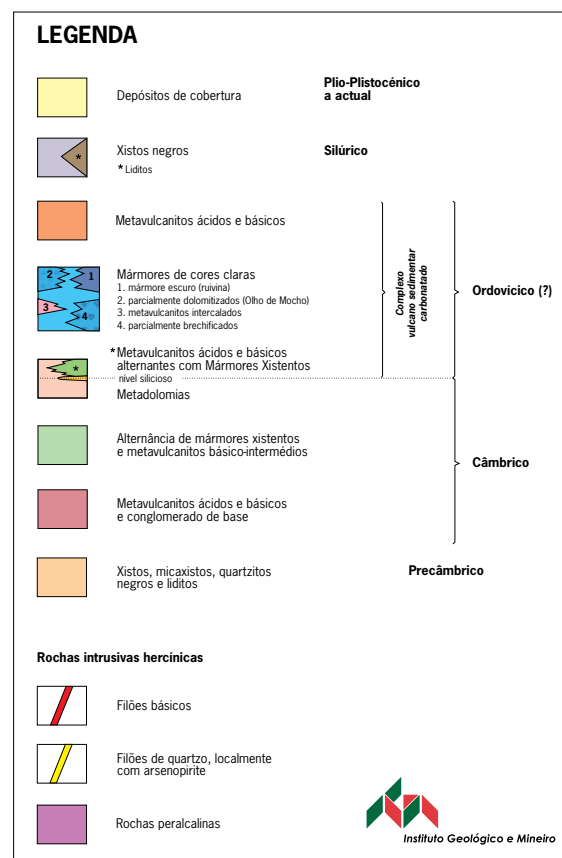
- 3 Domínio de Elvas-Cumbres Mayores;  
 4 Domínios de Arroyo Molinos;  
 5 Domínio de Zafra-Monesterio;  
 6 Domínio da Serra Albarrana;  
 7 Cintura ignea de Villaviciosa-La Coronada;  
 8 Domínio da Valência de las Torres-Cerro Muriano (= Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdova);  
 9 Domínio de Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina.  
 E Unidade de Pulo do Lobo (inclui o Ófiolito de Beja-Acebuches).  
 I, II Plutões graníticos;  
 III Antiforma de Peralada.  
 F Zona Sul-Portuguesa:  
 a Faixa Piritosa Ibérica.



terrenos mais antigos e com graus metamórficos mais elevados, ou seja, aqueles que chegaram a constituir o núcleo de uma cadeia de montanhas.

O anticlinal de Estremoz corresponde a uma estrutura grosseiramente simétrica em antifoma anticlinal. Apresenta uma forma elíptica (45x8 quilómetros) que se prolonga, segundo o eixo maior, desde a povoação do Cano, a noroeste, até ao Alandroal, a sudeste (fig. 2).

O núcleo mais antigo do Proterozóico Superior (formação de mares<sup>6</sup>) terá idades, provavelmente, compreendidas entre os 700 a 540 milhões de anos<sup>h</sup>, e é constituído por xistos negros, metagrauauques e metachertes negros. Estas rochas que afloram em dois núcleos, de modo geral, encontram-se muito alteradas e definem duas depressões topográficas, a norte de Estremoz e entre Borba e Vila Viçosa (fig. 2). Por correlação litoestratigráfica com outras sequências mais bem conhecidas e datadas da Zona de Ossa-Morena, sabemos que estas rochas fizeram parte de antigas montanhas originadas durante a Orogenia Cadomiana (ou Pan-Africana). Efectivamente, admite-se a existência de um ciclo orogénico cadomiano, anterior ao ciclo varisco, que se infere pela estruturação interna de clastos (presença de dobras) constituintes do (...) conglomerado de base do Câmbrio Inferior (...) do nordeste alentejano<sup>i</sup>. Este conglomerado assenta em discordância sobre as rochas proterozóicas (fig. 3). Segundo Pereira<sup>1</sup>, no nordeste alentejano, o conjunto litológico de que faz parte este conglomerado é essencialmente de natureza vulcânica, e o mesmo acontece no anticlinal de Estremoz em posição estratigráfica equivalente<sup>k</sup>. Um excelente afloramento deste conglomerado pode ser observado no parque industrial de Vila Viçosa (fig. 4). Os seus elementos constituintes correspondem às rochas presentes nos afloramentos pré-câmbrios. Verifica-se que se encontram arredondados e é possível definir uma direcção este-oeste para a superfície de deposição dos sedimentos na bacia de sedimentação pale-

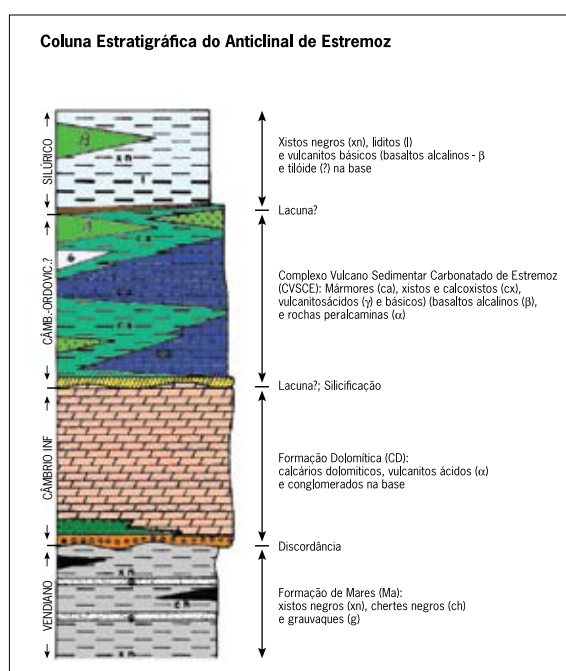


ozóica, substancialmente diferente da orientação do anticlinal de Estremoz e que estará relacionada com a orientação espacial dessa bacia de sedimentação, ou seja, em coordenadas actuais teríamos um litoral que se desenvolveria na direcção este-oeste, e afundaria para sul. A transição entre o Pré-Câmbrio e o Câmbrio é assinalada na História da Terra como o curto período de tempo em que a evolução biológica se diversificou exponencialmente (“explosão do Câmbrio”), surgindo os primeiros seres com partes duras, no caso um exoesqueleto. É certo que na região ainda não se encontraram fósseis deste período, mas

2 | Perspectiva tridimensional da região compreendida entre Souzel e Alandroal, vista de sudoeste para nordeste, obtida pela sobreposição da Carta Geológica do Anticlinal de Estremoz (IGM, 1997) com a imagem digital do terreno gerada pelo programa GoogleEarth (<http://earth.google.com/download-earth.html>, consultada em 25 de Maio de 2007), sobrelevada três vezes. Note-se o controlo topográfico condicionado pelas litologias. A zona central correspondente ao Pré-Câmbrio bem como os afloramentos correspondentes ao CVSCE ocupam as zonas mais baixas, enquanto a formação dolomítica corresponde a um planalto central no anticlinal de Estremoz. Nas regiões adjacentes, os relevos de resistência correspondem a níveis de rochas silíceas de precipitação química e negras (líditos) de idade silúrica, muitas vezes fossilíferos. Os níveis do CVSCE explorados para fins ornamentais encontram-se representados a azul-claro (variedades de mármore cor-de-rosa, branco e cremes mais ou menos venados) e a azul-escuro (variedades “Ruína”). Na figura aparecem ainda em destaque dezenas de falhas perpendiculares à estrutura, na sua maior parte estas falhas encontram-se preenchidas por filões de rochas ígneas (doleritos).



3 | Coluna estratigráfica do anticlinal de Estremoz, desenho adaptado de Oliveira et al., 1991.



a existência deste afloramento constitui um marco importante na sua reconstrução geológica.

Ao conglomerado sucedem-se metavulcanitos e ambos já fazem parte da formação dolomítica de idade câmbrica inferior, datada por comparação litoestratigráfica com a formação carbonatada de Elvas e outras similares da Zona de Ossa-Morena<sup>1</sup>; desta formação fazem ainda parte arcoses, metavulcanitos ácidos e básicos, calcários dolomíticos e calcíticos, intercalados, por vezes xistificados. No conjunto, esta sequência indica um afundimento da bacia de sedimentação o que está de acordo com os modelos geodinâmicos

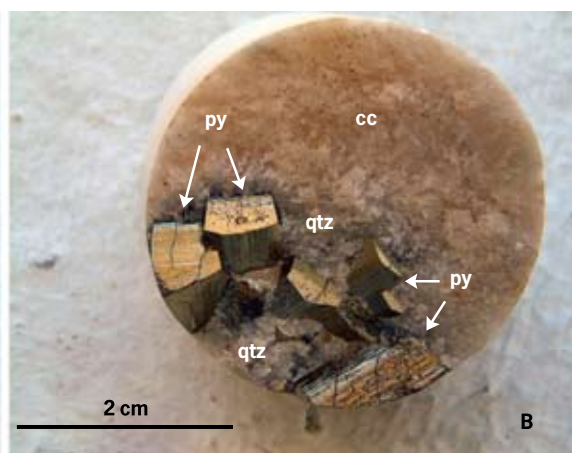
4 | Conglomerado de base da formação dolomítica pertencente ao Câmbrio Inferior de Estremoz. Destacam-se os clastos arredondados de metachertes pertencentes ao Pré-Câmbrio e alinhados segundo a direcção este-oeste, sendo ainda possível, no terreno, identificar a base e o topo da camada.



globais que nos apresentam, para este período da história da Terra, um regime de distensão crustal e alastramento dos fundos oceânicos<sup>m</sup>, que irá prosseguir até à deposição dos xistos e metachertes negros, de idade silúrica, que constituem as rochas mais recentes da estrutura anticlinal de Estremoz (fig. 6). A natureza siliciosa e a cor negra, indicadora da presença de matéria orgânica, indiciam ambientes sedimentares muito calmos, anóxicos, mas não necessariamente profundos.

Justifica-se aqui uma nota relacionada com a datação destas rochas. Efectivamente, da fig. 1 resulta uma continuidade geológica para Espanha das diferentes unidades que afloram em Portugal, porém, os dados estratigráficos aí obtidos, através de fósseis, não têm paralelo, nem na região de Elvas nem de Estremoz, sendo o caso de Barrancos um pouco distinto. Este facto não se deve a uma ausência de estudos, pois as mesmas equipas que colectaram os dados em Espanha também já colaboraram com geólogos portugueses. Concretamente, no anticlinal de Estremoz fizemos uma recolha sistemática e significativa de amostras, nas quais apenas foi possível encontrar vestígios orgânicos inclassificáveis, obstando, pois, a uma datação por esta via. Em nosso entender, a justificação para esta ausência de fósseis parece estar no grau metamórfico mais elevado que as mesmas unidades apresentam em Portugal<sup>n</sup>, no entanto, novos métodos de datação estão a ser experimentados e cremos que se poderão aplicar no anticlinal de Estremoz.

Praticamente no topo da formação dolomítica, e por todo o anticlinal, ocorre um horizonte silicioso descontínuo, mineralizado com sulfuretos, que tem sido referido como marcador de uma importante lacuna, resultante da exposição aérea dos carbonatos durante o Câmbrio, Médio e Superior, e grande parte do Ordovício, o que, localmente, teria provocado carsificação e silicificação<sup>o</sup>. Efectivamente, todas as sondagens realizadas no anticlinal de Estremoz, que atingiram a formação dolomítica, interceptaram este horizonte silicioso e neles foi possível observar cristais de pirite. À superfície, em ambiente oxidante, o ferro e o enxofre dos cristais de pirite são substituídos ião a ião por óxidos e hidróxidos de ferro (e manganês?) mas mantêm o seu aspecto morfológico externo praticamente inal-



5 | Dois aspectos de minerais euédricos que se encontram no "horizonte silicioso".

A aspecto encontrado à superfície e que corresponde a pseudomorfose de pirite transformada em óxidos de ferro e manganês; atente-se na perfeição da substituição que preserva as faces estriadas tão características dos cristais de pirite.

B amostra recolhida aos 380 metros de profundidade numa das sondagens realizada pelo IGM;

py pirite,  
qtz quartzo  
cc calcite/dolomite.

terável, ou seja, formam-se pseudomorfoses de pirite em óxidos (fig. 5). Por outro lado, a existência de um paleocarso aponta claramente para a exposição aérea de parte da sequência estratigráfica de Estremoz ainda antes da sua transformação em mármore. As cavidades paleocársicas estão preenchidas por sedimentos carbonatados que apresentam as mesmas fases de deformação dos mármore circundantes, pelo que terá de ser pelo menos anterior à segunda fase de deformação varisca, concordando com a existência de regimes de exumação tectónica na área do anticlinal<sup>P</sup>.

Sobre esta “discordância” assenta o Complexo Vulcano-Sedimentar-Carbonatado de Estremoz (CVSCE), constituído por diversas variedades de mármore, mais ou menos xistificados, calcoxistos, metavulcanitos ácidos e básicos e rochas ígneas intrusivas. Os mármore calcíticos explorados como rocha ornamental ocorrem intercalados neste complexo de idade ordovícica provável (entre 455 e 435 milhões de anos)<sup>4</sup>. Como a própria designação indica, a grande heterogeneidade litológica evidencia um período de sedimentação carbonatada concomitante com um vulcanismo essencialmente aéreo de onde terá resultado uma sequência alternada de calcários, piroclastos, escoadas basálticas (menos frequentes) e algumas rochas detríticas. Se quiséssemos visualizar, actualmente, uma paisagem equivalente encontrá-lamos na Indonésia ou nas Índias Ocidentais. Economicamente, a presença dos níveis vulcânicos básicos é muito importante, uma vez que estes vão ser responsáveis pela formação das variedades de mármore rosados, pois durante os processos metamórficos e tectónicos libertam manganês, que entra na rede cristalina da calcite conferindo-lhe essa cor. Esta associação é bem conhecida e pode ser facilmente constatada nas variedades de mármore cor-de-rosa com veios esverdeados (estes essencialmente constituídos por calcite, clorite e quartzo formados pelo metamorfismo dos níveis piroclásticos).

Reportando-nos aos níveis superiores do CVSCE, verifica-se que, na terminação periclinal sudeste do anticlinal de Estremoz e desde a zona dos Peixinhos (a sudeste de Vila Viçosa), passando por Pardais e seguindo para noroeste por Bencatel, Monte da Ruivina, Barro Branco e até próximo de Glória, ocorrem mármore escuros, designados por “Ruivina” (na fig. 2 correspondem aos afloramentos cartografados a azul-escuro). O facto destes níveis de rochas calcárias serem os mais altos da série carbonatada indica uma variação de fácies, ou seja, de um ambiente sedimentar oxidado passaríamos a um ambiente redutor que teria continuidade na sequência constituída por xistos esverdeados, xistos luzentes, quartzitos finos, xistos negros e liditos, por vezes com graptólitos (fósseis que permitem datar as rochas, fig. 6), de idade silúrica a devónica (anteriores a 380 milhões de anos<sup>5</sup>), sobrejacente aos mármore. Note-se que, geograficamente, os limites setentrionais destes mármore definem uma orientação este-oeste, o que indicaria, em coordenadas actuais, um afundimento da bacia de



sedimentação para sul, tal como já acontecia na base do Câmbrio.

Toda a sequência atrás descrita tem equivalência litológica com a que ocorre em Danby, na Green Mountain, no Estado de Vermont, Estados Unidos da América. Esta correspondência transporta-nos para uma evolução geodinâmica de abertura e fecho de oceanos que não podemos retratar em detalhe nesta pequena introdução à geologia do anticlinal de Estremoz. A correlação tectono-estratigráfica entre as sequências de Danby e de Estremoz tem implicações geodinâmicas importantes, visto que, à partida, coloca estas duas estruturas geograficamente próximas no Ordovício Médio, há cerca de 460 milhões de anos. Em todo o caso, este é um exemplo dos motivos porque a Geologia é tão apaixonante: só por si a semelhança, quase camada a camada, das duas sequências litológicas, hoje separadas por mais de cinco mil quilómetros, motiva a investigação no intuito de descobrir efectivamente porque é que acontece<sup>5</sup>.

### Tectónica e estrutura do anticlinal de Estremoz

Como já se referiu, os mármore de Estremoz correspondem a uma fracção de uma estrutura geológica que se denomina anticlinal de Estremoz. Esta designação descreve a forma como as diferentes rochas se distribuem no espaço, ou seja, inicialmente as rochas ter-se-iam formado por deposição de sedimentos (fragmentos provenientes de outras rochas e transportados em cursos de água ou por acção do vento) e materiais provenientes de antigos vulcões (hoje irreconhecíveis para um leigo em geologia), que se terão acumulado numa bacia de sedimentação em estratos sensivelmente horizontais. Acontece que, por acção de forças tectónicas, todos estes sedimentos foram transformados e deformados, originando, respectivamente, rochas metamórficas e dobras na crosta terrestre, fazendo com que as rochas que se encontravam umas sobre as outras passassem a estar lado a lado. As estruturas geológicas geometricamente simétricas, em que a convexidade está voltada para cima, designam-se antiformas. Se no núcleo dessas estruturas estiverem as rochas mais antigas, então a estrutura em antiforma será também um anticlinal, como é o caso que estamos a estudar.

**6** Amostra recolhida nas proximidades do vértice geodésico Carambo 2, na terminação sudeste do anticlinal de Estremoz. Trata-se de um metacherte negro (lidito), rocha inicialmente formada pela precipitação química de sílica em ambiente sedimentar anóxico muito calmo. A cor escura deve-se à presença de matéria orgânica. Nelas podemos encontrar fósseis de graptólitos, no caso *Monograptus* s.p., que as permitem datar. Informação mais detalhada sobre os fósseis da região pode ser consultada em J. M. Piçarra, 2000.



7 | Borba, pedra da empresa Marmoz, Lda., fotografada em Fevereiro de 2007, imediatamente após um período de chuva que, por acentuar o contraste, permite observar aspectos normalmente ocultos pela poeira resultante da actividade extractiva: ilustração do comportamento plástico-dúctil dos mármore. Formam-se padrões de dobramento irregulares quando os mármore estão sujeitos a condições de pressão e temperatura substancialmente diferentes das que ocorrem à superfície. Segundo os trabalhos de Price & Cosgrove (1990), estes aspectos poderiam ser alcançados a 5 quilómetros de profundidade e a temperaturas superiores a 150°C. À direita da imagem vemos que o bandado metamórfico é abruptamente interrompido, apesar de não haver nenhuma falha no mármore (este aspecto configura o que no texto referimos como "banda de cisalhamento"). Estas estruturas provocam descontinuidades nas variedades de mármore; inicialmente até poderiam existir falhas a sublinhã-las, mas, muitas vezes, como é o caso, ocorreu posteriormente uma recristalização do mármore, passando a haver continuidade na rocha. Também nesta figura podemos observar a correlação entre os níveis de metavulcanitos (esverdeados) e a proximidade dos mármore de tonalidades rosadas.



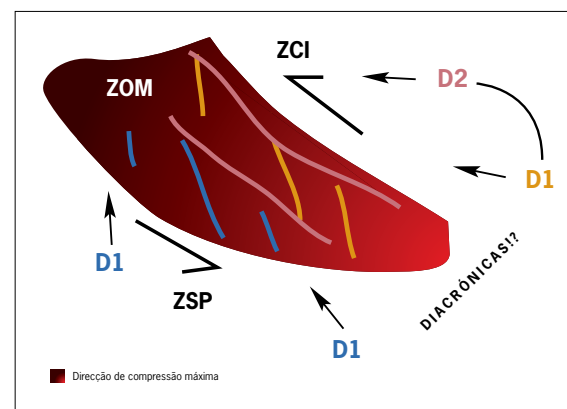
Resumidamente faremos uma exposição sequencial dos principais eventos tectónicos que afectaram a região, ressaltando que, para apreendermos a evolução geodinâmica da Zona de Ossa-Morena, deve ser considerada a existência de um substrato proterozóico, que seria parte integrante do supercontinente Rodínia (formado há cerca de 700 milhões de anos), sobre o qual se vão depositar as sequências do Câmbrio Inferior. Este supercontinente vai-se fragmentar em vários blocos e nas suas margens formam-se sequências de rochas como as descritas no capítulo anterior. Assim teríamos a abertura de oceanos — *Iapetus* (proto-Atlântico) e *Rheic* (oceano de menores dimensões também de idade paleozóica)<sup>1</sup>, num regime distensivo onde ocorrem falhas normais que provocam o escorregamento gravítico dos sedimentos ainda por consolidar, originando falhas que, actualmente, correspondem a alinhamentos de rochas fragmentadas de direcção, grosseiramente, este-oeste<sup>2</sup>. Após a formação, descontínua como vimos atrás, das rochas que constituem o anticlinal de Estremoz, cessa o regime distensivo e os blocos continentais começam de novo a juntar-se. O seu confronto irá originar a deformação e o metamorfismo das rochas, num processo de edificação de cadeias de montanhas conhecido por Orogenia Varisca ou Hercínica. O resultado final desta orogenia, em conjugação com outras que ocorreram simultaneamente à escala global, será a formação de um novo supercontinente — a Pangeia.

As rochas, que inicialmente estariam à superfície, são enterradas a vários quilómetros de profundidade. No caso dos mármore, estimamos que se tenham transformado, a partir de calcários, a cerca de cinco quilómetros de profundidade em relação à cota que actualmente ocupam<sup>3</sup>. Nestas condições de pressão

e temperatura, em associação com a mobilidade das placas continentais, as rochas podem deformar-se, originando dobras mais ou menos regulares em função dos materiais presentes. Tal comportamento permite justificar os padrões curvilíneos que os mármore frequentemente apresentam (fig. 7). Por oposição, à superfície, a maior parte das rochas, e os mármore em particular, respondem a forças externas, fragmentando-se.

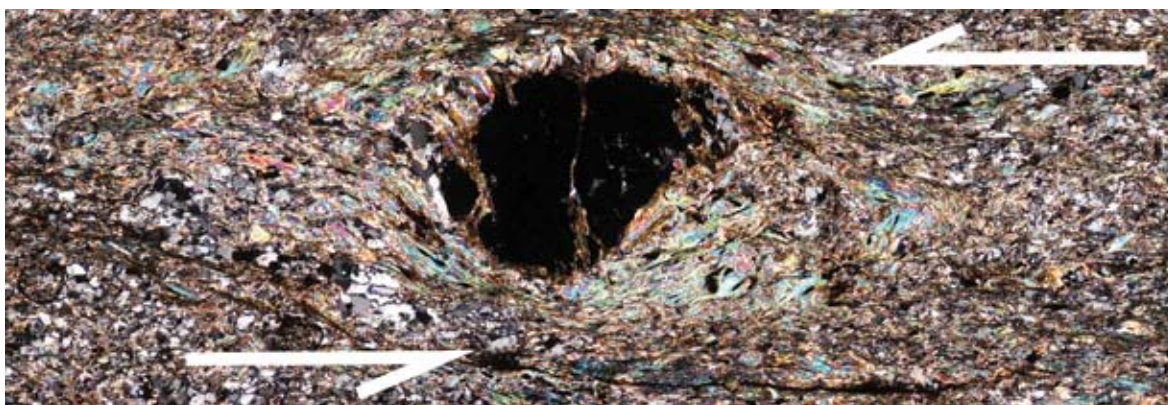
No anticlinal de Estremoz admitimos uma variação diacrónica dos regimes de deformação que ocorre à medida que as rochas são exumadas por erosão dos níveis mais superficiais. Ao mesmo tempo que as rochas são comprimidas segundo a direcção nordeste-sudoeste, também sofrem um movimento lateral esquerdo importante; este mecanismo, conhecido por transpressão, poderá ser facilmente explicado pela convergência oblíqua entre as Zona de Ossa-Morena e a Zona Centro-Ibérica (fig. 8).

Assim, em andar estrutural inferior, na primeira fase de deformação, forma-se o bandado metamórfico que os mármore apresentam (xistosidade), a que se



8 | Representação esquemática do sentido de transporte de massa (setas) durante a Orogenia Hercínica, desenho adaptado de J. L. G. Lopes, 2003. Os traços coloridos representam as direcções axiais das macroestruturas regionais.





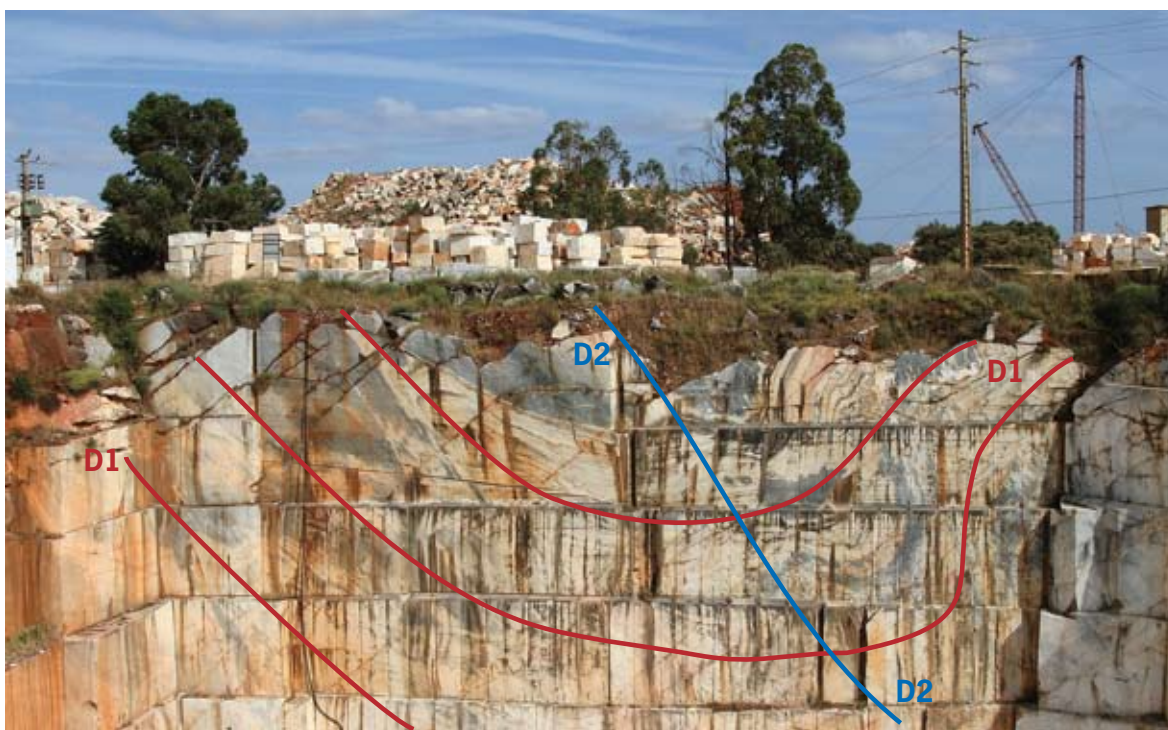
associam dobras com planos axiais de atitude variável (direcção predominantemente norte-sul) e fracamente inclinados. Destaca-se, nesta fase, um transporte para nor-noroeste determinado por vários critérios de deformação, como, por exemplo, a rotação de porfiroblastos observados em lâminas delgadas orientadas (figs. 7, 8 e 9).

A segunda fase de deformação, que é responsável pela orientação noroeste-sudeste do anticlinal de Estremoz (figs. 1, 2 e 10), apresenta, indubitavelmente, um carácter mais frágil e actua em andar estrutural superior, sendo responsável pela génese de dobras com planos axiais subverticais, ou muito inclinados para sudeste, e desenvolvimento de uma clivagem de crenulação nos xistos e clivagem de fractura nos mármore, ambas mais ou menos desenvolvidas. A sobreposição das duas fases gera padrões de interferência que podem ser observados localmente (fig. 10).

Por todo o anticlinal de Estremoz ocorre uma segmentação acentuada no sentido longitudinal (nor-noroeste-sul-sudeste) cuja localização é, principalmente, controlada pelos flancos verticais das dobras de segunda fase, mas que também pode corresponder à

reactivação em regime frágil (dúctil) de bandas de cisalhamento (zonas de concentração de deformação) desenvolvidas anteriormente (o limite nordeste da pedreira representada na fig. 10 é um bom exemplo desta situação). Na maioria destes acidentes nor-noroeste-sul-sudeste ocorreu a recristalização *in situ* a pós cinemática do mármore, pelo que, estas discontinuidades estruturais nem sempre se reflectem em discontinuidades litológicas, com a ressalva que existe variedade no mármore, o que tem necessariamente consequências económicas (figs. 7 e 11).

Cronologicamente seguem-se falhas subverticais de direcção oeste-sudoeste-este-nordeste, que apresentam movimentos horizontais esquerdos (existindo em menor número o conjugado nordeste-sudoeste direito) com abatimento do bloco a sudeste na terminação sudeste do anticlinal, e abatimento do bloco a noroeste na terminação noroeste do anticlinal (figs. 2 e 12). No conjunto, estas fracturas reflectem os estados finais da deformação que originou a estrutura anticlinal de Estremoz, *grosso modo* correspondem a fendas de tracção da segunda fase de dobramento. Frequentemente, estas falhas estão sublinhadas por filões doleríticos (cabos reais na gíria local), os



**9** Critério cinemático (cisalhamento esquerdo) obtido por rotação de um bloco rígido (mineral escuro) na matriz mais dúctil de rochas metavulcânicas básicas intercaladas no Complexo Vulcano-Sedimentar-Carbonatado de Estremoz.

**10** Região de Lagoa, flanco sudoeste do anticlinal de Estremoz, frente de desmonte da pedreira da empresa A. Mocho, Lda., fotografada em 31 de Maio de 2007: padrões de interferência entre as duas fases de deformação dúctil que afectaram o anticlinal de Estremoz. À esquerda, em baixo, apresenta-se um esquema interpretativo, muito simplificado, das estruturas representadas na caixa a amarelo: S0, a vermelho, representa a estratificação inicial da sequência sedimentar, transposta pelo metamorfismo e pela deformação responsável pelas dobras de primeira fase representadas pelo seu plano axial (D1); D2 representa o plano axial das dobras de segunda fase que redobra D1. Entende-se por plano axial, um plano imaginário que divide, mais ou menos simetricamente, uma superfície curva originada por deformação das rochas.



quais são contemporâneos do grande filão do Alentejo (Messejana-Ávila) e indiciam a transição para um regime distensivo que viria a culminar com a abertura do actual oceano Atlântico<sup>w</sup>.

A conjugação das falhas oeste-sudoeste-este-nordeste com os cisalhamentos nor-noroeste-sul-sudeste é responsável por uma segmentação da estrutura em blocos onde, pelo menos à superfície, o mármore apresenta características texturais distintas (diferentes variedades). No passado, o desconhecimento destas variações foi responsável pelo insucesso de muitas explorações, que se viram espacialmente limitadas.

Em seguida, actuaram no anticlinal de Estremoz os campos de tensão tardi-hercínicos e alpinos, a que se associou a fragmentação por descompressão induzida pela actividade extractiva e que, no conjunto, foram responsáveis pela extensa fracturação que o maciço apresenta. As variáveis envolvidas no condicionamento da fracturação dos mármore no anticlinal de Estremoz são tais que os valores conhecidos regionalmente devem ser tomados unicamente como referência, pois são as condições locais (ao nível da pedreira) que vão determinar quais as famílias que aí vão ser mais importantes. Análises detalhadas da fracturação no anticlinal de Estremoz foram apresentadas por vários autores<sup>s</sup>. Em resumo, mais importante que as variedades de mármore que uma pedreira apresenta é o seu estado de fracturação que lhe define o valor.

Por fim, a erosão causada pelos agentes meteóricos é responsável pelo encaixe das linhas de água e génese do modelado actual do relevo, que vimos, também, ser condicionado pelas diferentes litologias.

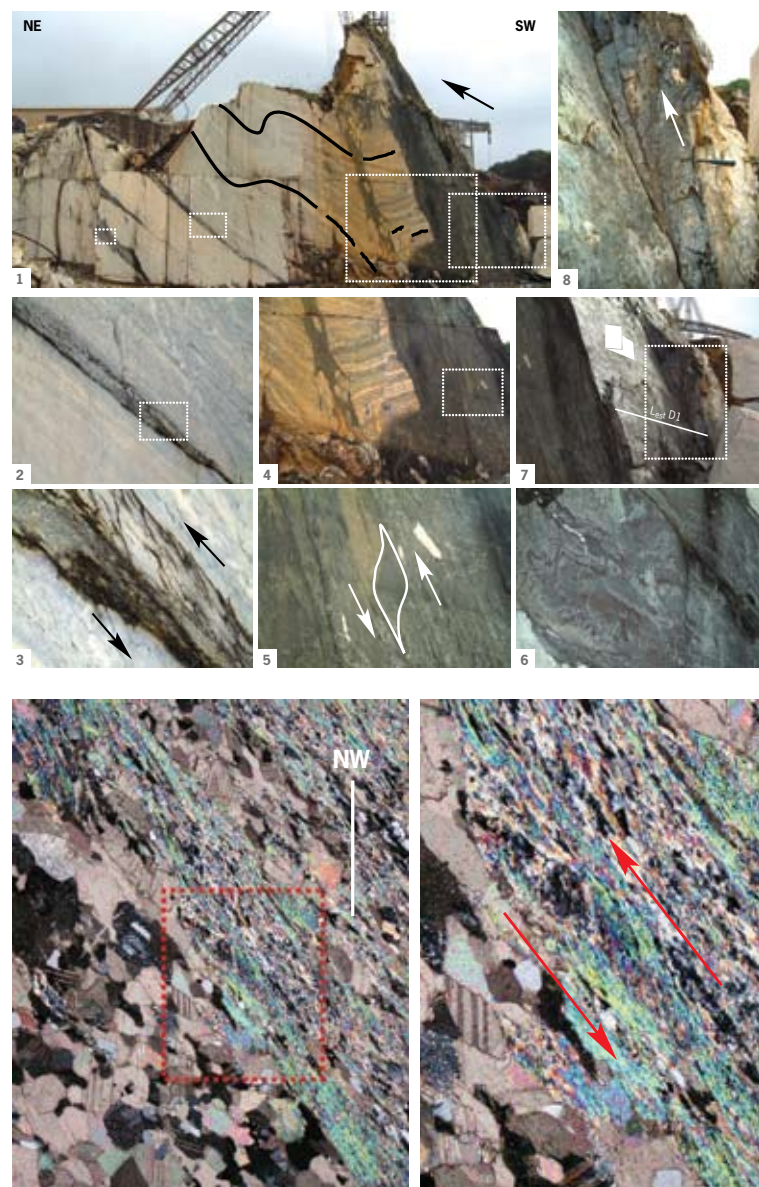
### Considerações finais

Antes de mais não podemos esquecer que o mármore é um recurso geológico não renovável. Um factor fundamental na indústria das rochas ornamentais é o valor comercial do material rochoso aflorante, sendo este o resultado de um conjunto de parâmetros, intrínsecos e extrínsecos à matéria-prima, de determinação complexa, e relacionados com as suas possibilidades de extracção, transformação, utilização e comercialização. No que diz respeito ao mármore, a sua determinação é condicionada essencialmente pelos seguintes aspectos: qualidade estética; qualidade físico-mecânica (trabalhabilidade e aptidão); dimensões do material extraído (volumetria e blocometria); divulgação/procura; e disponibilidade<sup>v</sup>. Ora, a utilização de modernas técnicas de extracção acelerou a sua exploração e é frequente as pedreiras ultrapassarem os 60 metros de profundidade, havendo mesmo casos em que atingiram os 150 metros. Deste modo, a acessibilidade a determinadas variedades e/ou a blocos de grandes dimensões torna-se cada vez mais difícil, o que faz aumentar o valor da matéria-prima. Nesta perspectiva, a competitividade das empresas, não só de extracção, mas também, e principalmente, de

transformação de mármore, passa por um aproveitamento racional de todos os recursos envolvidos e pela implementação e/ou optimização de técnicas que possam tornar mais competitivo o preço do produto acabado. A qualidade dos nossos mármore é inquestionável e esta mais-valia deve ser realçada na sua promoção.

Em termos de recursos disponíveis, de acordo com os cálculos que efectuámos considerando o máximo de extractivo anual registado em 1992 (643 323 toneladas)<sup>z</sup>, um índice de aproveitamento de 10% e uma profundidade de extracção até 50 metros, teríamos mármore para mais quinhentos anos. No entanto, tendo em conta as características gerais estruturantes do anticlinal de Estremoz, em termos de viabilidade económica das explorações de mármore, as condicionantes geológicas desempenham um papel fundamental, cada vez mais importante, dado que o acesso à matéria-prima de qualidade é cada vez mais difícil. Qualquer parecer sobre a exploração de mármore no anticlinal de Estremoz carece de um estudo local das condicionantes geológicas. Por outro lado, estes constrangimentos são de tal ordem que extrapo-

11 Cabanas-Bencatel, flanco sudoeste do anticlinal de Estremoz: vários aspectos de banda de cisalhamento em pedreira abandonada, desenho adaptado de J. L. G. Lopes, 2003. O desenvolvimento deste corredor de deformação está localizado no contacto geológico entre mármore e metavulcanitos básicos, Complexo Vulcano-Sedimentar-Carbonatado de Estremoz. Verifica-se uma verticalização das estruturas vulcânicas em contraste com a posição mais horizontalizada dos mármore. Esta característica, não sendo uma regra, é muito frequente e para além dos afloramentos à superfície em que tal acontece, também ocorre em profundidade, como foi confirmada em várias sondagens. O aspecto observado em 6 corresponde a rochas vulcânicas mais ácidas por vezes associadas a jaspe. Em baixo representa-se um aspecto microscópico obtido em lâmina delgada orientada colhida no rectângulo a vermelho em 1. Os critérios cinemáticos — cisalhamento esquerdo com topo para norte — observados à escala mesoscópica permanecem válidos à escala microscópica (duas imagens inferiores). No pormenor à direita podem observar-se estruturas do tipo *mica fish* que marcam o sentido de cisalhamento sofrido pela rocha.







lar um estudo de carácter local para todo o anticlinal não faz qualquer sentido<sup>aa</sup>.

Nas páginas precedentes descrevemos a história geológica do anticlinal de Estremoz e apercebemos que esta remonta, pelo menos, há 600 milhões de anos. Podemos constatar que as paisagens imóveis que hoje observamos sofreram no passado transformações muito grandes, que só podem ser explicadas se considerarmos escalas de tempo muito vastas para que os processos descritos possam ter ocorrido. A Geologia é uma disciplina com um vocabulário próprio e a análise geológica requer ainda uma abstracção de escalas de tempo e de espaço que, uma vez alcançada, permite uma observação dinâmica das mensagens transmitidas pelos afloramentos, alguns dos quais com condições excepcionais para serem classificados como geo-monumentos<sup>ab</sup>. Este é um estudo sempre incompleto, pois a própria actividade extractiva do Homem está permanentemente a pôr a descoberto novos afloramentos que enriquecem o nosso conhecimento da estrutura anticlinal de Estremoz.

#### Luís Lopes

Geólogo  
Docente do Departamento de Geociências da  
Universidade de Évora e membro do Centro de  
Geofísica de Évora

Imagens: autor

#### N O T A S

- <sup>1</sup> J. M. P. CABRAL; M. J. MACIEL; L. LOPES; *et al.* — “Petrographic and isotopic characterization of marble from the Estremoz Anticline: its application in identifying the sources of Roman works of art”. *Journal of Iberian Archeology*, 2001, vol. 3, pp. 121-128.
- <sup>2</sup> F. GONÇALVES; L. LOPES — “Nota preliminar sobre os recursos geológicos do Alentejo utilizáveis como rochas ornamentais”. *Memórias da Academia de Ciências*, 1992, t. XXXII, pp. 267-283.
- <sup>3</sup> N. DELGADO; P. CHOFFAT — *Carta Geológica de Portugal...*, 1899.
- <sup>4</sup> Em 1905, cf. F. GONÇALVES; A. P. COELHO — *Carta Geológica de Portugal...*, 1974.
- <sup>5</sup> Em 1931, *idem, ibidem*.
- <sup>6</sup> Em 1953 e 1966, *idem, ibidem*.
- <sup>7</sup> Segundo F. GONÇALVES — “Observações sobre o anticlinório de Estremoz. Alguns aspectos geológico-económicos dos mármore”. *Estudos Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro*, 1972, vol. 22, fasc. 1-2, pp. 121-132.

12 Herdade do Mouro, no flanco sudoeste do anticlinal de Estremoz, pedreira da empresa Marmoz, Lda.: critérios de movimento indicando abatimento do bloco sudoeste em fendas este-nordeste-oeste-sudoeste preenchidas por filões doleríticos, conhecidos na região por cabos reais. No extremo sudoeste podemos constatar que a pedreira está limitada por outra destas estruturas frágeis. É um dos raros exemplos de exploração em flanco de encosta, na maior parte as explorações de mármore fazem-se em poço e por degraus direitos.

- <sup>8</sup> <http://www.stratigraphy.org/chus.pdf>, página consultada em 25 de Maio de 2007.
- <sup>9</sup> F. GONÇALVES — “Provável conglomerado de base no Pré-Câmbrico Superior de Portugal”. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, 1970, vol. XVII, fasc. 1, pp. 109-118; M. F. PEREIRA — *Caracterização da Estrutura dos Domínios Setentrionais...*, 1999.
- <sup>10</sup> M. F. PEREIRA — *Ob. cit.*
- <sup>11</sup> L. LOPES — *Contribuição para o Conhecimento...*, 2003.
- <sup>12</sup> J. OLIVEIRA; J. T. OLIVEIRA; V. OLIVEIRA; J. M. PIÇARRA — “Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos”. *Comunicações dos Serviços Geológicos...*, 1991, t. 77, pp. 3-26 [verifique, por favor]; idade absoluta entre 540 e 520 milhões de anos.
- <sup>13</sup> I. W. D. DALZIEL — “Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation”. *Geological Society of America...*, 1997, vol. 109, n.º 1 (Jan.), pp. 16-42; C. R. Scotese, <http://www.scotese.com/earth.htm>, página consultada em 25 de Maio de 2007.
- <sup>14</sup> L. LOPES — *Contribuição para o Conhecimento...*, 2003.
- <sup>15</sup> V. M. OLIVEIRA — “Contribuição para o conhecimento geológico-mineiro da região de Alandroal-Juromenha (Alto Alentejo)”. *Estudos Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro*, 1984, vol. 26, fasc. 1-4, pp. 103-126; Carvalhosa *et al.*, 1987; L. LOPES — *Contribuição para o Conhecimento...*, 2003.
- <sup>16</sup> L. LOPES — *Contribuição para o Conhecimento...*, 2003.
- <sup>17</sup> Segundo A. CARVALHOSA; F. GONÇALVES; V. OLIVEIRA — *Carta Geológica de Portugal...*, 1987; e L. LOPES — *Contribuição para o Conhecimento...*, 2003.
- <sup>18</sup> J. M. PIÇARRA — *Estudo Estratigráfico do Sector...*, 2000.
- <sup>19</sup> L. LOPES — *Contribuição para o Conhecimento...*, 2003.
- <sup>20</sup> I. W. D. DALZIEL — “Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation”. *Geological Society of America...*, 1997, vol. 109, n.º 1 (Jan.), pp. 16-42.
- <sup>21</sup> C. VINTÉM — *Estudo da Viabilidade Técnica...*, 1997.
- <sup>22</sup> L. LOPES — *Contribuição para o Conhecimento...*, 2003.
- <sup>23</sup> L. LOPES; J. B. SILVA — “Controle estrutural e constrangimentos geológicos na exploração de mármore no anticlinal de Estremoz, Alentejo, Portugal”. *ICIRO: I Congresso de Rochas Ornamentais...*, 2005; SILVA, J. B. — “Geodinâmica Antemesozoica do Sector Oeste da Zona de Ossa Morena e regiões limítrofes: síntese com base em recentes observações”. In: ARAÚJO, A.; PEREIRA, M.F. (eds.) — *Estudos Sobre a Geologia...*, 1997, pp. 231-262.
- <sup>24</sup> R. REYNAUD; C. VINTÉM — “Estudo da jazida de calcários cristalinos de Estremoz-Borba-Vila Viçosa, Sectores Lagoa-Vigária e Borba”. *Estudos Notas e Trabalhos*, 1992, t. 34, p. 3-84; dos mesmos autores, “Estudo da jazida de calcários cristalinos de Estremoz-Borba-Vila Viçosa (Sectores de Lagoa — Vigária e Borba)”. *Boletim de Minas*, 1994, vol. 31, n.º. 4, pp. 355-473; Pereira, 1981; P. Falé e COSTA, C. VINTÉM, J. MOREIRA, C. Dinis da GAMA, J. SOUSA, L. LOPES — *Estudo da Viabilidade Técnica...*, 2001, p. 11; D. GAMA, R. COUTO, M. Costa e SILVA, *et al.* — *Projecto de Execução para a Exploração...*, 2000.
- <sup>25</sup> Luís Miguel Brito da LUZ — *Análise Crítica ao Modelo...*, 2005.
- <sup>26</sup> M. L. ROMÃO — “Elementos estatísticos sobre a Indústria Extractiva em Portugal no ano de 1997”. *Boletim de Minas*, 1999, vol. 36, n.º 1, pp. 37-60.
- <sup>27</sup> L. LOPES — “Constrangimentos geológicos na exploração de mármore no anticlinal de Estremoz”. *VII Congresso Nacional de Geologia*, 2006, pp. 1027-1030.
- <sup>28</sup> J. BRILHA; C. ANDRADE; A. AZEREDO; *et al.* — “Definition of the portuguese frameworks with international relevance as an input for the european geological heritage characterisation”. *Episodes: Journal of International Geoscience*, 2005, vol. 28, n.º 3, pp. 177-186.

## B I B L I O G R A F I A

- APALATEGUI, O.; EGUILUZ, L.; QUESADA, C. — "The structure of the Ossa-Morena Zone". In: DALLMAYER, R. D.; MARTINEZ, E. (eds.) — *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Dallmeyer & Martinez-Garcia. London: Springer-Verlag, 1990, pp 280-291.
- BRILHA, J.; ANDRADE, C.; AZEREDO, A.; et al. — "Definition of the portuguese frameworks with international relevance as an input for the european geological heritage characterisation". *Episodes: Journal of International Geoscience*. Beijing: International Union of Geological Science, 2005, vol. 28, n.º 3, pp. 177-186.
- CABRAL, J. M. P.; MACIEL, M. J.; LOPES, L.; et al. — "Petrographic and isotopic characterization of marble from the Estremoz Anticline: its application in identifying the sources of Roman works of art". *Journal of Iberian Archeology*. Porto: Associação para o Desenvolvimento da Cooperação em Arqueologia Peninsular, 2001, vol. 3, pp 121-128.
- CARTA Geológica do Anticlinal de Estremoz 1:25 000. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro; Departamento de Recursos Minerais não Metálicos, 1997.
- CARVALHOSA, A.; GONÇALVES, F.; OLIVEIRA, V. — *Carta Geológica de Portugal na Escala de 1:50 000: Notícia Explicativa da Folha 36-D, Redondo*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal, 1987.
- DALZIEL, I. W. D. — "Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation". *Geological Society of America Bulletin*. Boulder: The Geological Society of America, 1997, vol. 109, n.º 1 (Jan.), pp. 16-42.
- COSTA, P. Falé e; VINTÉM, C.; MOREIRA, J.; GAMA, C. Dinis da; SOUSA, J.; LOPES, L. — *Estudo da Viabilidade Técnica da Exploração Subterrânea de Mármore no Anticlinal de Estremoz*. Lisboa: Associação Industrial Portuguesa, Feira Internacional de Lisboa, 2001, p. 11. Congresso Internacional da Pedra Natural, promovido pela AIP/FIL, Lisboa, 16-17 de Maio de 2001.
- DELGADO, N.; CHOFFAT, P. — *Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000*. Lisboa: Direcção de Trabalhos Geológicos, 1899.
- GAMA, D.; COUTO, R.; SILVA, M. Costa e; et al. — *Projecto de Execução para a Exploração Subterrânea de Mármore na Região de Pardais*. Lisboa: Instituto Geográfico e Mineiro, 2000, relatório interno.
- GONÇALVES, F.; COELHO, A. P. — *Carta Geológica de Portugal na Escala de 1:50 000: Notícia Explicativa da folha 36-B, Estremoz*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal, 1974.
- GONÇALVES, F.; LOPES, L. — "Nota preliminar sobre os recursos geológicos do Alentejo utilizáveis como rochas ornamentais". *Memórias da Academia de Ciências*. Lisboa: Academia de Ciências, 1992, tomo XXXII, pp. 267-283.
- GONÇALVES, F. — "Provável conglomerado de base no Pré-câmbrico Superior de Portugal". *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*. Lisboa: Sociedade Geológica de Portugal, 1970, vol. XVII, fasc. 1, pp. 109-118.
- GONÇALVES, F. — "Observações sobre o anticlinório de Estremoz. Alguns aspectos geológico-económicos dos mármore". *Estudos Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro*. Porto: Direcção-Geral de Geologia e Minas; Serviço de Fomento Mineiro, 1972, vol. 22, fasc. 1-2, pp. 121-132 (*Matérias-primas Minerais não Metálicas*; 17).
- LOPES, J. L. G. — *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)*. Évora: s. n., 2003, dissertação de doutoramento apresentada ao Departamento Geociências da Universidade de Évora, texto policopiado.
- LOPES, L.; SILVA, J. B. — "Controle estrutural e constrangimentos geológicos na exploração de mármore no anticlinal de Estremoz — Alentejo — Portugal". *ICIRO: 1 Congresso de Rochas Ornamentais do Brasil*. Guarapari: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCT); Centro Tecnológico do Mármore e Granito (CETEMAG), 2005, edição em CD-ROM do congresso ocorrido de 20 a 23 de Fevereiro de 2005, em Guarapari, Brasil.
- LOPES, L. — "Constrangimentos geológicos na exploração de mármore no anticlinal de Estremoz". *VII Congresso Nacional de Geologia*. Estremoz: Mirão, J. & Balbino, A. eds; Universidade de Évora, 2006, pp. 1027-1030.
- LUZ, Luís Miguel Brito da — *Análise Crítica ao Modelo de Desenvolvimento do Sector das Pedras Naturais: O Caso dos Mármore no Triângulo Estremoz-Borba-Vila Viçosa, 1980-2003*. Lisboa: s. n., 2005, dissertação de mestrado em Economia e Estudos Europeus apresentada ao Instituto Superior de Economia e Gestão, texto policopiado.
- OLIVEIRA, V. M. — "Contribuição para o conhecimento geológico-mineiro da região de Alandroal-Juromenha (Alto Alentejo)". *Estudos Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro*. Porto: Direcção-Geral de Geologia e Minas; Serviço de Fomento Mineiro, 1984, vol. 26, fasc. 1-4, pp. 103-126.
- OLIVEIRA, J.; OLIVEIRA, J. T.; OLIVEIRA, V.; PIÇARRA, J. M. — "Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos". *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*. Lisboa: Direcção-Geral de Geologia e Minas, 1991, t. 77, pp. 3-26.
- PEREIRA, M. F. — *Caracterização da Estrutura dos Domínios Setentrionais da Zona de Ossa-Morena e Seu Limite com a Zona Centro — Ibérica, no Nordeste Alentejano*. Évora: s. n., 1999, dissertação de doutoramento apresentada ao Departamento de Geociências da Universidade de Évora, texto policopiado.
- PEREIRA, V. M. C. — "Mármore de Estremoz — Vila Viçosa, contribuição para o seu conhecimento". *A Pedra*, 1981, n.º 4, pp. 25-33.
- PIÇARRA, J. M. — *Estudo Estratigráfico do Sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa-Morena, Portugal*. Vol. II: *Bioestratigrafia do Intervalo Ordovícico-Devónico Inferior*. Évora: s. n., 2000, dissertação de doutoramento apresentada à Universidade de Évora, texto policopiado.
- PRICE, N. J.; COSGROVE, J. W. — *Analysis of Geological Structures*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- REYNAUD, R.; VINTÉM, C. — "Estudo da jazida de calcários cristalinos de Estremoz-Borba-Vila Viçosa (Sector de Lagoa — Vigaria e Borba)". *Boletim de Minas*. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 1994, v. 31, n.º 4, pp. 355-473.
- REYNAUD, R.; VINTÉM, C. — "Estudo da Jazida de Calcários Cristalinos de Estremoz — Borba — Vila Viçosa, Sector de Lagoa-Vigária e Borba". *Estudos Notas e Trabalhos*. Porto: Direcção-Geral de Geologia e Minas; Laboratório do Serviço de Fomento Mineiro, 1992, t. 34, p. 3-84.
- ROMÃO, M. L. — "Elementos estatísticos sobre a Indústria Extractiva em Portugal no ano de 1997". *Boletim de Minas*. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 1999, vol. 36, n.º 1, pp. 37-60.
- SILVA, J. B. — "Geodinâmica Ante-Mesozoica do Sector Oeste da Zona de Ossa Morena e regiões limítrofes: síntese com base em recentes observações". In: ARAÚJO, A.; PEREIRA, M.F. (eds.) — *Estudos Sobre a Geologia da Zona de Ossa-Morena (Maciço Ibérico)*. Évora: Universidade de Évora, 1997, pp. 231-262, livro de homenagem ao professor Francisco Gonçalves.
- VINTÉM, C. — *Estudo da Viabilidade Técnica da Exploração Subterrânea de Mármore. Relatório da Situação Actual*. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 1997, 20 p., relatório interno.