

Evidências geomorfológicas de alguns processos responsáveis pela evolução quaternária do canhão de Setúbal

António Alberto Teixeira Gomes

Departamento de Geografia, Faculdade de Letras do Porto, Via Panorâmica s/n, 4051-452 Porto; tel. 22 6077100; atgomes@flup.up.pt

RESUMO

Palavras-chave: canhão submarino; Geomorfologia; tectónica; rede de drenagem submarina; depressão batimétrica; processos erosivos.

O profundo vale submarino que entalha a bacia de Setúbal é um canhão do tipo gouf que estabelece contacto directo entre a plataforma continental e a Planície abissal do Tejo. Neste artigo tenta-se demonstrar o condicionamento tectónico que a instalação do canhão evidencia bem como a rede de drenagem submarina que para ele converge. Abordam-se, para além deste condicionamento, as evidências geomorfológicas indirectas que a batimetria nos fornece relativas aos processos responsáveis pelo entalhe erosivo que nele ocorre. Finalmente, tenta-se fornecer uma ideia sucinta da evolução deste canhão face às concepções admitidas para a evolução paleogeográfica da área onde ele se insere.

ABSTRACT

Key words: submarine canyon, Gouf, Geomorphology, tectonic, submarine hydrographic net, batimetric depression, erosive processes.

The deep submarine valley near Setúbal that connects the continental platform to the Tagus Abyssal Plain is a submarine canyon of the type commonly known as Gouf. In this article we try to show the tectonic influence in its formation and in the installation of its submarine hydrographic net. Some indirect evidences of erosive processes responsible for the formation of typical submarine forms of canyons are analysed based in the interpretation of the batimetric map. Finally, we try to give a brief idea of the evolution of this canyon based on the knowledge that is accepted for the area where he belongs.

1 - INTRODUÇÃO

O trabalho que apresentamos expõe os resultados da interpretação geomorfológica de um mapa batimétrico relativo à área do canhão submarino de Setúbal. A análise detalhada do traçado das curvas batimétricas revelou algumas particularidades geomorfológicas que sugerem a intervenção de determinados processos morfogenéticos responsáveis pela modelação morfológica do canhão, nomeadamente, durante o Quaternário.

A interpretação teve com base um documento elaborado a partir da junção de uma carta batimétrica do Instituto Hidrográfico, referente à plataforma continental e seu rebordo, e de um esboço batimétrico baseado em

sondagem do tipo multifeixe efectuado pelo IFREMER, referente ao talude continental.

O canhão submarino de Setúbal, juntamente com o da Nazaré, pertencem a um grupo distinto dos vales submarinos que podemos encontrar nas margens continentais, os canhões apelidados do tipo "gouf" (Vannev & Mougnot, 1990). Estes canhões que se encontram somente na margem oriental atlântica formam vales extensos de comprimento superior a 150 km, apresentam fraco declive longitudinal (1 a 2%), e estão profundamente encaixados no talude e plataforma continental. Constituem incisões isoladas, com um trajecto solitário de dezenas de quilómetros por quase toda a plataforma continental e as suas cabeceiras são escavadas muito próximo da linha de

costa, no local onde se realiza a convergência de derivas litorais. É típico possuírem um leito sinuoso, para o qual convergem curtas ravinas que formam os seus raros tributários. Os *goufs* europeus, Cabo Bretão, Nazaré e Setúbal localizam-se no prolongamento submarino de importantes acidentes tectónicos continentais, enquanto que os representantes africanos, Cayar, Trou-sans-fond e Congo estão ligados à excessiva acumulação sedimentar costeira, suficiente para alimentar uma forte erosão marinha.

norte. O fundo estreito dos canhões de Lisboa e Setúbal contrasta fortemente com o fundo largo do canhão de Cascais. No talude continental os traçados dos canhões de Cascais e de Setúbal são paralelos, apresentando este último um nítido traçado em baioneta que alude à sua componente estrutural, como já foi notado por F. P. Shepard (1977).

A separar o canhão de Setúbal do canhão de Cascais temos uma elevação que se prolonga até à vertente continental, o Planalto de Afonso de Albuquerque. A

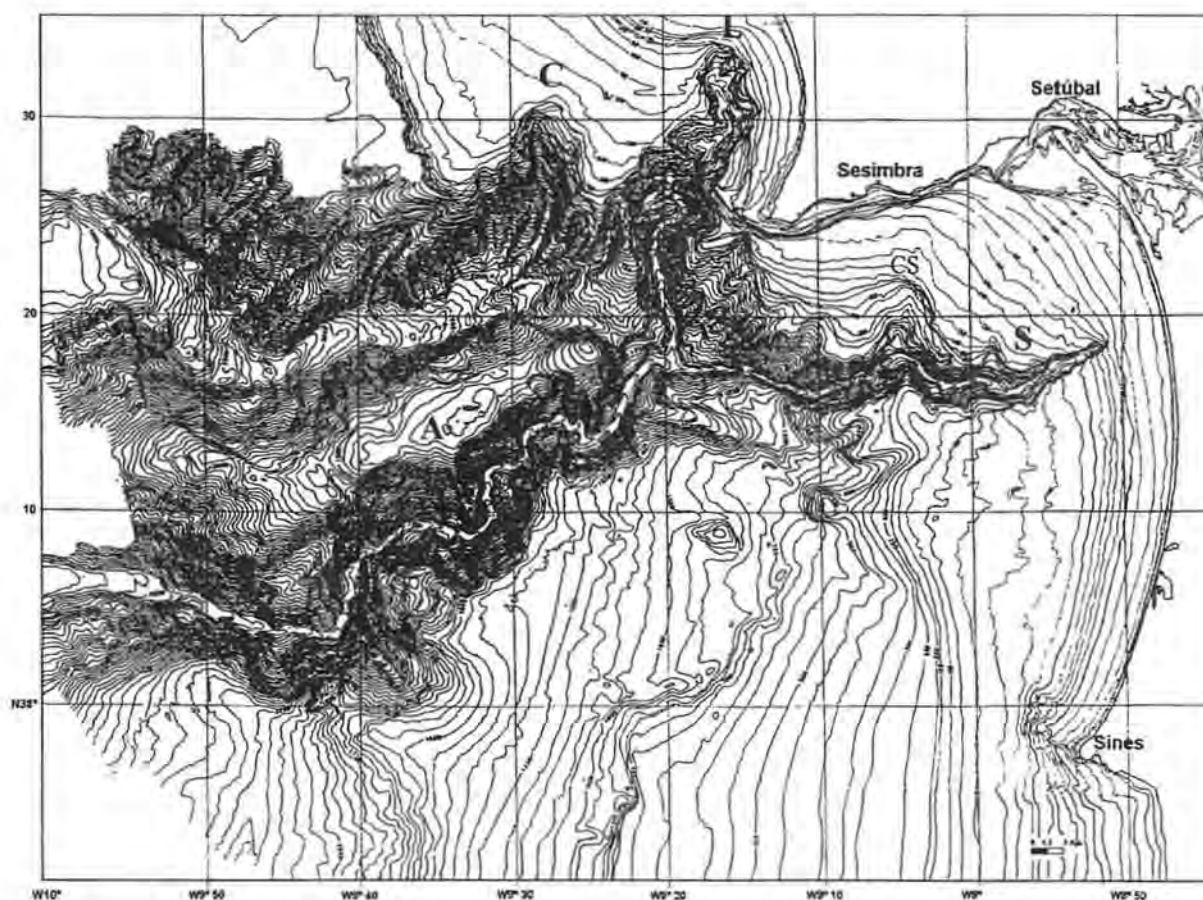


Fig. 1 - Carta batimétrica do canhão de Setúbal e áreas adjacentes. A - Planalto de Afonso de Albuquerque; C - Canhão de Cascais; L - Canhão de Lisboa; S - Canhão de Setúbal; CS - canhão de Sesimbra.

2 - CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA GERAL: BATIMETRIA E PERFIS TRANSVERSAIS

Como se pode observar pela figura 1, este sector da margem continental portuguesa é caracterizado por uma grande dissecação do relevo submarino, destacando-se três canhões submarinos morfologicamente diferentes. Os canhões de Setúbal e Lisboa entalham profundamente o talude e a plataforma continental, enquanto que o canhão de Cascais apenas se desenvolve no talude continental. O sinuoso canhão de Setúbal constitui o vale mais encaixado e extenso, entroncando aos 2000 metros de profundidade com o canhão de Lisboa, o seu grande tributário da margem

regularidade e extensão do seu topo acima dos 1500 metros de profundidade é notória. Este topo apresenta um perfil dissimétrico, com as vertentes mais abruptas viradas para o canhão de Setúbal. O planalto pode ser dividido em dois segmentos (um orientado NE/SW e outro E/W), que funcionam como interflúvios dos canhões de Setúbal e Cascais, quase desde a plataforma continental até à Planície Abissal do Tejo. Esta elevação submarina é interpretada como um prolongamento afundado da Serra da Arrábida, soerguida durante a compressão Miocénica (Coppier & Mougnot, 1982).

No curso superior do canhão de Lisboa, a plataforma é estreita, 5km aproximadamente, e é notório o paralelismo

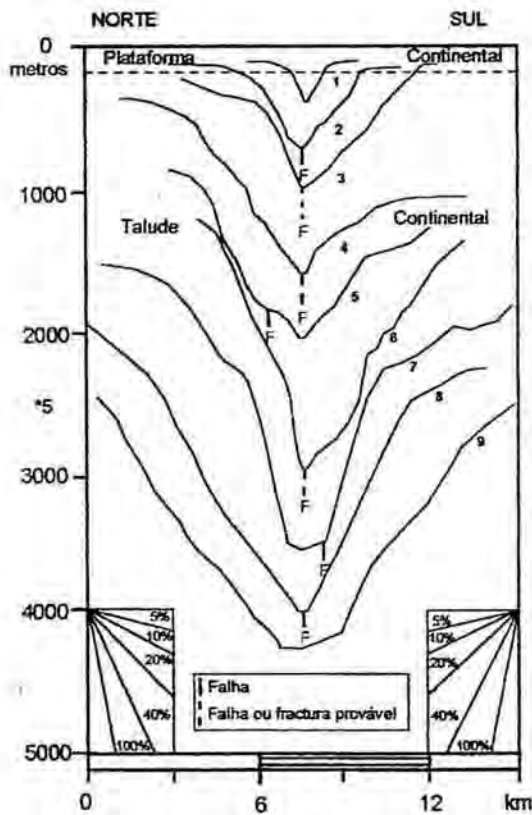


Fig. 2 - Perfis transversais do canhão de Setúbal.
(*5 - sobrelevação vertical).

geometria testemunha uma dinâmica terciária orientada perpendicularmente ao curso actual do canhão. O curso superior prolonga, grosseiramente, a direcção do acidente de Grândola, N120 (Mougenot, 1989).

A jusante dos 9° W, o canhão descreve uma apertada sinuosidade encaixada, em que, após um desvio brusco a NW acompanhando uma falha, retoma a orientação inicial. A vertente noroeste é uma escarpa de falha que desnivela a cobertura sedimentar da plataforma e favorece a abertura de um tributário na margem direita, vulgarmente conhecido por canhão de Sesimbra (Mougenot, 1976). A vertente meridional é formada por escarpas íngremes e rochosas (Regueira, Canto de Alva).

O curso médio do canhão, definido desde a confluência com o canhão de Lisboa até à isóbata dos 3800 metros, está alinhado pelo sopé da vertente meridional do Planalto Afonso de Albuquerque e toma uma direcção aproximadamente de NE/SW (figura 1). Após a confluência pelos 2000 metros de profundidade, o vale altera bruscamente a sua direcção, acentua a assimetria, adquire um perfil em U e encaixa-se vigorosamente, com algumas escarpas a exceder os 1000 metros de comando e a terem declives próximos dos 100% (Fig. 2, perfis 6 e 7).

O traçado geral do vale neste sector, assume uma direcção paralela à orientação de acidentes identificados na margem sul do canhão e continua, *grosso modo*, o alinhamento do Tejo assinalado em terra (N30). No entanto, Mougenot (1989) sustenta que várias falhas submeridianas induzem mudanças de orientação no leito. O traçado sinuoso e encaixado que o canhão assume neste sector são provas desse condicionamento tectónico.

Nos cotovelos destas sinuosidades é frequente observarem-se vertentes muito inclinadas, com declives superiores a 60% (fig. 1). O estrangulamento abrupto das paredes do canhão, em virtude do súbito aumento de declive, deverá motivar uma maior frequência de movimentos de massa nas vertentes, influenciados pelo sapamento da sua base. O sapamento será realizado pelo fluxo turbilhonar que percorre o canhão. Este processo é proposto para explicar a formação de meandros em alguns canhões submarinos, e já foi observado directamente por submersível no canhão de Wilmington, na costa leste do Estados Unidos da América (Stubblefield *et al.*, 1981).

Segundo Regnauld (1987), na sua configuração actual, o curso médio do canhão corresponde a um vale de frente de cavalgamento. A vertente cavalgante a noroeste, é mais inclinada e menos erodida, e a vertente cavalgada a sul, mais suave e escavada por ravinas. As fracturas são aí mais numerosas e os materiais disponíveis mais abundantes do que no topo do planalto de Afonso de Albuquerque.

Sensivelmente aos 3800 metros de profundidade, o canhão muda bruscamente de direcção (N105), seguindo-a até à sua foz na Planície Abissal do Tejo. A súbita mudança no traçado desenha um cotovelo agudo, onde é nítido o contraste entre a superfície menos inclinada que constitui a margem convexa e a escarpa abrupta da margem côncava. Nesta margem será mais intenso o sapamento da base e consequentemente, serão frequentes as quedas de material das vertentes. Parece-nos que este caso é um dos bons exemplos que ilustra a semelhança entre os cursos subaéreos e os submarinos, relativamente aos processos responsáveis pela modelação morfológica que os afectam.

Neste curso inferior, o vale volta a assumir uma forma em V, suavizando progressivamente o declive das vertentes e alargando o leito, que de 2km passa para 4km (Fig. 2; perfis 8 e 9). O fundo aplanado contrasta fortemente com as vertentes que o ladeiam, que podem ainda apresentar declives próximos dos 50%. Segundo Mougenot (1989), as paredes nesta parte do canhão evoluem principalmente por movimentos gravitacionais, como mostraram os perfis sísmicos efectuados na área.

3 - O CONDICIONAMENTO TECTÓNICO DA MORFOLOGIA SUBMARINA

A partir da topografia submarina e da rede de entalhes que ela nos dá, tentamos interpretar o controlo estrutural da morfologia submarina recorrendo a metodologias usuais para domínios emersos. Para satisfazer esse objectivo seguimos dois critérios: a identificação de alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia e a identificação de anomalias na rede de entalhes submarinos.

Relativamente aos alinhamentos estruturais tentamos identificar, para além dos acidentes tectónicos conhecidos, as vertentes e vales rectilíneos, paralelos entre si ou paralelos a direcções tectónicas conhecidas, e que possivelmente, nos podem indicar a existência de escarpas de falha (Araújo, 1985).

O outro estudo prendeu-se com a identificação e interpretação das anomalias da rede de drenagem, que segundo Howard (1967), permitem ter acesso a características estruturais, geralmente não detectáveis por outros métodos. No nosso caso consideramos as seguintes anomalias da rede de drenagem:

- os vales de fractura, que contrastam com os outros troços da rede por apresentarem um traçado rectilíneo e rígido, denunciando a existência de faixas lineares mais susceptíveis à erosão (Feio & Brito, 1949);

- a existência brusca e localizada de sinuosidades encaixadas com traçado anguloso, que conferem um traçado em baioneta aos canhões, denotando um forte controlo estrutural.

Considerando a área globalmente, verifica-se que os alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia se estabelecem maioritariamente segundo quatro direcções, NE/SW, NW/SE, N/S, ENE/WSW (figura 3). As duas primeiras direcções correspondem às duas orientações tectónicas dominantes nas áreas adjacentes aos canhões. A primeira é frequente na área do Esporão da Estremadura, a norte, a segunda domina na margem alentejana, a sul.

A direcção N/S que apresenta apenas falhas marcadas na cabeceira do canhão de Cascais e numa escarpa a sul do canhão de Setúbal, está muito representada nos prováveis vales de fractura, nomeadamente, nos troços rectilíneos e nas sinuosidades que descrevem quase ângulos rectos. A última direcção (ENE/WSW) corresponde aos acidentes que afectam a cadeia da Arrábida.

A existência destes acidentes perpendiculares é particularmente sensível no curso médio do canhão de Setúbal (figura 3). É nesta área que ocorre o maior número de sinuosidades com padrão rectilíneo da carta, facto que demonstra que estas formas erosivas serão respostas do encaixe linear adaptadas à tectónica local.

Os prováveis vales de fractura são bastante numerosos e alguns atingem dimensões consideráveis, como acontece no curso superior do canhão de Setúbal e na margem norte do canhão de Cascais. As direcções que tomam são, na maior parte dos casos, as que já foram citadas, o que ajuda a encará-las como linhas de fragilidade reais que, nalguns casos, poderão ser verdadeiras falhas.

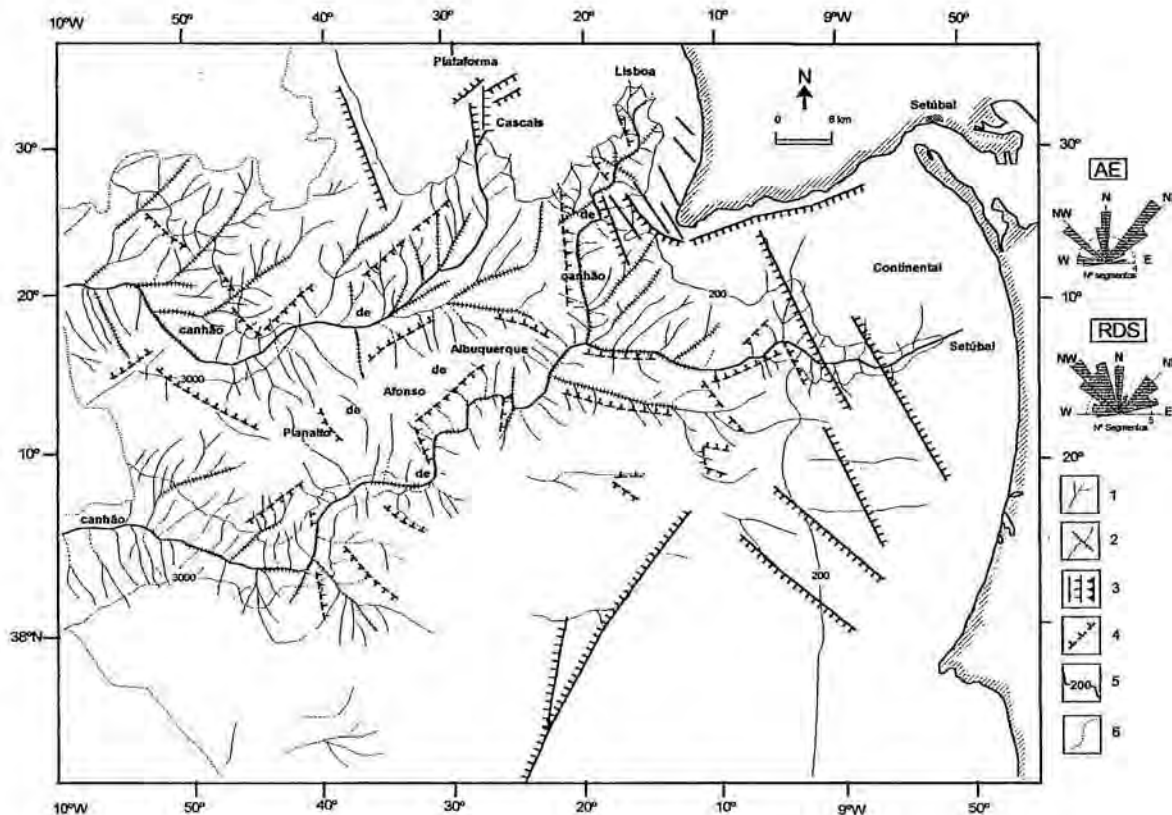


Fig. 3 - Esboço morfo-tectónico da área dos três canhões. 1 - rede de drenagem submarina; 2 - vales de fractura deduzidos a partir da rede de entalhes; 3 - falhas; 4 - escarpa de falha provável deduzida a partir da topografia submarina; 5 - curva batimétrica; 6 - limite do levantamento batimétrico. Diagramas polares: RDS - rede de drenagem submarina; AE - alinhamentos estruturais.

Relativamente às orientações que a rede de drenagem submarina apresenta, pelos dados obtidos, verifica-se que as direcções mais representadas são NW/SE, N/S, NE/SW e ENE/WSW. Numa primeira análise, podíamos deduzir que a rede está de acordo com as orientações do declive geral das vertentes da área, mas a coincidência destas orientações com as direcções dos alinhamentos estruturais assinalados leva-nos a pensar que grande parte da rede de drenagem submarina se estabelece ao longo de linhas de fragilidade do substrato, nomeadamente, os troços principais que constituem os canhões.

A estes argumentos podemos juntar a ideia Mougnot (1989), que considera para esta área que os desligamentos e as falhas normais reactivadas pela compressão miocénica, têm uma direcção dominante NE/SW sobre a margem do Baixo Alentejo, e NW/SE, sobre o Esporão da Estremadura, no fundo, as duas direcções principais evidenciadas nos gráficos polares da figura 5.

4 - ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO LEITO

4.1 - Perfis longitudinais

Na tentativa de interpretar e contrastar a morfologia do leito do canhão de Setúbal, elaboramos perfis

longitudinais dos três canhões da área. Da figura 4 ressalta a diferença no traçado longitudinal entre estes três canhões. O canhão de Setúbal é o mais longo, com um comprimento superior a 120 km, e o que apresenta menor declive longitudinal, média de 3%. O canhão de Cascais tem quase 70 km de extensão, com declive longitudinal médio de 20%. O canhão de Lisboa representa um tipo intermédio; a parte superior é moderadamente inclinada (aparentada com Setúbal), mas os cursos médio e inferior são muito inclinados, característica típica das ravinas do talude continental que o canhão de Cascais ilustra.

Nestes perfis sobressaem desde logo, duas características próprias dos canhões do tipo *gouf*: Trata-se do seu longo comprimento e o fraco declive longitudinal. Estes dois aspectos sugerem duas ideias sobre a sua origem e evolução: a antiguidade destes vales na escala geológica, em virtude da sua elevada extensão, e a forte erosão a que foram sujeitos, dado o afeiçoamento que já sofreu o seu perfil longitudinal.

Outras duas características morfológicas particulares que os perfis longitudinais revelam, suscitaram a nossa curiosidade: a existência de várias depressões e de significativas rupturas de declive.

Através do quadro I da figura 4, regista-se que o canhão de Cascais possui o perfil mais irregular, pois apresenta no total, sete rupturas de declive e seis depressões, enquanto o canhão de Setúbal apresenta apenas uma ruptura de declive e duas depressões.

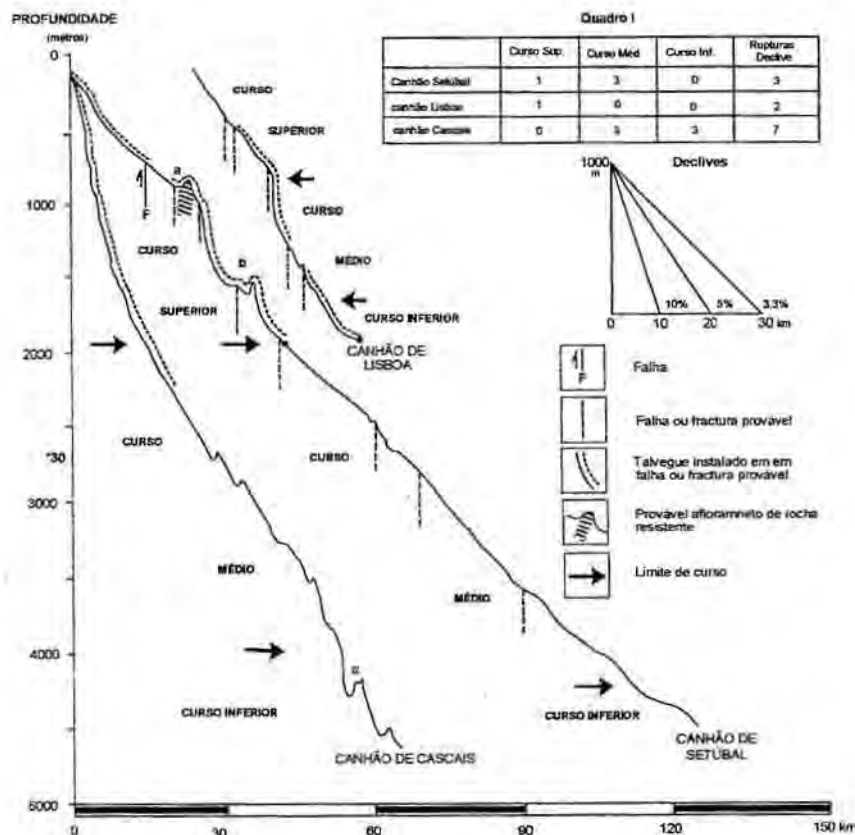


Fig. 4 - Perfis longitudinais dos três canhões.

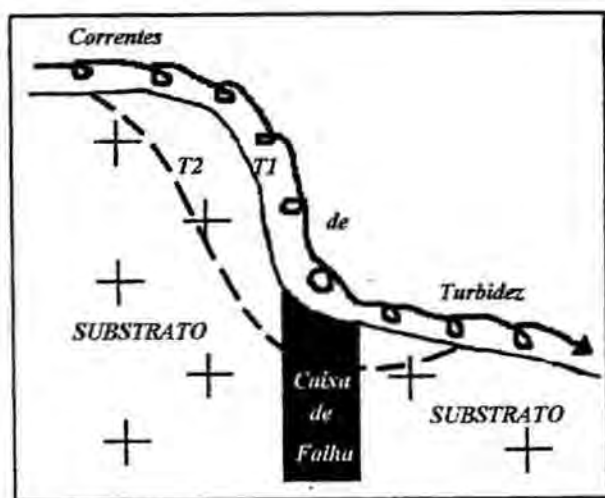


Fig. 5 - Formação de uma depressão na presença de uma caixa de falha no talvegue. T1 - talvegue pré-deprimido; T2 - talvegue erodido.

metros de altura e declives superiores a 50%. Comparativamente, os canhões de Setúbal e de Lisboa apresentam perfil mais regular. Esta regularidade poderá resultar do facto de estes constituírem vales apertados de fundo estreito, que, aliado ao declive longitudinal considerável (mais notório para o canhão de Lisboa), se poderá traduzir numa maior competência para transportar os materiais que neles circulam.

O leito do canhão de Setúbal tem certamente alguns troços instalados em falhas ou áreas densamente fracturadas, como já referimos (Fig. 3), daí que se possa tentar relacionar a existência das depressões com a ocorrência de falhas, nalguns casos ao longo do leito, noutros transversalmente a ele.

Para este canhão a concordância entre a existência de uma depressão no talvegue e de um acidente tectónico transversal nesse local, ocorre em dois exemplos, a 800 e 1500m de profundidade (Fig. 3, locais a e b).

Se considerarmos que estes acidentes tectónicos podem comportar importantes caixas de falha, podemos admitir que as correntes de turbidez ao deslocarem-se para jusante exploram estas áreas de fraqueza do substrato, aprofundando progressivamente o entalhe do talvegue até se formar uma área deprimida. O desenvolvimento deste processo erosivo no leito do canhão provocará o recuo da escarpa de falha, que irá atenuando o seu declive. Uma hipótese provável da evolução deste processo é ilustrada pelo esquema da figura 5.

Um caso que ilustra a intervenção conjunta deste mecanismo com outros processos relaciona-se com a grande depressão que se desenvolve pelos 800 metros (fig. 4, local a), que analisaremos no ponto seguinte.

Quanto ao canhão de Lisboa, verifica-se que apenas possui uma pequena depressão (a 1500m de profundidade), e que parece relacionar-se com a existência de uma falha ou fractura provável. O talvegue deve aproveitar linhas de fraqueza do substrato, uma vez que parte do curso superior estabelece-se no prolongamento de uma falha

assinalada em terra, N160, e os vários troços que o constituem estão orientados segundo alguns acidentes tectónicos conhecidos na área continental próxima. O aumento do declive longitudinal, aproximadamente, aos 800 metros de profundidade, deve corresponder a uma escarpa de falha.

Convém no entanto salientar que existem outras depressões nos leitos destes canhões, nomeadamente para o de Cascais, que não parecem estar relacionadas com a tectónica. Apesar da forte inclinação longitudinal que favorece o transporte e a escavação do leito não encontramos evidências topográficas que nos sugerissem a existência de linhas de fraqueza transversais ao leito.

Neste canhão, as depressões apenas se assinalam a partir dos 2700m de profundidade, e algumas assumem dimensões importantes, como é o caso da depressão que existe aos 4400m de profundidade (Fig. 4, local c). Esta grande depressão possuiu uma parede quase vertical a montante, e o entalhe da sua base ultrapassa os 100 metros. No perfil, a depressão parece ser a base de uma catarata submarina, o que a ser verdade, constitui mais um processo explicativo da formação destas formas tão peculiares.

Num estudo de Mchugh *et al.*, (1993) sobre a morfologia dos canhões no talude de New Jersey, em que se utiliza o submersível Alvin para reconhecimentos de pormenor, relata-se a existência de depressões deste tipo. Os canhões dessa área entalham rochas carbonatadas, apresentam vales em U com paredes quase verticais e fundos lineares e planos; os vales possuem vários terraços inclinados e existe uma rede de tributários bem desenvolvida. Na generalidade desses canhões, as cabeceiras são formadas por rochas com diferente grau de resistência à erosão mecânica, calcários e argilitos (no fundo, o mesmo tipo de rochas que existem na área por nós estudada).

No leito desses canhões, junto das cabeceiras, os autores observaram depressões com profundidades compreendidas entre os 20 e os 70m que denominaram por *plunge-pools*. Estas *plunge-pools* são escavadas na base de vigorosas escarpas com 100 metros de altura e possuem uma geometria circular, que pode atingir 500m de largura, assumindo assim, uma morfologia que as assemelha às cataratas subaéreas.

Logo a jusante das depressões, constataram a existência de pequenas elevações (10 a 30m de altura), próximo da base de escarpas do vale (figura 6).

Para estes investigadores, as depressões resultam da actuação de processos erosivos, conjugados com as propriedades físicas do fundo em que haja alternância de estratos de rochas mais e menos resistentes.

Os mesmos autores adiantam que, em ambientes carbonatados e siliciclásticos, é frequente encontrar-se pequenas depressões (profundidades de 1 a 5 metros), mas que em locais constituídos por afloramentos argilosos, elas podem ser mais profundas, podendo atingir os 30 m.

Além da actuação de processos erosivos para explicar a formação de depressões no leito dos canhões também se conhecem casos em que a sua existência deve a processos de acumulação. Num trabalho exaustivo para vários canhões do Mediterrâneo e do Atlântico. Le

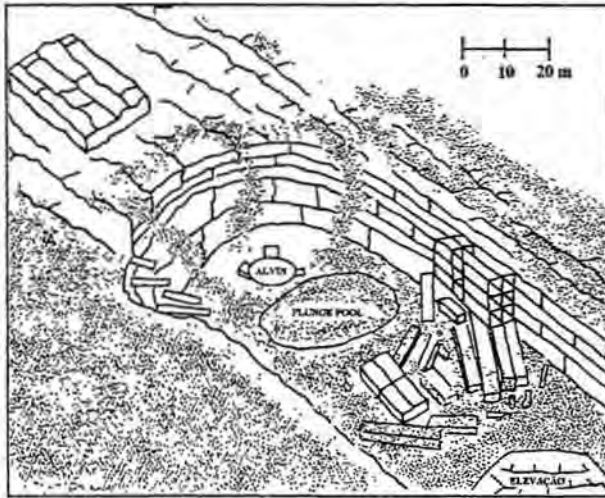


Fig. 6 - Esboço de uma depressão e elevação no fundo do cânhão de Hendrickson (segundo Mc. HUGH *et al.*, 1993).

Pichon & Renard (1982) demonstram que os fluxos turbidíticos podem construir barreiras ao longo do talvegue dos cânhões, em locais onde o perfil longitudinal se suaviza. O processo inicia-se quando grandes blocos tendem a acumular-se em segmentos do talvegue onde o declive diminui, podendo resultar daí a formação de barreiras transversalmente ao talvegue que serão progressivamente cobertas de sedimento, uma vez que funcionam como armadilhas dos detritos que fluem para jusante. Com o desenvolvimento destas barreiras, criam-se condições para que se forme uma área deprimida a montante que eles apelidaram de *splash-pool*.

Acreditamos que algumas das depressões evidenciadas pelos perfis longitudinais dos nossos cânhões reflectem a actuação dos processos acima referidos.

4.2 - As depressões no leito do cânhão de Setúbal

O cânhão de Setúbal, no curso superior, desenvolve um vale encaixado e pouco dissecado, gradualmente mais largo e com algumas vertentes escarpadas, como acontece em certas vertentes da margem sul (figura 7). Tem um curso meandrizado de fraca amplitude que se abre lateralmente em função do aproveitamento erosivo de acidentes tectónicos transversais (NW/SE). Estes acidentes explicam os ligeiros desvios que apresenta no seu traçado rectilíneo, orientado conforme a falha de Grândola (N120).

A primeira depressão tem uma forma quase circular e localiza-se na base de uma vertente íngreme, junto da cabeceira. A sua forma ligeiramente elíptica deve resultar da erosão provocada pela queda das areias que afluem à abrupta parede norte. Representa, assim, a base de uma catarata submarina que sofre uma forte erosão mecânica no fundo, provocada pela queda dos materiais do cimo, nomeadamente, aqueles que lhe poderão chegar transportados pela deriva litoral.

A segunda depressão acompanha o meandro que o cânhão descreve e alarga-se na margem côncava, antes do vale se estreitar. A localização desta depressão levamos, numa primeira análise, a classificá-la como uma depressão típica de meandro, que se manifesta principalmente pela subescavação do leito na margem côncava, mas outros factos contrariam esta hipótese única. A margem côncava não possui vertentes íngremes e a jusante é visível um abrupto estrangulamento do vale. Por isso, pensamos que para a formação desta depressão, podem contribuir dois processos: a subescavação da margem côncava e o estrangulamento do vale a jusante, muito bem evidenciado na carta batimétrica, e que poderá dever-se à existência de um escarpa talhada em rochas resistentes (Vanney & Mougnot, 1981). Este muro resistente oferecerá maior oposição à erosão provocada pelos fluxos turbidíticos que circulem pelo cânhão e dos contributos que provenham do cânhão de Sesimbra, a norte, provocando assim, um aumento da turbulência a montante, que escavará gradualmente o fundo do cânhão, nomeadamente, na margem côncava onde os movimentos turbilhonares serão mais intensos.

A terceira depressão apresenta dois fundões, constituindo a mais profunda e a maior forma deste tipo encontrada no leito do cânhão de Setúbal. Encontra-se num vale muito encaixado e rectilíneo, em que a vertente sul é formada por uma escarpa íngreme (declive médio de 70%), cujo desnível pode superar os 500m. Nesta vertente foram observados afloramentos rochosos em degrau durante os mergulhos do submersível FNRS III (Péres *et al.*, 1957). Dada a sua forma, o seu alongamento longitudinal, a assimetria do vale, a rígida escarpa a sul e as profundidades atingidas, pensamos que outros processos além dos que já foram citados devem actuar, uma vez que o vale é muito estreito, as vertentes não apresentam sinais de movimentos de massa, e imediatamente a jusante, o talvegue sofre uma ruptura de declive de 250m. Por estas razões talvez seja de considerar a hipótese da sufusão sugerida por Vanney & Mougnot (1981), encarando estas depressões como o resultado de abatimentos do leito por dissolução de massas evaporíticas que constituem o fundo. Shepard (1981) relata para o cânhão do Congo fenómenos deste tipo em que rochas evaporíticas, depois de ficarem expostas, sofrem dissolução salina, que depois é complementada pelos efeitos da erosão linear.

Face às ideias acima expostas, julgámos ser possível estabelecer uma tipologia provisória (quadro III), do tipo de depressões que podemos encontrar nos cânhões que estudamos, reforçando a ideia que a maioria destas depressões resultam da actuação conjunta de vários processos, com realce para a litologia, a estrutura e as condições hidrodinâmicas particulares que se fazem sentir de montante para jusante.

5 - EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

Directamente do nosso trabalho não resultam novos dados que permitam conceber um esquema explicativo da evolução paleogeográfica do cânhão. No entanto, como

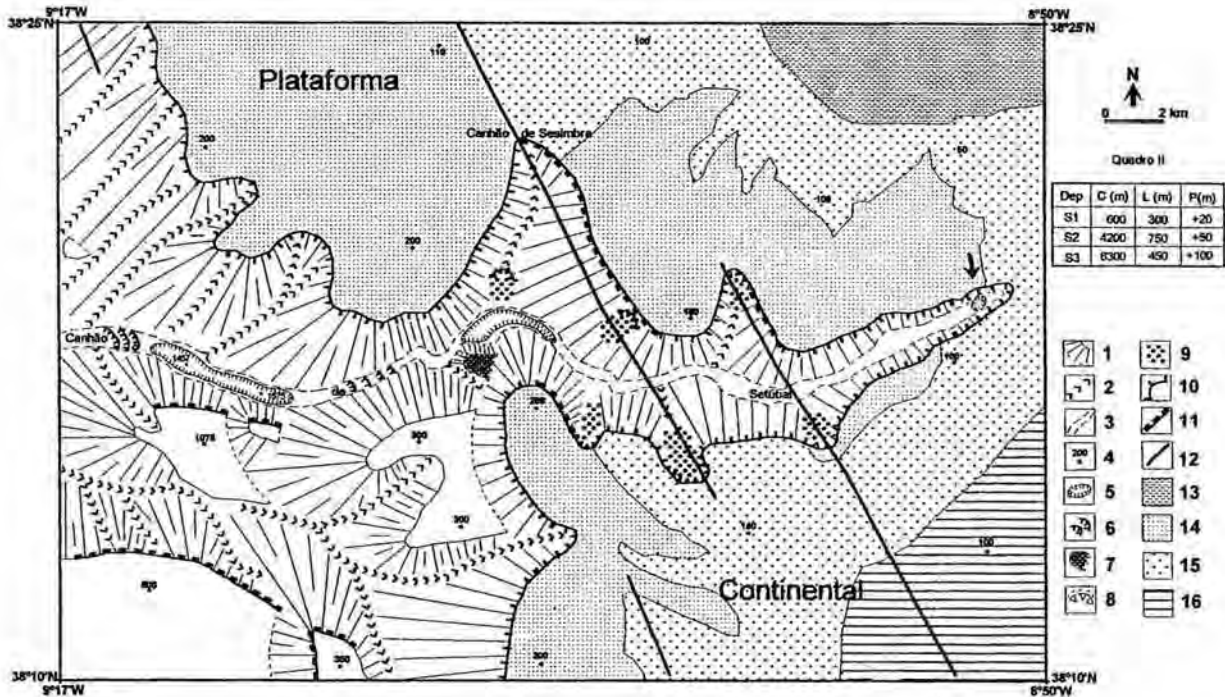


Fig. 7 - Esboço geomorfológico do curso superior do canhão de Setúbal. Legenda: 1 - alto, base de vertente e declive; 2 - ravina; 3 - leito do canhão; 4 - dado batimétrico; 5 - depressão no leito, 6 - ruptura de declive (cada segmento aprox. 50m); 7 - afloramento de rocha resistente; 8 - cicatriz de movimento de massa; 9 - provável movimento de massa; 10 - rebordo da plataforma continental; 11 - escarpa de falha; 12 - falha. Cobertura da plataforma continental; 13 - Holocénico; 14 - Quaternário; 15 - Pliocénico; 16 - Miocénico. As depressões são consideradas no quadro II de montante para jusante.

Quadro III - Síntese da tipologia das depressões batimétricas encontradas no leito dos canhões de Setúbal e de Cascais.

Morfologia	Processos responsáveis	Depressões
Depressões circulares e profundas que se localizam na base de escarpas íngremes. Assemelham-se a cataratas submarinas (<i>plunge-pools</i>).	1) a escavação da base de paredes íngremes pelo material projectado de cima. O fenómeno dá-se quando ocorre a alternância horizontal entre estratos mais e menos resistentes; 2) a dissolução do substrato carbonatado que constitui o leito.	S1
Depressões localizadas nos cotovelos de sinuosidades encaixadas. O comprimento e profundidade que podem ter é variável.	3) a subescavação da base da vertente da margem côncava de sinuosidades encaixadas; 4) estreitamento do vale pela presença de rochas resistentes; 5) a existência de barreiras de blocos dispostos transversalmente ao talvegue, criando depressões a montante, apelidadas de <i>splash-pools</i> .	S2
Depressões estreitas, alongadas longitudinalmente e com grande profundidade (+100m). Encontram-se em troços muito encaixados e rectilíneos.	6) a exploração de linhas de fragilidade no substrato pela erosão linear; 7) o colapso diapírico devido à dissolução salina do fundo.	S3

se nos foram sempre deparando perguntas do tipo; quando se formou e como evoluiu, julgámos ser útil enquadrar a evolução do canhão face às concepções que Mougenot (1989) propõe para a evolução desta área no final do Terciário. A interpretação da possível evolução do *gouf*, principalmente, os estados mais recentes, é proposta em função da presença de elementos morfológicos e litológicos, que permitem localizar alguns episódios fundamentais da sua génese. Desse modo a evolução do *gouf* de Setúbal pode ser sintetizada em três fases:

I) - O curso médio do *gouf* corresponde, provavelmente, a um corredor tectónico estabelecido ao longo da dobra principal da Arrábida, no Miocénico superior. O antigo canhão aproveitava este acidente para se estabelecer e recuar pelo talude continental. Este vale evacuava os produtos da superfície de erosão infratortoniana, e seria também alimentado por um antigo curso de água que circulava a este da Arrábida o qual recolheria no Miocénico, as águas de um pré-Sado e de um pré-Tejo (Mougenot, 1976; Coppier, 1982).

Neste período, a plataforma sofre uma subsidência e é coberta por deltas prográdantes para sul que ultrapassam a cabeceira do actual canhão de Setúbal, que na altura ainda não existia. Os aluviões que alimentavam estes deltas provinham das áreas soerguidas pela compressão miocénica, a cadeia da Arrábida, a montanha de Camões, o Maciço de Sintra e o planalto de Afonso de Albuquerque (Mougenot, 1989).

II) - Do Messianano ao Pleistocénico, numerosas oscilações eustáticas modificaram profundamente a paleogeografia da área, continuando a dar-se o recuo do canhão pelo talude e reunindo-se as condições para se formar o curso superior. Vários episódios de ravinamento sucedem-se na plataforma, ao ponto de constituírem um enredo complexo de paleovales. O traçado das ravinas, bem como o recuo das cabeceiras dos canhões (entenda-se Setúbal, Lisboa e Cascais), é controlado pelo rejogo de antigas falhas (alinhamento do Tejo, falha de Grândola) que estiveram activas desde o fim do Miocénico (fase de distensão).

III) - A última etapa corresponde ao recuo das cabeceiras do canhão pela plataforma continental. No coração da plataforma, o vale do canhão de Setúbal é inteiramente escavado no seio do Pliocénico, cujas camadas progradam para sul nas duas margens do canhão (Coppier & Mougenot, 1982). Deduz-se desta forma, que o entalhe actual não existiria no Pliocénico e que o recuo da cabeceira do canhão de Setúbal pela plataforma é, desse modo, um acontecimento quaternário.

O curso superior do canhão foi escavado depois do enchimento da rede de paleovales quaternários, dispostos em ramos afluentes na sua margem sententrional. Vanney & Mougenot (1981) pensam que, aquando das fases de

regressão marinha, os rios sobrecarregados de aluviões não teriam escavado a jusante da sua foz actual, mas teriam sim, acumulado e construído deltas submarinos. Os paleovales teriam sido escavados a jusante destes no rebordo dos canhões, pela circulação de sedimentos em excesso não fixados nos deltas. Aquando da subida posterior do mar, a redistribuição dos sedimentos, através de um regime marinho de menor energia, teria provocado o preenchimento das ravinas então formadas. Na regressão seguinte, a escavação de nova ravina podia fazer-se segundo o mesmo traço, daí a sua possível multiplicação (Daveau *et al.*, 1987).

Uma tal disposição implica que a sua formação resulte da alternância de fases de escavação e de acumulação, e de reinversões do regime sedimentar que intervêm ao ritmo das oscilações decrescentes da amplitude do nível marinho, como provam as diferentes fácies acústicas que o material de preenchimento apresenta (Mougenot, 1989).

Esta terceira fase compreende a forte erosão remontante que permitiu a formação do curso superior do canhão de Setúbal, até à intervenção de processos fluviais e litorais que actualmente mantêm os talwegues.

6 - CONCLUSÕES

A evolução do canhão submarino de Setúbal resulta do jogo estabelecido entre dois factores principais, a tectónica e a erosão provocada pela circulação sedimentar (correntes turbidíticas e outros fluxos).

O condicionamento tectónico imprimiu a sua influência sob dois aspectos: guiou as direcções que o canhão e seus tributários sucessivamente foram tomando à medida que recuavam as suas cabeceiras e facilitou o desgaste linear que a circulação sedimentar ia operando, definindo-lhe assim, traçados rígidos, rectilíneos ou em baioneta.

O desgaste erosivo foi muito eficaz, suficiente para originar um vale tão cavado no relevo submarino. A interpretação geomorfológica da batimetria sugere a actuação de alguns processos responsáveis pelo aprofundamento e alargamento do leito, principalmente para épocas mais recentes. A existência de depressões e rupturas de declive no leito revelam alguns processos morfogenéticos tais como erosão diferencial, dissolução salina, erosão linear intensa ao longo de fragilidades do substrato, subescavação das margens côncavas. Nas vertentes são evidentes os ravinamentos e alguns movimentos de massa.

As metodologias aplicadas para o estudo do relevo emerso podem ser muito frutuosas para interpretar o relevo submarino dada a semelhança de actuação dos mecanismos erosivos responsáveis pela sua diferenciação geomorfológica.

BIBLIOGRAFIA

- Araújo, A. (1985) - Linhas gerais de uma nova metodologia do estudo do litoral. *Rev. da Fac. Letras do Porto - Geografia*, I série, I: 75-87.
- Boillot, G.; Dupeuble, P. A.; Hennequin-Marchand, I.; Lamboy, M.; Lepetre, J. P. & Muselec, P. (1974) - Le rôle des décrochements "tardi-hercyniens" dans l'évolution structurale de la marge continentale et dans la localisation des grands canyons sous-marins à l'ouest et au nord de la Péninsule Ibérique. *Rev. Géograf. Phys. Géol. Dyn.*, 16: 75-86.
- Coppier, G. (1982) - Tectonique et sédimentation tertiaires sur la marge sud-portugaise. *Thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI*, 140p.
- Coppier, G. & Mougenot, D. (1982) - Stratigraphie sismique et évolution géologique des formations néogènes et quaternaires de la plate-forme continentale portugaise au sud de Lisbonne. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 24(3): 421-431.
- Daveau, S.; Lautensach, H. & Ribeiro, O. (1987) - *Geografia de Portugal*. Ed. Sá da Costa, vol. I, 335p.
- Feio, M. & Brito, R. S. (1950) - Les vallées de fracture dans le modelé granitique portugais. *C. R. Congrès Int. Geog.*, II: 254-262.
- Howard, A. D. (1967) - Drainage analysis in geological interpretation: a summation. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, vs1: 2246-2259.
- Le Pichon, X. & Renard, V. (1982) - Avalanching: a major process of erosion and transport in deep-sea canyons: evidence from submersible and multi-narrow beam surveys. In R. A. Scrutton and M. Talwani (eds), *The Ocean Floor* John Wiley & Sons Ltd, p. 113-128.
- McHugh, C.; Ryan, W. & Schreiber, C. (1993) - The role of diagenesis in exfoliation of submarine canyons. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 77(2):145-172.
- Monteiro, J. H. & Moita, I. (1971) - Morfologia e sedimentos da plataforma continental e vertente continental superior ao largo da península de Setúbal. *1^o Congres. Luso-Hisp-Amer. Geol. Econ.*, sec. 6, Madrid-Lisboa, p. 301-330.
- Mougenot, D. (1976) - Géologie du plateau continental portugais (entre le cap Carvoeiro et le cap de Sines). *Thèse 3ème cycle, Univ. Rennes*, 134 p.
- Mougenot, D. (1989) - *Geologia da Margem Portuguesa*, Inst. Hidrográfico, Lisboa, 262p.
- Mougenot, D.; Monteiro, J.H.; Dupeuble, P.A. & Malod, J.A. (1979) - La marge continentale sud-portugaise: évolution structurale et sédimentaire. *Ciências da Terra (UNL)*, 5: 223-246.
- Mougenot, D. & Vanney, J. R. (1990) - Le canyon de Nazaré (marge continentale portugaise) : contrôle tectonique de la morphogénèse, Réunion. Societ. Geol. France-Italie, *Oceans*, Villefranche, résumé, p. 75-76.
- Perès, J. M.; Picard, J. & Ruivo, M. (1957) - Résultats de la campagne de recherches du bathyscaphe F.N.R.S III organisée par le Centre National de la Recherche Scientifique sur les côtes du Portugal. *Bull. Inst. Oceanog.*, 1092: 1-31.
- Regnaud, H. (1987) - *Géomorphologie de la pente continentale du Portugal*. Dept. de Géographie de l'Université de Paris-Sorbonne, 15,141 p.
- Shepard, F. P. (1977) - Huge canyons that cut the continental slopes. *Geol. Oceanography*, Ch 10, p.159.
- Shepard, F. P. (1981) - Submarine canyons: Multiple causes and long-time persistence. *Amer. Assoc. Petrol. Geological. Bulletin.*, 65: 1062-1077.
- Stubblefield, W.; McGregor, B.; Forde, E.; Lambert, D. & Merrill, G. (1981) - Reconnaissance in DSRV ALVIN of a «fluvial-like» meander system of Wilmington canyon and slump features in south Wilmington canyon. *Geology*, 10: 31-36.
- Vanney, J. R. & Mougenot, D. (1981) - La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes, analyse géomorphologique, *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 28, 2 vol.
- Vanney, J. R. & Mougenot, D. (1990) - Un canyon sous-marin de type «gouf». Le canhão de Nazaré (Portugal). *Oceanologica Acta*, Montrouge, 13(1):1-14.