

**Assinatura tectono-sedimentar do auge da  
compressão bética em Portugal:  
a descontinuidade sedimentar Valesiano terminal-Turoliano**

*Sedimentary and tectonic signature of the betic compression climax in Portugal  
the late Vallesian-Turolian sedimentary discontinuity*

**P. Proença Cunha<sup>(1)</sup>, N. Pimentel<sup>(2)</sup> & D. Insua Pereira<sup>(3)</sup>**

1 - Grupo de Estudo dos Ambientes Sedimentares; Centro de Geociências da Univ. Coimbra; p Cunha@ci.uc.pt; Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra

2 - Centro de Geologia da Universidade de Lisboa; pimentel@fc.ul.pt

Departamento de Geologia da Fac. Ciências, Universidade de Lisboa; Campo Grande, C-2, 5º; 1700 Lisboa

3 - Centro de Ciências do Ambiente/Ciências da Terra, Univ. do Minho; insua@dct.uminho.pt

Departamento de Ciências da Terra, Universidade do Minho, 4710-507 Braga

## RESUMO

**Palavras chave:** Cenozóico; análise de bacias; depósitos aluviais; paleogeografia; tectónica de fractura; compressão bética; Portugal.

Nas bacias sedimentares portuguesas pode ser reconhecida uma importante ruptura sedimentar fini-Miocénica com reflexo numa drástica mudança paleogeográfica. Está relacionada com um evento tectónico de grande escala, de idade provável Valesiano terminal-Turoliano (cerca de 9,5 Ma; Tortoniano médio). Neste trabalho faz-se a caracterização do registo sedimentar deste evento e das suas relações com falhas activas, em diferentes contextos, nomeadamente nas bacias terciárias do Douro (bordo NW), Mondego, Baixo-Tejo e Sado. O registo sedimentar Tortoniano superior-Messiniano ? (Valesiano superior-Turoliano ?) é interpretado como correspondendo, essencialmente, a leques aluviais endorreicos desenvolvidos ao longo de falhas activas, nomeadamente desligamentos indentados NNE-SSW e falhas inversas NE-SW; no NE de Portugal, documentaram-se troços proximais de uma rede hidrográfica drenando para a espanhola Bacia do Douro (a oriente). Apresentam-se as principais evidências do auge em Portugal continental da compressão bética; o conjunto das estruturas tectónicas interpretadas está de acordo com um intenso encurtamento crustal segundo NNW-SSE, mas documenta-se alguma diferenciação regional.

## ABSTRACT

**Key words:** Cenozoic; basin analysis; alluvial deposits; palaeogeography; brittle tectonics; betic compression; Portugal.

An Upper Miocene important sedimentary break can be accurately recognised in the Portuguese basins and is reflected by a drastic palaeogeographic change in relation to a large-scale tectonic event of probable uppermost Vallesian-Turolian (9,5 Ma; middle Tortonian) age. The characterisation of the sedimentary record of this tectonic event, as well as its relations with interpreted active faults is made for different situations: Douro (NW border), Mondego, Lower-Tagus and Sado Tertiary basins. The sedimentary record, considered upper Tortonian-Messinian ? (uppermost Vallesian-Turolian ?) is interpreted mainly as endorheic alluvial fans (internal drainage), developed along active NNE-SSW indent-linked strike-slip faults and NE-SW reverse faults. At NE Portugal, proximal fluvial systems of an endorheic hydrographic network drained eastwards to the Spanish Duero interior Basin. The main evidences of the betic compression climax in Portugal mainland are presented; the interpreted active tectonic structures are in accordance with an intense NNW-SSE crustal shortening, but some regional differences are also documented.

## INTRODUÇÃO

Devido à ausência de jazidas fósseis, até há pouco tempo atrás considerava-se que em Portugal continental existia lacuna do Miocénico terminal ao Zancleano; por exemplo, na Bacia terciária do Baixo-Tejo, existiam dados biostratigráficos que documentavam o Aquitaniano a Tortoniano inferior, bem como outros atribuíveis ao Pliocénico superior e Quaternário.

Por outro lado, os trabalhos de cartografia estavam mais experimentados com unidades tabulares, principalmente marinhas e muito extensas. Pouco se sabia de depósitos de leques aluviais, e menos ainda dos requisitos para a sua identificação e separação cartográfica em sucessões continentais grosseiras, sem níveis guia, nem fósseis.

São estas as principais razões que devem ter levado a que episódios sedimentares fini-neogénicos, essencialmente constituídos por espessos depósitos heterométricos siliciclásticos de leque aluvial, passassem despercebidos nos trabalhos de cartografia. Uma vez as fácies aluviais distais, predominantemente arenolúticas, foram incluídas na cartografia conjuntamente com a sucessão areno-lútica do Aquitaniano ao Tortoniano inferior, sem se dar conta que entre ambas existia, geralmente, uma discordância angular. Noutros casos as fácies aluviais proximais, predominantemente conglomeráticas, foram tidas como terraços quaternários ou como “depósitos de tipo raña”, numa época demasiadamente influenciada por critérios de separação alimétrica.

Progressivamente, registaram-se avanços na sua identificação nas coberturas sedimentares do soco em áreas mais interiores, principalmente por critérios geomorfológicos, destacando-se as contribuições dos geógrafos P. Birot, M. Feio, O. Ribeiro, A. Brum Ferreira, S. Daveau e D. Ferreira. Nesses tempos os geólogos empenhavam-se mais em estudar o Cenozóico da “Orla Ocidental”, principalmente as sucessões que continham intercalações de níveis marinhos com “fósseis de idade”.

Contudo, alguns geólogos deram importantes contribuições para o esclarecimento do posicionamento estratigráfico das sucessões continentais interiores, de que destacamos G. Zbyszewski, A. Galopim de Carvalho e M. Telles Antunes. Com o desenvolvimento da Sedimentologia, da análise sequencial e de critérios para a identificação de unidades alostratigráficas, constata-se existirem unidades de leque aluvial fini-neogénicas, com importante significado tectónico e paleogeográfico, distintas das outras unidades já classicamente estabelecidas.

No registo sedimentar Terciário, Cunha (1992a, 1992b) propôs uma sucessão de unidades alostratigráficas (designadas por SLD) e fez uma proposta para as respectivas idades prováveis. Quando em algumas não existiam suficientes ou nenhuns dados biostratigráficos com significado temporal, usou as respectivas rupturas sedimentares enquadrantes que se relacionam com fases tectónicas ibéricas e se encontravam consideravelmente bem datadas, principalmente em bacias espanholas (Calvo *et al.*, 1993). No que diz respeito ao registo do provável Valesiano terminal a Rusciano (Tortoniano final a Zancleano), enquadrou-o nas SLD11 e SLD12, caracterizou-o em Portugal Central e destacou a sua provável representação noutras regiões. Progressivamente, tem-se melhorado a identificação destes episódios sedimentares em todo o País, destacando-se os trabalhos de Barbosa (1995), Pimentel (1997), Pereira (1997), Azevêdo (1998) e Martins (1999) (Quadro 1).

Relativamente à SLD11, considerada como provável Valesiano terminal a Turoliano (Tortoniano superior a Messiniano), Cunha (1992a, 1992b, 1994) concluiu que esta iniciava uma etapa tectono-sedimentar claramente distinta da etapa anterior (Aquitaniano-Tortoniano inferior), em termos das características líticas do enchimento, bem como na interpretada paleogeografia e contexto tectónico.

No presente trabalho, em função da identificação deste episódio tectono-sedimentar nos registos sedimentares de

Unidade alostrat.	Idade provável	B. Douro (Trás-os-Montes)	Bacia do Mondego (NE)	Bacia do Mondego (SW)	B. Baixo Tejo (NE)	B. Baixo Tejo (centro)	Bacia do Sado
SLD14	Gelasiano-Plistoc. inf.	F. Aveleda	Nível de Serra da Vila		Nível de Fratel	Nív. Mora-Lamarosa	F. Panóias
SLD13	Placenciano	F. Mirandela	F. Santa Quitéria	F. Carnide, Roussa, Barracão	F. Falagueira	F. Ulme, Almeirim	F. Alvalade
SLD12	Messiniano-Zancleano	Membro de Atalaia	F. Telhada	F. Redinha	F. Monfortinho		F. Esbarrondadoiro
SLD11	Tortoniano superior-Messiniano	Membro de Castro	F. Campeão	F. Pombal F. Ourém	F. Torre	F. Rio de Moinhos	F. Monte Coelho
SLD9-10	Aquitaniano-Tortoniano inferior	<i>lacuna</i>	F. Lobão	F. Amor	F. Silveirinha dos Figos	F. Ota, Tomar, Almoester	F. Alcácer do Sal
SLD7-8	Paleogénico	F. Vale Álvaro	F. Coja	F. Bom Sucesso	F. Cabeço Infante	F. Benfca	F. Vale do Guizo

Quadro 1 - Proposta de correspondência entre unidades alostratigráficas (SLD) e unidades litostratigráficas definidas em várias regiões de Portugal continental.

várias regiões de Portugal, faz-se a interpretação da paleogeografia, das principais falhas condicionantes e de outros controlos da sedimentação.

## NORDESTE DE PORTUGAL (SECTOR NW DA BACIA TERCIÁRIA DO DOURO)

### Características do registo da SLD11

A maior parte do registo cenozóico do nordeste transmontano é constituído pela Formação de Bragança, com uma espessura máxima de 80 m. Esta assenta no soco hercínico ou, localmente, na Formação de Vale Álvaro (Paleogénico?). O enchimento cenozóico culmina com as Formações de Mirandela (Placenciano?) e Aveleda (Gelasiano a Plistocénico inicial?).

A Formação de Bragança é constituída pelo Membro de Castro (SLD11) e Membro de Atalaia (SLD12), granodécrescentes e separados por uma disconformidade (Pereira, 1997, 1998, 1999; Fig. 1). Ambos os membros são constituídos por depósitos siliciclásticos vermelhos, predominantemente areno-conglomeráticos, com carácter polimítico e desgaste moderado dos clastos. A fracção argilosa é constituída por esmectite, caulinite e ilite. A organização das litofácies denuncia um primeiro preenchimento na forma de pavimentos do talvegue do canal. Sobre estes níveis basais reconhecem-se, entre os domínios mais proximais e médios (no contexto regional), a sobreposição de ciclos de enchimento. As paleocorrentes definem um sentido geral de escoamento para sudeste.

### Paleogeografia

Os sedimentos preenchem paleovales com declive pronunciado e organizados numa rede de drenagem de baixa sinuosidade (ex. Planalto Mirandês e Mirandela) e a sedimentação foi mais abundante nas depressões tectónicas (Fig. 1 e 2). Alguns leques aluviais estão localizados ao longo da zona de falha Bragança-Vilariga-Manteigas, interpretando-se um levantamento relativo do bloco ocidental.

Quando os vales atingem as depressões tectónicas, perdem o carácter encaixado e aumentam a sinuosidade. Nestes domínios são evidentes os dois membros e a descontinuidade entre eles. A SLD11 mantém na base o seu carácter grosseiro, pavimentando o talvegue. Para o topo infere-se maior frequência de canais relativamente estáveis, com zonas marginais alargadas, com sedimentação predominantemente fina (Pereira, 1997, 1999).

O conhecimento das unidades cenozóicas regionais e do seu enquadramento morfotectónico, bem como das características das bacias adjacentes, permitem interpretar Trás-os-Montes oriental como uma área que, durante uma parte significativa do Paleogénico e Neogénico, terá alimentado a Bacia terciária do Douro (em Espanha), através de uma rede fluvial. A organização desta paleodrenagem deverá relacionar-se com um sistemático levantamento regional, bem referenciado nas bacias adjacentes por rupturas tectónicas (López-Martínez *et al.*, 1985; Cunha, 1992a, 1994; Calvo *et al.*, 1993; Santisteban *et al.*, 1996).

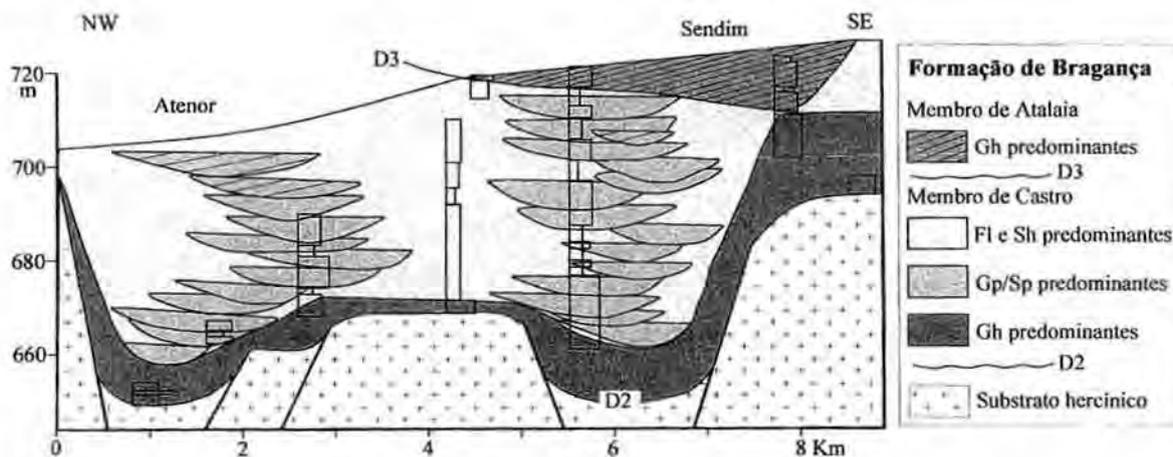


Fig. 1 - Arquitectura deposicional da paleodepressão de Sendim (Planalto Mirandês), com representação dos eixos de drenagem de Palaçoulo-Sendim (N-S) e Atenor (NW-SE). O Membro de Castro é constituído por um enchimento conglomerático basal, preenchendo paleovales controlados por abatimentos tectónicos; para o topo, o enchimento caracteriza-se pelo predomínio de finos de planície de inundação e estruturas que traduzem migrações dos canais e barras areno-conglomeráticas. O Membro de Atalaia, com reduzida expressão neste sector, está representado no topo por um conglomerado.

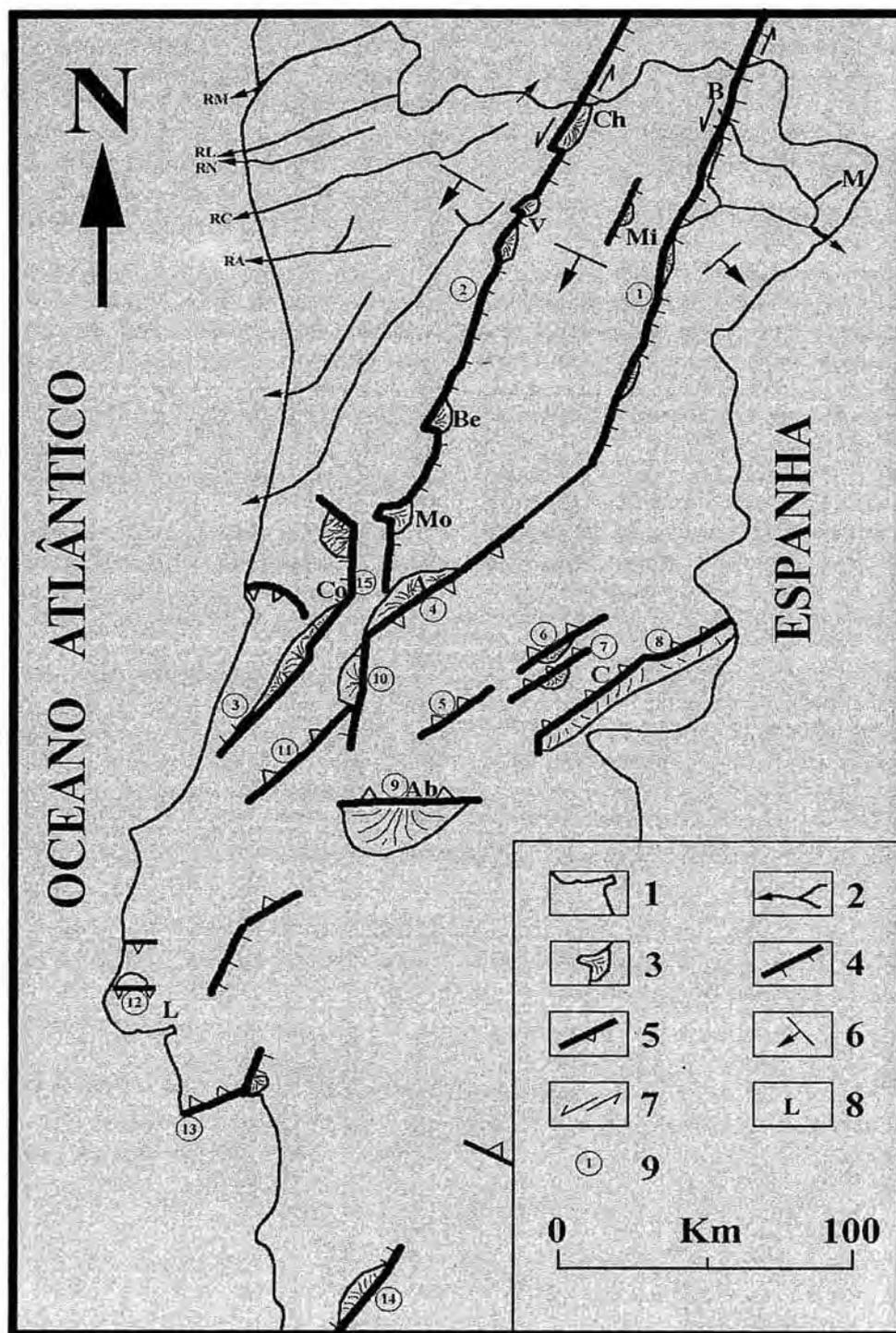


Fig. 2 - Interpretação paleogeográfica da SLD11, provavelmente no Tortoniano final a Messiniano (Valesiano terminal a Turoniano). No Minho, estão representados os prováveis eixos de drenagem fluvial exorreica; dado que se considera não existirem os coevos testemunhos sedimentares, foram interpretados por critérios geomorfológicos. Legenda geral: 1 - limite territorial; 2 - rio (RM - Minho; RL - Lima; RN - Neiva; RC - Cávado; RA - Ave); 3 - leque aluvial; 4 - falha sub-vertical (os dentes indicam o bloco abatido); 5 - falha inversa (os triângulos situam-se no bloco cavalgante); 6 - basculamento regional; 7 - desligamento; 8 - localidade (A - Arganil; Ab - Abrantes; B - Bragança; Be - Barreiro de Besteiros; C - Castelo Branco; Ch - Chaves; Co - Coimbra; L - Lisboa; M - Miranda do Douro; Mi - Mirandela; Mo - Mortágua; V - Vila Real); 9 - falhas activas (1 - Bragança-Vilariça-Manteigas; 2 - Verin-Penacova; 3 - Leiria-Pombal; 4 - Lousã-Seia; 5 - Sobreira Formosa; 6 - Grade; 7 - Rapoula; 8 - Ponsul; 9 - Abrantes; 10 - Avelar; 11 - Arrife; 12 - Sintra; 13 - Arrábida; 14 - Farrôbo).

As características e enquadramento tectono-sedimentar da Formação de Vale Álvaro (e das Arcoses de Vilarça, conservadas mais a sul, nas fossas de Vilarça e Longroiva; Pereira & Cunha, 1999) sugerem fraca drenagem aluvial. Deverá ser durante parte do Miocénico que se acentuam os vales e se alimenta significativamente a Bacia terciária do Douro, onde, mais a sudeste, o Miocénico inferior e médio atinge espessura considerável.

### Tectónica regional

A zona de falha de Bragança-Vilarça-Manteigas ter-se-á movimentado em desligamento esquerdo indentado (Cabral, 1995), com importante soerguimento do bloco ocidental e consequente criação de depressões alongadas de sopé, nas quais ficaram retidos sedimentos ou que funcionaram como eixos de alimentação de vales fluviais com drenagem para a Bacia do Douro (Espanha).

## PORTUGAL CENTRO-NORTE (BACIA TERCIÁRIA DO MONDEGO)

### Características do registo da SLD11

A Bacia terciária do Mondego corresponde a uma ampla área subsidente, alongada segundo SW-NE e actualmente compreendida entre as Montanhas Ocidentais Portuguesas (Ferreira, 1978) e a Cordilheira Central Portuguesa - Maciço Calcário Estremenho. O Terciário da Bacia do Mondego é siliciclástico e assenta sobre o Mesozóico ou (mais para leste) directamente no soco hercínico. Nele estão identificadas discordâncias angulares que delimitam unidades alostratigráficas principais que compreendem outras sequências limitadas por descontinuidades sedimentares (SLD; Cunha, 1992a, 1992b), com a seguinte provável distribuição temporal:

- Campaniano superior - Eocénico inferior (SLD5 e SLD6);
- Eocénico médio - Oligocénico (SLD7 e SLD8);
- Aquitaniano a Tortoniano inferior (SLD9 e SLD10);
- Tortoniano superior-Messiniano (SLD11);
- Messiniano terminal-Zancleano (SLD12);
- Placenciano (SLD13).

Na Bacia do Mondego identifica-se como registo da SLD11 a Formação de Campelo, definida formalmente na Plataforma do Mondego (Cunha, 1999), e a formação de Pombal (a unidade inferior dos Grés e Argilas de Pombal-Redinha). Ambas são constituídas por depósitos heterométricos imaturos, com alternância de conglomerados, arenitos e lutitos, geralmente de cor acastanhada a avermelhada; apresentam cortejo argiloso esmectítico, com alguma ilite e caulinite. Ao longo do sopé da falha de Verin-Penacova (Ferreira, 1978, 1980, 1991) e do cavalgamento de Lousã-Seia (Daveau *et coll.*, 1985-86; Cunha, 1992a) a Formação de Campelo apresenta 100 m de espessura máxima, é muito rica em clastos de rochas metassedimentares, quartzo filoniano e quartzito. Ao longo da escarpa ocidental da falha de

Coimbra-Pombal-Leiria, a formação de Pombal traduz uma alimentação em formações siliciclásticas (cretácicas e terciárias) do bloco tectónico soerguido, nomeadamente, a partir dos relevos do Maciço do Sicó (Pena dos Reis & Cunha, 1989; Cunha, 1988). Um pouco mais a sul, também poderão ser incluídos na SLD11 os Arenitos de Ourém (Barbosa, 1995; Pena dos Reis *et al.*, 1992).

### Paleogeografia

Nesta região, o registo da SLD11 corresponde a leques aluviais situados ao longo de escarpas tectónicas, com drenagem endorreica de sopé (Fig. 2). Este episódio tectono-sedimentar marca uma transformação radical da paisagem: passa-se de uma vasta drenagem fluvial exorreica (atlântica) e numa superfície de suave declive elaborada fundamentalmente no soco granítico (Plataforma do Mondego), para o início da definição dos volumes montanhosos actuais.

Em consequência, a sedimentação arenosa e feldspática da etapa anterior (Formação de Lobão e Grés e argilas de Amor) foi substituída por sedimentação grosseira de sopé, com alimentação a partir de relevos montanhosos predominantemente xistentos.

### Tectónica regional

Durante este episódio formaram-se importantes escarpas tectónicas, de que se destacam:

- o cavalgamento de Lousã-Seia, com direcção geral NE-SW, originou 1400 m de rejeito vertical desde meados do Tortoniano até à actualidade (etapa intensamente compressiva fini-cenozóica); é uma falha que mergulha cerca de 30°SE, associada a desligamentos N3-20°E, que correspondem, genericamente, a rampas laterais e a falhas de transferência dos cavalgamentos. Durante este episódio infere-se um soerguimento de cerca de 200 m;
- a falha de Verin-Penacova (NNE-SSW), que funcionou em desligamento esquerdo; durante este episódio infere-se um comando vertical de cerca de 300 m que se insere num total de 800 m de movimentação vertical desde meados do Tortoniano à actualidade;
- a falha de São Pedro Dias-Segade, cavalgamento NE-SW com fraco pendor para sudeste e 100 m de soerguimento do bloco SE durante a etapa compressiva fini-cenozóica;
- a falha de Pombal-Leiria, sub-vertical e de direcção NNE-SSW, com cerca de 55 m de levantamento do bloco oriental no Miocénico final-Zancleano.

## PORTUGAL CENTRO-SUL (BACIA TERCIÁRIA DO BAIXO TEJO)

### Características do registo da SLD11

A Bacia terciária do Baixo Tejo alonga-se segundo NE-SW e situa-se a sudeste da Cordilheira Central

Portuguesa e Maciço Calcário Estremenho. O enchimento é quase exclusivamente siliciclástico, assentando sobre o Mesozóico (Península de Setúbal-Lisboa-Tomar) ou, directamente, no soco hercínico (mais para nordeste).

Nesta bacia poderão ser considerados como registo da SLD11 (Quadro 1): a Formação de Torre (Beira Baixa; Cunha, 1996), os Conglomerados de Rio de Moinhos (Abrantes; Martins, 1999), a Formação de Flamenga-Lage (Setúbal; Choffat, 1950) e o Conglomerado de Cabanas (Arrábida; Azevêdo, 1982). Correspondem a leques aluviais, constituídos por depósitos heterométricos imaturos, com alternância de conglomerados, arenitos e lutitos, e geralmente de cor acastanhada a avermelhada, apresentando um cortejo argiloso esmectítico, com alguma ilite e caulinite. No sopé de escarpas relacionadas com falhas inversas NE-SW do Ponsul de Rapoula-Chão da Vã, de Grade-Sobreira Formosa, etc. (Ribeiro, 1943; Dias & Cabral, 1989; Cunha, 1987a, 1987b, 1992a, 1996; Sequeira, Cunha & Sousa, 1997), são muito ricos em clastos de rochas metassedimentares, quartzo filoniano e quartzito. Na área de Abrantes, os depósitos dos Conglomerados de Rio de Moinhos reflectem, simultaneamente, uma alimentação em formações siliciclásticas (terciárias e cretácicas) e no soco do bloco tectónico setentrional (Cordilheira Central) (Martins, 1999). Na Arrábida, os depósitos traduzem retoma erosiva a partir de formações mesozóicas siliciclásticas (principalmente do Jurássico Superior). O cavalgamento da vertente norte da serra de Sintra (Carvalho, 1994) também deve ter tido um rejogo desta idade.

### Paleogeografia

Nesta região, o registo da SLD11 corresponde a leques aluviais situados ao longo do sopé de escarpas tectónicas activas (Fig. 2). Identicamente ao que se passou na Bacia do Mondego, este episódio tectono-sedimentar com deposição aluvial endorreica, interrompe uma vasta drenagem fluvial atlântica e contribui para o início da definição dos volumes montanhosos actuais. Em consequência, a sedimentação arenosa e feldspática da etapa anterior — Formação de Silveirinha dos Figos (Beira Baixa; Cunha, 1996); Arenitos de Ota, Argilas de Tomar e Calcários de Almoester (Ribatejo; Barbosa, 1995); sucessão estuarina do Aquitaniano-Tortoniano inferior (Lisboa-Península de Setúbal; Antunes *et al.*, 1999, 2000) — foi interrompida e só localmente substituída por sedimentação aluvial grosseira de sopé. Na região do Ribatejo, na sucessão inferior à ruptura sedimentar que dá início à SLD 11, existem várias jazidas de mamíferos com fauna das zonas (?) MN5 (Vila Nova da Rainha e Foz do Alviela), MN6 (Póvoa de Santarém), MN7 (Casais da Formiga), MN8 (Azambujeira inferior), MN9 (Archino), MN10 (Marmeleira, Freiria, Azambujeira superior e Asseiceira); os pequenos mamíferos de Asseiceira e Freiria indicam data assaz baixa dentro do Valesiano superior MN10 (Alberdi *et al.*, 1978; Antunes *et al.*, 1992). As jazidas do Ribatejo permitem posicionar inferiormente esta importante ruptura sedimentar no Valesiano terminal (final de MN10) ou mesmo na base

do Turoliano (intra MN11, a cerca dos 9 Ma). Contudo, com base na síntese das bacias neogénicas espanholas (Calvo *et al.*, 1993) esta ruptura foi considerada Valesiano terminal (intra MN10), aproximadamente aos 9,5 Ma. Também nas bacias do Douro e do Alto Tejo (Madrid) ocorrem faunas do Valesiano superior abaixo da ruptura, mas as datações acima são menos precisas.

### Tectónica regional

Durante este episódio ocorreu importante rejogo tectónico em falhas NE-SW, de que se infere um desnivelamento topográfico próximo de 100 m na falha de Monfortinho e de 30 m na falha de Rapoula-Chão da Vã (Cunha, 1992a). Aquelas falhas promoveram uma escadaria de blocos tectónicos, com subida progressiva para NW, contribuindo para uma importante fase de soerguimento dos relevos no sector sudeste da Cordilheira Central Portuguesa (Ribeiro, 1949).

### ALENTEJO OCIDENTAL (BACIA TERCIÁRIA DO SADO)

#### Características do registo da SLD11

A Bacia do Sado (também designada de Bacia de Alcácer do Sal) corresponde à parte meridional de uma ampla área subsidente durante o Cenozóico, com similitude genética e sedimentar com a Bacia do Baixo Tejo (Carvalho *et al.*, 1985). Diversos estudos têm sublinhado o paralelismo evolutivo nas suas grandes etapas, mas têm também realçado a especificidade e autonomia de alguns sectores. Efectivamente, a Bacia do Sado (sector situado para SE de Setúbal) apresenta algumas características distintivas no seu preenchimento sedimentar, cuja espessura não ultrapassa 300 m.

A unidade basal (Formação de Vale do Guizo) é atribuível ao Paleogénico (Pimentel & Azevêdo, 1995; Pimentel, 1997, 1998b), aflorando nas suas margens devido à movimentação das falhas bordejantes. Em discordância sobre esta formação encontram-se depósitos fossilíferos datados do Miocénico, tendo sido definidas duas unidades: Formação de Alcácer do Sal (Serravaliano-Tortoniano inferior; Antunes, 1983) e Formação de Esbarradadoiro (Messiniano; Antunes *et al.*, 1986). O enchimento sedimentar culmina pela Formação de Alvalade (Placenciano?). As quatro formações referidas podem ser integradas nas *sequências limitadas por descontinuidades* de Cunha (1992a, 1992b), respectivamente, SLD7, SLD10, SLD12 e SLD13 (Pimentel, 1998a).

Próximo do bordo meridional da Bacia do Sado, correspondente ao sistema de falhas da Messejana, encontram-se depósitos muito grosseiros, intensamente carbonatados e de tonalidade ocre, não paralelizáveis com as unidades acima referidas. As suas características litológicas particulares e a sua posição — assentam, por desconformidade ou discordância levemente angular, na Formação de Vale do Guizo, passando verticalmente para

a Formação de Esbarrondadoiro (Pimentel, 1998c) ou estando cobertos em discordância angular pela Formação de Alvalade — levaram a considerar a definição de uma nova unidade. Esta unidade foi designada por Formação de Monte Coelho (membro inferior da Formação de Esbarrondadoiro, *in* Pimentel, 1997), sendo integrável na SLD11 com base em critérios sedimentológicos e de enquadramento tectono-sedimentar (Pimentel, 1997, 1998a). A espessura observável nos afloramentos existentes é próxima de 30 m, mas sondagens indicam a sua presença em profundidade com espessuras superiores a 50 m.

A Formação de Monte Coelho é constituída por conglomerados grosseiros maciços com matriz arenolútica ocre e marmoreada, alternando com lutitos maciços. A carbonatação é intensa, definindo concreções e lentículas irregulares, bem como ferruginizações descontínuas e pisólitos dispersos. O conteúdo argiloso é essencialmente esmectítico, com alguma ilite e caulinite.

A escassez de afloramentos e a sua reduzida extensão dificultam a detecção de variações laterais significativas. Verticalmente, poder-se-á considerar uma tendência macrosséquential positiva, com diminuição granulométrica e aumento da pedogénese e carbonatações sub-aéreas.

### Paleogeografia

Os depósitos da Formação de Monte Coelho traduzem espesso preenchimento de uma área deprimida recém-criada, por materiais grosseiros desagregados das vertentes, bem como do provável dismantelamento de vertisolos aí desenvolvidos. Interpreta-se sedimentação de leque aluvial (Fig. 2 e 3) em condições climáticas quentes

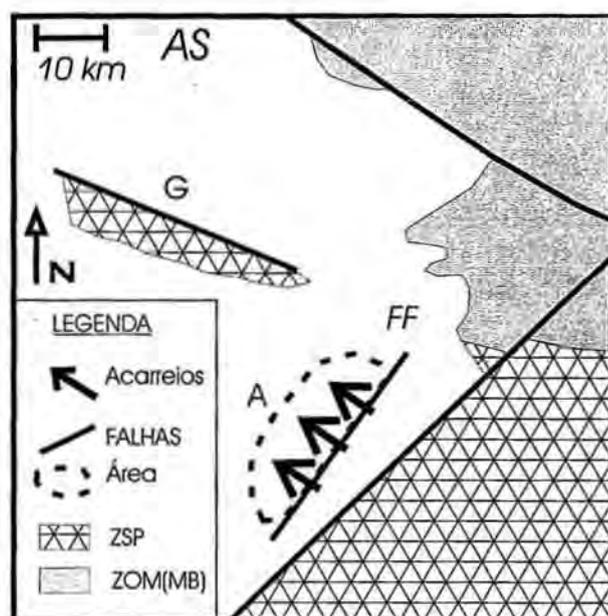


Fig. 3 - Esboço de reconstituição paleogeográfica para Formação de Monte Coelho. Materialização da SLD11 na Bacia do Sado (adapt. Pimentel, 1997). AS - Alcácer do Sal; FF - Falha de Farrôbo; G - Grândola; A - Alvalade; ZSP - Zona Sul Portuguesa; ZOM - Zona de Ossa-Morena; MB - Maciço de Beja.

e sub-húmidas contrastadas, com drenagem deficiente. A ocorrência exclusiva de clastos metassedimentares da Zona Sul Portuguesa indica a movimentação do sistema de falhas da Messejana, enquanto as áreas a NE, onde afloram essencialmente rochas magnéticas, se mantinham estáveis.

A reconstituição paleogeográfica aponta para a existência duma importante escarpa no bordo SE da Bacia do Sado. Dessa escarpa afluiriam materiais grosseiros que preencheriam a depressão adjacente. As áreas em erosão corresponderiam à região de Panóias-Messejana-Aljustrel, enquanto a sedimentação se localizaria numa faixa SW-NE com alguns quilómetros de largura, genericamente entre Torre Vã e a ribeira do Rôxo.

### Tectónica regional

Segundo Pimentel (1998b) estes depósitos terão resultado da reactivação compressiva do sistema de acidentes associados à Falha da Messejana, com uma orientação N50°E, provocando um rejeito inverso desses importantes acidentes tardi-hercínicos (Cabral, 1995), já anteriormente movimentados no Paleogénico pelas tensões pirenaicas. Desta compressão resultou um soerguimento do bloco SE, com um comando vertical próximo de 50 m e, consequentemente, uma nova subsidência relativa do sector meridional da Bacia do Sado, reactivando um "graben" sub-paralelo à Falha da Messejana, em relação com a falha de Farrôbo.

Esta importante fase de movimentação terá sido responsável por um levantamento generalizado dos terrenos paleozóicos envolventes da Bacia do Sado, bem como dos terrenos paleogénicos nos seus bordos (a SW do Torrão, a NE de Grândola e a NW da Messejana) e de diversos "horsts" no interior da Bacia (Pimentel, 1997).

A inexistência de depósitos correlativos junto às falhas de Grândola e do Torrão, poder-se-á dever a erosão posterior ou, mais provavelmente, à sua não movimentação vertical durante este episódio, em função da sua orientação WNW-ESE.

### SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS DO REGISTO DA SLD11 EM PORTUGAL CONTINENTAL

Nas diversas bacias abordadas, o registo sedimentar da SLD11 caracteriza-se pelo predomínio de depósitos grosseiros, heterométricos e imaturos, gerados na dependência de escarpas tectónicas recém-criadas. O desenvolvimento de leques aluviais sob prováveis condições climáticas temperadas quentes, com alguma sazonalidade, é também uma característica comum a estes depósitos. Tais condições promoveram a neoformação de esmectite, bem como paleoalterações diversas em função do contexto geológico, sendo frequente o marmoreado vermelho e ocre e, mais raramente, concreções carbonatadas.

As reconstituições paleogeográficas apontam invariavelmente para posições adjacentes a acidentes

tectónicos orientados segundo NE-SW e NNE-SSW (Fig. 2). A partir dessas escarpas desenvolveram-se leques aluviais; no Planalto Mirandês, distalmente davam lugar a sistemas fluviais drenando para SE em direcção à Bacia terciária do Douro (Espanha). O carácter endorreico é também típico deste episódio, o que constitui um traço distintivo relativamente a etapas anteriores (Miocénico médio e inferior) e posteriores (Placenciano).

Verifica-se que nas situações em que existe registo das SLD9-10 (Miocénico ante-Tortoniano superior), estas apresentam um carácter exorreico e uma área de alimentação geograficamente ampla, a qual inclui abundantes rochas granitóides. Esta sedimentação feldspática desaparece com o contexto da SLD11, em resultado do soerguimento de novos relevos que desencadeou sedimentação local de sopé. No norte de Portugal e no Baixo Alentejo interior, a SLD11 corresponde ao início da acumulação sedimentar neogénica, em resultado da criação de importantes relevos e respectivos "grabens" adjacentes.

Se considerarmos os acidentes que notoriamente deformam as unidades com idade ante-Tortoniano superior, igualmente são as falhas NE-SW e NNE-SSW as que apresentam maior expressão. Tal é o caso das que delimitam as Montanhas Ocidentais Portuguesas, Cordilheira Central Portuguesa, Maciço Calcário Estremenho, Arrábida, fossos litorais alentejanos, etc. Nestes acidentes frequentemente se detecta o cavalgamento das formações miocénicas por blocos de soco hercínico, com ou sem cobertura mesozóica.

Contudo, nota-se uma diferenciação regional na tipologia das falhas com desnivelamento vertical mais significativo (Fig. 2). Em Portugal central, têm maior importância as falhas inversas e cavalgamentos NE-SW que definem uma estrutura em "pop-up" (Ribeiro *et al.*, 1990; 1996). No norte de Portugal assume maior importância a movimentação vertical associada aos desligamentos esquerdos de Verin-Penacova (Sequeira, Cunha & Sousa, 1997; Baptista, 1998) e de Longroiva-Vilariça (Cabral, 1995; Cunha & Pereira, 2000). No sul de Portugal detecta-se uma situação idêntica, expressa pela falha de Farrôbo e pela falha de Aljezur (Pimentel & Amaro, 2000), ambas pertencentes ao sistema de falhas Ávila-Messejana-Odemira. No Alentejo oriental salienta-se ainda a Falha da Vidigueira, orientada WNW-ESE (Silveira, 1990).

## CONCLUSÕES

Em Portugal continental identifica-se no registo sedimentar neogénico uma drástica alteração no contexto tectono-sedimentar, a que se atribui uma idade provável de meados do Tortoniano (9,5 Ma; cerca do limite Valesiano-Turoliano) e corresponde à fase tectónica que marca o auge em Portugal da compressão bética. Essa grande mudança regional expressa-se nuns casos pelo início da sedimentação neogénica em áreas interiores (ex. Trás-os-Montes Oriental e Baixo Alentejo) e noutros pela substituição de vastas drenagens fluviais atlânticas por

uma sedimentação imatura em leques aluviais, no sopé de escarpas tectónicas activas.

Importantes escarpas foram geradas, geralmente, por falhas inversas e cavalgamentos com direcção NE-SW e por falhas subverticais NNE-SSW. Deduz-se um significativo encurtamento crustal desenvolvido em função de um muito intenso contexto compressivo orientado NNW-SSE. Este contexto terá também promovido a interrupção da sedimentação marinha na generalidade das áreas actualmente emersas, bem como a inversão tectónica de áreas subsidentes desde o Mesozóico. Foi a partir deste momento que se definiu o essencial do relevo actual, com os principais soerguimentos das Montanhas Ocidentais Portuguesas, Cordilheira Central Portuguesa, Maciço Calcário Estremenho, Serra da Arrábida, etc..

Nas Béticas foi reconhecida uma fase tectónica compressiva a meados do Tortoniano. Todavia, a "Fase paroxismal bética" ocorreu no Burdigaliano. No contexto das bacias terciárias espanholas (Calvo *et al.*, 1993), a ruptura sedimentar no Valesiano final-Turoliano basal é muito importante por registar uma grande mudança nas tensões que afectam a microplaca Ibérica (Sanz de Galdeano, 1990, 1996; De Vicente *et al.*, 1990). Esta ruptura pode ser reconhecida com precisão nas bacias do Douro, Alto-Tejo e Ebro, e traduz-se por uma drástica mudança paleogeográfica (Calvo *et al.*, 1989; Pérez García, 1989; De Vicente *et al.*, 1990). A ruptura também foi reconhecida no Baixo-Alentejo oriental (Silveira, 1990), bem como nas plataformas continentais alentejana (Alves *et al.*, 2000) e algarvia (Lopes & Cunha, 2000).

Do Miocénico inferior ao Tortoniano inferior deu-se a convergência ortogonal da placa africana em relação à europeia, segundo a direcção NNE-SSW; a partir desse momento, passou a dar-se a convergência oblíqua segundo NW a NNW gerando, no sector ocidental do Maciço Hespérico, uma muito intensa compressão intraplaca com essa orientação (Ribeiro *et al.*, 1996), a qual se deve ter mantido nessa direcção até ao Gelasiano. O forte constrangimento continental induziu o soerguimento de importantes volumes, com o rejogo diferencial de blocos delimitados por acidentes tardi-variscos de direcção NNE-SSW (reactivação, em desligamento esquerdo, de segmentos *en échelon* destas zonas de falha) e NE-SW (com a formação de falhas inversas e cavalgamentos), onde se concentrou uma percentagem significativa de deformação intraplaca.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com financiamento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, respectivamente no âmbito do Centro de Geociências da Universidade de Coimbra, Centro de Geologia da Universidade de Lisboa e do Centro de Ciências do Ambiente/Ciências da Terra da Universidade do Minho. Os autores agradecem as leituras críticas e contribuições de Carlos Sanz de Galdeano, João Pais, Suzanne Daveau e A. Brum Ferreira.

## BIBLIOGRAFIA

- Alberdi, M. T.; Antunes, M. Telles; Sondaar, P. Y. & Zbyszewski, G. (1978) – *Les Hipparion* du Portugal. *Ciências da Terra* (UNL), 4: 129-156.
- Alves, T. M.; Gawthorpe, R. L.; Hunt, D. & Monteiro, J. H. (2000) - Contribuição para a análise tectono-sedimentar do fosso de Aljezur (SW de Portugal). *1º Congresso sobre o Cenozóico de Portugal (Actas)*, Univ. Nova de Lisboa, Monte de Caparica, pp. 207-219.
- Antunes, M. Telles (1983) – *Notícia Explicativa da Folha 39-C (Alcácer do Sal)*. *Carta Geológica na escala 1:50.000*. Serv. Geol. Port., Lisboa, 58 p.
- Antunes, M. Telles; Mein, P. & Pais, J. (1986) – Depósitos messinianos do Sul de Portugal, mamíferos (incluindo *Roedentia*, *Lagomorpha*) e idades K-Ar. *Ciências da Terra* (UNL), 8: 55-64.
- Antunes, M. Telles; Soulié-Marsche, I.; Mein, P. & Pais, J. (1992) – Le gisement de Asseiceira, Portugal (Miocène supérieur). Données complémentaires sur Freiria de Rio Maior. *Ciências da Terra* (UNL), 11: 219-253.
- Antunes, M. Telles; Elderfield, H.; Legoinha, P.; Nascimento, A. & Pais, J. (1999) - A stratigraphic framework for the Miocene from the Lower Tagus Basin (Lisbon, Setúbal Peninsula, Portugal). Depositional sequences, biostratigraphy and isotopic ages. Proceedings of the 2d R.C.A.N.S. Congress (1997), *Bol. Soc. Geol. España*, Madrid, 12 (1): 3-15.
- Antunes, M. Telles; Legoinha, P.; Cunha, P. Proença & Pais, J. (2000) - High resolution stratigraphy of the Aquitanian - lower Tortonian in Lisbon and Setúbal Peninsula (Lower Tagus Basin, Portugal). *Ciências da Terra* (UNL), Lisboa, neste volume.
- Azevêdo, T. M. (1982) – *O Sinclinal de Albufeira, evolução pós-miocénica e reconstituição paleogeográfica*. Tese de Doutoramento, Univ. Lisboa, 302 p.
- Azevêdo, T. M. (1998) - Formações vermelhas continentais na sequência mesocenozóica da Cadeia da Arrábida. *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, Lisboa, 84 (1): A115-A118.
- Barbosa, B. P. (1995) - *Alostratigrafia e Litostratigrafia das unidades continentais da Bacia terciária do Baixo Tejo. Relações com o eustatismo e a tectónica*. Tese de Doutoramento, Univ. Lisboa, 253 p.
- Baptista, J. C. (1998) - *Estudo neotectónico da zona de falha Penacova-Régua-Verin*. Tese de Doutoramento, Univ. Trás-os-Montes e Alto Douro, 344 p.
- Cabral, J. (1995) - Neotectónica em Portugal continental. *Mem. do Inst. Geol. Min. Portugal*, 31, 265 p.
- Calvo, J. P.; Daams, R.; Morales, J.; López-Martínez, N.; Agustí, J.; Anadón, P.; Armenteros, I.; Cabrera, L.; Civis, J.; Corrochano, A.; Díaz-Molina, M.; Elizaga, E.; Hoyos, M.; Martín-Suárez, E.; Martínez, J.; Moissenet, E.; Muñoz, A.; Pérez-García, A.; Pérez-González, A.; Portero, J. M.; Robles, F.; Santisteban, C.; Torres, T.; Van Der Meulen; Vera, J. A. & Mein, P. (1993) - Up-to-date Spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation. *Rev. Soc. Geol. de España*, 6 (3-4): 29-40.
- Calvo, J. P.; Ordóñez, S.; García del Cura, M. A.; Hoyos, M.; Alonso Zarza, A. M.; Sanz, E. & Rodríguez Aranda, J. P. (1989) - Sedimentología de los complejos lacustres miocenos de la Cuenca de Madrid. *Acta Geol. Hispánica*, 24: 281-298.
- Carvalho, A. Galopim (1994) - O Cenozóico continental a norte da serra de Sintra (estudo tectono-sedimentar). Lisboa, 89 p.
- Carvalho, A. Galopim; Ribeiro, A. & Cabral, J. (1985) - Evolução paleogeográfica da bacia cenozóica do Tejo-Sado. 1.º Cong. Nac. Geol. (Actas). *Bol. Soc. Geol. Portugal*, Lisboa, XXIV: 209-212.
- Choffat, P. (1950) - Géologie du Cenozoique du Portugal. *Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, XXX, suplem., 183 p.
- Cunha, L. (1988) - *As serras calcáreas de Condeixa-Sicó. Estudo de Geomorfologia*. Tese de Doutoramento, Univ. Coimbra, 329 p.
- Cunha, P. Proença (1987a) - *Contribuição para o estudo sedimentológico dos depósitos terciários da bacia de Sarzedas. A resposta sedimentar à modificação do contexto tectónico*. Monografia de Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Univ. Coimbra, 147 p.
- Cunha, P. Proença (1987b) - Evolução tectono-sedimentar terciária da região de Sarzedas (Portugal). *Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 73 (1/2): 67-84.
- Cunha, P. Proença (1992a) - *Estratigrafia e sedimentologia dos depósitos do Cretácico Superior e Terciário de Portugal Central, a leste de Coimbra*. Tese de Doutoramento, Univ. Coimbra, 262 p.
- Cunha, P. Proença (1992b) - Establishment of unconformity-bounded sequences in the Cenozoic record of the western Iberian margin and synthesis of the tectonic and sedimentary evolution in central Portugal during Neogene. *First Congress R.C.A.N.S. - "Atlantic General Events During Neogene"* (Abstracts), Lisboa, 33-35.
- Cunha, P. Proença (1994) - Registo estratigráfico e evolução paleogeográfica das bacias terciárias de Portugal Central. *II Congreso del Grupo Español del Terciario* (Comunicaciones), Jaca, 93-96.
- Cunha, P. Proença (1996) - Unidades litostratigráficas do Terciário da Beira Baixa (Portugal). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, Lisboa, tomo 82: 87-130.

- Cunha, P. Proença (1999) - Unidades litostratigráficas do Terciário na região de Miranda do Corvo-Viseu (Bacia do Mondego, Portugal), *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, Lisboa, tomo 86: 143-196.
- Cunha, P. Proença & Pereira, D. Insua (2000) - Evolução cenozóica da área de Longroiva-Vilarica (NE Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, neste volume.
- Daveau, S. *et coll.* (1985-86) - Les bassins de Lousã et Arganil. Recherches géomorphologiques et sédimentologiques sur le massif ancien et sa couverture à l'est de Coimbra. *Mem. Centro de Est. Geog.*, 8, vol. I e II, Lisboa, 450 p.
- De Vicente, G.; Calvo, J. P. & Alonso Zarza, A. M. (1990) - Main sedimentary units and related strain fields of the Madrid Basin (Central Spain) during the Neogene. *IX<sup>th</sup> RCMNS Congress (Abstracts)*, Barcelona: 121-122.
- Dias, R. P. & Cabral, J. (1989) - Neogene and Quaternary reactivation of the Ponsul fault in Portugal. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 75: 3-28.
- Ferreira, A. Brum (1978) - Planaltos e montanhas do Norte da Beira. Estudo de geomorfologia. *Memórias do Centro de Estudos Geográficos*, 4, Lisboa, 374 p.
- Ferreira, A. Brum (1980) - Surfaces d'aplanissement et tectonique récente dans le Nord de la Beira (Portugal). *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique*, Paris, vol. 22, fasc. 1: 51-62.
- Ferreira, A. Brum (1991) - Neotectonics in Northern Portugal. A geomorphological approach. *Z. Geomorph. N. F.*, Suppl.-Bd. Berlin, 82: 73-85.
- Lopes, F. C. & Cunha, P. Proença (2000) - Sismostratigrafia do Cenozóico na Plataforma Continental Algarvia: interpretação do controle tectónico da sedimentação. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, neste volume.
- López-Martínez, N.; Agustí, J.; Cabrera, L.; Calvo, J. P.; Civis, J.; Corrochano, A.; Daams, R.; Díaz-Molina, M.; Elizaga, E.; Hoyos, M.; Martínez, J.; Morales, J.; Portero, J. M.; Robles, F.; Santisteban, C. & Torres, T. (1985) - Approach to the Spanish continental Neogene syntesis and paleoclimatic interpretation. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, Budapest, 70: 383-392.
- Martins, A. (1999) - *Caracterização morfotectónica e morfossedimentar da Bacia do Baixo Tejo (Pliocénico e Quaternário)*. Tese de Doutoramento, Univ. Évora, 500 p.
- Pena dos Reis, R. & Cunha, P. Proença (1989) - Comparación de los rellenos terciarios en dos regiones del borde occidental del Macizo Hespérico (Portugal Central). *Paleogeografía de la Meseta norte durante el Terciario*. (C. J. Dabrio, Ed.), *Stv. Geol. Salmañ.*, Vol. Esp. 5: 253-272.
- Pena dos Reis, R.; Cunha, P. Proença; Barbosa, B.; Antunes, M. T. & Pais, J. (1992) - Mainly continental Miocene and Pliocene deposits from Lower Tagus and Mondego Tertiary basins. *Ciências da Terra (UNL)*, Número especial II, Lisboa, pp. 37-56.
- Pereira, D. I. (1997) - *Sedimentologia e estratigrafia do Cenozóico de Trás-os-Montes oriental (NE Portugal)*. Tese de Doutoramento, Univ. do Minho, 341 p.
- Pereira, D. I. (1998) - Enquadramento estratigráfico do Cenozóico de Trás-os-Montes oriental. *Comun. Inst. Geol. Min.*, Lisboa, 84 (1), A126-A129.
- Pereira, D. I. (1999) - Terciário de Trás-os-Montes oriental: evolução geomorfológica e sedimentar. *Comun. Inst. Geol. Min.*, Lisboa, t. 86: 213-226.
- Pereira, D. I. & Cunha, P. Proença (1999) - Aspectos geológicos e geomorfológicos do Cenozóico da região de Longroiva-Vilarica (NE Portugal): implicações na interpretação da elaboração da paisagem regional. *Encontros de Geomorfologia (Comunicações)*, Universidade de Coimbra, 11-12 de Nov. 1999, pp. 53-60.
- Pérez García, A. (1989) - *Estratigrafía y sedimentología del Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (sector riojano-aragonés) y cubetas de Muniesa y Montalbán*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, 525 p.
- Pimentel, N. L. (1997) - *O Terciário da bacia do Sado, sedimentologia e análise tectono-sedimentar*. Tese de Doutoramento, Univ. Lisboa, 381 p.
- Pimentel, N. L. (1998a) - Tectono-sedimentary evolution of the Sado basin (Tertiary, southern Portugal). *Comun. Inst. Geol. Min.*, 84 (1): 145-148.
- Pimentel, N. L. (1998b) - A Formação de Vale do Guizo (Paleogénico) a Sul de Alcácer do Sal. *Comun. Inst. Geol. Min.*, 84 (1): 149-152.
- Pimentel, N. L. (1998c) - A Formação de Esbarrondadoiro (Miocénico superior, Bacia do Sado), sedimentologia e paleogeografia. *Comun. Inst. Geol. Min.*, 84 (1): 153-156.
- Pimentel, N. L. & Amaro, H. (2000) - Contribuição para a análise tectono-sedimentar do fosso de Aljezur (SW de Portugal). *1º Congresso sobre o Cenozóico de Portugal (Actas)*, Univ. Nova de Lisboa, Monte de Caparica, pp. 201-206.
- Pimentel, N. L. & Azevêdo, T. M. (1995) - Dados para a discussão da génese da bacia do Tejo-Sado no Paleogénico. *4º Congresso Nacional de Geologia (Actas)*. *Memórias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, Porto, vol. 4: 897-902.
- Ribeiro, A.; Kullberg, M. C.; Kullberg, J. C.; Manuppella, G. & Phipps, S. (1990) - A review of Alpine tectonics in Portugal: foreland detachment in basement and cover rocks. *Tectonophysics*, 184: 357-366.

- Ribeiro, A.; Cabral, J.; Baptista, R. & Matias, L. (1996) - Stress pattern in Portugal mainland and the adjacent Atlantic region, West Iberia. *Tectonics*, 15: 641-659.
- Ribeiro, O. (1943) - Evolução da falha do Ponsul. *Comun. Serv. Geol. de Portugal*, Lisboa, XXIV: 109-123.
- Ribeiro, O. (1949) - Le Portugal Central (livret-guide de l'excursion C). XVI Congr. Intern. Géogr. Lisbonne, 180 p., 22 pl., 10 cartas.
- Santisteban, J. I.; Mediavilla, R.; Martín-Serrano, A. & Dabrio, C. J. (1996) - The Duero Basin: a general overview. *Tertiary basins of Spain; the stratigraphic record of crustal kinematics* (Ed. Friend & Dabrio), Cambridge Univ. Press, 183-187.
- Sanz de Galdeano, C. (1990) - Geologic evolution of the Betic Cordilleras in the Western Mediterranean, Miocene to the present. *Tectonophysics*, 172: 107-119.
- Sanz de Galdeano, C. (1996) - Tertiary tectonic framework of the Iberian Peninsula. *Tertiary basins of Spain; the stratigraphic record of crustal kinematics* (Ed. Friend & Dabrio), Cambridge Univ. Press, 9-14.
- Sequeira, A.; Cunha, P. Proença & Sousa, M. Bernardo de (1997) - A reactivação de falhas, no intenso contexto compressivo desde meados do Tortoniano, na região de Espinhal-Coja-Caramulo (Portugal Central). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, Lisboa, t. 83: 95-126.
- Silveira, A. Brum da (1990) - *Neotectónica e sismotectónica da região Vidigueira-Moura*. Monografia de Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Univ. de Lisboa, 314 p.