

Tectónica salífera cenozóica na Margem Algarvia

Fernando C. Lopes¹, Pedro P. Cunha², Bernard Le Gall³ & Luís Mendes-Victor⁴

¹ Depto. Ciências da Terra, Univ. Coimbra; Centro de Geofísica; E-mail: fcarlos@dct.uc.pt

² Depto. Ciências da Terra, Univ. Coimbra; IMAR-CIC; E-mail: pcunha@dct.uc.pt

³ UMR 6538 CNRS, Inst. Univ. Européen de La Mer, Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzane, France; E-mail: blegall@sdt.univ-brest.fr

⁴ Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa; E-mail: lavictor@fc.ul.pt

Palavras-chave: Margem Algarvia; Cenozóico; tectónica salífera; reflexão sísmica multitraço; unidade sísmica.

Resumo: O estudo detalhado de perfis de reflexão sísmica multitraço obtidos pela indústria petrolífera na Margem Algarvia permitiu constatar que a evolução cenozóica foi dominada pela conjugação da reactivação em compressão de estruturas do soco hercínico e a contracção da cobertura sedimentar acima de uma unidade evaporítica relativamente espessa (de idade provável Triássico Superior-Hetangiano) que actuou como nível de descolamento, controlando cavalgamentos e distensões, bem como dando origem a estruturas evaporíticas e a depressões por migração dos evaporitos em profundidade. Esta tectónica salífera atingiu o clímax em dois momentos: do Luteciano ao Oligocénico (unidade sísmica C) e do Tortoniano Superior ao Messiniano (unidade sísmica E).

Key-words: Algarve Margin; Cenozoic; salt tectonics; multichannel seismic reflexion profile; seismic unit.

Abstract: The detailed study of industrial multichannel seismic reflexion profiles from the Algarve Margin shows that the Cenozoic evolution resulted from both Hercynian basement compressive reactivation and thin-skinned contraction above a relative thick evaporitic unit (probably Upper Triassic-Hettangian) that acted as a main décollement, controlling extensional and thrust detachments and generating both salt structures and salt-withdrawal sub-basins. A persistent halokinesis is identified, with two climax phases: from Lutetian to Oligocene (seismic unit C) and from Upper Tortonian to Messinian (seismic unit E).

1. Introdução

Em Portugal continental, as rochas evaporíticas datam essencialmente do Hetangiano e formam uma unidade conhecida por "Complexo de Dagorda" (Zbyzsewski & Barreto de Faria, 1971). A maioria destas ocorrências aflora ao longo de uma faixa N-S, na Bacia Lusitânica (orla ocidental), e E-W, na Bacia Algarvia (orla meridional), rematando uma espessa unidade areno-conglomerática, atribuída ao Triássico Superior (Grés de Silves; Palain, 1976). Tal como acontece actualmente no

Mar Morto, interpretado como um oceano em abertura a partir de um rifte, as formações evaporíticas portuguesas são tidas como estando relacionadas com um ambiente lagunar precursor da abertura do Atlântico Norte, há cerca de 200 milhões de anos. A presença deste imenso complexo evaporítico influenciou mais tarde o estilo tectónico da cobertura sedimentar sobrejacente, ao gerar estruturas evaporíticas e actuar como uma superfície de descolamento durante as fases tectónicas pós-triássicas extensivas (mesozóicas) e compressivas (cenozóicas) que afectaram a Península Ibérica (e.g. Ribeiro *et al.*, 1990).

A Margem Algarvia, onde se insere a Bacia Algarvia, possui, tanto na área emersa como na área imersa, numerosas estruturas evaporíticas, controladas por alinhamentos estruturais de orientação geral N-S, WNW-ESE, NW-SE, NE-SW e NNE-SSW (Lopes *et al.*, 2006). Na área emersa, importantes anomalias gravimétricas negativas (e. g. Mendes Victor & Martins, 1978) localizadas nas áreas de Loulé, Albufeira, Faro, Campina de Faro e Moncarapacho, foram interpretadas como estando associadas a formações de salgema. Dois destes corpos foram identificados: a estrutura de Albufeira, aflorante nas falésias da Praia da Baleeira (Albufeira), e a estrutura de Loulé, actualmente com exploração de salgema.

Na área imersa, os levantamentos geofísicos (reflexão sísmica, gravimetria e magnetometria) e sondagens efectuadas para pesquisa de hidrocarbonetos (1974/1975), permitiram localizar também numerosas estruturas evaporíticas.

O principal objectivo deste trabalho é realçar o importante papel desempenhado pela tectónica salífera na estruturação da

Margem Algarvia, no contexto compressivo do Cenozóico.

2. Metodologia

Os dados utilizados compreendem uma malha de perfis de reflexão sísmica multitraço (Chevron and Challenger MCS profiles, 1974) não-migrados, com cerca de 125 x 100 km, que cobre os sectores central e oriental da Margem Algarvia (longitudes 8°30'W e 7°30'W; latitudes 36°10'N e 37°00'N) e valores de anomalia de Bouguer recolhidos na mesma altura ao longo de perfis coincidentes com os perfis sísmicos (fig. 1). A análise e interpretação dos dados de sísmica permitiram identificar e caracterizar para o Cenozóico, segundo a metodologia de Mitchum & Vail (1977), seis unidades sísmicas principais (designadas de B a G), limitadas por descontinuidades (designados por reflectores *H6* a *H1*) (Lopes, 2002; Lopes *et al.*, 2006), cujas idades foram restringidas com base: 1) dados biostratigráficos que constam nos relatórios das cinco sondagens petrolíferas efectuadas

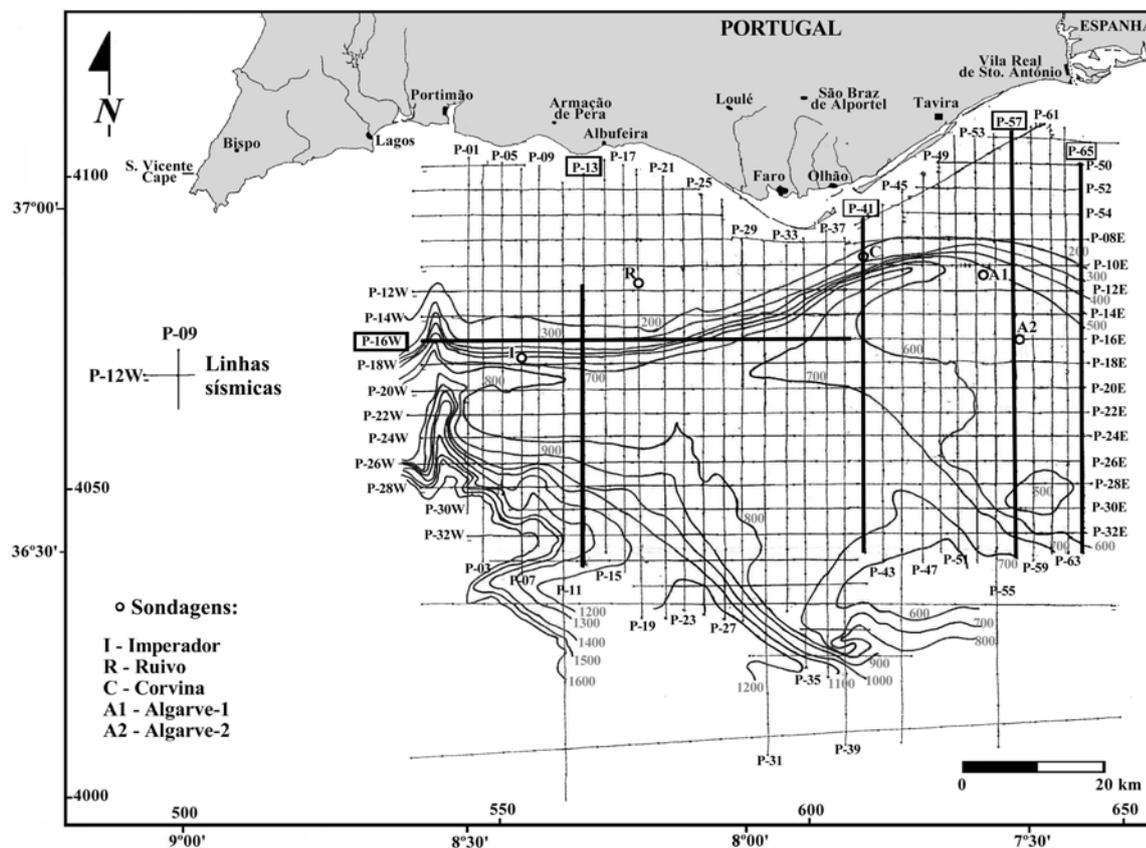


Figura 1 – Plano de posição dos perfis de reflexão sísmica na Margem Algarvia. As linhas grossas a negro indicam a localização dos perfis mostrados neste trabalho.

na região (*Imperador-1*, 1976; *Ruivo-1*, 1975; *Corvina-1*, 1976; *Algarve-1*, 1982; *Algarve-2*, 1982); 2) calibração com um perfil de reflexão sísmica multitraço na Margem SW Espanhola (Maldonado *et al.*, 1999) que intersecta a malha portuguesa; 3) presença da frente do Alóctone de Guadalquivir, cuja implantação foi datada do Tortoniano Médio a Superior na área espanhola adjacente (e.g. Gràcia *et al.*, 2003); e 4) correlação com descontinuidades datadas em bacias portuguesas adja-

centes (Cunha, 1992a,b; Pais *et al.*, 2000; Alves *et al.*, 2003) e relacionadas com eventos tectónicos que afectaram a Ibéria (fig. 2).

No cálculo dos valores da anomalia gravimétrica de Bouguer, foi utilizado um contraste de densidade de 0,97 g/cm³ para corrigir o efeito da coluna de água do mar ($r_w = 1,03 \text{ g/cm}^3$), considerando uma densidade de 2,0 g/cm³ para os sedimentos situados imediatamente abaixo do fundo marinho.

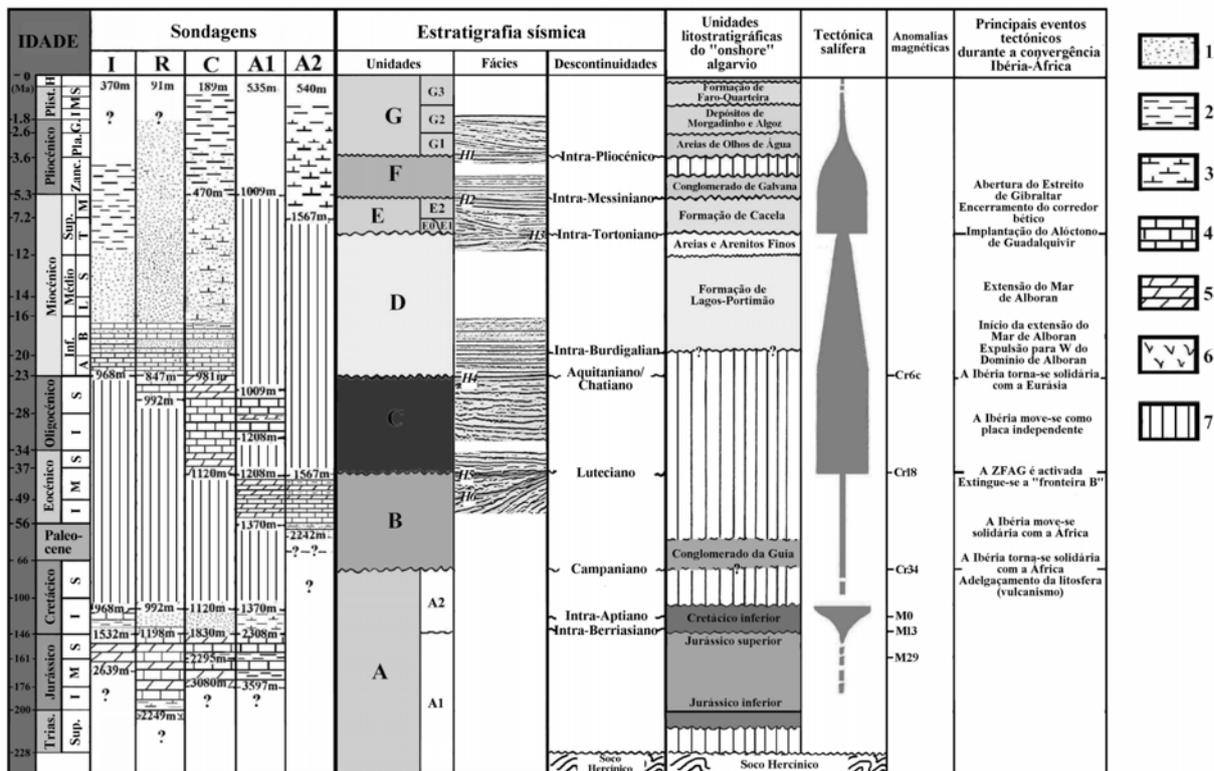


Figura 2 – Quadro síntese das principais características do Cenozóico da margem Algarvia (adap. Lopes *et al.*, 2006). 1: Arenitos; 2: Argilitos; 3: Siltitos; 4: Calcários; 5: Dolomias; 6: Evaporitos; 7: Lacuna estratigráfica.

3. Contexto geodinâmico da Margem Algarvia

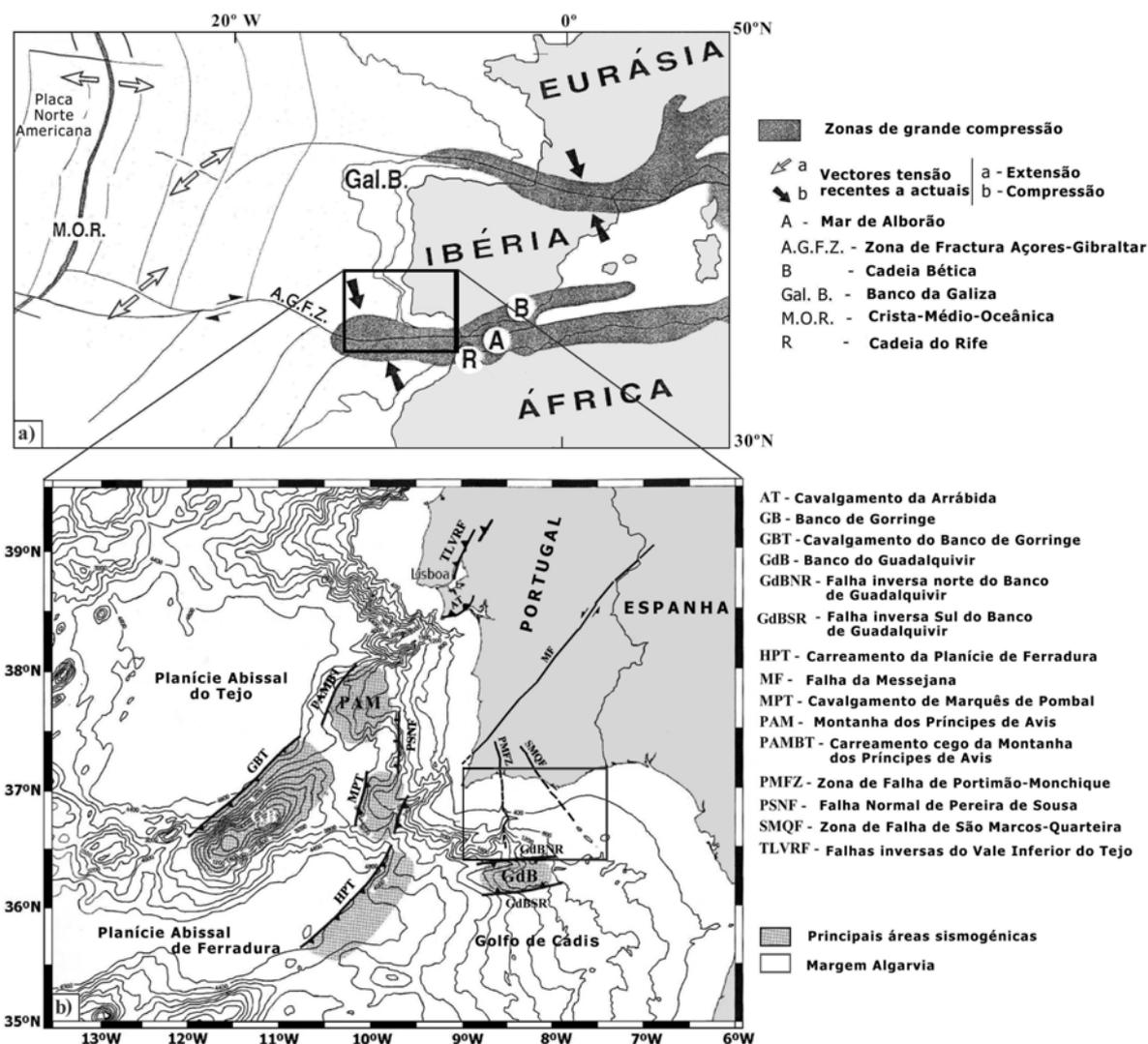
Situada no sudoeste da Ibéria, a Margem Algarvia ocupa o bordo norte do Golfo de Cádiz, na extremidade oriental da zona de fractura Açores-Gibraltar, um limite de placas transpressivo difuso entre a África e a Ibéria (ZFAG; Sartori *et al.*, 1994) (fig. 3). É limitada: i) a oriente e a nordeste, respectivamente, pela Margem Espanhola do Golfo de Cádiz e pela Bacia de Guadalquivir; ii) a sul, pelo Banco de Guadalquivir e pela Unidade Alóctone de Guadalquivir; iii) a

oeste, pelos cabos de São Vicente e Sagres. A sua complexa evolução geodinâmica, sobretudo a partir de finais do Cretácico, resultou da convergência entre a África e a Ibéria ao longo do segmento oriental da ZFAG (Dewey *et al.*, 1989; Srivastava *et al.*, 1990 a, b), em conjugação com a migração para ocidente da frente do Arco de Gibraltar (e.g. Sanz de Galdeano, 1990; Ribeiro *et al.*, 1990; Gràcia *et al.*, 2003).

A estratigrafia sísmica e alguns aspectos estruturais da Margem Algarvia foram previamente considerados por Mougenot (1989) e Terrinha (1998a,b). Posterior-

mente, a partir da interpretação detalhada do conjunto de dados de reflexão sísmica, de gravimetria e de sismologia, a evolução geodinâmica cenozóica desta margem foi definida com mais pormenor (e.g. Lopes, 2002; Lopes *et al.*, 2006, Lopes & Cunha 2007; Roque, 2007).

Figura 3 – (a) Contexto geodinâmico e campo de tensões actual na vizinhança da microplaca Ibérica (adap. Olivet, 1996); (b) Carta batimétrica simplificada da Margem SW-Ibérica mostrando as principais falhas activas e as zonas sismogénicas (adap. Ribeiro, 2005). A Margem Algarvia ocupa a área limitada pela quadrícula.



4. Quadro estrutural cenozóico

4.1. Domínios tectónicos da Margem Algarvia

A evolução estrutural dos sectores central e oriental da Margem Algarvia, durante o Cenozóico, foi controlada por importantes zonas de falha que determinaram três grandes domínios tectónicos, todos eles limitados a sul pelo banco de Guadalquivir, um alto morfotectónico de orientação N70°E, com cerca de 28 km de comprimento por 12

km de largura, cujo topo se situa aos 550 m de profundidade e que constitui o prolongamento para *offshore* do soco hercínico (e.g. Vegas *et al.*, 2004). De oeste para leste, é possível identificar (Lopes *et al.*, 2006) (fig. 4):

Domínio Central Ocidental – estreito corredor com cerca de 25 km de largura e uma orientação geral norte-sul. Com uma área de cerca de 1500 km², é limitado a oeste pela zona de falha nordestada de Portimão-Monchique (PMFZ) e a leste pela zona de falha de Albufeira (ALFZ), também de

orientação N-S.

Domínio Central Oriental – é uma área triangular, com cerca de 1300 km², limitada a oeste pela ALFZ e a leste pela zona de falha de São Marcos-Quarteira, com orientação N140°.

Domínio Oriental – mais complexo que os domínios anteriores, forma uma

depressão estrutural irregular com cerca de 1800 km². É dominado por uma faixa de cavalgamentos de orientação N90° a N60°, com cerca de 40 km de largura e vergência para sul e pela frente do Alóctone de Guadalquivir (Gràcia *et al.*, 2003). Aqui a pilha de sedimentos parece descolada do soco acima dos evaporitos hetangianos.

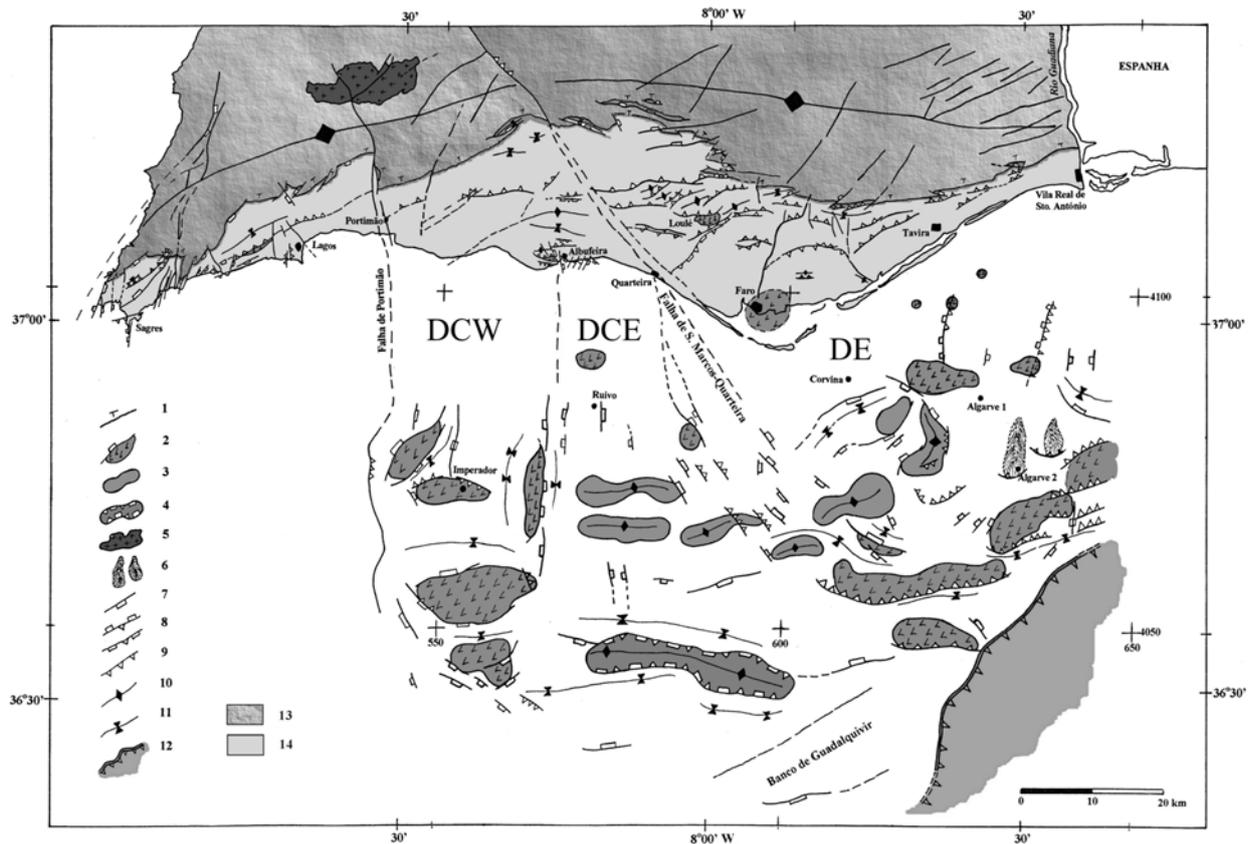


Figura 4 – Mapa estrutural esquemático da Margem Algarvia, integrando o sector emerso (Terrinha, 1998) e o imerso (Lopes, 2002). DCW – Domínio Central Ocidental; DCE – Domínio Central Oriental; DE – Domínio Oriental. 1 – Contacto do soco com a bacia meso-cenozóica; 2 – estruturas evaporíticas; 3 – alto estrutural; 4 – semi-graben invertido; 5 – Maciço de Monchique; 6 – deslizamentos gravitacionais; 7 – falha normal; 8 – falha normal reactivada como inversa; 9 – falha inversa; 10 – eixo anticlinal; 11 – eixo sinclinal; 12 – Unidade Alóctone de Guadalquivir; 13 – soco hercínico; 14 – Formações meso-cenozóicas emersas.

4.2. Análise gravimétrica para constrangimento da estruturação tectónica

A análise e interpretação tectono-sedimentar da Margem Algarvia levaram, posteriormente, à reutilização dos dados gravimétricos existentes (e.g. Lopes, 2002; Lopes & Mendes-Victor, 2004) para restringir a estruturação tectónica do Cenozóico. Após a digitalização da carta original de anomalias gravimétricas de

Bouguer, à escala 1:100.000 e com uma equidistância entre as isoanómalas de 2 mGal, fez-se a re-interpolação dos valores digitalizados para se reconstruir uma nova carta de anomalias gravimétricas de Bouguer da região em estudo. Uma vez obtida a carta de anomalias gravimétricas de Bouguer, procedeu-se à filtragem do campo regional através da técnica do ajustamento polinomial (Agocs, 1951), com aproximação do campo regional a uma superfície de 2ª ordem.

A assinatura gravimétrica, revelada pelas cartas de anomalias gravimétricas (Bouguer e residual), correlaciona-se muito bem com a estruturação tectónica do Cenozóico identificada a partir da interpretação da malha de perfis de reflexão sísmica. São bem evidenciados os três grandes domínios tectónicos e as suas estruturas fronteira i) os dois alinhamentos sub-meridianos

correspondentes à zona de Falha de Portimão-Monchique e à zona de falha de Albufeira, pela brusca inflexão para norte das isoanómalas; ii) a zona de Falha de São Marcos-Quarteira, de orientação N140°, através da brusca modificação da orientação geral da isoanómalas, que rodam de E-W, a ocidente da estrutura, para N60°E, a oriente; iii) o Banco de Guadalquivir (fig. 5).

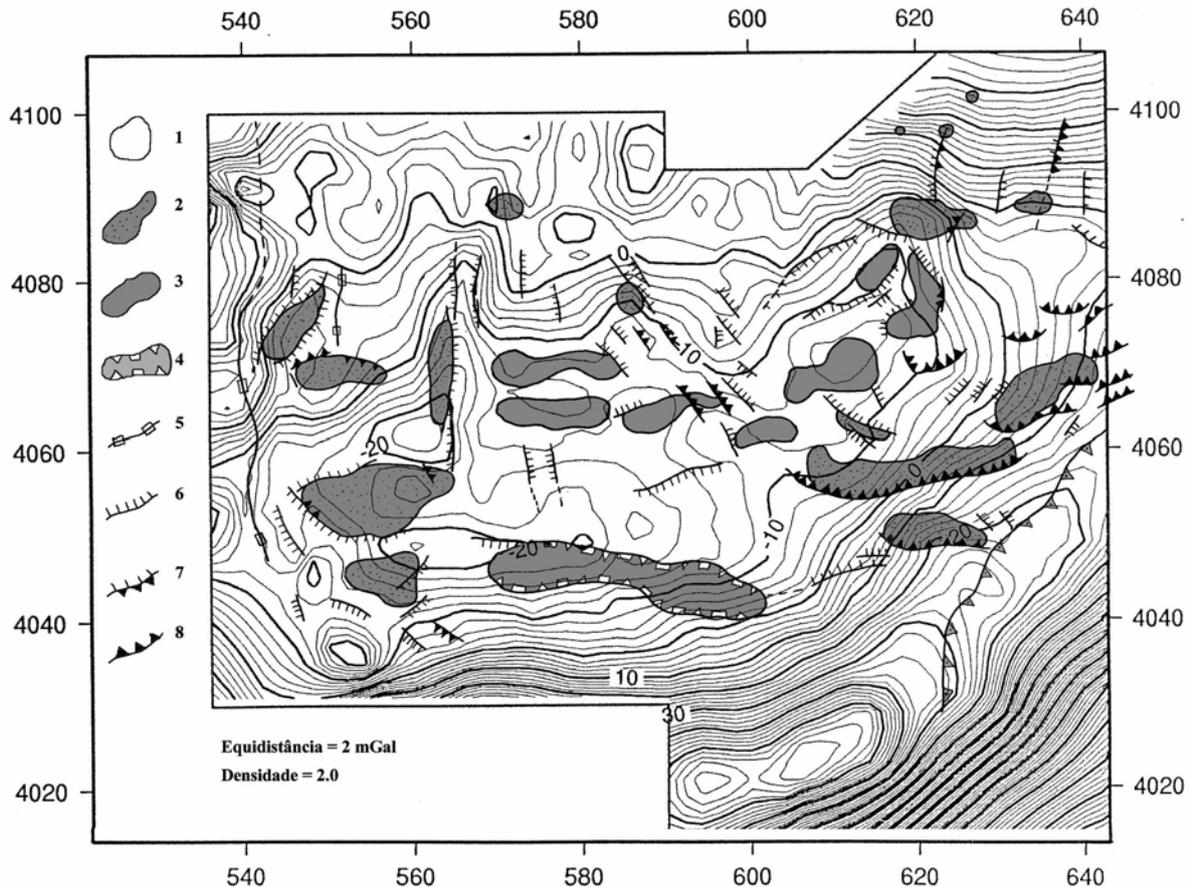


Figura 5 – Carta conjunta das estruturas cenozóicas e das anomalias gravimétricas residuais (campo regional aproximado por um polinómio de 2ª ordem). 1 – núcleos anómalos; 2 – estruturas evaporíticas; 3 – alto estrutural; 4 – semi-graben invertido; 5 – desligamento; 6 – falha normal; 7 – falha normal reactivada como inversa; 8 – falha inversa/cavalgamento (Lopes, 2002).

5. Principais fases de tectónica salífera

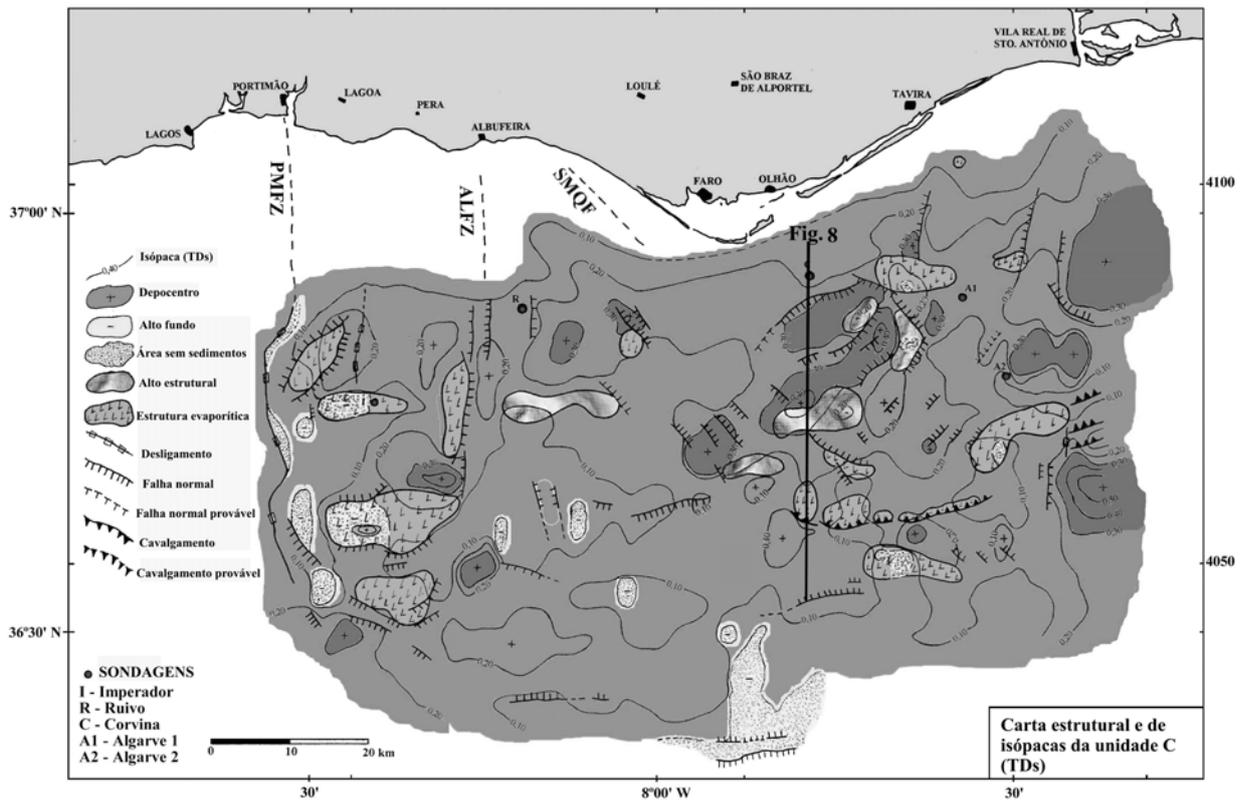
O estudo dos perfis sísmicos multitraço permitiu conhecer melhor o papel desempenhado pela tectónica salífera na evolução estrutural cenozóica da Margem Algarvia. Claramente registada desde finais do Cretácico e desencadeada pelo campo de tensões regional compressivo que também reactivou as estruturas profundas do sôco, a tectónica salífera foi alimentada pelos

evaporitos do Triásico-Hetangiano que actuaram como um horizonte de descolamento sob uma coluna de sedimentos com mais de 2 km de espessura. As estruturas evaporíticas que se desenvolveram estão sobretudo associadas com os principais sistemas de fracturação (Lopes *et al.*, 2006) e a sua actividade foi responsável pela localização de depocentros, por migração dos evaporitos, pelo desenvolvimento de eventos de erosão/deposição e pela provável modificação da distribuição das correntes

marinhas e dos processos sedimentares com elas relacionados.

Embora moderada do Campaniano Superior ao Luteciano e do Aquitaniano ao Tortoniano Inferior, a tectónica salífera conheceria dois momentos de máxima intensidade:

Figura 6 – Carta estrutural e de isópacas temporais (templo duplo em segundos) da unidade C (adap. Lopes et al., 2006). A recta a negro representa a posição aproximada do perfil da fig. 8. PMFZ: Zona de Falha de Portimão Monchique; ALFZ: Zona de Falha de Albufeira; SMQF: Zona de Falha de São Marcos-Quarteira.



i) Durante a fase tectono-sedimentar do Luteciano ao Oligocénico quando por toda a margem setentrional do Golfo de Cádiz se desenvolvia uma vasta plataforma carbonatada, documentada pela unidade sísmica C na margem Algarvia (figs. 2 e 6) (Lopes et al., 2006) e pela unidade sísmica UO-LM na margem SW Espanhola (Maldonado et al., 1999). Nesta altura, a reactivação das estruturas do soco pela actuação de um regime tectónico moderadamente compressivo originou uma generalizada actividade halocinética. A intrusão de corpos evaporíticos ocorreu principalmente ao longo dos alinhamentos estruturais de orientação N40°, N-S e E-W. A migração das massas evaporíticas das áreas interdiapíricas em direcção às estruturas em ascensão levou à formação de sub-bacias com forte subsidência localizada (fig. 7a e 7b).

No Domínio Oriental desta margem, o estilo tectónico vigente nesta altura parece ter sido o resultado de uma conjugação entre um deslizamento gravitacional acima de um horizonte de descolamento de natureza evaporítica e a inversão de um *graben* afectando o soco (fig. 7c, 7d e 7e). É aqui proposto que o deslizamento gravitacional da cobertura sedimentar tenha estado associado ao soergimento e basculamento do sector norte da margem (por analogia com a inversão e basculamento da bacia terciária meridional do Mar do Norte; Coward & Steward, 1995), desencadeado pela inversão de estruturas inicialmente distensivas. Este estilo tectónico foi responsável pelo desenvolvimento coevo de domínios adjacentes em extensão (sector superior da margem, a norte) e compressão (sector inferior da margem, a sul). O domínio

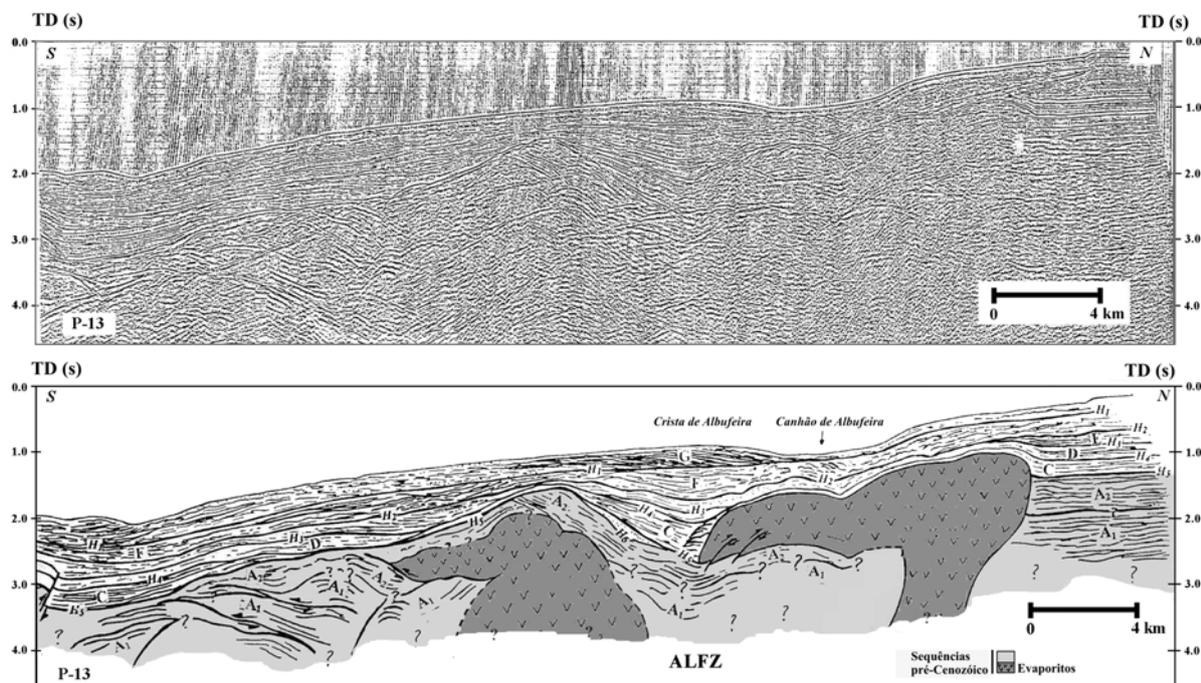


Figura 7a – Perfil de reflexão sísmica P-13 e sua interpretação (adap. Lopes et al., 2006). Ver localização na fig. 1). ALFZ: Zona de Falha de Albufeira.

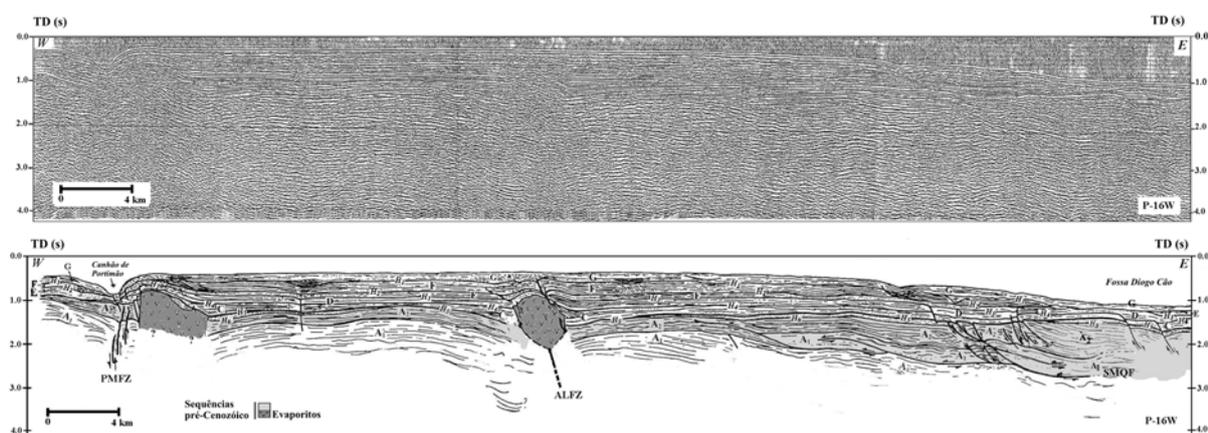


Figura 7b – Perfil de reflexão sísmica P-16W e sua interpretação (adap. Lopes et al., 2006). Ver localização na fig. 1). ALFZ: Zona de Falha de Albufeira; PMFZ: Zona de Falha de Portimão.

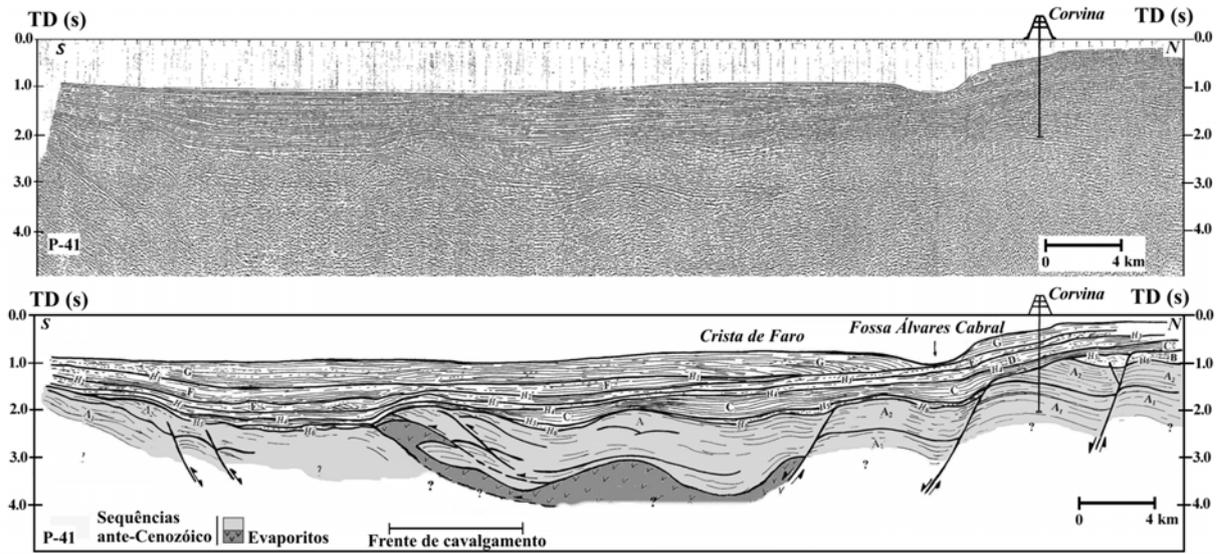


Figura 7c – Perfil de reflexão sísmica P-41 e sua interpretação (adap. Lopes et al., 2006).
(Ver localização na fig. 1).

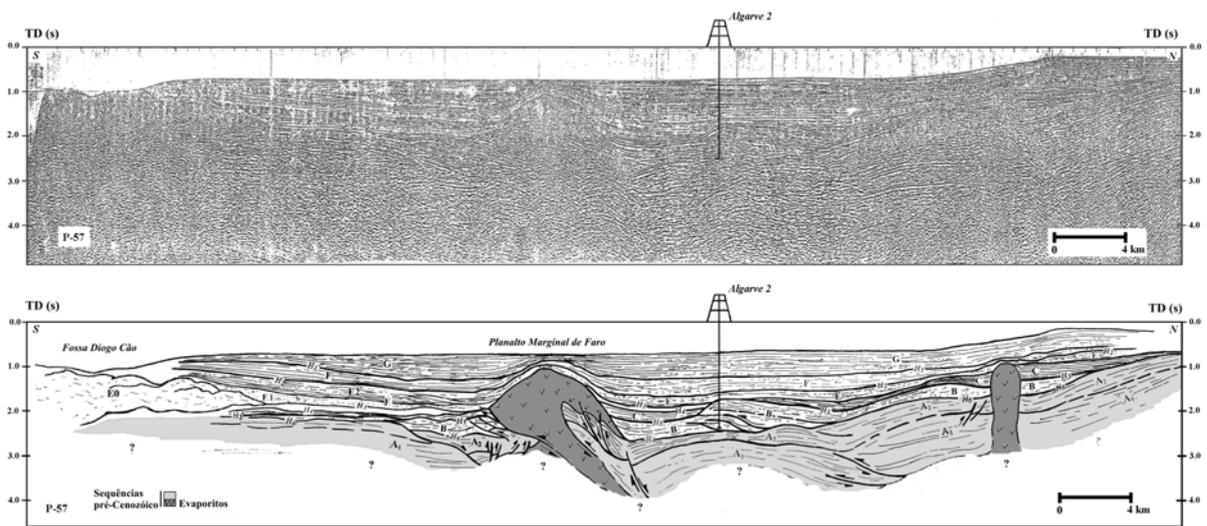


Figura 7d – Perfil de reflexão sísmica P-57 e sua interpretação (adap. Lopes et al., 2006).
(Ver localização na fig. 1).

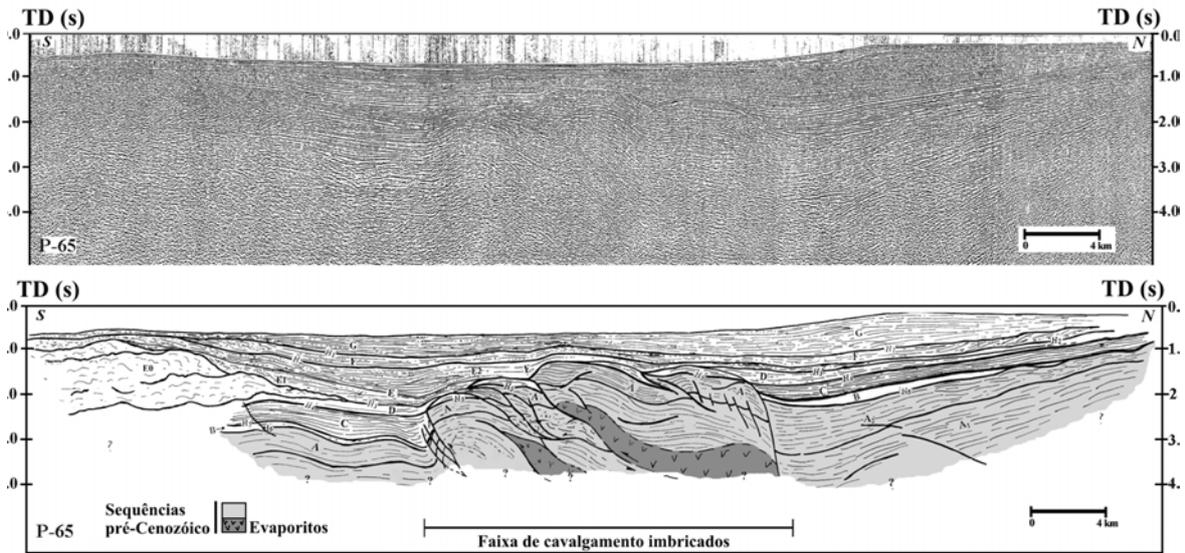


Figura 7e – Perfil de reflexão sísmica P-65 e sua interpretação (adap. Lopes et al., 2006).
(Ver localização na fig. 1).

em extensão caracterizou-se por uma tectónica pelicular, com falhas normais lístricas de orientação N60°, com abatimentos para S e SE e formação de semigrabens (fig. 8).

O domínio em contracção caracterizou-se pelo desenvolvimento de dobramentos sin-sedimentares, com anticlinais e sinclinais, que para sul dão lugar a uma frente de cavalgamento pelicular, de orientação E-W a ENE-WSW, com vergência para sul e injeção de evaporitos ao longo do plano de falha e a formação associada sub-bacias frontais (sub-bacias de *foredeep*). Este tipo de dobras com uma frente de

cavalgamento associada deve ter-se formado ao longo de uma faixa onde ocorria o esgotamento do horizonte evaporítico (*salt pinch-out*) (fig. 8). Tal como em outras bacias contendo níveis evaporíticos (Letouzey et al., 1996), coloca-se aqui em ênfase o dominante papel desempenhado pelo esgotamento do horizonte evaporítico na formação de frentes de cavalgamento. O desaparecimento dos Evaporitos leva ao aumento do atrito na base da pilha sedimentar o que impede a continuação da translacção de sedimentos para as zonas mais distais e leva à formação de cavalgamento.

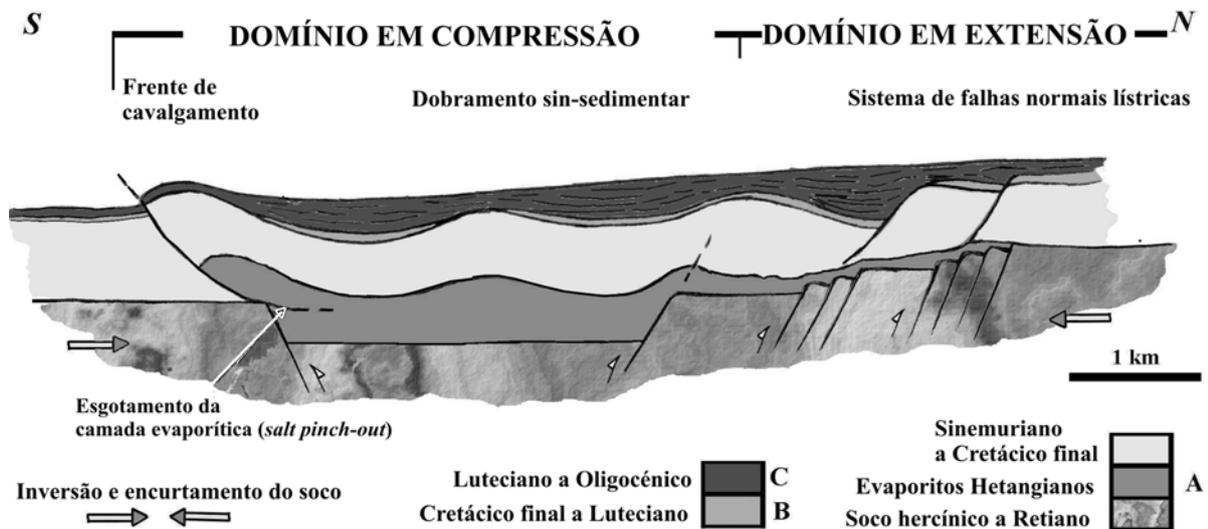


Figura 8 – Reconstrução tectónica esquemática (perfil N-S com localização na fig. 6) do Domínio Oriental, baseada nos modelos de Conward & Steward (1995) e Letouzey et al. (1996) para o bordo meridional do Mar do Norte.

ii) Do Tortoniano Médio ao Zancleano registou-se um intenso e generalizado crescimento das estruturas evaporíticas que conduziram à formação de numerosos domos no sector proximal dos domínios Central Oriental e Oriental da margem (fig. 7d). Durante este período, as estruturas evaporíticas começaram a ser penetrativas, gerando sinclinais em anel ou elípticas. Este segundo episódio foi desencadeado pelo evento fortemente compressivo do Tortoniano Médio (Bético), de orientação NW-SE, que fez chegar ao sudeste da margem Algarvia a frente do alóctone de Guadalquivir e levou à generalização da sedimentação siliciclástica no bordo norte do Golfo de Cádiz (unidades sísmicas E e M2-M3, respectivamente na margem Algarvia e sudoeste Espanhola; Lopes *et al.*, 2006; Maldonado *et al.*, 1999) (figs. 2 e 9).

A partir do Placenciano a actividade halocinética parece diminuir no sector imerso da margem, embora algumas estruturas evaporíticas continuem ainda activas no seu sector emerso (Terrinha, 1998a).

6. Considerações finais

A melhoria no conhecimento sobre as características geológicas e evolução da Margem Algarvia, para além de um inegável interesse científico, tem vindo a potenciar uma progressiva componente de aplicação à sociedade. A exploração de aquíferos e de rochas sedimentares e, mais recentemente, o crescente interesse pela pesquisa de hidrocarbonetos, tem atraído interesses sobre esta região. É neste sentido aplicado que ganham importância as numerosas estruturas evaporíticas existentes nesta margem, ao constituírem potenciais fontes de matérias-primas ou armadilhas de hidrocarbonetos.

Por outro lado, uma melhor compreensão das estruturas tectónicas regionais e do seu funcionamento ao longo do tempo, numa região situada nas proximidades do limite de placas África-Ibéria, assume um papel fundamental na avaliação do risco sísmico e de *tsunami*, que deverão ser convenientemente tidos em consideração no Ordenamento do Território.

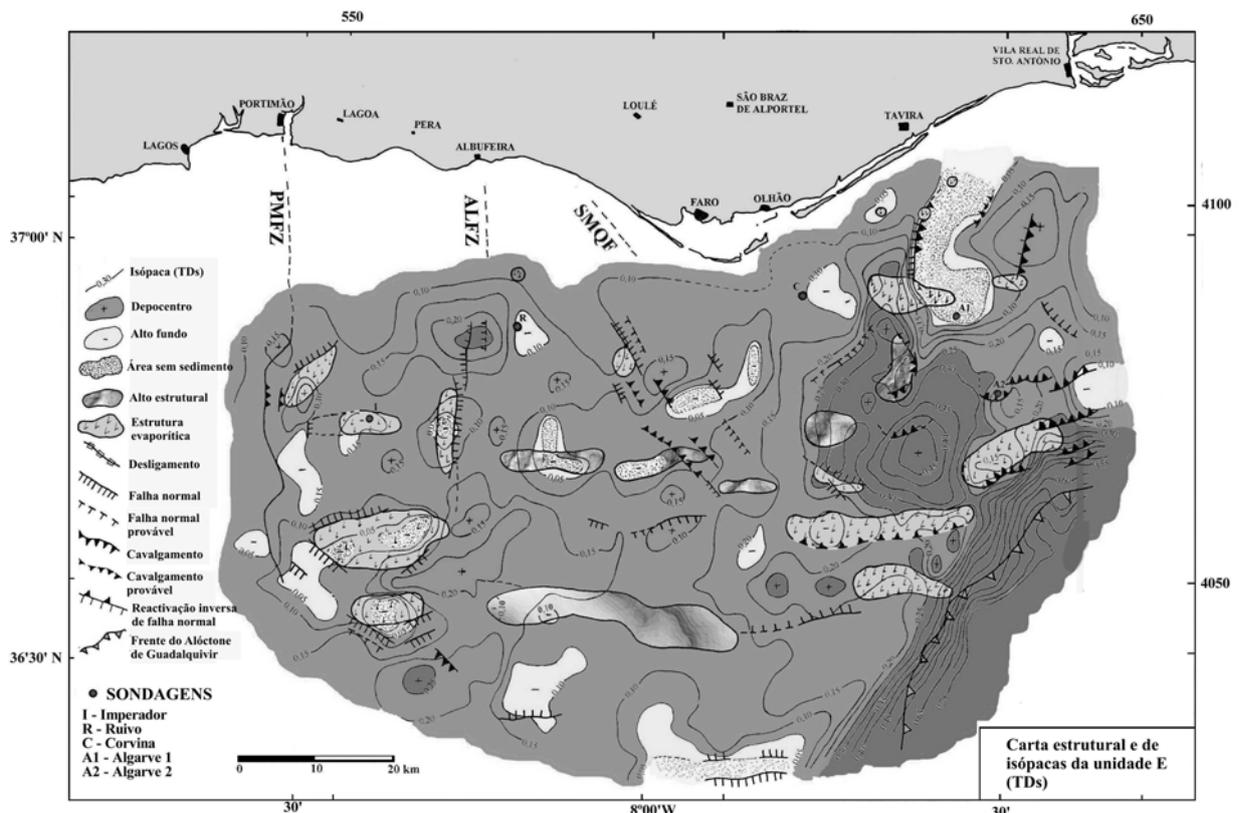


Figura 9 – Carta estrutural e de isópacas temporais (tempo duplo em segundos) da unidade E (adap. Lopes *et al.*, 2006). PMFZ: Zona de Falha de Portimão Monchique; ALFZ: Zona de Falha de Albufeira; SMQF: Zona de Falha de São Marcos-Quarteira.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra e pelo Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa. Os autores agradecem ao Núcleo Português para a Pesquisa e Prospecção de Petróleo a permissão para utilização dos dados geofísicos.

Bibliografia

- Agocs, W. B. (1951). Least squares residual anomaly determinations. *Geophysics*, 16: 689-696.
- Alves, T. M.; Gawthorpe, R. L.; Hunt, D. W. & Monteiro, J. H. (2003). Cenozoic tectono-sedimentary evolution of the western Iberian margin. *Marine Geology* 195: 75-108.
- Cunha, P. P., (1992a). Estratigrafia e sedimentologia dos depósitos do Cretácico Superior e Terciário de Portugal Central, a leste de Coimbra. Tese de Doutoramento (não publicada), Universidade de Coimbra, 262 pp.
- Cunha, P. P., (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. I Congress R.C.A.N.S. - "Atlantic general events during Neogene", Lisboa, pp. 33-35.
- Dewey, J.F.; Helman, M.L.; Turco, E.; Hutton, D. H. W. & Knott, S. D. (1989). Kinematics of the western Mediterranean, *In* M. P. A. Coward (ed.) - Alpine Tectonics, *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 45: 265-283.
- Conward, M. & Stewart, S. (1995). Salt-influenced structures in the Mesozoic-Tertiary cover of the southern North Sea, U.K.. *In* M. P. A. Jackson; D. G. Roberts & S. Snelson (eds.) - Salt tectonics: a global perspective. *AAPG Memoir*, 65: 229-250.
- Gràcia, E.; Dañobeitia, J.; Vergés, J.; Bartolomé, R. & Córdoba, D. (2003). Crustal architecture and tectonic evolution of the Gulf of Cadiz (SW Iberian margin) at the convergence of the Eurasian and African plates. *Tectonics*, 22: 1033, doi: 10.1029/2001TC901045.
- Letouzey, J.; Colletta, B.; Vially, R. & Chermette, J. C. (1996). Evolution of salt-related structures in compressional settings, *In* M. P. A. Jackson; D. G. Roberts & S. Snelson (eds.) - Salt tectonics: a global perspective. *AAPG Memoir*, 65: 41-60.
- Lopes, F. C. (2002). Análise tectono-sedimentar do Cenozóico da Margem Algarvia. Tese de Doutoramento (não publicada), Univ. Coimbra, 593 p.
- Lopes, F. C. & Mendes-Victor, L. A. (2004). Tectonic characters of the gravimetric study of the Algarve Margin (SW Iberia). IV Assembleia Luso-Espanhola de Geodesia e Geofísica, Figueira da Foz, 425-426.
- Lopes, F. C.; Cunha, P. P. & Le Gall, B. (2006). Cenozoic seismic stratigraphy and tectonic evolution of the Algarve margin (offshore Portugal, southwestern Iberian Peninsula). *Marine Geology*, 231: 1-36.
- Lopes, F. C. & Cunha, P. P. (2007). Tectono-sedimentary phases of the latest Cretaceous and Cainozoic compressive evolution of the Algarve margin (southern Portugal). *In* Nichols, G.J., Williams, E.A. & Paola, C. (eds) - Sedimentary processes, environments and basins — a tribute to Peter Friend. Wiley-Blackwell Publishing LTD, *International Association of Sedimentologists Special Publication*, 38: 642 p.
- Maldonado, A.; Somoza, L. & Pallarés, L. (1999). The Betic orogen and the Iberian-African boundary in the Gulf of Cadiz: geological evolution (central North Atlantic). *Marine Geology*, 155: 9-43.
- Mendes-Victor, L. A. & Martins, I. J. (1978). Estudo das Anomalias Gravimétricas nas Regiões de Moncarapacho e Campina de Faro. *Pub. Inst. Geof. Infante D. Luís, Centro Geof. Univ. Lisboa*, 15: 28 p.
- Mitchum, R. M., Jr. & Vail, P. R. (1977). Seismic stratigraphy and global changes of sea-level. Part. 7: Seismic stratigraphic interpretation procedure. *In* C. E. Payton (ed.) - Seismic Stratigraphy - application to hydrocarbon exploration, *A.A.P.G. Memoire*, 26: 135-143.
- Mougenot, D., (1989). *Geologia da Margem Portuguesa*. Pub. (G)-IH-192-DT, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 259 p.
- Olivet, J. L. (1996). La Cinématique de la Plaque Ibérique. *Bull. Centres Rech. Explor. - Prod. Elf Aquitaine*, 20: 131-195.
- Pais, J.; Legoinha, P.; Elderfield, H.; Sousa, L. & Estevens, M. (2000). The Neogene of Algarve (Portugal). *Ciências da Terra (UNL.)*, 14: 277-288.
- Palain, C. (1976). Une série détritique terrigène. Les "Grès de Silves": Trias et Lias inférieur du Portugal. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 25: 411 p.
- Ribeiro, A. (2005). O sismo de 1755 e a geodinâmica da Ibéria e Atlântico *In* Público (ed.) - 1755 o Grande Terramoto de Lisboa, Volume - Descrições, 219-236.
- Ribeiro, A.; Kullberg, M. C.; Kullberg, M. C.; Manuppella, G. & Phipps, S. (1990). A review of Alpine tectonics in Portugal: Foreland detachment in basement and cover rocks. *Tectonophysics*, 184: 357-366.
- Roque, C. (2007). Tectonoestratigrafia do Cenozóico das margens continentais sul e sudoeste portuguesas: um modelo de correlação sismostratigráfica. Tese de Doutoramento (não publicada), Universidade de Lisboa, 310p.
- Sartori, R.; Torelli, L.; Zitellini, N.; Peis, D. & Lodolo, E. (1994). Eastern segment of the Azores-Gibraltar line (central-eastern Atlantic): an ocean plate boundary with diffuse compressional deformation. *Geology*, 22: 555-558.
- Sanz de Galdeano, C. (1990). Geologic evolution of Betic Cordilleras in the Western Mediterranean, Miocene to the present. *Tectonophysics*, 172:107-119.
- Terrinha, P. (1998a). Structural Geology and Tectonic Evolution of the Algarve Basin, South Portugal. Tese de Doutoramento (não publicada). Imperial College, London, 430 pp.
- Terrinha, P. (1998b). Neogene and Quaternary tectonic evolution of the South Portuguese margin. Actas do V Congresso Nacional de Geologia, D81-D84.
- Vegas, R.; Medialdea, T.; Muñoz, M.; Díaz del Río, V. & Somoza, L. (2004). Nature and tectonic setting of the Guadalquivir Bank (Gulf of Cadiz, SW Iberian Peninsula). *Rev. Soc. Geol. España*, 17: 49-60.
- Zbyszewski, G. & Barreto de Faria, G. (1971). O salgema em Portugal Metropolitano; suas jazidas, características e aproveitamento. *Estudos, Notas e Trab. Ser. Fom. Mineiro*, 20: 5-50.