



**VOLUMEN DE COMUNICACIONES PRESENTADAS EN EL**

**VIII SIMPOSIO SOBRE EL MARGEN**

**IBÉRICO ATLÁNTICO**

**(MIA15)**

Málaga, del 21 al 23 de septiembre de 2015

Editores:

**V. Díaz del Río, P. Bárcenas, L.M. Fernández-Salas, N. López-González,  
D. Palomino, J.L. Rueda, O. Sánchez-Guillamón, J.T. Vázquez**

Grupo de Geociencias Marinas (GEMAR)  
Centro Oceanográfico de Málaga  
Instituto Español de Oceanografía  
Ministerio de Economía y Competitividad

**PATROCINADORES**



## Sismoestratigrafia da plataforma continental portuguesa no setor Melides-Sines (Alentejo): implicações tectónicas

### *Sismoestratigraphy of the Portuguese Continental shelf at the Melides-Sines (Alentejo) sector: tectonic implications*

A. Rodrigues (1), R. Ressurreição (2), R. Ramos (3) & F. Ferreira (1)

- (1) Instituto Hidrográfico-Marinha, Rua das Trinas 49, 1249-093 Lisboa. aurora.bizarro@hidrografico.pt
- (2) IDL/LNEG, Apartado 7586, 2721-866 Alfragide.
- (3) LNEC, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa.

**Abstract:** The middle continental shelf between Sines and Setubal was surveyed with a high resolution sparker system. The objective was twofold: understand the sedimentological framework, and identify the structural imprint on the shelf's morphology. Based on acoustic parameters and facies, seven seismic formations were identified. The deeper formations seem to correspond to Mesozoic syn-rift marine units and include the Sines volcanic complex. These are overlain by more recent formations that are compatible with the Cenozoic infill of the West Iberia margin, characterized by thick detrital sequences. All the major stratigraphic units display evidence of complex structural history, including tectonic inversion. Such reactivation was most likely associated with the alpine orogeny.

**Key words:** *sismoestratigraphy, Sines volcanic complex, Meso-cenozoic deformation, Alpine orogeny.*

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Enquadrada a norte pela cabeceira e curso superior do canhão submarino de Setúbal e a sul pela estrutura associada à instalação do complexo subvulcânico de Sines, a plataforma continental média e interna é a expressão da edificação de importantes unidades sedimentares resultantes do enchimento das bacias estruturais definidas durante os episódios distensivos do *rifting* atlântico, reativadas nos episódios de inversão tectónica que ocorreram nas fases da orogenia alpina.

Neste trabalho serão descritas as principais unidades que se encontram nos níveis estruturais superiores da plataforma continental média/interna do setor entre Sines e Melides, bem como o estilo de deformação que as afeta e que permite justificar algumas das estruturas encontradas. No final, será proposto um modelo evolutivo da região, tendo em consideração a evolução meso-cenozoica da margem oeste portuguesa.

### 1.1 Origem e localização dos dados.

Os 12 perfis de reflexão sísmica, que estão na origem deste trabalho foram adquiridos pelo Instituto Hidrográfico em março de 2005, no decurso de uma campanha científica realizada, a bordo do NRP "Auriga", no âmbito do Programa de Cartografia Sedimentar (SEPLAT). Os perfis distribuem-se numa malha mais ou menos regular, cobrindo a plataforma continental entre os 30 e 120 m de profundidade

(Fig.1).

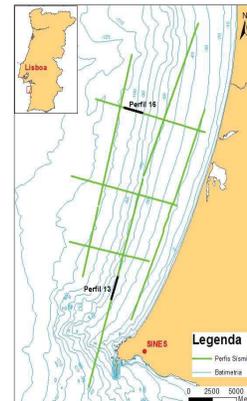


Fig. 1. Enquadramento geográfico da área de estudo e localização das linhas de reflexão sísmica. Linhas batimétricas com espaçamento de 10m até aos 200m retiradas de Vanney & Mougénot (1981).

### 1.2 Metodologia

O levantamento foi realizado, com um sistema de reflexão sísmica monocal Sparker da Applied Acoustics (fonte sísmica Squid 2000 e fonte de energia CSP2200), operado com uma energia de 400 Joules e um intervalo entre disparos de 500 ms. A aquisição do sinal foi assegurada com um hidrofone Applied Acoustics (20 elementos espaçados 0.15 m e pré-amplificador incorporado) e amostrado por uma carta ADC (Analogic-Digital Converter) a 16 bits. A gravação do sinal foi realizada num sistema Delph Seismic 2.7 (Triton Elics International) em ficheiros \*.tra 1, após filtragem passa-banda 200-6000 Hz. A

velocidade média de reboque do sistema foi de 4 nós. O posicionamento foi garantido através de um sistema DGPS (Trimble DSM212H).

Na fase de processamento, os perfis foram visualizados e interpretados recorrendo ao *software Delph Seismic Interpretation*. O processamento das linhas sísmicas incluiu a correção de dados de navegação (desfasamento entre a posição da antena de GPS e os hidrofones) e a aplicação de filtros passa-banda e de ganhos de controlo variável no tempo (TVG), o somatório de traços (trace sum), bem como a correção do efeito da ondulação.

## 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Estruturalmente, a zona da plataforma em estudo, caracteriza-se por estar condicionada pelos esforços distensivos anteriores às primeiras fases de abertura do Atlântico que, na Planície Abissal do Tejo, têm uma idade compreendida entre os 134 M.a. (Pinheiro *et al.*, 1996) e os 142 M.a. (Mauffret, 1989) e se materializaram num conjunto de lineamentos de direção predominante NNW-SSE.

É de destacar, no limite sul da área estudada a instalação de um corpo intrusivo magmático, o maciço subvulcânico de Sines que, no final do Cretácico intruiu as formações mesozoicas, controlado por uma estrutura profunda de direção NNW-SSE, que se estende desde Monchique e se prolonga até Sintra (Ribeiro *et al.*, 1979; Terrinha, 1998). Existem evidências, conforme referencia Ribeiro (2013), que esta estrutura foi posteriormente reativada (como desligamento direito).

A evolução cenozoica, caracteriza-se pelas fases de enchimento de bacia, com uma intensa sedimentação clástica, reflexo quer de movimentação tectónica, quer de alterações climáticas profundas. Trabalhos realizados quer no continente, quer na zona mais profunda da margem continental, apontam para a sucessão de diversos ciclos de sedimentação cenozoicos, com a edificação de espessas formações neogénicas (Telles Antunes e Pais, 1993; Mauffret *et al.*, 1989), intercalados por episódios de reativação estrutural e de inversão tectónica (Alves *et al.*, 2003).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Estratigrafia Sísmica

A aplicação dos critérios de interpretação sísmo-estratigráfica aos perfis de reflexão sísmica identificados na Fig. 1, permitiu individualizar seis unidades sísmicas, com diferentes expressões e características (Fig. 2):

**Unidade 1A:** soco acústico, identificada essencialmente no limite sul da área em estudo.

**Unidade 1B:** soco acústico, muito falhado e com algumas reflexões muito verticalizadas, associadas à movimentação estrutural.

**Unidade 2:** unidade sísmica apenas visível no extremo NW da área, preenchendo os níveis inferiores da bacia cenozoica; os refletores internos de grande amplitude e baixa continuidade apresentam-se muito inclinados e interrompidos, no topo, por uma superfície de erosão.

**Unidade 3:** na coluna estratigráfica, esta unidade é a que apresenta maior espessura, sendo constituída pelo empilhamento de diversas sequências prográdantes sobre as unidades sísmicas mais antigas. Em termos de ambiente de sedimentação, a fácies sísmica é compatível com um ambiente onde predomina um forte acarreio detrítico dos pontos mais elevados para o centro da bacia. De facto, as reflexões apresentam uma elevada inclinação e boa continuidade, não obstante a grande variação lateral da fácies sísmica ao nível da amplitude. Nesta unidade são frequentes os indícios de deformação sinsedimentar e eventos de maior energia deposicional (escorregamentos ou maior acarreio detrítico).

**Unidade 4:** depositada sobre uma superfície de erosão que se estende por toda a área, a Unidade 4 ganha maior expressão a profundidades inferiores aos 110 m e é constituída por duas sub-unidades, nem sempre distinguíveis. A unidade inferior (**Unidade 4A**) apresenta refletores de baixa amplitude e de reduzida continuidade lateral. É uma unidade que tem maior expressão junto ao litoral, principalmente na zona setentrional, onde pode atingir espessura da ordem dos de 20 milissegundos (t.d.), em parte por se encontrar a colmatar vales e zonas mais deprimidas. A sub-unidade superior (**Unidade 4B**), com espessuras inferiores a 12 milissegundos (t.d.) foi identificada apenas nos perfis transversais à costa e apresenta refletores muito inclinados e indicando um acarreio lateral forte, aparentemente, em direção ao mar.

**Unidade 5** – a unidade estratigráfica mais recente, apesar da sua grande extensão, apresenta uma espessura muito variável entre o limite de resolução do método e os 9 milissegundos (t.d.). Formando um corpo lenticular, a maior expressão desta unidade encontra-se na transição entre a plataforma média e a plataforma interna, com exceção da zona envolvente ao maciço subvulcânico de Sines onde se atingem espessuras da ordem dos 22 milissegundos (t.d.). Do ponto de vista de atributos sísmicos, esta unidade apresenta refletores muito contínuos e de média amplitude, indicando um ambiente calmo de sedimentação marinha, com alternância de diferentes materiais detríticos. Junto ao corpo ígneo de Sines, a fácies sísmica torna-se muito difusa, por vezes transparente, e com reflexões internas pouco nítidas ilustrando a pouca alternância de material detrítico (ou uma proximidade à fonte de sedimentos).

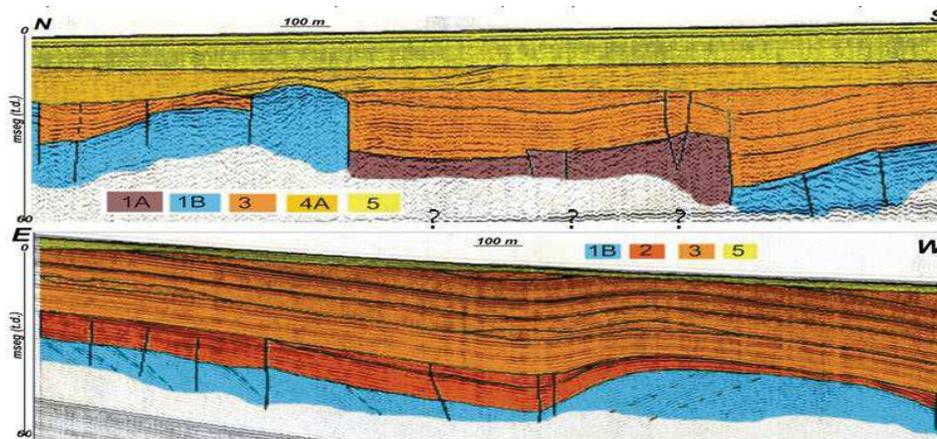


Fig. 2. Perfil 13 (em cima) e Perfil 16 (em baixo) ilustrativos das unidades sísmicas identificadas no setor da plataforma em estudo. Código de cores corresponde às unidades identificadas no texto. Localização na Fig. 1.

### 3.2. Estrutura Geológica

De acordo com a interpretação dos principais refletores definidos nos perfis, identificam-se diferentes estilos de deformação, os quais estão associados ao contexto tectónico em que cada unidade se formou, bem como ao efeito de sucessivas reativações das principais falhas.

Estruturalmente, a área é dominada pela presença das formações do soco acústico (unidades 1A e 1B). Os trabalhos de Boillot *et al.* (1974) permitem identificar a Unidade 1A como o maciço subvulcânico de Sines e a Unidade 1B como Jurássico superior, justificando os estilos de deformação encontrados.

Em termos de deformação frágil, a unidade sísmica 1B encontra-se fortemente fraturada, por acidentes bastante inclinados, apresentando cinemáticas normais e inversas, havendo evidências de verticalização das camadas nalguns dos perfis (Fig. 2). Do mesmo modo, a unidade 1A (que inclui o maciço ígneo), parece estar afetada por falhamento, conforme as irregularidades e descontinuidades encontradas no refletor que a limita superiormente.

No interior das formações de caráter mais detrítico, também se observam algumas falhas que resultaram da propagação, para a superfície, de linhas estruturais do soco acústico. Assim, algumas das falhas que condicionam o topo das Unidades 1A e 1B parecem prolongar-se pelas formações mais recentes (Unidade 2, nos locais onde foi identificada, ou Unidade 3), terminando contra a discordância angular que assinala a base das formações do topo da coluna estratigráfica. Os rejeitos aqui existentes são também consistentes com a deformação que afeta as unidades inferiores, com movimentos do tipo normal e inverso. A coexistência destas geometrias sugere a existência de uma importante componente de movimentação do tipo desligamento. Nas duas unidades superiores (Unidades 4 e 5), talvez devido

às características acústicas das formações, ou ao limite de resolução vertical dos perfis de reflexão sísmica, não foi identificada deformação interna.

## 4. DISCUSSÃO DOS DADOS

### 3.1. Modelo geológico

Descritas as unidades sísmicas que caracterizam os níveis estruturais superficiais deste setor da margem portuguesa e o estilo de deformação que as afeta, propõe-se o seguinte modelo geológico, o qual se baseia ainda nos trabalhos publicados sobre este setor.

A estrutura geológica do setor da plataforma continental média/interna entre Sines e Melides é condicionada pela instalação do maciço subvulcânico de Sines, nas camadas do soco paleozoico e do Jurássico superior (Boillot *et al.*, 1974), bem como por toda a evolução posterior.

A estrutura geológica herdada das fases de *rifting* do Mesozoico, dominada, na área contígua da margem profunda, por falhas NE-SW propaga-se pela vertente continental e plataforma adjacentes, coincidindo com algumas das falhas que se encontram no extremo sul da área e que afetam o maciço de Sines. Este grande corpo intrusivo instalou-se, no final do Mesozoico, em formações do Paleozoico e Jurássico superior, formadas por sedimentos carbonatados típicos de ambiente pouco profundo (Boillot *et al.*, 1974), intercalados com sedimentos mais terrígenos, provavelmente de origem mais continental. As tensões associadas a esta instalação provocaram o empolamento e a fraturação das formações jurássicas envolventes, nomeadamente nas que se encontravam a norte da estrutura, pela reativação de linhas de fraqueza profundas.

As formações seguintes, Unidades 2 e 3, testemunham uma intensa sedimentogénese, sendo compatível com a evolução tectónica da margem no

Neogénico, comandada pelas bases bética e alpina. A Unidade 2, sendo compatível com o Paleogénico, tem sido interpretada no *onshore* como resultante do desmantelamento dos relevos gerados pela reativação de estruturas durante as primeiras fases da orogenia alpina (Pimentel, 1997). Por seu lado, a Unidade 3, sendo correlacionável com sedimentos marinhos miocénicos (Serravaliano superior a Tortoniano inferior, segundo Antunes, 1983) provavelmente intercalados por acarreios continentais, teve uma sedimentação mais sensível às alterações eustáticas. Os indícios de deformação sinsedimentar apontam, no entanto, para algum controlo tectónico. A deformação observada a afetar toda esta unidade é compatível com a fase tectónica ocorrida no Tortoniano superior, descrita no sector do Alentejo da margem oeste ibérica (Alves *et al.*, 2003). O regime de tensões transforma este setor da margem numa grande bacia estrutural, que recebe a forte sedimentação clástica, interrompida pelos episódios de deformação alpina

A bacia estrutural que se observa na plataforma média a norte de Sines, ilustra esta evolução terciária. O empilhamento dos corpos progradantes miocénicos apresenta evidências de dobramento associado ao rejogo das falhas que se encontram a maior profundidade (Perfil 16 da Fig. 2), cujo movimento não se propagou para a superfície. A norte do maciço de Sines, a estrutura geológica mostra a presença de um amplo sinforma (cujo limite sul se ilustra no Perfil 13 da Fig. 2), formado pelo arraste das camadas movimentadas pela inversão do movimento de uma rede de falhas que afetam o próprio maciço.

Posteriormente a esta reativação, todo o setor foi arrasado e, já na passagem para o Plio-Quaternário, dá-se a deposição de sedimentos de origem marinha e continental. Em termos evolutivos, o Plio-Quaternário caracteriza-se, fundamentalmente, pela sucessão de transgressões e regressões induzidas pelas alterações paleoambientais, não tendo sido encontradas evidências de movimentação neotectónica, contrastando com a deformação verificada na área emersa contígua (Inverno *et al.*, 1983).

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados alcançados e o modelo descrito permitem descrever a evolução de uma zona, onde não há grande conhecimento, enquadrada pelo limite oriental da Planície Abissal do Tejo e o setor emerso da margem ibérica. De facto, a interpretação sismoestratigráfica dos perfis de reflexão sísmica ligeira, permitiu estabelecer a geometria de corpos sedimentares da plataforma média/interna, a relação entre as várias unidades e a identificação das

estruturas tectónicas que as afetam.

Em termos evolutivos, os dados apresentados reforçam as grandes transformações que a margem ibérica sofreu após o Mesozoico, sendo de salientar a alternância de ciclos transgressivos e regressivos de grande magnitude, intercalados pelos três eventos tectónicos principais relacionados com a orogenia alpina, compatíveis com as interpretações apresentadas por outros autores para o território nacional, decorridos durante o Paleogénico, Miocénico médio e Miocénico superior. As geometrias observadas remetem para um regime de deformação essencialmente de desligamento com componente compressiva importante.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- Antunes M.T. (1983). Carta geológica de Portugal na escala de 1:50000, *Notícia explicativa da folha 39C-Alcácer do Sal*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 58 p.
- Boillot, M.M., Dupeuble, P.-A. & Mougenot, D. (1974). Géologie du plateau portugais entre le Cap Carvoeiro et le Cap de Sines. *R.C.Acad.Sc. Paris*, t.279, 887-890.
- Inverno, M.C., Manuppella, G., Zbyszewski, G., Pais, J. & Ribeiro, M.L. (1993). Carta geológica de Portugal na escala de 1:50000. *Notícia Explicativa da folha 42 C (Santiago do Cacém)*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, 75 p.
- Mauffret, A., Mougenot, D., Miles, P.R. & Malod, J.A. (1989). Cenozoic deformation and mesozoic abandoned spreading centre in the Tagus Abyssal Plain (west of Portugal): results of a multichannel seismic survey. *Can. J. Earth Sci.*, 26, 1101-1123.
- Pimentel, N.L. (1997). *O Terciário da Bacia do Sado – Sedimentologia e Análise Tectono-Sedimentar*. Tese de Doutoramento, Univ. Lisboa, 381 p. (não publicado)
- Pinheiro, L., Wilson, R., Reis, R.P., Whitmarsh, R. & Ribeiro, A. (1996). The western Iberia Margin: a geophysical and geological overview. In: Whitmarsh, R., Sawyer, D., Klaus, D. & Masson, D. (Eds), *Proc.Ocean Drilling Prog.Sc.Res.*, 149, 3-23.
- Ribeiro, A. (2013). A evolução geodinâmica de Portugal; os ciclos Meso-Cenozoicos. In: Dias, R.; Araújo, A.; Terrinha, P.; Jullberg, J.C. (Eds). *Geologia de Portugal* (vol II). Escolar Editora. 798 pp.
- Ribeiro, A., Antunes, M.T., Ferreira, M.P., Rocha, R., Soares, A.F., Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D. & Monteiro, J.H. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal, 3-114.
- Telles Antunes, M. & Pais, J. (1993). The Neogene of Portugal. *Ciências da Terra "Proc. of the 1st. RCANS Cong."*, 12:7-22.
- Terrinha, P. (1998). *Structural geology and tectonic evolution of the Algarve basin, South Portugal*. Tese de doutoramento, Imperial College, 425 pp.
- Vanney, J.R. & Mougenot, D. (1981). La Plate-forme continentale du Portugal et des provinces adjacentes: analyse géomorphologique. *Mem. Serv. GEOL. Portugal*, 28. 86 pp.