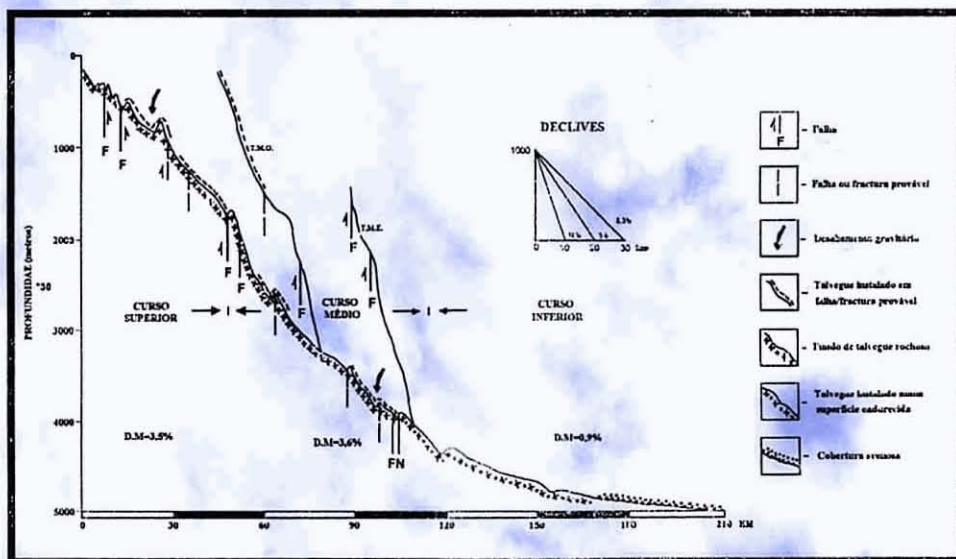


António Alberto Teixeira Gomes

## ANÁLISE MORFOLÓGICA DOS CANHÕES SUBMARINOS DA NAZARÉ E DE SETÚBAL



AVEIRO  
1996

## Resumo analítico

A margem continental portuguesa possui dois impressionantes canhões, frente à Nazaré e a Setúbal. A natureza isolada do seu traçado, as cabeceiras junto da linha de costa e a sua elevada extensão qualificam-nos como canhões do tipo *gouf*, semelhantes ao *gouf* do Cabo Bretão.

O nosso objectivo principal era o de avançar no conhecimento morfológico destes dois canhões, aproveitando os levantamentos batimétricos disponíveis e que ainda não foram sujeitos a análise morfológica pormenorizada. Para tal, recorremos a várias técnicas de análise da morfologia terrestre, já experimentadas no domínio submarino que nos permitissem interpretar e caracterizar a morfologia destes profundos entalhes da nossa margem.

Os resultados obtidos evidenciam as particularidades morfológicas destes canhões e reforçam a ideia do seu condicionamento tectónico, assim como, nos fornecem informações importantes, sobre a litologia e sobre a estrutura dos fundos submarinos analisados.

## Índice Geral

|   |    |
|---|----|
| <i>Agradecimentos</i>   | 4  |
| <i>Resumo analítico</i>   | 5  |
| <i>Índice Geral</i>   | 6  |
| <i>Índice das figuras</i>   | 8  |
| <b>1 - INTRODUÇÃO</b>   | 12 |
| 1.1 - <i>A originalidade dos canhões submarinos.</i>  | 12 |
| 1.2 - <i>Os canhões estudados.</i>  | 17 |
| 1.3 - <i>As fontes bibliográficas e documentais.</i>  | 18 |
| <b>2 - O conhecimento científico dos canhões da Nazaré e de Setúbal.</b>                                  | 23 |
| 2.1 - <i>A evolução do conhecimento.</i>  | 23 |
| 2.1.1 - <i>Os levantamentos batimétricos e as ideias suscitadas.</i>                                      | 23 |
| I - <i>Os primeiros levantamentos batimétricos, a plataforma e as cabeceiras dos canhões (1913-1938).</i> | 24 |
| II - <i>A plataforma, a margem continental e o domínio oceânico adjacente (1956-1981).</i>                | 30 |
| III - <i>A consolidação dos conhecimentos, morfologia, origem e evolução dos canhões (1982-...).</i>      | 36 |
| 2.1.2 - <i>A génese e evolução dos canhões no quadro da margem continental portuguesa.</i>                | 38 |
| - <i>Evolução da margem continental portuguesa.</i>   | 39 |
| - <i>Evolução do canhão da Nazaré.</i>  | 42 |
| - <i>Evolução do canhão de Setúbal.</i>   | 45 |
| 2.2 - <i>Síntese das características geomorfológicas.</i>   | 49 |
| - <i>Canhão da Nazaré.</i>  | 49 |
| - <i>Canhão de Setúbal.</i>   | 59 |

|  |            |
|--|------------|
| - <i>Dinâmica actual.</i>  | 64         |
| - <i>Correntes nos canhões submarinos.</i>   | 67         |
| <b>3 - A ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DE PORMENOR DOS GOUFS DA NAZARÉ E DE SETÚBAL.</b>              | <b>72</b>  |
| 3.1 - <i>Traços gerais da morfologia.</i>  | 72         |
| 3.1.1. - <i>Esboço hipsométrico.</i>   | 72         |
| 3.1.2. - <i>Esboço de declives.</i>  | 76         |
| 3.1.3. - <i>Perfis transversais.</i>   | 80         |
| 3.2. - <i>A rede de entalhes submarinos.</i>   | 84         |
| 3.2.1. - <i>Hierarquia, orientação e padrões de drenagem da rede de entalhes submarinos.</i>   | 84         |
| 3.2.2. - <i>O papel do controlo estrutural na topografia e na rede de entalhes submarinos.</i> | 89         |
| 3.2.3. - <i>Magnitudes da rede de entalhes submarinos.</i>                                     | 95         |
| 3.2.4. - <i>Intensidade da erosão cursitária (curvas de talvegue).</i>                         | 102        |
| <b>4. - As depressões do fundo dos canhões.</b>  | <b>107</b> |
| 4.1. - <i>Perfis longitudinais dos canhões e afluentes.</i>                                    | 107        |
| 4.2. - <i>A sua ocorrência noutros canhões.</i>  | 117        |
| 4.3. - <i>Tipologia genética das depressões nos goufs da Nazaré e de Setúbal.</i>              | 126        |
| a) <i>depressões batimétricas no curso superior dos canhões.</i>                               | 126        |
| b) <i>depressões batimétricas no curso médio dos canhões.</i>                                  | 130        |
| c) <i>depressões batimétricas no curso inferior dos canhões.</i>                               | 136        |
| d) <i>depressões batimétricas no curso médio e inferior do canhão de Cascais.</i>              | 138        |
| <b>5. - CONCLUSÕES</b>   | <b>141</b> |
| <b>6. - BIBLIOGRAFIA</b>   | <b>142</b> |

## Índice das figuras

- Figura 1 - *Cartas batimétricas simplificadas dos canhões do tipo "gouf" (extraído de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990): Cabo Bretão (Cb) segundo S. LALLEMAND et al, (1985); Nazaré (Na) segundo D. MOUGENOT (1989); Setúbal (Se) segundo D. MOUGENOT (1989); Cayar (Ca) segundo R. S. DIETZ et al, (1968); Trou-sans-fond (Tf) segundo L. DROZ et al, (1985); Congo (Co) segundo B. C. HEEZEN et al, (1964).* 14
- Figura 2 - *A) - localização dos goufs Atlânticos; B) - esquema representativo das particularidades de um gouf; as letras do esquema, são legendadas no texto que se segue (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990).* 15
- Figura 3 - *Carta batimétrica do canhão da Nazaré (segundo J. R. VANNEY e J. LEURIDAN, 1987). A rede de entalhes submarinos marcada na carta, bem como a divisão do canhão em três cursos, são da nossa responsabilidade.* 19
- Figura 4 - *Carta batimétrica da área dos três canhões, composta a partir das sondagens do Instituto Hidrográfico (plataforma continental), e do IFREMER (talude continental). A - planalto de Afonso de Albuquerque; C - canhão de Cascais; L - canhão de Lisboa; S - canhão de Setúbal.* 20
- Figura 5 - *Excerto da carta tectónica de C. FREIRE DE ANDRADE (1937) relativo à área dos canhões da Nazaré, Cascais, Lisboa e Setúbal.* 25
- Figura 6 - *Esboço sismo-tectónico de Lisboa e arredores (C. FREIRE DE ANDRADE, 1933).* 27
- Figura 7 - *Perfil longitudinal e transversais do Sado submarino (canhão de Setúbal), segundo J. BOURCART (1938).* 29
- Figura 8 - *Cartas batimétricas da parte superior, da margem portuguesa, frente aos canhões da Nazaré e de Setúbal (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981).* 32
- Figura 9 - *Os desligamentos e as falhas tardi-hercínicas da Península Ibérica (segundo J. R. PARGA, 1969), e a orientação dos principais canhões submarinos (segundo G. BOILLOT et al., 1974).* 34
- Figura 10 - *Carta geológica da plataforma continental junto do canhão da Nazaré (segundo G. BOILLOT et al., 1974).* 35
- Figura 11 - *Interpretação da plataforma continental e da bacia norte portuguesa, e os principais limites paleogeográficos (segundo G. BOILLOT et al., 1975).* 35
- Figura 12 - *Carta batimétrica do Nordeste do Atlântico (segundo S. LALLEMAND et al., 1985). Pfc- planície abissal da Ferradura; pg - planície abissal da Gasconha; pi - planície abissal Ibérica; pp - Planície abissal de Porcupine; pt - planície abissal do Tejo.* 37
- Figura 13 - *Evolução da margem continental portuguesa (segundo D. MOUGENOT, 1989). 1 - falha com direcção transformante; 2 - anomalia magnética; 3 - crista oceânica; 4 - limite oceano/continente; 5 - bacia subsidente; 6 - movimento relativo às fronteiras de placas; 7 - direcção e importância do movimento relativo, em relação à América supostamente fixa; 8 - forte descontinuidade no soco; 9 - desligamento; 10 - subducção, colisão ou sutura; 11 - cavalgamento intraplaca; 12 - zona deformada.* 40
- Figura 14 - *Regime compressivo no Quaternário, da margem portuguesa (segundo A. R. PEREIRA, 1992).* 42
- Figura 15 - *BLOCO I - evolução estrutural do canhão da Nazaré, no Neogénico (adaptado de D. MOUGENOT, 1989; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). Observa-se o crescimento centrífugo do vale, e a sua migração lateral, submetida aos efeitos contraditórios de desenvolvimento (para sul), da crista sedimentar, e a propagação (para norte), das deformações compressivas. A ponteados: fundo endurecido no eixo do vale (seta); círculos: crista sedimentar. BLOCO II (adaptado de H. REGNAULD, 1987) - evolução do alto curso (a), e da desembocadura abissal do canhão da Nazaré (b). Seta a cheio - movimento gravitatório ou tectónico; Seta a ponteados - trajecto dos fluxos turbidíticos.* 44
- Figura 16 - *As três etapas de evolução paleogeográfica, no Neogénico, da região de Lisboa (segundo G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982).* 47
- Figura 17 - *Esboço batimétrico do Canhão da Nazaré (segundo D. MOUGENOT, 1989). As letras A, B, C identificam os perfis sísmicos referenciados no texto. E. M. - canhão Egas Moniz, F. A. - Monte Freire de Andrade; S. P. - canhão de São Pedro.* 49
- Figura 18 - *Perfil longitudinal e perfis transversais do canhão da Nazaré* 50
- Figura 19 - *Bloco diagrama do curso superior do canhão da Nazaré (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981). 1 - soco (a: metamórfico; b: granítico); 2 - Jurássico (s: sal); 3 - Cretácico-Paleocénico; 4 - Neogénico-Pleistocénico. C. - costeira; D. - dunas; F. - flecha litoral; F. M. - arriba morta; F. S. - arriba fóssil submersa; M - lagoa; M. D. - monte derivado; P. S. - praia submarina; S. A. - superfície de aplanamento; F. - falha normal ou cavalgamento. As setas a cheio sobre a praia submarina, indicam a deriva litoral.* 51

- Figura 20 - Corte geológico esquemático, e perfil sísmico transversal (A), do curso superior do Canhão da Nazaré. AN - acidente da Nazaré; C - Cretácico; m - múltiplo do fundo; unidades sísmicas: 1A - Miocénico médio a Quaternário, 1B - Eocénico superior a Miocénico inferior, 2 - Cretácico Superior a Eocénico médio, S - soco acústico. \_\_\_\_\_ 52
- Figura 21 - - Situação estrutural do canhão da Nazaré (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). 1 - afloramento do soco hercínico; 2 - cobertura arenosa da desembocadura do canhão; 3 - nível endurecido, aparentemente, sobre o leito do canhão e sob a crista sedimentar (linha a tracejado); 4 - crista de evacuação turbidítica; 5 - falha normal, 6 - falha inversa; 7 - eixo de anticlinal; 8 - eixo de sinclinal, 9 - afloramento do soco acústico. BE - Ilha da Berlenga; FA - Ihas dos Farilhões; M2 - dragagem de argilas siltosas do Miocénico médio/superior. \_\_\_\_\_ 54
- Figura 22 - - Superfícies e formas de modelação no canhão da Nazaré (segundo H. REGNAULD, 1987). 1 - superfície desnivelada pela tectónica miocénica, 2 - topografia de erosão cursitária, 3 - vertente dissecada, com canais e ravinas; 4 - superfície de acumulação canalizada; 5 - vertente sujeita a deslizamentos; 6 - entalhe erosivo; 7 - entalhe estrutural; 8 - superfície de acumulação com erosão perto do rebordo da plataforma, 9 - superfície de erosão. CEM - Cadeias Egas Moniz; CGV - Crista Gil Vicente; CPD - Crista Pacheco Duarte; MFA - Monte Freire de Andrade. \_\_\_\_\_ 55
- Figura 23 - Perfil sísmico (B) do curso inferior (segundo D. MOUGENOT, 1989). O acidente da Nazaré (AN) cavalga para norte, face a uma superfície endurecida (Estampiano ?) coberta pela crista Gil Vicente. SE - superfície endurecida; 1A' - Neogénico; 1B - Paleogénico; 2 - Cretácico superior. \_\_\_\_\_ 56
- Figura 24 - Perfil sísmico do curso inferior (C), segundo D. MOUGENOT, (1989). CPD - Crista Pacheco Duarte; CGV - Crista Gil Vicente. 1A - Neogénico; 1B - Paleogénico; 2 - Cretácico superior. \_\_\_\_\_ 57
- Figura 25 - Carta Geológica da margem continental portuguesa, frente às embocaduras do Tejo e do Sado (segundo D. MOUGENOT, 1989). A - Planalto Afonso de Albuquerque; C - canhão de Cascais; L - canhão de Lisboa; S - canhão de Setúbal. \_\_\_\_\_ 59
- Figura 26 - Paleovale de Sesimbra: 1 - preenchimentos embutidos num paleovale atulhado; 2 - escarpa derivada de falha, numa série neogénica bem estratificada; 3 - talvegue do vale actual; 4, 5, 6 - ravinamentos anteriores (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981). \_\_\_\_\_ 60
- Figura 27 - Esboço batimétrico, da área dos três canhões (segundo D. MOUGENOT, 1989). A - Planalto Afonso de Albuquerque; C - canhão de Cascais; L - canhão de Lisboa; S - canhão de Setúbal. \_\_\_\_\_ 61
- Figura 28 - Perfil sísmico do curso superior do canhão de Setúbal (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981). 1 - entalhe do canhão em forma de garganta; 2 - movimento de massa ; 3 - paleovale afluente do canhão. \_\_\_\_\_ 62
- Figura 29 - Perfil sísmico do curso médio do canhão de Setúbal (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). \_\_\_\_\_ 63
- Figura 30 - - Interpretação morfológica das sonografias Gloria do Canhão da Nazaré (segundo H. REGNAULD, 1987). 1 - eixo das sonografias; 2 - bancada ou lóbulo de acumulação, o traço a cheio, é dirigido para jusante da vertente, 3 - escarpa ou vertente de erosão, o traço a cheio indica o rebordo; 4 - canal; 5 - cone de dejecção, 6 - nicho de descolamento, 7 - forma estrutural, escarpa de falha ou fossa de origem indeterminada; profundidade em quilómetros. \_\_\_\_\_ 65
- Figura 31 - - Perfil de sísmica de reflexão, sobre o curso médio do canhão de Setúbal (segundo G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982). Pode-se ver que o Serraviliano e o Tortonian transgressivos, são entalhados por várias gerações de paleovales. O Plio-Quaternário discordante sobre o Miocénico, é erodido por canais quaternários. \_\_\_\_\_ 66
- Figura 32 - Comparação da sequência de correntes up-and-down canyon, 3m acima do fundo, do canhão de Monterrey (Califórnia), a profundidades axiais de 357 e 384m. Para obter um ajustamento entre as duas estações, os dados da estação mais profunda, foram adiantados 84 minutos, para a direita facto que indica, que as ondas internas chegaram primeiro à estação mais profunda. \_\_\_\_\_ 69
- Figura 33 - Comparação entre a curva mareal, e as correntes up-and-down canyon, no canhão de Kaulakhi. Nota-se uma clara relação, entre as marés semidiurna e diurna. As ondas internas que originam correntes, movem-se para jusante, tendo em conta, a diferente relação da curva mareal e as correntes observadas em duas estações, no mesmo período temporal. \_\_\_\_\_ 70
- Figura 34 - Esboço hipsométrico da área do canhão da Nazaré (CN). CGV - Crista Gil Vicente, CPD - Crista Pacheco Duarte, CSP - canhão de São Pedro, MFA - Monte Freire de Andrade, VCh - Vale Choffat, TF - Terraço Fleury, VB - Vale da Berlenga. \_\_\_\_\_ 74
- Figura 35 - Esboço hipsométrico da área dos três canhões. CC - canhão de cascais, CL - canhão de Lisboa, CS - canhão de Setúbal, PAIb - Planalto de Albuquerque. \_\_\_\_\_ 75
- Figura 36 - Esboço de declives relativo à área do canhão da Nazaré . \_\_\_\_\_ 78
- Figura 37 - Esboço de declives relativo à área dos três canhões. \_\_\_\_\_ 79

|   |     |
|---|-----|
| Figura 38 - Perfis transversais do canhão da Nazaré. FN - falha da Nazaré; *5 - Sobre-elevação vertical.  | 80  |
| Figura 39 - Perfis transversais do canhão de Setúbal. *5 - Sobre-elevação vertical.   | 82  |
| Figura 40 - Hierarquia da rede de entalhes submarinos dos canhões da Nazaré e de São Pedro, segundo o sistema de A. N. STRAHLER (1988). 1 - troços de 1ª ordem; 2 - troços de 2ª ordem; 3 - troços de 3ª ordem; 4 - Troços de 4ª ordem; 5 - troços de 5ª ordem; 6 - entalhe pouco nítido, vale suspenso a montante. F - Terraço Fleury. | 87  |
| Figura 41 - Orientação da rede de entalhes  | 87  |
| Figura 42 - Hierarquia da rede de drenagem submarina dos canhões de Setúbal, Lisboa e Cascais, segundo o sistema de A. N. STRAHLER (1988). 1 - troços de 1ª ordem; 2 - troços de 2ª ordem; 3 - troços de 3ª ordem; 4 - Troços de 4ª ordem; 5 - entalhe pouco nítido, vale suspenso a montante; 6 - informação batimétrica insuficiente. | 90  |
| Figura 43 - Orientação da rede de entalhes submarinos da área dos três canhões.   | 90  |
| Figura 44 - Carta dos alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia para a área do canhão da Nazaré. As falhas, os cavalgamentos e a flexura representadas, baseiam-se nos trabalhos de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990).  | 92  |
| Figura 45 - Orientação dos alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia.   | 92  |
| Figura 46 - Carta dos alinhamentos estruturais e anomalias de drenagem evidenciados pela rede de entalhes.  | 92  |
| Figura 47 - Carta dos alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia para a área dos três canhões. As falhas, os cavalgamentos e a flexura representadas, baseiam-se nos trabalhos de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990).   | 94  |
| Figura 48 - Orientação dos alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia.   | 94  |
| Figura 49 - Carta dos alinhamentos estruturais e anomalias de drenagem evidenciados pela rede de entalhes da área dos três canhões.   | 94  |
| Figura 50 - Método utilizado no traçado das curvas de igual magnitude (segundo J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1973).  | 95  |
| Figura 51 - Carta de magnitudes da área do canhão da Nazaré. 1 - alinhamentos das curvas de magnitude que coincidem com falhas conhecidas; MFA - Monte Freire de Andrade; V. B. - Vale da Berlenga. Estão representadas na carta as isóbatas dos 200m e dos 4000m.  | 99  |
| Figura 52 - Carta de magnitudes da área dos três canhões. 1 - alinhamentos das curvas de magnitude que coincidem com falhas conhecidas. Estão representadas na carta as isóbatas dos 200m e dos 3000m.  | 101 |
| Figura 53 - Método utilizado para o traçado das curvas de talvegue  | 102 |
| Figura 54 - Carta das curvas de talvegue da área do canhão da Nazaré. 1 - vale inactivo, área onde a cobertura sedimentar recente está conservada; 2 - vale activo, área a erodir.  | 104 |
| Figura 55 - Carta das curvas de talvegue da área do canhão da Nazaré. 1 - vale inactivo, área onde a cobertura sedimentar recente está conservada; 2 - vale activo, área a erodir, 3 - informação batimétrica insuficiente.   | 106 |
| Figura 56 - Perfis longitudinais dos canhões estudados  | 110 |
| Figura 57 - Perfil longitudinal do canhão da Nazaré   | 112 |
| Figura 58 - Formação de uma depressão batimétrica na presença de uma caixa de falha no talvegue. T1 - talvegue pré-deprimido; T2 - talvegue erodido.  | 114 |
| Figura 59 - Perfil longitudinal dos três canhões  | 116 |
| Figura 60 - Perfis longitudinais de cinco canhões estudados por X. Le PICHON e V. RENARD (1982). As depressões estão identificadas pelas setas. 1- canhão de Matapan; 2- parte sul do canhão de Malta; 3- parte norte do canhão de Malta; 4- canhão de Stoechades, 5- canhão de Guilvinec   | 118 |
| Figura 61 - Mapa batimétrico do canhão de Stoechades, equidistância de 20m (segundo X. Le PICHON e V. RENARD, 1982). As linhas a tracejado identificam o canhão principal e os tributários. D <sub>1</sub> E D <sub>2</sub> - splash-pools.   | 119 |
| Figura 62 - Carta batimétrica de pormenor referente à depressão da figura anterior (segundo X. Le PICHON e V. RENARD, 1982).  | 120 |
| Figura 63 - Batimetria Seabeam do canhão de Hendrickson na margem continental de New Jersey (segundo McHUGH et al., 1993). As linhas a cheio indicam as pistas dos mergulhos 2175 e 2176 do submersível Alvin. m - elevação topográfica; PP - plunge pool.  | 122 |
| Figura 64 - Esboço de uma depressão e elevação do fundo do canhão de Hendrickson (segundo Mc. HUGH et al., 1993). A sua geometria e localização sugerem que a sua formação é, fundamentalmente, controlada pelo fluxo de sedimentos de elevada energia.   | 124 |
| Figura 65 - Esboço geomorfológico do curso superior do canhão da Nazaré.  | 127 |
| Figura 66 - Legenda dos esboços geomorfológicos: 1 - leito do canhão; 2 - ravina tributária; 3 - depressão no leito; 4 - ruptura de declive no talvegue, a - <100m, b - 100 a 200m, c - >200m; 5 - rebordo da   |     |

plataforma, 6 - topo de vertente e declive 7 - superfície aplanada; 8 - derivas litorais; 9 - banco submarino; 10 - falha; 11 - bancada de rocha resistente; 12 - cicatriz de deslizamento; 13 - deslizamentos; 14 - superfície endurecida. \_\_\_\_\_ 127

Figura 67 - Esboço geomorfológico do curso superior do canhão de Setúbal. \_\_\_\_\_ 129

Figura 68 - Esboço geomorfológico do curso médio do canhão da Nazaré \_\_\_\_\_ 132

Figura 69 - Esboço geomorfológico do curso médio do canhão de Setúbal \_\_\_\_\_ 134

Figura 70 - Esboço geomorfológico do curso médio/ inferior do canhão da Nazaré \_\_\_\_\_ 135

Figura 71 - Esboço geomorfológico do curso inferior do canhão da Nazaré \_\_\_\_\_ 137

Figura 72 - Esboço Geomorfológico do curso médio do canhão de Cascais. \_\_\_\_\_ 138



# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 - A originalidade dos canhões submarinos.

“... os canhões submarinos, são criados por forças tectónicas ou rios afundados, moldados e mantidos vivos pelas marés, e percorridos por correntes de turbidez intermitentes, especialmente, quando largas quantidades de sedimentos, afluem às cabeceiras dos seu sistema.”

Bruce Heezen (1964)

Com o desenvolvimento do estudo do relevo submarino, foi-se constatando a existência de vários tipos de canhões submarinos, à semelhança do que acontece com os canhões emersos. Nestes, o termo “canhão”, é utilizado para designar um tipo específico de vale, geralmente estreito e de paredes abruptas, com vertentes complexas e íngremes, marcadas por múltiplas cornijas, formando quase sempre, expressivas gargantas. Caracterizam-se também, pela raridade de confluências, por apresentarem um traçado anguloso, ligado às principais direcções de fracturação, e comportar, por vezes, meandros encaixados (P. GEORGE, 1974; A. FOUCALT e J. F. RAOULT, 1980). No caso submarino, o termo é empregue frequentemente, para designar vales profundos e abruptos, no entanto, estas estruturas apresentam algumas diferenças, quer na sua morfologia, quer na sua génese.

Os canhões submarinos, podem-se encontrar em ambientes geológicos muito diversos. Existem em vários tipos de taludes e de plataformas continentais, em margens passivas ou activas, em áreas subsidentes ou emergentes, assim como podem estar associados a deltas, a estuários, e aparecerem inclusive em mares fechados, como é o caso do Mediterrâneo, onde formam profundos sulcos na topografia submarina. Refira-se também, que muitos canhões estão ligados à foz de grandes rios, como acontece nos rios Mississipi, Congo, Ganges, Indo, mas muitos deles, não tem relação nenhuma com sistemas fluviais terrestres.

Uma tendência errada, presente em muitos estudos sobre vales submarinos, é a de aplicar o termo canhão indiscriminadamente, para designar qualquer tipo de vale submarino (F. P. SHEPARD, 1965). Por isso, alguns autores (P. H. KUENEM, 1953; SHEPARD, 1965; J. P. PINOT, 1970; J.R. VANNEY, 1973; C.A. KING, 1974) foram propondo sistemas classificativos que permitissem a sua distinção, baseando-se principalmente, na morfologia que os vales apresentavam. Adoptaremos para o nosso trabalho, e para clarificação do conceito de canhão submarino, a classificação elaborada por F. P. SHEPARD e R. F. DILL (1966), associando-lhe o subgrupo dos canhões do tipo “*gouf*”. Escolhemos esta classificação, porque resultou do trabalho mais vasto e comparativo sobre o assunto, e também, por ser do autor

que mais se dedicou ao estudo destas formas submarinas, em todas as suas componentes. Segundo esta classificação, podem-se distinguir oito tipos de vales submarinos, e dada a diversidade de formas, que podemos encontrar no tipo, “canhão submarino”, este deve ser dividido em quatro subtipos, conforme está exposto no Quadro I.

Quadro I - Os diferentes tipos de vales submarinos segundo F. P. SHEPARD e R. F. DILL (1966).

| Tipo  | Características  | Exemplos  |
|---|--|---|
| <b>1 - Canhão submarino</b>                   | <p>Profundas gargantas submarinas, que entalham o talude continental, e por vezes, a plataforma. Têm um elevado declive longitudinal, perfil em V, com paredes rochosas, altas e íngremes. Apresentam um curso sinuoso, e podem ter ravinas tributárias. São formas de erosão, e a sua origem está associada a fenómenos tectónicos, estruturais, e à oscilação do nível marinho. Podem-se distinguir quatro subtipos:</p> <p>a) - Gargantas abruptas e pouco extensas, que entalham o talude continental, e que possuem as cabeceiras, junto do rebordo da plataforma continental;</p> <p>b) - Vales profundos e estreitos, que se estendem pela plataforma e talude continental, e que possuem as suas cabeceiras, junto da foz de um grande rio;</p> <p>c) - Vales semelhantes aos anteriores, mas com traçado dendrítico na secção superior, e com as cabeceiras profundamente entalhadas, no rebordo da plataforma continental;</p> <p>d) - Vales extensos (+ de 150 km) e profundamente encaixados no talude e plataforma continental. São incisões isoladas, com poucos tributários, e com as cabeceiras escavadas, até muito próximo da linha de costa. Estão na maioria dos casos associados a importantes acidentes tectónicos. São denominados por canhões do tipo “<i>gouf</i>”.</p> | <p>Canhões da costa leste dos EUA, canhões do Mediterrâneo;</p> <p>Canhões do Mississipi, do Indo, do Ganges, do Hudson;</p> <p>Canhões da costa sul da Califórnia;</p> <p>Cabo Bretão (França), Nazaré e Setúbal (Portugal), Congo (Zaire), Trou-sans-fond (C. Marfim), Cayar (Senegal).</p> |
| <b>2 - Vales do leque submarino</b>           | <p>Canais que sulcam os grandes leques submarinos, associados à parte terminal dos grandes vales submarinos. Apresentam perfil em v ou em gamela, e as paredes podem ser íngremes, mas não são rochosas nem altas. Têm distributários, podem ser sinuosos, e geralmente as margens, são formadas por diques sedimentares.</p>  | <p>Surgem na parte terminal, da maioria dos grandes vales submarinos (Congo, Amazonas).</p>   |
| <b>3 - Vales da plataforma</b>                | <p>Estendem-se pela plataforma continental, e geralmente não ultrapassam os 180m de profundidade. Por vezes, podem apresentar pequenas depressões ao longo do seu curso.</p>   | <p>Existem um pouco por todas as plataformas continentais.</p>  |
| <b>4 - Gargantas glaciárias</b>               | <p>Vales em forma de gamela, com origem glaciária que excedem geralmente, os 180m de profundidade, e que apresentam regularmente, largas depressões ao longo do seu curso. Têm tributários e distributários.</p>   | <p>Costas sujeitas à acção de glaciares, vale do S. Lourenço (Canadá).</p>  |
| <b>5 - Vales em gamela na frente deltaica</b> | <p>Vales em forma de gamela associados a deltas. Raramente apresentam tributários, e não se encontram em afloramentos de rochas muito consolidadas.</p>  | <p>Deltas do Mississipi, Níger, Indo e Ganges.</p>  |
| <b>6 - Ravinas do talude</b>                  | <p>Pequenos vales descontínuos, situados em zonas de talude estreito e íngreme. Carecem de tributários, e estão associados a escarpas de falha submarinas, ou a frentes deltaicas.</p>   | <p>Zonas de talude estreito e íngreme (frente deltaica do Mississipi).</p>  |
| <b>7 - Vales de falha</b>                     | <p>Associados a zonas tectonicamente activas. São vales estreitos, com poucos tributários, e que estão relacionados com direcções estruturais ou falhas conhecidas, assemelhando-se a grabens ou rifts.</p>  | <p>San Clemente (Califórnia), Ilhas Aleutas.</p>  |
| <b>8 - Canais dos fundos marinhos</b>         | <p>Encontram-se nas grandes profundidades marinhas, possuem o vale em forma de gamela, com paredes pouco elevadas e reduzido número de tributários. Alguns vales, são paralelos à margem continental, podendo também, constituir o prolongamento de leques submarinos.</p>   | <p>Planícies abissais do Atlântico médio.</p>   |

Esta classificação não é rígida, e por vezes, podemos deparar com vales submarinos, que possuem características próximas de dois ou mais grupos. No essencial, faz-se uma distinção morfológica, mas também se entra em linha de conta, com o agente que o origina, no entanto, a origem nem sempre é bem conhecida, o agente causador pode já não actuar, e a carência de dados, apenas permite formular hipóteses gerais, sobre a sua formação. Esta incerteza dificulta, por vezes, a diferenciação destes vales submarinos, como acontece na distinção entre as ravinas do talude, e os vales em gamela na frente deltaica, que possuem características morfológicas semelhantes. Mas apesar disso, a classificação ajuda-nos a distinguir os canhões, de outros vales submarinos, bem como, a diferenciar a fisionomia dos canhões, nomeadamente, a dos “*goufs*”, que são o nosso objecto de estudo, e que possuem um conjunto de características diferentes dos demais.

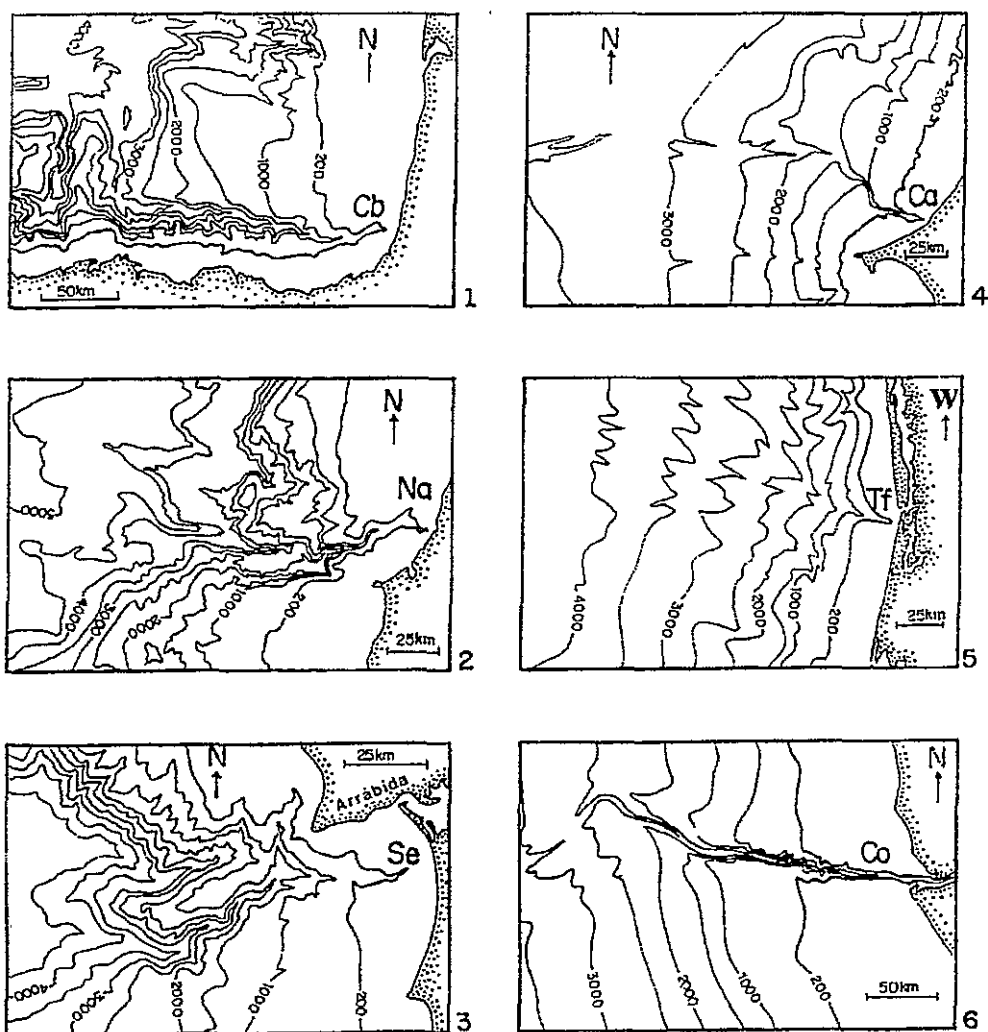


Figura 1 - Cartas batimétricas simplificadas dos canhões do tipo “*gouf*” (extraído de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990): Cabo Bretão (Cb) segundo S. LALLEMAND *et al*, (1985); Nazaré (Na) segundo D. MOUGENOT (1989); Setúbal (Se) segundo D. MOUGENOT (1989); Cayar (Ca) segundo R. S. DIETZ *et al*, (1968); Trou-sans-fond (Tf) segundo L. DROZ *et al*, (1985); Congo (Co) segundo B. C. HEEZEN *et al*, (1964).

De entre os canhões submarinos, os de tipo *gouf*, constituem o conjunto menos numeroso e mais intrigante (F. SHEPARD, 1965; F. SHEPARD e R.F. DILL 1966; J. P. PINOT, 1970; J. R. VANNEY, 1973). A posição estranha das suas cabeceiras, muito junto da costa (figura 1), sempre suscitou a curiosidade de vários investigadores (principalmente, geógrafos e geólogos), facto que permitiu a formulação de várias explicações, para a sua origem e manutenção.

Somente reconhecidos nas margens orientais do Atlântico (figura 2), desde o Golfo da Gasconha ao Golfo da Guiné, devem o seu nome ao profundo entalhe, que afecta o Golfo da Gasconha, o *gouf* do Cabo Bretão. Conhecido desde muito cedo, este canhão foi objecto de apuradas investigações que mostraram a sua originalidade, nomeadamente batimétrica, face a outros canhões submarinos (J. BOUCART, 1938; A. DAUVILLIER, 1961; L. BERTHOIS e R. BRENOT, 1962; W. NESTEROFF, 1968).

Segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990), estes canhões submarinos, são o melhor exemplo, de um corpo morfológico adaptado à função planetária de grande evacuador de sedimentos, uma vez que, são os únicos a estabelecer uma relação directa, entre a costa e as profundidades abissais.

Os canhões submarinos do tipo *gouf*, distinguem-se pela associação das seguintes características (figura 2 e quadro II):

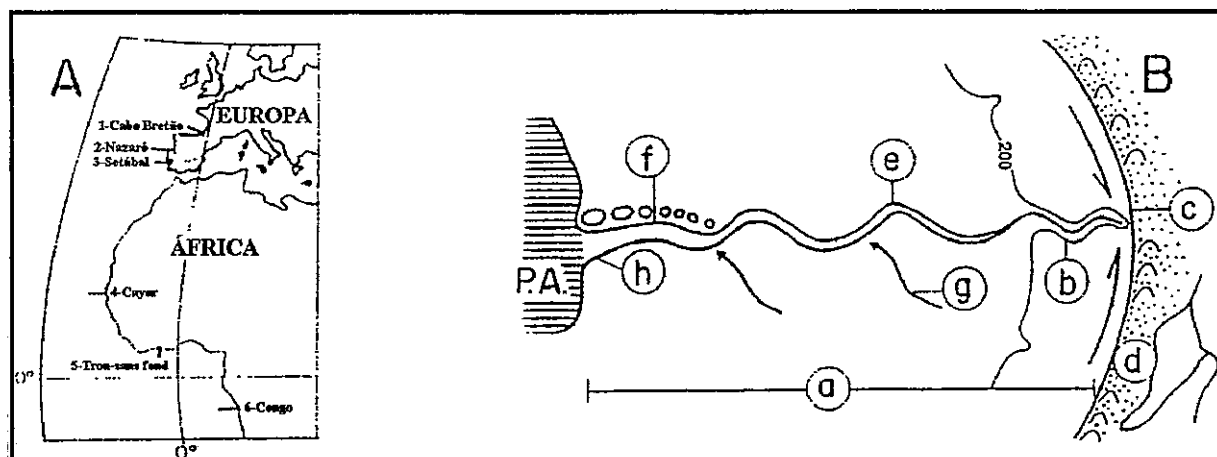


Figura 2 - A) - localização dos goufs Atlânticos; B) - esquema representativo das particularidades de um *gouf*; as letras do esquema, são legendadas no texto que se segue (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990).

a) grande extensão (mais de 200 km), e fraco declive longitudinal (entre 1 e 2%);

b) um trajecto solitário de várias dezenas de quilómetros, por quase toda a plataforma continental;

c) uma cabeceira isolada e profunda, escavada na vizinhança da linha de costa, no local onde se realiza, a convergência de derivas litorais;

d) ter adjacente à cabeceira, uma costa baixa e côncava, geralmente aluvionar ou dunar;

e) um leito sinuoso, modelado pelas areias transportadas pelas derivas litorais;

f) um curso final, ladeado de acumulações sedimentares, geralmente dissimétricas;

g) curtas ravinas que formam raros tributários;

h) uma passagem insensível para a planície abissal, que se faz na maioria dos casos, sem intermédio de um leque submarino profundo, elemento que geralmente se encontra, na saída de canhões, escavados por grandes rios.

**Quadro II - Características morfométricas dos canhões do tipo *gouf* (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990).**

| Nome                               | Extensão (km) | Declive médio (%) | Declive máximo (%) | Distância Cabeceira-Linha costa (km) | Profundidade da cabeceira (m) | Profundidade terminal (m) | Tipo de costa       | Largura da plataforma continental (km) |
|------------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------|--|
| Cabo Bretão (França)               | 230           | 1,6               | 7                  | 0.4                                  | 100                           | 4000                      | baixa e dunar       | 50                                     |
| Nazaré (Portugal)                  | 227           | 2,2               | 8,2                | 0.3                                  | 50                            | 5000                      | baixa e dunar       | 35                                     |
| Setúbal (Portugal)                 | 150           | 2                 | 15                 | 5                                    | 70                            | 3800*                     | aluvial e estuarina | 15                                     |
| Cayar (Senegal)                    | 200           | 1,6               | 10                 | 0.2                                  | <50                           | 4500                      | baixa e dunar       | 10                                     |
| Trou - Sans - Fond (Côte-d'Ivoire) | 200           | 2,1               | 12                 | 0.2                                  | 50                            | 4300                      | baixa e lagunar     | 20                                     |
| Congo (Zaire-Angola)               | 420           | 1                 | 15                 | cabeceira no estuário                | >500 saída estuário           | 4000                      | baixa e estuarina   | 55                                     |

\* 4500 segundo as batimetrias mais recentes.

A partir do exame comparativo dos *goufs*, pode-se destacar algumas características gerais, que permitem definir o seu lugar, na morfogénese submarina (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990):

1) os *goufs* são repostas morfológicas a duas causas dominantes: à estrutura, como é o caso dos *goufs* europeus, que se localizam no prolongamento de grandes acidentes tectónicos, reconhecidos no continente (G. BOILLOT *et al.*, 1974); e à excessiva acumulação sedimentar costeira, suficiente para alimentar uma erosão marinha possante (R.S. DIETZ *et al.*, 1968; F. P. SHEPARD *et al.*, 1973), como acontece nos *goufs* africanos;

2) os *goufs* expressam a actuação de processos enérgicos, até se atingir a sua forma actual. Têm uma evolução que por vezes, é difícil de estabelecer (dada a escassez de dados sobre alguns), e mantêm uma relação contínua, entre as áreas litorais e abissais (B. C. HEEZEN *et al.*, 1964).

3) o trabalho de erosão submarina, foi complementado ao longo do tempo, pelos contributos litorais e fluviais, que se intensificaram durante as grandes oscilações do nível do mar, como acontece no canhão do Congo, em que a cabeceira, se situa na embocadura do rio que lhe dá o nome. Contrariamente a este canhão, a participação dos agentes fluviais, na modelação do canhão da Nazaré foi inexistente, e por isso, não será aceitável a distinção, entre *goufs* fluviais e não fluviais.

4) Os *goufs* tenderão a ajustar a sua forma, ao exercício óptimo da função transportadora. A sua morfologia ideal, será a de uma calcira o menos sinuosa possível, como acontece nos *goufs* africanos, dos quais o Congo é o melhor exemplo. Comparativamente, os canhões da Nazaré e de Setúbal, que possuem os meandros aprisionados, nos cursos superior e médio, ainda não atingiram um tal grau de desenvolvimento.

## 1.2 - Os canhões estudados

A margem portuguesa, é uma das melhores conhecidas do mundo (J. M. A. DIAS e A. R. PEREIRA, 1992), fruto do trabalho de investigadores nacionais e estrangeiros. Um dos elementos mais marcantes da sua morfologia, são os dois impressionantes canhões, que existem frente à Nazaré e a Setúbal. Conhecidos pelo menos, desde o início do século (Cartas Litológicas e Submarinas dos Fundos de Portugal, 1921-1940), sempre despertaram a curiosidade dos investigadores “marinhos” e “terrestres”, pois de imediato, se percebeu o seu forte relacionamento, com os fenómenos geológicos continentais.

O nosso trabalho pretende ser mais um contributo para o conhecimento morfológico destes canhões, baseando-se na aplicação e experimentação, de técnicas de pesquisa morfológica, que permitem uma interpretação dos fundos submarinos, uma vez que, estas estruturas ainda encerram vários aspectos morfológicos, que só conhecemos de forma geral.

Para além do estudo destes dois canhões, o nosso trabalho estendeu-se a outros canhões, caso do canhão de Lisboa, de Cascais e do canhão de São Pedro. Este alargamento do estudo deve-se aos seguintes motivos:

- estes canhões, localizam-se nas proximidades dos *goufs* da Nazaré e de Setúbal; o canhão de Lisboa é inclusivamente, um tributário do canhão de Setúbal;

- as características radicalmente diferentes, destes pequenos canhões, realçam as originalidade dos *goufs* que estudámos;

- a evolução dos *goufs* não foi, e não é independente, dos canhões próximos, na realidade o que eles possuem, é uma determinada especificidade.

- os dados batimétricas que utilizámos (sondagens do tipo multifeixe) incluem estes canhões.

A cartografia disponível para alguns *goufs*, é ainda sumária e parcial (figura 1), já que resulta de sondagens baseadas na reflexão sísmica simples (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). Destacam-se por isso, os *goufs* portugueses, por terem sido objecto de uma cartografia de precisão, efectuada por investigadores franceses, aliada a vários trabalhos directa ou indirectamente, relacionados com estas estruturas morfológicas, dos quais salientámos:

- a sondagem multifeixe *Sea-Beam*, de todo o canhão da Nazaré (aprox. 2500km de levantamentos efectuados em 1982 e 1983; GROUPE TRANSMARGE, 1982);

- as sondagens convencionais muito densas, da parte superior dos dois canhões, realizadas pelo Instituto Hidrográfico;

- os perfis de reflexão sísmica (+ de 3000km) sobre a margem portuguesa, realizados entre 1971 e 1982 (P. MUSELLEC, 1974; G. BOILLOT *et al.*, 1975a,b; G. COPPIER, 1982; D. MOUGENOT, 1989);

- os perfis de sondagem lateral do Glória, sobre a margem portuguesa (J. GARDNER e R. KIDD, 1987).

### **1.3. - As fontes bibliográficas e documentais.**

O nosso trabalho, baseia-se na exploração morfológica de dois documentos batimétricos, sensivelmente, com o mesmo grau de precisão:

- a Carta Batimétrica do Canhão da Nazaré, da autoria de J. R. VANNEY e J. LEURIDAN (1987), publicada pelo Instituto Hidrográfico em 1988 (figura 3);

- uma carta batimétrica composta por nós, da área referente aos canhões de Lisboa, Cascais e Setúbal (figura 4), que resultou da junção, de uma carta batimétrica do Instituto Hidrográfico, referente à plataforma e seu rebordo, e de um esboço batimétrico do talude continental, realizado pelo IFREMER.

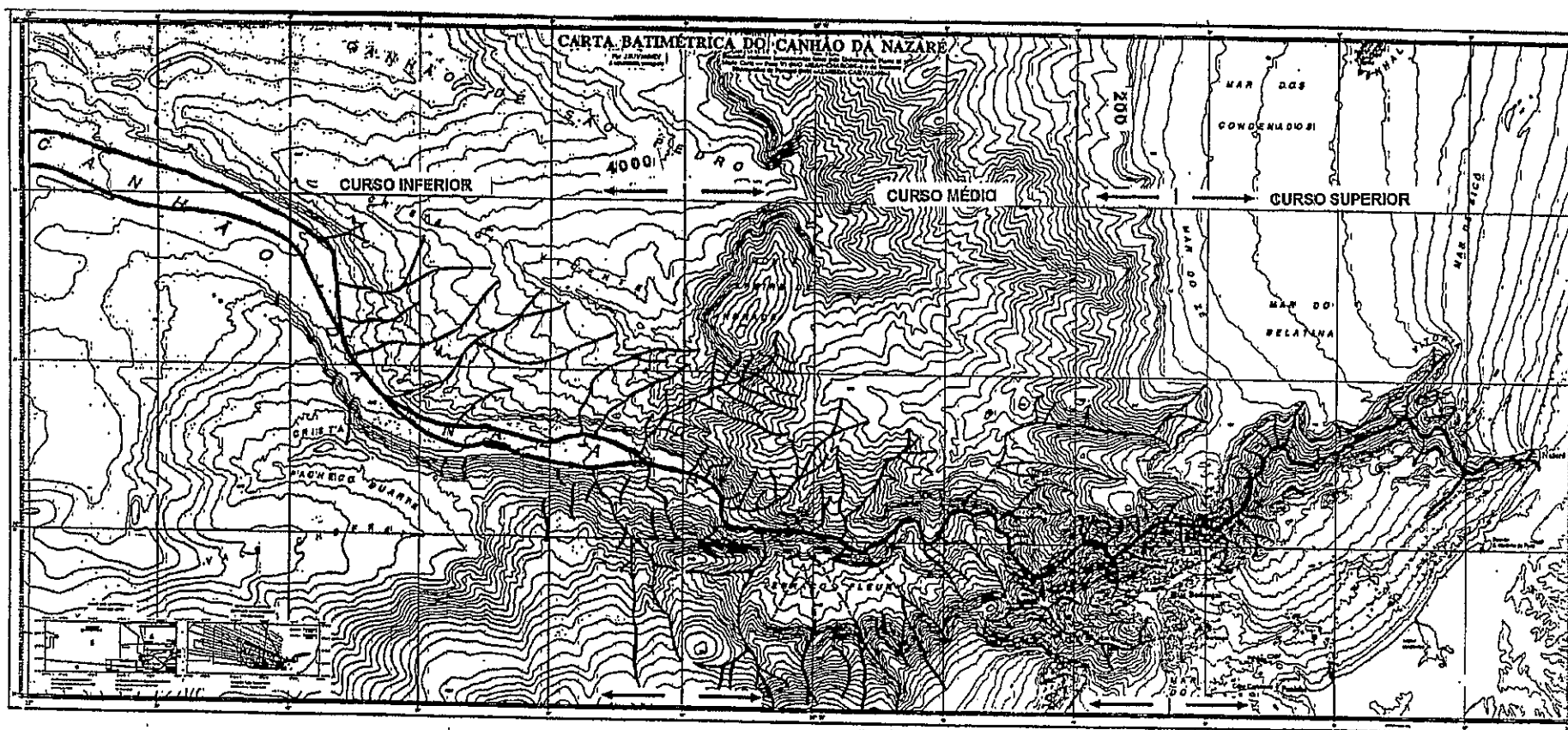


Figura 3 - Carta batimétrica do canhão da Nazaré (segundo J. R. VANNEY e J. LEURIDAN, 1987). A rede de entalhes submarinos marcada na carta, bem como a divisão do canhão em três cursos, são da nossa responsabilidade.



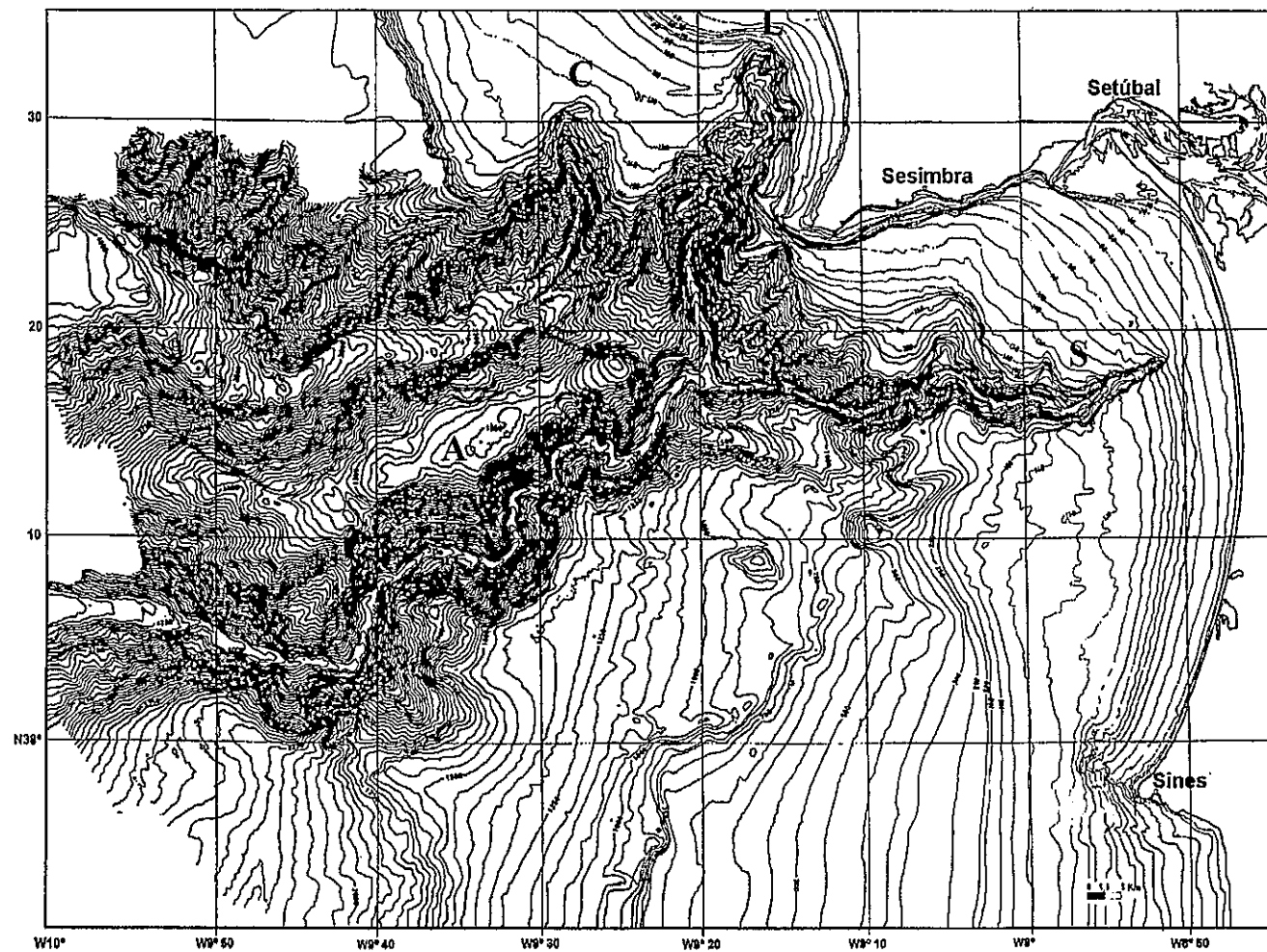


Figura 4 - Carta batimétrica da área dos três canhões, composta a partir das sondagens do Instituto Hidrográfico (plataforma continental), e do IFREMER (talude continental). A - planalto de Afonso de Albuquerque; C - canhão de Cascais; L - canhão de Lisboa; S - canhão de Setúbal.

Ambas as cartas, são elaboradas a partir de sondagens, realizadas com sistemas de reflexão sísmica multifeixe (*Sea-Beam*), salvo, a parte referente à plataforma continental, ao largo de Lisboa e Setúbal, que foi obtida por reflexão sísmica simples, e por outro tipo de sondagens convencionais, reportando-se no entanto, a uma rede de sondagens muito densa.

A carta batimétrica do canhão de Setúbal, apresenta algumas lacunas na sondagem multifeixe, na área do talude continental (sectores NW, W e SW). Se completássemos esta carta, com outros levantamentos menos precisos, que se encontram publicados (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981; H. REGNAULD, 1987; D. MOUGENOT, 1989) o grau de precisão que se iria obter era diferente, pelo que, decidimos não estender a carta batimétrica, às áreas que não foram cobertas pela sondagem, uma vez que os resultados que podíamos obter, ao aplicar as técnicas de análise morfológica, não partiriam de uma base igual. Apenas negligenciamos este princípio, quando verificamos que a técnica que estávamos a utilizar, para a interpretação morfológica, não era muito afectada, se lhe juntássemos a informação batimétrica complementar.

Relativamente às fontes bibliográficas, dedicadas exclusivamente aos dois canhões, elas não são muito abundantes (apenas temos o trabalho, já muito antigo, de C. FREIRE de ANDRADE, 1937, e o trabalho recente de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990), apesar da margem continental portuguesa estar muito estudada, comparativamente a outras.

O conhecimento ainda se pauta pelos grandes temas gerais, e dado que os canhões são acidentes particulares, o seu estudo pormenorizado, ainda estará numa fase inicial. No entanto, dada a importância que eles assumem, na explicação da evolução, na compartimentação, e na morfologia da margem, muitos são os autores, que acabam por lhes dedicar, uma parte dos seus trabalhos. Talvez por isso, já se conheça com algum pormenor, a sua morfologia e génese.

Os trabalhos mais exaustivos sobre o tema, e que serviram de base à realização do nosso trabalho, uma vez que contêm os dados e interpretações mais recentes (e mais consolidadas), sobre o assunto estão discriminados no Quadro III.

Quadro III - Síntese das obras de referência utilizadas no trabalho.

| Ano  | Autor                           | Título   | Descrição sumária  |
|------|---------------------------------|--|--|
| 1974 | BOILLOT <i>et al.</i>           | Le rôle des décrochements "tardihercyniens" 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 | Demonstração do controlo tectónico nos canhões, que entalham a margem atlântica da Península Ibérica   |
| 1981 | VANNEY, J. R e MOUGENOT, D.     | La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes  | Descrição batimétrica pormenorizada, da plataforma continental.<br>Análise morfológica pormenorizada, da plataforma continental.<br>Análise morfológica da parte superior dos canhões submarinos.<br>Síntese da evolução da plataforma continental.  |
| 1982 | COPPIER, G. e MOUGENOT, D.      | Stratigraphie sismique et évolution géologique des formations néogènes et quaternaires de la plate-forme continentale portugaise au Sud de Lisbonne.   | Carta batimétrica dos canhões de Setúbal, Lisboa e Cascais.<br>Síntese da evolução da plataforma, ao sul de Lisboa, e o seu relacionamento com os canhões da área.   |
| 1982 | GROUPE TRANSMARGE               | Levé bathymétrique de précision, à l'aide du senseur multifaisceaux Sea Beam, du canyon de Nazaré (marge continentale du Portugal).  | Carta batimétrica, baseada em sondagem multifeixe, do canhão da Nazaré.<br>Análise morfológica sucinta, do canhão da Nazaré.   |
| 1987 | DIAS, J. M. A.                  | Dinâmica sedimentar e evolução recente da plataforma continental setentrional.   | Síntese da evolução do conhecimento da plataforma continental.<br>Análise da distribuição dos sedimentos da plataforma continental, ao norte do canhão da Nazaré.<br>Evolução recente da plataforma continental, a norte do canhão da Nazaré.  |
| 1987 | REGNAULD, H.                    | La pente continentale du Portugal  | Descrição batimétrica do talude continental.<br>Análise morfológica dos principais acidentes topográficos, do talude continental.<br>Análise morfológica dos <i>goufs</i> portugueses.<br>Análise da dinâmica actual no canhão da Nazaré, baseada nos dados do sonar lateral.<br>Síntese da evolução dos <i>goufs</i> portugueses. |
| 1989 | MOUGENOT, D.                    | Geologia da margem portuguesa  | Síntese aprofundada, sobre a evolução da margem portuguesa.<br>Síntese da evolução do conhecimento, da margem portuguesa.<br>Síntese da evolução dos canhões submarinos.   |
| 1990 | REGNAULD, H. E THOMAS, Y. F.    | Analyse numérique de la morphologie du canyon de nazaré.   | Apresentação de um método, para a análise morfológica das vertentes submarinas, do canhão da Nazaré, baseado em processos numéricos.   |
| 1990 | VANNEY, J. R e MOUGENOT, D.     | Un canyon sous marins de type "gouf". Le canhão de Nazaré (Portugal).  | Enquadramento do <i>gouf</i> da Nazaré, face a outros canhões do mesmo tipo.<br>Análise morfológica do canhão da Nazaré.<br>Síntese da evolução do canhão da Nazaré.   |
| 1992 | DIAS, J. M. A. e PEREIRA, A. R. | A plataforma continental portuguesa  | Recensão bibliográfica sobre a plataforma.<br>Resenha histórica da evolução do conhecimento da plataforma continental.<br>Novos campos a desenvolver na investigação da plataforma portuguesa  |
| 1992 | PEREIRA, A. R.                  | A geomorfologia da margem continental portuguesa e a interdependência das plataformas continental e litoral.   | Síntese do conhecimento da margem portuguesa, e da sua relação com o litoral adjacente.<br>Reflexão sumária, sobre os temas e problemas, da investigação da margem e litoral adjacente   |

## **2 - O conhecimento científico dos canhões da Nazaré e de Setúbal.**

### **2.1. - A evolução do conhecimento.**

Desde o início do século, até à actualidade, podemos distinguir quatro fases, na evolução do conhecimento dos *goufs* da Nazaré e de Setúbal. À medida que se melhorava, o conhecimento da margem portuguesa, incrementava-se o estudo destes canhões, uma vez que eles constituem, um dos seus traços morfológicos mais significativos.

Neste subcapítulo, tentaremos satisfazer três objectivos:

- fornecer uma resenha histórica, da evolução do conhecimento batimétrico, e das principais ideias, sobre a morfogénese dos *goufs*;
- estabelecer um encadeamento, entre a evolução geológica da margem continental portuguesa, e a evolução geológica dos seus *goufs*;
- proceder à caracterização geológica e geomorfológica destes *goufs*, de acordo com os conhecimentos actuais.

#### **2.1.1. - Os levantamentos batimétricos e as ideias suscitadas.**

Desde que se sabe da existência destes canhões na costa portuguesa, o seu reconhecimento batimétrico foi melhorando, com a aplicação de novas tecnologias, cada vez mais precisas, que permitiram estabelecer, cartas batimétricas mais aproximadas da realidade morfológica, e avançar na interpretação, da configuração dos fundos submarinos.

Não é por isso estranho verificar, que os grandes impulsos sentidos, no conhecimento da margem portuguesa e dos canhões, tenham como motor, a disponibilidade de novos documentos batimétricos. Por este motivo, parece-nos justo, balizar a evolução do conhecimento dos canhões submarinos, pelos avanços que se foram sentindo, nos levantamentos batimétricos.

Talvez a fase actual, seja a que estará menos dependente destes levantamentos, para que haja progresso, uma vez que já dispomos de um reconhecimento batimétrico rigoroso, para os dois *goufs*, pelo menos à escala regional. O que nos falta actualmente, são levantamentos de pormenor, que nos permitam precisar e explicar, aspectos morfológicos que conhecemos de forma genérica.

## **I - Os primeiros levantamentos batimétricos, a plataforma e as cabeceiras dos canhões (1913-1938).**

A primeira fase, é precursora a nível mundial, e foi realizada essencialmente, por investigadores nacionais (J. M. A. DIAS, 1987; J. M. A. DIAS e A. R. PEREIRA, 1992). Inicia-se com os trabalhos desenvolvidos, pela Missão Hidrográfica da Costa de Portugal, que elaborou de 1913 a 1918, a “Carta Litológica Submarina da Costa de Portugal”, da qual resultaram 8 cartas (à escala 1/150.000), sobre a composição dos sedimentos do fundo. Estas cartas, são desenhadas sobre um esboço batimétrico da plataforma continental portuguesa, onde já se individualizam, as cabeceiras dos grandes canhões submarinos, profundamente escavadas, quase até à linha de costa.

C. FREIRE de ANDRADE (1937), baseando-se nas referidas cartas, e em sondagens de variadas proveniências (todas delas com profundidade superior aos 200 metros), elabora uma carta batimétrica da plataforma e talude continental, que ilustra o conhecimento batimétrico dos canhões neste período. Analisando a sua carta batimétrica (figura 5), podemos salientar os seguintes aspectos:

- o conhecimento muito aproximado do actual, do contorno dos canhões na plataforma, nomeadamente o da Nazaré e o de Lisboa, patente na orientação geral dos troços;
- o Vale da Berlenga é conhecido, e assumido como tributário do canhão da Nazaré;
- faz-se a marcação correcta do canhão de Lisboa, como tributário do canhão de Setúbal;
- já se identifica no talude continental, ainda que grosseiramente, alguns dos principais elementos do relevo submarino, adjacente aos canhões, casos do Planalto de Albuquerque (canhão de Setúbal), e do Monte Freire de Andrade (canhão da Nazaré);
- é já conhecida a dissecação do talude continental, ao largo de Lisboa;
- já existem inúmeras sondagens, a profundidades consideráveis (3000 e 4000m);
- além da parte submarina, a carta representa também o continente, assinalando-se as falhas principais conhecidas na época, que procuram evidenciar, o condicionamento tectónico dos canhões.

Reconhecidos os imponentes vales submarinos, vários investigadores aventaram hipóteses sobre a sua origem (A. RAMALHO, 1932; F. MACHADO, 1933 e 1934; C. FREIRE DE ANDRADE , 1933, 1934, 1937). Duas teses, nò essencial, vão ser propostas para a explicação da sua existência : a origem tectónica e a origem fluvial .

F. F. MACHADO (1934), confrontando diversas opiniões, sobre a origem dos canhões, e incorporando ideias progressistas ligadas à tectónica, caso da teoria de Wegener, sobre a deriva dos continentes, considera que:

- os canhões da plataforma continental portuguesa, se deviam à ruptura dos blocos continentais Europeu e Americano, ocorrido no início do Miocénico;

- a essa ruptura, se deveria a mudança no curso dos rios peninsulares, no Cenozoico, que tomaram uma direcção de escoamento para W, sensivelmente na direcção dos canhões, embora posteriormente, tornassem a mudar a orientação do seu curso<sup>1</sup>;

- os canhões (que o autor apelida de fossas submarinas), teriam grande influência na sismicidade da região ocidental da Península Ibérica, contribuindo para a sua maior intensidade.

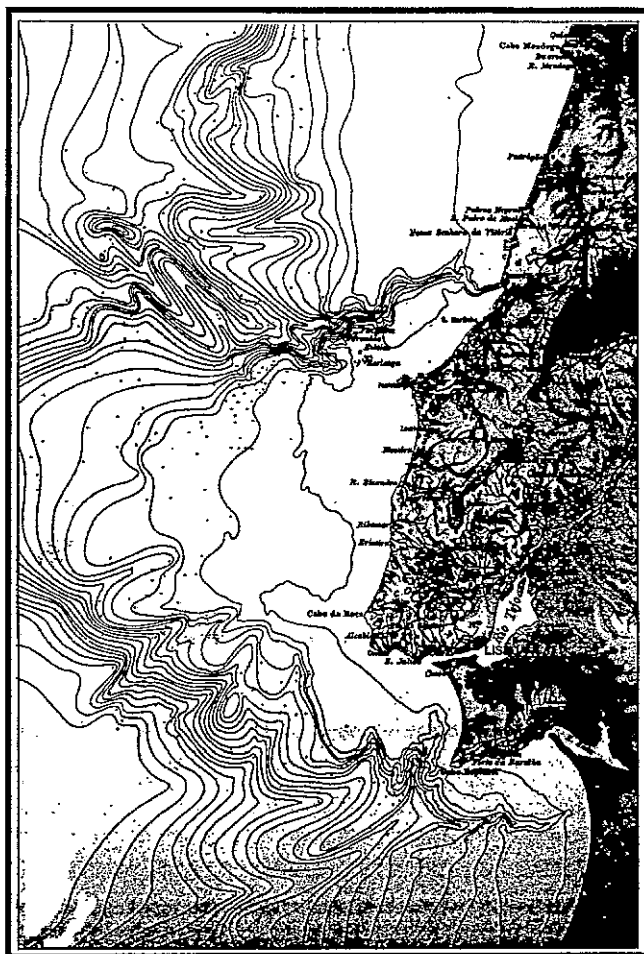


Figura 5 - Excerto da carta tectónica de C. FREIRE DE ANDRADE (1937) relativo à área dos canhões da Nazaré, Cascais, Lisboa e Setúbal.

<sup>1</sup> Estas ideias fantasiosas, foram retomadas por um autor na década de 70 (M. T. ANTUNES, 1975), a propósito da descoberta de fósseis de *Iberosuchus*, no litoral da Nazaré, facto que segundo o autor, denunciava estreitas relações, entre as formações Eocénicas do litoral português e as formações semelhantes de Zamora e Salamanca, justificando esta semelhança, com a existência de um rio Eocénico, pré-figurante do Douro, que se dirigia até à Nazaré, seguindo uma direcção NE/SW.

Como grande defensor, da origem tectónica dos canhões, temos C. FREIRE de ANDRADE (1937), que elabora a primeira carta batimétrica completa, da plataforma e talude continental, e que escreve uma obra exaustiva, sobre a origem dos canhões portugueses, apresentando os casos conhecidos na época, a nível mundial, e abordando os mecanismos explicativos da sua existência. Compara os canhões portugueses a casos longínquos (vales submarinos japoneses), e acha que os canhões do Congo e do Cabo Bretão, são semelhantes ao canhão da Nazaré.

Segundo o referido autor, os *“canhões portugueses, são grandes fendas estreitas e profundas da plataforma continental, sem outros vales próximos, muitas vezes, sem aparente ligação com as costas que lhe ficam fronteiras, e chegando frequentemente, muito perto destas, sem contudo modificar o seu aspecto geral”* (p. 131), acrescentando que *“o seu aparecimento, denuncia épocas de enfraquecimento, de determinadas zonas da crosta terrestre. Os vales submarinos, estão em íntima relação, com o diastrofismo da Península Ibérica, que sofreu fortes episódios orogénicos”*.

Sobre o vale submarino da Nazaré, o autor argumenta, que se trata do vale mais profundo da costa portuguesa, e que apresenta duas ramificações laterais, o vale submarino da Berlenga, e o vale submarino do Canto de Azeche (figura 5). O vale submerso, segue-se em terra com a forma e direcção semelhante, e no talude continental é dissimétrico. Acha que os ilhéus próximos, lançam um pouco de luz, sobre a qualidade das rochas, em que esta enorme fenda foi aberta, mas também, sobre a provável razão do seu aparecimento. Nos estudos que desenvolveu na área, constata que algumas das direcções do canhão, se aproximam bastante, das encontradas nas falhas e diaclases da Berlenga, dos Farilhões e do continente, de N70 a N40 e algumas de N150 a N130<sup>2</sup>. Baseando-se na comparação destes dados, considera que as duas primeiras direcções, são as mais importantes, aquelas segundo as quais, o vale se formou, e as outras, as que lhe conferiram a forma sinuosa.

O autor, pensa que o actual vale submarino da Nazaré o produto, de pelo menos, duas épocas de diastrofismo, e do desaparecimento de alguns ramos do vale, pelo seu enchimento por areias pliocénicas, e provavelmente, pela intervenção de processos erosivos subaéreos, nos tempos post-pliocénicos. Rejeita a hipótese fluvial, por não vislumbrar no terreno, factos que o comprovem.

---

<sup>2</sup> A direcção das falhas referidas no nosso trabalho, far-se-á segundo o critério azimutal.

Num esboço tectónico dos arredores de Lisboa, C. FREIRE de ANDRADE (1933), assume que os vales submarinos aí existentes, Cascais e Tejo (figura 6), representam os vestígios mais meridionais dum sistema tectónico (alinhamento NE-SW) que se estende, sem interrupção, pelo interior do território português.

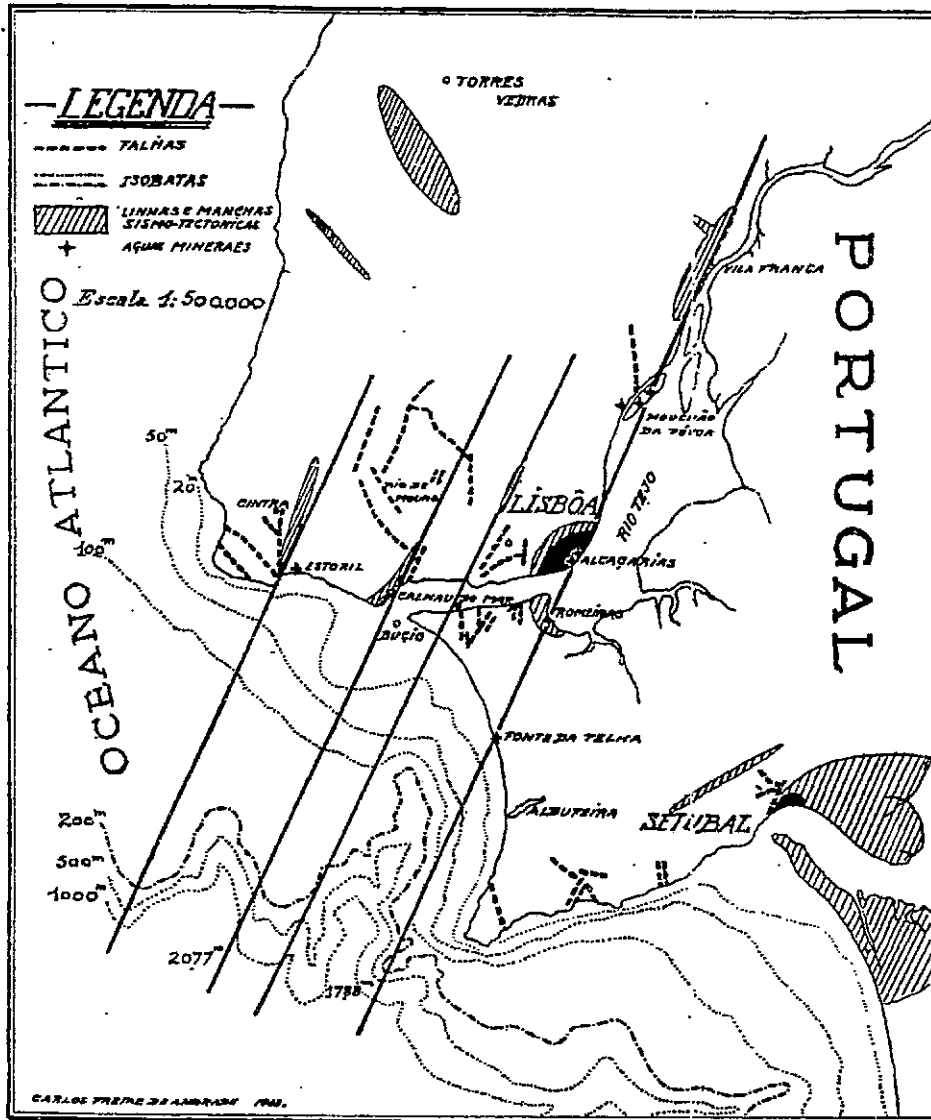


Figura 6 - Esboço sismo-tectónico de Lisboa e arredores (C. FREIRE DE ANDRADE , 1933).

Salienta o facto, de não estarem na direcção de nenhum curso de água, nem haver indicações no continente, de antigos rios, que se lançassem nessa direcção, propondo por isso, uma explicação tectónica para a formação, destes vales submarinos. Considera que o vale submarino de Lisboa faz parte, juntamente com o do Setúbal e o de Cascais, da região instável de Lisboa e arredores, onde a existência de uma rede de fracturas recentes, favorece a propagação dos tremores de terra.



Relativamente ao vale submarino de Setúbal, sustenta que se trata do menos sinuoso da plataforma continental, e que os ligeiros desvios ao seu traçado rectilíneo, foram provocados por deslocamentos do substrato, para sueste, ideia que deriva, da constatação de um forte paralelismo, entre a orientação dos troços, e orientação de falhas importantes no continente (a falha do canto de Azeche (N61), a falha do Guadalquivir (N138) e as falhas da Estremadura). Argumenta que o vale submarino de Setúbal, deve representar um sinclinal, pertencente a uma das grandes plicaturas, resultantes do diastrofismo de sul para norte, que produziu a Serra da Arrábida, e que após a sua formação, o seu traçado foi modificado, pelos deslocamentos de direcção NW/SE, os quais, chegaram a fazer sentir os seus efeitos, no Pleistocénico.

Analisa também, a relação do canhão com o vale do Sado, concluindo que este, não é responsável pelo canhão no presente, nem em tempos mais recuados, visto que as rochas da região... “ *mostram que no terciário, os rios desta região deviam possuir grandes estuários, onde a corrente perdia, decerto, a força erosiva necessária, para escavar um vale submarino desta natureza* ” (p. 133).

Um dos principais contestatários, da origem tectónica dos canhões submarinos portugueses, foi H. LAUTENSACH (1932), que se inclinava para uma origem fluvial, complementada por uma acção erosiva marinha profunda, corroendo as margens, ora de um lado, ora do outro, como acontece nos meandros dos rios (S. DAVEAU *et al.*, 1987).

Assinalava ele, que o vale da Nazaré, assim como os da Costa da Caparica, se ramificavam a montante, como um sistema de vales subaéreos, resultantes da erosão fluvial, factor que comprovava, a sua origem. No caso dos vales submarinos do Tejo (Lisboa) e do Sado (Setúbal), a sua posição em frente da foz de dois grandes rios, favorecia a ideia.

O autor achava, que para o caso da Nazaré, o único rio que poderia ali poderia ter actuado, seria o Zêzere, que corre a 70 km de distância. Contudo, nesse espaço, não há sinal algum da sua passagem. No entanto, a inclinação média do talvegue, mais elevada na parte próxima da costa, e menor na parte do talude, faziam supor, que esta última se encontrava afundada, em relação à parte próxima de terra, tendo resultado da mesma flexura<sup>3</sup>. O facto de não se possuírem provas, da via fluvial original, apenas ajudava a justificar, a antiguidade destas formas.

---

<sup>3</sup> Conceito proposto por J. BOURCART (1938), segundo o qual, existe uma área de inflexão da curvatura, entre o contacto dos continentes e o fundo dos oceanos, em torno da qual, se processam movimentos verticais do nível do mar, a que apelidou de flexura continental. Seria um fronteira móvel, e o seu deslocamento, explicaria as transgressões e as regressões. A flexura também seria responsável, pela formação dos canhões submarinos, que seriam escavados por cursos de água emersos, antes de se dar a imersão.

A elevada inclinação das paredes destes vales submarinos, e o facto de se recolherem, sobretudo rocha nas sondagens, tanto no fundo dos vales, como na plataforma continental circundante, levavam-no a admitir, a erosão do vale, e o recuo das cabeceiras provocado pelo material que era transportado nos canhões, isto é, pela intervenção de processos marinhos, como poderia ser o caso, das correntes de turbidez (R. A. DALY, 1936; P. H. KUENEN, 1953). Nesta linha de pensamento, e contribuindo para a sua justificação, surge o trabalho de J. BOURCART (1938), que atribui a origem de alguns vales submarinos, a sobreescavamento ocorrido durante os períodos interglaciários. No seu trabalho, apresenta um esboço batimétrico (baseado no trabalho de C. FREIRE DE ANDRADE, 1937) dos canhões do Tejo e de Sado até aos 1000 metros, acompanhado dos primeiros perfis transversais e longitudinais, destes canhões (figura 7).

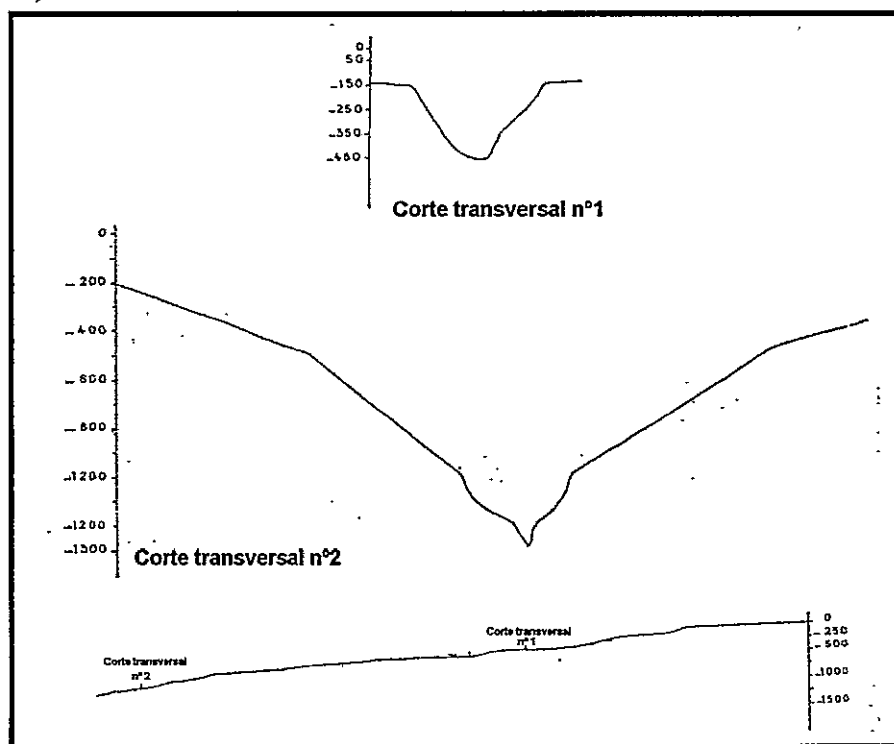


Figura 7 - Perfil longitudinal e transversais do Sado submarino (canhão de Setúbal), segundo J. BOURCART (1938).

Comparando os três canhões portugueses (Nazaré, Lisboa e Setúbal), aos do Cabo Bretão e ao do Congo, refere que estes vales, não correspondem a nenhum rio actual. No entanto, apresentam um aspecto dendrítico, e o seu levantamento planimétrico, aproxima-os de verdadeiros rios, apresentando meandros mas com um trajecto ondulado. Os perfis revelavam um vale estreito e profundo de paredes íngremes, com um declive longitudinal moderado (2%).

De 1938 a 1956, pouco se evoluiu no conhecimento dos canhões portugueses, salientando-se apenas, o trabalho de O. RIBEIRO (1955). O autor afirmava, que a interpretação tectónica destes canhões, era insustentável perante a análise das formas. Tratava-se sim, de antigos vales subaéreos, com sinuosidades e até ramificações, que foram depois invadidos pelo mar. O perfil longitudinal, aumentava para jusante, desenhando uma convexidade desconhecida nos cursos de água, pretendendo-se ver neste facto, uma acentuação da flexura continental, que baixou o contorno das terras emersas, para o fundo dos oceanos, depois de desenvolvidas estas formas (S. DAVEAU *et al.*, 1987).

## **II - A plataforma, a margem continental e o domínio oceânico adjacente (1956-1981).**

A Segunda Guerra Mundial, provocou grandes avanços na pesquisa submarina, uma vez que o mar, constituía um campo de batalha privilegiado. As técnicas de detecção, e reconhecimento submarino, vão evoluir de forma impressionante, e uma vez terminada a guerra, as nações beligerantes vão proporcionar aos investigadores, a utilização de um vasto conjunto de técnicas, e de conhecimentos adquiridos. A aplicação sistemática das técnicas desenvolvidas, e a análise dos dados existentes, permitiu que fossem retomadas as ideias de Wegener, propiciando os novos dados obtidos (magnetometria marinha, gravimetria marinha, reflexão e refração sísmicas, sonar de pesquisa lateral, amostras do fundo, etc.), a aceitação cada vez maior, da teoria da deriva continental (J. M. ALVEIRINHO DIAS, 1987; J. M. ALVEIRINHO DIAS *et al.*, 1993), factor que gerou a realização de novos trabalhos.

É pois, neste contexto, que se vai assistir a grandes progressos no conhecimento da margem portuguesa, com a investigação a ser realizada, essencialmente, por autores estrangeiros, dado que o envolvimento de técnicas sofisticadas, e os custos da investigação submarina, eram incomportáveis para as organizações científicas do país, elas próprias, mal apetrechadas, a nível técnico e humano. Esta segunda fase, pode ser subdividida em dois períodos, relativamente ao tipo de estudo, que se fez da nossa margem.

Até ao início da década de 70, realizam-se estudos ocasionais, que transcendem a área da margem portuguesa, e que se efectuam no decurso, de vários cruzeiros científicos, promovidos por investigadores estrangeiros (ingleses, franceses, americanos e alemães). Merece referência, o trabalho de J. M. PÉRES *et al.* (1957), que utilizando o batiscafo francês FNRS III no canhão de Setúbal, observam a ocorrência de correntes descendentes, e de rochas expostas, nas suas vertentes, denunciando erosão ou ausência de deposição.

O segundo período, o mais fecundo, consistiu na realização de estudos sistemáticos, envolvendo equipas mistas, de estrangeiros e portugueses, com os primeiros a elaborarem os trabalhos de maior impacto imediato, a nível científico (dada sofisticação dos meios envolvidos), e os segundos a desenvolverem os estudos mais morosos, e de menor impacto (J. M. ALVEIRINHO DIAS *et al.*, 1993).

Desde cedo, que a margem portuguesa, foi percorrida por navios equipados de sonda acústica, de feixe largo, 30° a 60° de abertura (D. MOUGENOT, 1989). As medições efectuadas depois de 1956, pelos navios oceanográficos, do Instituto Científico e Técnico das Pescas Marítimas Francês, permitiu a L. BERTHOIS *et al.* (1964, 1965), traçar a primeira carta batimétrica detalhada, da margem ocidental ibérica (4 folhas à escala 1/250.000), mas o mau posicionamento de algumas sondagens, induziu os autores em erro. Estes erros, foram sendo gradualmente corrigidos, à medida que se reuniam e confrontavam mais dados, elaborando-se cartas cada vez mais rigorosas, como acontece na carta batimétrica do Nordeste Atlântico, exposta no trabalho de A. S. LAUGHTON *et al.* (1975).

Nos anos 70, recorrendo a um sistema de posicionamento radioeléctrico (Raydist), o Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa, iniciou um levantamento batimétrico sistemático, da plataforma e talude continental superior (à escala 1/25.000 próximo da costa e 1/50.000 ao largo), a sul do paralelo 38°, e a norte do paralelo 40° (o espaço intermédio foi sondado posteriormente). As minutas de sonda obtidas, constituíram a base da redacção, de oito cartas batimétricas, à escala 1/150.000, da parte superior da margem portuguesa, publicadas no trabalho de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981). Estas cartas (figura 8), sintetizam os dados batimétricos, que se obteve dos canhões nesta altura, dos quais destacámos:

- é conhecida, pormenorizadamente, a batimetria dos canhões ao nível da plataforma continental ;

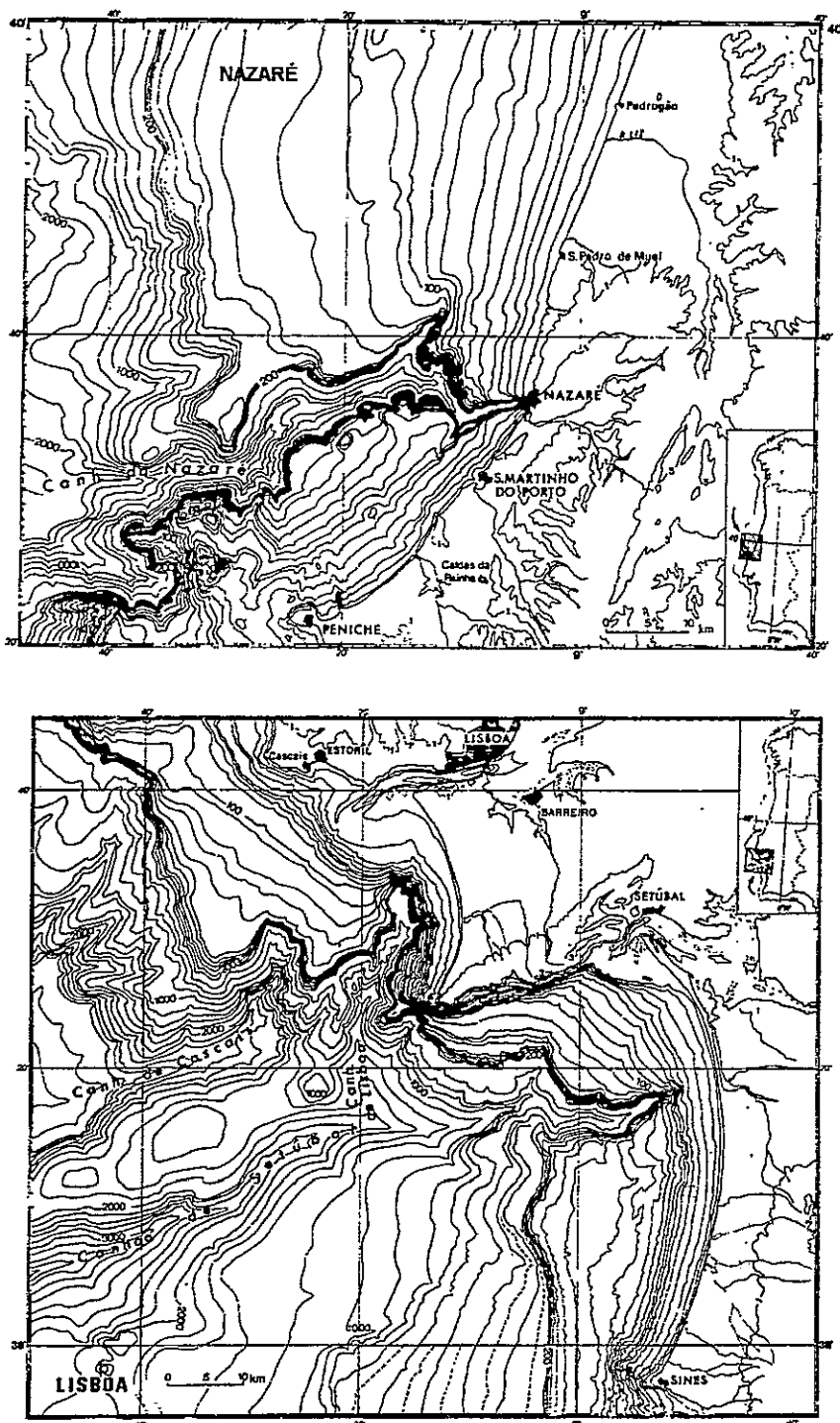
- a morfologia do talude continental, é mal conhecida (não é visível a forte meandrização dos canhões), tendo-se apenas imagens gerais, de algumas formas submarinas, como acontece com o planalto de Afonso de Albuquerque, junto do canhão de Setúbal;

- a equidistância entre as curvas de nível, é ainda elevada, nomeadamente, para o talude continental;

- o Vale da Berlenga, ainda é visto como um tributário do canhão da Nazaré;

- mantém-se correcta, a marcação do canhão de Lisboa, como tributário do canhão de Setúbal, como já tinha feito C. FREIRE de ANDRADE (1937) ;

- a cartografia, ainda não permite estudos morfológicos de pormenor, mas já é possível ter uma interpretação geomorfológica geral.



**Figura 8 - Cartas batimétricas da parte superior, da margem portuguesa, frente aos canhões da Nazaré e de Setúbal (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981).**

A multiplicação, das campanhas oceanográficas sobre a margem, caso dos cruzeiros Lusitanie 71, 73, 74, 75, Hespérides 76, 78, e Sinfar 76, resultantes de uma frutuosa

associação, entre o Serviço de Fomento Mineiro, Instituto Hidrográfico, Universidade de Rennes e Universidade de Paris, permitiram a obtenção, de muitas e valiosas informações, tais como: perfis batimétricos, perfis de reflexão e refração sísmica, dragagens, sondagens e colheitas de amostras de rocha.

Da exploração destes novos dados, resultaram importantes estudos, que constituem peças fundamentais, do conhecimento da margem portuguesa:

- a interpretação morfológica e geológica, de toda a plataforma continental (incluindo os troços superiores dos canhões) por G. BOILLOT *et al.* (1972 a,b); P. MUSSELEC (1974); D. MOUGENOT (1976); P. BALDY (1977); J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981);

- a elaboração, da carta geológica da plataforma continental portuguesa (G. BOILLOT *et al.*, 1975, 1978);

- a pormenorização, da importância do condicionamento tectónico, na génese e evolução dos canhões portugueses (G. BOILLOT *et al.*, 1974).

Relacionando a tectónica submarina (figura 9), com os acidentes terrestres, G. BOILLOT *et al.* (1974), observam que *“cada vez que um acidente tardi-hercínico, atinge a margem continental, está associado, um profundo canhão submarino, que parece prolongar-se para o largo, com a mesma orientação, e as falhas observadas nos seus bordos, prolongam quase que exactamente, este acidente”* (p.77).

Demonstra-se assim, o controlo estrutural da parte montante, dos grandes vales submarinos, nas regiões onde recua o rebordo da plataforma continental, até à linha de costa, concluindo-se, que os grandes canhões submarinos que entalham a margem atlântica, da Península Ibérica, são estritamente controlados por acidentes, que resultam do rejogo Cenozóico, de desligamentos tardi-hercínicos, NE/SW ou NW/SE (G. BOILLOT *et al.*, 1974).

No caso do canhão da Nazaré, destacou-se a importância do acidente da Nazaré, como factor responsável pela morfologia do canhão, afirmando-se que os rejogos deste acidente, foram frequentes até à actualidade, como provam os sismos cujos epicentros se alinham, aproximadamente, segundo o traço da fractura principal, e dos seus prolongamentos ao largo.

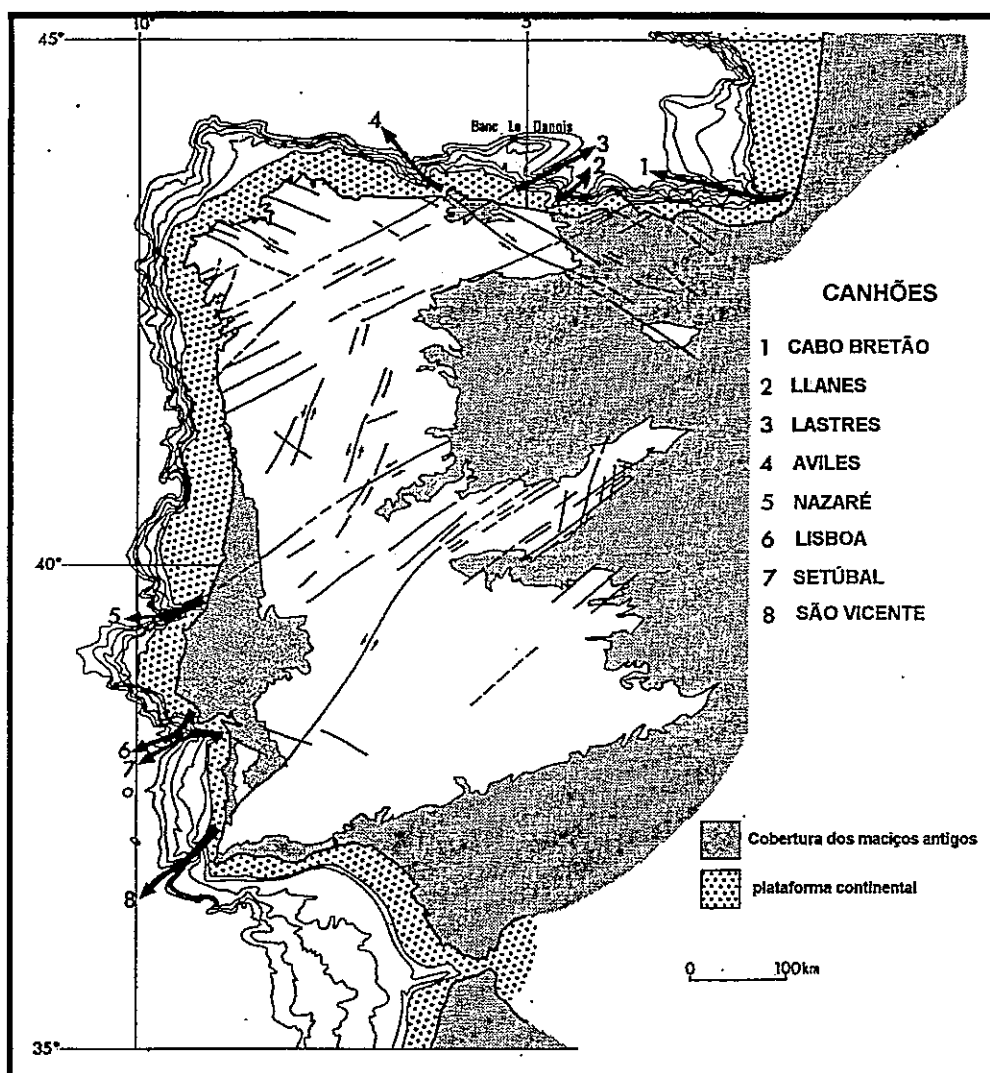


Figura 9 - Os desligamentos e as falhas tardi-hercínicas da Península Ibérica (segundo J. R. PARGA, 1969), e a orientação dos principais canhões submarinos (segundo G. BOILLOT *et al.*, 1974).

Apoiando-se nos novos dados recolhidos, procedeu-se à descrição morfológica, e geológica dos troços superiores dos canhões da Nazaré e de Setúbal (figura 10). Considerou-se que o canhão da Nazaré, parece ser escavado, como uma *combe* de flanco, na vertente de um anticlinal, ao nível de uma camada pouco resistente (G. BOILLOT *et al.*, 1974).

Confirmou-se também, que o canhão da Nazaré resulta de enormes fracturas, em que o rejeito vertical atinge, pelo menos, os 1300 metros, ligados à elevação da cordilheira central, concluindo-se que o canhão apresenta, as características de um vale de erosão, guiado pela estrutura tectónica (G. BOILLOT e P. MUSELLEC, 1972b).

Considerou-se ainda, que o acidente da Nazaré, pode representar uma antiga falha transformante, uma vez que é um desligamento (N55), no soco da Meseta Ibérica, e a oeste é uma fractura intra-oceânica, que recorta o alinhamento da anomalia J. A importância dos

movimentos verticais, ao largo da Nazaré, leva G. BOILLOT *et al.*, (1974), a considerar as fracturas NE/SW, como outras direcções transformantes (figura 11).

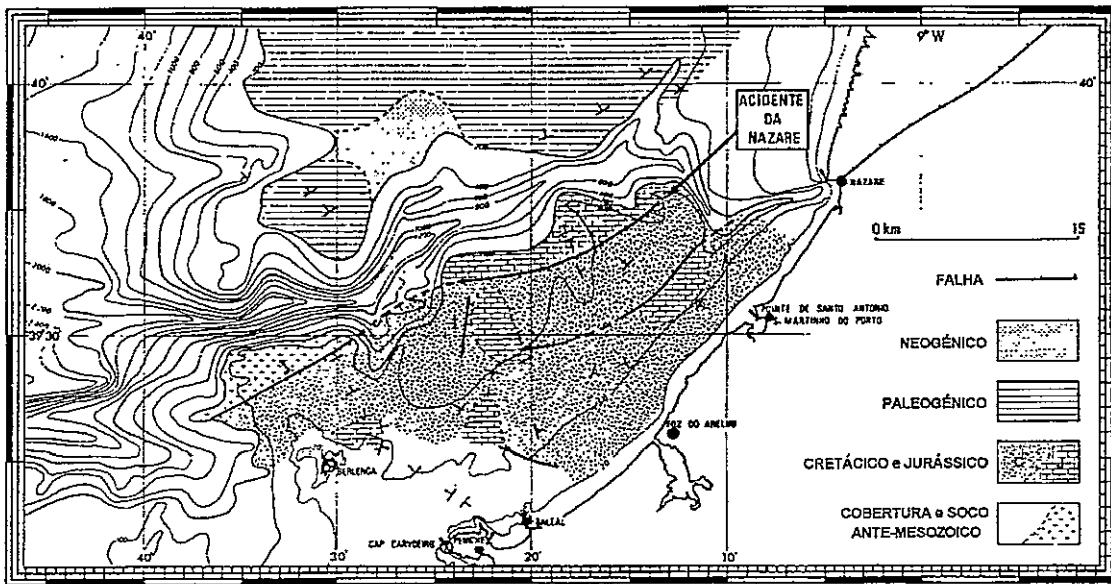


Figura 10 - Carta geológica da plataforma continental junto do canhão da Nazaré (segundo G. BOILLOT *et al.*, 1974).

Os mesmos autores, também sugerem que os vales submarinos de Lisboa e de Setúbal, são controlados por fracturas, resultantes do reajo de acidentes tardi-hercínicos, mascarados em terra, pelos sedimentos terciários e quaternários.

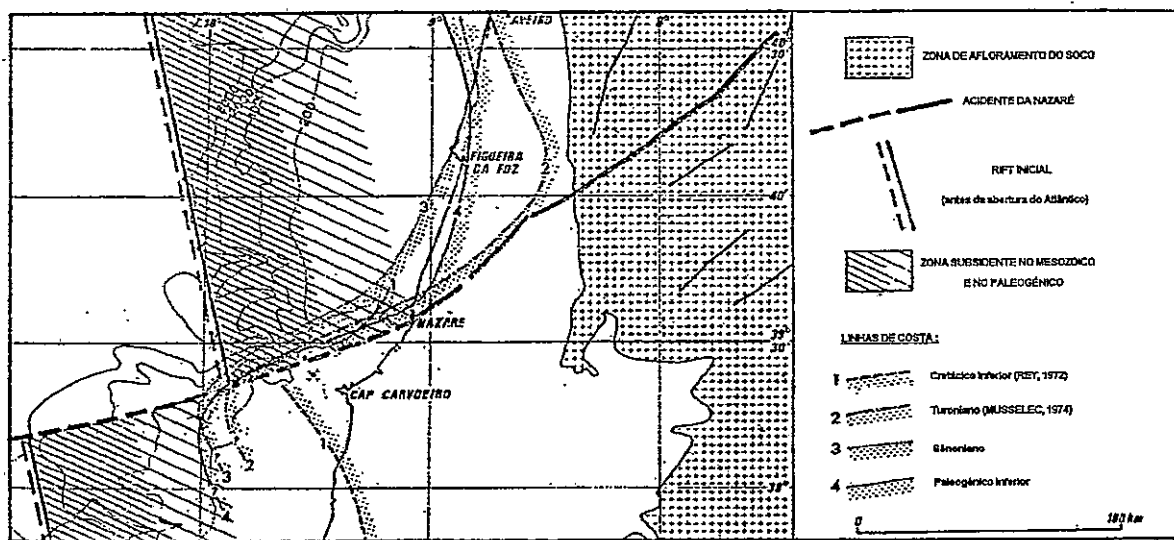


Figura 11 - Interpretação da plataforma continental e da bacia norte portuguesa, e os principais limites paleogeográficos (segundo G. BOILLOT *et al.*, 1975).

Como corolário desta segunda fase, temos o trabalho de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981), no qual, além dos levantamentos batimétricos já referidos, se faz uma



interpretação morfoestrutural pormenorizada, da parte superior do canhão da Nazaré, e se assume as diferenças estruturais marcantes, entre as suas margens, ao que se junta uma possível explicação sobre a origem do canhão.

### **III - A consolidação dos conhecimentos, morfologia, origem e evolução dos canhões (1982-...).**

A terceira fase, inicia-se com a realização do cruzeiro TRANSMARGE 82. Durante duas campanhas (1982-1983) do navio oceanográfico, Jean Charcot, realiza-se o levantamento batimétrico multifeixe *Sea-Beam*, de todo o canhão da Nazaré. Esta fase, caracteriza-se pela produção de cartas batimétricas, de elevado pormenor (GROUPE TRANSMARGE, 1982), e pela elaboração de importantes sínteses, sobre o conhecimento da margem portuguesa, que incorporam todas as informações que se foram recolhendo.

Só a utilização do *Sea-Beam*, sondador multifeixe estreito (V. RENARD e J. P. ALLENOU, 1979), permitiu eliminar as imprecisões das sondagens por feixe largo. Nestas sondagens, o diâmetro da superfície sondada para 3000 m de profundidade é de 1600 m, enquanto que o diâmetro, da superfície sondado por um dos 16 estreitos feixes virtuais de 3° de abertura do *Sea-Beam*, é de 150m a 3000 m de profundidade.

Os levantamentos *Sea-Beam*, constituíram a base sobre a qual, H. REGNAULD (1987), recolocou todos os dados das sondagens de feixe largo, afim de redigir, duas cartas precisas do talude continental português (à escala 1/500.000). Ao mesmo tempo, S. LALLEMAND *et al.* (1985), publicam uma carta batimétrica do Nordeste Atlântico (figura 12), à escala 1/2400.000, que integra os dados convencionais, e os dados obtidos por sondagem multifeixe, sobre a margem portuguesa, a Montanha de Tore, o Banco da Galiza e o Golfo da Gasconha. A compilação destes dois trabalhos, permitiu a D. MOUGENOT (1989), a elaboração de uma carta batimétrica completa, da margem portuguesa.

A margem portuguesa, para além de ser uma das primeiras, a beneficiar de levantamentos sistemáticos multifeixe, foi igualmente a primeira, a ser explorada totalmente, por sonar lateral. Em 1978, o navio RRS Discovery-II, equipado com um sonar lateral, Gloria Mark-II (sonar bilateral rebocado), fez o levantamento sistemático, do talude português, segundo perfis paralelos à costa, ao longo dos quais, a banda reconhecida, cobre uma largura de 60 km (R. B. KIDD e D. G. ROBERTS, 1982). Estas sondagens acústicas, confirmaram a disposição dos fundos, nos sectores onde os levantamentos eram já densos, e ajudaram a verificar, que nenhum relevo tinha sido omitido. O seu interesse, também residiu no

conhecimento, de que a disposição dos ecos, nas zonas de menor declive, é uma indicação preciosa, sobre a natureza e intensidade, da dinâmica sedimentar em actividade, sobre a margem (D. G. ROBERTS e R. B. KIDD, 1984; J. GARDNER e R. B. KIDD, 1987).



**Figura 12 - Carta batimétrica do Nordeste do Atlântico ( segundo S. LALLEMAND *et al.*, 1985). Pfc - planície abissal da Ferradura; pg - planície abissal da Gasconha; pi - planície abissal Ibérica; pp - Planície abissal de Porcupine; pt - planície abissal do Tejo.**

Quatro trabalhos materializam o avanço, que se obtém no conhecimento dos canhões portugueses, a partir de 1982, GROUPE TRANSMARGE (1982), H. REGNAULD (1987), D. MOUGENOT (1989), J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990).

Com o trabalho do GROUPE TRANSMARGE (1982), passa a dispor-se de uma carta batimétrica pormenorizada, de todo o canhão da Nazaré, e estabelece-se a diferenciação morfológica, das suas várias secções.

Cinco anos após este cruzeiro, H. REGNAULD (1987), avança na interpretação morfoestrutural, e no esquema evolutivo do canhão da Nazaré, incorporando dados mais recentes (como é o caso das imagens acústicas fornecidas pelo sonar lateral Glória), que ajudam a compreender, alguns dos processos actuais, que afectam o canhão, nomeadamente, os movimentos de massa, que ocorrem nas vertentes. Na mesma altura, D. MOUGENOT (1989), sintetiza todas as ideias anteriores, e comprova a submissão total da morfogénese, à tectónica da margem, em particular, ao rejogo dos acidentes tardi-hercínicos para o canhão da Nazaré, e avança na caracterização batimétrica, morfológica e evolutiva do canhão de Setúbal.

Em 1990, J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, publicam um trabalho inteiramente dedicado ao canhão da Nazaré, no qual se apresenta pormenorizadamente, as diferentes características morfométricas entre os cursos e entre margens, comparando estas características, com outros canhões similares, isto é, com os canhões do tipo gouf, existentes nas costas do Atlântico. H. REGNAULD e Y. F. THOMAS (1990), aplicando um método numérico para análise das vertentes, avançam na caracterização morfológica do canhão Nazaré. Tentam determinar o papel relativo da erosão e da estrutura na formação de relevos deprimidos, quantificar as áreas submetidas a nova erosão canalizada ou a uma erosão por desabamentos, e ainda, quantificar as áreas de acumulação.

A. R. PEREIRA (1992), numa obra de carácter geral, sobre a evolução do conhecimento da geomorfologia da margem continental portuguesa, elabora uma síntese do conhecimento que se tem dos *goufs* portugueses, reunindo as informações que se possuiu, quanto à sua morfologia, ao papel que desempenham na circulação das águas e dos sedimentos, bem como, da evolução particular que estes canhões sofreram, no quadro da margem portuguesa.

Todos estes trabalhos serão a base do subcapítulo 2.2, motivo pelo qual os afluímos superficialmente.

### **2.1.2 - A génese e evolução dos canhões no quadro da margem continental portuguesa.**

Os canhões que estudamos, resultam da evolução particular, que a microplaca Ibérica teve, desde a orogenia hercínica. Propômo-nos por isso, neste subcapítulo, fazer um resumo

que interligue a evolução da margem continental portuguesa, com a evolução dos canhões. Começaremos por abordar genericamente, a evolução da margem e dos canhões separadamente, para no fim, apresentarmos um esquema de conjunto desta evolução.

### **- Evolução da margem continental portuguesa.**

A seguir aos movimentos tardi-hercínicos, que fragmentaram o Maciço Hespérico, formam-se dois *rifts* intracontinentais perpendiculares, que prefiguram os litorais ocidental e meridional de Portugal), originando a formação de duas bacias sedimentares, a Lusitânica, a ocidente, e a algarvia. É sobre estas estreitas e compridas fossas subsidentes, que se vão acumular milhares de metros de depósitos mesozóicos (siliciosos, carbonatados e evaporíticos), criando-se as condições para que ocorressem os fenómenos diapíricos, das orlas sedimentares portuguesas (S. DAVEAU, 1987).

Numa primeira fase, entre o Triássico e o Cretácico Superior, a margem continental portuguesa evolui em distensão (figura 13, esboços A e B), para posteriormente, do Cretácico terminal ao final do Terciário (figura 13, esboços C e D), ser sujeita a um regime geral de compressão, relacionado com a aproximação da microplaca Ibérica, ora da africana, ora da europeia, apesar de se registarem alguns períodos de distensão (A. R. PEREIRA, 1992).

Durante a fase distensiva, duas etapas resumem a separação da Ibéria das placas circundantes. No Jurássico, a Ibéria individualiza-se no seio do bloco América-Europa, por uma distensão intracontinental, que resultou no Titoniano (figura 13A), na abertura oceânica da Planície Abissal do Tejo. Mas esta separação para norte, foi limitada pela cunha formada pela América e a Europa. Afastando-se da América, com a abertura do Atlântico central, a África desliza ao longo da Ibéria, num total de 1200km, e afasta-se ligeiramente desta, 150km (D. MOUGENOT, 1989).

No Cretácico, à medida que se concretiza a separação da América e da Europa, a Ibéria torna-se solidária de África, deslocando-se para SE (figura 13B). O deslizamento entre a África e a Europa (no total de 2000km), é também sentido no norte da placa ibérica, com a abertura do Golfo da Gasconha. Destes dois movimentos contraditórios da Ibéria (para NE e depois para SE), resultou sobre as margens norte e sul da península, uma grande obliquidade entre as direcções da primeira distensão intracrustal, e as direcções de acreção oceânica (D. MOUGENOT, 1989).

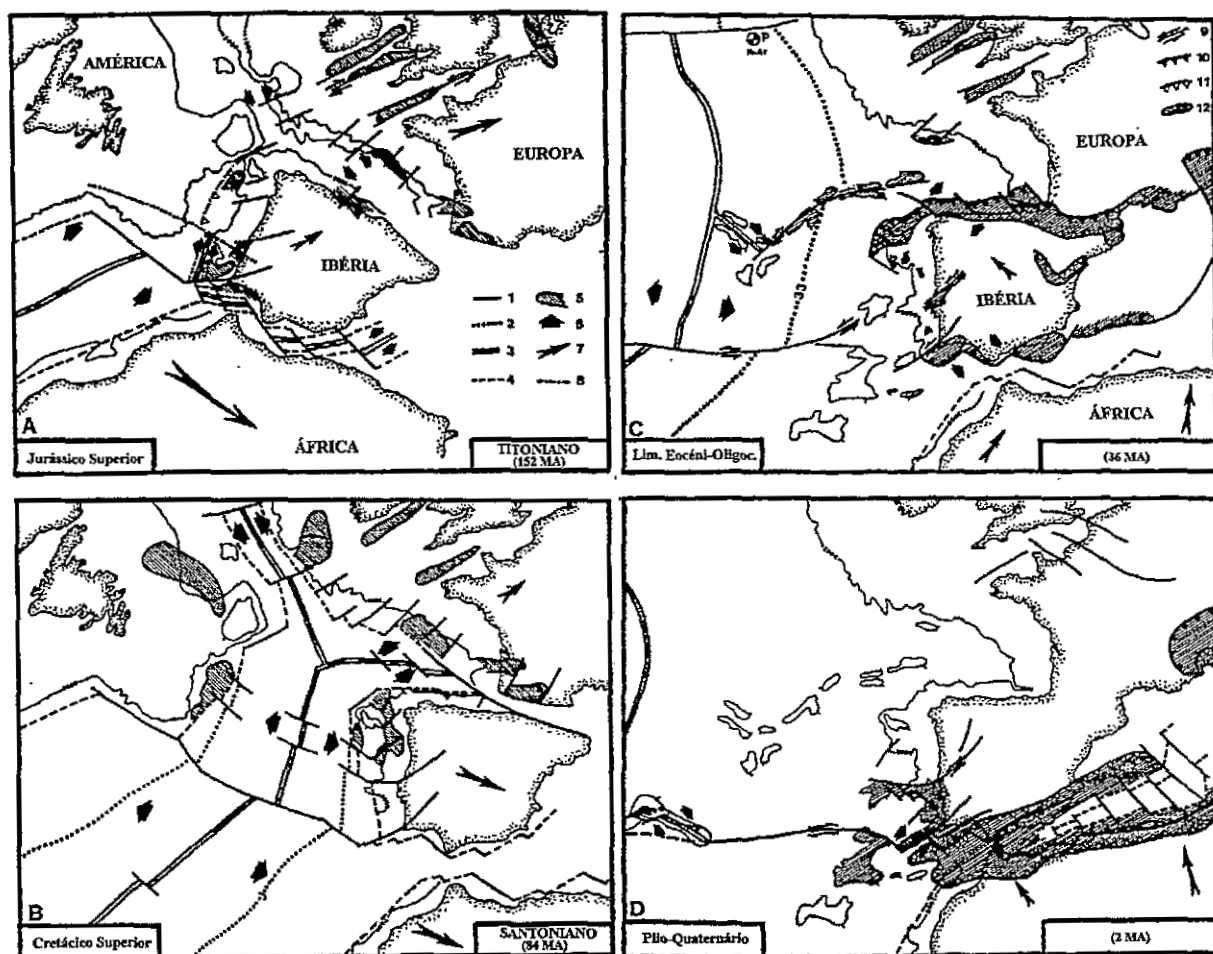


Figura 13 - Evolução da margem continental portuguesa (segundo D. MOUGENOT, 1989). 1 - falha com direcção transformante; 2 - anomalia magnética; 3 - crista oceânica; 4 - limite oceano/continente; 5 - bacia subsidente; 6 - movimento relativo às fronteiras de placas; 7 - direcção e importância do movimento relativo, em relação à América supostamente fixa; 8 - forte descontinuidade no soco; 9 - desligamento; 10 - subducção, colisão ou sutura; 11 - cavalgamento intraplaca; 12 - zona deformada.

Neste período, em que a margem portuguesa evolui em distensão, forma-se durante o Jurássico, a primeira plataforma e um talude incipiente, mas apenas no decurso do Cretácico, se definem claramente, estas duas unidades geomorfológicas (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981; A. R. PEREIRA, 1992).

A partir do final do Cretácico, a microplaca Ibérica vai evoluir principalmente, em compressão, separando o acidente da Nazaré, dois domínios geoestruturais diferentes. A norte gera-se um movimento compressivo (N/S), consequência da colisão da microplaca ibérica, com a placa europeia (figura 13C), de que resultará, o começo do levantamento das serras do norte da península, e das montanhas submersas da Galiza (G. BOILLOT *et al.*, 1979). Este episódio tectónico, do final do Cretácico-Eocénico, é contemporâneo do movimento dextrógiro da microplaca ibérica, induzido pelo deslocamento para norte, da placa africana, cujos reflexos se

manifestaram, em toda a bacia mediterrânea e na Europa, culminando com a tectogênese pirenaica, a subducção e o fecho do Golfo da Gasconha (A. R. PEREIRA, 1992).

A sul, predominam fenómenos de distensão, comprovados pela formação do complexo vulcânico de Lisboa, início da subsidência que individualizou, a bacia cenozóica do Tejo-Sado, pelo jogo das falhas do Baixo-Tejo e da Messejana (A. M. GALOPIM de CARVALHO *et al.*, 1983-85), e a actividade magmática no litoral algarvio (J. C. GRILLOT e C. ALMEIDA, 1981-82).

A convergência entre a África e Europa (aproximadamente, 400 km), inicia-se no Campaniano, provocando subducções, seguidas de colisões da microplaca ibérica, a norte (contração de 150 km), e no sul (contração de 250 km). No fim do Eocénico, quando a sutura das placas Europeia e Ibérica está praticamente terminada, ao longo dos Pirinéus, a subducção de África sobre a Ibéria é acelerada (D. MOUGENOT, 1989).

A colisão destas duas placas, interfere rapidamente nas zonas internas das Cordilheiras Béticas (Oligocénico), que se erguem para W, formando o Arco de Gibraltar (Miocénico). A deformação propaga-se para ocidente, em particular, ao longo da margem portuguesa até ao acidente da Nazaré (D. MOUGENOT, 1989), produzindo a ocupação do fundo do Golfo de Cadiz, pelo lento escoamento de séries alóctenes, que formam actualmente, o olitostroma de Gibraltar. Na outra extremidade da linha Açores-Gibraltar, o movimento relativo Ibéria-África, está na origem da abertura da Dorsal dos Açores (D. MOUGENOT, 1989).

Os estudos desenvolvidos, na margem meridional ibérica e setentrional africana, parecem revelar, que o início da subducção da placa africana, dirigido para norte, segundo uma direcção geral E-W, é anterior ao final do Oligocénico (P. TAPPONIER, 1977; J. MALOD, 1980).

No Miocénico inferior e médio, dar-se-á um regime distensivo, N/S a NE/SW, ao norte da Estremadura, e E/W, no Algarve. C. LEPVRIER e D. MOUGENOT (1984), assim como D. MOUGENOT (1989), pensam poder correlacioná-lo, com a fase de distensão que afectou, todo o sul da Península Ibérica e que ocorreu, do Burdigaliano ao Tortonian, ocasionando a subsidência da plataforma continental, e a transgressão da Bacia do Tejo, que culmina no Miocénico médio (M. T. ANTUNES *et al.*, 1981).

No Neogénico, a plataforma continental foi sujeita à progradação de sedimentos, que se traduziu, na elaboração da actual plataforma continental, pelo afluxo de sedimentos, em consequência da diferenciação geomorfológica, que começou a esboçar-se no final do Cretácico (A. R. PEREIRA, 1992).

Na microplaca ibérica, e nos bordos do mar de Alboran, estabelece-se após o Miocénico médio, um regime de deformação intracontinental, caracterizado por compressão NW/SE, em que se intercalam curtos episódios de distensão, que perduram até aos nossos dias (figura 13D).

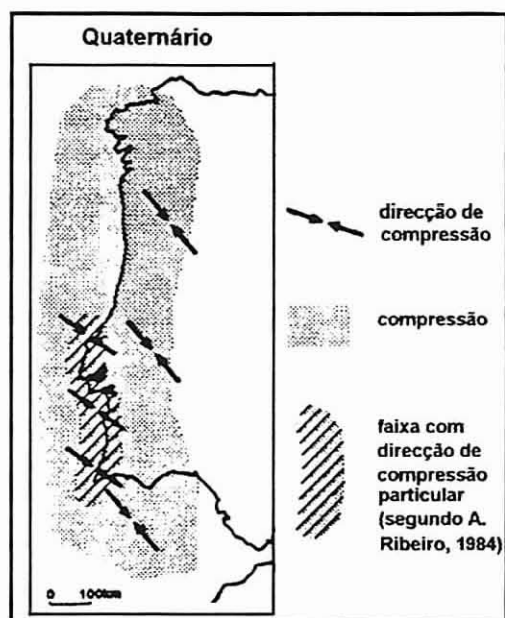


Figura 14 - Regime compressivo no Quaternário, da margem portuguesa (segundo A. R. PEREIRA, 1992).

Segundo A. RIBEIRO (1986), no Quaternário deve estar em vias de desenvolvimento, em direcção a norte, novo acidente de subducção de direcção meridiana (figura 14), possivelmente, localizado na base do talude continental, a oeste da Península Ibérica, com o fundo oceânico a mergulhar sob a península. Esta subducção, explica a ocorrência a certa profundidade, do hipocentro de alguns sismos, ao longo da costa portuguesa ocidental (F. F. MACHADO *et al.*, 1983-85; A. RIBEIRO e J. CABRAL, 1989).

#### - Evolução do canhão da Nazaré

As regras e os problemas, da evolução do canhão da Nazaré, têm a sua resposta, nas solicitações estruturais e no alongamento do leito (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). O jogo mais antigo, parece ser do Cretácico em que o acidente da Nazaré, separa dois domínios geoestruturais diferentes, como já foi anteriormente referido. O rejogo Eocénico, foi suficientemente importante, para que no Luteciano existisse sobre o actual canhão, um vale de ângulo de falha (H. REGNAULD, 1987). A evolução seguinte pode ser sintetizada em três fases.

I) O testemunho mais antigo, da existência de um canhão, localizado sobre o acidente da Nazaré é constituído por uma formação sedimentar endurecida nível endurecido (ver figura 23), datado do Estampiano. A configuração desta superfície, permite reconstituir a forma do vale, no início do Miocénico médio (figura 15, IA). O canhão era então modelado, sobre o fundo de um leito mais curto, mais largo (o seu eixo estaria deslocado para norte), e mais rectilíneo que o actual (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990).

A natureza e as dimensões deste leito, provam que ele era percorrido, por um volumoso e vigoroso trânsito particulado. A actividade morfológica intensa que se exercia, relacionava-se directamente, com uma activa instabilização gravitária, do talude continental, que foi soerguido (figura 15, IIa1) por uma compressão lateral, e adquiriu uma fragmentação muito aproximada, da situação presente (H. REGNAULD, 1987; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990).

Ao material afluyente, das vertentes em plena juventude, juntou-se a carga libertada pelo desgaste activo da plataforma continental, onde o rebordo, já deveria estar entalhado. Nesta altura, o canhão terminava na planície abissal sem leque nem diques marginais.

II) No Miocénico superior e no Pliocénico, a relativa calma tectónica, permitiu um desgaste muito activo, que se manifesta: a montante, pelo aprofundamento e recuo prováveis da cabeceira do canhão, até metade da plataforma (figura 15, IB), graças à degradação do maciço compressivo das Farilhões; para jusante, pela construção da possante acumulação da Crista Gil Vicente, eventualmente, com contributos do canhão de São Pedro (ver figura 3). A esta superalimentação sedimentar, da margem direita, pode ser imputada a degradação gravitária, que afecta o deslocamento correlativo, do leito para sul, e como consequência, o ataque da outra margem recentemente sobrelevada.

III) Os estados quaternários, que resultaram no alongamento e distorção do leito, foram instaurados por uma última fase de estruturação, do talude continental. Os movimentos foram compressivos na margem meridional (figura 15, IC), soerguendo antigas estruturas, caso das cristas Pacheco Duarte e Egas Moniz (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). Estas cristas progrediram para norte, anexando ao talude, territórios da antiga planície abissal, e acentuando o deslocamento do baixo curso, para a direita (fig. 15, IIb2). Comprimido pela elevação (a sul), e a acumulação (a norte), o leito terminal, é um enclave residual da antiga planície abissal Ibérica, que um ínfimo declive longitudinal actual, recorda. O talude continental na margem norte, adquire a presente configuração, de blocos desnivelados por falhas normais submeridianas.



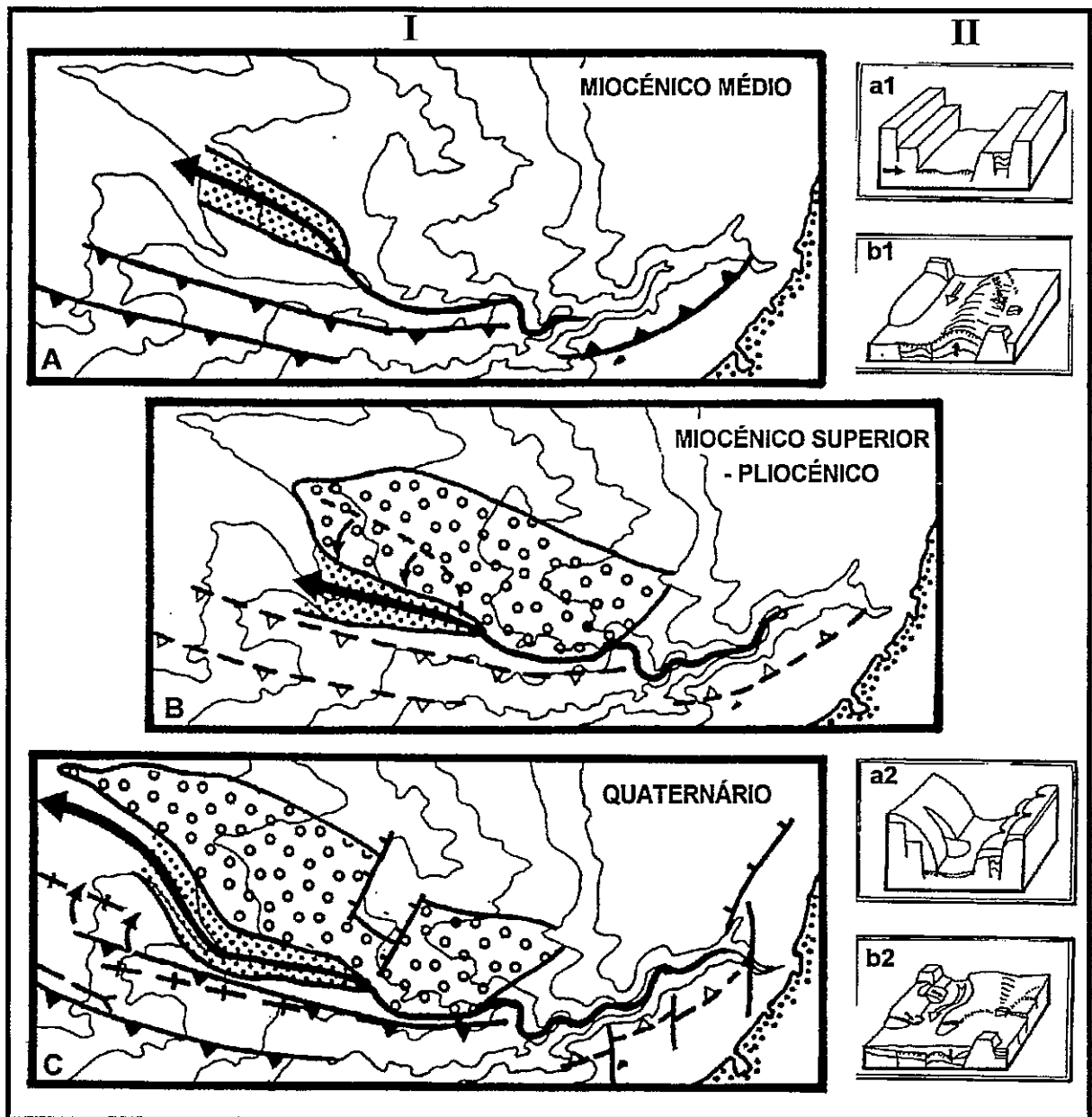


Figura 15 - BLOCO I - evolução estrutural do canhão da Nazaré, no Neogénico (adaptado de D. MOUGENOT, 1989; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). Observa-se o crescimento centrífugo do vale, e a sua migração lateral, submetida aos efeitos contraditórios de desenvolvimento (para sul), da crista sedimentar, e a propagação (para norte), das deformações compressivas. A ponteados: fundo endurecido no eixo do vale (seta); círculos: crista sedimentar. BLOCO II (adaptado de H. REGNAULD, 1987) - evolução do alto curso (a), e da desembocadura abissal do canhão da Nazaré (b). Setas a cheio - movimento gravitatório ou tectónico; Setas a ponteados - trajecto dos fluxos turbidíticos.

H. REGNAULD (1987), acrescenta que nesta última fase, a planície abissal Ibérica, bascula progressivamente para sul, continuando um movimento de subsidência, conhecido do Eocénico ao Miocénico médio (J. L. AUXIETRE e J. P. DUNAND, 1978). Por isso, a parte final do canhão, alonga-se para sul, por alguns canais meridianos, e a carga sedimentar dispersa, à saída do *gouf*, não pôde construir um cone de dejectão, acumulando-se numa vasta planície aluvionar. Uma parte da margem norte, definida como um interflúvio, abateu,

desviando o curso do canhão, e enquanto que a vertente sul é erodida, a vertente norte, progride por erosão gravitária (fig. 15, IIb2).

Ao nível da plataforma, a segmentação do maciço dos Farilhões, permitiu que a forte erosão remontante, triunfasse sobre os últimos obstáculos, desenhados entre a cabeça do canhão, e a costa. A taxa de erosão vertical, foi reduzida pelas oscilações sucessivas do nível marinho, e do clima, e pelo nivelamento final da plataforma continental, apesar dos fenómenos que periodicamente, afectaram o volume sedimentar, afluente à cabeceira do canhão. J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990), pensam que é a concentração linear, do fluxo sedimentar, e de todos os abatimentos gravitários, aliados à vantagem de ser uma artéria única, que possibilitou a abertura do *gouf*, por sobreescavação vertical, e recuo da sua cabeceira, em forma de catarata.

Os mesmos autores, sustentam que o fenómeno poderia ser cumulativo, no sentido, em que cada porção da plataforma reconquistada, pelas correntes de maré e ondas, reforçava o débito sólido, transitante no curso a montante, tornando-o mais competente, para prosseguir a erosão. Após a Transgressão Flandriana (15 000 anos A.P.), pensa-se que o seu recuo, é ainda sensível (aproximadamente, 50 km), se compararmos a posição da cabeceira, com os níveis de abrasão identificados na plataforma, entre -80 e -100 m, atribuídas ao estacionamento da linha de costa, durante a glaciação Wurmiana (P. MUSELLEC, 1974).

H. REGNAULD (1987), conclui que um *gouf* não fluvial, como o da Nazaré, corresponde a um canhão, que tendo inicialmente a sua fonte no rebordo da plataforma continental, durante a subida do nível marinho, foi recuando a sua cabeceira pela plataforma. No entanto, tiveram que se reunir duas condições, para que se realiza-se esta profunda erosão: a) a costa forneceu areias em abundância, que funcionaram como agente de escavação; b) as derivas litorais convergiram, causando um corrente de retorno que funcionou como, motor da escavação.

### **- Evolução do canhão de Setúbal**

A subordinação estrutural do *gouf* de Setúbal, é ilustrada pela sua posição geográfica, uma vez que, se localiza na área, onde se cruzam acidentes tectónicos importantes, o alinhamento do Tejo, e da falha de Grândola. No entanto, esta relação, não está tão bem documentada como no caso do canhão da Nazaré (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981). O que se conhece, é a evolução paleogeográfica da área, que nos ajuda a interpretar, a possível

evolução do *gouf*, principalmente, os estados mais recentes, dada a presença de elementos morfológicos e litológicos, que permitem localizar, alguns episódios fundamentais da sua génese. A evolução do *gouf* de Setúbal, também pode ser sintetizada, em três fases:

I) - O curso médio do *gouf*, corresponde provavelmente, a um corredor tectónico que formava o antigo canhão, que erodiu o talude, ao longo da dobra principal da Arrábida, no Burdigaliano (figura 16A). Este vale, evacuava os produtos da superfície de erosão infra-tortoniana, e seria também alimentado, por um antigo curso de água, que recolheria no Miocénico, as águas do Tejo e do Sado, que circulava a este da Arrábida (D. MOUGENOT, 1976; G. COPPIER, 1982).

Nesta época, a plataforma sofre uma subsidência (figura 16C), e é coberta por deltas progridentes para sul, que ultrapassam a cabeceira do canhão de Setúbal, que não existia. Os aluviões que alimentavam estes deltas, provinham das zonas soerguidas pela compressão Miocénica, a cadeia da Arrábida, a montanha de Camões, o Maciço de Sintra, e o planalto de Afonso de Albuquerque (D. MOUGENOT, 1989).

II) - Do Messianano ao Pleistocénico (figura 16B), numerosas oscilações eustáticas, modificaram profundamente a paleogeografia da área, continuando o recuo do canhão pelo talude, e começando a reunirem-se, as condições para se formar, o curso superior. Vários episódios de ravinamento sucedem-se, ao ponto de constituírem, um enredo complexo de paleovales. Mas, para uma grande parte, 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). Os afloramentos pliocénicos (figura 16B), desenham dois golfos, em redor dos canhões de Lisboa e de Setúbal, mas, os vastos aplanamentos pliocénicos que cobrem a Estremadura, e mesmo a cadeia da Arrábida, mostram que o mar era bastante mais extenso nesta época, do que indicam os afloramentos (D. MOUGENOT, 1989).

III) - No coração da plataforma, constata-se que o vale, é inteiramente escavado no seio do Pliocénico, cujas camadas progridem para sul, nas duas margens do canhão (G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982). Por isso, o curso superior do canhão, foi escavado depois do estabelecimento da rede de paleovales quaternários, dispostos em ramos afluentes, na sua margem setentrional. 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 (Figura 16B).

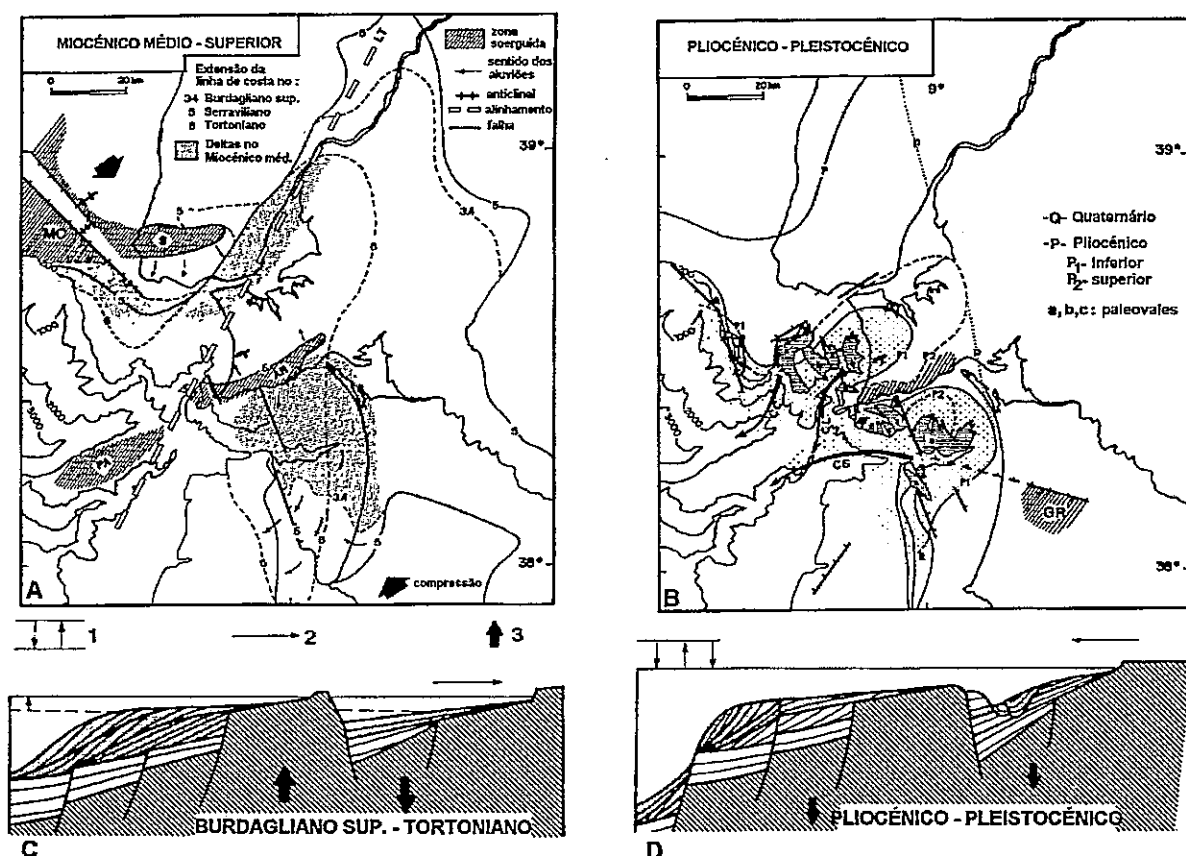


Figura 16 -- As três etapas de evolução paleogeográfica, no Neogénico, da região de Lisboa (segundo G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982).

Cartas: - no continente, limite das transgressões segundo M. T. ANTUNES (1980); no mar, limites (de erosão) deduzidos a partir dos afloramentos das diferentes camadas; AR - cadeia da Arrábida; BE - bacia de Ericeira; CC - canhão de Cascais; CL - canhão de Lisboa; CS - canhão de Setúbal; GR - maciço de Grândola; LT - alinhamento do Tejo; MC - montanha de Camões; PA - planalto de Albuquerque; S - maciço de Sintra. Cortes geológicos esquemáticos relativos à evolução paleogeográfica representada nas cartas. (1) - variação relativa do nível marinho; (2) - transgressão ou regressão; (3) - movimento tectónico.

É neste período, que também se dá o soerguimento dos maciços de Grândola, da Arrábida e da Estremadura, com as deformações do Pliocénico marinho (GUERY, 1984), e dos depósitos de rãna vilafranquianos (A. RIBEIRO, 1980), a testemunhar a compressão (figura 16D). A erosão destes relevos soerguidos, está na origem dos importantes fornecimentos detríticos, que vão contribuir para a abrasão da plataforma, para a escavação de ravinas, e recuo das cabeceiras dos canhões (D. MOUGENOT, 1989). O curso superior do canhão, verdadeiramente sobreposto às formações progressivas miocénicas, provenientes da Arrábida, não parece estar subordinado à estrutura, excepto, se tivermos em conta que a cabeceira actual, parece localizar-se no enfiamento da falha de Grândola, remobilizada no Plio-Quaternário (D. MOUGENOT, 1989). Concluindo, 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.

**QUADRO IV - SÍNTESE DA EVOLUÇÃO DA MARGEM E DOS GOUFS PORTUGUESES.**  
 (baseado nos trabalhos de J.R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981; H. REGNAULD, 1987; D. MOUGENOT, 1989; A. R. PEREIRA, 1992)

| IDADE   | Litoral   | margem portuguesa  | canhão da Nazaré   | canhão de Setúbal   |
|---|---|--|--|---|
| (2 Ma)<br><b>QUATERNÁRIO</b>                                    | Q<br>U<br>A<br>T<br>P<br>L<br>S<br>T<br>→<br>.....<br>→<br>.....<br>← | - subducção na base do talude continental sul da Península Ibérica<br>- remobilização dos diapiros<br>- levantamento dos blocos litorais (Serra de Grândola, Arrábida)<br>- compressão ao norte da Nazaré<br>- remobilização intraplaca pela colisão África/Ibéria | - preenchimento dos paleovales<br>- recuo da cabeceira pela plataforma<br>- alongamento e distorção do leito<br>- desligamentos na margem norte<br>- soerguimento da margem sul  | - recuo da cabeceira pela plataforma continental<br>- preenchimento dos paleovales<br>- formação do curso superior<br>- soerguimento do maciço da Arrábida e da serra de Grândola   |
| PLIOCÉNICO<br><br>(5 Ma)<br><br>MIOCÉNICO                       | P<br>L<br>I<br>C<br>S<br>U<br>P<br>→<br>.....<br>←<br>.....           | - retoques na plataforma continental<br><br>- rejogos nos acidentes tardihercínicos<br>- cavalgamento da Arrábida  | - formação de paleovales na plataforma continental<br>- edificação por fluxos turbidíticos da Crista Gil Vicente<br>- forte actividade turbidítica<br>- aprofundamento e recuo da cabeceira até metade da plataforma continental<br>- forte erosão do vale | - formação duma rede de paleovales na plataforma continental<br>- recuo da cabeceira no talude<br>- forte erosão do vale no talude<br>- oscilações eustáticas   |
| MIOCÉNICO<br><br>(25 Ma)  | M<br>E<br>D<br>I<br>N<br>F<br>→                                       | - cavalgamentos nos acidentes tardihercínicos (Arrábida, Nazaré, cordilheira central)<br>- subducção Ibéria/África a oeste<br><br>- compressão no acidente da Nazaré<br>- formação da plataforma actual<br>- progradação de sedimentos na plataforma               | - rejuvenescimento das escarpas<br>- entalhe do rebordo da plataforma<br>- canhão mais curto, mais largo e rectilíneo<br>- escavação do canhão<br>- talude a sofrer fragmentação provocada pelos movimentos compressivos                                   | - formação de um vale no talude<br>- abertura de corredores tectónicos<br>- erosão do maciço da Arrábida<br>- soerguimento do planalto de Albuquerque<br>- soerguimento do maciço da Arrábida<br>- camadas do Burdagliano enterrado sobre a plataforma para sul |
| (40 Ma)<br><b>OLIGOCÉNICO</b><br><br>(65 Ma)<br><b>EOCÉNICO</b> | ←<br><br>→  | - basculamentos e diapirismo<br>- colisão Ibéria/África<br>- emersão da plataforma<br>- fecho do golfo da Gasconha<br>- levantamentos compressivos no norte da península Ibérica<br>- colisão Ibéria/Europa  | - delineamento do canhão<br>- superfície de erosão estampiana<br>- colmatação parcial do vale<br><br>- vale de ângulo de falha<br><br>- separação de dois domínios geoestruturais pelo acidente da Nazaré  | - delineamento do canhão ??   |

→ **Transgressão**      ← **Regressão**

## 2.2 - Síntese das características geomorfológicas.

### - Canhão da Nazaré

Trata-se do canhão mais bem estudado da nossa margem (C. FREIRE de ANDRADE, 1937; G. BOILLOT *et al.*, 1974, 1975; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981; H. REGNAULD, 1987; D. MOUGENOT, 1989; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). Os numerosos perfis sísmicos, as várias dragagens e sondagens permitem conhecer, com algum pormenor, as formações geológicas em que se desenvolve. A sua morfologia já foi objecto de várias análises, e as características morfométricas (quadros V e VI), estão definidas no trabalho de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990).

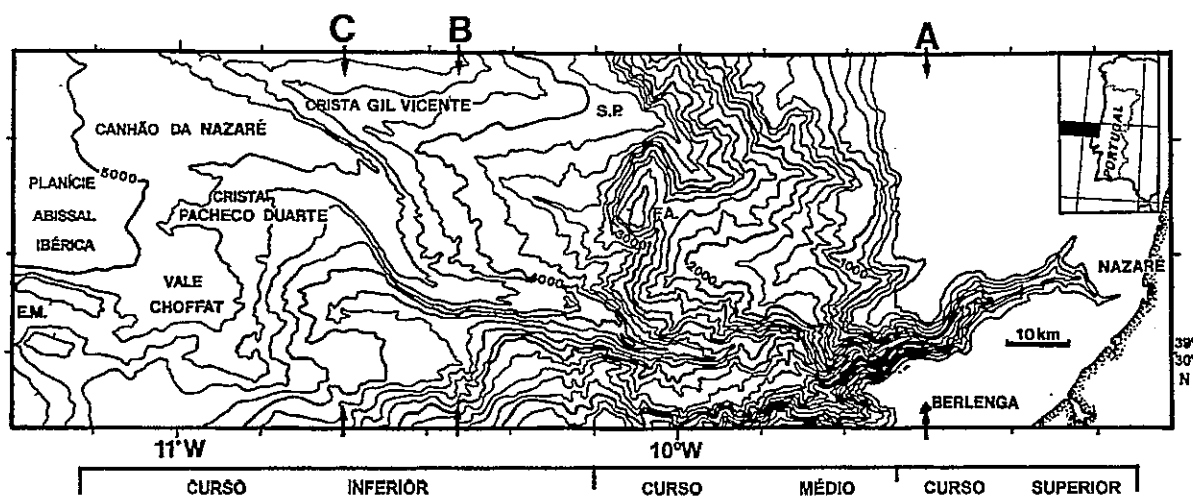


Figura 17 - Esboço batimétrico do Canhão da Nazaré (segundo D. MOUGENOT, 1989). As letras A, B, C identificam os perfis sísmicos referenciados no texto. E. M. - canhão Egas Moniz, F. A. - Monte Freire de Andrade; S. P. - canhão de São Pedro.

O traçado geral do canhão, E-W (figura 17), apresenta a particularidade assinalada por F. P. SHEPARD e R. F. DILL (1966), de seguir um curso em baioneta, por mais de 120 km, até à profundidade de 3400 metros (H. REGNAULD, 1987).

Como curso superior<sup>4</sup>, entende-se a parte do canhão compreendida, entre a costa e o meridiano das Ilhas Farilhões), abrangendo a parte do vale submarino, que corta a plataforma continental (GROUPE TRANSMARGE, 1982).

<sup>4</sup> Para os dois canhões iremos aplicar a subdivisão em curso superior, médio e inferior. Estes cursos, correspondem a segmentos do canhão, que possuem características morfológicas semelhantes, além de nos facilitar a abordagem dos diferentes troços dos canhões.<sup>49</sup>

Genericamente, é constituído por canais estreitos e profundos, 1000 a 1500m de encaixe, dispostos ortogonalmente, segundo as direcções NE/SW e NW/SE), adaptados a uma zona de fracturas (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). O talvegue sinuoso apresenta um declive longitudinal, relativamente elevado (3,2%).

Quadro V - Morfometria do canhão da Nazaré : perfil longitudinal.

| Curso    | Profundidade (m) |         | comprimento (km) | gradiente (m/km) | leito                                       |
|----------|------------------|---------|------------------|------------------|---|
|          | montante         | jusante |                  |                  |   |
| Superior | 10               | 1700    | 53               | 32               | curvas recortadas por segmentos rectilíneos |
| Médio    | 1700             | 2600    | 11               | 82               | meandros e sinuosidades                     |
|          | 2600             | 4100    | 52               | 29               |   |
| Inferior | 4100             | 4800    | 53               | 13               | canais paralelos                            |
|          | 4800             | 5000    | 58               | 3                |   |
| Total    | 10               | 5000    | 227              | 22               | aplanamento                                 |

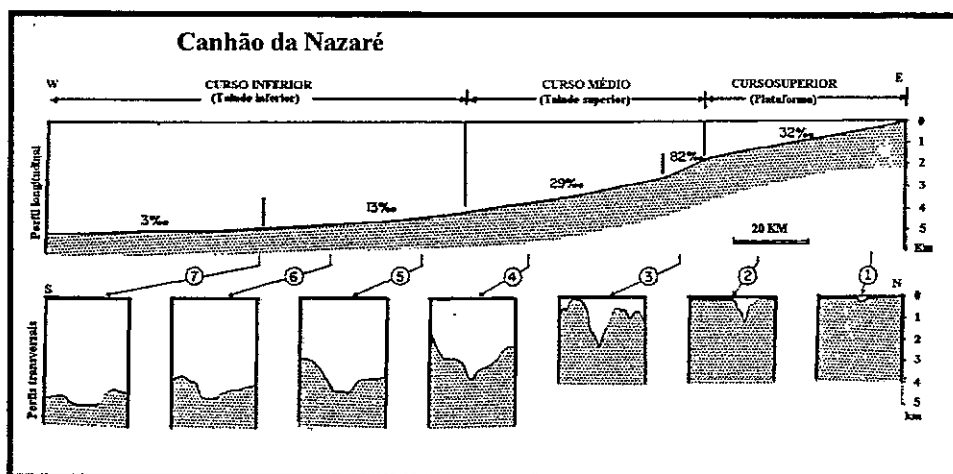


Figura 18 - Perfil longitudinal e perfis transversais do canhão da Nazaré

Quadro VI - Morfometria do canhão da Nazaré: perfis transversais

| Curso    | Definição morfológica             | Nº do perfil (km depois da origem) | VERTENTES      |         |                    | LEITO                          |         |                  |              |          | Perfil |
|----------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|---------|--------------------|--------------------------------|---------|------------------|--------------|----------|--------|
|          |                                   |                                    | Declive (m/km) |         | Desnível total (m) | Altura das máximas margens (m) |         | Profundidade (m) | Largura (km) | Simetria |        |
|          |                                   |                                    | Esquerda       | Direita |                    | Esquerda                       | Direita |                  |              |          |        |
| Superior | rebordo da plataforma continental | 1 (9)                              | 179            | 164     | 230                | 200                            | 230     | 300              | 3            | SIM      |        |
|          |                                   | 2 (39)                             | 354            | 319     | 1190               | 1190                           | 1160    | 1300             | 5.6          | SIM      |        |
| Médio    | talude continental superior       | 3 (60)                             | 440            | 404     | 2800               | 2200                           | 1700    | 2300             | 6.4          | SIM      |        |
|          | planaltos escalonados e ravinas   | 4 (100)                            | 357            | 154     | 1700               | 700                            | 500     | 3700             | 7.6          | NÃO      |        |
| Inferior | talude continental inferior       | 5 (128)                            | 224            | 86      | 1500               | 1500                           | 400     | 4300             | 7            | NÃO      |        |
|          | cristas alongadas e               | 6 (152)                            | 179            | 82      | 1000               | 700                            | 200     | 4600             | 6.7          | NÃO      |        |
|          | dissecadas                        | 7 (171)                            | 134            | 167     | 600                | 200                            | 400     | 4800             | 9.8          | NÃO      |        |







Segundo H. A. KARL (1980), esta corrente, é aspirada até ao rebordo da plataforma, criando um “*via de transporte preferencial*”, que acaba por escavar as cabeceiras do gouf, assumindo o canhão, um traçado normal à linha de costa (D. FELIX *et al.*, 1971; R. M. BEER *et al.*, 1971).

A orientação e estrutura do segundo troço (figura 19, bloco II), definem-no como um desfiladeiro de erosão, perpendicular a uma antiga linha de costa, que uma arriba submersa testemunha. J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981), consideram-na antecedente, à deformação do Miocénico superior (10 Ma aproximadamente), no entanto, H. REGNAULD (1987), sustenta que esta hipótese implica uma fraca velocidade de incisão, 300m em 5 Ma. Propõe, por isso, a origem por sobreimposição, que corresponde a uma maior eficácia da erosão. O referido autor, adianta uma boa explicação para o facto, afirmando que “*Se aceitarmos a ideia, que os processos de escavação são actuais, e que o seu motor é a convergência das derivas litorais, então podemos concluir que a cada estacionamento da linha de costa, se estabeleceu uma nova geometria das derivas, e por isso, uma nova direcção da escavação* (pg. 78).” Desta forma, o segundo troço deve ter sido escavado, quando a arriba submersa funcionava como linha de costa, isto é, durante a transgressão Flandriana, o que pressupõe uma escavação mais enérgica (300m em 13 000 anos), um valor comparável aos que se medem nas plataformas, das regiões frias.

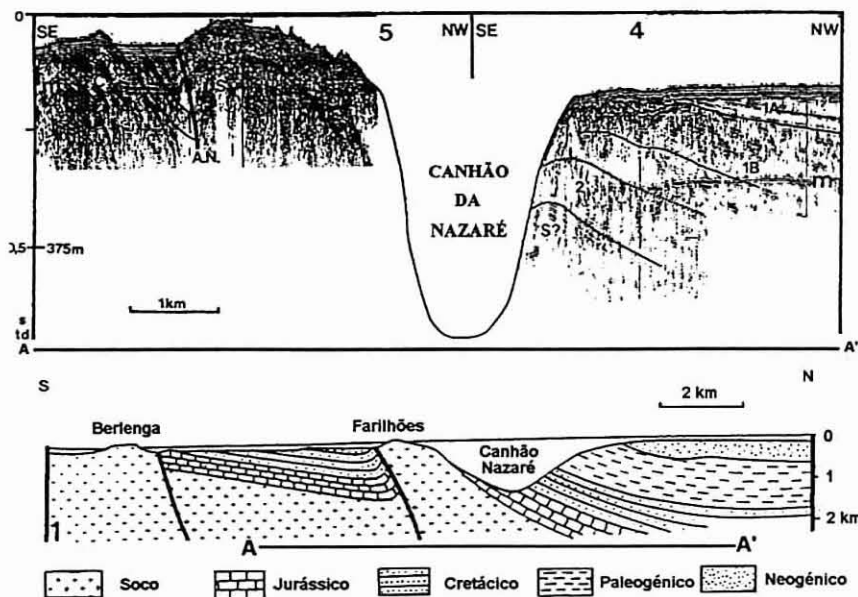


Figura 20 - Corte geológico esquemático, e perfil sísmico transversal (A), do curso superior do Canhão da Nazaré. AN - acidente da Nazaré; C - Cretácico; m - múltiplo do fundo; unidades sísmicas: 1A - Miocénico médio a Quaternário, 1B - Eocénico superior a Miocénico inferior, 2 - Cretácico Superior a Eocénico médio, S - soco acústico.

O terceiro troço é mais estrutural (figura 19, bloco III), alinhando-se paralelamente, ao elemento tectónico determinante desta área - o acidente da Nazaré. O troço tem 25 km de extensão, e forma a sua parte essencial, sob a plataforma continental (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981). A margem norte, é uma escarpa comparável, a uma costeira, e a margem sul, é escavada sobre o reverso do cavalgamento, que caracteriza o acidente da Nazaré neste sector.

O acidente da Nazaré, é um antigo desligamento tardi-hercínico (G. BOILLOT *et al.*, 1974), remobilizado durante o terciário. A sua configuração actual, é a de uma falha inversa (cavalgante para sul na plataforma, e para norte, no talude continental, constituindo uma fronteira estrutural, entre a margem deslocada da Estremadura, a sul, e a da Beira Litoral de estrutura monoclinial, a norte (figura 20). Sabe-se por intermédio de sondagens realizadas (furo 17 E1 - da Shell, a nordeste da Berlenga *in* D. MOUGENOT, 1989) que o soco, situado a 2300 m de profundidade, está coberto por evaporitos (645 m), e por uma espessa série calcária Jurássica (1200 m, aproximadamente). Por isso, o soco metamórfico, cavalga o enchimento da Bacia Lusitânica (figura 19, bloco III), ele próprio, deformado por diapirismo (figura 19), factos que explicam, a forma complexa dos afloramentos Jurássicos e Cretácicos da plataforma (D. MOUGENOT, 1989). O acidente interrompe-se para o litoral (figura 21), mas a sua direcção coincide, com o prolongamento de um desligamento tardi-hercínico, a falha da Nazaré (N55), que se pode seguir por 300km através da Península Ibérica (G. BOILLOT *et al.*, 1974).

O quarto troço, segue igualmente a direcção do cavalgamento (figura 20, bloco IV), mas os pormenores do seu traçado, podem-se explicar, partindo da ideia que o desenho da sua forma actual, só se fez, a partir do último episódio transgressivo marinho (H. REGNAULD, 1987). Justificam esta ideia, os factos do *gouf*, ter um talvegue sinuoso num curso rectilíneo, comportar numerosos tributários, que formam vales suspensos acima do talvegue, e por apresentar rupturas de declive no perfil longitudinal.

O curso médio, abrange o vale compreendido, entre o meridiano das ilhas dos Farilhões e os 10° 10' W (figura 17). Caracteriza-se pelo vigor das suas vertentes subverticais, pelo declive elevado, do perfil longitudinal (10% a 9°40'W), e por bruscas mudanças na orientação do talvegue. Estruturalmente, trata-se de uma sucessão de acidentes perpendiculares, no qual o canhão ocupa, a linha de maior declive, numa rede de fracturas ortogonais (Figura 22). Localmente, as rupturas nas direcções, são suavizadas pela erosão linear, que escava a margem

côncava. À semelhança do que acontece, nos meandros fluviais encaixados, a oposição entre as concavidades, com forte declive e os lóbulos suaves, da margem convexa, atestam uma migração do talvegue, associada ao alargamento do caudal. Segundo H. REGNAULD (1987), não se pode por isso, falar de meandros, no sentido estrito, pois eles não fazem mais, do que modelar, um traçado de origem tectónica.

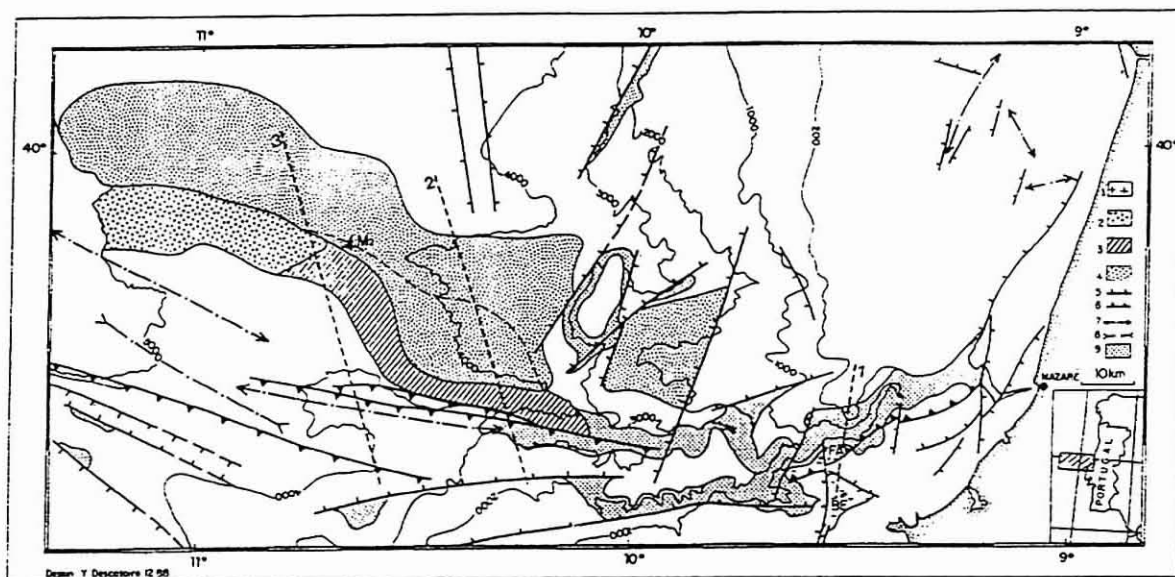


Figura 21 - - Situação estrutural do caudal da Nazaré (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). 1 - afloramento do soco hercínico; 2 - cobertura arenosa da desembocadura do caudal; 3 - nível endurecido, aparentemente, sobre o leito do caudal e sob a crista sedimentar (linha a tracejado); 4 - crista de evacuação turbidítica; 5 - falha normal, 6 - falha inversa; 7 - eixo de anticlinal; 8 - eixo de sinclinal, 9 - afloramento do soco acústico. BE - Ilha da Berlenga; FA - Ilhas dos Farilhões; M2 - dragagem de argilas siltosas do Miocénico médio/superior.

Neste curso médio, a erosão cursitária a sul, é possante, como provam algumas ravinas quilométricas. A maior, abre um anfiteatro gigantesco, em forma de *recullé*, no substrato Jurássico, a sul dos Farilhões. É o Vale da Berlenga (figura 21), cuja cabeceira é formada por paredes semi-circulares ravinadas (algumas podem exceder os 500m de altura), e que se prolonga por um curto canal sinuoso. A pequena elevação, e o caos topográfico que constituem a sua parte terminal, evocam para J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981), um gigantesco movimento de massa.

Entre os 3000 e os 3500m, o traçado do talvegue é rectilíneo. A vertente sul é uma escarpa de falha inversa, em que o aspecto geral, em degraus, sublinha de forma evidente, a presença de blocos falhados, alinhados sobre o flanco do acidente da Nazaré. O mais significativo destes blocos, o Terraço Fleury, que se estende entre os 2500 e os 3000m, é o reverso sedimentado e pouco entalhado, de um deles (figura 22).

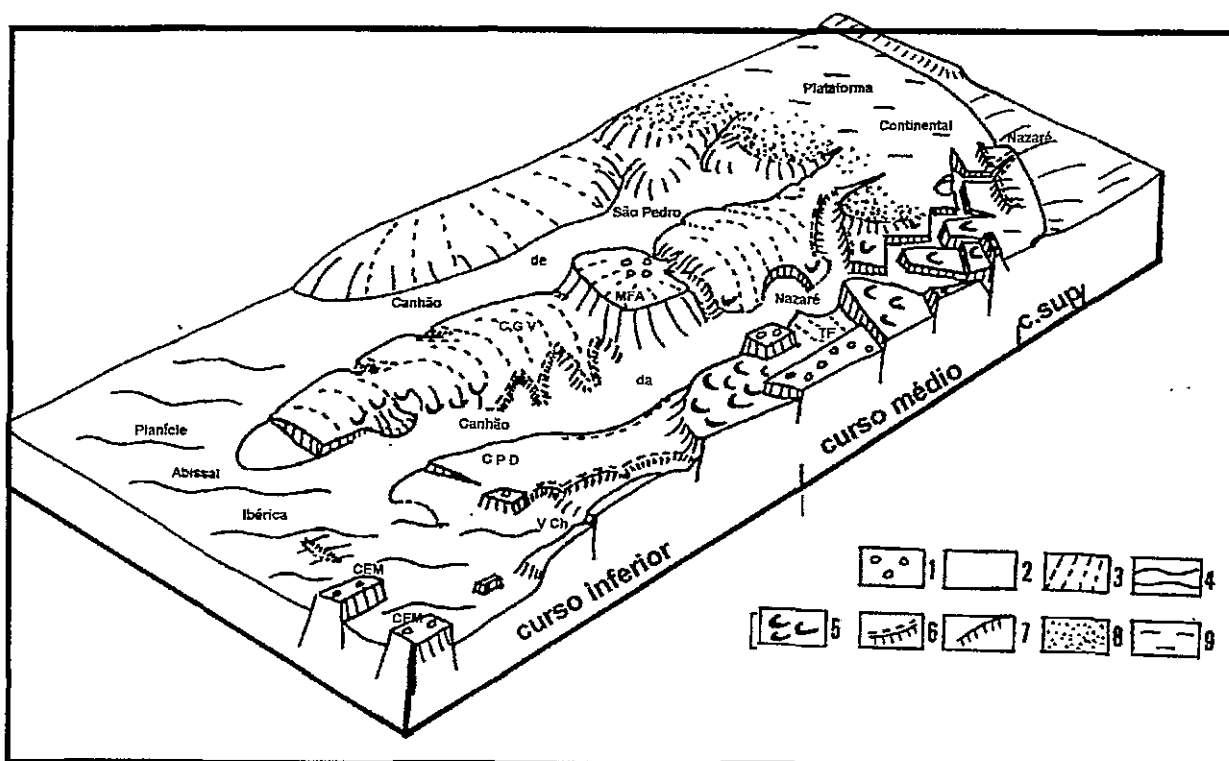


Figura 22 -- Superfícies e formas de modelação no canhão da Nazaré (segundo H. REGNAULD, 1987). 1 - superfície desnivelada pela tectónica miocénica, 2 - topografia de erosão cursitária, 3 - vertente dissecada, com canais e ravinas; 4 - superfície de acumulação canalizada; 5 - vertente sujeita a deslizamentos; 6 - entalhe erosivo; 7 - entalhe estrutural; 8 - superfície de acumulação com erosão perto do rebordo da plataforma, 9 - superfície de erosão. CEM - Cadeias Egas Moniz; CGV - Crista Gil Vicente; CPD - Crista Pacheco Duarte; MFA - Monte Freire de Andrade.

A margem norte, distingue-se pelo seu escalonamento, e pela importância das direcções N/S (figura 21). Segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990), de este para oeste temos (figura 22): - um talude superior modelado num prisma terciário, regularmente convexo e pouco entalhado, cujo alisamento será operado por correntes de contorno, dado que não existem leques submarinos, associados a canais ou a diques (D. G. ROBERTS e R. B. KIDD, 1984; J. GARDNER e R. B. KIDD, 1987); - uma vertente degradada, por processos gravitários, e por curtas ravinas suspensas sobre o canhão, no flanco sul, bem como, por ravinas ramificadas, em volta do curso em baioneta, do canhão de São Pedro, no flanco norte; - o Monte Freire de Andrade (2070 m), um antigo *horst* que possuiu como cobertura, uma fina espessura de sedimentos pós-miocénicos, e os flancos falhados, foram erodidos em séries mais consolidadas. O istmo que o liga ao talude, é devido a um desgaste do substrato terciário, favorecido por um cruzamento de falhas (figura 21).

Para o curso inferior (o vale a jusante os 10°10'W), a isóbata dos 4000m delimita fielmente o leito do canhão, agora muito diferente, dos segmentos encaixados a montante. O

vale forma um corredor, gradualmente mais largo (de 4 a 10 km), e o declive longitudinal suaviza-se (0,8%). As secções transversais, têm o aspecto de gargantas com fundo plano, perpendicular a duas cristas sobrelevadas (Figura 23). O eixo do talvegue é difícil de traçar, em virtude, da sua fraca incisão (5 a 10m), apresentando canais subparalelos, separados por lóbulos aplanados e alongados (GROUPE TRANSMARGE, 1982).

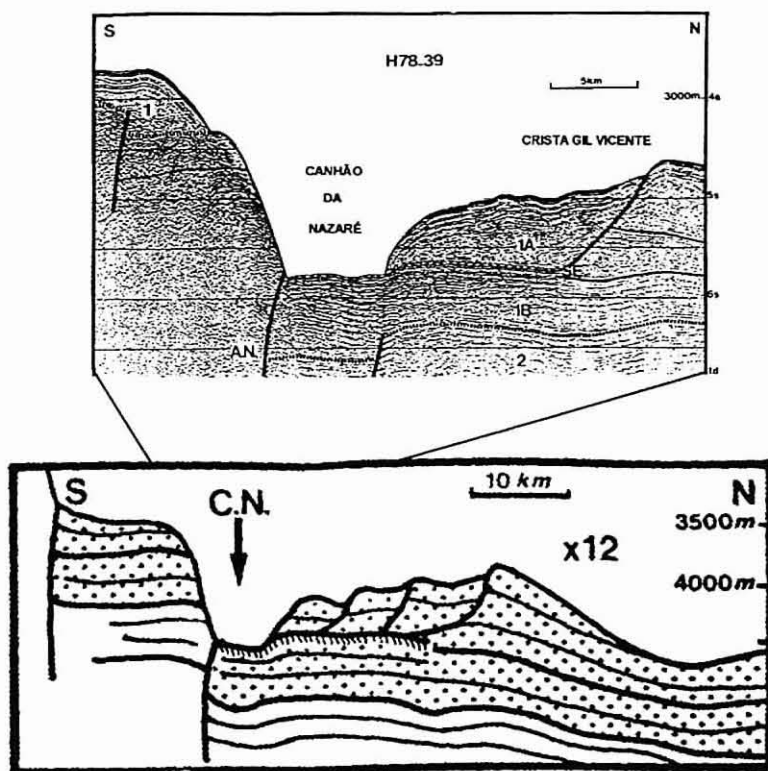


Figura 23 - Perfil sísmico (B) do curso inferior (segundo D. MOUGENOT, 1989). O acidente da Nazaré (AN) cavalga para norte, face a uma superfície endurecida (Estampiano ?) coberta pela crista Gil Vicente. SE - superfície endurecida; 1A - Neogénico; 1B - Paleogénico; 2 - Cretácico superior.

A ladear o canhão temos vertentes suaves, na margem norte, e vertentes íngremes, afectadas por sapeamento lateral, na margem sul.

Os perfis sísmicos, indicam que o leito, se confunde com um horizonte de forte reflectividade, que se pode seguir pela margem meridional (figura 23). Trata-se, provavelmente, de um nível endurecido, semelhante aos que se encontram, nas vasas compactadas por correntes rápidas, no fundo dos vales abissais (D. MOUGENOT, 1989; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). Uma amostra silto-argilosa, recolhida logo abaixo deste nível, foi datada do Miocénico médio/superior, elemento que permite identificar, uma fase decisiva da modelação do leito.

Para lá dos 10°40' W, o fundo é um leito de acumulação, onde as areias (J. C.

FAUGÈRES *et al.*, 1984), regularizam uma vasta área (entre os 4800-5000m de profundidade). Os relevos das margens, são colinas modeladas no *glacis* continental, suavemente inclinado.

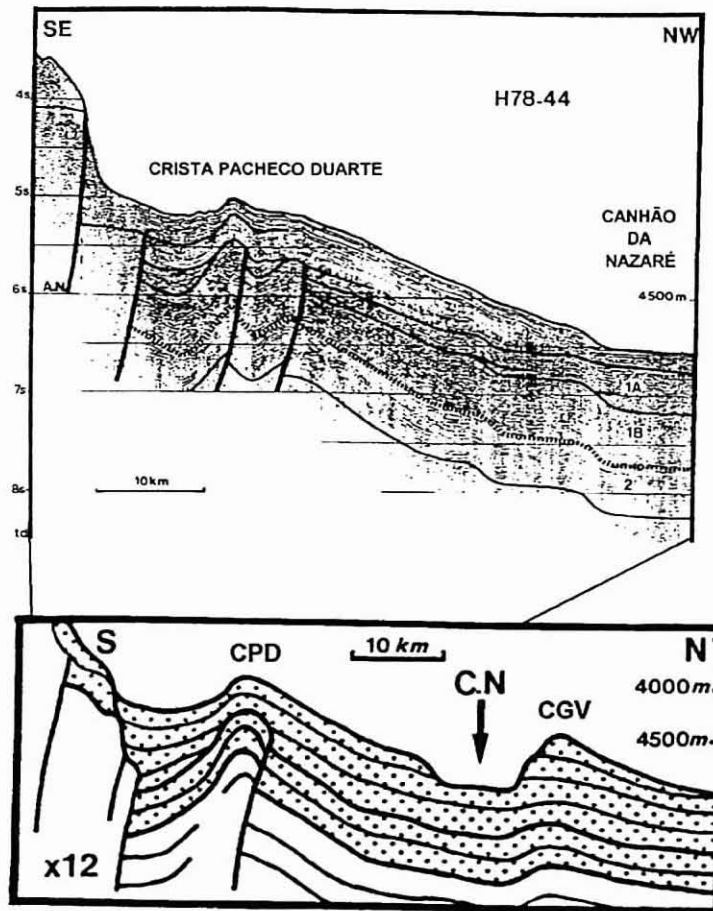


Figura 24 - Perfil sísmico do curso inferior (C), segundo D. MOUGENOT, (1989). CPD - Crista Pacheco Duarte; CGV - Crista Gil Vicente. 1A - Neogénico; 1B - Paleogénico; 2 - Cretácico superior.

As elevações da margem esquerda (Figura 24) do canhão, são formas estruturais, soergidas pelo esforço compressivo, exercido na frente do acidente da Nazaré (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). A posição e o levantamento que sofreram, impossibilitaram a sua cobertura, por volumosos contributos turbidíticos, como acontece com a crista a norte. A crista Pacheco de Andrade, pequena montanha ribeirinha (3600m), é um anticlinal que foi soerguido até ao Quaternário. Segundo H. REGNAULD (1987), este levantamento, é evidenciado pelo forte sapeamento lateral (700m de comando até ao leito), que o canhão realiza, no flanco norte da crista. Esta crista, constitui o interflúvio, que separa o canhão da Nazaré do Vale Choffat, configurado em berço largo, aproximadamente, por 10 km.

Trata-se de um *val* preenchido, facto que lhe confere um fundo plano. A oeste deste vale, temos uma dupla série de *horsts*, estreitos e descontínuos, as cadeias Egas Moniz (figura 22).

A crista Gil Vicente, que ladeia o canhão a norte, é caracterizada por: alongar-se por 75 km, e formar um dique, no sopé do Monte Freire de Andrade; ter um cimo rectilíneo, segundo um eixo ESE/WNW; apresentar um flanco sul, que toma a forma encurvada do talvegue, do canhão da Nazaré, e que sofre abatimentos gravitários, a jusante; ter um flanco norte rectilíneo, ao longo do canhão de São Pedro; apresentar uma topografia erodida, por numerosos tributários do *gouf*.

Sobre a origem desta crista há duas opiniões, J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990), consideram que a sua edificação, se deve a um possante escoamento turbidítico, até formar um interflúvio quase rectilíneo. Sustentam a sua opinião, baseando-se nos dados recolhidos em três *carottes*, do curso inferior do canhão (missão Faegas-IV da Universidade de Bordéus). Elas demonstram, que os depósitos quaternários, foram submetidos a uma dinâmica sedimentar, onde predominam as correntes de turbidez (J. C. FAUGÈRES *et al.*, 1984). Durante o WURM (baixo nível marinho), a sedimentação sobre a crista norte, foi importante, 20 cm/1000 anos, e caracteriza-se por uma grande abundância de leitos silto-arenosos. Pelo contrário, a sul do canhão, os depósitos são fracos, 1,6 cm/1000 anos, e formam vasas homogêneas. No Holocénico (alto nível marinho), as taxas são também mais fortes no lado norte, 17,4 cm/1000 anos, mas a sul, aumentam para 8,6 cm/1000 anos, em consequência dos contributos provenientes das suspensões hemipelágicas. A taxa elevada de sedimentação, durante o período pós-glaciar, explica-se pela captação na cabeceira do canhão, das areias remobilizadas na plataforma, aquando da transgressão Flandriana.

Segundo os referidos autores, estes dados estabelecem a origem turbidítica da Crista Gil Vicente, e confirmam a influência da força de Coriolis, que desvia para a direita, as correntes e os seus depósitos.

H. REGNAULD (1987), acha que apenas considerar a hipótese, da construção turbidítica, não responde a alguns argumentos, que a contrariam. Por isso, o autor propõe uma explicação compósita, que pressupõe a actividade turbidítica, aliada a um soerguimento tectónico. Justifica a sua ideia, levantando algumas questões, tais como: a de não se conhecerem fluxos turbidíticos semelhantes no mundo, que tenham construído uma forma tão imponente (mais de 1500 metros de espessura, 10 km a norte do talvegue); se foram os fluxos que construíram um depósito tão imponente, porque razão não existe um igual, no final do

canhão de Setúbal, que também é um *gouf* e porque motivo esta crista, não tem a forma de um leque submarino. Propõe por isso, que para além da construção turbidítica, ela tenha uma origem estrutural, já que é exactamente paralela, às direcções dos horsts a sul do canhão, e se partirmos do princípio que o *gouf* já existia no Estampiano, com maior extensão, a hipótese turbidítica, não explica a ocorrência de depósitos mais antigos nesta crista. Crêmos que a explicação correcta está mais perto do pensamento deste autor.

### - Canhão de Setúbal

O canhão de Setúbal, não está tão bem estudado como o da Nazaré, no entanto, os traços gerais da sua morfologia e morfometria, são conhecidos (D. MOUGENOT, 1976; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981; G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982; H. REGNAULD, 1987; D. MOUGENOT, 1989), assim como, o contexto geológico (G. BOILLOT *et al.*, 1974), em que se desenvolve, uma vez que, a área já foi objecto de algumas campanhas oceanográficas, e já se efectuaram algumas sondagens profundas.

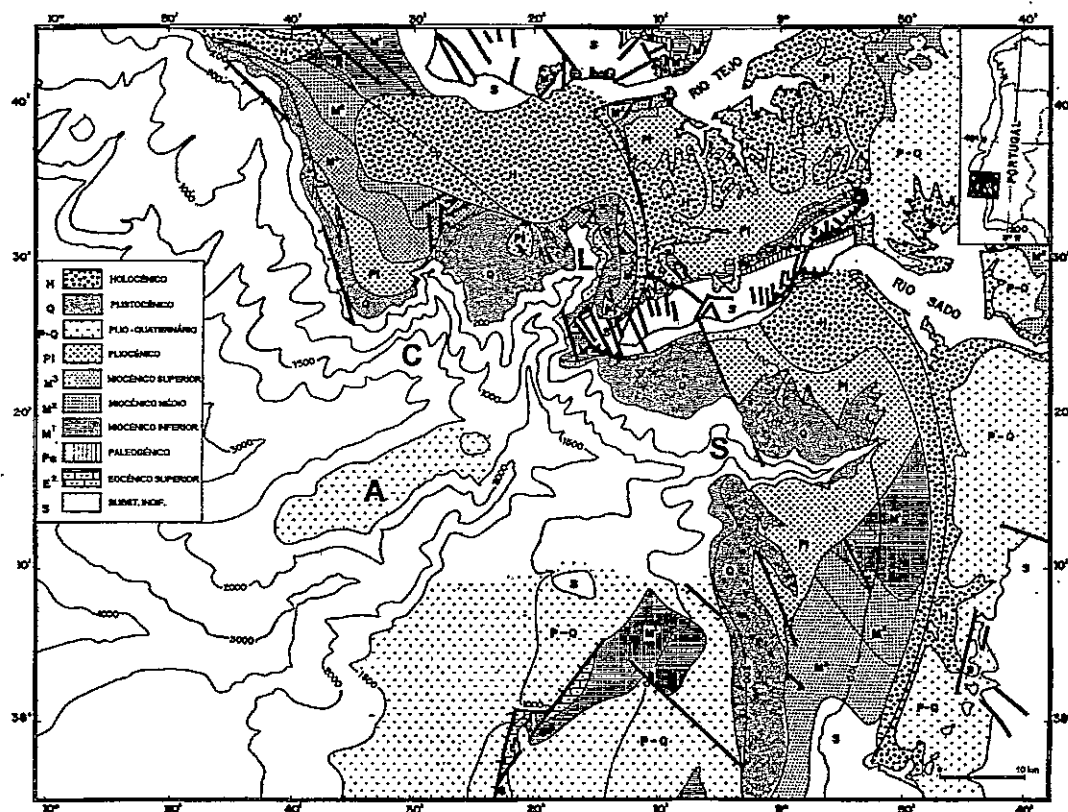


Figura 25 - Carta Geológica da margem continental portuguesa, frente às embocaduras do Tejo e do Sado (segundo D. MOUGENOT, 1989). A - Planalto Afonso de Albuquerque; C - canhão de Cascais; L - canhão de Lisboa; S - canhão de Setúbal.



Na baía de Setúbal, uma falha N160 (figura 25), separa dois domínios da plataforma continental. A oeste, o bloco abatido, está entalhado por uma rede de paleovales, que escavam as camadas mesozóicas, da cadeia da Arrábida, e as camadas dobradas (anticlinal N110), do Miocénico inferior. A este, só os ravinamentos quaternários (hoje entulhados, constituindo uma rede de paleovales orientados N/S), estão conectados com a cabeceira do canhão de Setúbal, onde se escavam camadas pliocénicas, cobertas pelo pródelta do Sado (Figura 25).

Facto muito característico desta área, é a existência de numerosos paleovales, que apenas existem nas vizinhanças das cabeceiras dos canhões (figura 25). São geralmente, de curta extensão (menor que 10 km), rectilíneos e na maioria dos casos guiados por falhas. Apresentam, na generalidade, uma distribuição ramificada, perpendicular ao rebordo dos canhões, e por vezes, a separação entre vales vizinhos não existe, observando-se um alargamento por união lateral (figura 26), ou mesmo, a intersecção dos cursos, por sobreimposição (caso da margem direita do canhão de Setúbal).

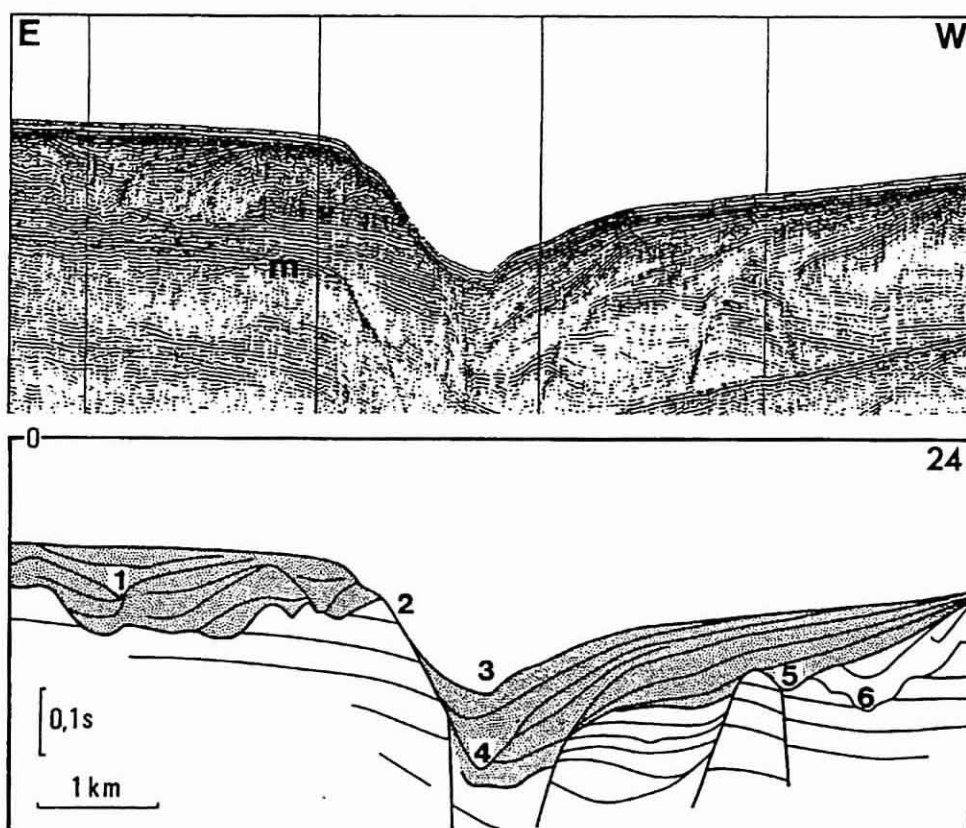


Figura 26 - Paleovale de Sesimbra: 1 - preenchimentos embutidos num paleovale atulhado; 2 - escarpa derivada de falha, numa série neogénica bem estratificada; 3 - talvegue do vale actual; 4, 5, 6 - ravinamentos anteriores (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981).

Segundo D. MOUGENOT (1989), esta configuração, denota o carácter embrionário

desta rede erosiva, e o facto dos paleovales apresentarem por vezes, preenchimentos consideráveis (600m no paleovale do Estoril), constituindo uma rede que entalha a plataforma como *recullés*, leva a que sejam interpretados, como cabeceiras fósseis dos canhões.

J. R. VANNEY e D. 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; aquando da regressão seguinte, a escavação de nova ravina, podia fazer-se segundo o mesmo traço, daí a sua possível multiplicação (S. 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 (D. MOUGENOT, 1989).

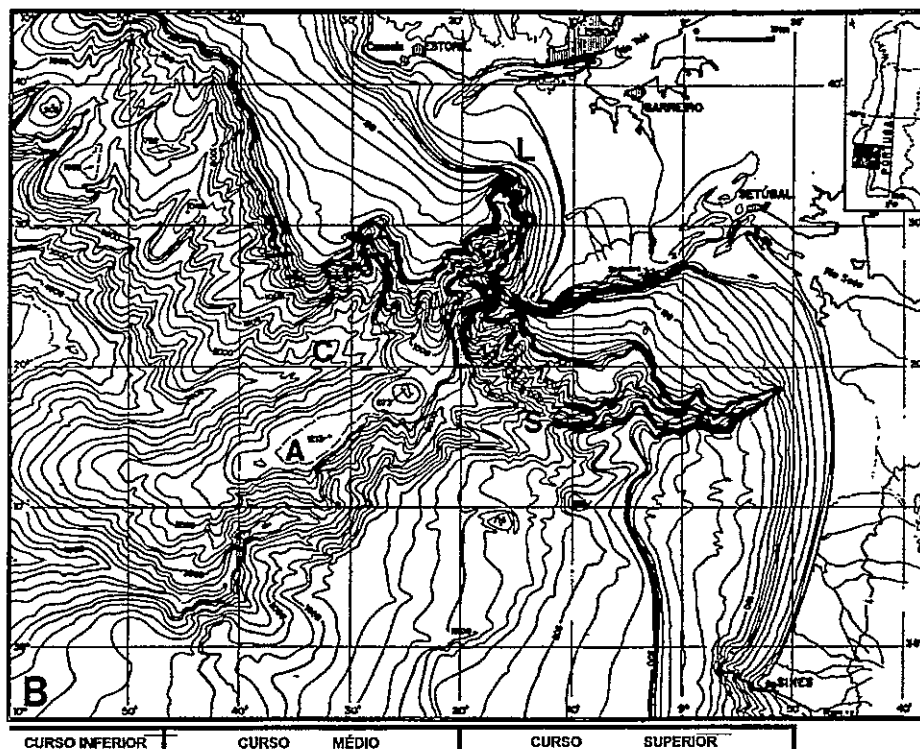


Figura 27 - Esboço batimétrico, da área dos três canhões (segundo D. MOUGENOT, 1989). A - Planalto Afonso de Albuquerque; C - canhão de Cascais; L - canhão de Lisboa; S - canhão de Setúbal.

A sul de Setúbal, a morfologia ilustra o jogo combinado, da tectónica e da

sedimentação. O rebordo é reduzido a um simples ressalto (N/S), sem dissecção apreciável e o talude continental, representa a frente, da superfície de progradação, que ocupa a quase totalidade da plataforma (figura 25). Abaixo, um grande planalto estende-se até às margens do canhão de Setúbal).

Segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981), a orientação de conjunto, do canhão de Setúbal, será eventualmente, guiada pela intersecção do alinhamento do Alandroal, com o do Tejo e a falha de Grândola. Este cruzamento de fracturas profundas, explicará as singularidades do seu curso profundo, que apresenta um brusco encurtamento, e uma viragem a WSW, a sul do planalto de Afonso de Albuquerque.

O curso superior do canhão de Setúbal (figura 27), isto é, desde a cabeceira, até à junção com o canhão de Lisboa, é um vale de erosão que se aproxima de um *gouf*. Com a cabeceira a 60 m de profundidade, está somente a 6 km do litoral, e a 20 km da foz do Sado. Entalha diferentes troços alinhados em séries progressivas, onde a geometria, testemunha uma dinâmica terciária orientada, perpendicularmente, ao curso actual do canhão. Este curso alinha-se grosseiramente, sobre o acidente de Grândola (D. MOUGENOT, 1989).

O primeiro troço do curso superior, é um vale aberto e pouco encaixado, orientado como a Arrábida (ENE/WSW).

O segundo troço (E/W), forma uma garganta encaixada com vertentes escarpadas, que são afectadas por movimento de massa, e apresentam alguns ravinamentos (figura 28). O talvegue está bem inciso, mas apresenta um declive longitudinal fraco.

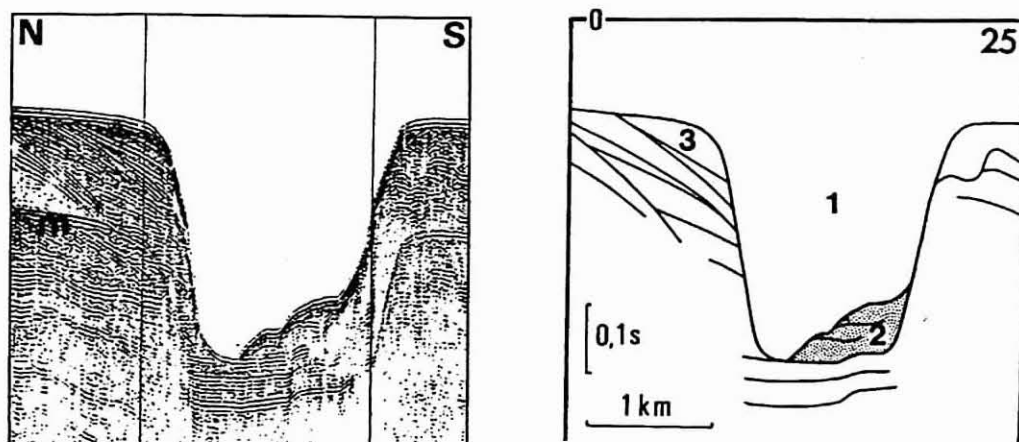
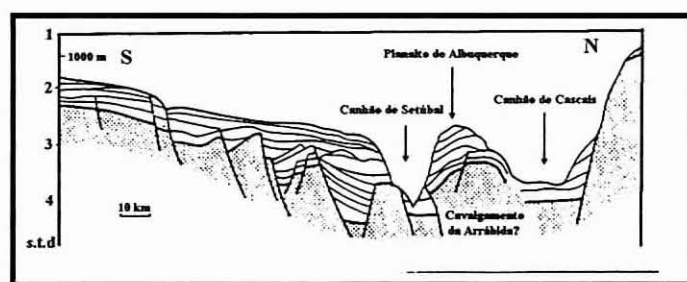


Figura 28 - Perfil sísmico do curso superior do canhão de Setúbal (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981). 1 - entalhe do canhão em forma de garganta; 2 - movimento de massa ; 3 - paleovale afluente do canhão.

A jusante dos 9° W (figura 27), o canhão descreve um apertado meandro. Após um desvio brusco a NW, junto de uma falha (figura 25), retoma a orientação inicial, alargando e aprofundando o vale. A vertente setentrional, alinhada no prolongamento da falha de Grândola, é entalhada por um importante tributário, o canhão de Sesimbra (D. MOUGENOT, 1976). A vertente meridional, é formada por escarpas rochosas íngremes (Regueira, Canto de Alva). Tal como no canhão da Nazaré, pensamos que não se trata de um verdadeiro meandro, mas sim de um ajustamento erosivo, à tectónica do local.

O quarto troço, constitui um vale profundo, de paredes abruptas (a vertente meridional, é uma escarpa rochosa, com mais de 500 m de altura). Neste troço, temos uma ocorrência morfológica significativa, que reside na existência de depressões no talvegue (cotas de 1575 e 1457m), atingindo dezenas de metros de profundidade. Na parede a montante, foram observados afloramentos rochosos em degrau, durante os mergulhos do FNRS III (J.M. PÉRES *et al.*, 1957). J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981), discutem sumariamente, os processos que podem estar na origem de formas tão estranhas, referindo-se a movimentos de massa provenientes das ravinas laterais, abatimentos do talvegue por sufosão, ou pela existência de massas solúveis e plásticas (diapiros), em profundidade.

O curso médio do canhão (desde a confluência com o canhão de Lisboa até à isóbata dos 3800m), está alinhado, pelo sopé da vertente meridional do Planalto Afonso de Albuquerque (figura 27). Esta elevação submarina, foi interpretada como uma “prega” tectónica, soerguida no Miocénico médio, ao mesmo tempo que a cadeia da Arrábida (G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982).



**Figura 29 - Perfil sísmico do curso médio do canhão de Setúbal (segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990).**

Após a confluência com o canhão de Lisboa, pelos 2000m, o vale muda de direcção, desviando-se para N60, conformando-se à orientação de acidentes, identificados na margem sul do canhão, no entanto, várias falhas submeridianas, induzem ressaltos no talvegue (D. MOUGENOT, 1989).

Na sua configuração actual, o canhão nesta parte do seu traçado (figura 29), é um

vale de frente de cavalgamento (H. REGNAULD, 1987). A vertente cavalgante, a norte, 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.

À semelhança do que se passa, na zona do talude do canhão da Nazaré, também este troço do canhão de Setúbal, é um vale muito encaixado (as paredes íngremes podem ter mais de 1000m) e meandrante. Esta configuração, deverá apenas resultar da modelação erosiva, adaptada a um substrato muito cizalhado.

No curso inferior, a jusante da isóbata dos 3800m, o vale alarga progressivamente as suas vertentes, que se vão tornando menos inclinadas. O vale desvia-se para N105, seguindo essa direcção até à sua foz abissal, na Planície Abissal do Tejo. Segundo D. MOUGENOT (1989), as paredes deste curso evoluem, principalmente, por movimentos gravitários, como mostram os perfis sísmicos da área

#### **- Dinâmica actual.**

O conhecimento da dinâmica actual dos canhões portugueses, ainda se encontra numa fase embrionária, apesar da margem portuguesa, já ter sido objecto de sondagens do sonar lateral Glória. Alguns perfis de reflexão e refração sísmica, revelam aspectos dinâmicos que afectam as vertentes, mas muito ainda se encontra por descobrir, nomeadamente, no que diz respeito, às correntes que percorrem o canhão, e afectam as suas cabeceiras, bem como à dinâmica das vertentes e do leito.

Um traço que evidencia, uma dinâmica actual vigorosa, relaciona-se com a existência das cabeceiras afuniladas e de paredes íngremes, muito próximos da costa. Face a isto, podem-se colocar as seguintes questões:

- a posição da cabeceira em relação à linha de costa actual, é definitiva?

- a erosão regressiva irá prosseguir a sua obra, e ameaçar o equilíbrio morfológico da zona costeira?

Nas condições actuais de estabilidade da costa, J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990), não vêem nenhuma razão para pensar, que este tipo de erosão, continue a desenvolver, os seus efeitos retrogressivos.

Para o canhão da Nazaré, dispomos de uma interpretação das sonografias Glória, que evidenciam os processos de modelação actual (H. REGNAULD, 1987), e neste caso, o

tratamento, consistiu na apreciação das diferenças de textura dos sedimentos, afim de deduzir, o seu comportamento mecânico.

Segundo o referido autor, de montante para jusante, as formas de erosão testemunham a modificação da dinâmica do cañão, distinguindo-se formas de erosão linear, e movimentos de massa (Figura 30).

As formas lineares (a leste dos  $10^{\circ}30'W$ ), compreendem ravinas estreitas (provavelmente preenchidas por material grosseiro), que terminam em cones de dejeccção. Entre os  $10^{\circ}20'$  e  $10^{\circ}40'W$ , evidencia-se a erosão lateral do cañão, pela disposição dos depósitos acumulados em bancada, no sopé de vertentes íngremes. A reduzida largura destas bancadas de acumulação, indica que os materiais, provenientes da erosão das vertentes são periodicamente evacuados, pelas correntes que circulam no cañão.

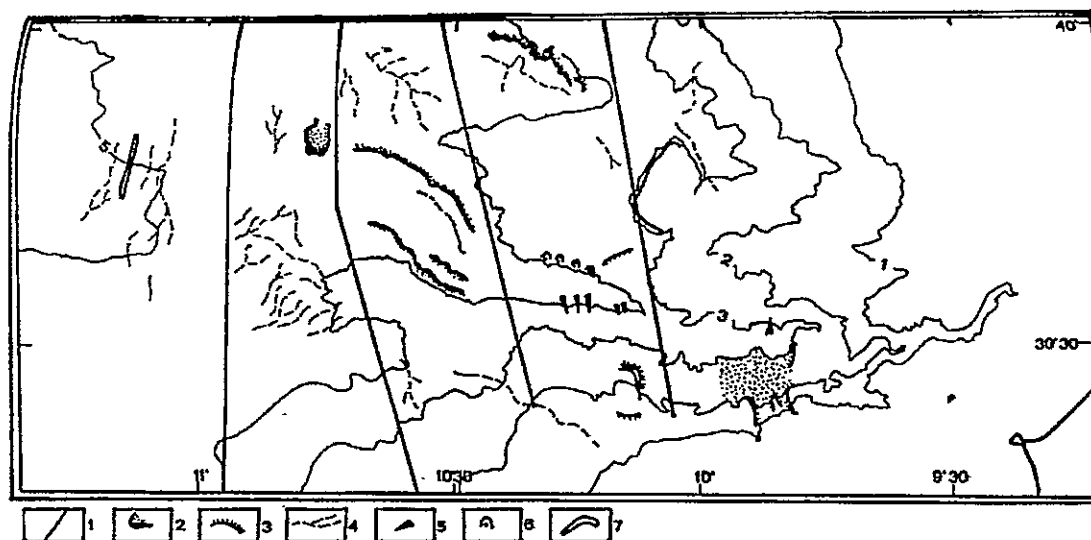


Figura 30 - - Interpretação morfológica das sonografias Gloria do Cañão da Nazaré (segundo H. REGNAULD, 1987). 1 - eixo das sonografias; 2 - bancada ou lóbulo de acumulação, o traço a cheio, é dirigido para jusante da vertente, 3 - escarpa ou vertente de erosão, o traço a cheio indica o rebordo; 4 - canal; 5 - cone de dejeccção, 6 - nicho de descolamento, 7 - forma estrutural, escarpa de falha ou fossa de origem indeterminada; profundidade em quilómetros.

No fundo do cañão, os processos cursitários são mais importantes, que os de acumulação, uma vez que o talvegue, é um canal que segue a vertente côncava dos meandros, e a dissecação linear, se reduz a alguns canais.

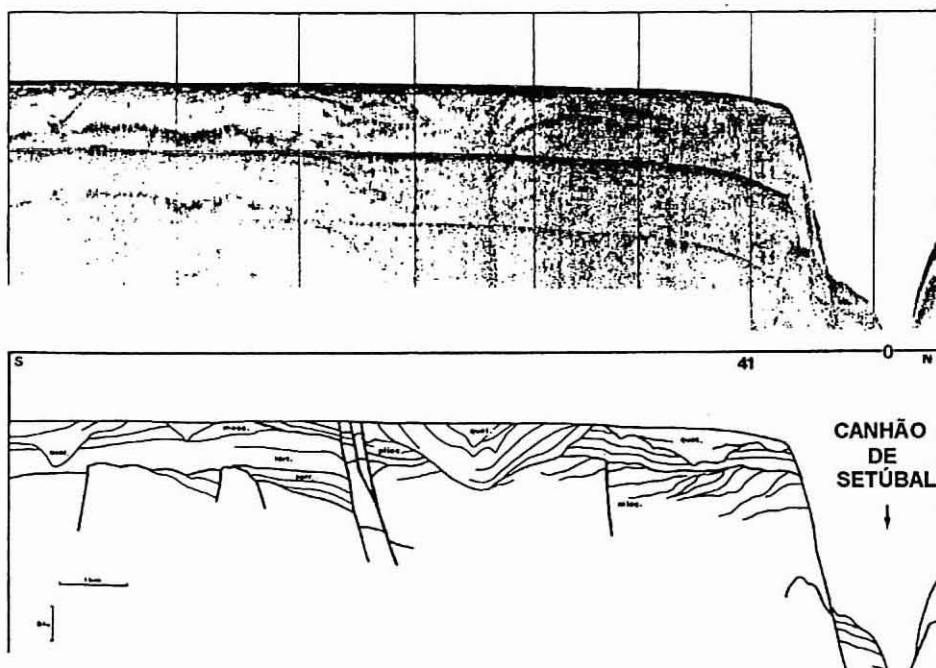
O traçado ortogonal dos canais observados a  $10^{\circ}50'W/39^{\circ}40'N$ , corresponde a duas drenagens sucessivas, inicialmente para NW, e actualmente, para SW.

Os movimentos de massa (a oeste dos  $10^{\circ}20'W$ ), são evocados por nichos de descolamento, bancadas no sopé das vertentes, e depósitos em forma de lóbulo. Um desabamento recente (a  $10^{\circ}50'W/39^{\circ}51'N$ ) parece obstruir, parcialmente o leito do cañão.

Segundo o autor, da interpretação morfológica, pode tratar-se de um bloco desabado, que se encontra sobre o leito, conforme mostra um perfil sísmico próximo (H. REGNAULD, 1987).

Um elemento ainda inexplicado é a fossa alongada (3000 m de comprimento, 300 m de largura e 150m de profundidade), rectilínea e perpendicular aos *horsts* da Planície Abissal, que provavelmente, será de origem tectónica recente.

À dinâmica actual do canhão de Setúbal ainda não foi dedicada tanta atenção, como no caso anterior, mas pensamos, que haverá uma preponderância da erosão sobre a acumulação, dado que se trata de um vale muito encaixado em que a maioria das vertentes, é talhada em materiais consolidados, e que talvez esteja numa fase de alargamento lateral, por ravinamento e quedas gravitárias, das suas vertentes, como mostram alguns perfis de reflexão sísmica (G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982).



**Figura 31 - - Perfil de sísmica de reflexão, sobre o curso médio do canhão de Setúbal (segundo G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982). Pode-se ver que o Serraviliano e o Tortoniano transgressivos, são entalhados por várias gerações de paleovales. O Plio-Quaternário discordante sobre o Miocénico, é erodido por canais quaternários.**

D. MOUGENOT (1989) considera que ao cortar, de forma ortoclinal as séries neogénicas, o canhão de Setúbal, desencadeia abatimentos de massa ao longo do seu curso (figura 31), e deve ter uma forte actividade turbidítica. Os perfis sísmicos efectuados sobre o canhão revelam que um local, particularmente afectado, por movimento gravitários, é a sua desembocadura abissal.

## - Correntes nos canhões submarinos.

O principal factor responsável pela dinâmica actual (e passada), dos canhões submarinos, reside na existência de fluxos que os percorrem, e apesar de ainda, não possuímos muitas informações, sobre o tipo de correntes submarinas, que ocorrem nos *goufs* portugueses, julgámos útil, incluir no nosso trabalho, algumas ideias que fomos recolhendo, da bibliografia que consultamos, sobre outros canhões do mundo. A abordagem deste tema, justifica-se pela importância capital, que estes fluxos submarinos, assumem na modelação e evolução dos canhões submarinos.

Os *goufs* portugueses já foram objecto de algumas medições, das correntes que percorrem o fundo, e as suas cabeceiras, mas nenhum resultado dessas observações, se encontra publicado. No entanto, tivemos acesso a algumas informações que adiantaremos neste subcapítulo.

Os processos que podem ressuspender sedimentos do fundo e facilitar o transporte, pelo menos até ao bordo da plataforma continental (J. M. A. DIAS, 1987), são: as ondas, as marés, a deriva litoral, os organismos bentónicos, as correntes derivadas do vento, assim como, as ondas internas, as correntes de turbidez, as correntes de contorno, o *upwelling* e o *downwelling*.

Múltiplas observações de submersível, nas cabeceiras do canhão de Scripps, ao largo da Califórnia (F. P. SHEPARD *et al.*, 1974), e em canhões mediterrâneos (M. GENNESSEAU *et al.*, 1978), demonstraram que existem movimentos variáveis nas vertentes, podendo efectuar-se por vários processos:

- a) lento, do tipo *creep* de gravidade de todo o preenchimento;
- b) ocasionais deslizamentos de curta distância, durante períodos de tempestade de Inverno;
- c) fluxos de areia grosseira (sedimento pouco coeso), rapidamente projectados no canhão, quando é excedido o ângulo crítico de repouso;
- d) fluxos de sedimento fino, a fraca velocidade e fraca densidade, inicialmente em suspensão;
- e) deslocamentos por saltação, quando ocasionais correntes mareais fortes do fundo e ondas internas se movem para jusante nos canhões (R. F. DILL, 1969);

O autor referido, acreditava que as quedas de sedimento, eram devidas a um *creep* lento para jusante, no fundo dos canhões, e suportava a sua ideia pela colocação de várias estacas



em linha, transversalmente ao vale. Observou que as estacas do centro, se moviam mais rapidamente para jusante que as dos lados, como se passa num glaciár. No entanto, as estacas desapareciam ocasionalmente. Posteriormente, objectos pesados como a carroçaria de uma carro, e pesados blocos de cimento colocados no fundo, foram também levados (F. P. SHEPARD, 1977).

F. P. SHEPARD (1974, 1975, 1976), desenvolveu um estudo sistemático, utilizando séries de correntómetros em vários canhões do mundo (Califórnia, ilhas Hawai, Índia, Costa Leste dos EUA, entre outros). A primeira constatação foi a da existência de correntes alternadas nas cabeceiras dos canhões, denominadas correntes *up-and-down canyon*. Estas apresentavam elevada frequência de inversões de sentido e, em geral, o intervalo de tempo das alternâncias aumentava com a profundidade, até se aproximar do período das marés semidiurnas. A profundidade à qual era encontrada esta concordância estava, aparentemente relacionada com a altura da maré. De acordo com as informações então disponíveis, com alturas compreendidas entre os 1,5 e 2,5m, a profundidade necessária para que a concordância entre o período de reversão e a maré semidiurna ocorresse era, geralmente, entre os 250 e os 350 m.

No entanto, se a amplitude fosse da ordem de 1m ou menos, a profundidade necessária para que a concordância ocorresse era superior a 1500m. Em três canhões com amplitudes de maré relativamente elevadas (como é o caso dos *goufs* portugueses), registos de profundidades superiores a 1400m apresentavam ciclos alternantes menores que os períodos semidiurnos de maré e mais irregulares do que os ciclos de profundidade entre os 250 e os 1400m. Nos curtos registos então disponíveis, a duração do ciclo de inversão, era maior durante as marés vivas do que nas marés mortas. Ciclos semelhantes às 25 horas das marés diurnas, foram observados em porções de alguns registos, nos quais, durante longas marés vivas, as alturas de marés consecutivas eram muito diferentes (F. P. SHEPARD, 1976).

Estas alternâncias na corrente, têm padrões que geralmente, se mantêm em estações adjacentes, do mesmo canhão. Os padrões foram melhor ajustados, deslocando cronologicamente os registos para que o retardamento se dê para montante (figura 32). Isto indica que ondas internas (na maioria de período mareal), avançam para montante, e raramente, para jusante.

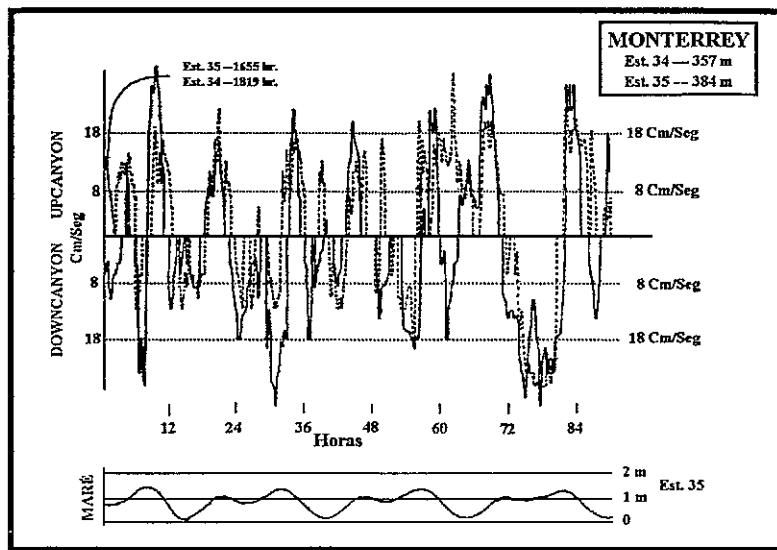


Figura 32 - Comparação da sequência de correntes *up-and-down canyon*, 3m acima do fundo, do canhão de Monterey (Califórnia), a profundidades axiais de 357 e 384m. Para obter um ajustamento entre as duas estações, os dados da estação mais profunda, foram adiantados 84 minutos, para a direita facto que indica, que as ondas internas chegaram primeiro à estação mais profunda.

Pelos dados referentes aos canhões da Califórnia, e das ilhas do Hawai, que incluem profundidades de 3500m, é sugerido que estas ondas internas possam ocorrer mundialmente. Nos canhões, correntes excepcionais para jusante parecem resultar de batimetrias invulgares, talvez combinadas com marés invulgares, e pensa-se que as correntes mais velozes, e longas ocorrem nos canhões mais largos (P. FENNER et al., 1971; F. P. SHEPARD, 1975).

Os autores referidos, registaram em vários canhões submarinos, correntes *up-and-down canyon* com velocidades superiores a 50 cm/s, valores que nos indicam, um possante transporte de sedimentos, uma vez que, correntes com velocidade média de 20cm/s, são suficientes para mover grãos de areia de quartzo (J. M. A. DIAS, 1987).

F. P. SHEPARD (1974), também descobriu, que ocorrem movimentos sincrónicos (*up/down*) até pelo menos, 34m acima do fundo. A velocidade, diminui com o aumento da distância ao fundo, e os fluxos para montante, são mais significativos, facto que indica, que as correntes estão relacionadas, com as ondas internas.

Fluxos transversais ao eixo dos canhões podem ocorrer, particularmente, durante períodos de fortes ventos transversais, à orientação da estrutura do próprio canhão, geralmente, com uma repetição definida, e relacionada com o ciclo mareal. Durante tempestades com fortes ventos, ocorrem violentos fluxos para jusante, que levaram correntómetros e desgastaram o fundo, mas infelizmente, as suas velocidades são desconhecidas (F. P. SHEPARD et al., 1974).

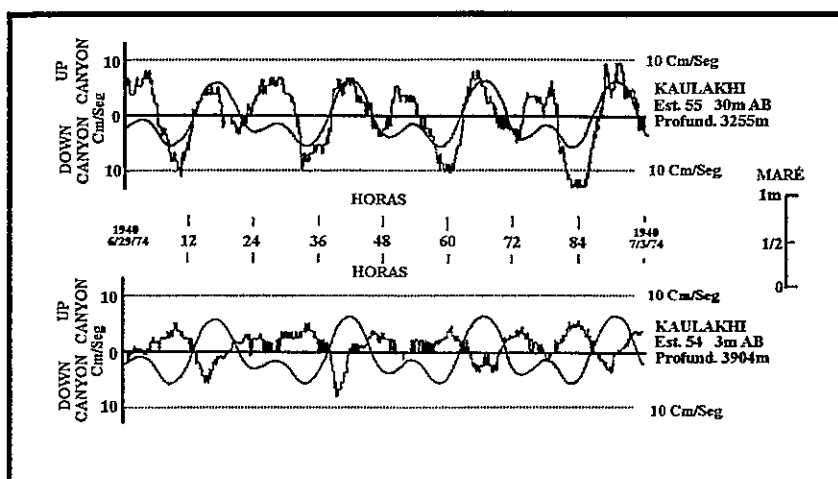


Figura 33 - Comparação entre a curva mareal, e as correntes *up-and-down canyon*, no canhão de Kaulakhi. Nota-se uma clara relação, entre as marés semidiurna e diurna. As ondas internas que originam correntes, movem-se para jusante, tendo em conta, a diferente relação da curva mareal e as correntes observadas em duas estações, no mesmo período temporal.

As correntes mais importantes em termos erosivos, que ocorrem nos canhões são as denominadas correntes de turbidez. São correntes de alta turbulência e densidade relativamente elevada, contendo até materiais bastante grosseiros (areias, calhaus e até grandes blocos), que se movem através dos fundos submarinos. Estas correntes são frequentes em vertentes de forte declive, mas podem ocorrer em declives bastante suaves, possuindo um forte poder erosivo e transportador (K. SUGUIO, 1992).

H. M. PANTIN (1979) e G. PARKER (1982), sustentam que as fortes correntes de turbidez, não são apenas auto-sustentáveis, mas também auto-reforçáveis, usando o sedimento do fundo, como um combustível, isto é, devem-se reunir condições, para as, a corrente com uma velocidade e concentração inicial dada, é capaz de erodir o fundo, suspendendo mais sedimento, e acelerando para jusante, devido à força gravitacional desse sedimento, funcionando este processo, como um ciclo de auto-reforço, fenómeno que os autores denominaram por ignição. Segundo eles, a areia é armazenada em quantidades crescentes nas cabeceiras dos canhões, em períodos calmos, e durante tempestades violentas, um padrão de cristas de ondas desenvolve-se ao longo da costa, estabelecendo-se um antinodo<sup>5</sup>, nas cabeceiras do canhão.

Este antinodo, opera como um agitador, suspendendo algum do sedimento armazenado, e introduzir um fraco e oscilante fluxo, para jusante, desde as cabeceiras do canhão. Se a tempestade é suficientemente intensa, em intervalos apropriados, massas de sedimento

<sup>5</sup> Quando ocorre uma sobreposição de duas ou mais ondas progressivas que se propagam em sentidos contrários pode existir um ponto antinodal, onde o deslocamento da superfície da água em oscilação é máximo (K. SUGUIO, 1992; A. MAGLIOCCA, 1987).

deslocam-se para jusante, originando correntes de turbidez descontínuas, com velocidades superiores a 50 cm/s. Estas correntes descontínuas dissipam-se, aparentemente, por deposição (Y. FUKUSHIMA *et al.*, 1985).

A actuação repetida deste processo, poderá servir de explicação e complementar outras hipóteses (corrente de retorno), para o recuo das cabeceiras dos nossos canhões. O fornecimento de areia às suas cabeceiras pela deriva litoral, realiza-se durante o Verão, e no Inverno quando as tempestades são mais frequentes, intensifica-se o processo erosivo, pela geração de fortes correntes de turbidez.

Quanto aos canhões portugueses os dados que temos, transmitidos oralmente pelo Cmdt. Ferreira Coelho, do Instituto Hidrográfico, podemos adiantar o seguinte:

- foram registadas nos troços superiores do canhão de Setúbal, velocidades compreendidas entre os 30 a 40 cm/s, bastante fortes, face aos dados expostos, e que indicam uma forte capacidade erosiva;

- perfis térmicos horizontais (medições desde, a superfície até aos 70m de profundidade, para estudar a variação vertical da termoclina) realizados no canhão de Sesimbra e no Canhão de Setúbal, indiciam fortes correntes na plataforma e no seu bordo, dado os fortes gradientes térmicos que se estabelecem;

- gradientes de temperatura mais fortes, e ondas internas mais significativas, foram medidos sobre o canhão da Nazaré, facto que indicia a existência de correntes ainda mais fortes, do que as registadas, no canhão de Setúbal;

- no canhão da Nazaré, uma amarração a 4870m, registou correntes da ordem dos 16 a 20 cm/s, durante marés vivas enquanto que, estas quase não existem, em marés mortas, factos que apontam para uma fraca competência de transporte neste sector e aludem à deposição dos materiais;

A partir destes dados pode-se concluir que:

- as correntes serão fortes na parte superior, junto das cabeceiras, onde existem células de temperatura (baixa/alta) que geram correntes (os canhões de Sesimbra e de Setúbal, servem de exemplo), e que se alteram com a maré (apresentam ciclos semidiurnos e diurnos).

- As ondas internas, são mecanismos forçadores da movimentação de sedimentos, e o trânsito sedimentar será sempre para jusante, o *upwelling* que se regista nos *goufs* portugueses (A. FIUZA, 1980), também contribuirá para a movimentação dos sedimentos, para jusante,

A estas ideias poderemos acrescentar, que a passagem de centros de baixa pressão, poderá gerar fortes situações de *downwelling*, ressuspendendo os sedimentos da plataforma, e gerando uma célula de circulação (um antinodo?), que poderá agitar e encaminhar, os sedimentos para as cabeceiras, alimentando assim, o trânsito para jusante. Por vezes, do canhão, também poderão advir sedimentos finos, que se depositarão nas margens, funcionando estes movimentos, como uma espécie de correntes compensatórias, das correntes e alterações na coluna de água (nomeadamente, na sua densidade), que se produzem para jusante.

### **3 - A ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DE PORMENOR DOS GOUFS DA NAZARÉ E DE SETÚBAL.**

#### **3.1 - Traços gerais da morfologia**

A interpretação dos traços gerais da morfologia submarina das áreas dos *goufs* portugueses, resulta de três análises: a hipsometria, os declives e os perfis transversais.

##### **3.1.1. - Esboço hipsométrico**

Através da análise do esboço hipsométrico referente à área do canhão da Nazaré (figura 34), podemos identificar as principais características do relevo submarino:

a) a expressiva e isolada incisão, que o canhão estabelece no talude continental e na plataforma, com as cabeceiras localizadas a 500m da praia da Nazaré;

b) a diferença na largura e orientação do conjunto formado pelo talude/plataforma continental, para as duas margens do canhão; a norte, o conjunto é mais largo e orientado N/S, enquanto que a sul, ambos se estreitam, e seguem uma orientação geral, ENE/WSW;

c) o talude continental a sul do canhão, é mais abrupto e menos regular;

d) o traçado em baioneta do curso médio que evidencia uma forte meandrização;

e) a partir dos 4000 metros de profundidade, o fundo do canhão regulariza-se e o seu vale alarga-se, quase perdendo a sua individualidade, nos locais próximos da Planície Abissal Ibérica;

f) o Vale da Berlenga que representa um ligeiro entalhe na plataforma continental, a sul do canhão, assemelha-se a um afluente, mas não é de facto, uma vez que termina numa depressão vizinha do canhão;

f) o Monte Freire de Andrade, isolado no talude médio e inferior, constitui uma elevação destacada, que interrompe o declive geral do talude continental;

É ainda sugerido pelo esboço, a existência de patamares no talude continental, um para cada margem do canhão, o Terraço Fleury a sul, e o Terraço Norte (denominação nossa). Curioso é notar que estão separados pelo canhão (formando desse modo, os seus interflúvios, nesta área), e desnivelados cerca de 1000 metros, sendo o Terraço Fleury o mais baixo. Pelos dados existentes, estas áreas correspondem a extensos blocos abatidos limitados por falhas nos seus bordos, mas também, consideramos a hipótese de já terem constituído uma única superfície, antes da abertura do canhão no talude continental. Talvez a intervenção dos movimentos compressivos posteriores, explique o desnivelamento que os dois terraços apresentam. A mobilização da falha da Nazaré que delimita o bordo norte, do Terraço Fleury, poderá explicar este desajuste altimétrico, relativo ao terraço da margem direita do canhão.

Quanto ao esboço hipsométrico da área do canhão de Setúbal (figura 35) vemos que:

a) os canhões de Setúbal e Lisboa entalham profundamente, o talude e plataforma continental;

b) o canhão de Cascais apresenta um grande desenvolvimento no talude continental, constituindo a partir dos 1500m, um vale largo;

c) o canhão de Setúbal tem um nítido traçado em baioneta, principalmente no talude continental, facto que alude à sua componente estrutural, tal como já foi notado por F. P. SHEPARD, (1977);

d) a separar o sistema canhão de Setúbal/Lisboa, do canhão de Cascais, temos uma elevação que se prolonga quase até à vertente continental, o Planalto de Afonso de Albuquerque. A regularidade e extensão do seu topo (acima dos 1500m) é relevante. Esta elevação pode ser dividida em três sectores (relativamente à orientação que assumem, um N/S, outro NE/SW, e o final E/W) que acompanham o traçado dos três canhões, desde a plataforma continental até à Planície Abissal do Tejo;

e) junto do troço superior do canhão de Lisboa, a plataforma torna-se exígua e existe um paralelismo entre a orientação do traçado da linha de costa e, o traçado do canhão, factos que apontam para uma ligação dinâmica ao continente, ao contrário dos outros canhões;

f) a regularidade associada ao fraco declive do talude continental, na parte a sul do canhão de Setúbal.

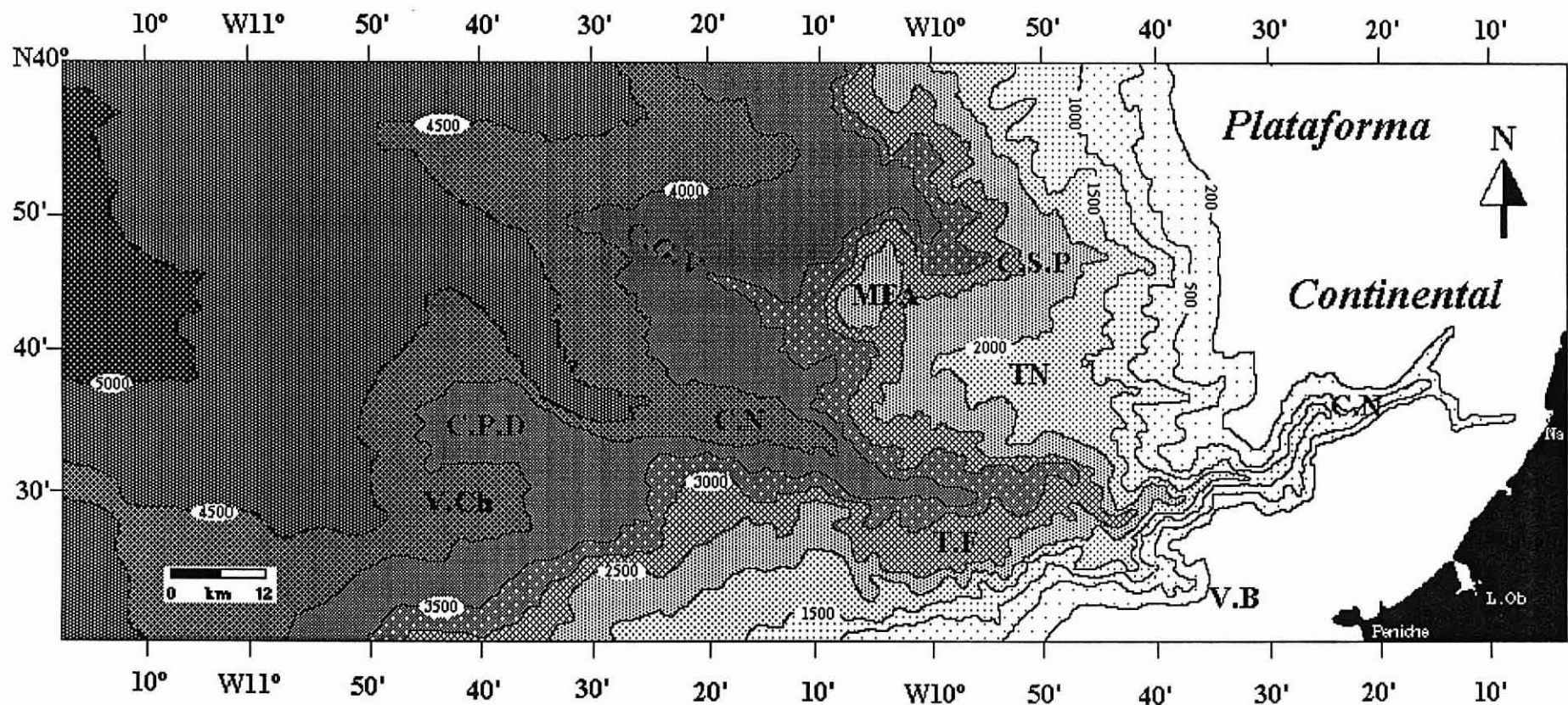


Figura 34 - Esboço hipsométrico da área do canhão da Nazaré (CN). CGV - Crista Gil Vicente, CPD- Crista Pacheco Duarte, CSP - canhão de São Pedro, MFA - Monte Freire de Andrade, VCh - Vale Choffat, TF - Terraço Fleury, VB - Vale da Berlenga.

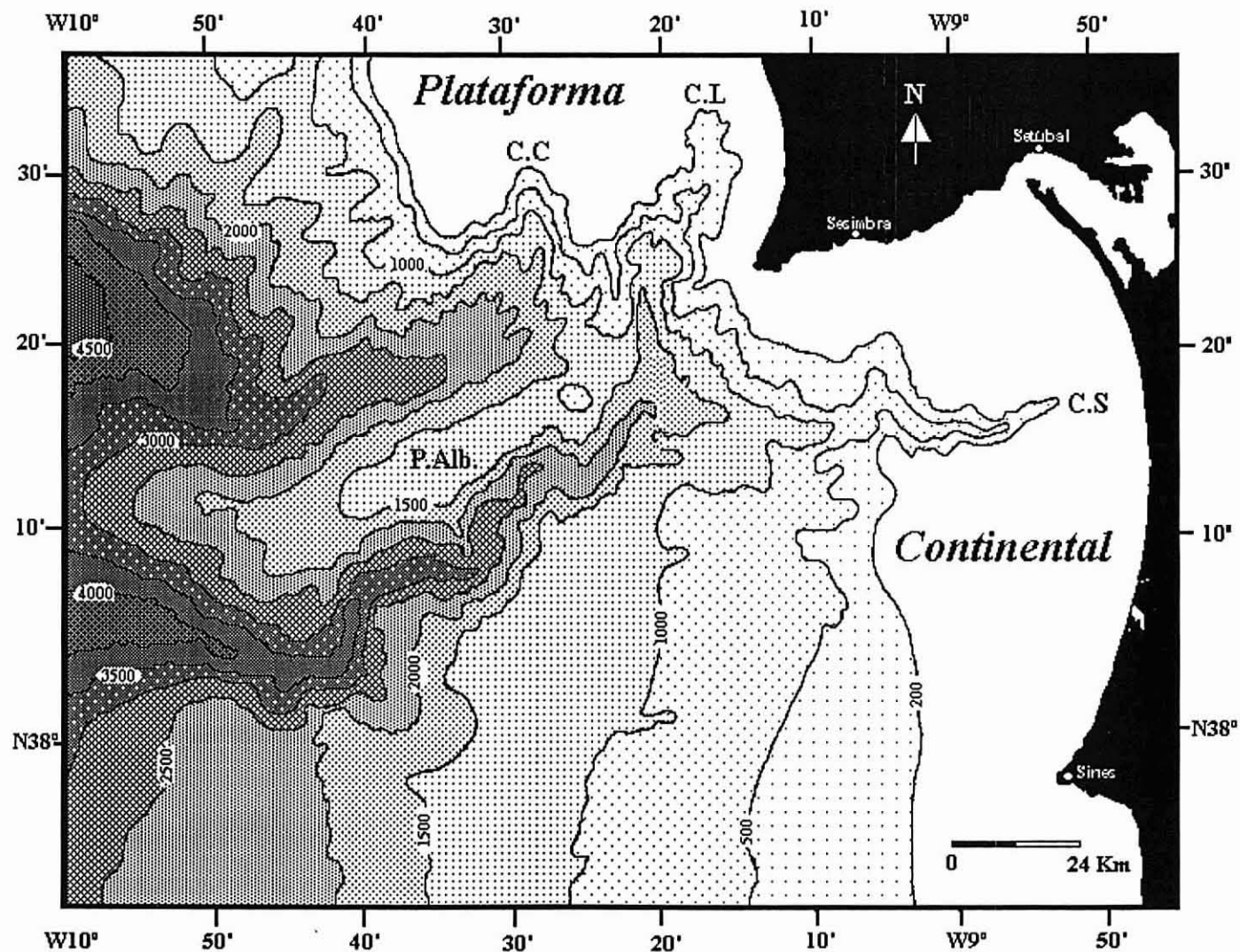


Figura 35 - Esboço hipsométrico da área dos três canhões. CC - canhão de cascais, CL - canhão de Lisboa, CS - canhão de Setúbal, PALb - Planalto de Albuquerque.



### 3.1.2. - Esboço de declives

Na elaboração do esboço de declives tivemos em conta três pressupostos: a escala dos mapas originais, 1/150.000; a equidistância das curvas batimétricas (10m para a plataforma continental, 100m para o talude continental no mapa do canhão da Nazaré, e 50m para o talude no mapa do canhão de Setúbal); e a necessidade de obter dois mapas comparáveis, de modo a salientar os principais aspectos do declive das duas áreas.

Para decidirmos qual seria o número de classes de declive a representar, procedemos a uma amostragem das áreas mais diferenciadas, chegando à conclusão que seis classes eram suficientes para mostrar a variedade de declives, e obter o pormenor desejável para esta representação.

Na construção dos mapas seguimos a técnica da representação dos declives por áreas homogéneas (R. BRUNET, 1963), servindo-nos de padrões de intervalos entre curvas de nível, para cada classe definida, conforme está descrito em P. MUEHCK (1978).

Relativamente ao esboço de declives do canhão da Nazaré (figura 36), surgem como áreas com declives suaves, isto é, abaixo dos 8%, toda a plataforma e vertente continental, incluindo as áreas das duas cristas que ladeiam o canhão, a crista Pacheco Duarte e a crista Gil Vicente. No talude continental médio, temos ainda duas áreas relativamente aplanadas e separadas pelo canhão, o Terraço Norte e o Terraço Fleury, ambos com maior desenvolvimento no sentido E-W. As áreas que apresentam os declives mais elevados, isto é, superiores a 48%, são as vertentes do curso superior e médio do canhão, bem como, porções do talude superior junto do vale da Berlenga e do Terraço Fleury. Desta forma, é a área de transição entre a plataforma e o talude continental que possui às vertentes mais íngremes do canhão da Nazaré.

A ocidente dos 10<sup>o</sup>W, o fundo do canhão vai-se regularizando, encaixando-se entre duas vertentes com declives moderados, compreendidos entre os 20% e os 40%. A parte superior do canhão, destaca-se perfeitamente pela plataforma, sugerindo uma profunda incisão numa vasta área aplanada.

Destacam-se ainda, as inclinadas (declives da ordem dos 40%) vertentes ocidentais do Monte Freire de Andrade que contactam com áreas mais planas a oeste.

Parece-nos também, que podemos definir alguns alinhamentos pela orientação que tomam as manchas ocupadas pela classe de declives entre os 16 % e os 32%. É o caso do

talude a norte do canhão da Nazaré, onde podemos estabelecer duas direcções, uma NW/SE e outra NNE/SSW, correspondendo estes alinhamentos a direcções de falhas já conhecidas, facto que nos indica a presença de blocos desnivelados, em que os declives superiores definem as escarpas de falha (figura 21).

No talude continental, a sul do canhão também conseguimos distinguir um alinhamento. As vertentes a montante do Terraço Fleury, muito íngremes (declives entre os 40% e os 50%) tomam uma orientação, aproximadamente, E-W, o que revela a presença da falha da Nazaré.

Quanto ao esboço relativo à área dos três canhões (figura 37), os declives suaves, (inferiores a 8%), além de abrangerem toda a plataforma continental prolongam-se na parte sul pelo talude continental, até ao encontro das vertentes do canhão de Setúbal. Assim, pode-se afirmar que na parte sul, a transição da plataforma para a planície abissal se faz de modo suave, salvo na profunda incisão que o canhão de Setúbal realiza.

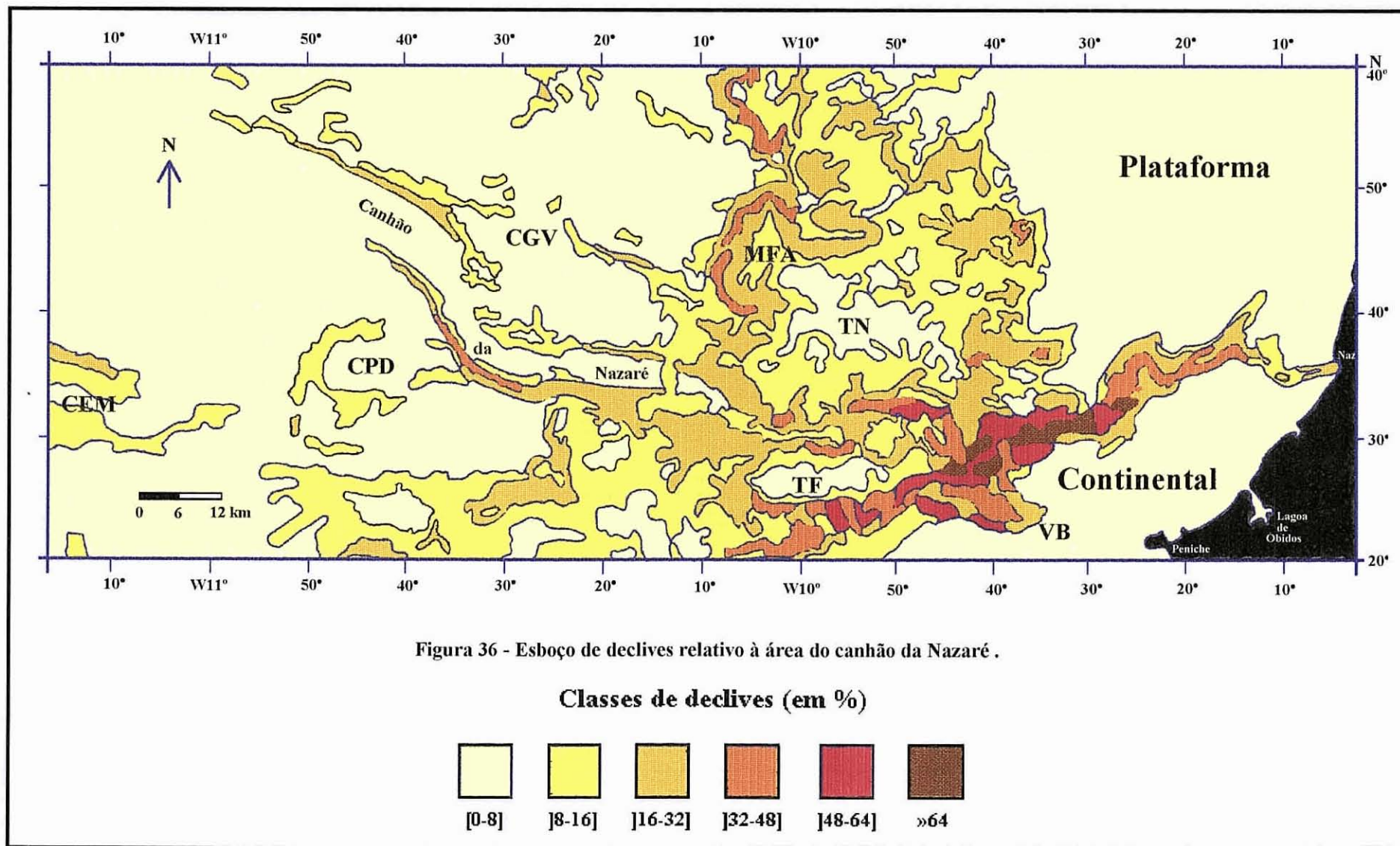
Como áreas de declives suaves, merecem também referência, o Planalto de Albuquerque e o fundo do vale largo do canhão de Cascais. Este planalto apresenta um perfil dissimétrico, com as vertentes mais abruptas viradas para o canhão de Setúbal (declives superiores a 32%).

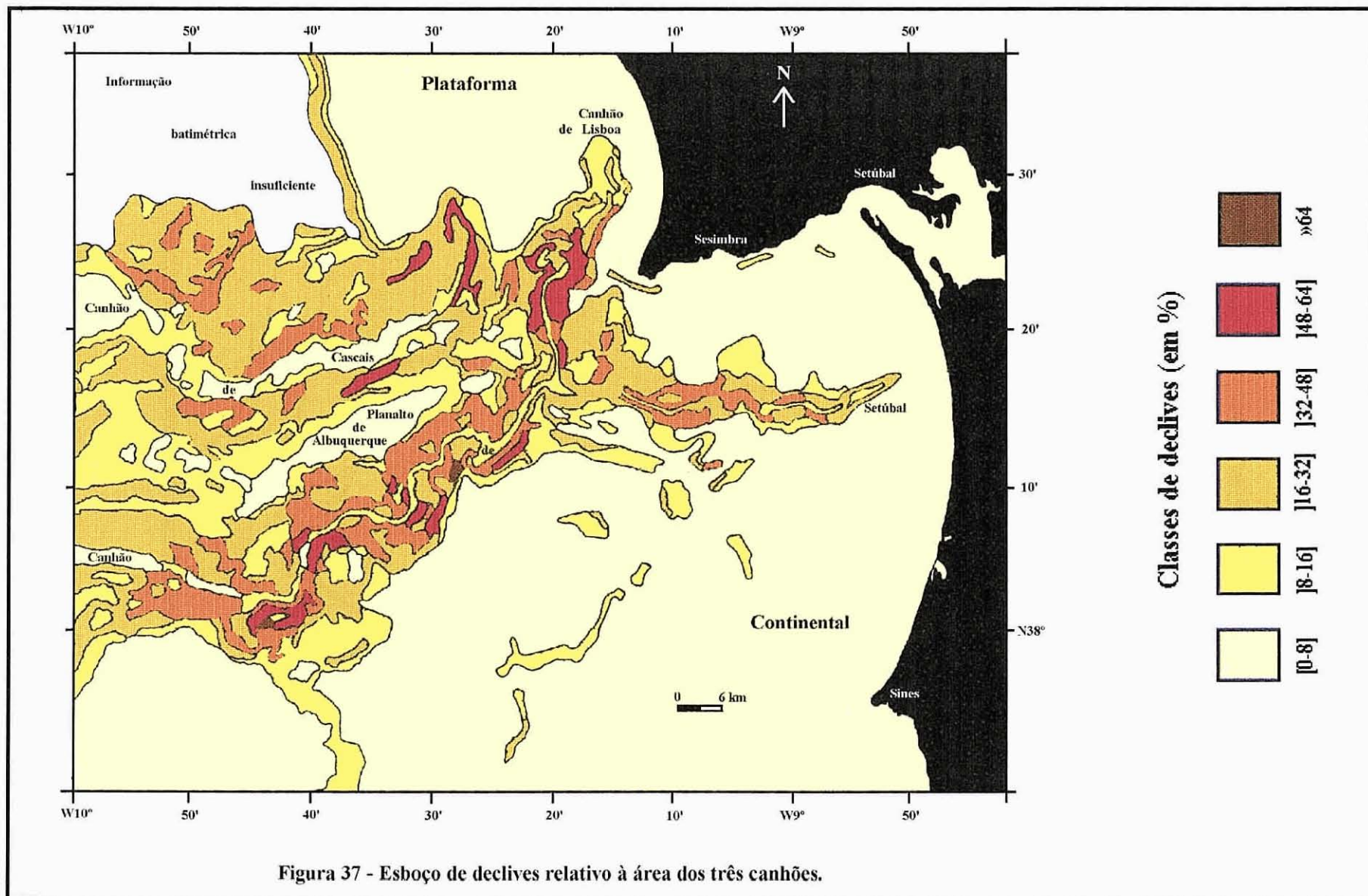
O canhão de Setúbal, apenas no talude continental inferior apresenta o fundo regularizado, resultado da diminuição do declive longitudinal e de um ligeiro alargamento do vale que até lá, constitui uma garganta estreita e sinuosa. O canhão de Setúbal, é um vale perfeitamente encaixado pela plataforma continental, em que as vertentes podem chegar a declives próximos dos 50%.

No talude continental, verificamos que nos cotovelos dos meandros, o canhão apresenta vertentes muito inclinadas (declives superiores a 60%), isto é, assiste-se a um estrangulamento abrupto das paredes do canhão quando o leito meandriza. Este facto, poderá resultar da maior frequência de movimentos de massa nas vertentes, motivados pelo sapeamento da sua base, que será realizado pelo fluxo turbilhonar que percorre o canhão.

O 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 (W. STUBBLEFIELD *et al.*, 1981).

O curso médio do canhão de Lisboa, percorre uma estreita e profunda garganta de paredes abruptas, que atingem declives superiores a 50%.





O vigoroso corte que assim se realiza, sugere uma poderosa escavação (não muito antiga, dado o vigor das vertentes do vale), estabelecido numa área de profunda fraqueza da crosta, o alinhamento do Vale do Tejo que favoreceu o entalhe (G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982).

Com declive elevado (superior a 48%), ainda podemos salientar a área da cabeceira do canhão de Cascais. Talvez o facto de ela se instalar num paleovale falhado, constituído por materiais pouco consolidados relativamente ao substrato adjacente, tenha originado uma cabeceira mais abrupta do que nos outros canhões.

### 3.1.3. -Perfis transversais

Os perfis transversais elaborados para o canhão da Nazaré (figura 38), confirmam a distinção de três secções, relativas à forma que o vale assume (GROUPE TRANSMARGE, 1982). Na plataforma e talude continental superior, o vale é estreito, de paredes abruptas e com declives superiores a 50%. É um vale quase simétrico na plataforma continental, mas vai esbatendo essa simetria para jusante, como se pode verificar no quarto perfil.

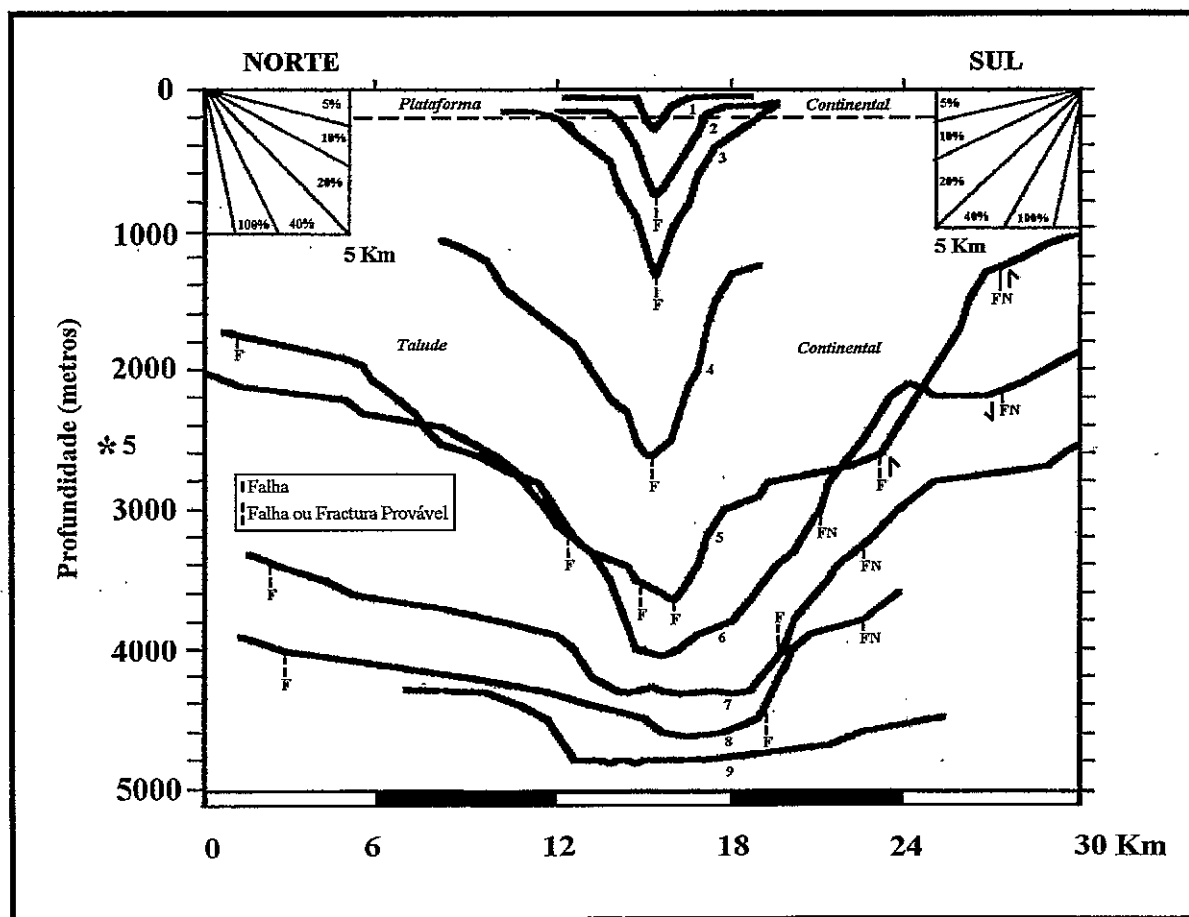


Figura 38 - Perfis transversais do canhão da Nazaré. FN - falha da Nazaré; \*5 - Sobrelevação vertical.

No talude continental superior, o vale acentua o seu entalhe (vertentes com declives de 100%) e a sua dissimetria, nomeadamente, na vertente sul, factos que resultam da proximidade da falha da Nazaré e da presença dos terrenos resistentes do soco hercínico (ilhas dos Farilhões) e do Jurássico (D. MOUGENOT, 1989). Para jusante, o vale alarga-se e suaviza o declive das suas vertentes, mas mantém a dissimetria.

No talude continental médio, principalmente na margem sul, surgem vários patamares que evocam um relevo em escarpas de falha, assinaladas nos perfis 5 e 6, correspondendo os patamares aos topos dos extensos blocos abatidos. Esta movimentação tectónica muito comum nas áreas do talude continental, é reforçada pela falha da Nazaré, que nesta área se traduz por um vigoroso cavalgamento para norte (figura 21).

Na vertente continental (os últimos três perfis a jusante), o vale é muito largo, em forma de gamela e o fundo do canhão é extenso e plano. Uma crista em cada margem faz com que o fundo largo, contacte bruscamente com paredes inclinadas (declives superiores a 40%), constituindo o leito a um canal perfeitamente delimitado, gradualmente mais largo, passando de 4 km para 10 km (GROUPE TRANSMARGE, 1982).

Nesta parte terminal do canhão, é difícil saber exactamente onde se situa o talvegue, podendo até em certos troços existir mais do que um canal. Este facto resulta de duas razões: tratar-se da parte terminal do canhão que se prolonga por uma superfície larga, aplanada e com fraquíssimo declive longitudinal (inferior a 1%), e conseqüentemente, ser uma área onde se faz quase exclusivamente, a deposição dos materiais transportados pelo canhão, conforme já foi evidenciado pelos dados do Glória (H. REGNAULD, 1987).

Através da análise dos vários perfis, podemos verificar que o talvegue está instalado em alguns troços (principalmente nos superiores), sobre falhas ou fracturas prováveis (identificadas por nós no subcapítulo 3.2.2). O poder erosivo das correntes que percorrem o canhão e dos materiais que as acompanham; facilmente desgastarão estas linhas de fraqueza, aprofundando o vale e estabelecendo linhas preferenciais de desgaste, como já foi observado em canhões do Mediterrâneo (GROUPE ESTOCADE, 1977, 1978).

À semelhança do canhão da Nazaré, conseguimos distinguir três secções, relativas aos perfis transversais do canhão de Setúbal (figura 39). Na plataforma continental e talude superior (perfis 1, 2 e 3), o vale é em V assimétrico, desenhando uma garganta que explora prováveis linhas de fraqueza do substrato (a falha de Grândola, N60, pode ser a responsável), tendo as vertentes declives moderados, entre os 20% e os 40%.

A forma do vale altera-se no talude médio, acentua-se a dissimetria, o vale fica mais apertado e profundo, e adquire um contorno em U (perfil 7), em que as vertentes muito abruptas podem atingir declives próximos dos 100%, factor propício à ocorrência de importantes movimentos de massa.

Nas vertentes das duas margens podem-se distinguir pequenos degraus que poderão ter duas origens. Podem corresponder a bancadas de rochas resistentes, como já foi observado por J. M. PÉRES *et al.* (1957), em troços a montante, ou sugerir escarpas de falha de um grande acidente tectónico (talvez o alinhamento do Tejo, N30°E), cuja presença é também indiciada pelo aprofundamento do canhão neste troço. A hipótese parece-nos verosímil, dado que o curso médio do canhão de Setúbal se instala no prolongamento submarino do alinhamento do Tejo.

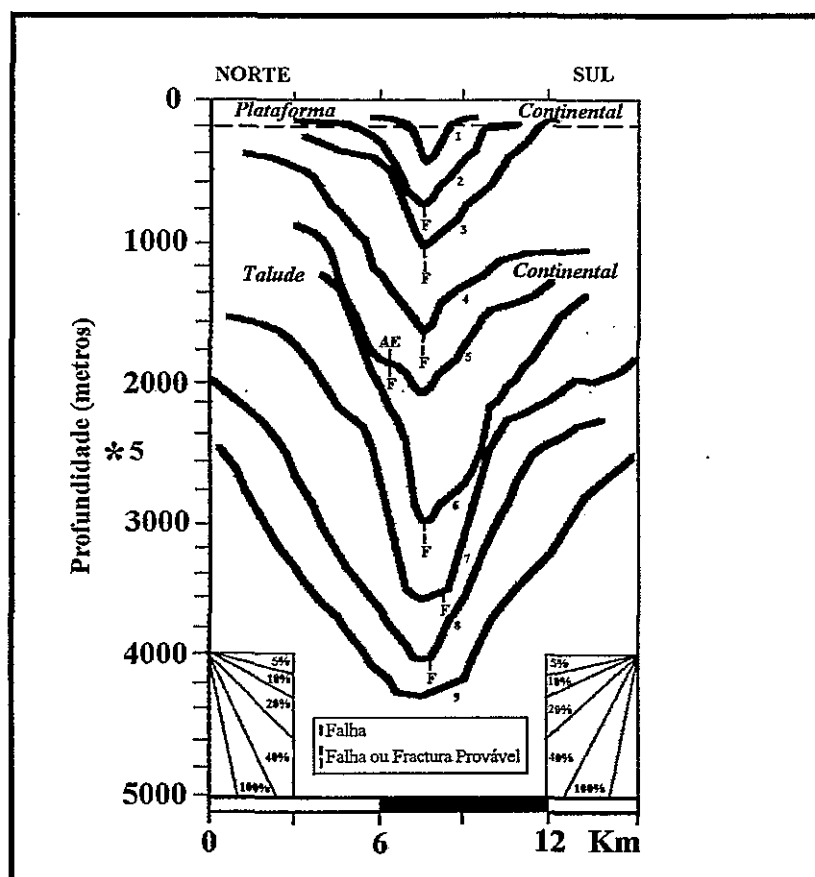


Figura 39 - Perfis transversais do canhão de Setúbal. \*5 - Sobrelevação vertical.

No talude continental inferior (perfis 8 e 9), o vale em V alarga-se progressivamente, assim como o seu fundo (de 2km para 4km), que ao mesmo tempo vai aplanando (perfil 9). O fundo plano contrasta fortemente com as vertentes que o ladeiam, que podem apresentar declives próximos dos 50%. A informação de que dispomos relativamente à existência de

falhas e de fracturas, comparada com a disponível para o canhão da Nazaré é manifestamente menor, mas pensamos que ela será um factor determinante na morfogénese deste canhão, senão vejamos:

- as paredes abruptas que o canhão apresenta em todo o seu curso, fazem-nos pensar que é uma forma “recente”, dado que a erosão lateral é incipiente, se a compararmos com a degradação que as margens canhão da Nazaré apresentam;

- esta relativa “juventude” não deverá resultar apenas da acção erosiva das correntes que o percorrem, uma vez que teríamos de admitir a actuação continua de potentes fluxos, com capacidade para escavar uma forma tão imponente. Esta ideia é reforçada pelo facto, de se saber que só no Quaternário é que se formou o curso superior, e que a massa detrítica que poderia alimentar os fluxos erosivos, se acumulava em vastos deltas frente ao Tejo e ao Sado no Neogénico;

- não se conhecem acumulações sedimentares distais que atestem a actuação de importantes fluxos turbidíticos. como acontece no canhão da Nazaré;

- será a existência de linhas de grande fraqueza no substrato que possibilitará o forte desgaste linear que o canhão apresenta. Parece-nos que o condicionamento tectónico é o grande responsável pela implantação dos canhões na margem portuguesa, no entanto, foi a intervenção dos fluxos erosivos o elemento gerador da alteração morfológica destas áreas.

A actuação conjunta destes processos ao longo do tempo pode ser um dos critérios principais, que podemos utilizar para uma distinção cronológica da evolução que os *goufs* apresentam.

O *gouf* de Setúbal aparenta ser uma forma mais recente, um vale muito profundo com vertentes quase rectilíneas, enquanto que o *gouf* da Nazaré aparenta ser uma forma mais antiga, mais irregular e que sofreu intensas movimentações tectónicas e gravitárias, aliadas a importantes fluxos turbidíticos. A parte terminal do canhão da Nazaré é muito antiga (pelo menos do Oligocénico temos a prova geológica), o que possibilitou uma intensa deposição que terá regularizado o fundo do canhão (D. MOUGENOT, 1989).

Faltam-nos dados sobre a parte terminal do canhão de Setúbal, mas sabemos que é diferente da parte terminal do canhão da Nazaré. A transição para a planície abissal deverá ser mais brusca e o fundo do canhão não deve ser tão largo, nem possuir uma acumulação sedimentar tão espessa como no canhão da Nazaré, embora o fundo deva estar regularizado (H. REGNAULD, 1987).



### **3.2. - A rede de entalhes submarinos.**

A semelhança entre as cartas hipsométricas terrestres e as cartas batimétricas são evidentes, o que levou vários investigadores a recorrer a métodos de análise do relevo terrestre para interpretar a morfologia submarina (A. EL FOUGHALI e R. GRIBOULARD 1985; A. RODRIGUES. e T. DRAGO, (1990) J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOMME, 1971, 1973, 1980; K. AFFIAN *et al.*, 1987; M. VIGNEAUX *et al.*, 1971; R. PRUD'HOMME e M. VIGNEAUX, 1970). A validade destas técnicas no domínio submarino foi confirmada várias vezes, por estudos *in situ*, realizados pelos referidos autores, que também constataram que os vários métodos tendem a revelar especialmente, uma ou várias características do subsolo, obtendo-se assim, uma certa profundidade na investigação particular. É nesta linha de pensamento que aplicamos no nosso trabalho, uma série de métodos analíticos (hierarquia e padrões de drenagem, magnitudes, curvas de talvegue, alinhamentos estruturais, anomalias da rede de drenagem) destinados a extrair dos documentos batimétricos estudados, todas as informações relativas à sua estrutura geológica.

#### **3.2.1. - Hierarquia, orientação e padrões de drenagem da rede de entalhes submarinos.**

A aplicação das técnicas usuais de análise do relevo terrestre ao domínio submarino, revelou que a rede de entalhes submarinos obedeça às mesmas leis de repartição das redes subaéreas (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOMME, 1971). É a partir da definição, de um conjunto de tipos de organização da rede de entalhes submarinos que certos autores tentam uma interpretação morfoestrutural do contexto geológico submarino que estudam (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOMME, 1971; M. VIGNEAUX *et al.*, 1971). Como nos sistemas fluviais, os entalhes submarinos mantêm entre si relações de hierarquia que correspondem a características morfológicas e hidrodinâmicas próprias, facto que leva os especialistas, a estabelecer uma classificação, em função dos seus níveis de importância relativa, ou da ordem relativa de cada segmento.

No nosso estudo, servimo-nos da classificação hierárquica da rede fluvial segundo o sistema proposto por A. N. STRAHLER (1988), que se baseia na ordenação das conexões que os segmentos da rede apresentam, de montante para jusante. A marcação da rede de entalhes é da nossa responsabilidade, conforme se pode observar na carta batimétrica do canhão da Nazaré (figura 3).

Relativamente aos padrões de drenagem que a rede assume, baseamo-nos na classificação simplificada que M. A. SUMMERFIELD (1991) estabelece a partir de obras mais exaustivas sobre o assunto (A. D. HOWARD, 1967; M. MORISAWA, 1985). A nível terrestre os padrões de drenagem são influenciados por múltiplos factores, incluindo variáveis climáticas e litológicas, mas na generalidade, a estrutura geológica é o factor mais importante. O mesmo se passa a nível submarino, em que o padrão de drenagem é muito afectado pela estrutura geológica, nomeadamente, no controlo exercido pela tectónica activa e passiva (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1971).

O canhão da Nazaré hierarquicamente, atinge a 5ª ordem, o que denota uma rede pouco ramificada. Pela figura 40 podemos subdividir a rede de entalhes em três secções, se tivermos em conta a densidade e o padrão de drenagem que apresenta. Esta divisão, para nós, reflecte as modificações no balanço que se estabelece entre as forças erosivas e o substrato, resultante de alterações litológicas, estruturais e da variação do declive desde a plataforma até à planície abissal.

Na plataforma continental (a oriente dos 9°40'W), a rede de entalhes do canhão da Nazaré é pouco densa, recortada e sem padrão definido, os troços são curtos e quase todos de 1ª ordem, excepto o canhão que atinge a 3ª ordem. Em relação à orientação que os troços tomam, definem-se duas direcções preponderantes, os troços mais longos alinham-se segundo uma direcção aproximadamente, ENE/WSW, e os troços mais curtos possuem várias direcções concordantes com o declive das vertentes, sendo alguns responsáveis pelas mudanças de direcção no canhão, particularmente pequenos troços NW/SE, facto que lhe confere um traçado ortogonal e aponta para a natureza estrutural dos pequenos meandros que se formam.

No talude continental (entre os 9°40'W e os 10°15'W), a rede densifica ligeiramente e aumenta o comprimento dos troços nos dois canhões da área, Nazaré e São Pedro. A rede nas margens norte dos canhões é paralela<sup>6</sup> (principalmente, pelos troços de 2º e 3º ordem que seguem uma direcção NE/SW), padrão típico de áreas com forte declive e que geralmente indica a existência de falhas paralelas. Este argumento é validado pela ocorrência de falhas nestas áreas que tomam as direcções dos troços referidos (ver figura 44), ou resultar de estruturas monoclinais que os perfis sísmicos da margem norte do canhão da Nazaré,

---

<sup>6</sup> Temos um padrão de drenagem do tipo paralelo, quando os canais principais estão regularmente espaçados e paralelos, ou subparalelos uns aos outros, e a junção dos tributários faz-se por ângulos agudos. Este padrão está geralmente associado a falhas regularmente espaçadas, a estruturas monoclinais e a dobramentos isoclinais (M. A. SUMMERFIELD, 1991).

apresentados nos trabalhos de J. R. VANNEY e D MOUGENOT (1981, 1990) parecem confirmar.

No flanco oriental do Monte Freire de Andrade assiste-se a um aumento súbito do numero de entalhes. Este aumento que indica um trabalho erosivo mais forte resulta da existência dos acidentes tectónicos responsáveis pelo soerguimento desta estrutura, e o segmento de 3º ordem deve ter o talvegue instalado num destes acidentes (ver figura 44).

Na margem sul do canhão da Nazaré a rede é pouco desenvolvida e comporta vários vales suspensos que drenam para o terraço Fleury. A orientação geral (N/S) que os troços tomam indica que estes segmentos, seguem uma direcção concordante com o declive geral da área.

Na vertente continental (sensivelmente, a partir dos 4000m de profundidade), o canhão da Nazaré divide-se em dois braços, a densidade da rede diminui e são poucos os entalhes que acidentam as margens que possuem vários vales suspensos.

Quanto à orientação global que os troços tomam (figura 41) podemos ver que a rede se divide por várias direcções, com destaque para os rumos N/S e NNW/SSE, seguidos dos rumos WNW/ESE, NNE/ESW e NE/SW. Esta variedade de direcções de escoamento, parece indicar que a rede está adaptada ao declive geral da área, no entanto, se repararmos na extensão total dos troços, a distribuição altera-se, a direcção WNW/ESE destaca-se, seguindo-se os rumos NNW/SSE e NNE/ESW. Esta alteração na orientação, parece indicar que os troços mais curtos são os mais numerosos e seguem direcções concordantes com o declive geral da área, enquanto que, os troços mais longos são menos numerosos, mas seguem as direcções concordantes com o contexto estrutural da área (ver figura 45).

Situação semelhante a esta, foi constatada para a área do *gouf* do Cabo Bretão que apresenta uma analogia estrutural, com o canhão da Nazaré, uma vez que, se estabelece sobre o contacto brutal entre o acidente cavalgante Norte-Pirenaico e o rebordo da plataforma Landesa (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1971; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990).

Relativamente à área dos três canhões (figura 42) verifica-se que os canhões de Setúbal, Lisboa e Cascais atingem a 4º ordem, o que indica um rede pouco desenvolvida, como no caso anterior. Quanto à densidade e padrão da rede de entalhes podemos individualizar áreas com características diferentes.

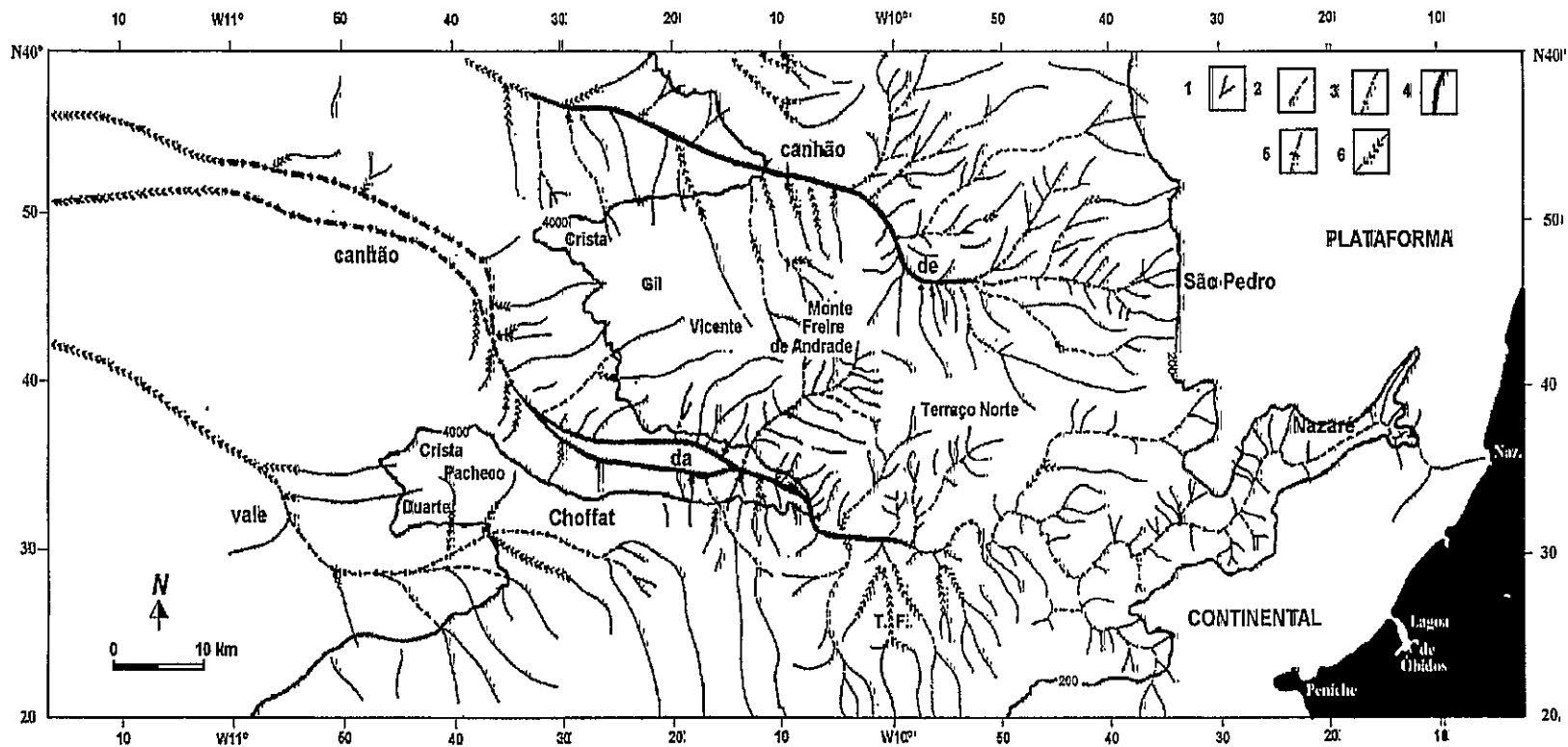


Figura 40 - Hierarquia da rede de entalhes submarinos dos canhões da Nazaré e de São Pedro, segundo o sistema de A. N. STRAHLER (1988), 1 - troços de 1ª ordem; 2 - troços de 2ª ordem; 3 - troços de 3ª ordem; 4 - Troços de 4ª ordem; 5 - troços de 5ª ordem; 6 - entalhe pouco nítido, vale suspenso a montante. F - Terraço Fleury.

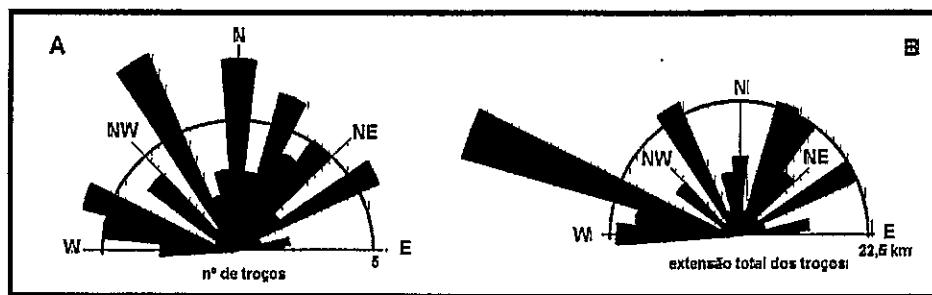


Figura 41 - Orientação da rede de entalhes

No curso superior do canhão de Setúbal, a rede é pouco densa e os troços são curtos e quase todos de 1ª ordem, excepto o canhão e um tributário paralelo a ele.

A área da cabeceira, o canhão de Lisboa apresenta um aspecto dendrítico<sup>7</sup>, facto que poderá estar associado a estruturas sedimentares horizontais que apresentem uma uniformidade de resistência.

Nos flancos do planalto de Afonso de Albuquerque, a rede é incipiente, apresenta muitos vales suspensos e é formada por troços curtos de 1º ordem, concordantes com o declive das vertentes. Estes factos, parecem indicar que o ravinamento não é o principal factor de evolução das suas vertentes.

A parte terminal do canhão de Setúbal, isto é abaixo dos 3000m (grosseiramente o curso inferior), a densidade da rede aumenta e temos troços mais longos e com ordem superior (3º ordem). Este aumento na densidade, pode estar associado ao facto de esta rede ser talhada, num substrato menos resistente.

Neste sector D. MOUGENOT (1989), identifica vários movimentos de massa e afirma que a instabilidade nesta vertente, se deve a um levantamento recente do planalto de Afonso de Albuquerque.

A margem norte do canhão de Cascais, a rede apresenta vários troços extensos de 2º e 3º ordem que definem um padrão de drenagem paralelo, facto que pode indiciar a presença de falhas paralelas ou de uma estrutura monoclinal.

Relativamente à orientação global que os troços tomam (figura 43), verifica-se que não existem grandes diferenças, entre o número de troços e a sua extensão, sendo as direcções mais representadas N/S, NW/SE e NE/SW, o que nos pode levar a concluir que a rede é concordante com o declive geral da área. No entanto, pensamos que existe um condicionamento estrutural da rede de entalhes, se atendermos aos seguintes argumentos:

- a direcção NE/SW está sobrevalorizada na extensão total, relativamente ao número total de segmentos;

- apesar do talude na área (a secção mais entalhada) apresentar, na generalidade um basculamento para SW e W ( ver figura 35) é a direcção NW/SE que domina, quer no número de segmentos, quer na sua extensão total.

---

<sup>7</sup> Temos um padrão de drenagem do tipo dendrítico, quando os canais não evidenciam uma orientação e apresentam uma disposição arborescente. Este padrão está geralmente associado, a sedimentos dispostos horizontalmente ou a rochas cristalinas homogéneas. Não denota controlo estrutural em rochas uniformemente resistentes (M. A. SUMMERFIELD, 1991).

A estes argumentos, podemos juntar a ideia D. MOUGENOT (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, as duas direcções salientes nos gráficos da figura 43.

Em resumo, achamos que na área do canhão da Nazaré, a rede de drenagem submarina (principalmente, os troços de ordem superior) se faz preferencialmente por três direcções; NE/SW, NW/SW e WNW/ESW, e que estas direcções coincidem com a orientação das principais falhas conhecidas. A mais significativa é a última, tratando-se da direcção do acidente da Nazaré, daí concluir-se que a rede tem um controlo tectónico evidente, correspondendo, na generalidade, ao estilo da margem em que se insere.

Ao nível da rede de drenagem submarina da área dos três canhões, também se registam três direcções preferenciais, NE/SW, N/S, NW/SE, existindo uma concordância entre a orientação da rede de drenagem e as direcções dos acidentes tectónicos conhecidos, daí podermos considerar que existe um forte controlo estrutural, na instalação da rede de entalhes submarinos, nomeadamente, nos troços principais dos três canhões da área que estão instalados sobre linhas de fraqueza do substrato.

### **3.2.2. - O papel do controlo estrutural na topografia e na rede de entalhes submarinos.**

A partir da topografia e da rede de entalhes submarinos tentamos interpretar o controlo estrutural da morfologia submarina, seguindo para satisfazer esse objectivo 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 que já são 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 (A. ARAÚJO, 1985).

O outro estudo prendeu-se com a identificação e interpretação das anomalias da rede de drenagem que segundo A. D. HOWARD (1967), permitem Ter acesso às características estruturais, geralmente, não detectáveis por outros métodos. O referido autor definiu estas anomalias como desvios locais, relativamente a uma drenagem regional, a uma topografia ou a uma estrutura.

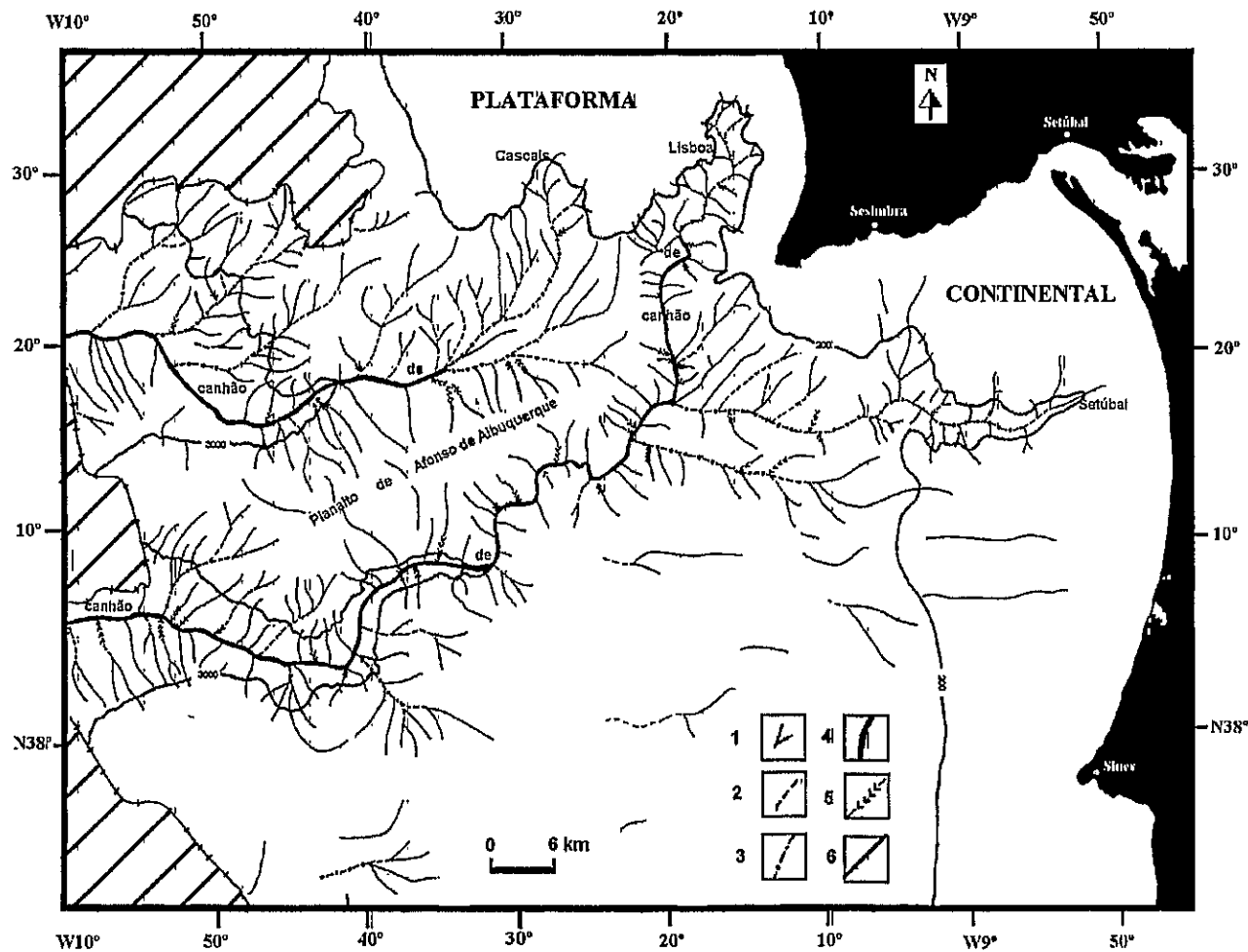


Figura 42 - Hierarquia da rede de drenagem submarina dos canhões de Setúbal, Lisboa e Cascais, segundo o sistema de A. N. STRAHLER (1988). 1 - troços de 1ª ordem; 2 - troços de 2ª ordem; 3 - troços de 3ª ordem; 4 - Troços de 4ª ordem; 5 - entalhe pouco nítido, vale suspenso a montante; 6 - informação batimétrica insuficiente.

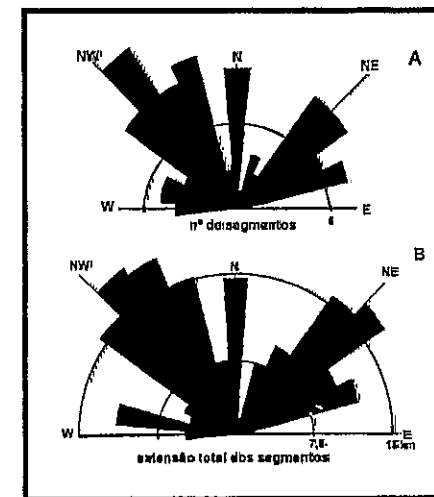


Figura 43 - Orientação da rede de entalhes submarinos da área dos três canhões.

No nosso caso consideramos as seguintes anomalias da rede de drenagem:

- os vales de fractura que contrasta com os outros troços da rede por apresentarem um traçado rectilíneo e rígido, denunciando a existência de faixas lineares mais susceptíveis à erosão (J. TRICART, 1968),

- a existência brusca e localizada de meandros com traçado anguloso que conferem um traçado em baioneta aos canhões e denotam um forte controlo estrutural;

- a existência brusca e localizada de áreas dendríticas que da mesma forma que os meandros traduzem uma súbita alteração na relação carga/competência dos entalhes, e em última análise podem assinalar uma anomalia estrutural;

- a ocorrência de capturas na rede de entalhes que poderá dever-se à fragilidade linear do substrato, factor que levará a rede de entalhes a estabelecer entalhes preferenciais de desgaste, com maior capacidade erosiva que a de entalhes adjacentes.

Os alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia, mostram bem a diferença entre as margens do canhão da Nazaré, relativamente às direcções que os acidentes tectónicos assumem (figura 44). A norte, dominam as direcções NW/SE e NE/SW enquanto que a sul, as direcções são concordantes com a orientação do acidente da Nazaré (ESSE/WNW). Tal como se verificou com a orientação da rede de entalhes é esta última direcção que comporta os alinhamentos estruturais mais extensos (figura 45), facto que de novo comprova a superior importância do acidente da Nazaré.

Em relação às anomalias de drenagem (figura 46) verificamos que os prováveis vales de fractura que existem seguem as direcções referidas e surgem em maior quantidade a norte do canhão, facto que confirma que estes vales são formas de erosão orientados pela tectónica. Este controlo também é evidenciado pela existência de meandros, principalmente, no talude continental, em que eles existem em maior número. O seu traçado anguloso segue as direcções estruturais da área, correspondendo a maioria a vales de fractura. Estas linhas de fraqueza aliadas a um gradiente superior de descarga dos tributários do canhão da Nazaré, parecem ser os factores responsáveis por uma provável captura de um entalhe submarino que drenava para o canhão de São Pedro. O vale mais íngreme dirigido para o *gouf*, dada a sua maior competência, ao recuar a sua cabeceira capturou o tributário do canhão de São Pedro.

Relativamente à existência de áreas dendríticas localizadas, verificamos que se situam próximo de acidentes tectónicos conhecidos, sublinhando assim, a sua presença, pela indicação do aumento da capacidade erosiva do substrato fragilizado dessas áreas, como acontece no



flanco oriental do Monte Freire de Andrade, mas também é preciso ter em linha de conta que estas áreas podem corresponder a zonas litologicamente menos resistentes.

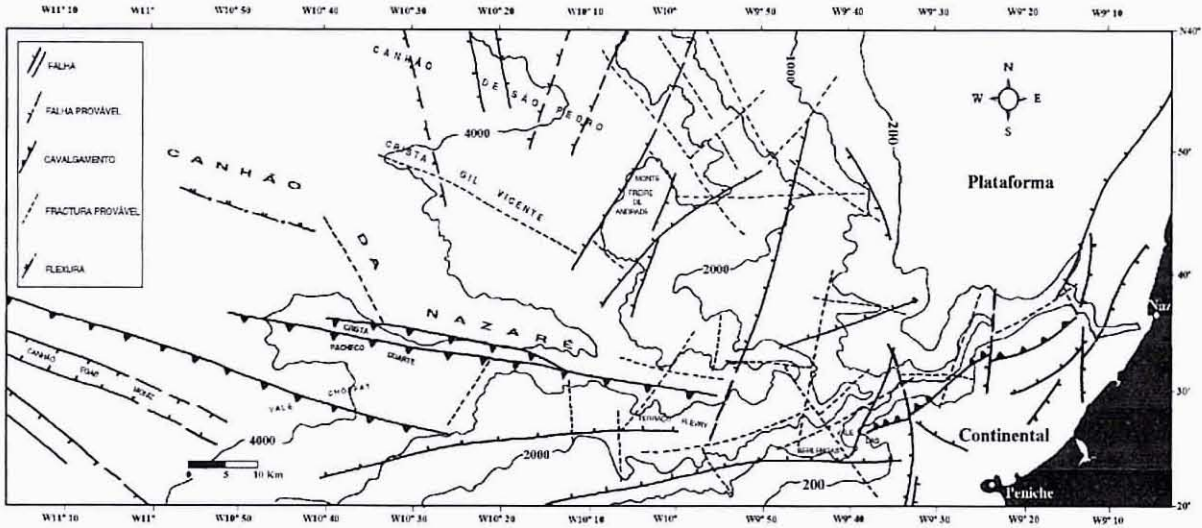


Figura 44 - Carta dos alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia para a área do canhão da Nazaré. As falhas, os cavalgamentos e a flexura representadas, basciam-se nos trabalhos de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990).

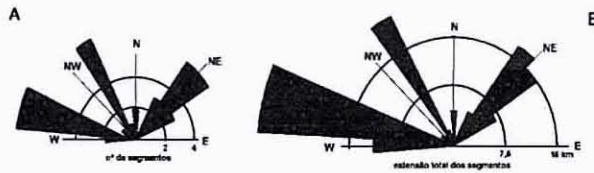


Figura 45 - Orientação dos alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia para a área do canhão da Nazaré.

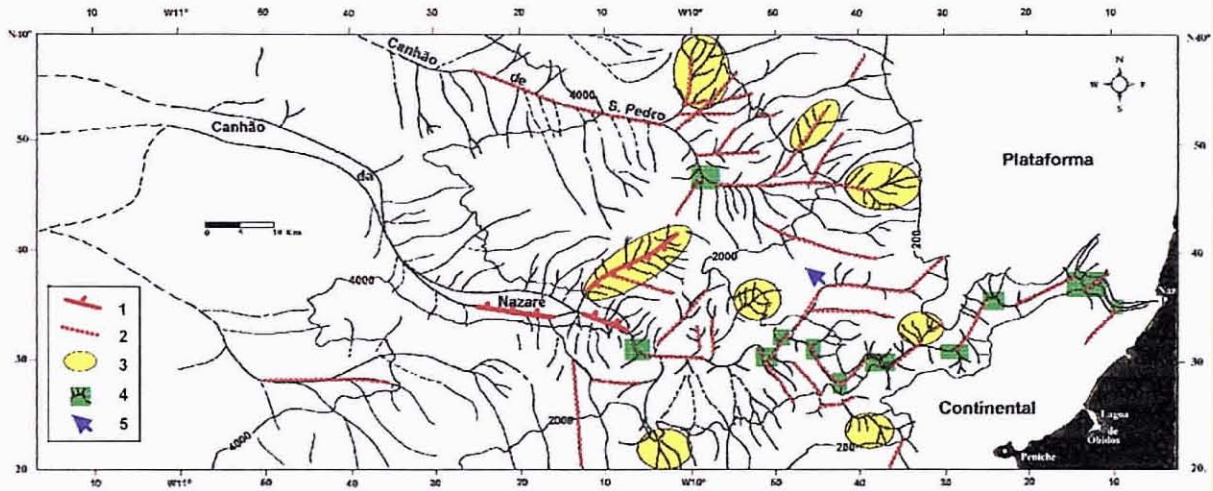


Figura 46 - Carta dos alinhamentos estruturais e anomalias de drenagem evidenciados pela rede de entalhes. 1 - vale de fractura certo; 2 - vale de fractura provável; 3 - área dendrítica; 4 - meandros; 5 - captura provável.

Para a área referente aos três canhões (figura 47) verifica-se que os alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia se estabelecem segundo três direcções, NE/SW, NW/SE e N/S. tal como já foi referido, estas direcções correspondem às duas orientações

tectónica dominantes das áreas adjacentes aos canhões , a primeira referente ao Esporão da estremadura e a segunda para a margem alentejana. Daí que posamos considerar que os três canhões se localizam numa área que sofreu movimentos tectónicos contraditórios, facto que contribui para a sua formação e explica a diferente orientação que os cursos do canhão de Setúbal tomam.

A existência destes acidentes perpendiculares é particularmente visível, no sue curso médio (figura 37) que corresponde à área onde existe o maior número de meandros da carta (figura 49), o que demonstra, como no caso do canhão da Nazaré que estas formas erosivas estão conforme a tectónica local.

Os vales de fractura são evidentes a alguns devem atingir dimensões consideráveis (serão falhas?), como acontece no curso superior do canhão de Setúbal e na margem norte do canhão de Cascais. As direcções que tomam são as que já foram refreidas, factor que contribui para as encararmos como linhas de fragilidade reais.

Quanto às áreas dendríticas, podemos distinguir três sectores:

- as cabeceiras dos canhões de cascais e de Lisboa que correspondem a áreas muito falhadas e formadas por rochas pouco consolidadas (D. MOUGENOT, 1989);
- a margem norte do canhão de cascais que dado o seu aspecto linear parecem corresponder a uma área em que existirá uma rede de falhas paralelas (NE/SW9);
- o curso inferior do canhão de cascais, onde um alinhamento NW/Se parece definir-se e que é evidenciado (para além da disposição que as áreas dendríticas assumem) pela alteração na orientação do planalto de Afonso de Albuquerque e do canhão de Setúbal. Talvez a presença de uma escarpa de falha de um importante acidente tectónico, seja o factor responsável pelo reavivar da erosão das vertentes.

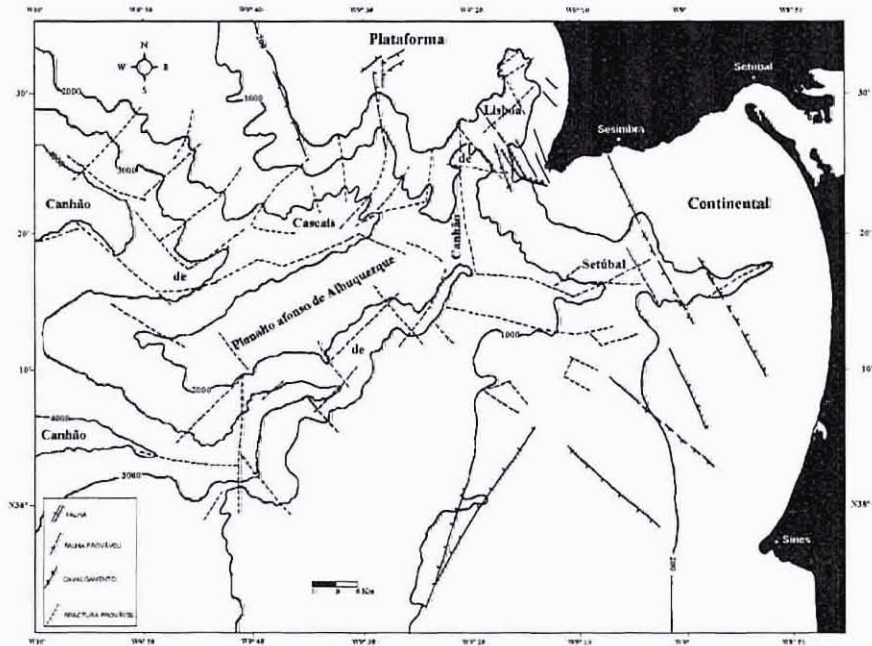


Figura 47 - Carta dos alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia para a área dos três cânhões. As falhas, os cavalamentos e a flexura representadas, baseiam-se nos trabalhos de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1990).

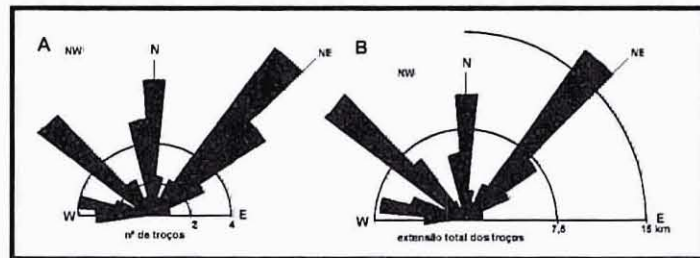


Figura 48 - Orientação dos alinhamentos estruturais evidenciados pela topografia.

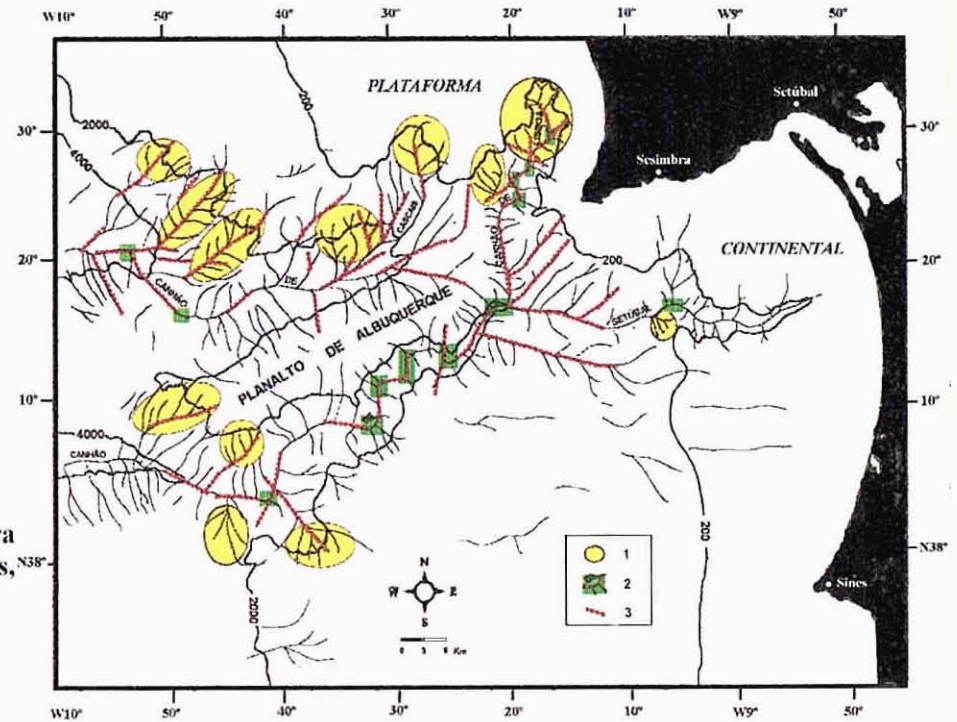


Figura 49 - Carta dos alinhamentos estruturais e anomalias de drenagem evidenciados pela rede de entalhes da área dos três cânhões. 1 - área dendrítica; 2 - meandros; 3 - vale de fractura provável.

### 3.2.3. - Magnitudes da rede de entalhes submarinos

O conceito de magnitude tem em conta o número de nascentes e de confluências, de uma rede fluvial (A. E. SCHEIDEGGER 1967; L. SHREVE, 1967). A sua cartografia comporta a numeração em ordem crescente, da base ao topo, de todas as origens e confluências dos troços de uma rede (figura 44). Define-se a partir de um nível de base (convencionado como valor 0 de magnitude), unindo por um traço contínuo, as diferentes origens e confluências do mesmo nível, obtendo-se desse modo, uma sequência ordenada dos valores, desde o nível de base à nascente mais afastada e mais alta. Procedendo desta forma, desenha-se gradualmente uma série de curvas de igual valor de magnitude, em relação ao nível de base escolhido que permitem definir áreas de fraco e forte coeficiente de drenagem.

A disposição que as curvas de magnitude tomam (regular e irregular), e a superfície dos espaços entre curvas, parecem estar ligados ao número e à localização de obstáculos naturais à drenagem (bancadas duras, falhas, diaclases, por exemplo), e podem por isso, traduzir cartograficamente, as variações da extensão dos troços da rede que unem as nascentes e as confluências, carácter muitas vezes ligado a um controlo estrutural (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1971, 1973).

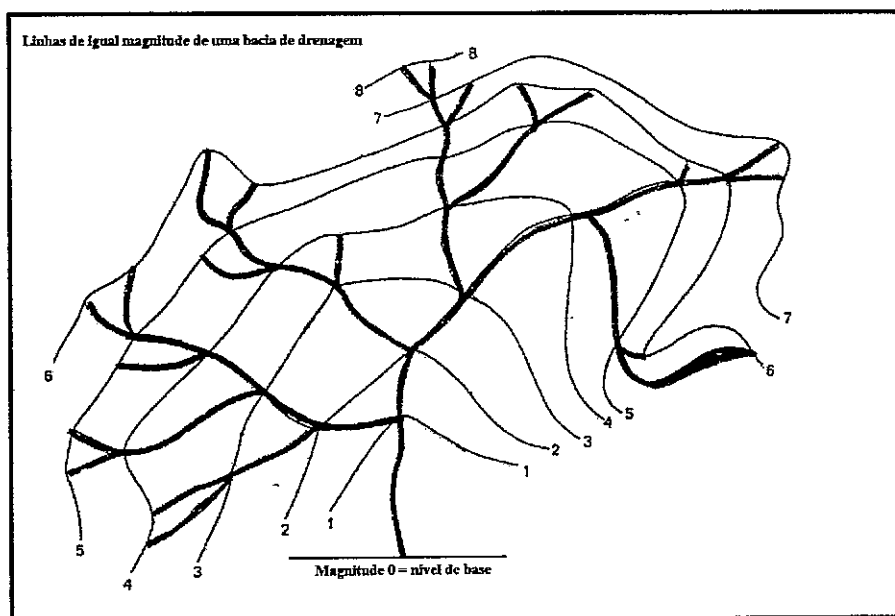


Figura 50 - Método utilizado no traçado das curvas de igual magnitude (segundo J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1973).

Uma interpretação da litologia do substracto, pode ser igualmente proposta a partir do comportamento geral das curvas de igual magnitude. Com efeito, curvas pouco numerosas e muito espaçadas, podem indicar uma região litologicamente monótona, enquanto que uma forte densidade de curvas, poderá assinalar uma zona possuidora de um esqueleto estratigráfico complexo (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1973).

Podemos por isso, comparar as magnitudes relativas de bacias vizinhas e igualmente, observar a repartição espacial das curvas, assim como, obter informações mais precisas, sobre a localização de zonas com forte e fraca frequência de confluências<sup>8</sup>.

Segundo M. VIGNEAUX *et al.* (1971), no interior de uma bacia vertente, aparecem geralmente, anomalias lineares no traçado das curvas de magnitude que traduzem variações na repartição da fragmentação, da rede de drenagem submarina. As áreas em que as curvas se juntam, a que chamaremos feixes de magnitude, devem ser interpretadas como falhas ou limites estratigráficos, na medida em que elas põem em contacto, bacias geologicamente diferentes.

Baseando-nos nos princípios metodológicos acima referidos, podemos verificar que no do canhão da Nazaré (figura 51), as áreas que possuem um forte coeficiente de drenagem são o próprio canhão (entre os 9°25'W e 10°10'W) incluindo o Vale da Berlenga e a área do Monte Freire de Andrade. Nesta áreas as curvas de igual magnitude estão próximas umas das outras e existe uma certa regularidade na sua distribuição, daí que para estas áreas, se poderá considerar que existe um esqueleto estrutural e litológico complexo.

Os perfis que conhecemos revelam uma estrutura monoclinal muito entalhada a norte e estruturas complexas a sul, ligadas ao cavalgamento que os terrenos hercínicos (maciço dos Farilhões) exercem sobre os afloramentos terciários, eles próprios muito deformados (D. MOUGENOT, 1989).

A área a ocidente dos 10° 15'W e a norte do canhão da Nazaré apresenta, um coeficiente de drenagem médio, o número de curvas é mediano, assim como a sua proximidade, factos que denotam uma certa regularidade, daí podermos afirmar que não se trata de uma área estruturalmente complexa (e porventura litologicamente), o que em princípio se coaduna com os dados que temos, uma vez que esta área se refere à vertente continental que se caracteriza como uma superfície de fraco declive, onde se vão acumular os materiais provindo do talude.

---

<sup>8</sup> No nosso trabalho não prolongamos o traçado das curvas de igual magnitude pela plataforma continental, uma vez que a rede de entalhes é pouco nítida e os dados que obtivemos quando experimentámos esta técnica, levaram-nos a concluir que para a análise das magnitudes desta área era necessário dispor de uma carta batimétrica de maior escala.

Como áreas de fraco coeficiente de drenagem, temos a parte abrangida pelo talude continental, a norte do Monte Freire de Andrade e do canhão da Nazaré, assim como, toda e vertente continental (grosseiramente a ocidente dos 10°50'W), e a margem sul do canhão da Nazaré, até às proximidades do Vale da Berlenga. Nestas áreas, as curvas aparecem em número reduzido, estão muito espaçadas e dispostas com uma certa regularidade.

Por estes motivos, sugerimos que se trata de áreas litologicamente monótonas e com uma estrutura simples, talvez monoclinal para o sector norte e estruturas dobradas para a margem sul, como mostram os perfis no trabalho de D. MOUGENOT (1989, p. 218) que evidenciam uma estrutura dobrada para a crista Pacheco Duarte e um sinclinal para o Vale Choffat.

A área do curso superior do canhão, também se individualiza por apresentar um fraco coeficiente de drenagem, as curvas são poucas e estão dispostas regularmente, o que nos pode levar a concluir que se trata de uma área com um estrutura monoclinal, como mostram os perfis sísmicos da área (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981). Litologicamente, é que nos parece que a conclusão que a carta nos fornece não está certa, uma vez que, pelos dados que nos fornece a carta geológica (G. BOILLOT *et al.*, 1978), devemos considerar que a litologia da área é complexa.

Dada esta contrariedade, pensamos que o curso superior do canhão deve merecer uma atenção especial na aplicação desta técnica, já que a sua ligação à plataforma continental, unidade morfológica radicalmente diferente do talude, não se pode negligenciar. Esperamos que em próximos trabalhos possamos aprofundar esta incerteza que temos.

Uma coincidência interessante e que nos ajuda a confirmar a validade desta técnica, prende-se com a localização e direcção que apresentam os feixes de magnitude. Atente-se no caso evidenciado pelos vários feixes que delimitam o Monte Freire de Andrade, considerado um *horst* Quaternário (D. MOUGENOT, 1989).

Pela figura 45, podemos verificar que a maioria dos feixes de magnitude coincidem com falhas já conhecidas e, que a orientação que eles tomam, revela o contraste nítido, quanto à direcção que apresentam as margens do canhão da Nazaré (ver figura 44). Na margem norte dominam as direcções NE/SW e NW/SE, enquanto que na margem sul, a direcção geral E/W do acidente da Nazaré é bem visível.

A carta também sugere a existência de outros acidentes tectónicos (ou limites estratigráficos, não sabemos), nomeadamente, um feixe E/W no terraço Norte e feixes N/S na margem sul, dois dos quais individualizam o terraço Fleury. Tendo em conta as direcções que

estes feixes apresentam sugerimos que eles possam representar, os acidentes que delimitem os bordos dos blocos abatidos ou soerguidos, uma vez que eles surgem justamente, junto de dois dos blocos que sofreram movimentações deste tipo.

Quanto à carta de magnitudes para a área dos três canhões (figura 46), verificamos que as áreas que possuem um forte coeficiente de drenagem é todo o vale que constitui o canhão de Lisboa e os cursos médio e inferior do canhão de Setúbal.

Nestas áreas, as curvas de igual magnitude são numerosas e estão, de uma maneira geral, dispostas regularmente, factos que nos sugerem uma estrutura (dobrada e associada a uma cavalgamento como demonstra a figura 29) e litologia complexas, justificáveis, uma vez que estes sectores abrangem o planalto de Afonso de Albuquerque que é interpretado como um prolongamento afundado da Serra da Arrábida, soerguido durante a compressão Miocénica (G. COPPIER e D. MOUGENOT, 1982).

O profundo entalhe que os dois canhões realizam neste planalto, forma um canal rochoso encaixado que deve possuir um esqueleto estratigráfico complexo.

A bacia vertente do canhão de Cascais e parte do curso superior do canhão de Setúbal (entre os 9° 15'W e 9° 20'W) são áreas de fraco coeficiente de drenagem. O número de curvas é reduzido e estão na maioria dos casos regularmente espaçadas, factos que poderão corresponder a uma litologia monótona e estrutura simples, talvez monoclinal como evidenciam os perfis sísmicos destas áreas (figura 31).

A secção do canhão de Setúbal próximo da cabeceira (concretamente, a oriente dos 9°15'W), também se individualiza, por apresentar uma disposição mais aproximada das curvas relativamente à secção anterior, o que talvez resulte de modificações estruturais, uma vez que o feixe de magnitudes que aí existe, coincide com uma falha normal que desnivela a cobertura sedimentar da plataforma e favorece a abertura de um tributário, na margem norte que é vulgarmente conhecido por canhão de Sesimbra.

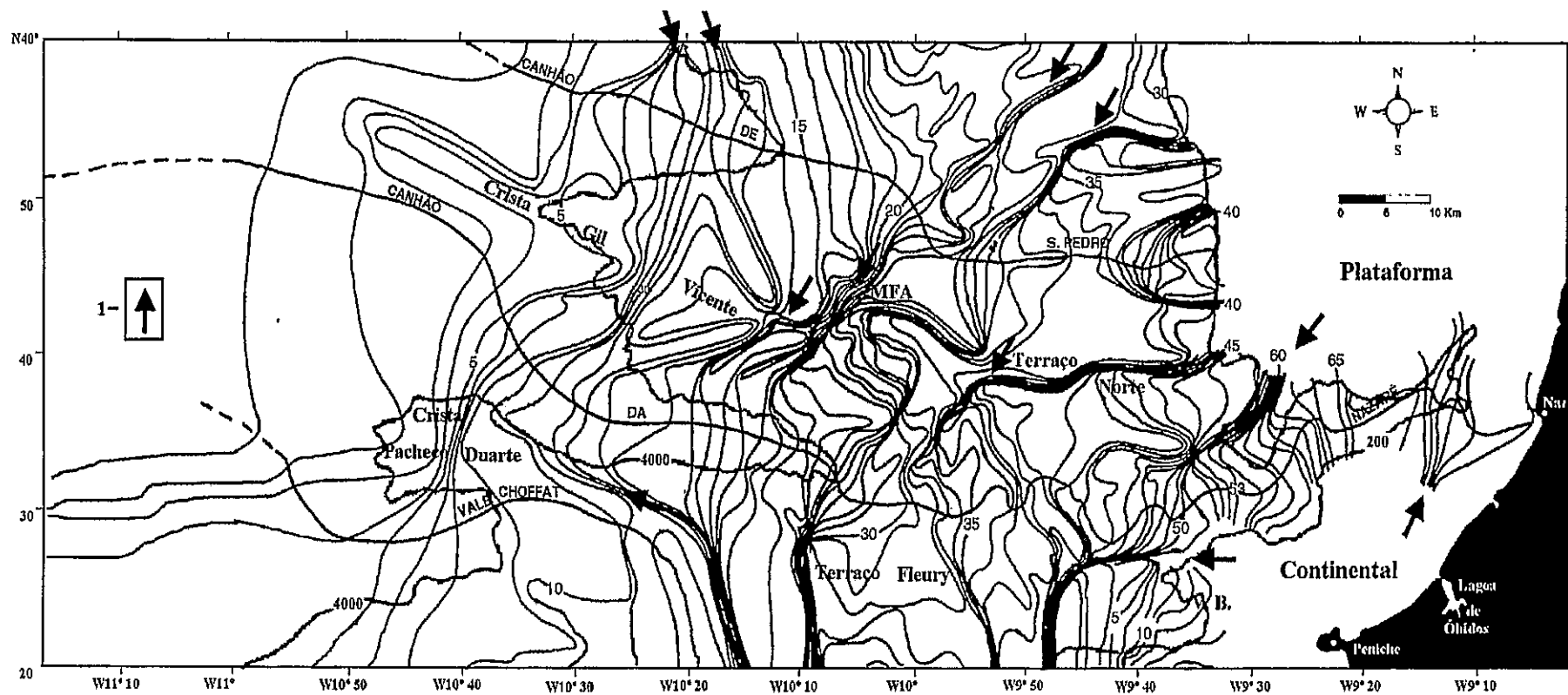


Figura 51 - Carta de magnitudes da área do canhão da Nazaré. 1 - alinhamentos das curvas de magnitude que coincidem com falhas conhecidas; MFA - Monte Freire de Andrade; V. B. - Vale da Berlenga. Estão representadas na carta as isóbatas dos 200m e dos 4000m.



O prolongamento deste feixe para W, assume a orientação de um acidente importante da área, a falha de Grândola (N 115). A única concordância que encontramos entre os feixes de magnitude e as falhas conhecidas, apenas se reporta ao exemplo anterior, no entanto, a carta de magnitudes sugere-nos outros acidentes importantes, nomeadamente, o feixe que se estabelece sobre o planalto Afonso de Albuquerque que parece definir um limite estrutural, entre os três canhões da área.

Pelos dados que conhecemos, inclinamo-nos para a hipótese de considerar que este limite, se deva ao cavalgamento da Arrábida que é identificado na figura 29, e sugerido por vários autores (H. REGNAULD, 1987; D. MOUGENOT, 1989; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). Curioso é verificar que este feixe altera a sua direcção, sensivelmente aos 9° 40'E, tomando a direcção de NW/SE que coincide com a modificação na direcção do canhão de Setúbal e na alteração da orientação geral do planalto de Albuquerque tem até aí (ver figura 35). Julgamos que esta alteração, na direcção deste feixe de magnitudes, se refere um forte acidente tectónico (NW/SE), identificado no trabalho de D. MOUGENOT (1989, p. 175) e que para nós, terá condicionado a implantação do canhão e a própria disposição do planalto de Albuquerque.

Feixes menos significativos (NE/SW), mas também importantes, dado o paralelismo que existe entre eles, podem-se identificar na margem norte do canhão de Cascais. Corresponderão a limites estratigráficos ou a falhas? Neste momento não dispomos de muitos argumentos para justificar qualquer das hipóteses, mas podemos observar pela figura 25, que na cabeceira do canhão de Cascais existem falhas normais que têm aproximadamente esta direcção. Será que essas falhas se prolongam para sudoeste?

A existência de várias ravinas paralelas de grande extensão, nesta parte do talude poderia em parte Ter uma origem tectónica, mas conforme considera H. REGNAULD (1987) este paralelismo pode advir de outras explicações, tais como: um fenómeno relacionado com um comprimento de onda fixa; ou uma correlação com a veia de água mediterrânea que circula a estas profundidades, neste sector.

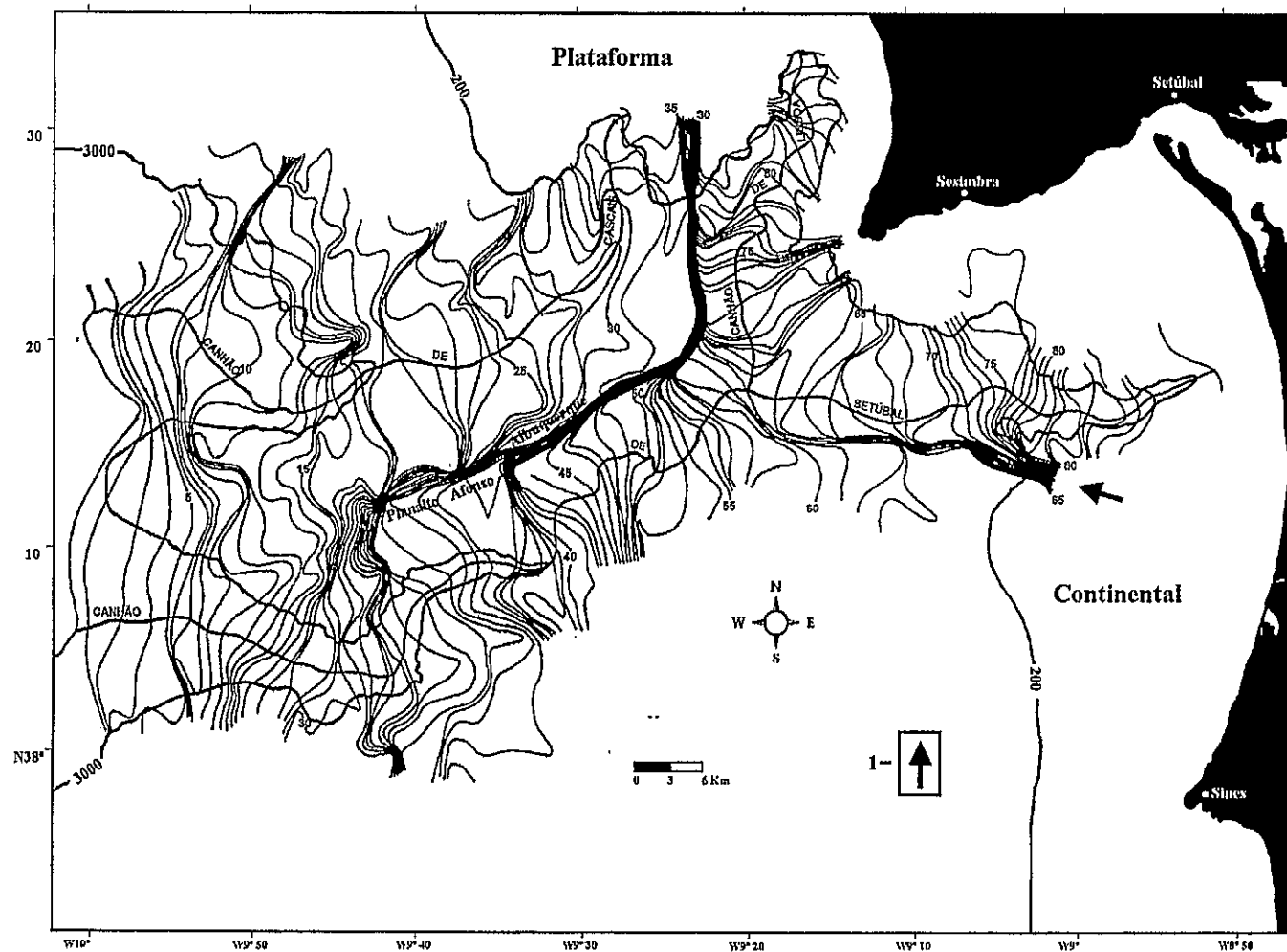


Figura 52 - Carta de magnitudes da área dos três canhões. 1 - alinhamentos das curvas de magnitude que coincidem com falhas conhecidas. Estão representadas na carta as isóbatas dos 200m e dos 3000m.

### 3.2.4. - Intensidade da erosão cursitária (curvas de talvegue)

O estudo dos problemas de dissecação do relevo pelos cursos de água pode ser feito pela comparação dos seus perfis ao longo das suas redes (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1973). Um método particular, dito de curvas de talvegue permite efectuar esta análise rapidamente e pôr em evidência, as variações relativas da concavidade e convexidade dos perfis. Estes fenómenos podem traduzir a existência de zonas onde a erosão atinge valores diferentes, seja pela existência de camadas com resistência variável à erosão, seja pela presença de acidentes tectónicos.

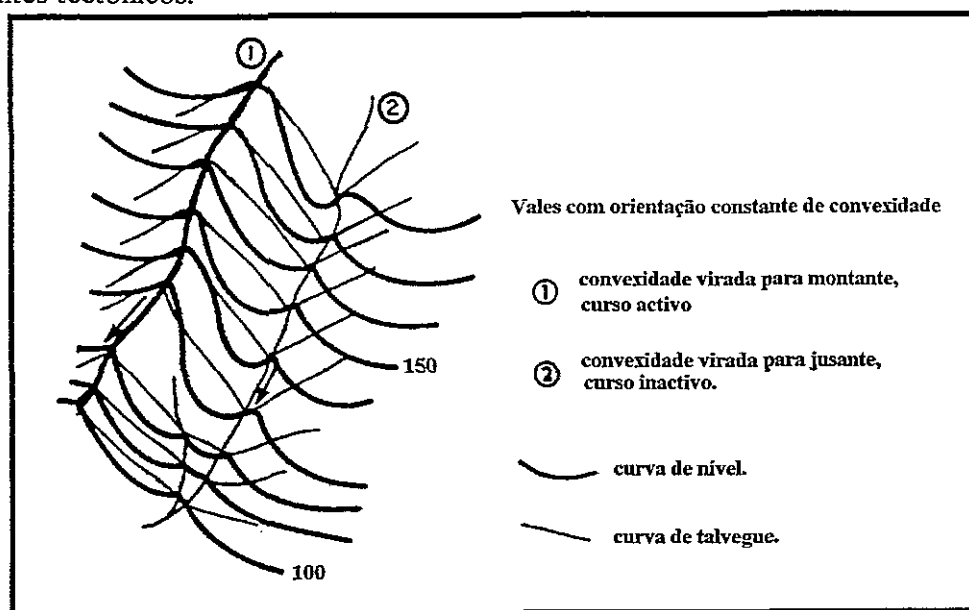


Figura 53 - Método utilizado para o traçado das curvas de talvegue

Na prática, a escala de análise definida pela equidistância das curvas batimétricas sobre o documento estudado é muito importante (M. VIGNEAUX *et al.*, 1971). No caso das cartografias do domínio do talude, onde a equidistância é de 200m, o contorno das zonas de convexidade idênticas indica-nos os limites entre as zonas onde a cobertura sedimentar recente está erodida e onde ela está conservada (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1973).

As isóbatas utilizadas no nosso estudo foram a dos 200m e a partir daí, todas as isóbatas disponíveis (na carta do canhão da Nazaré a equidistância é de 100m, enquanto que na carta do canhão de Setúbal é de 50m), embora no esboço que apresentamos, só estejam representadas as isóbatas com equidistância de 500m<sup>9</sup>. Na plataforma não foram determinadas curvas de talvegue, em virtude da fraca incisão da rede de entalhes submarinos.

<sup>9</sup> No esboço de curvas de talvegues que apresentamos reduzimos o número de curvas que podíamos representar, de modo a facilitar a interpretação dos resultados.

A cartografia das curvas de talvegue (figura 47) faz-se a partir da superfície desenhada pelas curvas de nível, unindo-se por segmentos de recta, todos os pontos com a mesma cota do fundo de talvegue, o que permite uma série de medidas e observações, sobre os troços e as redes, a sua actividade e o estado de erosão que atingem. Estas observações, assentam na análise do sentido da convexidade dos ângulos formados ao longo dos talvegues, pelas linhas de contorno. Uma convexidade virada para jusante indica-nos que há um excesso de materiais a erodir, por isso os vales são genericamente, inactivos (J. J. NAUDIN e R. PRUD'HOME, 1971). Nos vales onde todas as curvas desenhavam ângulos cuja convexidade está virada para montante, há um défice de materiais a erodir, o que aponta para uma actividade erosiva importante. É de esperar que o sentido da convexidade, não seja constante ao longo do vale, variando para montante e para jusante.

Na carta das curvas de talvegue referentes ao canhão da Nazaré (figura 48) podemos verificar que a vertente continental (a ocidente dos  $10^{\circ}10'W$ ) incluindo a Crista Gil Vicente e Pacheco Duarte são áreas onde a cobertura sedimentar está conservada, e só poucas ravinas desgastam as vertentes, o que está de acordo com o declive suave desta área (ver figura 36), e até o canhão da Nazaré, aparentemente, pouca actividade erosiva terá no seu curso inferior, uma vez que a jusante dos  $10^{\circ}50'W$ , a cobertura sedimentar não está a sofrer erosão.

Como seria de esperar, é nas áreas do talude que a cobertura sedimentar sofre um maior desgaste e o ravinamento é mais activo, em virtude do declive elevado das suas vertentes, no entanto, parece-nos que à medida que se vai para montante, a disposição dos corredores de erosão adquire uma fisionomia diferente, de um aspecto linear passa-se para uma configuração mais alargada, particularmente notada entre os  $9^{\circ}45'W$  e os  $9^{\circ}20'W$ , sector que possui as paredes mais verticais e o maior número de meandros de todo o canhão. Face a estas razões, pensamos que o ravinamento não será o processo mais importante na evolução destas vertentes, mas sim os movimentos de massa, aliados a uma escavação profunda do talvegue do canhão favorecida pela existência de linhas de fraqueza no substrato. Neste sector ainda podemos notar que no cotovelo dos meandros, o corredor erosivo tende a estreitar-se, particularmente junto dos Farilhões, onde a existência de rochas hercínicas resistentes provocará o estreitamento do vale e um aumento da intensidade da erosão linear.

No talude continental desta área, também é visível a diferente orientação que os ravinamentos apresentam a sul e a norte do canhão da Nazaré, o que está de acordo com a inclinação geral das áreas.

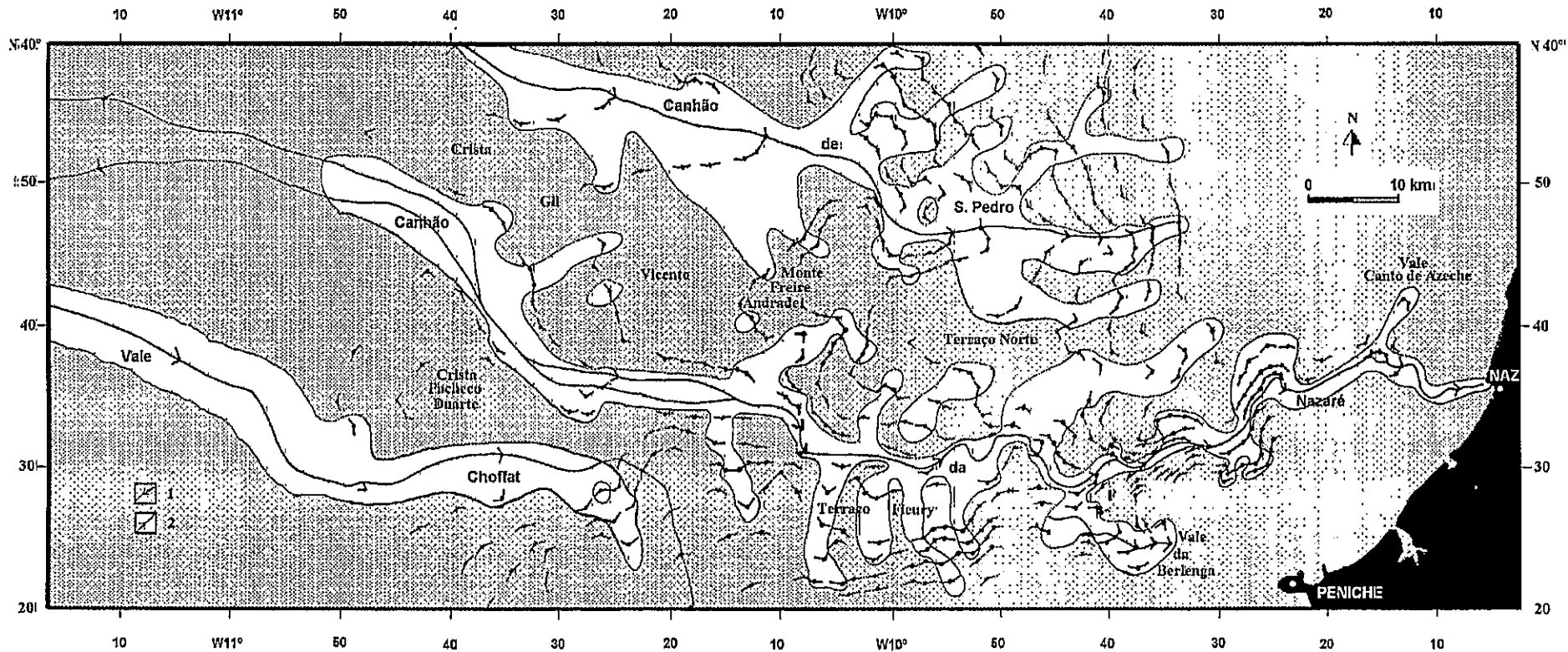


Figura 54 - Carta das curvas de talvegue da área do canhão da Nazaré. 1 - vale inactivo, área onde a cobertura sedimentar recente está conservada; 2 - vale activo, área a erodir.

Curioso é notar que os dois terraços considerados, parecem estar a sofrer erosão da sua capa sedimentar, particularmente o terraço Fleury que se localiza no sopé de possantes e declivosas ravinas. Talvez esta forma não escape ao poder erosivo das correntes de turbidez que por elas devem circular. O Monte Freire de Andrade, parece conservar uma certa imunidade dos seus cimos, mas o mesmo não se passa nos flancos, principalmente, na vertente SW onde se deve exercer um forte desgaste.

Relativamente aos sectores do canhão, na plataforma continental verifica-se que ele constitui um corredor de erosão que comporta duas cabeceiras activas, mas só uma delas chega até junto da costa, facto já explicado por H. REGNAULD (1987) e que se relaciona com a alteração do local, onde se efectua a convergência das derivas litorais. Outro sector que merece a nossa atenção é o Vale da Berlenga que como já sabemos é um tributário do canhão da Nazaré, mas que poderá deixar de o ser, uma vez que a cobertura sedimentar (ou mesmo o afloramento rochoso) do interflúvio está a sofrer erosão, daí antevermos uma provável captura deste vale, por erosão regressiva do canhão da Nazaré.

O mapa de curvas de talvegue da área dos três canhões (figura 49) revela uma configuração diferente dos corredores erosivos que se estabelecem para o caso anterior. O traçado alargado predomina, facto que desde logo nos parece indicar que a evolução das vertentes se deve fazer preferencialmente por movimentos de massa. Os flancos do planalto de Afonso de Albuquerque parecem ser um terreno privilegiado para a ocorrência deste fenómeno, uma vez que as vertentes são íngremes, o traçado sinuoso do canhão de Setúbal denuncia um forte controlo estrutural, e é principalmente na margem côncava dos meandros que o corredor erosivo se alarga, pois estes serão os locais, em que se fará um subescavamento da base das vertentes que acaba por provocar a sua queda.

As cabeceiras erosivas dos canhões de Lisboa e Cascais também parecem ser um terreno favorável para este processo, pois elas formam-se em áreas constituídas por rochas pouco resistentes e a existência de várias falhas (ver figura 25) são factores propícios, para que elas continuem o seu recuo, notando-se até o prenúncio da sua coalescência, visto que as cabeceiras de um tributário do canhão de Lisboa estão a recuar em direcção à cabeceira do canhão de Cascais.

Devemos realçar também o corredor erosivo isolado que o canhão de Setúbal constitui na plataforma. A sua disposição alongada e extensa leva-nos a pensar que a erosão linear deve ser muito intensa, o que contrasta com a plataforma e talude continental que lhe ficam a sul onde a cobertura sedimentar parece não estar a sofrer erosão.

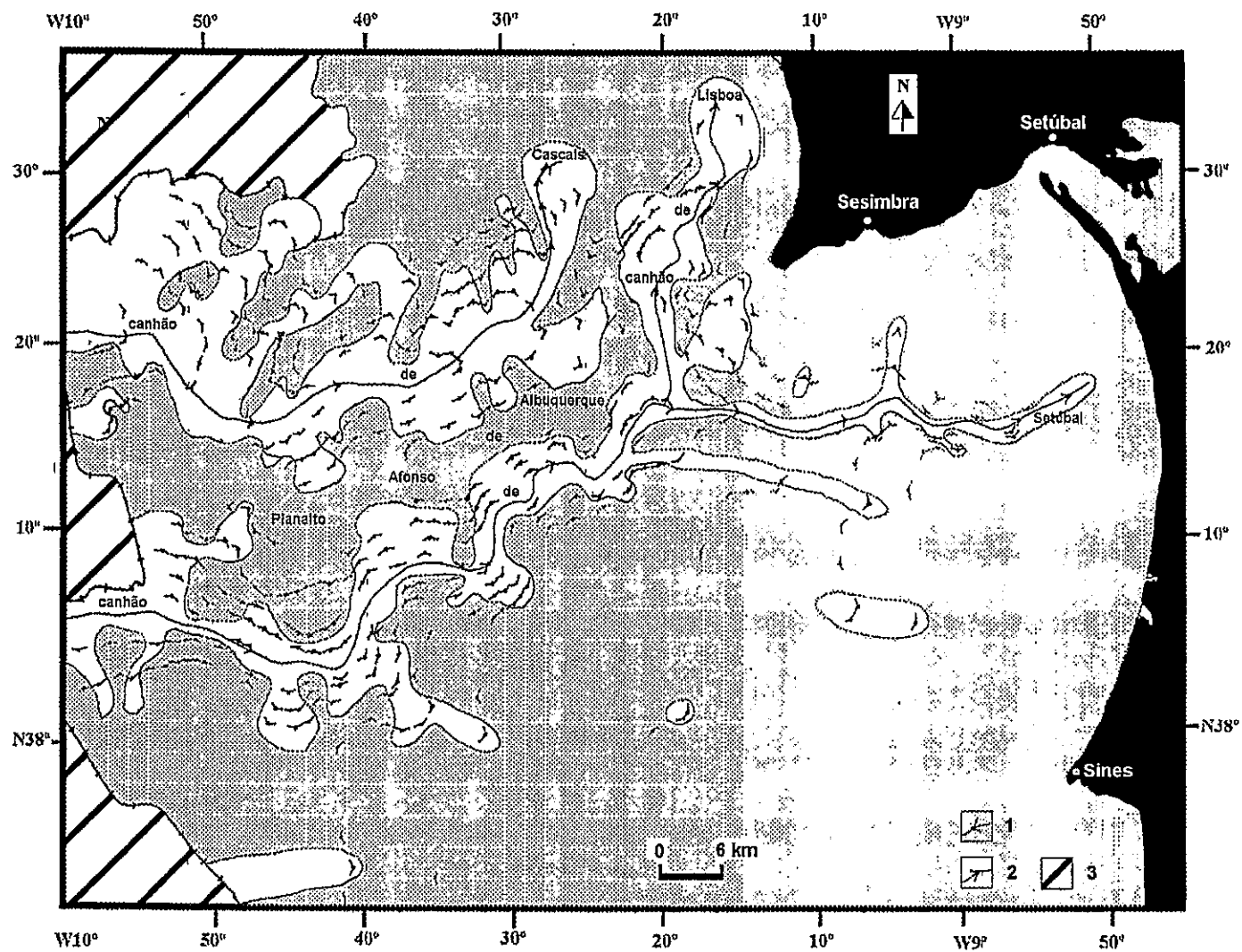


Figura 55 - Carta das curvas de talvege da área do canhão da Nazaré. 1 - vale inactivo, área onde a cobertura sedimentar recente está conservada; 2 - vale activo, área a erodir, 3 - informação batimétrica insuficiente.

#### 4. - As depressões do fundo dos canhões

Uma das características que ressalta da análise dos perfis longitudinais dos *goufs* portugueses é a existência de várias depressões ao longo dos seus talvegues. Como é um assunto pouco abordado nos trabalhos já realizados sobre estes canhões (a única referência é feita por J. R. VANNEY e D. MOUGENOT em 1981), iremos neste capítulo avançar algumas ideias respeitantes à sua morfologia e aos factores que favorecem a sua formação, em função dos dados que possuímos. As hipóteses propostas são provisórias e necessitam de trabalhos de pormenor para a sua confirmação.

Antes de procedermos à análise das depressões batimétricas, faremos um breve enquadramento teórico do assunto, servindo-nos dos casos concretos já abordados por outros investigadores para outros canhões.

##### 4.1. - Perfis longitudinais dos canhões e afluentes

Observando a figura 56<sup>10</sup> podemos distinguir dois tipos de perfis longitudinais para os canhões estudados:

- a) moderadamente curtos (comprimento inferior a 70 km) e com declive acentuado, 20% ou mais, ilustrados pelo canhão de Cascais e a duas ravinas tributárias do canhão da Nazaré;
- b) extensos (comprimento superior a 120 km) e com declive longitudinal moderado, média de 3%, como é o caso dos *goufs*.

O canhão de Lisboa parece lembrar um tipo intermédio; a parte superior é moderadamente inclinada (aparentada com os *goufs*), mas os troços médio e inferior são muito inclinados (do tipo das ravinas do talude).

Nestes perfis sobressaem desde logo, duas características típicas dos *goufs* da margem atlântica (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990), o seu grande comprimento e o fraco declive longitudinal. Estes dois aspectos sugerem-nos duas ideias sobre a sua origem e evolução: a antiguidade destes vales na escala geológica, em virtude da sua elevada extensão, e a forte intensidade do desgaste a que foram sujeitos.

---

<sup>10</sup> A representação nos perfis longitudinais de duas ravinas tributárias do canhão da Nazaré pretende salientar a diferença no declive longitudinal que os *goufs* possuem relativamente a outras incisões do talude continental.



Para se obter uma ideia da intensidade do desgaste que os canhões sofreram procedemos ao cálculo da quantidade de material removido para se formar o vale submarino. Utilizamos dois métodos (de modo a contrastar os resultados) para obter este valor:

1) Método 1 - a partir de quatro perfis transversais dos cursos médio e superior<sup>11</sup>, calculamos uma área aproximada da secção do canhão para cada perfil correspondente, e de seguida calculamos o volume do canhão entre dois perfis consecutivos. No final, calculou-se o somatório dos volumes obtidos entre perfis, e desta forma, quantificou-se o volume do material erodido;

2) Método 2 - a partir da área da secção do perfil transversal situado mais a jusante, calculamos o volume ocupado pelo canhão até à sua cabeceira, partindo do princípio que a forma do canhão se aproximava de uma pirâmide tombada.

Os valores totais de material erodido (quadro IV) serviram também para calcular uma taxa de erosão anual para cada *gouf*. Consideramos para o referido cálculo que o começo do Neogénico (25 Ma) seria a data em que teria iniciado a formação dos dois *goufs*. Esta data foi escolhida em virtude de não sabermos concretamente, em que altura se formou o canhão de Setúbal (Quadro página 47), e sabermos que no canhão da Nazaré já existia um vale submarino, pelo menos na parte que actualmente constitui o curso inferior.

**Quadro IV - Balanço erosivo dos *goufs* portugueses**

|                   | Quantidade de material erodido |                     | Taxa anual de erosão |               |
|-------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|---------------|
|                   | método 1                       | método 2            | método 1             | método 2      |
| Canhão da Nazaré  | $2 * 10^{12} m^3$              | $1,3 * 10^{12} m^3$ | $80\ 000 m^3$        | $52\ 000 m^3$ |
| Canhão de Setúbal | $1,1 * 10^{12} m^3$            | $4,8 * 10^{11} m^3$ | $46\ 800 m^3$        | $19\ 000 m^3$ |

A primeira conclusão que podemos tirar a partir dos resultados é que a quantidade de material removido para se formar o vale submarino foi maior no canhão da Nazaré do que no canhão de Setúbal, o que era esperado, uma vez que o canhão da Nazaré tem um vale mais largo. Quanto à taxa anual de erosão verifica-se que para o canhão da Nazaré ela foi aproximadamente o dobro da registado para o outro *gouf*. Face a estes resultados podemos concluir que o canhão da Nazaré apresenta uma maior capacidade erosiva do que o canhão de Setúbal, factor que ajuda a compreender três diferenças morfológicas entre os dois *goufs*:

<sup>11</sup> Não incluímos no cálculo o curso inferior por dois motivos. Não sabermos em que altura se formou o do canhão de Setúbal; a morfologia e composição litológica ser muito diferente.

- o canhão da Nazaré é mais extenso; - as suas cabeceiras estão mais próximas da linha de costa; - só o canhão da Nazaré é que possui no curso inferior duas possantes acumulações turbidíticas nas margens.

A maior capacidade erosiva do canhão da Nazaré, também deve estar associada à existência de um condicionamento tectónico mais importante que favorece o entalhe, e à possibilidade de ter ocorrido um maior fornecimento de material da plataforma para erodir o vale.

Até aos 900m de profundidade, o perfil longitudinal do canhão de Setúbal (figura 56) é mais inclinado (3,5% de declive longitudinal) e regular que o do canhão da Nazaré. Talvez esta maior inclinação possibilite, actualmente, uma eficácia superior no transporte dos materiais através do canhão, contrariamente ao canhão da Nazaré menos inclinado e mais irregular, como demonstram as várias depressões e elevações assinaladas no seu perfil.

Sensivelmente, a partir dos 900/1000m de profundidade, ocorre uma modificação do declive longitudinal dos *goufs*. Após uma pronunciada depressão e respectiva elevação a jusante, o declive aumenta bruscamente, 20% para o perfil do canhão de Setúbal e 10% para o perfil do canhão da Nazaré.

Abaixo dos 1600m, logo após uma depressão, o *gouf* da Nazaré apresenta uma ruptura de declive (aumenta para 10%), provocando o emparelhamento com o perfil longitudinal do canhão de Setúbal, aos 2300m. Os perfis de ambos são muito semelhantes entre os 2400 e os 4500m, com um declive médio de 3,6%, no entanto, o canhão da Nazaré é mais acidentado, uma vez que nesse troço regista cinco depressões. A partir dos 4300m os *goufs* apresentam um declive muito suave (0,9%) que se vai atenuando para jusante. No caso do canhão de Setúbal, apesar não termos dados batimétricos após os 4500m a mesma tendência para atenuar o declive longitudinal deve ocorrer. Os dois *goufs* apresentam os declives mais elevados nos troços do talude médio, entre os 1000 e os 4000m de profundidade.

Existe, como já foi referida uma semelhança no declive longitudinal médio, entre as ravinas tributárias do canhão da Nazaré e o canhão de Cascais. Apresentam perfis longitudinais de forte inclinação, com declives compreendidos entre os 30% e os 50%, e com súbitos aumentos de declive. O canhão de Cascais, no entanto, é uma ravina do talude formada por um vale largo e com o fundo muito irregular, factos que nos apontam para um maior desenvolvimento e antiguidade, relativamente às ravinas típicas do talude, ilustradas pelos dois exemplos do canhão da Nazaré.

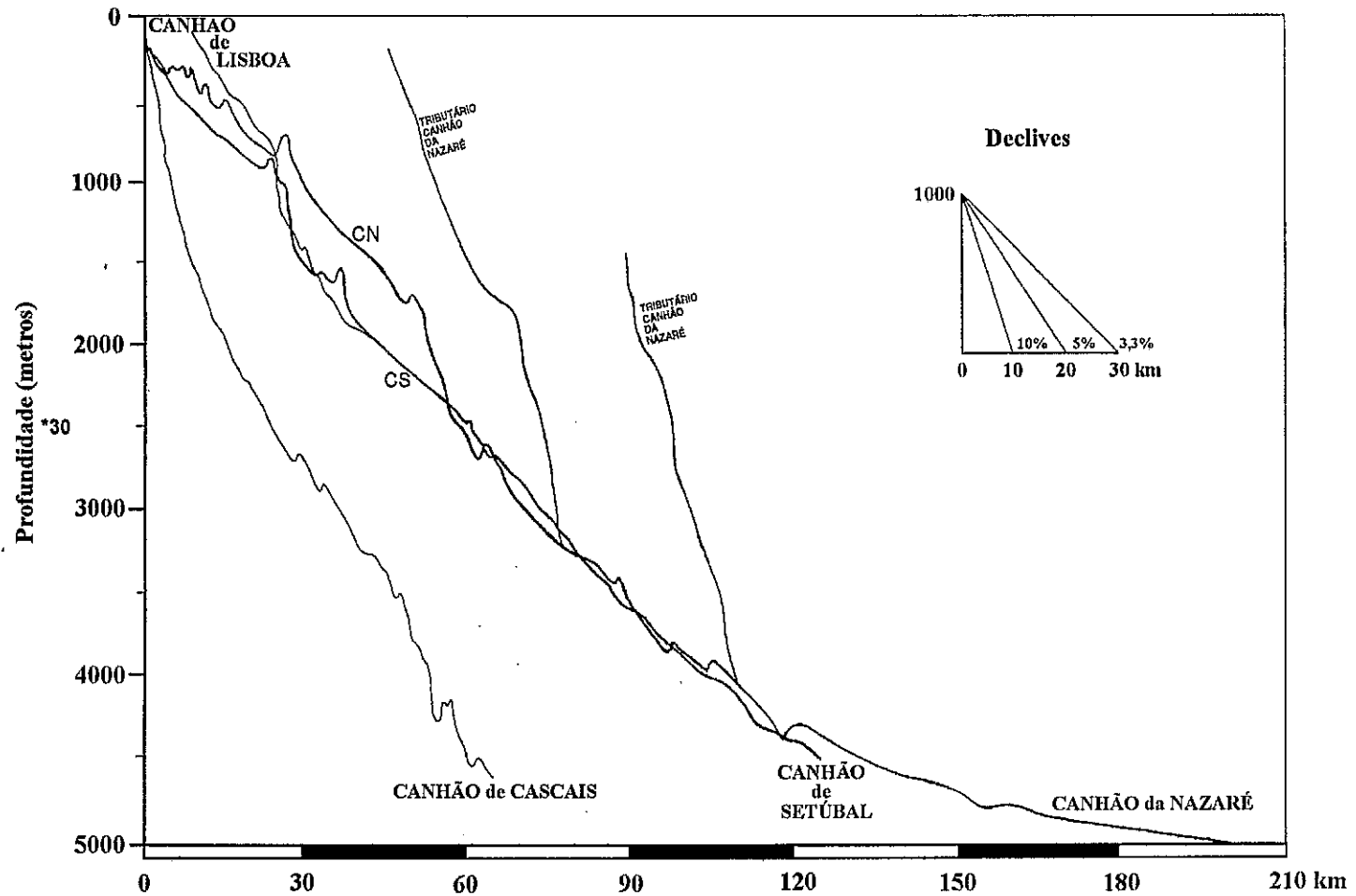


Figura 56 - Perfis longitudinais dos canhões estudados.

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

Pelo quadro V podemos verificar que o canhão da Nazaré possui o perfil mais irregular pois apresenta no total treze depressões e oito rupturas de declive. Esta irregularidade pode resultar da suave inclinação do seu perfil longitudinal, relativamente aos demais, facto que se traduzirá numa menor competência para transportar os materiais que afluem ao seu leito, nomeadamente, por correntes de turbidez ou por movimentos de massa das vertentes.

**Quadro VII - Número de depressões aclives e rupturas de declive no perfil longitudinal dos canhões estudados.**

|                   | curso superior | curso médio | curso inferior | Rupturas de declive |
|-------------------|----------------|-------------|----------------|---------------------|
| Canhão da Nazaré  | 6              | 5           | 2              | 8                   |
| Canhão de Setúbal | 1              | 3           | 0              | 3                   |
| Canhão de Lisboa  | 1              | 0           | 0              | 2                   |
| Canhão de Cascais | 0              | 3           | 3              | 7                   |

Os dois *goufs* apresentam mais depressões no superior e médio, enquanto que o canhão de Cascais regista um maior número no curso inferior. Este canhão, apesar do seu relativo reduzido comprimento apresenta muitas depressões (seis no total), sendo algumas delas bastantes pronunciadas (figura 56), comportando paredes de 250 metros de altura e declives superiores a 50%.

Numa primeira análise, podemos pensar que o elevado número de rupturas de declive nos canhões da Nazaré e Cascais poderão resultar da existência de blocos deslocados, ou de diferenças bruscas na resistência das rochas do fundo que acentuarão o desgaste diferencial provocado pela erosão linear:

Os canhões de Setúbal e de Lisboa apresentam um perfil mais regular. Esta regularidade pode resultar do facto de constituírem vales apertados de fundo estreito que aliado ao declive longitudinal elevado se traduzirá numa maior competência para transportar o material que neles circula.

Na tentativa de esclarecer os motivos pelos quais os canhões estudados apresentam depressões no seu leito elaboramos perfis longitudinais mais completos que incorporam toda a informação publicada sobre os *goufs* portugueses (G. BOILLOT *et al.*, 1972a; G. BOILLOT e P. MUSSELEC, 1972; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981; GROUPE TRANSMARGE, 1982; J. GARDNER e R. B. KIDD, 1987; H. REGNAULD, 1987; D. MOUGENOT, 1989; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990), bem como outros dados que derivam do nosso trabalho.



Segundo D. MOUGENOT (1989) o canhão da Nazaré possui um fundo rochoso até aos 3700 metros (figura 57). É nossa convicção que algumas porções deste fundo estão preenchidas por material deslocado das vertentes, resultante de movimentos de massa que provocam correntes de turbidez para jusante. Propomos por isso, ao contrário do referido autor que o fundo não seja totalmente rochoso e que em certos locais seja formado por um amontoado de blocos (alguns com dezenas de metros de altura) e de sedimentos. Nalguns canhões mediterrâneos este amontoado pode perfazer uma cobertura significativa do leito, construindo até, algumas elevações (cristas longitudinais e transversais ao leito) com algumas dezenas de metros (GROUPE ESTOCADE, 1978; X. Le PICHON e V. RENARD, 1982).

Dos 3700 aos 4800m, o fundo é constituído por uma superfície endurecida, provavelmente um nível semelhante aos que se encontram em lamas compactadas por correntes rápidas no fundo de vales abissais (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1990). Esta superfície endurecida é o testemunho da existência do canhão no Oligocénico.

Segue-se-lhe uma cobertura arenosa quaternária constituída por cascalhos e areias grosseiras a finas, dispostas em sequências granoclassificadas, entre as quais se intercalam vasas muito pobres em microfauna (J. C. FAUGÉRES *et al.*, 1984).

Relativamente à tectónica que afecta o leito do canhão e as duas ravinas já referidas, representámos no perfil as falhas/fracturas longitudinais<sup>12</sup> e transversais (ou subtransversais) ao talvegue. Observando a figura 57, nota-se que a localização de algumas falhas define bem a presença de blocos abatidos e soerguidos. Pelo menos quatro rupturas de declive (duas para o canhão e duas para as ravinas) estão associadas a escarpas de falha, em que a vertente do bloco soerguido é mais abrupta que a do bloco abatido.

Também podemos verificar que a presença de falhas condiciona a existência de algumas depressões. Esta associação também existe nos sistemas fluviais terrestres em que o perfil longitudinal dos canais rochosos encaixados é normalmente muito irregular, e a secção influenciada pelo controlo estrutural, com a erosão linear a induzir o alargamento e aprofundamento das fracturas e de outras zonas de fraqueza (M. A. SUMMERFIELD, 1991)

Se considerarmos no caso submarino que estas falhas comportam importantes caixas de falha, admitimos que as correntes que se desloquem para jusante (tipo correntes de turbidez) explorem 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 58. Convém, no entanto, salientar que existem outras depressões do leito que não estão relacionadas com a tectónica, facto sugere a actuação de outras condições para a sua formação.

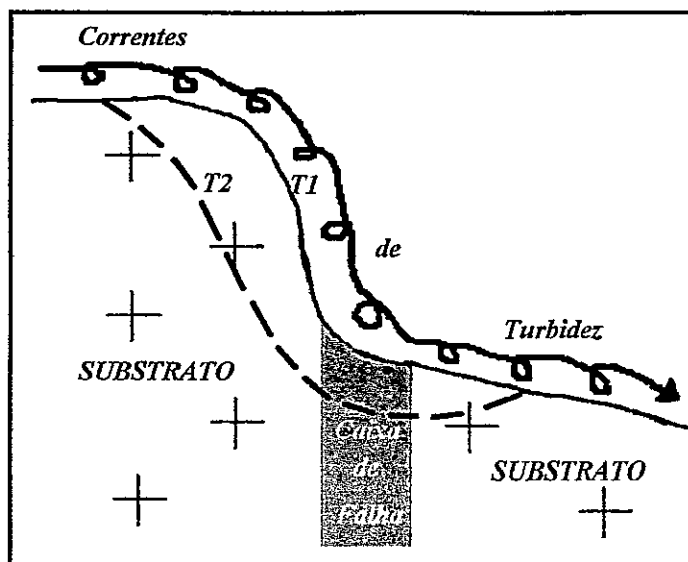


Figura 58 - Formação de uma depressão batimétrica na presença de uma caixa de falha no talvegue. T1 - talvegue pré-deprimido; T2 - talvegue erodido.

Situação interessante apresenta a depressão que se desenvolve aos 4000m de profundidade. No perfil longitudinal podemos verificar que se localiza numa área em que a constituição litológica do talvegue se altera (de rochoso passa a uma superfície endurecida), e coincide com a frente de cavalgamento (dirigido para norte) que a falha da Nazaré assume neste local (D. MOUGENOT, 1989). Deste modo, será talvez a actuação da erosão diferencial auxiliada pela tectónica local que explicam a formação desta depressão. Curioso é notar que apesar de se reunirem dois factores que, à partida, favorecem a formação da depressão esta não apresenta uma grande profundidade nem é tão extensa como outras representadas no perfil.

Outro processo que pode contribuir para a formação de depressões no leito dos canhões é sugerido pela figura 57. A ocorrência de movimentos de massa nas vertentes do canhão pode originar a acumulação no leito do material desabado, obstruindo o fundo do canhão e criando uma área deprimida a montante, isto se considerarmos que esse material não é logo transportado para jusante.

<sup>12</sup> Assinaladas sobre o perfil longitudinal.

Pela mesma figura podemos verificar que o próprio talvegue do canhão se instala em áreas fracturadas ou fálhadas, o que não é estranho, uma vez que ele segue, grosseiramente, uma das direcções tectónicas predominantes na área (N100°-110°), a direcção do acidente da Nazaré. No entanto, pensamos que algumas destas falhas/fracturas prováveis assinaladas podem corresponder a estruturas dobradas (tipo sinclinal), uma vez que na área o regime é compressivo e são conhecidos vales profundos (dos quais o Vale Choffat é um exemplo) com direcções próximas do alinhamento do canhão da Nazaré e que aproveitam estas estruturas (D. MOUGENOT, 1989).

Quanto aos canhões de Setúbal, Lisboa e Cascais dispomos manifestamente, de menos informação (falha devidamente confirmada a afectar directamente o talvegue apenas temos uma), mas mesmo assim, apontaremos algumas hipóteses.

O leito do canhão de Setúbal tem, certamente, alguns troços instalados em áreas fálhadas ou densamente fracturadas (figura 59), já que ele segue direcções de acidentes importantes, bem conhecidos em terra, como o alinhamento do Tejo (N30) e a falha de Grândola (N120).

A concordância entre a existência de uma depressão no talvegue e de um acidente tectónico, exemplificada no perfil do canhão da Nazaré, não é tão frequente para o perfil do canhão de Setúbal. Apenas dois exemplos, a 800 e 1500m de profundidade poderão corresponder a esta associação, mas os acidentes responsáveis por essas depressões não estão comprovados, daí antevermos a intervenção de outros factores para explicar as depressões assinaladas no perfil.

Um caso que ilustra a intervenção de outros processos relaciona-se com a grande depressão que se desenvolve pelos 800 metros (figura 59). A principal causa desta forma deve residir na existência de uma bancada de rochas que oferece maior resistência ao desgaste provocado pelas correntes que escavam o fundo do canhão; J. C. VANNEY e D. MOUGENOT (1981) para este local, referem a existência de uma escarpa rochosa que apelidam de Regueiras, o que nos ajuda a confirmar a nossa hipótese. Esta suposição baseia-se, principalmente, na configuração batimétrica do local que analisaremos, pormenorizadamente, em subcapítulo seguinte.

Quanto ao canhão de Lisboa verifica-se que apenas possui uma pequena depressão (a 1500m de profundidade) que se deve relacionar 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.

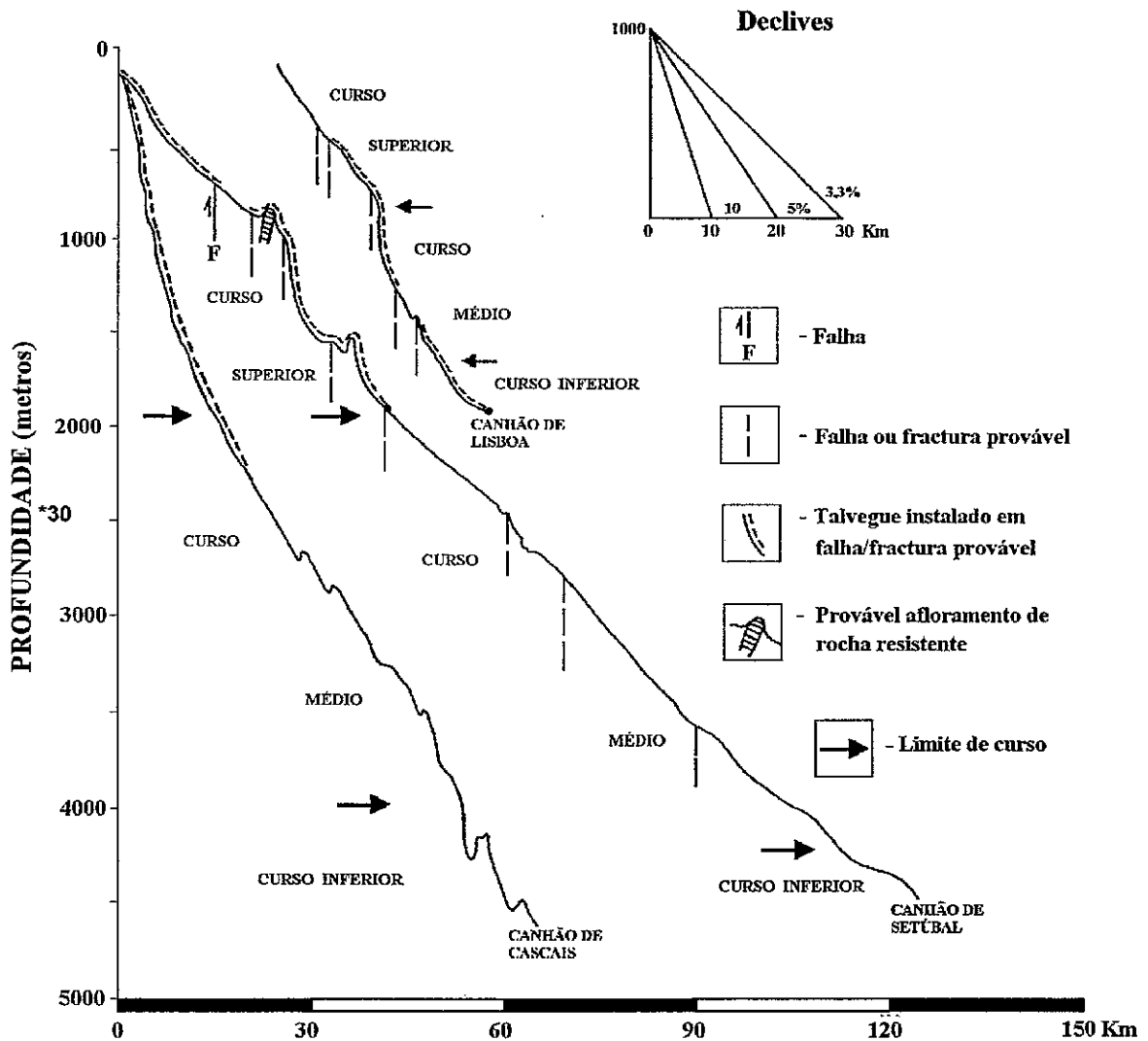


Figura 59 - Perfil longitudinal dos três canhões

No canhão de Cascais (figura 59) é notória a irregularidade do perfil longitudinal e as sucessivas rupturas de declive que o seu talvegue apresenta. O curso superior instala-se sobre vários acidentes tectónicos, e são já conhecidas nas suas cabeceiras algumas falhas (aproximadamente, N-S) que se devem prolongar para jusante. facto que leva certos autores a considerarem-no como um vale de ângulo de falha (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981). As depressões apenas existem a partir dos 2700m de profundidade, e algumas assumem proporções importantes, como é o caso da depressão que existe aos 4400m de profundidade. Esta grande depressão possuiu uma parede a montante quase vertical e o entalhe da sua base

ultrapassa os 200m. 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.

O processo de formação destas cataratas submarinas será idêntico ao que se passa nos sistemas fluviais terrestres. É geralmente aceite que a maioria das cataratas se desenvolvem como resultado da erosão de rochas brandas por baixos de rocha mais resistente, e na sua base desenvolvem-se depressões que resultam da forte erosão mecânica provocada pela queda de coluna de água. Admite-se que estas depressões constituem o processo pelo qual a catarata recua, e que o recuo promove uma suavização do perfil longitudinal (M. A. SUMMERFIELD, 1991). Quanto a nós, o mesmo processo ocorre a nível submarino, servindo assim, para explicar a formação de algumas depressões evidenciadas nos perfis longitudinais dos canhões que estudámos.

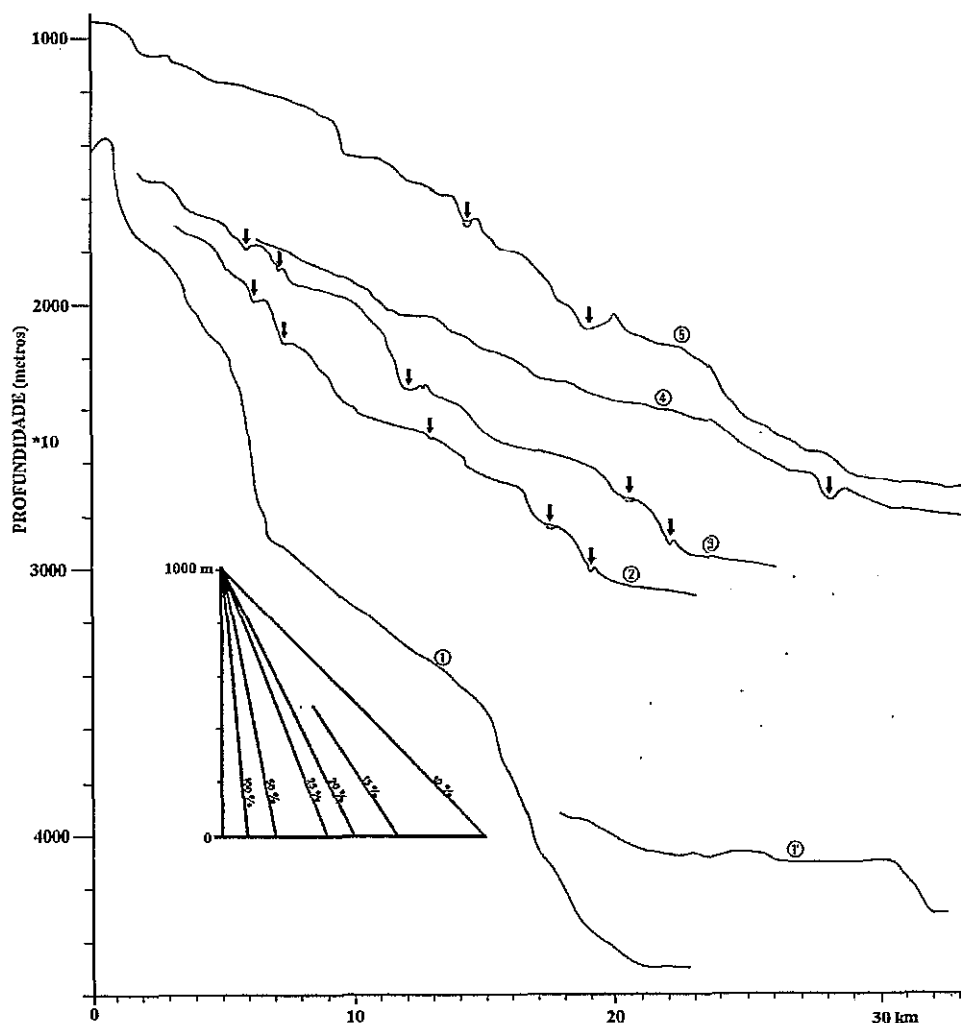
#### 4.2. - A sua ocorrência noutros canhões

As referências à existência de depressões no leito dos canhões submarinos são escassas, uma vez que se trata de um traço pormenorizado da sua morfologia que dificilmente é revelado na sísmica de reflexão simples. Só com a utilização de sistemas de sondagem multifeixe, a aplicação do sonar lateral e o recurso a mergulhos de submersível é possível ter imagens batimétricas que possibilitam o seu estudo, daí que apenas em alguns trabalhos (D. B. PRIOR e J. M. COLEMAN, 1980; C. K. PAULL *et al.*, 1990; C. McHUGH *et al.*, 1993; F. ROURE *et al.*, 1978; M. HOVLAND e A. J. JUDD, 1988;; X. Le PICHON e V. RENARD, 1981; W. STUBBLEFIELD *et al.*, 1982) que envolveram reconhecimentos morfológicos de pormenor do leito dos canhões elas sejam abordadas. Como resultado da leitura desses trabalhos elaboramos uma síntese teórica dos vários mecanismos que contribuem para a formação das depressões batimétricas do leito dos canhões.

X. Le PICHON e V. RENARD (1982), baseando-se em dados de sondagem multifeixe *Seabeam* (como no nosso trabalho) referem a existência de depressões nos canhões da Provença - Stoechades; de canhões do Mediterrâneo Oriental - Malta e Matapan, e da Bretanha - Guilvinec. Com os resultados obtidos nas suas pesquisas submarinas construíram perfis longitudinais dos talwegues desses canhões (figura 60), os quais evidenciam a existência de várias depressões, algumas das quais bastante expressivas, como acontece no canhão de Guilvinec.

É interessante notar que os canhões Guilvinec e Malta e Stoechades possuem depressões bem definidas nos perfis longitudinais enquanto que Matapan, aparentemente, não tem

nenhuma (figura 60). O canhão Guilvinec, particularmente, apresenta duas profundas depressões circulares (40m) com diâmetros de 2 e 4km. Ambas ficam a jusante de uma superfície com elevado declive. Estas depressões parecem ser semelhantes às encontradas no canhão de Stoechades e segundo os autores a origem deve ser a mesma. No canhão de Malta identificaram dez pequenas depressões, com profundidades entre os 10 a 20m (sondagem *Sea-Beam*) e com diâmetros compreendidos entre os 500 e os 1000m.



**Figura 60 - Perfis longitudinais de cinco canhões estudados por X. Le PICHON e V. RENARD (1982). As depressões estão identificadas pelas setas. 1- canhão de Matapan; 2- parte sul do canhão de Malta; 3- parte norte do canhão de Malta; 4- canhão de Stoechades, 5- canhão de Guilvinec**

A inexistência de depressões no talvegue do canhão de Matapan (ilha de Malta) em virtude do seu elevado declive médio e das variações bruscas de declive, suportam o argumento de que estas depressões não resultam de processos erosivos mas sim, de processos deposicionais. Se fossem de origem erosiva a sua frequência e tamanho deveriam aumentar com a variação da magnitude do declive, o que não se verificou. Para X. Le PICHON e V. RENARD (1982), face a estes dados, há uma clara indicação que o transporte lateral é

transformado em transporte longitudinal ao longo do eixo do talvegue e dessa forma, as movimentos de massa das vertentes não preenchem as apertadas gargantas porque são evacuadas continuamente.

No esboço batimétrico do mesmo canhão (figura 61) notaram que as depressões, que eles apelidaram de *splash-pools*, ocorriam na transição do talvegue profundamente inciso do talude continental (a ocidente de  $6^{\circ}45'E$ ) para o leque submarino, onde a profundidade é superior a 2300m e o canal vai ficando gradualmente mais largo. Pelo perfil longitudinal do talvegue, verifica-se que o aumento de profundidade de W para E corresponde a um declive médio de 4% (ou  $2,3^{\circ}$ ), e embora o declive seja relativamente uniforme, existe uma sucessão de troços, alternadamente, planos ou inclinados. Os mais inclinados tendem a situar-se no lado oposto aos principais tributários de norte (figura 61), facto que reflecte o seu controlo estrutural e se traduz no aumento da erosão nas junções com os tributários (X. Le PICHON e V. RENARD, 1982).

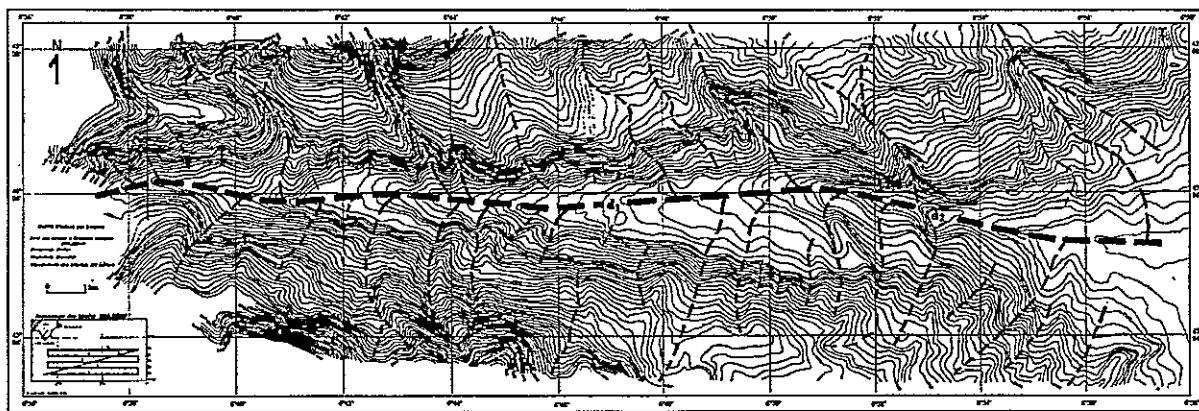


Figura 61 - Mapa batimétrico do canhão de Stochades, equidistância de 20m (segundo X. Le PICHON e V. RENARD, 1982). As linhas a tracejado identificam o canhão principal e os tributários. D<sub>1</sub> E D<sub>2</sub> - *splash-pools*.

Atente-se na presença de uma depressão elíptica (D2) com 1km de comprimento e cuja profundidade dada pela sondagem *Sea-Beam* é de apenas 30m. A figura 62 que resultou do mergulho de submersível mostra que a sua profundidade ultrapassa os 60m<sup>13</sup>. Repare-se que a vertente ocidental da depressão excede os 60% de declive, constituindo o maior declive encontrado na área. A área a montante da *splash-pool* é actualmente coberta por um caos de blocos que forma uma barreira transversal ao talvegue, com aproximadamente, 500 m de

<sup>13</sup> Os investigadores (X. Le PICHON e V. RENARD 1982) adiantam que a sondagem *Seabeam* minimiza a profundidade da de algumas depressões para metade. Se o mesmo acontecer com os mapas batimétricos que utilizámos, então devemos admitir que algumas das depressões que estudamos devem ser mais profundas.

largura e 1000 m de comprimento. Esta barreira fica na base de uma parede com 100m de altura.

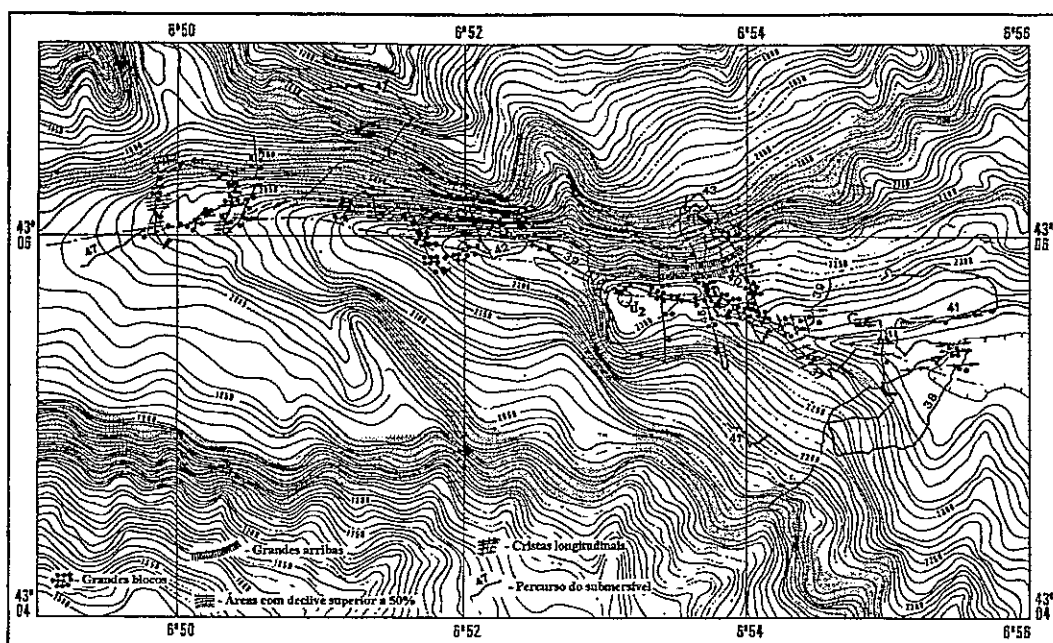


Figura 62 - Carta batimétrica de pormenor referente à depressão da figura anterior (segundo X. Le PICHON e V. RENARD, 1982).

X. Le PICHON e V. RENARD (1982) apoiando-se nos dados que o perfil longitudinal da área fornece sustentam que esta *splash-pool* foi criada pela formação de uma grande barreira de blocos<sup>14</sup> superior a 60 metros de altura correspondente a um volume de 50.000.000 m<sup>3</sup>.

Num total de cinquenta e uma elevações do leito observadas no canhão de Stoechades e sete na parte inferior do canhão de Saint-Tropez, cinquenta e quatro dispõem-se paralelamente ao eixo dos canhões enquanto que perpendicularmente a eles, apenas se encontraram quatro (F. ROURE *et al.*, 1978). Isto evidencia que a maioria destas elevações do leito são construídas por fluxos turbidíticos longitudinais que se deslocam para jusante e não por desabamentos laterais.

Com este trabalho X. Le PICHON e V. RENARD (1982), demonstram que os fluxos turbidíticos podem construir barreiras ao longo do talvegue dos canhões, em locais onde o perfil longitudinal suaviza. O processo inicia-se quando grandes blocos tendem a acumular-se

<sup>14</sup> Apelidamos de elevações do leito as barreiras constituídas pelo amontoado de blocos e de sedimento que se encontram a jusante das depressões batimétricas. Nos perfis longitudinais referem-se à elevação logo a jusante das depressões individualizadas.

em segmentos do talvegue onde o declive diminui, podendo resultar daí, a formação de barreiras ao longo do talvegue que serão progressivamente cobertas de sedimento, uma vez que funcionam como armadilhas do sedimento que flui para jusante. Com o desenvolvimento destas barreiras criam-se condições para que se forme uma área deprimida a montante, a *splash-pool*.

Depressões semelhantes às *splash-pools* são referidas por W. STUBBLEFIELD et al. (1982) para o canhão de Wilmington (costa leste dos E.U.A). Os referidos autores observaram (recorrendo ao submersível) que nas margens côncavas dos meandros que este canhão tem é frequente existirem pequenas depressões (3 a 8m de profundidade) com forma alongada e paralela ao canal. Verificaram também que a morfologia dos meandros comportava três características que contribuem para explicar a formação destas depressões:

- as paredes das margens côncavas são mais inclinadas (30 a 90° de declive) que as das margens opostas;
- na mesma secção do leito a profundidade é maior junto da base da margem côncava;
- a margem côncava apresenta na maioria das vezes sinais de subescavação.

Face a estes dados, os autores consideram que as depressões encontradas neste canhão se devem à queda de material instável das vertentes, dado o subescavação da base. É o material desabado que ao acumular-se no leito forma barreiras transversais ao vale e individualiza pequenas depressões a montante. Como agente que vai provocar a escavação é sugerida a actuação episódica das correntes de turbidez, dado que algumas depressões estão cobertas por uma fina camada de sedimento (10cm) que apresenta sinais de bioturbação.

Outro estudo aprofundado sobre as depressões batimétricas do fundo dos canhões foi efectuado por C. McHUGH *et al.*, (1993) nos canhões do talude de New Jersey, em que também se utiliza o submersível (o Alvin) para reconhecimentos de pormenor.

Os canhões desta área entalham rochas carbonatadas e apresentam vales em U com paredes quase verticais e os fundos lineares e planos; os vales possuem vários terraços inclinados, e existe uma rede de tributários bem desenvolvida (figura 63). Na generalidade destes canhões, as cabeceiras são formadas materiais com diferente grau de resistência à erosão mecânica, os calcários e os argilitos (o mesmo tipo de rochas que existe nas áreas por nós estudadas),

No leito dos canhões da área, junto das cabeceiras observaram-se depressões (os autores denominaram-nas por *plunge-pools*) com profundidades compreendidas entre os 20 e os 70m.). Estas *plunge-pools* são escavadas na base de vigorosas escarpas (100 metros de

altura) e possuem uma geometria circular que podem atingir 500m de largura, assumindo assim, uma morfologia que as assemelha às cataratas subaéreas.

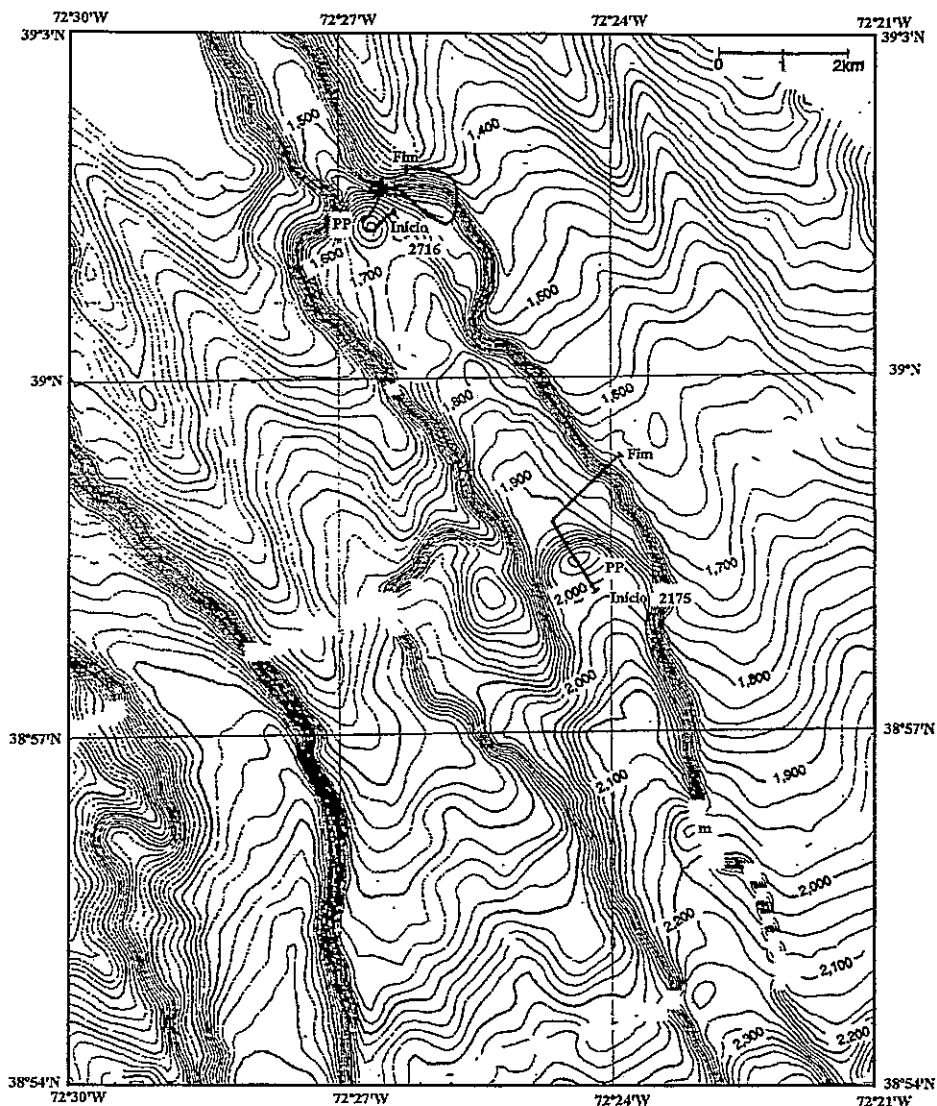


Figura 63 - Batimetria *Seabeam* do canhão de Hendrickson na margem continental de New Jersey (segundo McHUGH *et al.*, 1993). As linhas a cheio indicam as pistas dos mergulhos 2175 e 2176 do submersível Alvin. m - elevação topográfica; PP - *plunge pool*.

Logo a jusante das depressões, constatou-se a existência de pequenas elevações (10 a 30m de altura) próximo da base das escarpas do vale (figura 63). Durante os mergulhos de submersível observou-se um nítido contraste entre o fundo das depressões preenchido por sedimento “sujo” (onde o lixo humano é frequente) e o fundo coberto de sedimento “limpo” apenas uns metros a jusante. Para estes investigadores, a localização e geometria das depressões encontradas, sugerem que os movimentos de massa contribuem de modo decisivo para a sua formação. Segundo C. McHUGH *et al.*, (1993) as depressões resultam da actuação de processos erosivos conjugados com as propriedades físicas do fundo, adiantando que em

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

Na tentativa de chegar a uma explicação mais consistente sobre os processos de formação das depressões, os investigadores propõem e discutem alguns mecanismos conhecidos que podem assumir este papel. Baseando-se em trabalhos anteriores expõem os seguintes mecanismos geradores:

a) - a ocorrência de colapsos diapíricos devido à dissolução salina do fundo (M. HOVLAND e A. J. JUDD, 1988; PAUL *et al.*, 1990);

b) - a dissolução do substrato carbonatado que constitui o fundo (M. HOVLAND e A. J. JUDD, 1988; C. K. PAULL *et al.*, 1990);

c) - o colapso de sedimento devido ao escape de gás metano e consequente redução do volume (D. B. PRIOR e J. M. COLEMAN, 1980);

d) - a infiltração no substrato de fluidos que alteram a sua coesão interna, como por exemplo os gases biogénicos (M. HOVLAND e A. J. JUDD, 1988; C. K. PAUL *et al.*, 1990);

e) - a ocorrência de processos erosivos.

Segundo os autores (C. McHUGH *et al.*, 1993), a dissolução não é um mecanismo credível porque os depósitos salinos da margem de New Jersey estão profundamente enterrados, perto do topo de sedimentos *synrift* (aproximadamente, a 14 km de profundidade) na fossa do canhão de Baltimore (J. A. GROW *et al.*, 1988).

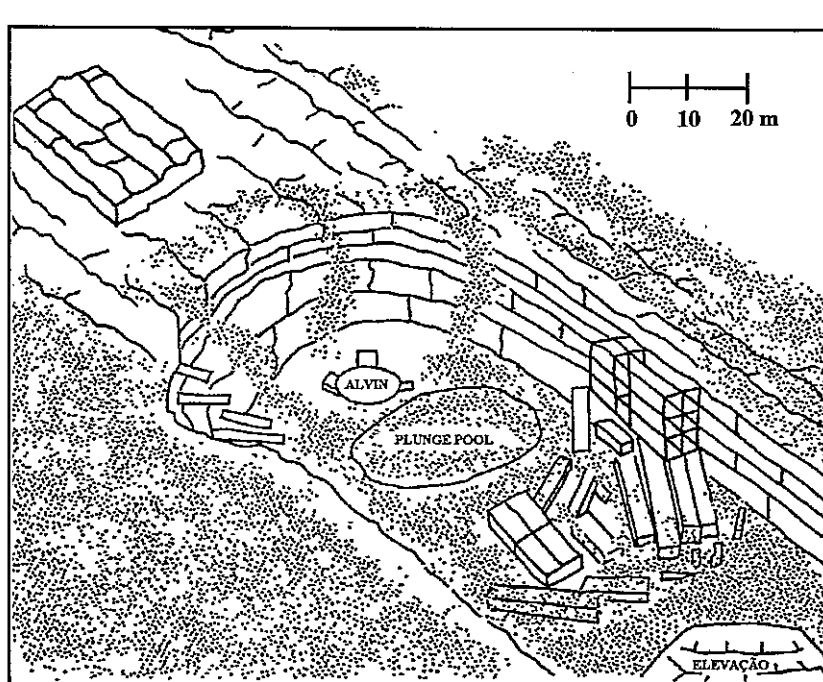
Para a segunda hipótese, presentemente, não se conhece nenhuma evidência química de fluxos de águas fresca, salobras ou salinas necessárias para que a dissolução dos carbonatos ocorra. A dissolução era uma hipótese credível se as depressões estivessem no talude médio e superior, onde os modelos (H. MEISLER *et al.*, 1985) mostraram que o interface fresco-salino poderia chegar, contudo, as depressões são observadas no talude inferior até aos 2300m.

Quanto à hipótese do escape de gás metano durante os trabalhos de pesquisa detectaram-no em sedimentos do sítio 613 (mergulho do Alvin), 120m acima do fundo no sopé continental, mas não nos sedimentos do talude inferior (sítio 612), cujo conteúdo orgânico (menos que 1%) é considerado insuficiente para a produção de gás, motivos pelos quais esta hipótese é rejeitada.

Para C. McHUGH *et al.* (1993) a hipótese mais plausível revelada pelas evidências morfológicas, assenta na acção dos processos erosivos. Argumentam que os canhões submarinos são canais onde ocorre uma forte intensidade no transporte e erosão dos



sedimentos, predominantemente, por fluxos de detritos e correntes de turbidez. As *plunge-pools* e elevações do leito apresentam uma configuração circular que contrasta com a geometria tabular e linear das formações rochosas que formam as paredes e os leitos dos cânhões (figura 64). Estes factos sugerem que para além das fracturas diageneticamente induzidas, outros processos devem contribuir para a sua formação.



**Figura 64** - Esboço de uma depressão e elevação do fundo do cânhão de Hendrickson (segundo Mc. HUGH *et al.*, 1993). A sua geometria e localização sugerem que a sua formação é, fundamentalmente, controlada pelo fluxo de sedimentos de elevada energia.

Segundo os referidos autores é a erosão dos talvegues por acção dos fluxos turbidíticos e de outros processos de perda de massa que se projectam do cima das paredes da “catarata” que ajudam a escavar depressões em calcários e argilas menos resistentes, analogamente ao que se passa com os rios subaéreos. Nos ambientes fluviais terrestres, a tremenda turbulência gerada na base das quedas de água resulta na aceleração da erosão de rochas menos resistentes e na formação de *plunge-pools*, como já tínhamos referido anteriormente.

O facto de estas depressões do talude continental agirem também como efectivas armadilhas de sedimento sugere que os fluxos turbulentos são intermitentes e, por isso, ocorre a deposição periódica de sedimentos. As elevações topográficas que não estão cobertas de sedimento são partes residuais do fundo dos cânhões.

Apoiando-nos nas nossas ideias e nas dos trabalhos que consultamos sobre o assunto elaboramos um quadro síntese que pretende fornecer uma panorâmica geral dos processos que podem intervir na formação das depressões do fundo dos cânhões. Neste quadro descrevemos

sinteticamente o processo responsável pela criação das depressões, bem como o tipo de morfologia que elas podem assumir. No entanto, dado ainda não se dispõe de uma comparação exaustiva da morfologia das depressões e da sua relação com o processo que as origina, apenas apontaremos características morfológicas para os tipos que estão mais bem estudados.

**Quadro VIII - Síntese dos vários processos que originam depressões no leito dos cânhões.**

| Processo responsável / tipo de depressão   | Área onde se encontrou  | Forma de Erosão/acumulação | Referência   |
|--|---|----------------------------|--|
| Sobreescavação da base de uma escarpa de falha que o leito do cânhão atravessa. A forma e profundidade que podem ter é variável.   | * cânhão da Nazaré  | erosão                     |  |
| Estreitamento de troços encaixados do cânhões motivados pelo afloramento de rochas resistentes e que geram forte turbulência a montante, e consequente desgaste do fundo. As depressões que originam podem ter grandes dimensões.  | * cânhão de Setúbal   | erosão                     |  |
| Correntes de turbidez que provocam a formação de barreiras no talvegue constituídas por blocos e sedimentos criando áreas deprimidas a montante. Encontram-se geralmente em troços dos cânhões em que o declive longitudinal suaviza e o vale alarga. A forma e profundidade que podem ter é variável. São denominadas por <i>splash-pools</i> . | cânhões do Mediterrâneo e da Bretanha                             | acumulação                 | X. Le PICHON e V. RENARD, 1981; F. ROURE <i>et al.</i> , 1978                                      |
| Subescavação da margem côncava de meandros encaixados por acção das correntes de turbidez, provocando movimentos de massa nas vertentes. O material desabado ao acumular-se no leito individualiza pequenas depressões a montante, apelidadas de <i>splash-pools</i> dos meandros.   | Wilmington Canyon - costa leste dos EUA                           | erosão                     | W. STUBBLEFIELD <i>et al.</i> , 1982.  |
| Erosão da base das paredes verticais do talvegue pelo material projectado do cimo pelas correntes de turbidez ou por movimentos de massa, originando profundas depressões circulares. A morfologia destas áreas assemelha-se a uma catarata, daí estas depressões denominarem-se por <i>plunge-pools</i> .                                       | cânhões da margem continental de New Jersey - Costa leste dos EUA | erosão                     | C. McHUGH <i>et al.</i> , 1993   |
| Dissolução do substrato carbonatado que constitui o fundo, originando a formação de pequenas depressões.   | Canhão da Flórida - costa leste dos EUA                           | erosão                     | M. HOVLAND e A. J. JUDD, 1988; C. K. PAULL <i>et al.</i> , 1990                                    |
| Colapso diapírico no leito devido à dissolução salina do substrato   | cânhão da Flórida - costa leste dos EUA; cânhão de Setúbal        | erosão                     | M. HOVLAND e A. J. JUDD, 1988; C. K. PAULL <i>et al.</i> , 1990; J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981. |
| Colapso de sedimento que constitui o leito devido ao escape de gás metano e consequente redução de volume. As depressões que se formam são de pequenas dimensões.  | Delta do Mississipi   | erosão                     | D. B. PRIOR e J. M. COLEMAN, 1980  |
| Infiltração no substrato do leito de fluidos (ex.: gás biogénico) que alteram a coesão interna e contribuem para a sua desagregação mecânica, favorecendo o entalhe do fundo.  | Canhão da Flórida - costa leste dos EUA                           | erosão                     | HOVLAND e JUDD, 1988; C. K. PAULL <i>et al.</i> , 1990   |

\* proposto por nós, a partir dos dados do nosso trabalho

### **4.3. - Tipologia genética das depressões nos *goufs* da Nazaré e de Setúbal.**

Os *goufs* que estudamos revelam-se um campo privilegiado para o estudo das depressões batimétricas do fundo dos canhões, conforme podemos constatar pelos seus perfis longitudinais. A diversidade de formas e os processos que elas sugerem para a sua formação, levam-nos a tentar estabelecer uma tipologia genética provisória, das depressões que podemos encontrar nos canhões da Nazaré, Setúbal e Cascais. Não podíamos deixar de focar o canhão de Cascais, porque é no seu leito e na margem norte, que encontramos os melhores exemplos para classificar um determinado tipo de depressões que também se podem encontrar nos *goufs*. O facto de subdividirmos a apresentação dos vários tipos de depressões, segundo os diferentes cursos dos canhões, não pretende ilustrar nenhuma especificidade morfológica ou genética, apesar de existir alguma diferença, no número e no tipo de depressões por curso, como já vimos anteriormente.

#### **a) depressões batimétricas no curso superior dos canhões.**

O canhão da Nazaré, no seu curso superior (figura 65) é um vale encaixado, em que as vertentes podem atingir os 1000m de altura e que se desenvolve pela plataforma continental, sem ramificações até à Nazaré, excepto um vale que o prolonga a NE (Canto de Azeche). As vertentes íngremes, parecem ser afectadas por movimentos de massa e seis locais apresentam traços dessa actividade. São visíveis as cicatrizes de deslizamento, que identificamos pela acentuada reentrância que as curvas de nível desenham na carta batimétrica.

A presença de falhas, N/S, ENE/WSW (falha da Nazaré) e NE/SW condicionam a localização dos troços do canhão, nomeadamente, na formação de meandros e podem estar na origem de alguns movimentos de massa registados.

Nos troços superiores do canhão da Nazaré, até aos 1400m de profundidade encontramos sete depressões com dimensões, traçado e profundidades variadas (figura 65 e quadro IX). Numa primeira análise, podemos distinguir dois tipos principais:

- as pequenas depressões (raio entre 150 e 600m), aproximadamente circulares e com profundidades compreendidas entre os 25 e os 72m; - as depressões estreitas, alongadas longitudinalmente, com largura compreendida entre os 200 e 525m e de comprimento variável, entre os 1350m e os 7800m, assumindo uma delas (N6<sup>15</sup>) um contorno meandrante.

---

<sup>15</sup> Para distinguir as depressões dos três canhões e localizá-las no seu curso, decidimos considerá-las de montante para jusante, acrescentando-lhe a letra inicial do canhão a que pertencem.

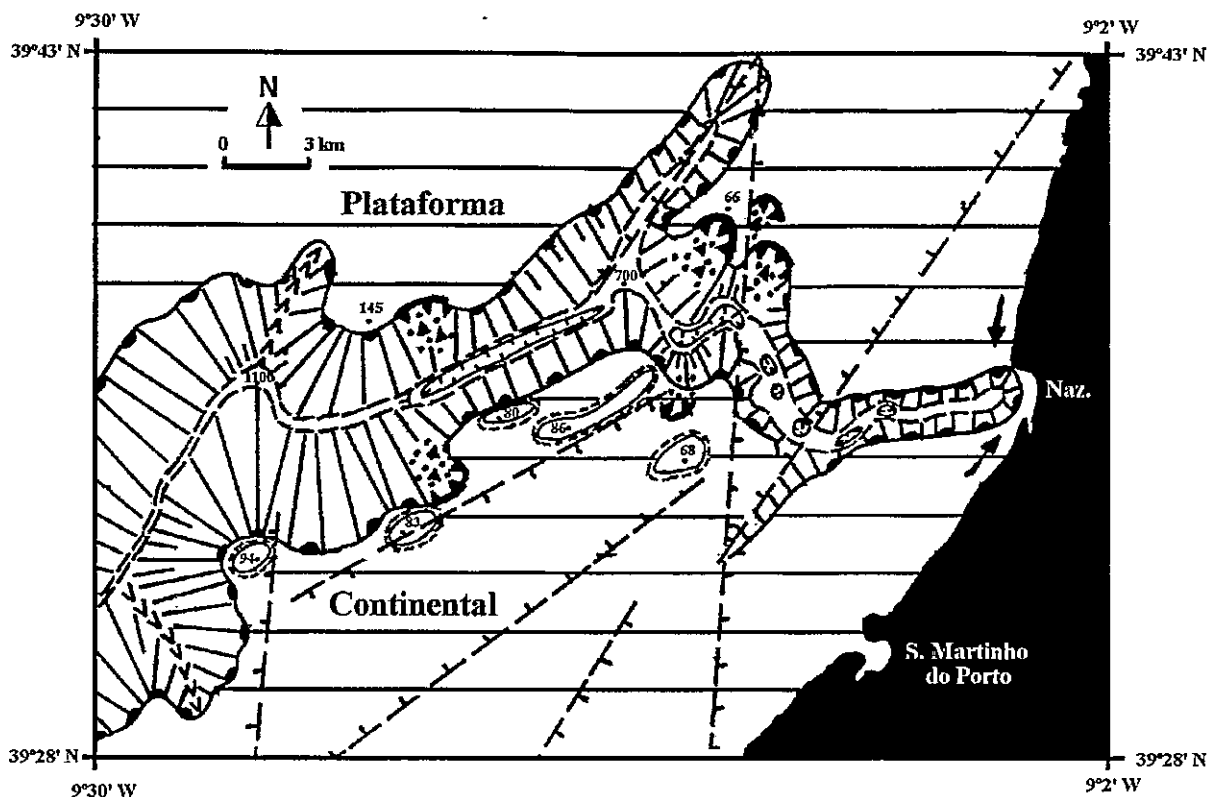


Figura 65 - Esboço geomorfológico do curso superior do canhão da Nazaré.

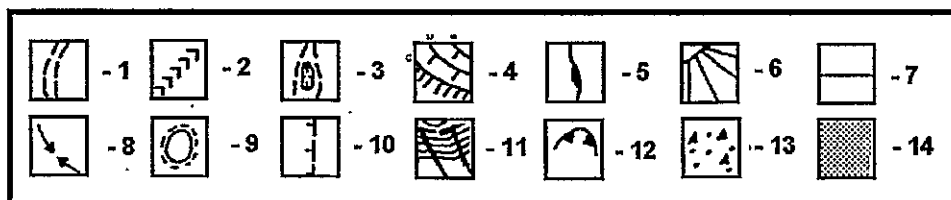


Figura 66 - Legenda dos esboços geomorfológicos: 1 - leito do canhão; 2 - ravina tributária; 3 - depressão no leito; 4 - ruptura de declive no talvegue, a - <100m, b - 100 a 200m, c - >200m; 5 - rebordo da plataforma; 6 - topo de vertente e declive; 7 - superfície aplanada; 8 - derivas litorais; 9 - banco submarino; 10 - falha; 11 - bancada de rocha resistente; 12 - cicatriz de deslizamento; 13 - deslizamentos; 14 - superfície endurecida.

Quadro IX - Morfometria das sete primeiras depressões do canhão da Nazaré.

|              | Comprimento | Largura | Profundidade |
|--------------|-------------|---------|--------------|
| Depressão N1 | 225m        | 150m    | 25m          |
| Depressão N2 | 1350m       | 200m    | <50m         |
| Depressão N3 | 450m        | 600m    | 72m          |
| Depressão N4 | 225m        | 150m    | <50m         |
| Depressão N5 | 675m        | 300m    | 52m          |
| Depressão N6 | 2700m       | 450m    | <100m        |
| Depressão N7 | 7800m       | 525m    | 103m         |

As depressões N4 e N5 parecem resultar da erosão cursitária e da dissolução do leito que poderá ser constituído em parte por evaporitos, conforme sugere a figura 19 de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981, ). A sua forma circular, a reduzida profundidade, bem

como o facto, de se localizarem no meio do leito e não existirem evidências de movimentos de massa laterais parecem ser argumentos que ajudam a confirmar esta hipótese.

As depressões N1 e N3 podemos considerá-las como *plunge-pools*, uma vez que se encontram na base de vertentes íngremes do canhão (vertente norte), onde, provavelmente afluirá material detrítico vindo da plataforma continental. A forma circular, a sua localização, e a morfologia das vertentes, indicam-nos que estas depressões se assemelham a cataratas submarinas. A elevada profundidade que a terceira depressão apresenta (72m) poderá resultar da sobreescavação do fundo motivada pela presença de uma falha.

As depressões N2 e N6, poderão ser consideradas como *splash-pools* de meandro, uma vez que possuem um alongamento longitudinal e se localizam na margem côncava de um meandro. A sexta depressão é para nós uma forma compósita, já que deve resultar da actuação conjunta de vários processos, uma vez que:

- tem um contorno sinuoso que acompanha o meandro que o canhão desenha, e as margens côncavas apresentam elevados declives, o que pode ser um indício da existência de movimento de massa importantes, alguns deles assinalados no esboço;

- inicia-se numa área falhada que deve pôr em contacto formações litológicas diferentes;

- logo a jusante, o vale estreita-se, factor que é favorável ao abrandamento do transporte no fundo, a montante e, conseqüente deposição dos materiais provindos dos movimentos de massa das vertentes e dos materiais que são arrastados pelas correntes de turbidez.

A sétima depressão é uma *splash-pool* que também nos parece ser uma forma compósita, apresentando alguns aspectos curiosos:

- é a mais longa e profunda de todo o canhão (pelos dados da batimetria que temos);

- é rectilínea e estreita, assim como o vale em que insere, o que provavelmente, estará ligado a um aspecto estrutural do substrato, talvez a existência de uma falha ou fractura, ou a instalação deste troço no reverso de um monoclinal Cretácico (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981) que poderá conter unidades litológicas menos resistentes, facto que poderá explicar a profunda escavação do fundo;

- estabelece-se antes do aperto do leito, onde ocorre um importante movimento de massa na vertente norte, evidenciado pela cicatriz de deslizamento do material, facto que poderá ter contribuído para a formação de uma barreira no leito que pelos dados do perfil longitudinal, deve ter um volume, aproximadamente, de 250.000 m<sup>3</sup>;

Quanto ao canhão de Setúbal, no curso superior (figura 67), desenvolve um vale encaixado e pouco dissecado, gradualmente mais largo e com algumas vertentes escarpadas,

como acontece na margem sul. Tem um curso meandrizado de fraca amplitude, motivado (pensamos nós) por desligamentos para SE que se deram ao longo das falhas que delimitam as áreas onde o vale se alarga. Talvez como acontece no canhão da Nazaré, no curso superior do canhão de Setúbal, os ligeiros desvios que apresenta no seu traçado rectilíneo (orientado conforme a falha de Grândola, N105), sejam motivados por deslocamentos do substrato ao longo de falhas que aqui tomam a direcção NW/SE.

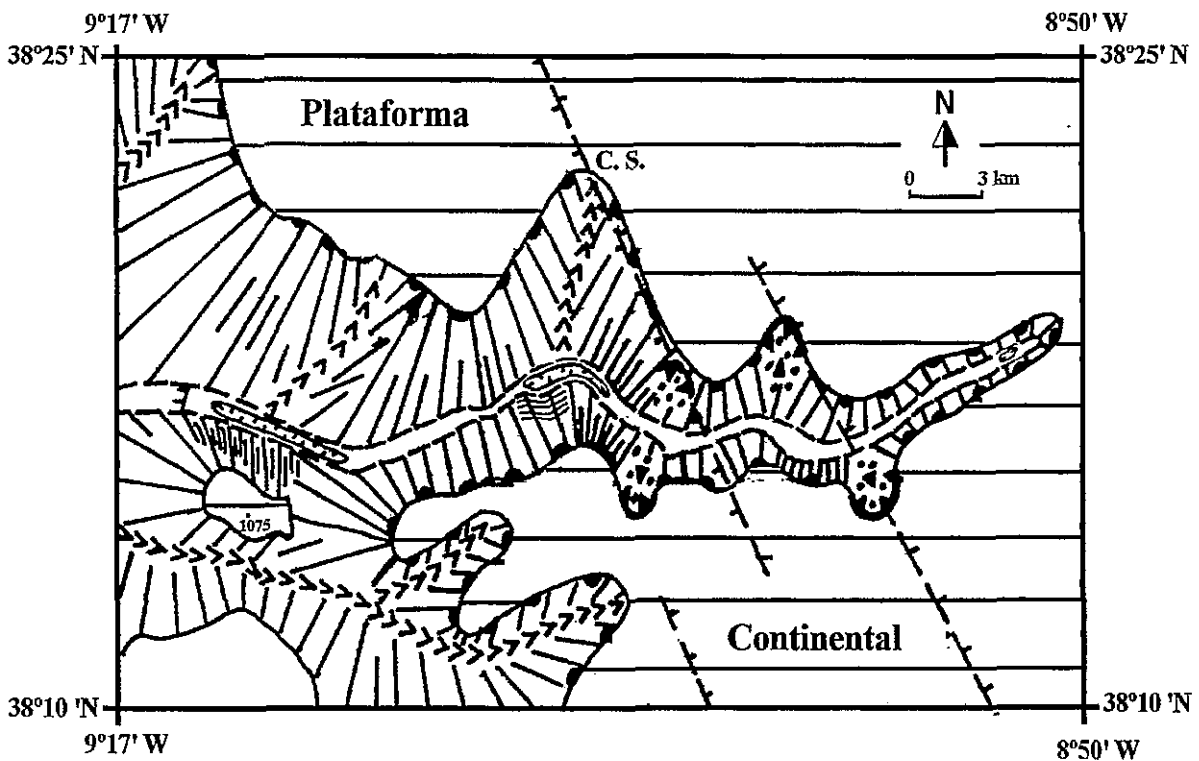


Figura 67 - Esboço geomorfológico do curso superior do canhão de Setúbal. C. S. - canhão de Sesimbra.

Quadro X - Morfometria das depressões do curso superior do canhão de Setúbal.

|              | Comprimento | Largura | Profundidade |
|--------------|-------------|---------|--------------|
| Depressão S1 | 600m        | 300m    | 215m         |
| Depressão S2 | 4200m       | 750m    | >100m        |
| Depressão S3 | 6300m       | 450m    | 1575/1457m   |

A primeira depressão tem uma forma quase circular e localiza-se na base de uma vertente íngreme da cabeceira, características que a aproximam muito do tipo das *plunge-pools*. A sua forma elíptica deve resultar da erosão provocada pela queda das areias que afluem à abrupta parede norte, representando assim, a base de uma catarata submarina que sofre uma forte erosão mecânica do fundo, provocada pela queda dos materiais do cimo, nomeadamente, aqueles que lhe poderão chegar transportados pela convergência das derivas litorais.

A segunda depressão, acompanha o meandro que o canhão descreve e alarga-se na margem côncava, antes do vale se estreitar. A localização desta depressão leva-nos, numa primeira análise, a classificá-la como uma *splash-pool* de meandro, mas vários factos contrariam esta hipótese única. A margem côncava não possui vertentes íngremes, nem se observa na batimetria nenhum traço que evidencie movimentos de massa. Por isso, pensamos que a formação desta depressão se deve ao estrangulamento que o vale apresenta logo a jusante dela. Este estrangulamento (muito bem evidenciado na carta batimétrica) deve-se à existência de um escarpa talhada em rochas resistentes (J. R. VANNEY e D. MOUGENOT, 1981) que oferecerá maior oposição à erosão provocada pelos fluxos turbidíticos (e outros tipos de correntes que possam ocorrer) que circulem pelo canhão e os que provenham do canhão de Sesimbra, a norte. Deste modo, neste local devem-se concentrar fortes fluxos de material que ao serem impedidos de se deslocar para jusante, pela presença do obstáculo que estreita o vale, devem provocar um aumento da turbulência a montante que escavará gradualmente o fundo do canhão, nomeadamente, na margem côncava onde será maior a afluência de material e os movimentos turbilhonares serão mais fortes.

A terceira depressão que apresenta dois fundões, constitui a mais profunda e a maior forma deste tipo, encontrada no leito do canhão 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. Dada a sua forma, o seu alongamento longitudinal e as profundidades atingidas, pensamos que outros processos além dos que já foram referidos 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. Propomos por isso, a existência de evaporitos no fundo do canhão que depois de ficarem expostos, sofrerão dissolução salina que será complementada pelos efeitos da erosão linear, como relata F. P. SHEPARD (1981), para o canhão do Congo.

#### **b) depressões batimétricas no curso médio dos canhões.**

O canhão da Nazaré no seu curso médio, genericamente, constitui um vale muito encaixado de paredes íngremes (os declives podem chegar a valores superiores a 80%), meandrante e formado por troços rectilíneos que no conjunto assumem um traçado ortogonal, factores que evidenciam o forte controle estrutural desta parte do canhão que abrange o vale da Berlenga e os troços do canhão, frente aos afloramentos hercínicos das Berlengas e dos Farilhões. Pelo esboço (figura 68) verificamos que existe uma rede de falhas

com várias direcções que afectam a plataforma, nomeadamente, a falha ENE/WSW que representa a falha da Nazaré, em que o soco hercínico (ilhas dos Farilhões) cavalga para sul terrenos mais recentes do Cretácico.

A oitava e nona depressão do canhão da Nazaré localizam-se na margem côncava de meandros encaixados, por isso, poderemos considerá-las como *splash-pools* dos meandros, e por isso, supomos que sejam de pequena profundidade. A sua forma alongada e paralela ao canal, bem como as paredes íngremes das margens côncavas são sinais morfológicos que confirmam a sua génese, o único elemento que nos falta para confirmar esta ideia prende-se com os poucos sinais de movimentos de massa na batimetria, particularmente na margem côncava, o que para nós se pode dever ao facto, das vertentes serem talhadas em formações muito resistentes (hercínicas e jurássicas), e que por isso, apenas sofram ligeiras quedas gravitárias suficientes para formar as depressões, mas insuficientes para serem detectadas na batimetria, a esta escala.

No caso da oitava depressão a subescavação da margem côncava do meandro deve ser facilitada pela fraqueza estrutural da área motivada pela existência de uma falha N/S.

Merece também a nossa atenção nesta área, o Vale da Berlenga que apresenta uma rede de canais bem delineada, em que o leito principal se dirige para uma depressão situada a 2058m de profundidade, desenvolvendo uma espécie de circulação endorreica. Este aspecto da rede de drenagem submarina faz-nos pensar que algum evento (recente?) desorganizou a rede que circularia para o canhão da Nazaré, estando actualmente separada dele apenas por uma exígua portela.

Segundo J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981), o Vale da Berlenga corresponde a uma antiga linha de costa, de onde se teria começado a formar um canhão que se prolongava pelo talude continental, talvez fruto de uma erosão/comportamento diferencial do substrato rochoso, ígneo/metamórfico para a Berlenga e Farilhões, sedimentar para o resto, e talvez pela convergência que as derivas litorais aqui fariam, factor que originava uma corrente de retorno que escavava a escarpa. No entanto, a litologia deve ter funcionado depois como um obstáculo à erosão regressiva, retardando o recuo da escarpa, uma vez que à medida que se dava o recuo, mais se entrava nos terrenos hercínicos, mais resistentes à erosão mecânica e menos propícios aos colapsos gravitários. Daí, que o canhão, talvez, tenha explorado a escarpa que lhe ficava mais a norte e recuado pelo local onde se dá uma alteração litológica (passa-se para afloramentos mais recentes do Cretácico e do Cenozóico) e onde, aparentemente, o substrato apresenta linhas de fraqueza.



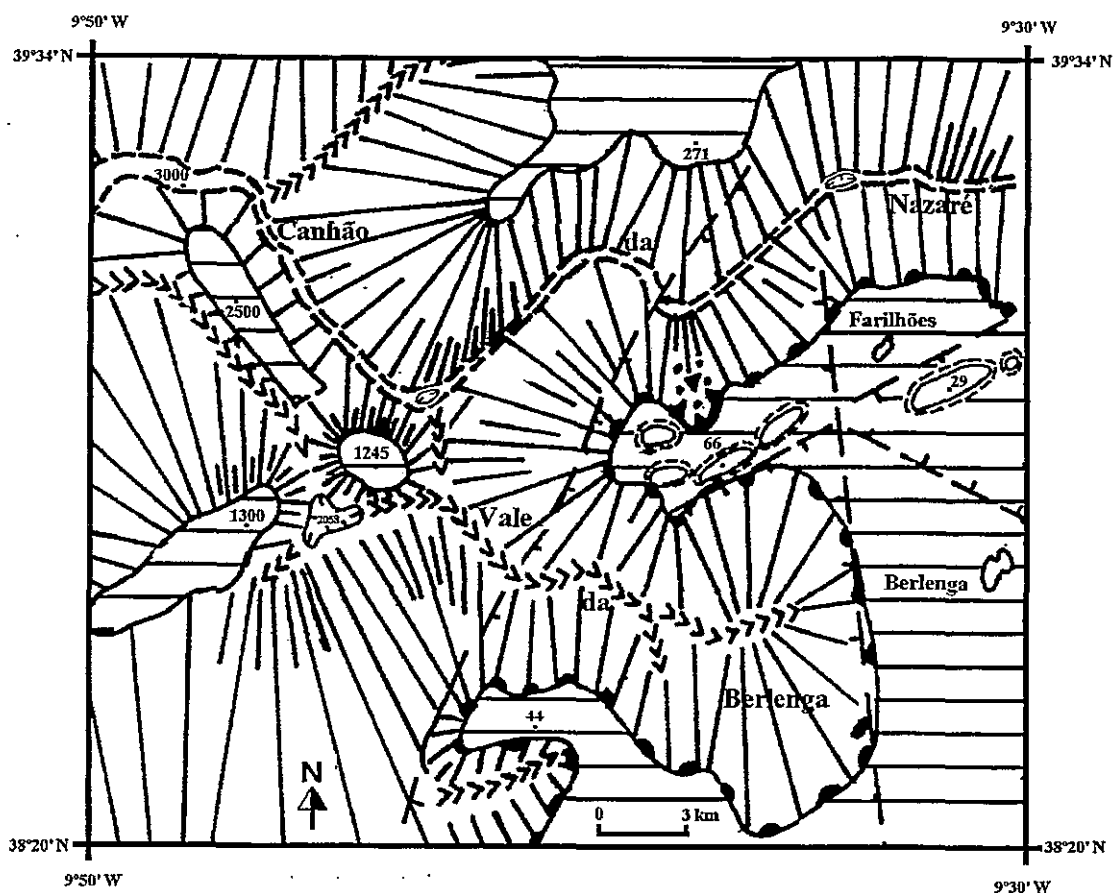


Figura 68 - Esboço geomorfológico do curso médio do canhão da Nazaré e vale da Berlenga.

Quadro XI - Morfometria das depressões do canhão da Nazaré.

|             | Comprimento | Largura | Profundidade |
|-------------|-------------|---------|--------------|
| Depressão 8 | 1500m       | 300m    | *            |
| Depressão 9 | 750m        | 300m    | *            |

\* Desconhecemos o valor da profundidade destas depressões, no entanto, ele deve ser inferior à equidistância das curvas de nível (ver subcapítulo 1.3).

Várias hipóteses e várias questões podemos colocar para explicar a desorganização aparente da rede de drenagem submarina, para este local. Uma das hipóteses, pode seguir o raciocínio de J. R. VANNEY e D. MOUGENOT (1981) que consideram a forma actual deste vale, como o resultado de um megadeslizamento, com origem no rebordo da plataforma continental, que foi facilitado pela descontinuidade litológica e pela tectónica, e o material deslizado constitui, actualmente, as duas elevações a jusante, 1300m e 1245m (figura 68). Esta ideia poderia explicar a existência da depressão e da drenagem endorreica, mas coloca-nos outra questão. Se é um megadeslizamento, porque razão ele não obstruiu o canhão da Nazaré? Será que mesmo considerando a obstrução do canhão, este ainda teve “forças” para escavar no seio do material deslizado, uma garganta que o libertasse desta oclusão? Julgamos que esta não

será a melhor explicação, e por isso, sugerimos que a configuração batimétrica e a drenagem submarina desta área resultem da intervenção, em tempos recentes (Quaternário?) da tectónica.

Na área, a tectónica é o factor mais importante (assim como a litologia) que condiciona a disposição topográfica do relevo, assim como, da rede de drenagem submarina. O canhão apresenta um traçado rígido e recortado que alude a um forte controlo estrutural, são várias as falhas que aí existem e uma delas, a falha da Nazaré (ENE/WSW), corresponde a uma descontinuidade estrutural muito importante que rejogou até tempos muito recentes, e até mantém a sua actividade, documentada pela ocorrência de sismos profundos. A disposição do relevo evidenciada pelo esboço, sugere a existência de várias escarpas de falha que evidenciam o soerguimento ou afundamento de blocos, o próprio terraço Fleury que é considerado um bloco abatido, fica exactamente, no prolongamento das duas elevações que separam o Vale da Berlenga do canhão da Nazaré. Face a estas condicionantes, julgamos que terá sido a intervenção da tectónica recente (os sismos recentes ajudam-nos a confirmar esta ideia) que terá soerguido as duas elevações já referidas e originado a desorganização da rede de drenagem, bem como a formação da depressão que a drena.

Apesar desta nossa hipótese sobre a morfogénese desta área outras questões ficam por responder. Porque razão ainda não se deu a captura da circulação deste vale, pela rede do canhão da Nazaré? Estará eminente, será pelo facto deste levantamento ser muito recente (Quaternário) que ela ainda não ocorreu? Os dados por nós obtidos pelas curvas de talvegue parecem-nos indicar que a captura está em marcha.

Porque razão esta depressão parece não estar a ser colmatada, uma vez que a sua forma triangular, conserva os vértices dos afluentes que para ela confluem? Estas questões, possivelmente, merecem novos trabalhos e provavelmente, quando tivermos uma resposta satisfatória, poderemos interpretar melhor toda a condicionante estrutural do canhão da Nazaré.

Quanto ao canhão de Setúbal, o seu curso médio apresenta um traçado meandrante e recortado, sendo ladeado por vertentes íngremes que podem exceder os 100% de declive. O ravinamento quase não existe e o principal processo de evolução destas vertentes parece residir na ocorrência de movimentos de massa que na carta batimétrica, se identificam pelos amplos anfiteatros que evocam grandes circos de descolamento do material, localizados principalmente, sobre os flancos do Planalto de Afonso de Albuquerque. A rigidez e o recorte que o canhão evidencia, reflectem um forte controlo estrutural que se estabelece segundo duas

direcções, NE/SW que parece guiar a orientação geral do canhão e a direcção N/S que é responsável pelas alterações no sentido geral e, conseqüente meandrização.

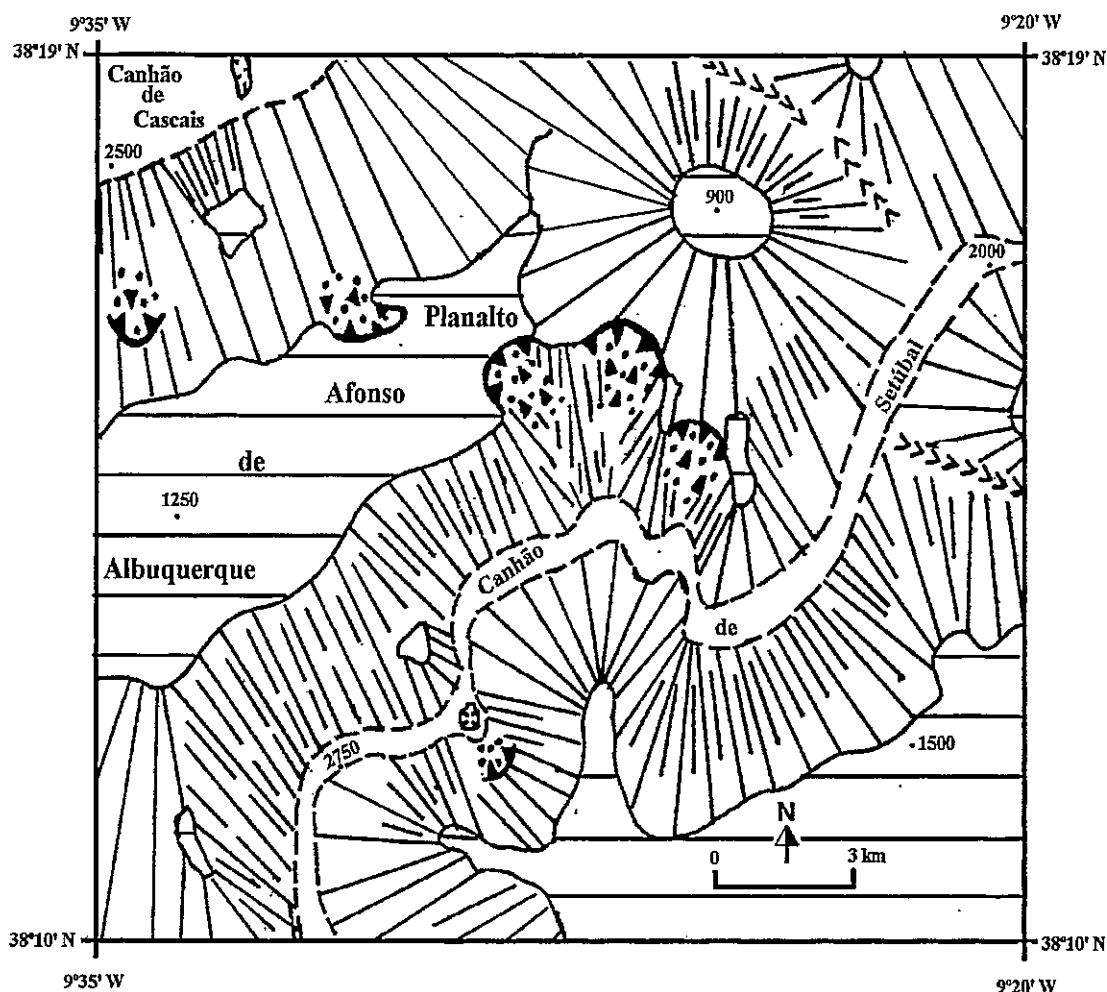


Figura 69 - Esboço geomorfológico do curso médio do canhão de Setúbal, junto do planalto de Afonso de Albuquerque.

Quadro XII - Morfometria da depressão do curso médio do canhão de Setúbal.

|              | Comprimento | Largura | Profundidade |
|--------------|-------------|---------|--------------|
| Depressão S4 | 450m        | 300m    | *            |

A única depressão que a batimetria revela corresponde a uma *splash-pool* de meandro, uma vez que se localiza na margem côncava e evidencia um subescavamento da base da vertente, comprovado pela ocorrência de um movimento de massa. Apesar de termos uma área propícia à formação deste tipo de depressões, dada a existência de meandros e de movimentos de massa nas vertentes, pela batimetria só temos uma, facto que poderá relacionar-se com dois motivos:

- o canhão ser percorrido por possantes fluxos que arrastam para jusante, os materiais desabados; o canal estreito que o canhão forma e o declive longitudinal elevado que possui podem favorecer este transporte;

- as outras depressões que possam existir, provavelmente podem não ser detectadas pela sondagem, em virtude da sua reduzida dimensão.

Ainda para o canhão da Nazaré, na área de transição entre o curso médio e inferior (figura 70), também encontramos depressões, mas com uma morfologia diferente dos exemplos anteriores. No sector representado pelo esboço morfológico, o vale vai gradualmente ficando mais largo e são visíveis vários ressaltos topográficos nas vertentes, a que se associam escarpas de falha, particularmente, na margem sul, onde se individualiza o terraço Fleury.

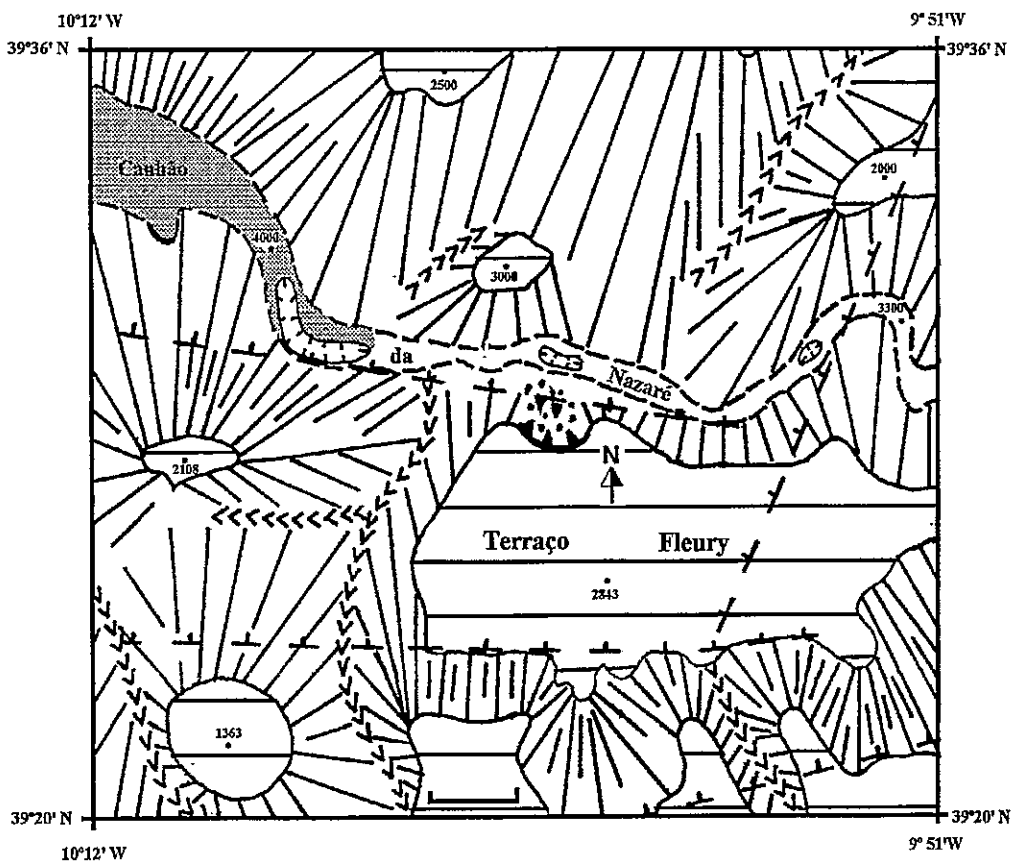


Figura 70 - Esboço geomorfológico do curso médio/inferior do canhão da Nazaré

Quadro XIII - Morfometria das depressões do curso médio/inferior canhão da Nazaré

|               | Comprimento | Largura | Profundidade |
|---------------|-------------|---------|--------------|
| Depressão N10 | 600m        | 300m    | *            |
| Depressão N11 | 1500m       | 450m    | *            |
| Depressão N12 | 4500m       | 750m    | *            |

O movimento de massa que a carta batimétrica permitiu identificar deve estar associado a uma escarpa de falha. O próprio leito do canhão deve estar instalado sobre os acidente tectónico da área, e também podemos observar que a partir dos 4000m de profundidade, aproximadamente, a litologia que constitui o leito altera-se, passando-se de um fundo rochoso para uma cobertura sedimentar endurecida.

As três depressões da área apresentam morfologias diferentes, facto que nos sugere processo de formação diferente.

A décima depressão é pequena, de forma circular e deve relacionar-se com uma provável sobreescavação da base de uma escarpa de falha.

A depressão seguinte é rectangular e forma-se numa parte mais larga do leito. Pensamos que ela resulta de um grande movimento de massa que está ligado à presença de uma falha inversa (falha da Nazaré). Partes do leito aplanado estarão a mascarar a falha, e talvez este movimento de massa, tenha colocado grandes blocos no talvegue criando a depressão que desta forma, pertence ao tipo *splash-pool*.

A décima segunda depressão é longa e acompanha o meandro que o canhão desenha, factos que podem ajudar a explicar a sua grandeza e configuração. Pensamos que esta depressão é uma forma compósita, podendo ser explicada pela actuação conjunta de três factores:

- o desgaste do fundo por erosão diferencial, uma vez que o leito, em que ela se forma a montante deve ser rochoso e a jusante é sedimentar (D. MOUGENOT, 1989);
- a presença da falha inversa que deverá facilitar a erosão do fundo;
- a sua localização na margem côncava de um meandro, facto que implica maior velocidade do trânsito sedimentar ao deslocar-se, contribuindo para que a erosão do fundo se prolongue pela superfície endurecida (menos resistente ao ataque mecânico).

### **c) depressões batimétricas no curso inferior dos canhões.**

Dada a inexistência de sondagem *Sea-Beam* para o curso inferior do canhão de Setúbal, neste ponto apenas iremos abordar as depressões batimétricas que encontramos no canhão da Nazaré. Este canhão, no seu curso inferior (figura 71) é um vale largo, em forma de gamela e constituído por uma cobertura sedimentar endurecida (D. MOUGENOT, 1989). A margem sul é uma escarpa de falha íngreme (os declives podem atingir os 40%), enquanto que a margem norte se desenvolve por uma vertente moderadamente inclinada e entalhada.

As depressões que encontramos neste troço são largas e alongadas (de ordem kilométrica), e a sua profundidade deve ser reduzida, uma vez que o fraco declive longitudinal e o canal largo e aplanado que o canhão forma, são factores que implicarão que o material se deposite, por perda de competência para o transporte.

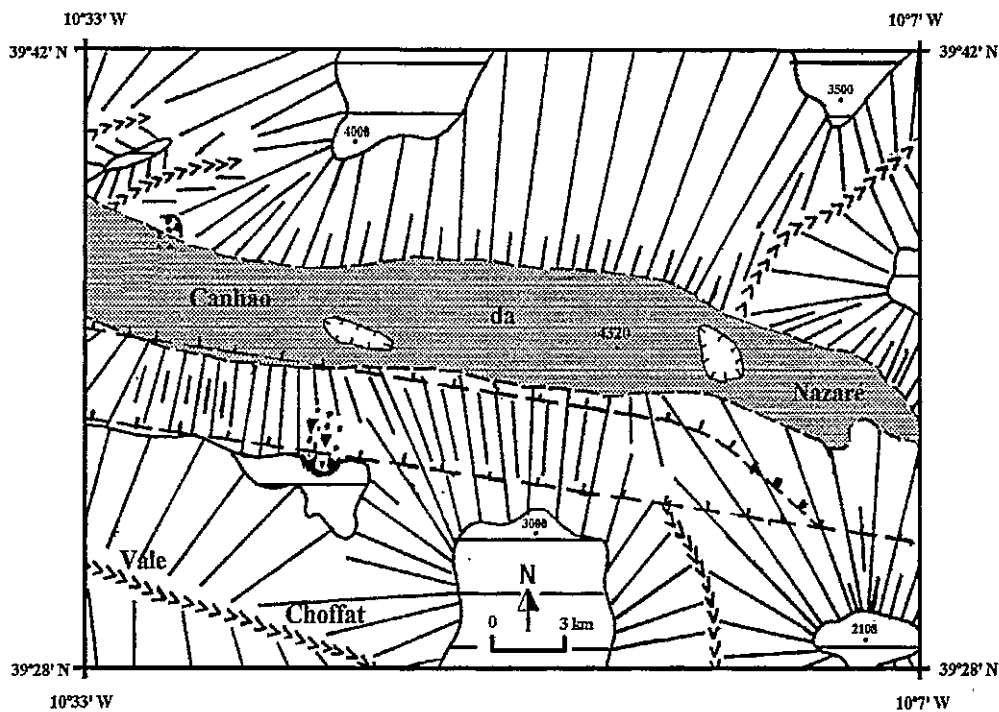


Figura 71 - Esboço geomorfológico do curso inferior do canhão da Nazaré.

Quadro XIV - Morfometria das depressões do curso inferior do canhão da Nazaré.

|               | Comprimento | Largura | Profundidade |
|---------------|-------------|---------|--------------|
| Depressão N13 | 2700m       | 1650m   | *            |
| Depressão N14 | 3000m       | 900m    | *            |

A depressão número treze deve resultar da acumulação de material detrítico de duas proveniências: o material transportado pelo canhão e o material proveniente da ravina (a norte) que flanqueia o bordo oriental do Monte Freire de Andrade, elemento que poderá explicar o alongamento da depressão na sua direcção. Este tributário que aproveita uma falha normal constitui o mais longo e ramificado tributário da margem norte, e ao longo do seu curso deverão ser prováveis e frequentes os movimentos de massa que certamente originarão fortes correntes de turbidez que arrastarão pesados blocos que depois se depositarão no fundo do canhão.

A décima quarta depressão deve resultar do movimento de massa ocorrido na escarpa de falha que forma a vertente sul que terá sido a origem de material depositado no talvegue,

colmatando-o e deixando atrás de si uma área deprimida. Os processos de circulação no fundo do canhão serão os responsáveis pelo alongamento longitudinal da depressão.

**d) depressões batimétricas no curso médio e inferior do canhão de Cascais.**

O canhão de Cascais nos cursos médio e inferior forma um vale largo em U. A margem sul é talhada em vertentes íngremes, não ravinadas e com sinais evidentes de movimentos de massa, enquanto que a margem norte, se estabelece no talude escalonado e muito dissecado por longas e profundas ravinas (figura 72).

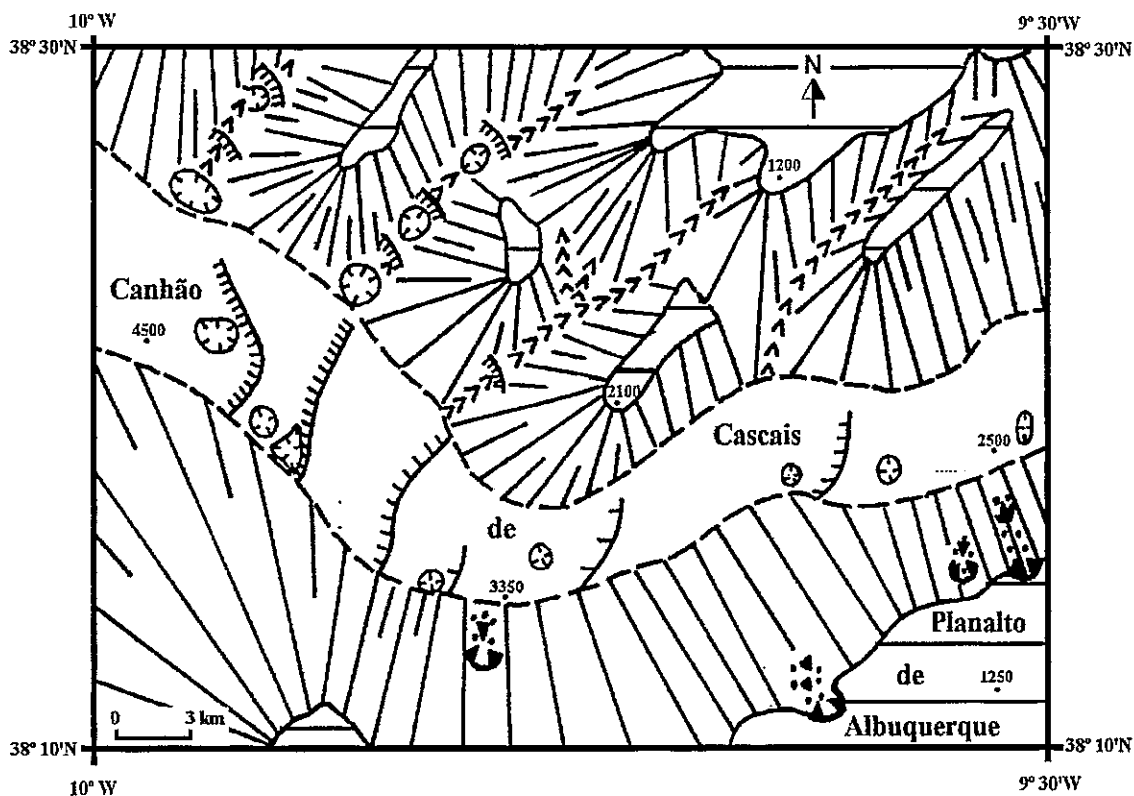


Figura 72 - Esboço geomorfológico do curso médio e inferior do canhão de Cascais.

Quadro XV - Morfometria das depressões do fundo do canhão de Cascais.

|              | Comprimento | Largura | Profundidade |
|--------------|-------------|---------|--------------|
| Depressão C1 | 450m        | 1200m   | ----         |
| Depressão C2 | 450m        | 700m    | ----         |
| Depressão C3 | 300m        | 200m    | ----         |
| Depressão C4 | 450m        | 750m    | ----         |
| Depressão C5 | 900m        | 450m    | ----         |
| Depressão C6 | 1800m       | 1500m   | ----         |
| Depressão C7 | 1050m       | 600m    | ----         |
| Depressão C8 | 900m        | 1650m   | ----         |

**Quadro XVI- Morfometria das depressões do canhão de Cascais (zona do talude).**

|                      | <b>Comprimento</b> | <b>Largura</b> | <b>Profundidade</b> |
|----------------------|--------------------|----------------|---------------------|
| <b>Depressão TC1</b> | 1050m              | 600m           | *                   |
| <b>Depressão TC2</b> | 1500m              | 1050m          | *                   |
| <b>Depressão TC3</b> | 1350m              | 1050m          | *                   |
| <b>Depressão TC4</b> | 750m               | 2250m          | *                   |
| <b>Depressão TC5</b> | 525m               | 1050m          | *                   |

\* assinaladas de montante para jusante e de este para oeste; TC - talude continental.

Neste canhão, assim como na sua margem norte podemos observar dois tipos de depressões no talvegue:

- pequenas depressões circulares existentes no leito do canhão que podem derivar da acumulação de materiais no fundo, provenientes de movimentos de massa que ocorrem no flanco NW do planalto de Afonso de Albuquerque;

- pronunciadas *plunge-pools* circulares que podem atingir profundidades superiores a 100m, em que as cabeceiras são formadas por paredes abruptas (assinaladas por significativas rupturas de declive), de onde se precipitarão os materiais que desgastam mecanicamente a base destas cataratas submarinas, daí corresponderem às depressões do tipo *plunge-pool*, já anteriormente referidas..

Estas segundas depressões demonstram a actuação de uma erosão regressiva e são importantes, porque nos dão informações indirectas sobre a litologia e sobre a estrutura da área (M. A. SUMMERFIELD, 1991). À semelhança do que acontece nos sistemas emersos, pensamos que as *plunge-pools* denunciam a presença de camadas mais brandas e estruturas do tipo monoclinal, o que parece perfeitamente aplicável à margem norte do canhão, uma vez que existe uma disposição paralela, quer das próprias *plunge-pools*, quer dos esporões rochosos que constituem os interfluvios. O facto de existir uma disposição alinhada das várias *plunge-pools* nas duas ravinas poderá indicar que a dissecação se estabelece ao longo de acidentes tectónicos, ou que existe uma sucessão, mais ou menos, regular, de camadas brandas e resistentes.

As *plunge-pools* do leito do canhão de Cascais (C5, C6 e C7) também devem reflectir esta alternância litológica, mas outro factor deve contribuir para a erosão, o facto de se encontrarem localizadas junto da escarpa da margem côncava, onde o subescavamento das vertentes é intenso e a ruína gravitária das vertentes provável.

Face às ideias acima expostas, julgámos ser possível estabelecer uma tipologia provisória (quadro XVII) do tipo de depressões que podemos encontrar nos canhões 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.

**Quadro XVII - Síntese da tipologia das depressões batimétricas encontradas no leito dos canhões da Nazaré, Setúbal e Cascais.**

| <b>Morfologia</b>   | <b>Processo responsável</b>   | <b>Localização nos canhões</b>                                    | <b>Depressões representativas</b>                             |
|---|---|---|---|
| Pequenas depressões circulares geralmente pouco profundas (algumas podem atingir os 70m).   | 1) a dissolução do substrato carbonatado que constitui o leito;<br>2) a sobreescavação de escarpas de falha;<br>3) a existência de barreiras transversais ao talvegue, criando splash-pools.  | curso superior e médio (plataforma e talude continental superior) | N4, N5.<br>N10, N3.<br>C1, C2, C3, C4.                        |
| Depressões estreitas e alongadas longitudinalmente e com grande profundidade (entre 100 e 375m). Encontram-se em troços muito encaixado e rectilíneos.                  | 1) a exploração de linhas de fragilidade no substrato pela erosão linear;<br>2) a ocorrência de movimentos de massa nas vertentes que provocam a formação de barreiras no leito encaixado, criando splash-pools;<br>3) o colapso diapírico devido à dissolução salina do fundo;<br>4) estreitamento do vale pela presença de rochas resistentes.  | curso superior e médio (plataforma continental)                   | N7, N10.<br>N7, N6, N11.<br>S3.<br>S2.                        |
| 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.  | curso superior e médio (plataforma e talude continental superior) | N1, N3.<br>S1.<br>C5, C6, C7, C8.<br>TC1, TC2, TC3, TC4, TC5. |
| Estreitas depressões localizadas nos cotovelos de meandros muito encaixados. O comprimento que podem Ter é variável e a profundidade que podem atingir é mal conhecida. | 1) a subescavação da base da vertente da margem côncava de meandros encaixados, provocando movimentos de massa. O material desabado ao acumular-se no leito individualiza pequenas depressões a montante, apelidadas de <i>splash-pools</i> dos meandros. Na maioria dos casos a escavação é facilitada pela existência de linhas de fragilidade no substrato.                                | Curso superior e médio (plataforma e talude continental)          | N2, N6, N8, N9, N12.<br>S2, S4.<br>C5, C6, C7.                |
| Largas depressões elípticas que se encontram nos leitos planos e largos. A profundidade deve ser reduzida.  | 1) a erosão diferencial do leito provocada pela alteração na constituição litológica do fundo (rochas brandas / rochas resistentes);<br>2) a formação de barreiras transversais ao leito provocadas pelo material transportado por ravinas adjacentes;<br>3) a ocorrência de movimentos de massa nas vertentes que provocam a formação de barreiras no leito encaixado, criando splash-pools. | curso inferior  | N12, N13, N14.  |

## 5. - CONCLUSÕES

A análise morfológica que realizamos dos goufs portugueses confirmou o condicionamento estrutural que a morfologia destes profundos vales apresenta. Os canhões são imponentes formas submarinas resultantes da erosão regressiva motivada pela circulação de potentes fluxos detríticos que exploram linhas de fragilidade da margem portuguesa.

Transversalmente, os dois *goufs* portugueses são muito diferentes. O da Nazaré apresenta um vale bem diferenciado ao longo do seu curso enquanto que o canhão de Setúbal conserva uma certa uniformidade na sua forma, talvez fruto de esforços tectónicos menos intensos e de uma capacidade erosiva menor.

Longitudinalmente, a morfologia dos goufs altera-se mas entre si mantêm uma certa homogeneidade. O curso superior isolado e encaixado chega perto da linha de costa, onde capta as areias trazidas pela deriva litoral, mas o curso médio é o sector mais encaixado e recortado, no qual as vertentes atingem fortes declives e o seu traçado ondulado comporta vários meandros. No curso inferior assiste-se ao alargamento do vale e à sua regularização.

A instalação dos goufs portugueses e da sua rede de entalhes tributários obedece a um controlo estrutural evidente, denunciado pelo padrão de drenagem, pela presença de meandros encaixados e principalmente, por seguirem as direcções tectónicas mais importantes para cada área sentida, nomeadamente, nos troços mais longos da rede de entalhes submarinos.

A aplicação de técnicas de análise do relevo submarino, baseada em metodologias para o domínio emerso revelou-se encorajadora e os resultados obtidos, nomeadamente, sobre a composição litológica e estrutural dos canhões permitiu-nos formular hipóteses válidas sobre o relevo submarino dos canhões e, que talvez possam servir para direccionar novos trabalhos.

Os canhões submarinos possuem a nível particular, formas no leito muito próprias, como são as depressões batimétricas que funcionam como provas indirectas do tipo de hidrodinamismo, de litologia e estrutura dos locais onde se encontram.

## 6. - BIBLIOGRAFIA

- AFFIAN, K.; NAUDIN, PRUD'HOMME, R.; GROBOULARD, R. (1987) - Controle structural de la morphologie de la marge Ivoirienne et du Golfe de Guinne septentrional. *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°42, p. 85-98.
- ANTUNES, M.T. (1975) - *Iberosuchus, Crocodile Sebecosuchien* nouveau, L'Éocene Ibérique au nord de la chaîne centrale et l'origine du canyon de la Nazaré. *Com. Serv. Geol. de Portugal*, 59, p. 285-330.
- ANTUNES, M.T. (1980) - Le cycle alpin: Néogène. 26ème Congrès Géol. Inter. Paris, PORTUGAL, *introduction à la géologie régionale*, G14, p. 77-85.
- ANTUNES, M.T. *et al.* (1981) - Nouvelles données sur la datation des dépôts miocènes de l'Algarve (Portugal) et l'évolution géologique régionale. *Ciências da Terra*, n° 6, p. 153-168.
- ARAÚJO, A. (1985) - Linhas gerais de uma nova metodologia do estudo do litoral. *Rev. da Fac. Letras do Porto - Geografia*, I série, Vol. I, p. 75-87.
- AUXIETRE, J. L. e DUNAND, J. P. (1978) - Géologie de la marge ouest-ibérique (au nord de 40°N): le banc de Galice, les montagnes de Vigo, de Vasco da Gama et de Porto. Relations avec l'ouverture de l'Atlantique Nord. *Thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI.*, 216 p.
- BALDY, P. (1977) - Géologie du plateau continental portugais (au sud du cap de Sines). *Thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI*, 113 p.
- BEER, R. M. e GORSLINE, D. S. (1971) - Distribution, composition and transport of suspend sediment in Redondo Submarine canyon and Vicinity (Califórnia). *Marine Geology*, 10, p. 153-176.
- BERTHOIS, L. e BRENOT, R. (1962) - Bathymétrie du secteur atlantique du Banc Porcupine au cap Finistère. *Rév. Trav. Inst. Pêches marit.*, vol. 26, p. 2.
- BERTHOIS, L.; BRENOT, R. e AILLOUD, P. (1965) - Essai d'interpretation morphologique et géologique de la pente continentale à l'ouest de la Péninsule Ibérique. *Rév. Trav. Inst. Pêches marit.*, vol. 29, 3, p. 343-350.
- BOILLOT, G.; BERTHOU, P. Y.; DUPEUBLE, P. A. e MUSSELLEC, P. (1972a) - Géologie du plateau continental portugais au nord du cap Carvoeiro. La série stratigraphique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, v. 274, p. 2748-2751.
- BOILLOT, G. e MUSSELEC, P. (1972b) - Geologie du plateau continentale portugais au nord du cap Carvoeiro. Structure au nord et sud du canyon de Nazaré. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 247, p. 2852-2854.

BOILLOT, G.; DUPEUBLE, P. A.; HENNEQUIN-MARCHAND, I.; LAMBOY, M.; LEPETRE, J. P. e MUSSELEC, P. (1974) - Le rôle des déformations "tardi-hercyniennes" 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, p. 75-86.

BOILLOT, G.; MOUGENOT, D. *et al.* (1975a) - Carte Géologique du plateau continental portugais. *Bull. Soc. Geol. France*, t. 17, 4, p. 75-86.

BOILLOT, G.; DUPEUBLE, P. A. e MUSSELEC, P. (1975b) - Carte géologique du plateau continental nord-portugais. *Bulletin Société Géologique de France*. v. 17, n° 4, p. 462-480.

BOILLOT, G.; MOUGENOT, D. *et al.* (1978) - Carta Geológica da plataforma continental de Portugal, escala 1/1000.000. *Publ. Serv. Geol. e Inst. Hidrográfico de Portugal*, Lisboa.

BOILLOT, G.; MALOD, J. A. e MOUGENOT, D. (1979) - Evolution géologique de la marge ouest-ibérique. *Ciências da Terra (UNL)*, n° 5, p. 215-222.

BOUCART, J. (1938) - La marge continentale, essai sur les régressions et transgressions marines. *Bull. Soc. Geol. de France*, v. 8, 5-6, p. 393-474.

BRUNET, R. (1963) - Les cartes de pentes. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, 34, p.317-334.

Carta litológica submarina da costa de Portugal, 1, 1913, 2, 1914, 3, 1941, 4, 1920, 5, 1928, 6, 1927, 7, 1924, 8, 1940. *Missão hidrográfica da costa de Portugal*, Ministério da Marinha, Lisboa.

CARVALHO, A. M. GALOPIM DE *et al.* (1983-85) - Evolução paleogeográfica da bacia cenozoica do Tejo-Sado. *Bol. Soc. Geol. Port.*, vol. XXIV, p. 209-212.

COPPIER, G. (1982) - Tectonique et sédimentation tertiaires sur la marge sud-portugaise. *Thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI*, 140p.

COPPIER, G. e 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*, v. 24, n° 3, p. 421-431.

DALY, R. A. (1936) - Origin of submarine canyons. *American Journal of Science*, Ser. 5, v. 31, no. 186, pp. 401-420.

DAUVILLIER, A. (1961) - L'origine du gouf de Cap-Breton. *Sciences*, p. 49-55.

DAVEAU, S.; LAUTENSACH, H. e RIBEIRO, O. (1987) - *Geografia de Portugal*. vol.I, 335 p.

- DIAS, J. M. A. (1987) - Dinâmica sedimentar e evolução recente da plataforma continental portuguesa setentrional. *Tese de doutoramento, Univ. Lisboa*. 500p.
- DIAS, J. M. A. e PEREIRA, A. (1993) - *A plataforma continental portuguesa. O Quaternário em Portugal, Balanços e Perspectivas*. Lisboa, Colibri, p. 51-61.
- DIETZ, R. S.; KNEBEL, H. J. e SOMERS, L. H. (1968) - Cayar submarine canyon. *Bulletin of Geological Society of America*, v. 79, nº 12, p. 1821-1828.
- DILL, R. (1969) - Earthquake effects on fill of scripps submarine canyon. *Geological Society of America Bulletin*, v. 80, p. 321-328.
- DILL, R. F. (1964) - Contemporary submarine erosion in scripps submarine canyon. *Ph.D. thesis, Scripps Inst. Oceano., Univ. Calif., San Diego*, 269p.
- DROZ, L.; BLAREZ, E.; MASCLE, J. e SOMBO, B. (1985) - The "Trou sans Fond" deep-sea fan (off Ivory coast, Equatorial Atlantic). *Marine Geology*, v. 67, p. 1-11.
- EI FOUGHALI, A. e GRIBOULARD, R. (1985) - Les grands traits structuraux et lithologiques de la marge Atlantique Marocaine, de Tanger a Cap Cantin. *Bull. Inst. Géol. du Bassin d'Aquitaine*, nº38, p. 179-211.
- FAUGÈRES, J. C.; GONTHIER, E.; PUJOL, C.; DEVAUX, M. e PHILIPS, L. (1984) - La mission Faegas IV: premiers résultats sur les sédiments profonds de la marge ouest-ibérique, du golfe de Cadix et de la mer d'Alboran. *Bull. Inst. Géol. du Bassin d'Aquitaine*, v. 36, p. 67-83.
- FEIO, M. e BRITO, R. S. (1949) - Les vallées de fracture dans le modelé granitique portugais. *Actas Cong. Int. Geograf.*, Lisboa, II, p.254-262.
- FELIX, D. W. e GORSLINE, D. S. (1971) - Newport submarine canyon, California: an example of the effects of shifting loci of supply upon canyon position. *Marine Geology*, v. 10, p. 177-198.
- FENER, P.; KEILING, G. e STANLEY, D. J. (1971) - Bottom currents in Wilmington Submarine canyon. *Nature Physical Science*, v. 229, pp. 52-54.
- FIUZA, A. F. (1980) - The portuguese coastal upwelling system. Actual problems of oceanography in Portugal. *JNICT*, p. 45-71.
- FOUCAULT, A.; RAOULT, J. F. (1980) - *Dictionnaire de Géologie*. Masson, Paris, 334p.
- FREIRE DE ANDRADE, C. (1933) - A tectónica do estuário do Tejo e dos Vales submarinos ao largo da Costa da Caparica e a sua relação com as nascentes termo-medicinais de Lisboa (conserid. preliminares). *Com. Serv. Geol Portugal.*, v. 19, p. 23-40.
- FREIRE DE ANDRADE, C. (1934) - *Os vales submarinos*, «A Terra», Coimbra, 15, p. 13-18.

FREIRE DE ANDRADE, C. (1937) - Os vales submarinos portugueses e o diastrofismo das Berlengas e da Estremadura. *Mem. Serv. Geol Portugal*, 249 p., 7 esboços. geológicos., 1 carta tectónica na escala 1/1 000 000.

FUKUSHIMA, Y.; PARQKER, G. e PANTIN, H. (1985) - Prediction of ignitive turbidity currents in scripps submarine canyon. *Marine Geology*, v. 67, p. 55-81.

GARDNER, J. e KIDD, R. (1987) - Sedimentary processes on the Northwestern Iberian continental margin viewed by long-range side-scan sonar and seismic data. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 57, nº 3, p. 397-407.

GENNESSEAU, M.; GUIBOUT, P. e LECOMBE, H. (1978) - Enregistrement de courants de turbidité dans la vallée sous-marine du Var (Alpes- Maritimes). *C. R. Acad. Sci., Paris*, v. 273, pp. 2456-2459.

GEORGE, P. (1974) - *Dictionnaire de la Géographie*. Presses Universitaires de France, Paris, 451 p.

GRILLOT, J. e C. ALMEIDA (1981-82) - Tectonique cassante posthercynienne dans l'Algarve (sud du Portugal). Incidence sur l'hydrologie karstique. *Rev. Géol. Dyn. et Géogr. Phys.*, vol. 23 fasc. 2, Paris, p119-130.

GROUPE ESTOCADE, (1977) - Etude par submersible des canyons des Stoechades et de St. Tropez, *C. R. Acad. Sc. Paris*, sér. D, 284, 1631-4.

GROUPE ESTOCADE, (1978) - Messinian subaerial erosion of the Stoechades and St. Tropez canyons, *Marine geology*, 27, 247-69.

GROUPE TRANSMARGE, (1982) - Levé bathymétrique de précision, à l' aide du sondeur multifaisceaux sea beam, du canyon de Nazaré (marge continentale portugaise). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 294, 1099-1102.

HEEZEN, B. C. e HOLLISTER, C. (1964) - Deep-sea currents evidence from abyssal sediments. *Marine Geology*, v. 1, p. 141-174.

HEEZEN, B. C.; MENZIES, R.; SCHNEIDER, E. D.; EWING, W. e GRANELLI, N. C. L. (1964) - Congo submarine canyon. *Amer. Assoc. Petrol. Geolog. Bull.*, v. 48, nº 7, p. 1126-1149.

HEEZEN, B. C. e EWING, M. (1952) - Turbidity currents and submarine slumps, and the Grand Banks Earth-quake. *Am. Jour. Sci.*, 250, p.849-873.

HOVLAND, M. e JUDD, A. J. (1988) - *Seabed pockmarks and seepages: impact on geology, biology, and the marine environment*. Norwell, Massachusetts, Graham and Trotman, 263p.

HOWARD, A. D. (1967) - Drainage analysis in geological interpretation: a summation. *Amer. Assoc. Petrol. Geolog. Bull.*, v. 51, p. 2246-2259.

KARL, H. A. (1980) - Influence of San Gabriel submarine canyon on narrow-shelf sediment dynamics, Southern California, *Marine Geology*, 34, p. 61-78.

KARL, H. A.; HAMPTON, M. A. e KENYON, N. H. (1989) - Lateral migration of cascadia deep-channel in response to accretionary tectonics. *Geology*, v. 17, 144-47.

KIDD, R. B. e ROBERTS, D. G. (1982) - Long-range sidescan sonar studies of large-scale sedimentary features in the North Atlantic. Coll. Int. CNRS, *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, 31, p. 11-29.

KING, C. A. M. (1974) - *Introduction to Marine Geology and Geomorphology*, Ch. 3, p. 129.

KUENEN, P. H. (1938) - Density currents in connection with the problem of submarine canyons. *Geol. Mag.* pp. 241-249.

KUENEN, P. H. (1953) - Origin and classification of submarine canyons. *Geol. Soc. Am. Bull.*, V. 64, pp. 1295-1314.

LALLEMAND, S.; MAZE, J. P.; MONTI, S. e SIBUET, J. C. (1985) - Présentation d'une carte bathymétrique de l'Atlantique Nord-Est. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 300, 4, p. 145-149.

LAUGHTON, A. S.; ROBERTS, D. G. e GRAVES, R. (1975) - Bathymetry of northeast Atlantic: Mid-Atlantic ridge to southwest Europe. *Deep-Sea Research*, v. 22, p. 791-810.

Le PICHON, X. e 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.

LEPVRIER, C. e MOUGENOT, D. (1984) - Déformations cassantes et champs de contrainte posthercyniens dans l'ouest de l'Ibérie (Portugal). *Rev. Géol. Phys. Géol. Dyn.*, v. 25, n° 4, p. 291-305.

MACHADO, F. F. (1933) - Um circo de afundimento na costa portuguesa. *A Terra, Revista de Sismologia e Geofísica*, Coimbra, 9, p. 17-21.

MACHADO, F. F. (1934) - As fossas da plataforma continental portuguesa. *A Terra, Revista de Sismologia e Geofísica*, Coimbra, 13, p. 18-23.

MAGLIOCCA, A. (1987) - *Glossário de oceanografia*. Universidade de São Paulo, São Paulo, 355p.

MALOD, J. A. (1980) - La marge atlantique marocaine au Nord de Casablanca. *Rev. Géol. Dyn. et Géogr. Phys.*, vol. 22, fasc. 3, p. 201-212.

MALOD, J. A. (1989) - Ibérides et plaque ibérique. *Bull. Soc. Géol. France*, v. 8, n° 5, p. 927-934.

- MATTAUER, M. (1980) - *Les déformations des matériaux de l'écorce terrestre*. Hermann, Paris, 493 p.
- MAUFFRET, A.; BOILLOT, G.; AUXIÉTRE, J. L. e DUNAND, J. (1978) - Évolution structurale de la marge continentale au Nord-Ouest de la péninsule Ibérique. *Bull.Soc.Géo. France*, v. 7, n° 4, p. 375-388.
- McGREGOR, B. e BENNETT, R. H. (1979) - Mass movement of sediment on the continental slope and rise seaward of the Baltimore canyon trough. *Marine Geology*, v. 33, pp. 163-174.
- McGREGOR, B. A.; BENNETT, R. H. e LAMBERT, L. (1979) - Bottom processes, morphology, and geotechnical properties of the continental slope south of baltimore canyon. *Appl. Ocean Res.*, 1, p. 177-187.
- McGREGOR, B. A.; STUBBLEFIELD, W. L.; RYAN, W. B. F. e TWICHEL, D. C. (1982) - Wilmington submarine Canyon : A Marine fluvial-like system. *Geology*, v. 10, p. 27-30.
- McHUGH, C.; RYAN, W. e SCHREIBER, C. (1993) - The role of diagenesis in exfoliation of submarine canyons. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 77, n° 2, p 145-172.
- McHUGH, C.; RYAN, W. e HECKER, B. (1992) - Contemporary sedimentary processes in the Monterrey Canyon-fan system. *Marine Geology*. v. 107, p. 35-50.
- MEISLER, H.; LEATHY, P. P. e KNOBEL, L. L. (1985) - The effect of Pleistocene sea-level changes on saltwater-freshwater relations in the northern Atlantic coastal plain. *U.S. Geological Survey Water Resources Investigation Report*, 83-4214, 69p.
- MONTEIRO, J. H. e MOITA, I. (1971) - Morfologia e sedimentos da plataforma continental e vertente continental superior ao largo da península de Setúbal. *1<sup>er</sup> Congres. Luso-Hisp-Amer. Geol. Econ*, sec. 6, Madrid-Lisboa, p. 301-330.
- MOREIRA, V. S. (1985) - Seismotectonics of Portugal and its adjacent area in the Atlantic. *Tectonophysics*, v. 117, p. 85-96.
- MORISAWA, M. (1985) - *Rivers: form and process*. Longman, London.
- MOUGENOT, D. (1976) - Géologie du plateau continental portugais (entre le cap Carvoeiro et le cap de Sines). *Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Rennes*, 134 p.
- MOUGENOT, D. (1989) - *Geologia da Margem Portuguesa*, Inst. Hidrográfico, Lisboa, 262p.
- MOUGENOT, D. e VANNEY, J. R. (1978) - Cartographie géomorphologique de la plateforme continentale du Portugal et de ses abords. *Bull. Soc. Géol. France*, t. 20, 5, p. 785-789.
- MOUGENOT, D *et al.* (1979) - La marge continentale sud-portugaise: évolution structurale et sédimentaire. *Ciências da Terra*, 5, Lisboa, p. 223-246.



- MOUGENOT, D. e VANNEY, J. R. (1990) - Le canyon de Nazaré (marge continentale portugaise) : contrôle tectonique de la morphogénese, Réun. Societ. Geolog. France-Italie, *Oceans*, Villefranche, résumé, p. 75-76.
- MILLER, O. M. e SUMMERSON, C. H. (1960) - Slope zone maps. *Geographical Rev.*, p. 195-202.
- MUERHCK, P. (1978) - *Map use, reading, analysis and interpretation*. J. P. Publi., Madison, p. 217-220.
- MUSSELEC, P. (1974) - Géologie du plateau continental portugais au Nord du cap Carvoeiro. *Thèse 3ème cycle, Univ. Rennes*, 170 p.
- NAUDIN, J. J. e PRUD'HOMME, R. (1971) - Méthodes d'analyses morphologiques et morphostructurales d'interprétation des topographies et des bathymétries dans les domaines continentaux et marins. *Bull. Inst. Geolog. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°10, 69p.
- NAUDIN, J. J. e PRUD'HOMME, R. (1973) - La magnitude des réseaux d'entailles. Relations avec l'environnement géologique. *Bull. Inst. Geolog. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°13, p. 117-128.
- NAUDIN, J. J. e PRUD'HOMME, R. (1980) - La analyse cartographique: étude numérique des caractéristiques morphologiques des surfaces. *Sciences de la Terre*. n° 15. p. 47-71.
- NELSON, C. H.; CARLSON, P. R.; BYRNE, J. V. e ALPHA, T. R. (1970) - Development of the Astoria canyon-fan physiography and comparison with similar systems. *Marine Geology*, v. 8, 259-291.
- NESTEROFF, W. *et al.* (1968) - Les dépôts récents du canyon de Cap-Breton. *Bull. Soc. Géol. France*. v. (7) X, p. 218-252.
- PANTIN, H. M. (1979) - Interaction between velocity and effective density in turbidity flow: phase-plane analysis, with criteria for autosuspension. *Marine Geology*, 31, p. 59-99.
- PARGA, J. R. (1969b) - *Sistemas de fracturas tardihercínicas del macizo hespérico*. Trabajo del laboratorio xeológico de Laxe, n° 37, p. 1-15.
- PARKER, G. (1982) - Conditions for the ignition of catastrophically erosive turbidity currents. *Marine Geology*, 46, p. 307-327.
- PAULL, C. K. e DILLON, W. P. (1980b) - The erosional origin of the Blake Escarpment, an alternative hypothesis, *Geology*, 8, p. 538-542.
- PAULL, C. K.; SPIESS, F. N.; CURRAY, J. R. e TWICHELL, D. C. (1990) - Origin of Florida canyon and the role of spring sapping on the formation of submarine box canyons. *Geological Society Amer. Bull.* v. 102, p. 502-515.

- PEREIRA, A. R. (1992 a) - *A geomorfologia da margem continental portuguesa e a interdependência das plataformas continental e litoral: evolução do conhecimento e linhas de investigação*. Centro de Estudos Geográficos, Linha de Acção de Geografia Física, Lisboa, Rel.30, 85 p.
- PERES, J. M.; PICARD, J. e 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, p. 1-31.
- PINOT, J. P. (1970) - Canyons sous marins. In: *Encycopaedia Universalis, Paris*, t. 3, p. 891-894.
- PRIOR, D. B. e COLEMAN, J. M. (1980) - Sonograph mosaics of submarine slope instabilities, Mississippí river delta. *Marine Geology*, v. 36, p. 227-239.
- PRIOR, D. B. e DOYLE, E. H. (1985) - Intra-slope canyon morphology and its modification by rockfall processes, U. S. continental margin. *Marine Geology*, 67, p. 177-196.
- PRUD'HOMME, R. e VIGNEAUX, M. (1970) - Études géomorphologiques et morphométriques du substratum sous-marins profond du Golfe de Gascogne. *C. R. Acad. Sc. Bordeaux*, XXV, p. 1-19.
- RAMALHO, A. (1932) - Breve notícia sobre a configuração do relevo submarino perto da costa de Portugal. *A Terra. Revista de Sismologia e Geofísica*, Coimbra, 2, 1, p. 27-33.
- REBELO, F. (1976) - Mapas de declives - análise de alguns exemplos portugueses. *Finisterra* Lisboa, (22), p. 267-283.
- REGNAULD, H. (1987) - *Géomorphologie de la pente continentale du Portugal*. Dept. de Géographie de l'Université de Paris-Sorbonne, n° 15, 141 p.
- REGNAULD, H. e THOMAZ, Y. F. (1990) - Analyse numérique de la morphologie du canyon de Nazaré (marge continentale du Portugal). *Finisterra*, vol. XXV, 50, Lisboa, pp. 245-260.
- RENARD, V. e ALLENOU, J. P. (1979) - Le Sea-Beam, sondeur à multi-faisceaux du N.O. "Jean-Charcot". Description, évaluation et premiers résultats. *Rev. Hydro. Inter.*, Monaco, 56, p. 35-71.
- REIMNITZ, E. e GUTIÉRREZ-ESTRADA, M. (1970) - Rapide changes in the head of the rio Balsas submarine canyon system. *Marine Geology*, v. 8, p. 245-258.
- REY, J. (1983-85) - Évolutions comparés des marges de L' Estremadura et L' Algarve au Crétacé inférieur. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, p. 269-277.
- RIBEIRO, A. *et al.* (1979) - *Introduction à la géologie générale du Portugal*; Serv. Geol. Port., Lisboa, 1979, 114 p.

RIBEIRO, A. (1980) - Cadre structural et géotectonique. Séismicité et neotectonique. 26ème Congrès Géol. Inter. Paris, *Introduction à la géologie générale du Portugal*, G14, p. 28-31.

RIBEIRO, A. (1986) - The Neotectonic Regime of the West Iberia Continental Margin: a Transition from Passive to Active ? *Maleo*, 2, 13, p. 38.

RIBEIRO, A. (1989) - Carta neotectónica de Portugal, escala de 1 : 1 000 000. Notícia explicativa. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 10 p.

ROBB, J. M.; HAMPSON, J. C. e TWICHELL, D. C. (1981b) - Geomorphology and sediment stability of a segment of the U.S. continental slope off New Jersey. *Science*, v. 211, p. 935-937.

ROBERTS, D. G. e KIDD, R. B. (1984) - Sedimentary and structural patterns on the Iberian continental margin. an alternative view of continental margin sedimentation. *Marine Petroleum Geology*, 1, p. 37-48.

RODRIGUES, A. e DRAGO, T. (1990) - A relação relevo/estrutura no Beiral de Viana. *Anais do Instituto Hidrográfico*, 11, p. 19-30.

ROURE, F.; MONATI, S. e Le LANN, (1978) - *Campagne Estocade, submersible Cyana. Résultats des campagnes à la mer n° 14*, CNEXO, Brest, 94p.

RUCH, P.; MIRMAND, M.; JOUANNEAU, J. M. e LATOUCHE, C. (1993) - Sediment budget and transfer of suspended sediment from the Gironde estuary to Cap Ferret canyon. *Marine Geology*, v. 111, p. 109-119.

RYAN, W. B. F.; CITA, M. B.; MILLER, E. L.; HANSELMAN, D.; NESTEROFF, W. D.; HECKER, B. e NIBBELINK, M. (1978) - Bedrock geology in new England submarine canyons. *Oceanologica Acta*, v. I, p. 233-254.

SCANLON, K. M. (1980) - Morphology of the continental slope off New England from GLORIA II long-range sidescan sonographs. *Geolog. Society of Amer. Abstracts with Programs*, v. 12, p. 515.

SCHEIDEGGER, A. E. (1967) - A stochastic model for drainage patterns into a intramontane trench. *Bull. Ass. Intern. Hydrologie Scientifique*, n°1, p. 15-20.

SHEPARD, F. P. (1951) - Composite origin of submarine canyons. *Scripts Inst. Ocean.*, n° 552, p. 84-96.

SHEPARD, F. P. (1951) - Mass movements in submarine canyons heads. *Trans. Amer. Geophys. Union*, v. 32, n° 3. pp. 405-418.

SHEPARD, F. P. (1965) - Types of submarine valleys. *Amer. Assoc. Petrol Geolog. Bull.*, v. 49, n° 3, p. 304-310.

SHEPARD, F. P. (1973) - *Submarine Geology*. 3<sup>rd</sup> Edit., Harper and Row, New York.

- SHEPARD, F. P. (1974) - Canyons, submarine. *In Encyclopaedia Britannica*, 15th Edit., p. 786-791.
- SHEPARD, F. P. (1975) - Submarine canyons of the Pacific. *Sea Frontiers*, v. 21, n° 1, p. 2-13.
- SHEPARD, F. P. (1975) - Progress of internal waves along submarine canyons. *Marine Geology*, 19, p. 131-138.
- SHEPARD, F. P. (1976) - Tidal components of currents in submarine canyons. *Journal of Geology*, 84, p. 343-350.
- 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. Geol. Bull.*, v. 65, p. 1062-1077.
- SHEPARD, F. P.; NIINO, H. e CHAMBERLAIN, T. (1964) - Submarine canyons and Sagami trough, East-central Honshu, Japan. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 75, p. 1117-1130.
- SHEPARD, F. P. e DILL, R. F. (1966) - *Submarine canyons and other sea valleys*. Rand Macnally & Co., Chicago, Ch. 5, p. 231
- SHEPARD, F. P. e BUFFINGTON, E. C. (1968) - La Jolla submarine fan-valley. *Marine Geology*, 6, 2, p. 107-143.
- SHEPARD, F. P.; DILL, R. F.; VON RAD, H. (1969) - Physiography and sedimentary processes of La Jolla submarine fan and fan-valley, California. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* v. 53 p. 390-420.
- SHEPARD, F. P. e EMERY, K. O. (1973) - Congo submarine canyon and fan valley. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 57, n° 9, pp. 1679-1691.
- SHEPARD, F. P.; MARSHALL, N. F. e McLOUGHLIN, P. A. (1974) - Currents in submarine canyons. *Deep-Sea Res.*, v. 21, n° 9, pp. 691-706.
- SHREVE, R. L. (1967) - Infinite topological random channel networks. *Journal of Geology*, vol. 75, p. 178-186.
- STANLEY, D. e FREELAND, G. (1978) - The erosion - deposition boundary in the head of Hudson submarine canyon defined on the basis of submarine observations. *Marine Geology*, v. 26, M37-M46.
- STANLEY, D. J.; PALMER, H. D. e DILL, R. F. (1978) - Coarse sediment transport by mass flow and turbidity current processes and downslope transformation in Annot sandstone canyon-fan valley systems. *In* STANLEY, D. J. e KELLING, G. (eds.) - *Sedimentation in*

*submarine canyons, fans and trenches*, Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudseberg, Penn., p. 85-115.

STRAHLER, A. N. (1988) - *Geografia Física*. Omega S.A., Barcelona, 767p.

STUBBLEFIELD, W.; MCGREGOR, B.; FORDE, E.; LAMBERT, D. e MERRIL, G. (1981) - Reconnaissance in DSRV ALVIN of a "fluvial-like" meander system of Wilmington canyon and slump features in south Wilmington canyon. *Geology*, v. 10, pp. 31-36.

SUGUIO, K. (1992) - *Dicionário de geologia marinha*. T. A. Queirós eds, São Paulo, 171p.

SUMMERFIELD, M. A. (1991) - *Global Geomorphology - an introduction to the study of landforms*. Jonh Wiley & Sons, New York, 537 p.

TAPPONNIER, P. (1977) - Evolution tectonique du système alpin en Méditerranée: poinçonnement et écrasement rigide-plastique. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), tomo XIX, n° 3, Paris, p. 437-460.

TRICART, J. (1968) - *Précis de géomorphologie*. Soc. Édition E. S., Paris V, tomo I e II.

TWICHELL, D. C. e ROBERTS, D. G. (1982) - Morphology distribution and development of submarine canyons on the United States Atlantic continental slope between Hudson and Baltimore canyons, *Geology*, 10, p. 408-412.

TWICHELL, D. C.; ROBERTS, D. G. e TELEKI, P. G. (1980) - Long-range sidescan sonar views of the continental margin seaward of the Baltimore canyon trough. *Geological Society of America Abstracts With Programs*, v. 7, pp. 538-539.

VANNEY, J. R. (1973) - La géomorphologie sous-marine. in, P. Muraour (ed.). *Structure et géomorphologie dynamiques des fonds marins*, Masson, Paris, 1-77.

VANNEY, J. R.; LEURIDAN, J. et al. (1987) - Carte bathymétrique du canhão da Nazaré. *Publ. Instituto Hydrográfico*, 1:150.000, Lisboa.

VANNEY, J. R. e MOUGENOT, D. (1981) - La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes, analyse géomorphologique, *Mem. Serv. Geol. Portugal*, n° 28, 2 vol.

VANNEY, J. R. e MOUGENOT, D. (1990) - *Un canyon sous-marin de type "gouf". Le canhão de Nazaré (Portugal)*. *Oceanologica Acta*, Montrouge, 13 (1), p. 1-14.

VIGNEAUX M.; NAUDIN J. J. e PRUD'HOMME R. (1971) - Interpretation geomorfologica des donnees batimetriques comme un acces a la connaissance architecturale des bassins oceaniques - Application au golfe de Gascogne. *Colloque International Exploitation Océans, Bordeaux*, Thème III, 46 p.