

9. Conclusões e Evolução Geodinâmica

A sucessão litoestratigráfica definida para a região de Abrantes parece reveladora da transição de uma margem activa no Neoproterozóico para uma margem passiva no Câmbrico inferior, o que aliás surge descrito por vários autores (*e.g.* Oliveira *et al*, 1991; Bandrés *et al*, 2004; Salman, 2004; López-Guijarro *et al*, 2008; Nance *et al*, 2012). Esta transição reflecte na realidade a passagem do Ciclo de Wilson Cadomiano, e consequentemente a formação da Cadeia Cadomiana, para os episódios distensivos associados aos estádios iniciais do Ciclo Orogénico Varisco. Toda esta sequência é posteriormente afectada pelos episódios compressivos associados ao Ciclo de Wilson Varisco, conferindo-lhe a estruturação actual.

Seguidamente tentar-se-á de forma sintética correlacionar os dados de cariz estrutural e litoestratigráfico da região com a evolução geodinâmica do Maciço Ibérico.

9.1. O Ciclo de Wilson Cadomiano: a abertura e fecho do oceano neoproterozóico

As unidades atribuídas ao Neoproterozóico, na área em estudo, são todas elas constituídas por uma componente detrítica na qual se desenvolveu uma maior ou menor componente vulcanogénica.

A Unidade Vulcano-Sedimentar de Abrantes apresenta um cortejo litológico que parece ser característico de ambientes de plataforma continental relativamente profundos e de alta energia, quando comparado por exemplo com a *Série Negra* de Abrantes. A presença de leitos de calcários milimétricos no seio de uma série essencialmente pelítica, com quartzovaques e psamitos, sugere deposição em águas quentes, mas em ambiente relativamente energéticos. Associado a esta unidade surgem vulcanitos, na maioria dos casos lenticulares, de natureza bimodal; estes vulcanitos poderiam estar associados às primeiras fases distensivas do Ciclo de Wilson Cadomiano.

A unidade que se sobrepõe a esta série apresenta características litológicas claramente distintas da unidade anteriormente referida. No caso da Unidade Anfibolítica do Açude de Abrantes, a componente vulcanogénica é claramente dominante, com termos básicos bastante desenvolvidos, revelando um intenso vulcanismo aquando da deposição da série pelítica. Esta actividade vulcânica poderá representar o vulcanismo pré-orogénico Cadomiano, associado ao contínuo processo

9. Conclusões e Evolução Geodinâmica

distensivo anterior à construção da cadeia orogénica Cadomina (*e.g.* Oliveira *et al.*, 1991), agora com um intenso vulcanismo básico, sendo que os termos ácidos não surgem nesta unidade.

Contudo, a ausência de dados de natureza geoquímica não nos permite afirmar tal facto, podendo esta unidade corresponder também ao vulcanismo orogénico de arco vulcânico associado à subducção Cadomiana (*e.g.* Quesada, 1990). A sua aparente posição estratigráfica abaixo da *Série Negra* de Abrantes, que se caracteriza por uma sequência filítica com intercalações de xistos negros grauvaques e liditos, associada a ambientes restritos e confinados, parece mostrar que o vulcanismo é anterior aos episódios compressivos associados à formação da Cadeia Orogénica Cadomiana.

O grupo da *Série Negra* tem vindo a ser interpretado, quer no sector Espanhol quer no Português da Zona de Ossa-Morena, como resultante dos processos de sedimentação em ambiente de margem passiva, associada à distensão cadomiana (*e.g.* Quesada, 1990; Oliveira *et al.*, 1991; López-Guijarro *et al.*, 2008). Tal facto parece estar de acordo com o aparecimento de unidades resultantes do contínuo processo de distensão anteriormente referido.

Todo este processo de distensão crustal finaliza com a génese de um oceano neoproterozóico, que posteriormente entra em subducção culminando com a formação da Cadeia Orogénica Cadomiana. Para alguns autores (*e.g.* Bandrés *et al.*, 2004; Ribeiro *et al.*, 2007; 2009), a subducção cadomiana dá-se na actual Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba, que é posteriormente reactivada durante as fases compressivas do Ciclo Varisco, como uma importante zona de cisalhamento em regime transpressivo esquerdo.

Uma chamada de atenção para a Unidade de Micaxistos Granatíferos do Tramagal. Apesar das suas semelhanças desta unidade com a Unidade de Espinho definida por Chaminé (2000) e Chaminé *et al.* (2003), a sua semelhança com a Formação de Morenos é dúbia. As características macro- e microscópicas dos micaxistos, parecem evidenciar a presença de histórias evolutivas distintas e bastante complexas.

9.2. Os episódios distensivos do Ciclo de Wilson Varisco: a abertura do oceano varisco, a sua sedimentação e o vulcanismo associado

No que diz respeito às unidades cartografadas e atribuídas ao Câmbrico inferior (integradas no denominado Grupo de Abrantes), após a subducção oblíqua no final do Ciclo Cadomiano, durante o Câmbrico inferior inicia-se o processo de distensão crustal; segundo alguns autores (*e.g.* Romão *et al.*, 2008) este processo terá sido condicionado por uma anisotropia crustal que poderá ser a Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba.

Associado a este processo de estiramento crustal principia a deposição de um complexo vulcano-sedimentar, que na base localmente pode apresentar conglomerados e arcoses, que

Caracterização estrutural da zona de cisalhamento Tomar - Badajoz - Córdoba no sector de Abrantes

poderiam corresponder ao molasso resultante da erosão da Cadeia Orogénica Cadomiana, previamente formada. O vulcanismo desenvolvido é essencialmente félsico, representando o início do processo de *rifting* relacionado com os processos distensivos variscos que levaram à abertura do oceano Rheic (e.g. Bandrés *et al*, 2004; Ribeiro *et al*, 2007; López-Guijarro *et al*, 2008; Nance *et al*, 2012).

Após este complexo detrítico com vulcanismo essencialmente félsico, ainda durante o Câmbrico inferior instalou-se uma extensa plataforma carbonatada, que se estende desde a região de Abrantes-Assumar até à região de Serpa-Brinches; esta plataforma carbonatada é representada na região pela Unidade Vulcano-Sedimentar Carbonatada de S. Miguel do Rio Torto. Localmente, esta unidade apresenta corpos ortoderivados de natureza anfibolítica, que nos mostram a continuação do vulcanismo relacionado com a progressão dos processos distensivos durante a sedimentação carbonatada do Câmbrico. Contudo, o vulcanismo é agora de natureza básica, sendo que os termos ácidos não se fazem representar.

O continuar dos processos distensivos, faz com que haja um afundamento da bacia de sedimentação e, conseqüentemente, a sedimentação carbonatada passa progressivamente a uma sedimentação essencialmente pelítica, constituída por alternâncias de material pelítico e psamítico. A Unidade Vulcano-Sedimentar Intermédia a Bimodal apresenta fraca expressão cartográfica em toda a área.

O vulcanismo do Câmbrico inferior intrui também nas unidades neoproterozóicas, sendo comum o aparecimento de corpos filonianos de natureza básica (metagabros) instalados no seio destas unidades. Estes corpos filonianos mostram a presença de um vulcanismo posterior à sedimentação das unidades neoproterozóicas e que pode ser correlacionável com os processos de *rifting* intracontinental associados à fase distensiva do Ciclo de Wilson Varisco.

9.3. Os episódios compressivos do Ciclo de Wilson Varisco: a construção da Cadeia Orogénica Varisca

Após a abertura do oceano Varisco, que durante os seus estádios iniciais dá origem à sucessão litoestratigráfica atribuída ao Câmbrico inferior na região em estudo (Grupo de Abrantes), iniciam-se os processos que levam à passagem de margem passiva, para uma margem activa, e que vai culminar na formação da Cadeia Orogénica Varisca.

A estrutura da região de Abrantes encontra-se intimamente ligada à actuação de duas das principais zonas de cisalhamento do Varisco Ibérico: a Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba e a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo.

9. Conclusões e Evolução Geodinâmica

A primeira fase de deformação varisca (D_1), como referido em capítulos anteriores, apresenta características particulares, se a enquadrarmos com os restantes domínios da Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba. Com efeito, muito embora no sector de Abrantes existam também, associadas à D_1 , vergências opostas para o quadrante SW e NE nos domínios a SW e NE respectivamente, a zona axial da estrutura na região de Abrantes apresenta particularidades quando comparada com a zona axial no Sector de Portalegre (fig. 9.1 B). No sector de Portalegre a zona axial encontra-se verticalizada associada a uma cinemática sinistrógira dominante, resultado de um regime transpressivo que dá origem a uma estrutura em flor positiva (fig. 9.1 A; Ribeiro *et al*, 1979; 2007; 2009 e referências inclusas).

Na região de Abrantes, a xistosidade S_1 reconhecida na zona axial apresenta um grau metamórfico superior às unidades cartografadas a Oeste e a Este deste sector axial, apresentando também particularidades no que diz respeito ao estilo de dobramento. Na unidade axial, a xistosidade S_1 anfibolítica associa-se a dobras em bainha tubulares, de eixo paralelo a um estiramento sub-horizontal D_1 . Esta zona axial é bordejada por domínios onde a geometria das dobras é claramente distinta das da zona axial. Estas áreas apresentam dobras assimétricas com vergências opostas para NE e SW, respectivamente a NE e SW do sector axial. O tipo de geometria referida parece compatível quer com a presença de uma dobra em bainha quilométrica proposta por Ribeiro *et al* (2009) para a região de Abrantes, quer com o prolongamento da estrutura em flor típica do sector de Portalegre.

Contudo, os dados de campo indicam a presença de uma xistosidade S_1 deitada, a levemente inclinada para SE, com uma componente de cisalhamento tangencial com transporte com topo para NW na região de Abrantes. A cinemática desta xistosidade S_1 encontra-se obliterada na zona axial por acção da segunda fase de deformação varisca (D_2). Contudo, o Granito de Maiorga, que apresenta características que o associam geneticamente à primeira de deformação, e que se localiza no seio da unidade axial, ostenta uma foliação gnaissica penetrativa com as características geométricas e cinemáticas anteriormente referidas.

A génese de uma xistosidade S_1 deitada na zona axial da estrutura associada à D_1 é também apoiada pela inexistência de um padrão de interferência entre as estruturas associadas à D_1 e as D_2 que se sobrepõem neste sector. As dobras associadas à D_2 apresentam eixos sub-horizontais em toda a zona axial, com extremo paralelismo com as dobras D_1 e o estiramento a ela associado; este comportamento é possível se a estrutura planar anterior S_1 , se encontrar sub-horizontalizada uma vez que a segunda fase se encontra associada à actuação de uma zona de cisalhamento de cinemática direita em regime não coaxial.

Caracterização estrutural da zona de cisalhamento Tomar - Badajoz - Córdoba no sector de Abrantes

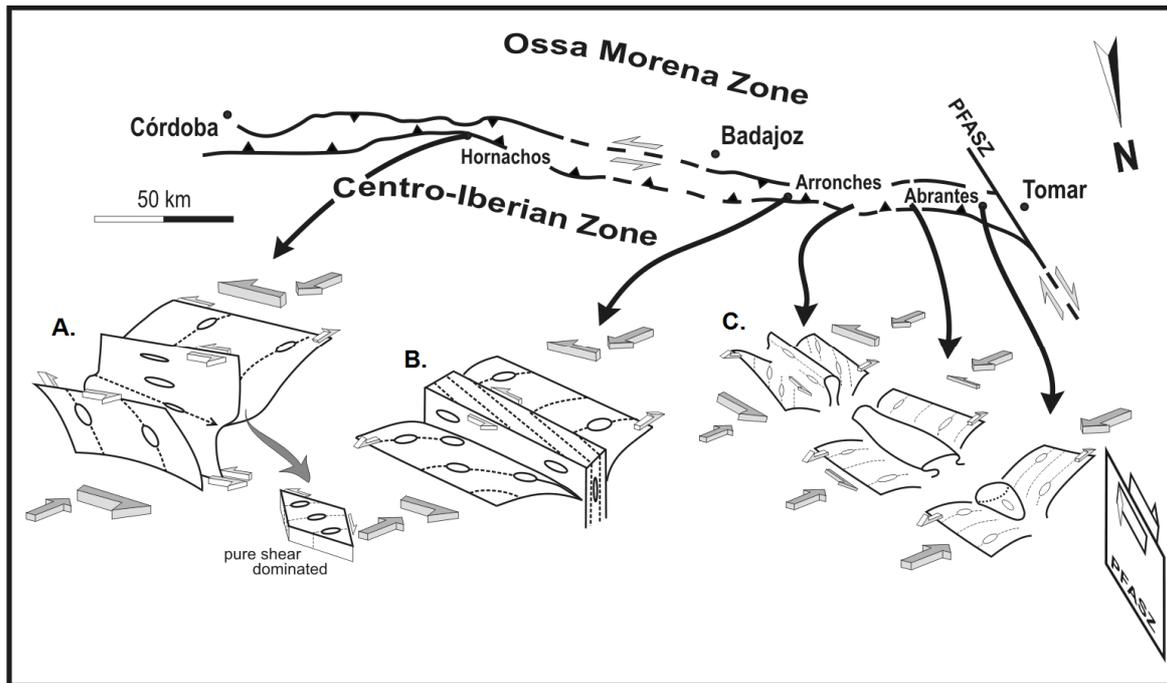


Fig. 9.1 – Cinemática e estrutura profunda da Zona de cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba (adaptado de Ribeiro *et al*, 2009). De SE para NW: A – Sector de Hinojosa del Valle–Hornachos, zona de acomodação; B – Sector de Badajoz-Portalegre, estrutura em flor em regime transpressivo esquerdo; C – Sector de Abrantes, dobra em Bainha quilométrica na zona de interferência com a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo.

O aparecimento de unidades mais recentes, sobrepostas sobre a unidade axial, no seio de um sinforma D_2 , apoia também a presença desta foliação deitada e, conseqüentemente, a formação de uma dobra em bainha quilométrica (ver mapa geológico no ANEXO A). Ao considerarmos a geração de uma dobra em bainha na D_1 , às unidades que se encontram no núcleo da dobra em bainha, sobrepõem-se as unidades mais recentes, também elas horizontalizadas. Com o dobramento desta xistosidade S_1 , poderão ocorrer dobras em sinforma D_2 no seio da unidade axial, que apresentam no seu núcleo as formações mais recentes que as sobrepõem.

A autosimilaridade às diversas escalas cartográficas é também passível de ser interpretado como apoio do modelo da dobra em bainha quilométrica. Com efeito, uma mesma estrutura pode apresentar-se às mais diversas escalas, pelo que o aparecimento frequente de dobras em bainha de forma tubular no seio da zona axial, pode também ser uma evidência para a presença desta macroestrutura. Contudo, o seu desenvolvimento pode estar associado a qualquer tipo de zona de cisalhamento, não estando cingida à presença de macrodobras em bainha (Alsop & Holdsworth, 1999; 2006), pelo que este argumento não deve ser visto isoladamente mas sim integrado no conjunto da totalidade dos dados que foram identificados na região.

Muito embora este modelo geodinâmico apresente algumas indefinições, os dados de campo sugerem, a existência de um dobramento em bainha D_1 à escala cartográfica na região de Abrantes. Contudo, a inexistência de um padrão cartográfico onde se visualize a rotação das lineações de

9. Conclusões e Evolução Geodinâmica

intersecção (L_1), entre a estrutura primordial (S_n) e a xistosidade associada à D_1 (S_1), motivada pela existência de espessos depósitos cenozóicos cobrindo precisamente a região onde estaria a charneira dessa dobra, não permite a identificação à escala cartográfica da dobra em bainha.

Acrescendo a este facto, a possibilidade da dobra em bainha quilométrica apresentar uma geometria tubular levaria a que as lineações de intersecção L_1 fossem paralelas em ambos os flancos da dobra (Alsop & Holdsworth, 2006), sendo que a rotação das lineações apenas poderia ser observada na frente da dobra. A presença dos depósitos cenozóicos nos domínios a Norte da área impede, a visualização do “nariz” da dobra, impedindo assim que se veja a rotação de L_1 (ver mapa geológico no ANEXO A).

As estruturação da Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba muda de forma considerável na região de Abrantes, sendo que a estrutura em flor positiva em regime cinemático esquerdo, típica da região de Portalegre, passa a uma dobra em bainha quilométrica no sector em estudo. Tal facto só seria expectável se neste sector da zona de cisalhamento existisse algum tipo de constricção à propagação da estruturação típica desta zona de cisalhamento, o que implicaria a mudança da estruturação à grande escala.

Assim sendo, o desenvolvimento da dobra em bainha D_1 quilométrica no sector de Abrantes e a sua inexistência nos sectores mais a SW poderá, muito possivelmente, estar associada à presença de um acidente importante que terá bloqueado a propagação para Oeste da Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba durante a D_1 , criando assim problemas de espaço na região de Abrantes, e, conseqüentemente, uma modificação na geometria das estruturas associadas a esta zona de cisalhamento, com a formação de uma macrodobra em bainha. Este acidente teria importância regional, estando activo pelo menos desde o início da actuação da D_1 associada à zona de cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba durante o Orógeno Varisco. Este acidente poderá ser a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo, que alguns autores defendem poder estar activo durante a D_1 Varisca (fig. 9.2; *e.g.* Dias & Ribeiro, 1994; Chaminé, 2000; Shelley & Bossière, 2000; 2002; Chaminé *et al*, 2003). Alguns autores vão mais longe, colocando esta zona de cisalhamento a funcionar desde o Paleozóico inferior (*e.g.* Ribeiro *et al*, 2007; 2009).

Um dos pontos a favor do que foi anteriormente referido é a assimetria das estruturas reconhecidas em ambos os flancos da dobra em bainha de Abrantes (fig. 9.3 A). Com efeito, no flanco Este a xistosidade S_1 é menos inclinada que no flanco Oeste, sendo que nos sectores mais distais (junto à Barca do Pego e na região do Sardoal) a cinemática transcorrente com transporte para NW, típica dos sectores axiais, deixa de existir, passando mesmo a um regime de transporte

Caracterização estrutural da zona de cisalhamento Tomar - Badajoz - Córdoba no sector de Abrantes

tangencial para o quadrante NE (fig. 9.2). Tal também parece acontecer no domínio Oeste, onde é possível distinguir pontualmente uma vergência das estruturas D₁ para Oeste (vide corte E-F no ANEXO B). Contudo, no sector Este, as dobras D₁ vergente para Este parecem ser mais amplas que no sector Oeste, com vergência para Oeste, onde se vai desenvolver um dobramento de primeira fase mais intenso, bastante evidente à escala cartográfica. Esta variação na intensidade de dobramento nos sectores Este e Oeste, pode dever-se à falta de espaço induzida pela presença da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo mais a Oeste. Uma explicação alternativa ao facto anteriormente referido, é o arraste das estruturas D₁ por acção da D₂ cisalhante direita, que apresenta maior intensidade a Oeste, deflectindo assim as estruturas D₁ da sua orientação NW-SE primordial para uma orientação NNW-SSE.

Os trabalhos de deformação finita levados a cabo na região do Buçaco por Dias & Ribeiro (1993), permitiram evidenciar uma mudança na geometria dos elipsóides de deformação da primeira fase no autóctone da Zona Centro-Ibérica nas regiões próximas à zona de cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo; os autores interpretam esta variação dos elipsóides de deformação finita, como resultado da actuação desta zona de cisalhamento com cinemática direita durante as fases precoces da orogenia varisca (D₁; atribuída ao Devónico médio-superior).

Os dados anteriormente referidos, estão de acordo com os dados de Chaminé (2000) e Chaminé *et al* (2003) para Zona de Cisalhamento Espinho-Albergaria-a-Velha, que colocam esta zona de cisalhamento activa pelo menos desde o Silúrico-Devónico (*vide cap. 6 para revisão*), colocando-a como um importante acidente intra-placa. Mais recentemente, Ribeiro *et al* (*in press*) reinterpreta a região de Espinho-Albergaria-a-Velha como sendo uma zona de *restraining bend* associado a uma inflexão na direcção N-S para NW-SE da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo com cinemática direita.

Também os trabalhos de Romão (2000) e Romão *et al* (*in press*), no sinforma de Amêndoa-Carvoeiro, identificaram a presença da actuação da Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo associada a uma D₂ local, anterior a D₃ que se encontra relacionada com a Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba, activa na região de Portalegre desde a D₁ Varisca na região. Estes dados mostram que as duas zonas de cisalhamento estiveram activas concomitantemente, o que claramente levará a criação de problemas de espaço na região de Abrantes.

Para além do anteriormente referido, os dados de Quesada & Dallmeyer (1994) para as idades de arrefecimento das biotites nas unidades da Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba (que segundo os autores inicia a sua actuação, em regime dúctil, provavelmente no Devónico médio prevalecendo até ao Devónico superior) efectuadas com base $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, mostraram um aumento

9. Conclusões e Evolução Geodinâmica

progressivo da idade de arrefecimento para NW, o que é consistente com o modelo de Ribeiro *et al* (2009).

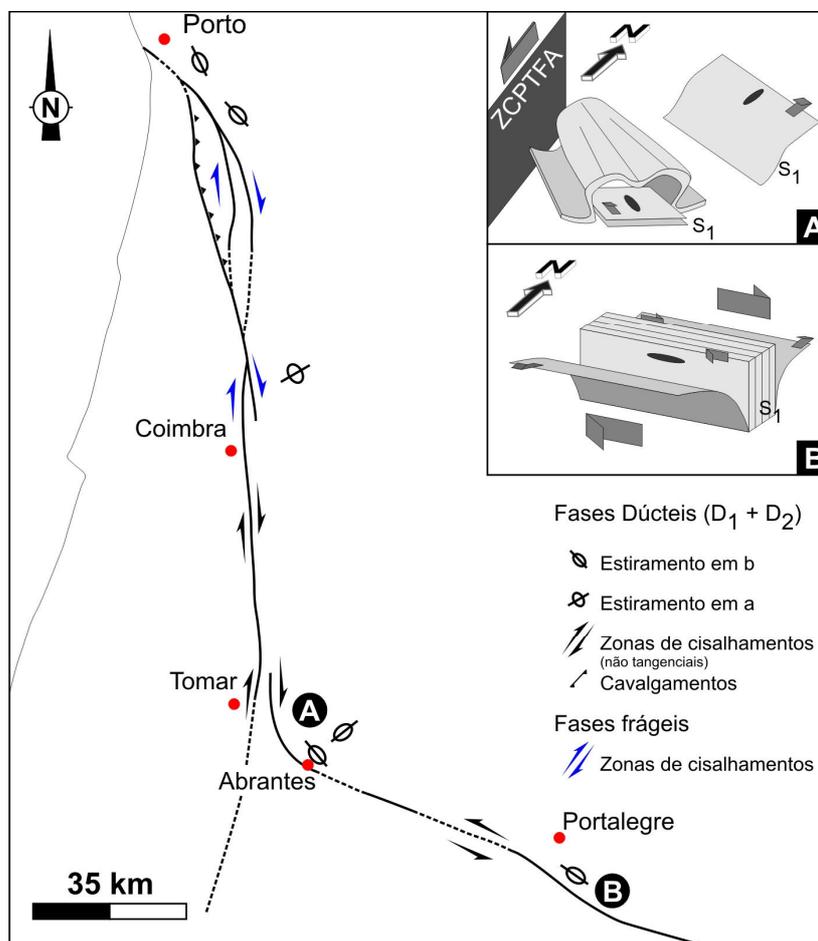


Fig. 9.2 – Mapa geológico esquemático representativo da cinemática das principais estruturas actuaentes na região de Abrantes, com representação da geometria e cinemática típica da Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba no sector de Abrantes (A) e no sector de Portalegre (B).

Outros dados relevantes para a actuação desta zona de cisalhamento anterior ao Carbónico (idade proposta por Pereira *et al*, 2009 para o início do funcionamento da mesma) é a total inexistência de unidades atribuídas ao Câmbrio inferior no domínio a Oeste desta zona de cisalhamento, com afinidades à Zona de Ossa-Morena. Com efeito, a litoestratigrafia da base do Câmbrio inferior revela grande uniformidade em toda a Zona de Ossa-Morena, com o aparecimento de rochas felsíticas, resultantes muito possivelmente dos processos distensivos que levam à abertura do Oceano Varisco, e que na base apresentam frequentemente conglomerados e arcoses, ao qual se sobrepõe uma sucessão carbonatada resultante da constituição de uma extensa plataforma carbonatada. A identificação desta sequência litoestratigráfica nos diversos domínios da Zona de Ossa-Morena, e a sua identificação em Abrantes faz antever desde logo a evolução conjunta de toda esta zona paleogeográfica durante o Paleozóico inferior, muito embora hajam ,

Caracterização estrutural da zona de cisalhamento Tomar - Badajoz - Córdoba no sector de Abrantes

como seria de esperar, particularidades próprias nos diversos sectores. Contudo, a inexistência desta sucessão típica do Paleozóico inferior da Zona de Ossa-Morena no bloco a Oeste da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo, faz antever que este bloco teve uma história evolutiva distinta após este período, muito embora contenham um soco neoproterozóico que parece mostrar evolução comum entre estes dois blocos durante o Neoproterozóico, contendo similaridades a nível litoestratigráfico. Estes aspectos, apesar de por si só não bastarem, é mais uma evidência para o funcionamento desta zona de cisalhamento desde o Paleozóico inferior (Chaminé *et al*, 2003; Ribeiro *et al*, 2007 e referências inclusas).

A D₂ Varisca na região de Abrantes revela a existência de uma componente de cisalhamento NNW-SSE com cinemática dextrógira importante (fig. 9.3 B), associada a um regime de deformação não coaxial. Este cisalhamento apresenta características típicas de regimes dúcteis, com desenvolvimento de xistosidade (embora pontual), estruturas de fluxo, bandas de cisalhamento com estruturas C-C' e C-S entre outros. Esta componente de cisalhamento D₂ sugere a actuação da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo durante esta fase de deformação, o que não invalida que poderia estar activa desde a D₁ varisca, como foi discutido anteriormente.

Esta fase de deformação apresenta claras evidências de partição da deformação, com sectores exibindo regimes de cisalhamento puro dominantes, retrabalhando estruturas D₁ e dobrando a xistosidade S₁, que alternam com outros exibindo componentes de cisalhamento simples, com formação de dobramentos escalonados de direcção aproximadamente E-W (fig. 9.3 B).

A interacção entre as duas fases de dobramento (D₁ e D₂), nos sectores onde a componente de cisalhamento simples é dominante, vai gerar um padrão de interferência do tipo 3 de Ramsay (1967). A componente direita D₂ é também ela responsável pela reorientação das estruturas D₁, para uma direcção próxima de N-S (fig. 9.3), sendo possível a nível cartográfico (ver mapa geológico no ANEXO A) observar uma curvatura clara das unidades, que nos domínios mais a Norte exibem uma direcção mais próxima de N-S, enquanto nos domínios mais a Sul apresentam direcções mais próximas do NW-SE.

Ao contrário do referido por Pereira *et al* (2009) para a região de Abrantes, a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo induz aqui deformação em regime transcorrente dúctil, sendo responsável pelo redobramento das estruturas prévias associadas à D₁ Varisca. Este facto é bem visível quer a nível macroscópico, mas principalmente a nível microscópico.

9. Conclusões e Evolução Geodinâmica

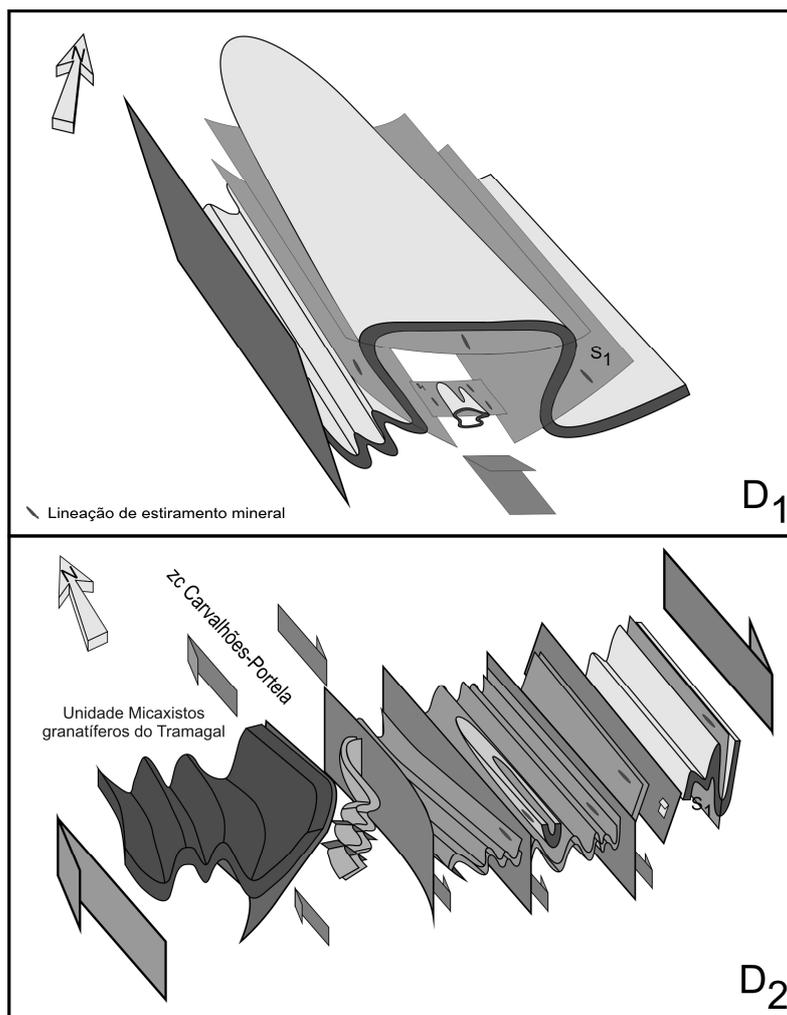


Fig. 9.3 – Representação tridimensional das duas fases de deformação variscas dúcteis: A D_1 com a formação de uma dobra em bainha quilométrica, que posteriormente é redobrada e reorientada durante a D_2 , obliterando a sua cinemática com transporte tangencial com topo para NW.

É associada à D_2 Varisca, que se julga dar-se a intrusão do Granito do Tramagal. Este granito não apresenta evidências de cisalhamentos dúcteis D_2 muito embora presente por vezes cisalhamentos diretos mais tardios em regime dúctil-frágil. A sua orientação preferencial N-S é também uma evidência para a sua contemporaneidade com esta fase de deformação. Pereira *et al* (2009) atribuíram uma idade compreendida entre os 335-318 Ma. para o processo de intrusão granítica que dá origem ao Granito do Tramagal. Esta idade pode assim delimitar que os eventos frágeis-dúcteis são posteriores às idades anteriormente referidas.

Contudo, a D_2 apresenta também estruturas que mostram a sua actuação em andares estruturais superiores, associada a um regime de deformação dúctil-frágil (ou até mesmo frágil), mas sempre associada a uma cinemática direita. Isto sugere que esta zona de cisalhamento parece ser assim uma estrutura de extrema importância a nível regional, com actuação desde as fases mais precoces da Orogenia Varisca, até as fases mais tardias. Não raramente surgem cisalhamentos diretos

Caracterização estrutural da zona de cisalhamento Tomar - Badajoz - Córdoba no sector de Abrantes

claramente em regime dúctil-frágil, aos quais se associa uma clivagem de crenulação intensa e uma geração de quartzo.

No que respeita à deformação tardi-varisca, esta caracteriza-se em todo o sector Ibero-Armoricano pelo aparecimento de estruturas em regime predominantemente frágil a dúctil-frágil, sobrepondo-se às estruturas dúcteis prévias (*e.g.* Ribeiro, 2006; Dias *et al*, 2009; Dias *et al*, *in press*). O mesmo sucede em toda a região de Abrantes onde a fase de deformação em causa, surge afectando as estruturas atribuídas à D_1 e D_2 variscas, que ocorrem em regime dúctil.

Esta fase de deformação caracteriza-se, na área em estudo, por apresentar essencialmente acidentes de orientação NNE-SSW a NE-SW com uma cinemática esquerda, como aliás é característico, não só em todo o Maciço Ibérico, com o desenvolvimento do sistema Vilarça-Messejana (Ribeiro, 2006), mas também em Marrocos (descrito para a região do Alto Atlas ocidental, e do Anti-Atlas; Dias *et al*, 2009; Almeida & Dias, 2011). Muito embora a cinemática esquerda seja amplamente aceite (Ribeiro *et al*, 1979; Iglesias & Ribeiro, 1981; Basile, 2010; Dias & Basile, *in press*; Dias *et al*, *in press*), e esteja de acordo com o que foi agora observado na região de Abrantes, alguns autores defendem que durante o Orógeno Varisco estes acidentes terão funcionado como desligamentos direitos, sendo os vestígios de movimentação esquerda, o resultado do rejogo Alpino (*e.g.* Marques *et al*, 2002; Mateus & Noronha, 2010).

Apesar desta família de falhas se apresentar altamente desenvolvida na generalidade do sector Ibero-Marroquino, em todo este sector não foi possível por em evidência qualquer tipo de família conjugada à anteriormente descrita. O mesmo sucede na região de Abrantes onde apenas a família NE-SW é observável.

Segundo Ribeiro (2006) e Dias *et al* (2009), o sobre-espessamento, a erosão e a compensação isostática consequência dos processos compressivos, induzem uma alteração no regime de deformação intraplaca: o regime passa de cavalgante a transcorrente nos últimos estádios orogénicos. Contudo, a compreensão desta fase de deformação não pode ser interpretada sem ter em consideração o papel das heterogeneidades de 1ª ordem (*e.g.* Ribeiro, 2006; Ribeiro *et al*, 2007; Dias *et al*, 2009).

As características desta fase de deformação têm sido interpretadas por diversos autores como resultado da actuação de anisotropias litosféricas de 1ª ordem com uma orientação E-W (Ribeiro, 2002; 2006; Ribeiro *et al*, 2007; Dias *et al*, 2009), que por sua vez induzem a formação de estruturas de 2ª ordem com orientação NNE-SSW a NE-SW. Estas estruturas de 1ª ordem, de orientação E-W, apresentam cinemática direita, sendo que os desligamentos tardi-variscos seriam explicados à escala orogénica à luz do modelo de dominós, apresentando cinemática esquerda (fig.

9. Conclusões e Evolução Geodinâmica

9.4). O modelo de dominós explica não só a presença dos desligamentos esquerdos NNE-SSW, como também a ausência dos seus conjugados direitos (fig. 9.4 B). Os grandes acidentes E-W direitos coincidiriam com o substrato da futura cadeia orogénica Cantabro-Pirenáica a Norte e com a Cadeia Bética a Sul (fig. 9.4 A; Ribeiro, 2002; 2006; Ribeiro *et al*, 2007).

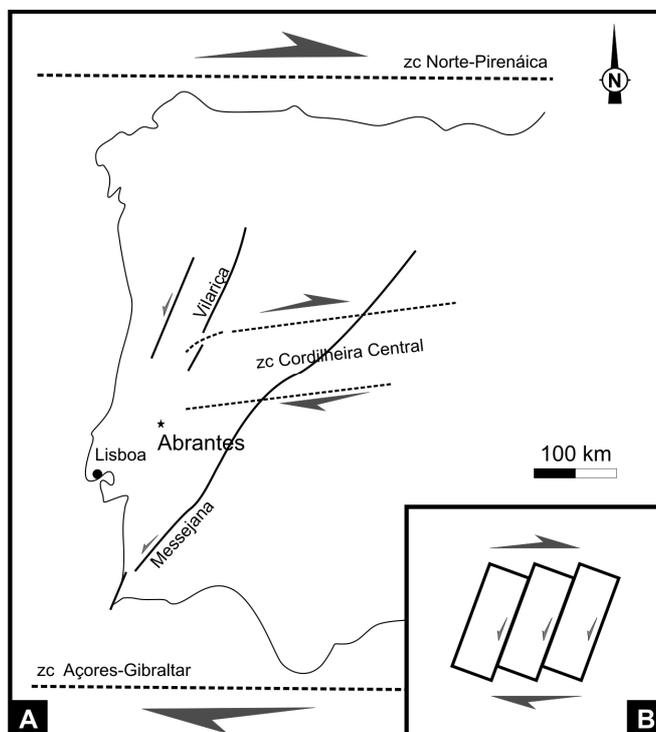


Fig. 9.4 – Modelo genético para o tardi-varisco **A** – modelo proposto para a Ibéria (adaptado de Ribeiro, 2002); **B** – modelo teórico de um dominó direito, com acidentes de 1ª ordem de orientação E-W, com desenvolvimento de falhas antitéticas de 2ª ordem de orientação NNE-SSW.

O modelo em causa foi inicialmente proposto para o Varisco Ibérico (Ribeiro, 2002; 2006; Ribeiro *et al*, 2007) tendo sido posteriormente aplicado ao Varisco Marroquino (Dias *et al*, 2009), onde foram postas em evidência as zonas de cisalhamento de Tizi n'Test e Tantan ou a zona de cisalhamento de Tata, interpretado como sendo um análogo menor destas estruturas (Almeida & Dias, 2011).

O modelo para a génese da fracturação tardi-varisca, anteriormente apresentado, é uma variante dos modelos clássicos sugeridos para os episódios tardios de deformação varisca (Arthaud & Matte, 1975; 1977). Este modelo é consistente com o modelo de cisalhamento dextrógiro induzido pela colisão oblíqua entre a Laurásia e a Gondwana (e.g. Ribeiro *et al*, 1995; Shelley & Bossière, 2000; 2002), sendo aplicável a todo o sector Ibero-Armoricano (Dias *et al*, 2009). O modelo do dominó proposto inicialmente proposto por Ribeiro (2002), explica não só a abundância das estruturas NNE-SSW, como também a ausência dos seus conjugados direitos, dando assim grande importância às heterogeneidades anteriormente criadas. Tal facto não pode ser explicado pelos modelos que

Caracterização estrutural da zona de cisalhamento Tomar - Badajoz - Córdoba no sector de Abrantes

defendem um campo de tensões com direcção de encurtamento N-S, com geração de um sistema conjugado de factura (Ribeiro *et al*, 1979). Tais modelos não são consistentes com a ausência dos conjugados direitos, sendo o modelo do dominó de facto consistente com os dados colhidos até agora em todo o sector Ibero-Marroquino.

9.4. Considerações finais

A definição de novas unidades litoestratigráficas para a região de Abrantes e os estudos de índole estrutural agora realizados forneceram novos dados que nos permitem um melhor conhecimento de duas das estruturas Variscas com importância inegável não só do ponto de vista do Varisco Ibérico, como da evolução geodinâmica deste orógeno no seu global.

A importância e complexidade da Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba tornam esta estrutura incontornável do ponto de vista da geodinâmica Varisca Ibérica. Prova disso são as inúmeras teses e trabalhos realizados nesta complexa estrutura, no sector português e espanhol. A sua caracterização pormenorizada tem reflexos directos na evolução geodinâmica do Orógeno Varisco (e Cadomiano?).

Por seu lado, a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo aparenta ter também ela uma importância inegável do ponto de vista geodinâmico, uma vez que parece apresentar um espectro temporal de actuação bastante grande, com actuação desde os regimes mais dúcteis até aos regimes mais frágeis.

Os resultados agora obtidos, conduzem a novos desafios e consequentemente a novas linhas de investigação, que permitirão refinar o conhecimento global do funcionamento destas duas importantes zonas de cisalhamento e consequentemente da geodinâmica Varisca. Para um conhecimento mais aprofundado e interdisciplinar serão necessárias as seguintes abordagens posteriores:

- comparação da estruturação observada, com outros sectores das duas zonas de cisalhamento, de forma a melhorar o conhecimento da estruturação e estratigrafia destas duas zonas de cisalhamento. Para tal propõe-se o refinamento da cartografia geológico-estrutural de sectores chave quer na Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba, quer na Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo.
- estudos de geoquímica diversa, análises termobarométricas e de geocronologia nas rochas metamórficas, ortoderivadas e magmáticas (em concreto nos granitos do Tramagal e Maiorga) de forma a caracterizar o magmatismo atribuído ao Neoproterozóico e ao Câmbrico, mas também os episódios magmáticos e metamórficos associados às fases compressivas variscas.

9. Conclusões e Evolução Geodinâmica

- cartografia de pormenor de afloramentos chave (à escala 1:100 ou similar) de forma a compreender aprofundadamente os mecanismos de deformação presentes na região.
- estudos microestruturais pormenorizados, com recurso a técnicas diversas de forma a compreender a deformação nos diversos sectores e a interacção entre estas estruturas associadas às duas zonas de cisalhamento.