

Mário Neves

OS SISTEMAS LITORAIS DA ESTREMADURA.

CLASSIFICAÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO
GEOMORFOLÓGICA



Mário Neves

**OS SISTEMAS LITORAIS DA ESTREMADURA NORTE.
CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA**

Centro de Estudos Geográficos

Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial

Relatório nº 4

Universidade de Lisboa

2006

FICHA TÉCNICA

Título: Os Sistemas Litorais da Estremadura Norte. Classificação e Caracterização Geomorfológica

Autor: Mário Neves

Unidade de Investigação: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa

Edição e Distribuição: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa

Impressão:

Tiragem: 300 exemplares

ISBN:

Índice

| | |
|--|-----|
| INTRODUÇÃO | 4 |
| 1. ENQUADRAMENTO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO LITORAL DA ESTREMADURA N | 6 |
| 1.1. A DIFERENCIAÇÃO LITO-ESTRUTURAL | 6 |
| 1.2. OS DADOS CLIMÁTICOS | 11 |
| 1.2.1. O vento | 12 |
| 1.2.2. O nevoeiro | 16 |
| 1.2.3. A temperatura | 18 |
| 1.2.4. A precipitação | 20 |
| 1.3. A ESPECIFICIDADE HIDROLÓGICA | 22 |
| 1.3.1. A hidrologia continental | 22 |
| 1.3.2. A hidrologia marítima | 28 |
| 1.3.2.1. A ondulação | 29 |
| 1.3.2.2. A deriva litoral | 32 |
| 1.3.2.3. O <i>upwelling</i> e a temperatura das águas superficiais | 32 |
| 1.3.2.4. As marés | 33 |
| 1.3.2.5. A sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (<i>storm surge</i>) | 34 |
| 1.3.2.6. As variações seculares do nível do mar | 35 |
| 1.4. O ESPORÃO DA ESTREMADURA | 37 |
| 2. METODOLOGIA DE ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO LITORAL DA ESTREMADURA N | 43 |
| 2.1. A ABORDAGEM METODOLÓGICA | 43 |
| 2.1.1. Os parâmetros de caracterização considerados: exposição, litologia e estrutura | 43 |
| 2.1.2. A identificação dos sistemas litorais | 49 |
| 2.1.3. Mapas finais. Opções tomadas | 54 |
| 2.2. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA ESTREMADURA N | 56 |
| 2.2.1. As diferentes exposições da linha de costa | 56 |
| 2.2.2. A diversidade litológica e estrutural | 59 |
| 2.2.3. Caracterização dos sistemas litorais | 70 |
| 2.2.3.1. Sistemas de arriba mergulhante e arriba com a base coberta por blocos | 71 |
| 2.2.3.2. Sistema plataforma rochosa de sopé-arriba | 77 |
| 2.2.3.3. Sistemas praia-arriba | 83 |
| 2.2.3.4. Sistemas sem arriba | 90 |
| 2.2.3.5. Litoral artificializado | 105 |
| 3. CONCLUSÃO | 107 |
| BIBLIOGRAFIA | 110 |

INTRODUÇÃO

Este trabalho agora editado na Linha de Investigação de Dinâmica Litoral e Fluvial (DILIF) é parcialmente baseado na dissertação de Doutoramento em Geografia Física com o título “Evolução Actual dos Litorais Rochosos da Estremadura Norte. Estudo de Geomorfologia”, apresentada em Outubro de 2004 à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

Um dos relatórios finais do projecto EUROSION - que reuniu investigadores de Universidades e Institutos espalhados pela Europa - (DGE/EC, 2004a), estimava a área litoral perdida ou seriamente atingida actualmente na Europa em $15\text{km}^2 \text{ ano}^{-1}$. Por outro lado, nos últimos 50 anos, a população que vive nas regiões litorais mais que duplicou, tendo este grupo de investigadores estimado a despesa pública anual com acções de defesa costeira contra o risco de erosão em 3.200 milhões de EUROS, valor com tendência para aumentar expressivamente nos próximos anos. Contudo, recorrendo a outro relatório ainda do mesmo projecto (DGE/EC, 2004b), os autores afirmam explicitamente que, relativamente à erosão litoral, “uncertainties still remain about the interactions of the forcing agents” DGE/EC (*op. cit.*, p. 15).

Esta declaração, apesar dos excelentes artigos e livros desenvolvidos sobre a dinâmica litoral, é muito significativa da ainda reduzida informação de base suficientemente aprofundada para suportar a tomada de decisões sustentadas ao nível do planeamento.

Neste estudo procedeu-se ao reconhecimento e classificação de todos os sistemas litorais presentes numa determinada faixa costeira, relacionando a sua localização e distribuição com a litologia, estrutura e as várias orientações da linha de costa, não deixando igualmente de abordar a importância e o peso de factores exteriores à faixa estudada na suas características geomorfológicas actuais. Esta análise geomorfológica, ao individualizar sistemas litorais com características distintas, pode e deve funcionar como base de investigação para o estudo de áreas mais restritas efectuado a uma escala de trabalho local.

A Estremadura apresenta uma faixa litoral relativamente pouco estudada e geomorfológicamente muito rica, como o atestam as referências abalizadas de distintos investigadores que a várias escalas, tanto na área emersa como na submersa, produziram

investigação sobre o litoral Oeste português (VANNEY e MOUGENOT, 1981; Orlando Ribeiro, 1945, citado por DAVEAU, 1995; DIAS, 1987; PEREIRA, 1992b).

Em função das conclusões já alcançadas por estes investigadores e dos objectivos que se pretendiam atingir com a dissertação de Doutoramento que serviu de base a este trabalho, optou-se por estabelecer como limites da área de estudo duas importantes fronteiras hidrológico-sedimentares: a Norte junto à cidade da Nazaré, importante fronteira no trânsito de sedimentos N-S e, conseqüentemente, nas características e nos tipos de sistemas litorais predominantes na faixa costeira para sul; e a Sul, na embocadura do Rio Tejo, organismo fluvial que, com o volume de sedimentos que transporta fundamentalmente para Sul vem estabelecer aí um tipo de litoral com características geomorfológicas e de dinâmica actual completamente diferente da região a Norte desta foz. Constituiu-se especificamente este limite Sul em Cascais, pois para leste desta cidade a excessiva intervenção antrópica no litoral modificou por completo o funcionamento natural dos sistemas.

Dado que a faixa costeira da Estremadura se estende ainda para sul até Setúbal, optou-se por designar a área estudada por Estremadura Norte ou, na forma abreviada, «Estremadura N».

1. ENQUADRAMENTO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO LITORAL DA ESTREMADURA N

1.1. A DIFERENCIAÇÃO LITO-ESTRUTURAL

O litoral da Estremadura encontra-se geologicamente integrado na Orla Mesocenozóica Ocidental, uma das três Unidades Morfoestruturais que constituem o território português. As rochas que integram esta unidade começaram a formar-se no início da Era Secundária, num longo e estreito *graben* que se estendia de NNE para SSW e que se gerou devido a esforços tectónicos distensivos correlativos da abertura do Atlântico Norte (RIBEIRO *et al.*, 1979 e RAMALHO *et al.*, 1993). Parte dos sedimentos que o constituem provieram do Maciço Antigo, situado a Leste, e de uma área continental situada a oeste, da qual o arquipélago das Berlengas é a única testemunha (RIBEIRO, 1987). O fosso tectónico formado, designado por Bacia Lusitana, nunca beneficiou de longas situações de estabilidade tectónica, pois sofreu a influência da actividade do rift de abertura do Atlântico, a Ocidente, bem como a actividade da orogenia alpina, a Leste. Sucederam-se, por isso, movimentos de subsidência e levantamento que originaram alternância de períodos de regressão e de transgressão marinhas. Estas condições de deposição deixaram a sua marca nas formações sedimentares, que se traduz por:

- alternância de rochas de natureza distinta - fundamentalmente arenitos, margas e calcários, produtos das condições de génese diferentes;
- alternância de rochas com espessuras diferentes – bancadas finas formadas em períodos de paroxismo tectónico, com bruscas e constantes variações das condições de deposição, registando todas as oscilações relativas do nível do mar; bancadas espessas formadas em períodos de acalmia tectónica, em ambientes sedimentares mais estáveis;
- variação lateral de fácies e de espessura – a pouca largura da Bacia Lusitana originou que, para além da variação temporal, se registasse igualmente uma variação espacial muito significativa das condições de deposição, com consequências na irregularidade de espessura e natureza das bancadas da mesma idade.

Esta fase de deposição foi em grande parte interrompida no fim do Terciário, devido a inversão tectónica da Bacia Lusitana, que passou a partir daí a registar um movimento predominantemente ascendente.

Na área onde actualmente se encontra o litoral da Estremadura N, dominam as rochas sedimentares do Jurássico e do Cretácico. Para além destas, entre as rochas sedimentares mais recentes, destaca-se o pequeno afloramento (cerca de 1,5 quilómetros de extensão) de materiais do Eocénico-Oligocénico – Complexo de Benfica. É possível ainda encontrar no alto de alguns sectores de arriba e, de uma maneira geral, na plataforma litoral, depósitos de antigas praias, na sua maior parte Plistocénicas, constituídas por areias, alguns seixos e calhaus rolados.

No final do Cretácico e/ou no princípio do Terciário, oscilando as datações entre $95,3 \pm 8,0$ Ma (ABRANTES e CANILHO, 1981) e 74-85 Ma (Storretvedt *et al.*, 1987, citados por RAMALHO *et al.*, 2001), ocorreu uma intrusão de material magmático - alongada na direcção E-W - que originou a formação do Maciço sub-vulcânico de Sintra. Esta intrusão, correlativa da formação dos Maciços de Sines e Monchique, é constituída fundamentalmente por um núcleo de sienitos, envolvido por um largo anel granítico (RAMALHO *et al.*, 1993), para além de alguns pequenos afloramentos de mafráitos, dioritos, gabros e vários tipos de brechas eruptivas. Estes vários tipos petrográficos existentes no maciço atraíram a curiosidade de vários investigadores, que desenvolveram estudos detalhados para tentar determinar as condições da sua formação. Os modelos genéticos criados encontram-se descritos em RAMALHO *et al.* (*op. cit.*). Resumidamente, e tendo em conta os objectivos deste trabalho, importa reter que estes estudos apontam para que a formação das rochas que constituem o maciço eruptivo de Sintra tivesse ocorrido em diferentes fases de arrefecimento do magma parental proveniente do manto superior, em função das temperaturas de cristalização dos minerais constituintes destas rochas. Esta consolidação do magma ocorreu à medida que se dava a ascensão do maciço. O contacto deste magma com o material da crosta deu origem à fusão desta e ao enriquecimento do sector superior do magma em sílica. A proporção de sílica assimilada terá sido elevada, dando origem à maioria dos granitos que se podem encontrar no maciço de Sintra. Ter-se-á constituído assim, nas palavras de RAMALHO *et al.* (*op. cit.*), «um conjunto de dois corpos encastrados, um inferior constituído pelo magma primário em evolução, outro, superior constituído pelos materiais recém-fundidos».

Para além disso, a intrusão do maciço originou profunda deformação do material sedimentar encaixante, com formação de um doma envolvente; este doma apresenta uma

forma dissimétrica, pois encontra-se invertido, a norte, em consequência da acção combinada de um desligamento direito ao longo do acidente NW-SE que condicionou a instalação do maciço, e de uma compressão regional N-S, que acompanhou a sua instalação (KULLBERG, 1995).

Este doma surge ainda envolvido por um sinclinal anelar, muito bem definido a Sul e a Leste. A norte, em consequência das condicionantes estruturais acabadas de enunciar, também este sinclinal se encontra parcialmente invertido (nomeadamente o seu flanco sul) e recortado por falhas cavalgantes (RAMALHO *et al.*, 1993).

O maciço sub-vulcânico de Sintra, para além da deformação do material encaixante, originou igualmente alterações na sua constituição química, devido à elevada temperatura a que se encontrava o material eruptivo. Deste modo, os calcários do Oxfordiano superior que contactam directamente com a intrusão sofreram metamorfismo metassomático, com consequente formação de mármore branco a cinzento azulado (RAMALHO *et al.*, 1993). Uma segunda auréola, ainda afectada por metamorfismo de contacto – os Xistos do Ramalhão, da transição entre o Oxfordiano superior e o Kimeridgiano -, foi alterada por silicificações provenientes das rochas do maciço, processo que afectou fundamentalmente as bancadas margosas desta formação (RAMALHO *et al.*, 1981, 2001)

A intrusão do Maciço de Sintra provocou ainda vários sistemas de falhas, descritos em maior pormenor em RAMALHO *et al.* (1993), dos quais aqui se destacam, pela sua presença no sector de litoral entre Cascais e o Cabo Raso, as falhas radiais subverticais com orientação NNW-SSE, que frequentemente são ocupadas por filões-dique.

O Maciço sub-vulcânico de Sintra contacta actualmente com o mar, a ocidente, constituindo uma saliência litoral marcante na costa ocidental portuguesa.

As transgressões marinhas plio-pleistocénicas vieram provocar um arrasamento dos materiais sedimentares, com formação de extensas plataformas litorais, tanto a norte como a sul da serra de Sintra (PEREIRA, 1987b). Esta acção marinha não terá afectado profundamente os materiais que compõem o maciço sub-vulcânico de Sintra, tendo, no entanto, deixado vestígios da sua acção sob a forma de depósitos de praia (FERREIRA, 1984). De acordo com RIBEIRO (1987), a explicação para este facto não reside unicamente na resistência das rochas que compõem o maciço, realçando igualmente a importância da protecção que a cobertura por bancadas de rochas endurecidas por metamorfismo metassomático exerceu sobre o conjunto do maciço.

Os depósitos de praia descobertos por FERREIRA (*op. cit.*) contribuem ainda, de modo muito significativo, para provar a continuação do regime de levantamento do maciço sub-

-vulcânico de Sintra, pois encontram-se a uma altitude (255 metros) muito superior ao máximo atingido pelo mar em qualquer das transgressões quaternárias, de acordo com os estudos de TEIXEIRA (1979), RIBEIRO *et al.* (1979) e Batista (1991), citado por DAVEAU (1993).

Tectonicamente, para além de Sintra, conjuntamente com a sua área envolvente e alguns locais bem limitados onde, fundamentalmente ligada a uma tectónica diapírica, se observam hoje em dia as consequências de um enrugamento mais pronunciado dos materiais (dos quais se encontram exemplos junto ao litoral em Porto Novo, em Santa Cruz e em S. Martinho do Porto), a restante faixa litoral não apresenta deformações consideráveis, caracterizando-se por uma sucessão de estruturas anticlinais e sinclinais extremamente abertas.

Na faixa litoral da Estremadura, identifica-se um conjunto de falhas de direcção variada, que se inserem nas famílias de acidentes indicadas por RIBEIRO *et al.* (1979) correspondentes em grande parte a um rejogo post-hercínico da rede de fracturas tardi-hercínicas (Fig. 1.1).

As principais famílias são as seguintes:

- ENE-WSW – acidentes de direcção bética, dos quais o principal é o acidente Lousã-Pombal-Nazaré, que se prolonga pela plataforma continental e que limita a área de estudo a Norte; é de referir que toda as ondulações sinclinais e anticlinais reconhecíveis na série sedimentar mesocenoicoica que aflora a norte de Sintra apresentam igualmente, segundo RIBEIRO *et al.* (1979) e KULLBERG e KULLBERG (2000a), uma direcção bética;
- NNE-SSW – corresponde à direcção predominante dos acidentes diapíricos; para além disso, foram identificadas e encontram-se representadas nas Cartas Geológicas, em particular no litoral entre o Cabo da Roca e a Ericeira, um conjunto de falhas com esta orientação, paralelas ou coincidentes com a linha de costa;
- NW-SE – direcção dos acidentes secundários no interior dos compartimentos limitados por acidentes com outras direcções; muito frequentes no troço litoral entre S. Martinho do Porto e Peniche, constituem ainda factor condicionante à instalação do troço vestibular de alguns cursos de água, com foz a sul desta península;
- NNW-SSE – acidentes profundos particularmente evidentes na plataforma a sul do maciço de Sintra, e ao longo dos quais se instalaram inúmeros filões;

WNW-ESE – família de falhas que afecta a Estremadura entre a Nazaré e o Cabo da Roca, identificada por KULLBERG e KULLBERG (2000b), com base em imagens de satélite de pequena escala (1:500 000).

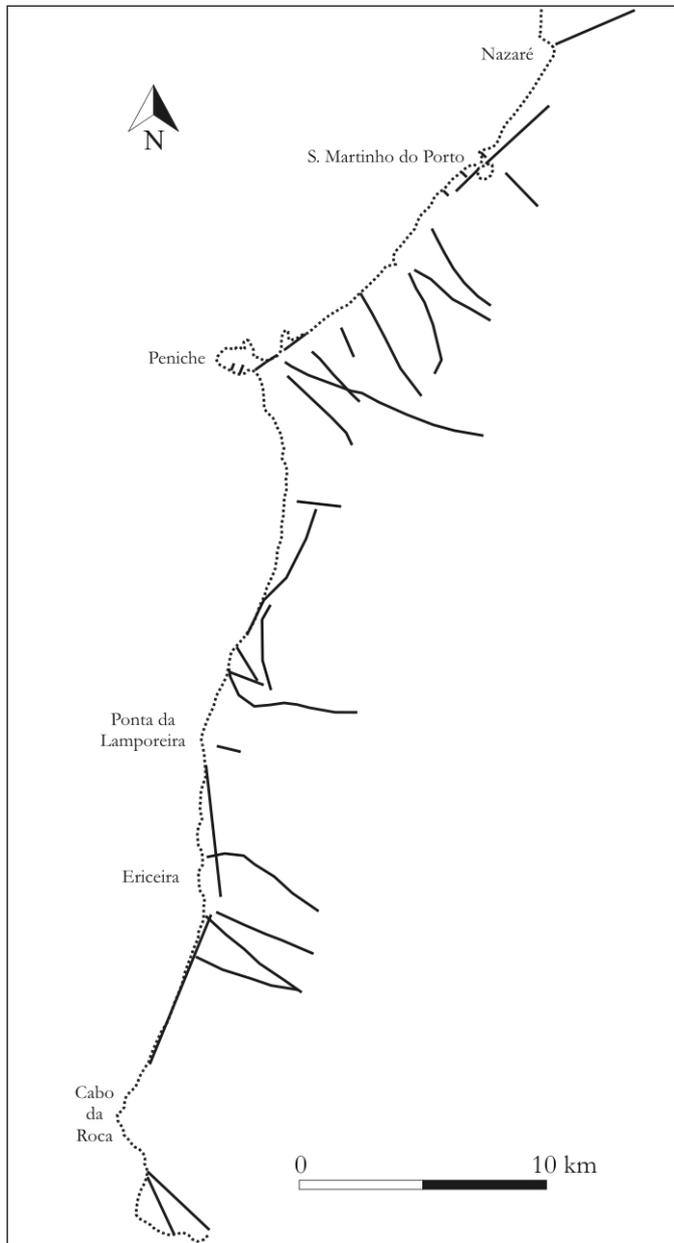


Fig. 1.1 – Famílias de falhas (linhas a cheio) da faixa litoral da Estremadura N (linha a tracejado). Adaptado de Carta Geológica 1:500 000, Cartas Geológicas 1:50 000 da região, Carta Neotectónica 1:1 000 000 e KULLBERG e KULLBERG, 2000b)

1.2. OS DADOS CLIMÁTICOS

No litoral da Estremadura, existem unicamente duas Estações Climatológicas com registos suficientemente longos para poderem ser utilizadas como base de avaliação das características climáticas da faixa costeira analisada nesta dissertação (Quadro 1.1).

Quadro 1.1 – Localização das estações Climatológicas do Cabo da Roca e do Cabo Carvoeiro

| Estação | Latitude | Longitude | Altitude (m) | Distância ao mar (km) |
|----------------|-----------|-----------|--------------|-----------------------|
| Cabo da Roca | 38° 44' N | 09° 30' W | 142 | <0,1 |
| Cabo Carvoeiro | 39° 21' N | 09° 24' W | 32 | <0,1 |

Embora todos os parâmetros climáticos sejam importantes para caracterizar o tipo de clima de uma dada região, optou-se por salientar unicamente aqueles que mais directamente podem condicionar os principais processos de evolução dos litorais rochosos na costa Oeste portuguesa – o vento, o nevoeiro, a temperatura e a precipitação.

No que respeita à temperatura, segundo PIRES e SILVA (2003), as escalas de variação espacial deste parâmetro são reduzidas, podendo, deste modo, aquelas Estações funcionar como indicadores das variações térmicas anuais ao longo da faixa litoral da Estremadura N. Embora tanto o vento como o nevoeiro constituam parâmetros climáticos variáveis localmente, em função sobretudo das características morfológicas e de orientação da linha de costa, considerou-se que os registos obtidos nas duas Estações Climatológicas (em razão da sua localização), complementados por trabalhos dedicados a este tema, seriam suficientes para caracterizar as situações médias do conjunto da área estudada. Finalmente, quanto à precipitação, dada a sua grande variabilidade espacial, utilizaram-se preferencialmente outras fontes, servindo os registos obtidos nas Estações do Cabo da Roca e do Cabo Carvoeiro para ilustrar a distribuição ao longo do ano deste parâmetros climático e para quantificar os episódios de precipitação diária mais elevados.

Pretendia-se utilizar, como base de trabalho, as Normais Climatológicas mais recentes. No entanto, as Normais de 1961-1990 não se encontram acessíveis e, quer as Normais de 1951-80, quer as de 1941-70, encontram-se eivadas de lacunas e de períodos de observação não coincidentes entre os vários parâmetros, o que impedia uma utilização comparativa dos

dados. Optou-se, então, por utilizar as projectas Normais de 1931-60, como aquelas que possuíam dados mais consistentes para a caracterização do clima da Estremadura N.

1.2.1. O vento

O conhecimento dos parâmetros que caracterizam o vento, nomeadamente a velocidade e o rumo, é fundamental para compreender a dinâmica geomorfológica litoral. Nesse sentido, a acção do vento é essencial na geração da ondulação (quer de largo, quer local), influenciando as correntes superficiais junto ao litoral, com consequências para os movimentos verticais das águas do mar, tema a ser abordado mais à frente; detém igualmente um papel directo no transporte de sedimentos finos (e, logo, na génese ou na degradação do subsistema dunar) e ainda na extensão da área emersa afectada pela salugem. No caso particular dos litorais rochosos, esta área afectada pelo transporte e deposição das partículas de água salgada, resultantes da rebentação das ondas, pode, por isso, ser sujeita a alguns processos de meteorização anteriormente descritos. Assim, a predominância de fluxos de ar marítimos ou continentais é determinante para o tipo de clima que se vai fazer sentir na faixa litoral, e para o conjunto de processos que dele possam estar dependentes.

Entre as duas Estações Climatológicas utilizadas para análise das características climáticas da Estremadura N existem algumas diferenças quanto aos resultados obtidos para o parâmetro vento. Daí a opção por uma caracterização individual das Estações.

Na Estação do Cabo da Roca, o vento sopra com maior frequência dos rumos N e NW, com um total de 55,8% das observações (Fig. 1.2). O rumo NW é preponderante durante os meses de Novembro a Maio, salientando-se de Junho a Outubro o vento Norte. Para além disso, salienta-se em particular o mês de Julho, em que o vento proveniente destes dois rumos obtém 84,4% do total de observações efectuadas neste mês (Fig. 1.3).

O agrupamento das frequências por estações do ano (Fig. 1.4) permite observar que, apesar da predominância dos rumos N e NW se manter ao longo de todo o ano, será no Inverno que se verifica uma maior dispersão do vento pelos vários rumos. Destaque-se que é nesta estação do ano que ocorre a maior percentagem de situações de calma, por oposição ao Verão, onde dias sem vento são menos frequentes.

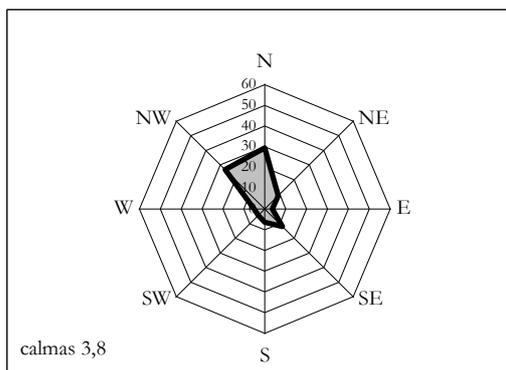


Fig. 1.2 - Percentagem de observações anuais dos vários rumos do vento na Estação Climatológica do Cabo da Roca. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

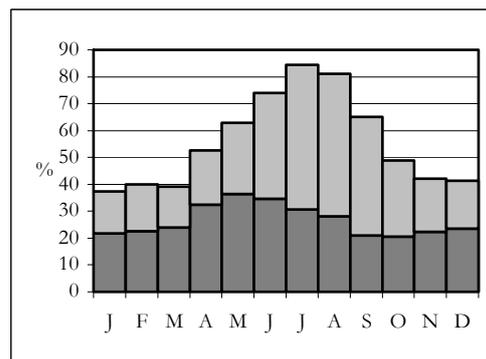


Fig. 1.3 - Percentagem de observações anuais dos rumos do vento N+NW, na Estação Climatológica do Cabo da Roca. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

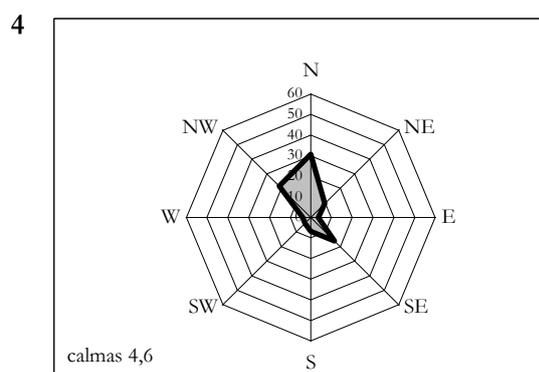
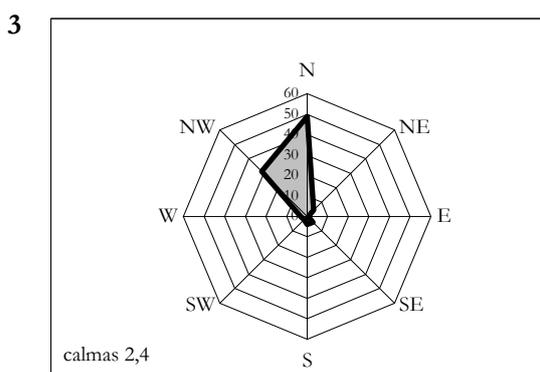
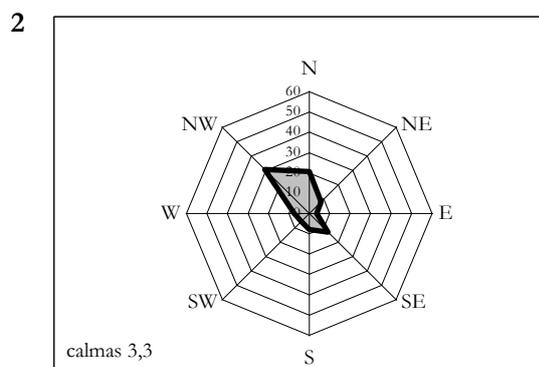
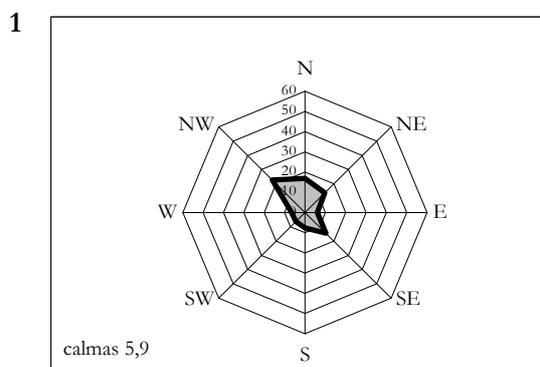


Fig. 1.4 - Percentagem de observações dos vários rumos do vento na Estação Climatológica do Cabo da Roca, por Estação do ano. 1-Inverno; 2-Primavera; 3-Verão; 4-Outono. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

Na Estação Climatológica do Cabo da Roca, o vento detém uma velocidade média anual de 14,1km/h, sendo inferior a 13km/h entre Junho e Setembro e atingindo 17,5km/hora no mês de Janeiro. Curiosamente, apesar de nos meses de Junho a Setembro, em que a

velocidade é menor, predominar vento proveniente de Norte, não é o vento deste rumo a baixar a média, pois é precisamente nestes meses que o vento Norte sopra com mais força (Fig. 1.5).

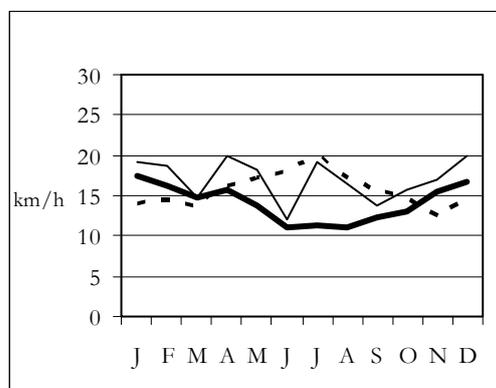


Fig. 1.5 - Velocidade média do vento (km/h) ao longo do ano, na Estação Climatológica do Cabo da Roca. Todos os rumos (Linha espessa). Rumos principais: NW (linha fina); Norte (linha tracejada). Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

Para além de mais frequentes, também os ventos NW e N são os que alcançam velocidades médias anuais mais elevadas, com 17,1 e 15,7 km/hora, respectivamente.

Na Estação Climatológica do Cabo Carvoeiro, o vento procedente do rumo Norte é claramente predominante, não só na média anual (Fig. 1.6), destacando-se dos demais com mais de 1/3 das observações (37,9%), como em todos os meses do ano. É, no entanto, nos meses de Verão que o vento Norte é mais preponderante, ultrapassando 50% do número de observações (Fig. 1.7). Este vento Norte que caracteriza ambas as Estações durante o Verão, afecta igualmente outras Estações localizadas no litoral (REIS e GONÇALVES, 1981) e é designado por *Nortada*.

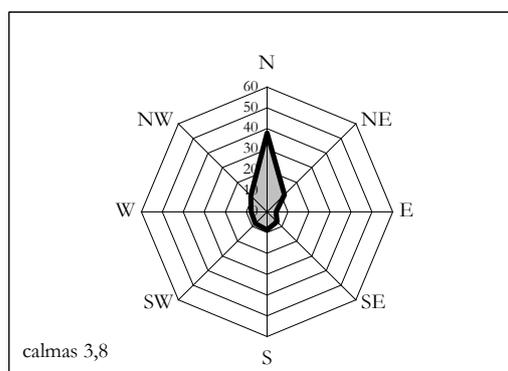


Fig. 1.6 - Percentagem de observações anuais dos vários rumos do vento na Estação Climatológica do Cabo Carvoeiro. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

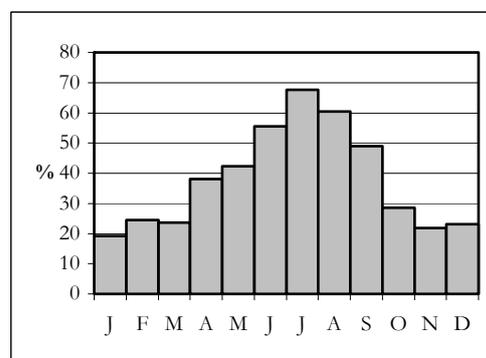


Fig. 1.7 - Percentagem de observações anuais do rumo do vento Norte, na Estação Climatológica do Cabo Carvoeiro. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

Na análise estacional (Fig. 1.8), assinala-se que o Inverno contrasta claramente com o Verão, apresentando o primeiro uma dispersão das observações pelos vários rumos, enquanto no Verão, como acabámos de analisar, ocorre uma concentração muito elevada no rumo Norte. Pelo contrário, as Estações da Primavera e do Outono apresentam características muito semelhantes, unicamente com a oposição dos rumos NW (com maior frequência na Primavera) e NE (com maior frequência no Outono).

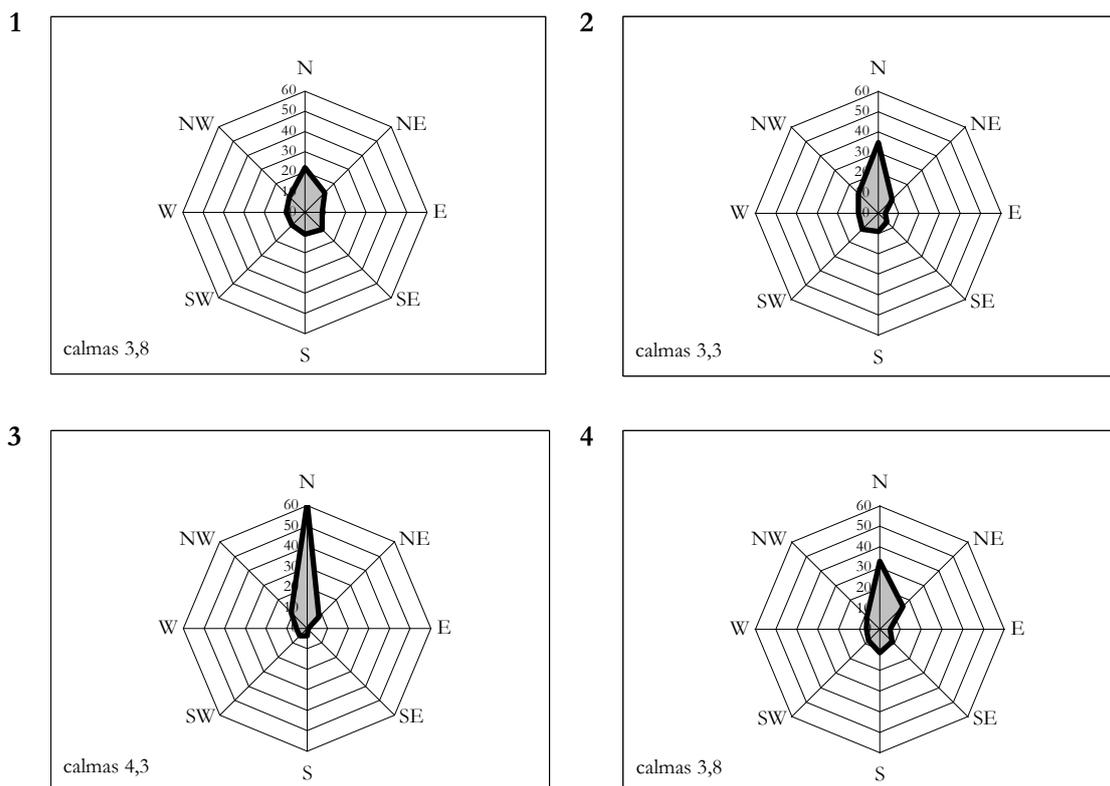


Fig. 1.8 - Percentagem de observações dos vários rumos do vento na Estação Climatológica do Cabo Carvoeiro, por Estação do ano. 1-Inverno; 2-Primavera; 3-Verão; 4-Outono. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

O vento na Estação Climatológica do Cabo Carvoeiro alcança uma velocidade média anual de 16,6km/h, sendo inferior a 15km/h nos meses de Junho a Setembro e ultrapassando 20 km/h em Janeiro e Dezembro (Fig. 1.9).

Quando o vento sopra de terra (*offshore*) – rumos NE, E e SE -, alcança as velocidades mais reduzidas. Pelo contrário, o rumo mais frequente registado na Estação – Norte – é também aquele que está associado aos valores mais elevados de velocidade (Fig. 1.9). Com uma média de 22,3km/h, bem acima da média da Estação, a velocidade do vento Norte só é batida em Fevereiro, Novembro e Dezembro pelos ventos provenientes de NW. Para além disso, os ventos provenientes do rumo Norte apresentam o valor médio mensal mais

elevado em Janeiro (27,6 km/h) e o mais baixo em Agosto (19,2 km/h), no que contrastam por completo com a Estação Climatológica do Cabo de S. Vicente, igualmente instalada num promontório, estudada em NEVES (1995).

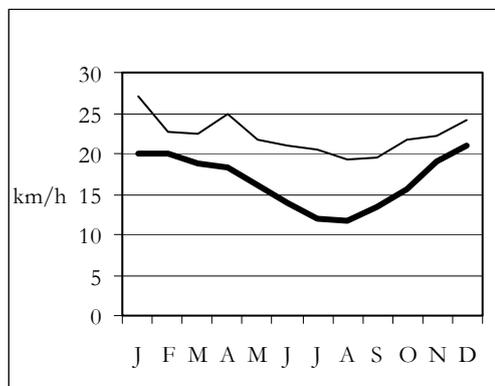


Fig. 1.9 - Velocidade média do vento (km/h) ao longo do ano, na Estação Climatológica do Cabo Carvoeiro. Todos os rumos (Linha espessa). Rumo principal-Norte (linha fina). Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

Para Sul do Cabo da Roca, a inexistência de Estações Climatológicas junto ao litoral foi contrabalançada por ALCOFORADO (1984) pelo estudo do grau de deformação da vegetação arbórea e arbustiva provocada pelo vento. Esta investigadora aponta para uma predominância de ventos do Quadrante Norte, no sector a Sul da Serra de Sintra, tendo os ventos deste quadrante tendência a acelerar na vertente a sotavento e sobre a plataforma de Cascais. Refere igualmente que, para esta aceleração, poderá contribuir a formação muito localizada e de curta duração de uma depressão provocada pelo contacto do ar com as areias quentes do sistema praia-duna do Guincho.

A generalização do conjunto de elementos descritos ao conjunto do litoral da Estremadura N, permite apontar para uma predominância de fluxos com um percurso essencial ou totalmente marítimo.

1.2.2. O nevoeiro

O nevoeiro pode igualmente ter uma influência marcante na dinâmica do litoral, não só porque, humidificando a superfície, dificulta a mobilização dos elementos finos, como também porque pode parcialmente substituir a chuva no fornecimento de água às plantas. No caso dos litorais rochosos, pode favorecer o transporte para o interior de gotículas de água salgada que se vão depositar sobre a rocha, influenciando a sua evolução por processos de meteorização que envolvem o sal. Para além disso, ao promover a hidratação

superficial das rochas, em particular as argiláceas, favorece a sua evolução por hidratação-dessecação.

A distribuição anual dos dias com nevoeiro nas Estações do Cabo da Roca e Cabo Carvoeiro aponta para uma frequência superior nos meses de Junho a Setembro (Fig. 1.10). Dos 58 dias que, em média anual, registam nevoeiro no Cabo da Roca, 51,7% ocorrem nestes meses. No Cabo Carvoeiro, verificam-se menos dias de nevoeiro por ano (média de 29), mas a concentração nos mesmos meses ainda é superior (58,6%).

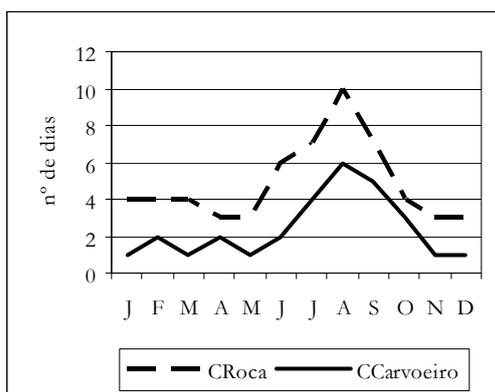


Fig. 1.10 – Número média mensal de dias com nevoeiro nas Estações Climatológicas do Cabo da Roca e do Cabo Carvoeiro. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

De acordo com DAVEAU *e col.* (1985), toda a faixa costeira entre a Nazaré e o Cabo da Roca se encontra sujeita, com elevada frequência, a *nevoeiros de advecção litoral*, que esta investigadora define como um fenómeno que ocorre fundamentalmente nos meses quentes do ano e que resulta da condensação da humidade atmosférica em contacto com as águas frescas do mar. Ao contrário do nevoeiro formado nas áreas deprimidas do interior, nas noites frias e sem vento de Inverno, o *nevoeiro de advecção litoral* tem movimento. Embora nunca esteja associado a ventos fortes, a penetração no litoral pode ocorrer muito rapidamente (Fig. 1.11).



Fig. 1.11- Nevoeiro de advecção invadindo o litoral da Estremadura. Fotos de 29/05/01

1.2.3. A temperatura

A temperatura é um factor que favorece a ocorrência de alguns dos processos biológicos e de meteorização que condicionam a evolução actual dos litorais rochosos. As temperaturas mais elevadas contribuem para o aumento da evaporação da água da superfície rochosa, favorecendo a contracção e conseqüente fragmentação das argilas que possam eventualmente fazer parte do substrato, e promovendo a acção físico-química do sal conducente à desagregação da rocha. Pelo contrário, em sectores litorais atingidos anualmente por temperaturas que oscilem à volta de 0°C, é favorecida a ocorrência de ciclos repetidos de gelo-degelo que conduzem ao alargamento de fissuras e à fragmentação da superfície rochosa. Condiciona ainda o conjunto das biocenoses e a sua distribuição nos litorais rochosos, influenciando indirectamente as faixas de actuação dos seres vivos sobre a superfície rochosa.

De acordo com REIS e GONÇALVES (1981), a temperatura média anual oscila entre 15° a 16° em toda a faixa litoral da Nazaré até à vertente Norte da Serra de Sintra, fixando-se em 14°/15° junto ao Cabo da Roca e subindo progressivamente, à medida que se desce a vertente Sul da Serra de Sintra, para se situar entre 17° e 18° no troço costeiro, entre o Cabo Raso e Cascais, exposto a SW.

As temperaturas registadas no período 1931-60 nas Estações Climatológicas do Cabo da Roca e do Cabo Carvoeiro, particularmente as temperaturas máximas mínimas e médias mensais, apresentam valores muito semelhantes (Fig. 1.12 e Quadro 1.2). As diferenças, inferiores a 0,5°C, estarão sobretudo relacionadas com a maior altitude a que se encontra a Estação do Cabo da Roca.

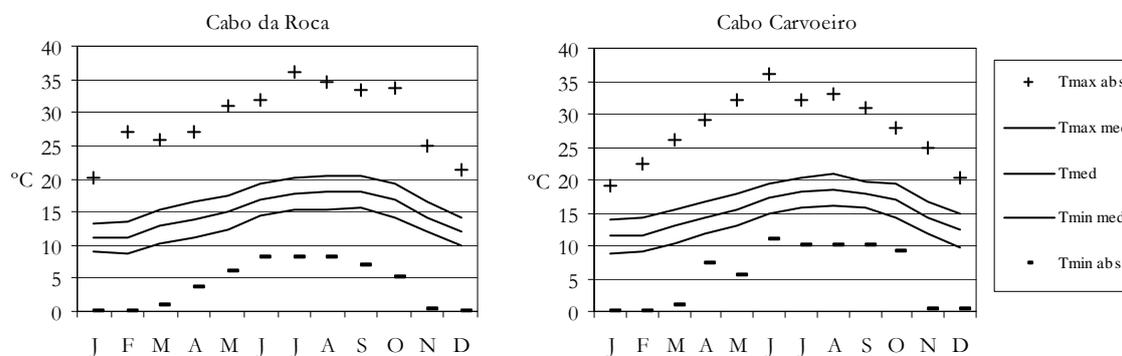


Fig. 1.12 – Temperaturas mensais médias (Tmed), máximas médias (Tmax med), mínimas médias (Tmin med), máximas bsolutas (Tmax abs) e mínimas absolutas no período 1931-60 nas Estações Climatológicas do Cabo da Roca e do Cabo Carvoeiro. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

A amplitude térmica anual é bastante reduzida, como é de esperar de duas Estações localizadas em promontórios litorais, influenciados a maior parte do ano, como acabámos de analisar, por fluxos com trajecto essencialmente marítimo e com as temperaturas dos meses mais quentes suavizadas frequentemente pela ocorrência de nevoeiros de advecção litoral.

Quadro 1.2 – Temperaturas nos Cabos da Roca e Carvoeiro, no período 1931-60.

| Temperatura | Cabo da Roca | Cabo Carvoeiro |
|--------------------|--------------|----------------|
| máxima média anual | 17,2 | 17,5 |
| média anual | 14,8 | 15,0 |
| mínima média anual | 12,3 | 12,6 |
| amplitude anual | 7,3 | 6,9 |

As temperaturas mais elevadas registadas em ambas as Estações não ultrapassam os 36°C¹, fixando-se o mínimo absoluto nos 0°C. Abrangendo um número de anos mais alargado e a Estação Climatológica das Azenhas do Mar, que teve um funcionamento efémero entre 1951 e 1967, salienta-se melhor o reduzido número de dias com registos de temperaturas mínimas negativas (Quadro 1.3). Sublinhe-se que estas temperaturas nunca desceram abaixo de -1,7°C, tendo sido registadas nos meses de Janeiro, Fevereiro e Dezembro. Ou seja, podem ocorrer temperaturas negativas ao longo do litoral da Estremadura N, embora estas situações sejam muito raras.

Quadro 1.3 – N° de dias com temperaturas negativas nas Estações Climatológicas do Cabo da Roca, Azenhas do Mar e Cabo Carvoeiro.

| Estações Climatológicas | Período consultado | N° de anos de registos | N° de dias T<0°C |
|-------------------------|--------------------|------------------------|------------------|
| Cabo da Roca | 1931-77 | 47 | 2 |
| Azenhas do Mar | 1951-67 | 17 | 8 |
| Cabo Carvoeiro | 1931-80 | 50 | 0 |

DAVEAU *e col.* (1985), na sua cartografia dos Contrastes Térmicos de Portugal Continental, classificaram toda a faixa litoral a Norte do Cabo da Roca como possuindo um Verão fresco, com a temperatura máxima média do mês mais quente inferior a 23°C, e

¹ Entretanto, no Verão de 2003, mais concretamente entre os dias 1 e 3 de Agosto, segundo DCAA (2003), na faixa litoral da Estremadura N, a temperatura máxima terá ultrapassado 40°.

menos de 20 dias por ano com temperatura máxima superior a 25°C. A vertente sul da Serra de Sintra e a plataforma de Cascais têm um Verão moderado a quente, com a temperatura máxima do mês mais quente entre 23°C e 32°C, e 20 a 120 dias com temperatura máxima superior a 25°C. Por seu lado, no Inverno, a situação é mais simples porque toda a faixa costeira da Estremadura N possui o mesmo tipo de tempo. Este caracteriza-se como ténido, com a temperatura mínima média do mês mais frio superior a 6°C, e menos de 2 dias por ano com temperatura mínima absoluta inferior a 0°C.

1.2.4. A precipitação

A precipitação é um factor fundamental no desencadeamento de alguns processos de evolução de vertentes, das quais as arribas também são parte integrante, como os processos ligados à erosão hídrica e movimentos de vertente como os desabamentos ou os deslizamentos. Mais uma vez também condiciona a evolução das vertentes talhadas em materiais argilosos, contribuindo para a sua hidratação. Finalmente, determina o tipo de coberto vegetal, bem como a área ocupada, cobertura essa que se poderá revelar essencial na estabilização da vertente.

No que respeita à precipitação, o litoral da Estremadura N não difere do conjunto do território de Portugal Continental, que é marcado por uma grande irregularidade inter-anual e intra-anual (DAVEAU, 1988a), servindo, deste modo, os valores médios como simples indicadores comparativos.

DAVEAU *et al.* (1977), no fundamental trabalho sobre a distribuição e o ritmo da precipitação no território de Portugal Continental, baseada nas Normais das Estações e Postos Udométricos com registos ao longo do período 1931-60, indica para o litoral da Estremadura valores de precipitação anual média que oscilam entre 300 e 900mm (Fig. 1.13).

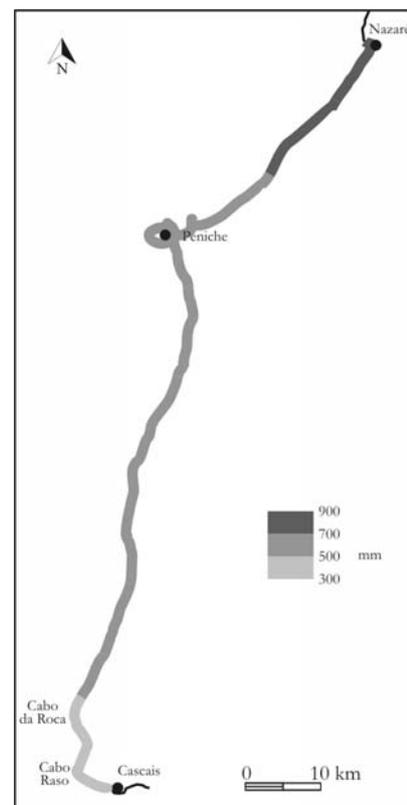


Fig. 1.13 - Precipitação anual média (em mm) na faixa litoral da Estremadura N. Adaptado de DAVEAU *et al.* (1977)

De Cascais ao Cabo da Roca, registam-se valores de precipitação anual entre 400 e 500 mm, com excepção de um troço de menos de 5 km, junto ao Cabo Raso, onde a chuva tombada por ano é inferior a 400 mm. Para Norte do Cabo da Roca, até cerca de 10 km a NE de Peniche, os valores vão oscilando entre 500 e 700mm, para no troço final até à Nazaré se assistir a uma subida relativamente brusca até aos 900mm. Segundo os autores, os referidos valores de precipitação distribuem-se entre menos de 80 a 100 dias no litoral a sul da serra de Sintra e entre 100 a 110 dias, do Cabo da Roca até à Nazaré.

A precipitação reparte-se ao longo do ano de modo relativamente idêntico nas duas estações (Fig. 1.14), com valores inferiores a 15mm nos meses de Junho a Setembro, e ocorrendo uma maior concentração das chuvas de Novembro a Março.

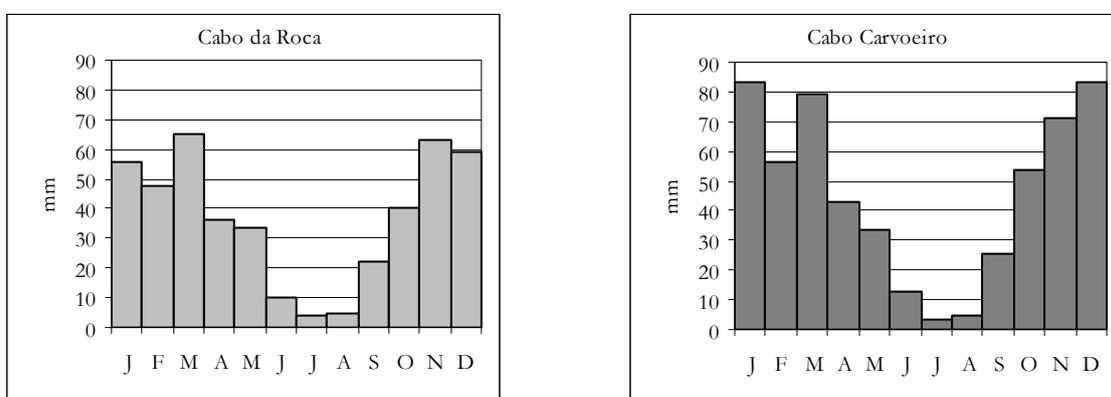


Fig. 1.14 – Total de precipitação mensal média no período 1931-60, nas Estações Climatológicas do Cabo da Roca e do Cabo Carvoeiro. Fonte: Normais Climatológicas de 1931-60, SMN, 1965

Este último mês constitui aliás um mês bastante chuvoso em ambas as Estações (constituindo mesmo o pico principal no Cabo da Roca), interrompendo uma tendência descendente entre Novembro e Julho, no Cabo Raso, e entre Dezembro e Julho, no Cabo Carvoeiro.

No entanto, o que caracteriza fundamentalmente o regime da precipitação nesta região é a possibilidade da ocorrência de chuvadas muito intensas e concentradas, podendo tombar num dia valores superiores à média do respectivo mês. GODINHO (1984) e ZÉZERE (1997, 2001) descrevem alguns exemplos deste tipo de situações, para a Estação Climatológica de S. Julião do Tojal, localizada na Região a Norte de Lisboa:

- 111 mm em 5 horas – dia 25/11/67
- 160,7 mm em 12 horas – dia 19/11/83

Nas Estações Climatológicas do Cabo da Roca e do Cabo Carvoeiro não se registaram valores desta ordem de grandeza. No período compreendido entre 1931 e 1980, no Cabo da Roca, o valor de precipitação máxima diária foi de 80,6 mm, tendo ocorrido em 26 de Novembro de 1967, enquanto no Cabo Carvoeiro, o valor mais elevado foi alcançado em 10 de Fevereiro de 1979, com 74 mm.

GODINHO (1989), baseado nos dados horários de 31 Estações Climatológicas dispersas pelo território de Portugal Continental, determinou, para o conjunto do país, a probabilidade de ocorrência de valores máximos de precipitação numa hora, com um período de retorno de 100 anos. Para o litoral da Estremadura N, estes valores seriam correspondentes a 40 a 55% dos valores de 24 horas, avaliação relativamente elevada em comparação com as obtidas para o resto do país e que equivale, segundo trabalho mais recente que aborda o mesmo tema (BRANDÃO *et al.*, 2001), a valores entre 39 e 51mm/hora.

Como exemplo, ocorreram episódios de precipitação desta ordem de grandeza, ao alvorecer do dia 31 de Agosto de 2003, nas Estações Climatológicas do Cabo da Roca e de Alcobaça, onde se registaram numa hora, respectivamente, valores de 30 e 34 mm (Fonte: Instituto de Meteorologia/Público de 01/09/03).

1.3. A ESPECIFICIDADE HIDROLÓGICA

1.3.1. A hidrologia continental

Uma parte muito significativa dos sedimentos que se encontram acumulados ao longo da faixa costeira e que constitui a base, por exemplo, dos sistemas praia-duna, resultou de transporte por parte dos cursos de água que desaguam no litoral. DIAS (2004) estima que, a nível mundial, o escoamento superficial seja responsável pelo transporte de 86% do total de sedimentos transferidos do continente para o oceano. Nesse sentido, a determinação das características hidrológicas dos organismos fluviais que drenam as suas águas para o mar é essencial para a avaliação da capacidade de abastecimento de depósitos ao litoral.

Os rios portugueses dependem quase exclusivamente da precipitação. Tanto RIBEIRO (1988), como DAVEAU (1988b), como ainda RAMOS (1996b), referem que os cursos de água que desaguam na costa portuguesa apresentam um regime claramente pluvial, com caudal

muito irregular inter e intra-anualmente, dependente “do ritmo variável da precipitação, precoce ou tardia, muito concentrada ou melhor repartida no tempo” (DAVEAU, *op. cit.*, p. 490), marcados por fases de estiagem por vezes prolongada e pela possibilidade de ocorrência de cheias rápidas.

Entre os cursos de água que drenam as águas da chuva para a faixa litoral da Estremadura N, não se encontra nenhum dos principais rios portugueses. Talvez por isso, ou como refere DAVEAU (*op. cit.*), pelo seu reduzido interesse económico, os estudos sobre as bacias da região costeira da Estremadura são ainda muito escassos.

Toda esta área se encontra separada da bacia do rio Tejo, de Sul para Norte, pela ligação entre a Serra de Sintra, as colinas da Carregueira, da Malveira e de Torres Vedras e o alinhamento das Serras de Candeeiros e de Montejunto, não sendo tão nítida a fronteira com a bacia do Rio Lis, que fecha esta área a Norte. Existem 21 cursos de água principais, identificados pela DGRAH (1981) e agrupados sob a designação de Ribeiras do Oeste, que drenam uma área total de 2169 km² (Fig. 1.15 e Quadro 1.4).

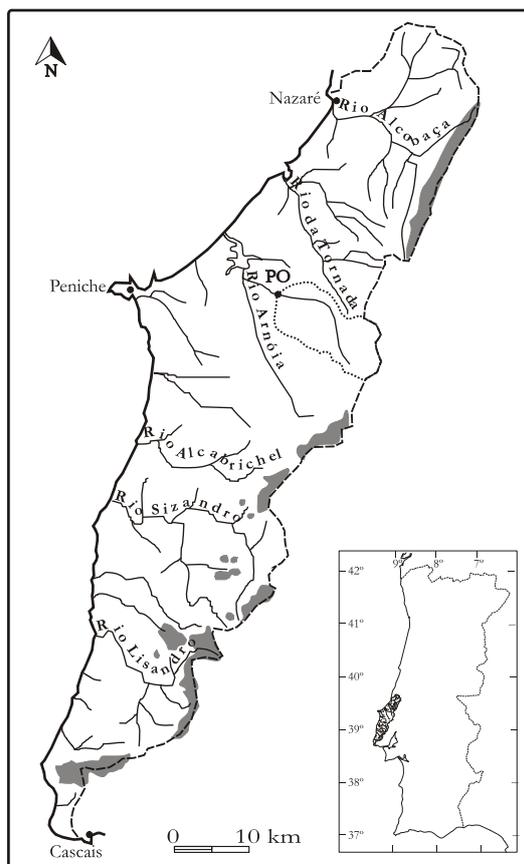


Fig. 1.15 – Rede e área de drenagem da Estremadura N. As manchas cinzentas indicam os sectores com altitude superior a 250 metros. O traçado fino indica o limite da bacia do rio Arnóia, respeitantes à Estação Hidrométrica de Ponte de Óbidos (PO).

Quadro 1.4 - Características gerais dos cursos de água que têm a foz no litoral da Estremadura N entre Cascais e a Nazaré

| Curso de água principal | Foz | Área da bacia hidrográfica (km ²) | Comprimento do curso de água principal (km) |
|-----------------------------------|---------------------------|---|---|
| Ribeira da Foz do Guincho | Praia do Guincho | 11,4 | 6,4 |
| Ribeira de Maceira | Praia da Adraga | 4,6 | 4,0 |
| Ribeira de Colares | Praia das Maças | 50,2 | 14,7 |
| Ribeira de Cameijo | Azenhas do Mar | 4,9 | 4,5 |
| Ribeira da Mata | Magoito | 10,0 | 5,2 |
| Ribeira da Samarra | Praia da Samarra | 19,4 | 6,6 |
| Ribeira do Falcão | Praia da Foz do Falcão | 13,3 | 8,0 |
| Rio Lisandro | Praia do Lisandro | 166,5 | 30,0 |
| Ribeira da Fonte Boa | Praia do Matadouro | 3,6 | 3,5 |
| Rio do Cuco | Praia da Ribeira de Ilhas | 30,5 | 12,6 |
| Rio Safarujo | Praia de S. Lourenço | 58,4 | 24,5 |
| Rio Sizandro | Praia Azul | 336,6 | 41,8 |
| Ribeira do Sorraia | Praia de S. Rita Sul | 8,3 | 4,0 |
| Rio Alcabrichel | Praia de Porto Novo | 149,5 | 31,0 |
| Rio Grande (Rio Toxofal) | Areia Branca | 90,5 | 17,0 |
| Rio de S. Domingos | Praia dos Tubos | 72,0 | 17,0 |
| Rio das Azenhas | Praia de Ferrel | 4,7 | 4,0 |
| Ribeira do Vale Bem Feito | Praia de Vale de Janelas | 17,3 | 7,3 |
| Rio Arnóia (Rio da Cal, Rio Real) | Lagoa de Óbidos | 457,6 | 36,9 |
| Rio da Tornada | S. Martinho do Porto | 247,1 | 24,0 |
| Rio Alcobaça | Nazaré | 412,5 | 31,3 |

Fonte: Índice Hidrográfico e Classificação Decimal dos cursos de água de Portugal, 1981, DGRAH, Lisboa

O curso de água mais extenso é o rio Sizandro, com 48 km e foz na Praia Azul, sendo, no entanto, o rio Arnóia, que desagua na Lagoa de Óbidos, aquele que detém a maior bacia hidrográfica (457,6 km²). Como termo de comparação, indique-se que esta bacia tem uma superfície cerca de 17 vezes inferior à do rio totalmente português com maior área drenada, o rio Sado.

Para além disso, de acordo com DRAOT-LVT (2002), a ocupação do solo é predominantemente agrícola, com 68,5% do território, representando as áreas florestais 21,9%.

Do reduzido conjunto de Estações Hidrométricas – 4 - existentes nas bacias dos cursos de água da região estudada, com dados consultáveis no Sistema Nacional de Recursos Hídricos do Instituto da Água (SNIRH-INAG), dado que três estão localizadas na mesma

Bacia (Rio Arnóia) e a quarta registou inúmeras falhas, optou-se por utilizar os dados da Estação com maior número de registos e ultrapassáveis falhas² - a Estação Hidrométrica de Ponte de Óbidos (Fig. 1.15 e Quadro 1.5) - e daí tentar retirar algumas indicações quanto ao comportamento dos cursos de água desta região. A reduzida dimensão da série, apesar de tudo, não aconselharia o seu tratamento estatístico. No entanto, a decorrente ausência de informação associada a esta opção, determinou que se procedesse ao cálculo de alguns dos parâmetros que caracterizam hidrológicamente os cursos de água (Quadro 1.6), chamando desde já a atenção, para a margem de incerteza das conclusões alcançadas.

Quadro 1.5 - Localização e área drenada da Estação Hidrométrica da Ponte de Óbidos

| Latitude | Longitude | Rio | Área drenada (km ²) | Período de registos |
|-------------|------------|--------|---------------------------------|---------------------|
| 39° 21' 50" | 9° 09' 10" | Arnóia | 112 | 1982/83 a 1988/89 |

O valor de caudal específico não difere significativamente dos valores obtidos por Daveau (1987), na região centro-sul de Portugal, para os afluentes do Tejo não influenciados por barragens ou retenção cársica. Pelo contrário, a relação entre os anos com maior e menor escoamento (Relação max/min) não expressa um valor aproximado ao obtido nas Estações utilizadas por Daveau (*op. cit.*), o que permite deduzir que os extremos de escoamento anual não terão sido atingidos nos anos em análise (Fig. 1.16-1). Note-se, apesar de tudo, o elevado caudal instantâneo máximo (CI_{max}), mesmo quando comparado com o valor de caudal mensal mais elevado que foi registado no período em análise.

Quadro 1.6 – Parâmetros hidrológicos do Rio Arnóia, na Estação Hidrométrica da Ponte Óbidos, referente ao período entre 1982/83 e 1988/89. H-altura; C-caudal.

| Escoamento anual | | | | | | Caudal | | | | | | | |
|--------------------------|-------|------------------|------------------|-------|-----|----------------------------|-------|------------------|---------------------------------|-------|-------------------|----------|-----------------------------------|
| total (hm ³) | | | | | | mensal (m ³ /s) | | | instantâneo (m ³ /s) | | | | específico (l/s/km ²) |
| máximo | médio | mínimo | Relação max/min | | | máximo | médio | mínimo | | | | | |
| H _{max} | Data | H _{med} | H _{min} | Data | | C _{max} | Data | C _{med} | C _{min} | Data | CI _{max} | Data | |
| 52,7 | 84/85 | 23,8 | 6,6 | 82/83 | 8,3 | 3,3 | 01/86 | 0,75 | 0,04 | 09/89 | 34,6 | 25/02/87 | 6,7 |

² A única falha ocorreu no início de 1985, em que não foram efectuadas medições, indicando o valor de Março o total do escoamento de 4 meses; para ultrapassar esta deficiência, distribuiu-se o valor total pelos 4 meses, em função da média de escoamento de cada mês

A distribuição do escoamento líquido ao longo do ano (Fig. 1.16-2) aponta para a ocorrência de dois picos mensais máximos: o principal que ocorre em Janeiro, com 4,1 hm³; e o segundo, em Abril, com 2,8 hm³. De realçar que a descida abrupta dos valores de escoamento, em Fevereiro, coincide com idêntica descida dos valores de precipitação, salientada aquando da análise das duas Estações Climatológicas da Estremadura estudadas.

Destaca-se igualmente que os meses que registaram o maior escoamento mensal (8,8 hm³, em Janeiro de 1986 e 8,2 hm³, em Abril de 1985) ultrapassaram o escoamento anual mínimo (Quadro 1.5).

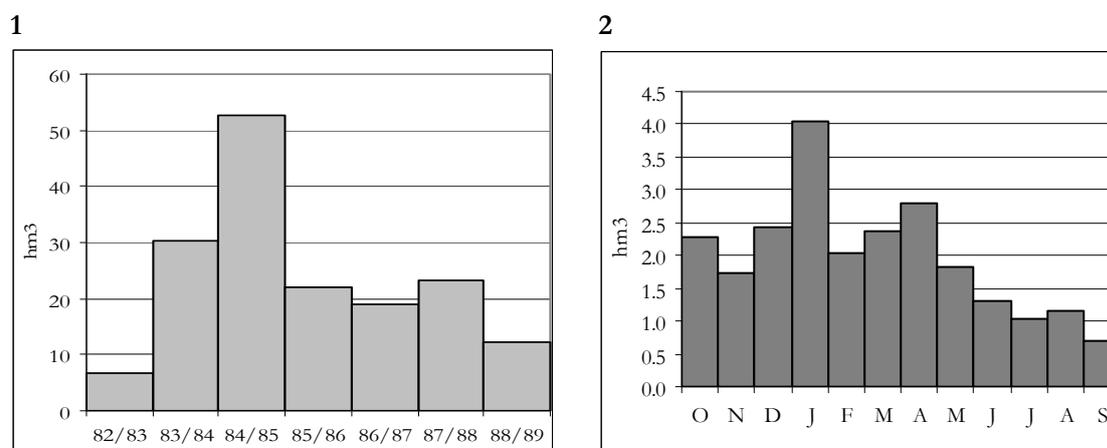


Fig. 1.16 – Parâmetros hidrológicos relativos aos registos da Estação Hidrométrica da Ponte de Óbidos, entre 1982/83 e 1988/89. **1** – Escoamento anual; **2** – Escoamento médio mensal

Comparando os dados de escoamento com os dados de precipitação³ da Estação meteorológica de referência utilizada nesta dissertação – Alfeizerão –, regista-se que há uma coincidência total relativamente aos três anos mais secos (Fig. 1.17). No entanto, o mesmo não acontece com os anos mais pluviosos. Se os segundo e terceiro anos com maiores registos de precipitação (respectivamente, 1984/85 e 1983/84) se enquadram com valores mais elevados de escoamento, o ano mais pluvioso da série (1987/88) corresponde a um valor de escoamento inferior a 50% do registado em 1984/85. Este caso particular permite ilustrar a importância que a distribuição da precipitação ao longo do ano detém nos valores de escoamento registados. Na realidade, cerca de ¼ da precipitação anual registada em 1987/88 tombou no mês de Outubro (241,5 mm), depois de uma Primavera e Verão muito

³ Dado que os anos climatológicos e hidrológicos apresentam datas de início diferentes (Setembro para o primeiro e Outubro para o segundo), optou-se por alterar, neste caso particular, o início do ano climatológico para Outubro de forma a permitir uma comparação de datas coincidentes

secos. A esgotada reserva de água útil do solo e a temperatura ainda relativamente elevada não permitiram que o escoamento nesse mês atingisse valores mais elevados, disso se ressentindo o total anual.

A reduzida área das bacias hidrográficas propicia uma resposta imediata a situações de precipitação intensa e concentrada., podendo favorecer, nalguns locais, a ocorrência de cheias rápidas. Não se encontraram registos de cheias catastróficas, tendo as únicas referências a cheias significativas na região sido obtidas no Jornal *Diário de Notícias*, informando que, em 12 de Março de 1954, se teriam registado as maiores cheias em Alcobaça dos últimos 60 anos - DN, 13/03/54 -(não fazendo referência nem a vítimas, nem a situações de elevado prejuízo pressupõe-se que, nem umas nem outras terão ocorrido) e fornecidas por Ana Ramos Pereira (informação oral), referindo que, em 1984, foi destruído um café que ocupava o leito de cheia da Ribeira da Mata.

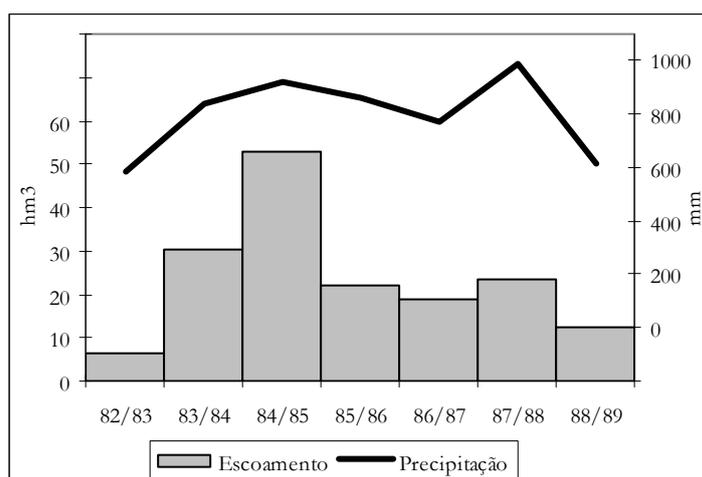


Fig. 1.17 – Comparação entre os valores de precipitação em Alfeizerão e os registos de escoamento em Ponte de Óbidos entre os anos de 1982/83 e 1988/89

Finalmente, não se conhece qualquer estudo sustentado que aponte o volume de sedimentos transportados pelas Ribeiras do Oeste, nem existem actualmente Estações de monitorização sedimentológica na rede do SNIRH-INAG. Apesar desta lacuna, é possível constatar que, na sequência de episódios de chuvas intensas e concentradas, se formam por vezes enxurradas que transportam volume considerável de sedimentos finos (argilas e siltes). Este material em suspensão, quando atinge o oceano, turva as águas do mar, formando plumas túrbidas que se podem estender ao longo de uma faixa de algumas centenas de metros (Fig. 1.18).

No entanto, situações deste tipo são pontuais, de curta duração e constituem a excepção relativamente aos períodos mais longos que caracterizam as Ribeiras do Oeste, em que o acarreo de sedimentos é mínimo.

Este abastecimento de sedimentos transportados através dos principais organismos fluviais não será, contudo, uniforme ao longo do litoral da Estremadura N, se tivermos em conta a dimensão das diferentes bacias hidrográficas. Um dado muito interessante advém da relação - área drenada por cada quilómetro de linha de costa (km^2/km), igualmente utilizado por PEREIRA (1992b) para caracterizar o conjunto do litoral português. Tomando a península de Peniche como elemento separador (Fig. 1.15), enquanto a faixa litoral Nazaré-Peniche apresenta $20,9 \text{ km}^2/\text{km}$, o troço costeiro entre Peniche e Cascais detém praticamente metade, $10,9 \text{ km}^2/\text{km}$, com a particularidade de o sector entre a foz do rio Lisandro e Cascais atingir somente $3,1 \text{ km}^2/\text{km}$. Ou seja, observa-se uma clara tendência para uma diminuição da área das bacias à medida que caminhamos para Sul, que (embora não sendo o único factor, pois num estudo mais aprofundado haveria que considerar as características do substrato, tipo de solo, uso do solo, coberto vegetal, entre outros) não deixará de se reflectir no volume de sedimentos fornecidos ao litoral.

1.3.2. A hidrologia marítima

Embora, como refira GOUDIE (1990, p. 351), “...the offshore zone enters the realm of the oceanographer...”, o conhecimento do comportamento dinâmico do mar na aproximação à faixa costeira é fundamental para a compreensão dos processos dependentes da sua acção que têm implicações na evolução actual do conjunto dos sistemas litorais.



Fig. 1.18 – Pluma túrbida frente à Areia Branca resultado do transporte de sedimentos finos pelo Rio Grande. Foto de 23 de Novembro de 2000.

Este comportamento dinâmico pode ser agrupado em dois conjuntos principais:

- movimentos horizontais e verticais de massas de água – incluindo a ondulação junto ao litoral, as correntes e o *upwelling*;
- variações cíclicas, episódicas e tendenciais do nível do mar - abrangendo as marés, as sobreelevações de origem meteorológica (*storm surge*) e a variação secular do nível do mar.

1.3.2.1. A ondulação

As ondas são um dos principais factores modeladores do litoral, quer pela acção directa que exercem sobre praias e arribas, promovendo processos erosivos e/ou de transporte e acumulação quer por acção indirecta, ao favorecer a ocorrência de processos de meteorização e ao condicionar o tipo e a distribuição de seres vivos que ocupam a faixa sujeita à sua acção.

Na Costa Oeste portuguesa, o conhecimento das características da ondulação baseou-se na recolha de séries de dados temporal e espacialmente reduzidas, dado que raramente foi possível levar a cabo estudos comparativos envolvendo simultaneamente vários ondógrafos espalhados por esta faixa litoral. A sua actual monitorização, embora aperfeiçoada, enferma ainda de problemas, dado que, apesar de os dados actualizados de vários parâmetros que caracterizam a ondulação se poderem consultar na Internet, só existem no litoral oeste duas Bóias Ondógrafos muito afastadas entre si, em Sines e em Leixões, apresentando, para além disso, frequentes hiatos devidos a avarias.

Em 1933, Herman Lautensach elaborou um quadro, publicado muito mais tarde (LAUTENSACH, 1987), baseado num ano de observações da direcção da ondulação realizadas pelos faroleiros, onde se destaca, relativamente ao Cabo Carvoeiro, uma clara predominância anual do rumo NW (Quadro 1.7). Entre os 4 meses salientados pelo autor, esta preponderância só é suplantada, em Maio, pelo rumo W (Fig. 1.19).

Quadro 1.7 – Percentagem de observações de origem da ondulação no Cabo Carvoeiro, no ano de 1928 (valores retirados de LAUTENSACH, 1987).

| | NNW | NW | WNW | W | WSW | SW | SSW |
|---------------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|
| % observações | 0,7 | 67,0 | 1,1 | 17,0 | 0,0 | 4,0 | 0,3 |

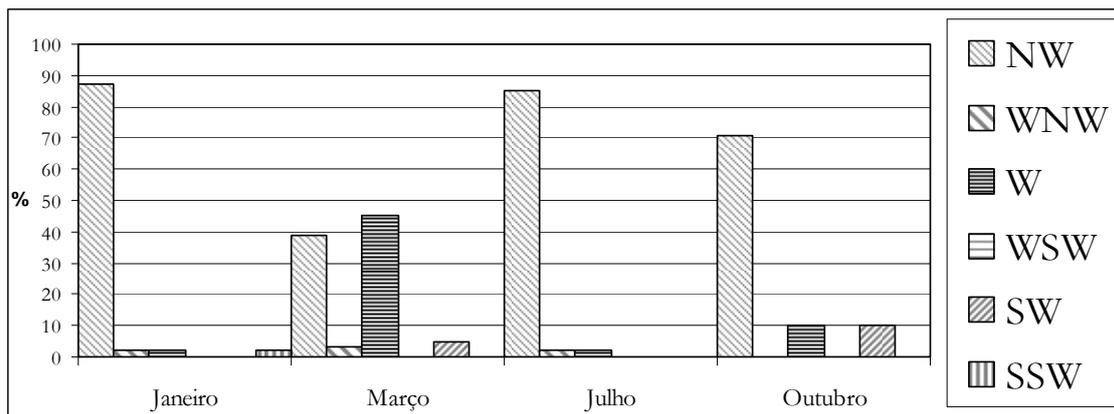


Fig. 1.19 - Percentagem de observações de origem da ondulação no Cabo Carvoeiro, em 4 meses do ano de 1928 (valores retirados de LAUTENSACH, 1987).

CARVALHO e BARCELÓ (1966) e mais tarde, Gomes *et al.* (1971), citados por DAVEAU (1987), trabalhando dados registados por um ondógrafo localizado frente à Figueira da Foz, apontam igualmente o rumo NW, como predominante na Costa Oeste portuguesa.

Quase vinte anos mais tarde, o Professor Henrique Oliveira Pires elabora um estudo fundamental na caracterização da ondulação que atinge o conjunto da orla marítima portuguesa (PIRES, 1989), onde refere que, no caso particular da costa oeste, esta se encontra exposta à ondulação de geração distante proveniente da vasta área oceânica que o Atlântico Norte constitui. Calcula o predomínio do rumo NW em cerca de 80% das situações ocorridas ao longo do ano, correspondentes, no Inverno, a uma ondulação gerada no bordo NE do Anticiclone dos Açores, ou a situações de circulação NW pós-frontal ou depressionária, e no Verão, a uma circulação anticiclónica associada geralmente à *Nortada*. A Norte do Cabo Raso, a ondulação com esta proveniência atinge, em média, 2,5m de altura, alcançando frequentemente 6 metros em situação de tempestade. As situações de ondulação de SW, por sua vez, estão associadas à localização de depressões a SW de Portugal Continental, ou à passagem de sistemas frontais, com direcção SW-NE. Embora pouco frequentes, são muitas vezes bastante energéticas, podendo a ondulação atingir alturas médias de 7 metros. Finalmente, a ondulação de W ocorre durante o Inverno, derivada da passagem sucessiva de sistemas frontais provenientes da localização a ocidente de Portugal Continental da frente polar, originando tempestades com uma ondulação de altura média de 8 metros, podendo por vezes atingir 9 a 10 metros.

Trabalhos mais recentes corroboram estas conclusões. Com base em dados horários de altura da ondulação obtidos entre Março de 1989 e Setembro de 1991 num ondógrafo existente na época no Cabo da Roca, HENRIQUES (1996b) salientou uma predominância

clara do rumo NW, com 72% das observações, valor que aumenta para a quase totalidade dos registos obtidos, nos meses de Junho a Agosto. O rumo W correspondeu a 25% das observações, ocorrendo com maior frequência entre Novembro e Fevereiro, enquanto a ondulação de N e SW tiveram frequência reduzida, inferior a 4%. Finalmente, PONTES *et al.* (2000), utilizando dados das ondas registados em Sines, entre 1988 e 1993, obtiveram 67,6% de ondulação do octante NW e 38,9% do octante W.

Alguns episódios de tempestade ocorridos na Costa Oeste portuguesa foram particularmente estudados. PIRES (1978, 1979), DAVEAU *et al.* (1978), FEIO (1980) e PEREIRA (1996a) referem várias situações em que a altura significativa das ondas atingiu entre 7,5 e 8,5 metros, cotando-se a altura máxima a cerca de 15 metros. Estes valores permitem avaliar a altura que as ondas podem atingir em situações de elevada agitação marítima ao largo da Costa Oeste de Portugal Continental.

Modelos matemáticos que pretendem simular a ondulação ao largo desta faixa litoral, desenvolvidos por PONTES *et al.* (1996, 2000), apontam ondas significativas médias de 2,1 metros e significativas máximas de 9,9 metros para o Cabo da Roca. Os períodos de retorno da altura significativa das ondas em situação de tempestade foram igualmente calculados por Pires e Pessanha (1986) citados em FERREIRA *et al.* (1994), para o Cabo da Roca (Quadro 1.8).

Quadro 1.8 – Período de retorno de alturas significativas (H_s) das ondas, junto ao Cabo da Roca (adaptado de FERREIRA *et al.*, 1994)

| Anos | H_s (m) |
|------|-----------|
| 5 | 9,5 |
| 10 | 10,4 |
| 25 | 11,4 |
| 50 | 12,4 |
| 100 | 13,1 |

Finalmente, Andrade e Barata (2002), citados em ANDRADE *et al.* (2002), com base em parâmetros da ondulação recolhidos nos ondógrafos da Figueira da Foz e de Sines, calcularam a energia média das ondas que atingem o litoral oeste português entre 40 a 45kWhm⁻¹ano⁻¹.

1.3.2.2. A deriva litoral

A refração de uma ondulação oblíqua à linha de costa origina uma corrente costeira, designada por *corrente de deriva litoral* (PEREIRA, 2001). Herman Lautensach, em 1944, referia ensaios levados a cabo no início do século XX que apontavam para um preponderância de uma corrente longilitoral com sentido Sul, particularmente marcante nos meses de Junho a Setembro (RIBEIRO *et al.*, 1987). Mais recentemente, PEREIRA (1991a, b), adoptando uma postura cautelosa, afirma que ainda não se conhece completamente a influência da ondulação sobre as correntes litorais, mas que se sabe que a deriva geral na Costa Oeste portuguesa tem a direcção N-S, em consequência do predomínio da ondulação de NW. Refere, no entanto, que, em consequência de ventos fortes dos rumos S a SW, rapidamente se pode inverter o sentido da deriva para Norte. Com base em modulação matemática, FREIRE *et al.* (2002), simularam a deriva litoral para Buarcos (imediatamente a Norte da Figueira da Foz), concluindo que durante o ano, em 97% das situações ocorre uma deriva N-S.

Esta corrente é extremamente importante na dinâmica dos sistemas costeiros, pois contribui decisivamente para a distribuição longilitoral dos sedimentos fornecidos pelos cursos de água, pela evolução de praias e arribas, bem como dos sedimentos mobilizados pela própria ondulação. DAVEAU (1987), salientando, apesar de tudo, situações de inversão de sentido ligadas a ondulação de SW, não duvida que o transporte de sedimentos no litoral oeste português, ocorre, em média, de Norte para Sul. A autora chama a atenção para o facto de que esta deriva se pode modificar junto ao litoral, em resultado da interferência das saliências e reentrâncias da linha de costa.

De acordo com FERREIRA *et al.* (1994), baseados em Oliveira *et al.* (1982) e em Taborda (1993), a deriva seria responsável por um transporte longilitoral de cerca de $2000 \times 10^3 \text{m}^3 \text{ano}^{-1}$ de sedimentos. Com base na aplicação de modelos matemáticos a um local específico, Buarcos, já atrás referido, LARANGEIRO *et al.* (2002) são mais conservadores, calculando o volume de sedimentos transportado pela deriva em $1008 \times 10^3 \text{m}^3 \text{ano}^{-1}$.

1.3.2.3. O *upwelling* e a temperatura das águas superficiais

A deriva litoral não é, contudo, a única corrente que marca o movimento das massas de água junto à faixa costeira ocidental. Em determinadas situações atmosféricas, podem ocorrer movimentos verticais ascendentes, com influência, entre outros aspectos, na temperatura das águas superficiais, movimentos esses designados por *upwelling*.

Na Costa Oeste portuguesa, o *upwelling* ocorre principalmente no Verão, devido à predominância dos ventos de N e NW junto ao litoral, que, como explicam FERREIRA D. (1984) e PEREIRA (2001), provocam uma deflexão das massas de água superficiais para a direita, no hemisfério norte, entre 45° à superfície e 90° a profundidades que podem atingir 100 a 150 metros. Em função da direcção dos ventos indicada, ocorre uma deslocação das águas superficiais para o largo que, por compensação, origina a ascensão de águas frias profundas junto à costa.

As ampliadas diferenças térmicas entre a superfície continental quente e a oceânica fresca, segundo FERREIRA (*op. cit.*) e DAVEAU (1987), estão na base da formação de uma *brisa de mar* que, devido à Força de Coriolis, tem uma direcção final paralela ao litoral, o que contribui para a manutenção da situação de *upwelling*.

Em Peniche, no período compreendido entre 1956 e 1980, a temperatura média mensal da superfície marinha variou entre 12,8°, em Fevereiro, e 17,1°, em Setembro, com o pico mínimo a atingir 10,5°, em Janeiro, e o valor máximo a alcançar 20,0°, registado em Setembro (MOURA *et al.*, 1988).

A persistência de águas frias superficiais ao longo do Verão, em dias de vento fraco, particularmente da parte da manhã, período menos propício à génese das brisas do mar, vai favorecer a condensação do vapor de água contido nas massas de ar em contacto com o oceano e conduzir à formação de *nevoeiros de advecção litoral* que, como se referiu anteriormente, caracterizam a faixa costeira da Estremadura N nos meses mais quentes do ano.

1.3.2.4. As marés

A variação periódica do nível do mar devido à interacção entre as forças de atracção exercidas pela Terra, pela Lua e pelo Sol, são desde há muito conhecidas pelo Homem. A determinação das *constantes harmónicas*, - amplitude e período dos constituintes harmónicos da maré num dado local (HICKS, 1989) -, obtidas através da medição das oscilações registados em marégrafos durante um período mínimo de um ano, permite a previsão matemática, para cada local de registo, da altura das águas, bem como a hora a que essa altura vai ocorrer.

As marés do litoral português podem ser classificadas como semi-diurnas ocupando o limite superior da classe meso-tidal - entre 2 a 4 metros (Fig. 1.20). Para além disso, regista-se um atraso da ocorrência dos vários níveis de maré de Cascais relativamente a Peniche, em cerca de 15 minutos.

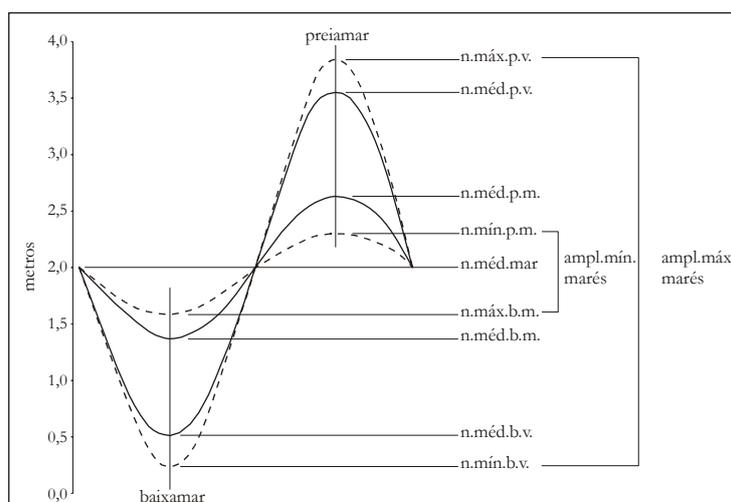


Fig. 1.20 – Níveis de maré, baseados em alturas do nível do mar relativamente ao zero hidrográfico, calculados de 30 em 30 minutos ao longo do ano de 2001, pelo Modelo WXTide32, para o Porto de Peniche (Latitude 39° 21' 07" N; Longitude 9° 22' 39" W)

1.3.2.5. A sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (*storm surge*)

Para além desta variação periódica do nível do mar, perfeitamente previsível, ocorre por vezes uma sobrelevação do nível das águas, pontual e aperiódica, de origem meteorológica, designada internacionalmente por *storm surge*.

VILES e SPENCER (1995) calcularam que a descida da pressão barométrica origina uma consequente subida do nível do mar a uma taxa de 1 cm hPa^{-1} . Segundo estes autores, também os ventos fortes *onshore*, as variações na temperatura do mar e na salinidade e a mistura de massas de água superficiais e profundas, podem originar sobrelevações localizadas do nível do mar junto ao litoral. Estas situações, quando coincidem com a ocorrência de tempestades em período de preiamar viva, podem provocar uma dinâmica muito forte na faixa costeira, em particular nos sectores mais frágeis (sistemas praia-duna), podendo ocorrer galgamentos oceânicos com consequências morfogenéticas, por vezes irreparáveis. Obviamente, também os litorais rochosos, em particular a base das arribas, durante estas situações, estão sujeitos a uma energia erosiva acrescida por parte da ondulação.

Em Portugal Continental, TABORDA e DIAS (1992), analisando dados de duas tempestades ocorridas em Fevereiro de 1978 e Dezembro de 1981, registados em oito marégrafos distribuídos pelo litoral, já tinham alcançado as mesmas conclusões que VILES

e SPENCER (*op. cit.*), ao obterem uma correlação negativa significativamente elevada entre a sobrelevação do nível do mar e a pressão atmosférica. Em Cascais, onde se encontrava o único marégrafo localizado na área em estudo nesta dissertação, registaram-se sobrelevações máximas de 0,42 e 0,52 metros, nos dois temporais estudados. GAMA *et al.* (1994) estudaram os registos de sete marégrafos (contando igualmente com Cascais) durante um período mais alargado, de dois anos (entre Junho de 1986 e Maio de 1988). Estes autores determinaram valores de sobrelevação próximos de 0,4 metros, em Cascais, no dia 3 de Dezembro de 1987, data em que a ondulação não atingiu sequer a altura significativa de 5 metros, valor considerado mínimo para a designação da ocorrência de uma situação de tempestade no mar. É, no entanto, necessário considerar que a relativa situação de abrigo à ondulação e vento dominantes do marégrafo de Cascais (numa baía exposta a SE) pode ter influência nos resultados obtidos, sendo pois de prever que nos sectores expostos ao quadrante W os valores de sobrelevação do nível do mar sejam superiores.

1.3.2.6. As variações seculares do nível do mar

As variações do nível da superfície marinha referidas apresentam uma escala temporal muito curta (horária a diária), à volta de um nível das águas que se designa normalmente por nível médio do mar.

Ao longo da extensa História Geológica da Terra e, em particular, do Quaternário, a variação de periodicidade longa deste nível teve implicações geomorfológicas profundas nas faixas litorais atingidas então pelo mar. Deste modo, para a determinação do peso das formas herdadas na morfologia actual, bem como do ritmo de evolução das formas actuais, é fundamental a determinação do momento em que o nível actual foi atingido.

PIRAZZOLI (1996) indica que, há 6000 anos BP, a maior parte do degelo estava estabilizado e os actuais corais já se encontravam instalados. No entanto, a massa de gelo antárctica poderia ter continuado a contribuir para o aumento do nível do mar com mais cerca de dois metros durante mais 1000 a 1500 anos, após o que, com excepção de variações atribuíveis a causas regionais ou locais, é possível considerar o nível do mar como estabilizado na actual cota.

Em Portugal, a primeira proposta de curva de variação do nível médio relativo do mar, abrangendo os últimos 18000 anos, foi publicada em DIAS (1985, 1987), baseada nos trabalhos de Curray (1960), Fairbridge (1961), Guilcher (1969) citados por DIAS (1985), e nos elementos morfológicos e sedimentológicos identificados pelo autor na plataforma

continental. Com base nessa curva o autor estabelece o momento no qual o mar teria atingido a posição ocupada actualmente, em 2500 BP (DIAS, 1993), data posteriormente corrigida para 3500 BP em DIAS *et al.* (1997). Por sua vez, PEREIRA e SOARES (1994), PEREIRA (1996b) e PEREIRA e ANGELUCCI (2004), indicam, após datações por ^{14}C de um sistema praia-duna consolidado, que há cerca de 3300 anos BP, o mar já teria atingido a cota actual há tempo suficiente para o referido sistema se ter estabelecido por completo. Segundo DIAS (1993), estas discrepâncias poderão estar ligadas, em parte, à distorção introduzida pelo *upwelling*, que não teve sempre a mesma intensidade, a uma relativamente elevada amplitude de maré que dificulta o estabelecimento de um nível do mar médio e a uma neotectónica que originou modificações regionais das antigas posições do mar. A análise do conjunto dos resultados obtidos permite afirmar que o actual nível das águas do mar foi atingido há, pelo menos, 2500 anos, sendo muito provável que este nível já tivesse sido alcançado cerca de 1000 anos antes.

A multiplicação da instalação de marégrafos em todos os continentes, a partir do fim do século XIX, permitiu detectar, na maior parte das Estações, uma subida relativa do nível do mar ao longo do século XX. A proliferação recente dos estudos relativos a este assunto foi igualmente possível devido a um aumento da consciencialização relativa às consequências das alterações climáticas induzidas por acção do Homem, que marcaram, sobretudo, os últimos 15 anos. Particularmente significativos são o conjunto de artigos publicados nas Actas do Simpósio de Copenhaga dedicado ao tema “*Global Change: Climate Change and Climate Change Impacts*” (EC, 1993), os livros consagrados exclusivamente ao assunto (BIRD, 1993 e PIRAZZOLI, 1996), os artigos que sumariam os resultados obtidos sobre este tema nos múltiplos projectos levados a cabo em todo o Mundo (SIJING e XITAO, 1992; GORNITZ, 1995; DOUGLAS, 1995, FRENCH *et al.* 1995) e, finalmente, o relatório do IPCC (2001). Os valores díspares de subida do nível do mar obtidos inicialmente foram sendo ajustados e, actualmente, tanto GORNITZ (*op. cit.*) como o IPCC (*op. cit.*), referem um conjunto de estudos baseados em dados de registos centenários de marégrafos que apontam para variações maioritariamente concentradas entre 1 e 2 mm/ano, atribuídos fundamentalmente à expansão térmica das massas de água superficiais e, em menor grau, ao degelo dos glaciares de montanha (contribuição de $0,4 \pm 0,3$ mm/ano segundo PIRAZZOLI, 1996 ou $0,3 \pm 0,1$ mm/ano segundo o IPCC, 2001). É ainda motivo de aceso debate a possível comparticipação nesta variação positiva do nível do mar das grandes massas de gelo da Groenlândia e da Antárctida.

Sobre Portugal, foi publicado em 1992 um artigo fundamental em que DIAS e TABORDA (1992), com base nos registos do marégrafo de Cascais entre 1920 e o início dos anos 90 do mesmo século, calculam uma subida do nível médio do mar em $1,7 \pm 0,2$ mm/ano. Para além disso, os autores detectaram uma assinalável concordância entre as curvas de variação do nível do mar em Cascais e da temperatura superficial do Oceano Atlântico Norte, o que os levou a atribuir grande parte desta variação positiva da superfície do oceano à expansão térmica das águas do mar. Não discordando destas conclusões, ARAÚJO (2002) registou, no entanto, tendências diferentes em marégrafos do Norte de Portugal (nomeadamente Aveiro e Leixões), tendências que a autora atribuiu a influências tectónicas.

O que nos reserva o futuro próximo? Os modelos de previsão actualmente existentes variam porque, entre várias incertezas, se discute ainda o peso da subsidência local ou se a grande massa dos gelos da Antárctida terá uma contribuição positiva para a subida do nível das águas do mar, correspondente a um predomínio de ocorrência de degelo, ou negativa, correspondente a um aumento sobre este vasto Continente da precipitação sob a forma de neve.

As projecções do IPCC (2001), considerando diferentes cenários de continuação de emissão de gases com efeito de estufa, apontam para uma subida generalizada do nível da superfície do mar, de 1990 a 2100, entre 0,09 e 0,88m, subida essa que, mesmo que o aumento da temperatura atmosférica cesse, tende a prolongar-se pelos séculos seguintes, devido fundamentalmente à elevada inércia térmica da água. As consequências sobre as faixas costeiras continentais e insulares espalhadas pelo Mundo serão sem dúvida consideráveis, particularmente sobre os sistemas litorais mais frágeis.

Confia-se, contudo, que a monitorização crescente dos últimos anos possa produzir rapidamente estudos e projecções baseados em dados mais sólidos, que permitam modificações dos comportamentos globais do Homem face ao planeta que (ainda !) é a sua casa.

1.4. O ESPORÃO DA ESTREMADURA

A área submersa, localizada no contacto com a faixa costeira, detém uma extrema importância na dinâmica actual do litoral porque, pela sua morfologia e declive, pode condicionar a direcção e a energia das ondas que atingem o litoral, bem como o volume de

sedimentos armazenados que permite as permutas transversais entre a praia emersa e a praia submersa.

Após analisar o rumo do vento e da ondulação de largo predominantes e a consequente deriva N-S, factores que afectam o litoral ocidental na maior parte do ano, bem como o reduzido fornecimento de sedimentos transportado pelos cursos de água que desaguam na faixa costeira da Estremadura N, será mais claro compreendermos agora as características actuais da plataforma continental, nomeadamente a cobertura actual de depósitos que esta apresenta.

A margem continental frente ao litoral da Estremadura N, integrando o conjunto da margem continental portuguesa, foi objecto de vários levantamentos batimétricos e sedimentológicos e de estudos morfo-estruturais (que incidiram fundamentalmente sobre a plataforma e o talude continental) efectuados ao longo do século passado, dos quais se destacam as *Cartas Litológicas Submarinas da Costa de Portugal* (1913 a 1940) com escala aproximada 1:150 000 (e cartas de escala 1:10 000 dos principais portos), publicadas pelo então Ministério da Marinha e os trabalhos de ANDRADE (1937), DIAS *et al.* (1980), VANNEY e MOUGENOT (1981), MOUGENOT (1989), REGNAULD (1987) e PEREIRA (1992a).

Na fundamental síntese dos trabalhos publicados até à data sobre a plataforma continental portuguesa, DIAS e PEREIRA (1993) concluem afirmando que, do conjunto, a área submersa junto à Estremadura N é “a mais mal conhecida” (DIAS e PEREIRA, *op.cit.*, p. 58). Apesar de tudo, dos trabalhos publicados é possível extrair um conjunto de informações que a permitem caracterizar genericamente.

A plataforma continental localizada frente à Estremadura N é limitada, tanto a Sul como a Norte, por duas profundas incisões, denominadas por canhões submarinos do tipo *Gouf*, - termo derivado do «Gouf du Cap Breton» que lhes serviu de modelo (PEREIRA, 1991a; DIAS, 2003) -, o canhão da Nazaré, a Norte, e o de Cascais-Lisboa, a Sul (Fig. 1.21).

Em particular, o canhão da Nazaré revela-se um elemento geomorfológico basilar, com influência marcante, tanto na faixa submersa, como na faixa emersa, localizadas para Sul até à latitude de Cascais. PEREIRA (1992a) resume bem a importância do Canhão da Nazaré, quando o classifica como “uma fronteira estrutural, morfológica, hidrológica, sedimentar e provavelmente também biológica” (PEREIRA, *op. cit.*, p.27/28).

Com a cabeceira somente a 500 metros da linha de costa e a 50 metros de profundidade, o canhão da Nazaré, com excepção de um troço de 6km orientado a NW, possui, ao longo dos seus 170 km de comprimento, um traçado que oscila entre E-W e ENE-WSW (DIAS,

1987), com um declive longitudinal de 30m/km (VANNEY e MOUGENOT, 1981), terminando na planície abissal a profundidade superior a 4500 metros (Fig. 1.21 e 1.22).

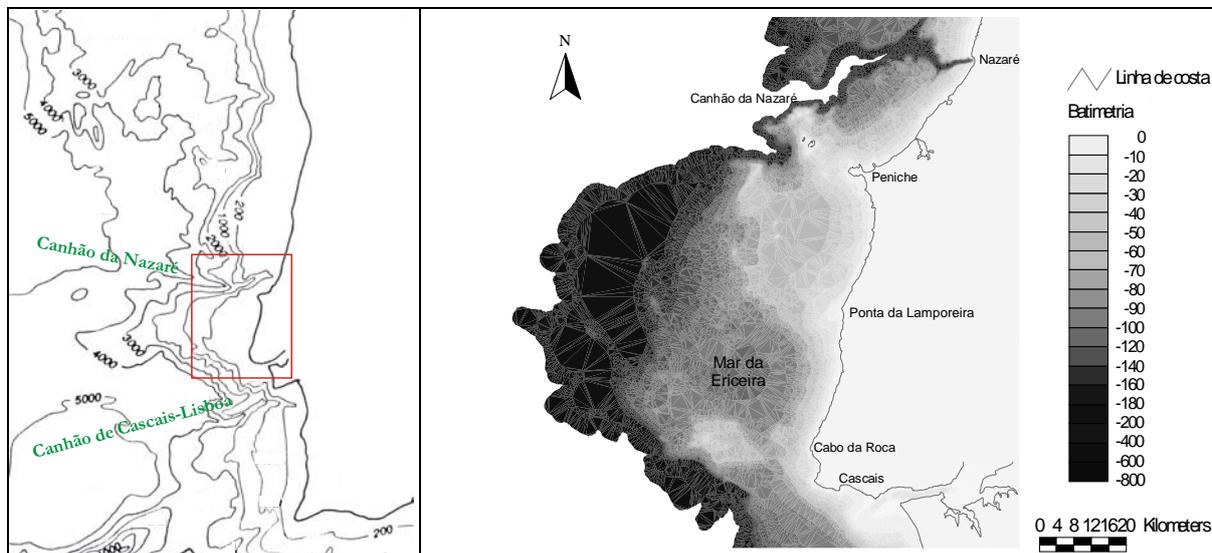


Fig. 1.21 – Mapa batimétrico da Margem Continental Portuguesa. A vermelho assinala-se a área do Esporão da Estremadura cartografada na fig. 1.22 (baseado em PEREIRA, 1992a).

Fig. 1.22 – Mapa batimétrico do Esporão da Estremadura. (baseado em VANNEY e MOUGENOT, 1981)

O seu traçado, segundo FERREIRA, D. (1981) e FERREIRA, Ó *et al.* (1989), corresponde parcialmente ao prolongamento de uma falha inversa, tardi-hercínica, com rejogo Terciário, que afecta a região Oeste da Península Ibérica e é conhecida por Falha da Nazaré. Na plataforma continental, este importante acidente tectónico isola dois compartimentos, encontrando-se o compartimento a Sul, que corresponde à área submersa frente ao litoral da Estremadura N, sobreelevado relativamente ao compartimento Norte.

Este profundo entalhe na plataforma continental tem uma importância extremamente significativa no trânsito de sedimentos longilitoral, como reconhecem, entre outros DAVEAU (1987), FERREIRA *et al.* (1989), PEREIRA (1991a, b, 1992a) e GOMES (1996). Como se abordou anteriormente, na Costa Oeste portuguesa, forma-se uma corrente que se desloca ao longo da área submersa junto à faixa costeira, a deriva litoral, com direcção predominante Norte-Sul. Esta corrente, bem como parte dos sedimentos que transporta, ainda não quantificados mas seguramente muito significativos, são desviados junto à cabeceira do Canhão da Nazaré e canalizados para a planície abissal. Esta circulação de sedimentos pelo Canhão da Nazaré é tão importante que origina uma marcante erosão

regressiva, em particular do sector montante deste *gouf*, onde as correntes serão mais fortes GOMES (1996), condicionando intensamente, por outro lado, o volume de sedimentos disponível actualmente sobre a plataforma continental imediatamente a sul, objecto deste estudo.

A plataforma continental frente ao litoral da Estremadura N tem uma forma vagamente triangular, que lhe valeu o cognome de «Esporão da Estremadura», com largura máxima de 70 km (que se estende ao longo de perto de 30 km entre Peniche e o Cabo da Roca) e mínima de 15km, a NNE, dominando o Canhão da Nazaré (Fig. 1.22). Termina, entre as curvas batimétricas de 170 e 390 metros (DIAS, 1987), por um rebordo regradante (PEREIRA, 1992a) que estabelece a fronteira para um talude continental bastante acidentado junto ao limite superior, mas terminando em declive suave próximo da base (REGNAULD (1987).

Geomorfologicamente é complexo, referindo mesmo MOUGENOT (1989) que “nulle part au Portugal, la plateforme continentale n’a un relief plus tourmenté » (p. 44). Ainda segundo este autor, toda esta vasta área, desde a sua génese no Mesozóico, foi sujeita a fases de erosão e vulcanismo no Cretácico final, compressão originando dobras no Oligocénico e, finalmente, basculamentos miocénicos acentuados com a acção da neotectónica. Como resultado, o Esporão da Estremadura, ao contrário da plataforma continental a Norte, em que os conjuntos morfológicos se encontram preferencialmente dispostos em bandas paralelas ao litoral, é composto por um conjunto de elevações e depressões guiados por acidentes de direcção NE/SW e NW/SE (VANNEY e MOUGENOT, 1981; FERREIRA, D. 1981). Somente a plataforma continental próxima, sensivelmente até à curva batimétrica de 100 metros, apresenta uma morfologia mais simples. Nesta faixa, as bancadas sedimentares moderadamente dobradas encontram-se aplanadas por uma superfície de arrasamento idêntica à que corta o material emerso e constitui aí a plataforma litoral (VANNEY e MOUGENOT, 1981).

De entre as várias formas identificadas por estes autores, destacam-se em particular (Fig. 1.22):

- o relevo alongado ESE-WNW em frente ao Cabo da Roca, que corresponde ao prolongamento nos fundos marinhos do maciço sub-vulcânico de Sintra;
- o menor declive da plataforma continental próxima, a Oeste da Ponta da Lamporeira, coincidente com um doma diapírico que corresponde ao prolongamento, em profundidade, de estrutura deformada idêntica, identificada na área emersa;

-o «Mar da Ericeira», vasta depressão circular (diâmetro médio de 20km), em cujo fundo se acumulam essencialmente sedimentos finos, suavemente inclinado para Oeste; esta depressão corresponde a um *graben* neogénico, colocando os autores a hipótese de se estar mesmo perante uma depressão cársica do tipo *polje*.

A análise da informação resultante dos levantamentos conducentes à elaboração das Cartas Litológicas Submarinas, mais tarde sintetizada na Carta Geológica do Quaternário de Portugal (Fig. 1.23), permite concluir que na faixa sul da plataforma litoral da Estremadura N, a Oeste de Cascais, sobressaem os sedimentos finos resultantes de transporte por parte do rio Tejo. No entanto, entre 0 e -50 metros, o substrato aflora ou encontra-se coberto por calhaus e areia. Para Norte, até Peniche, predomina o fundo rochoso, observando-se uma cobertura por calhaus e areias que ocupa o rebordo e parte do fundo das duas depressões em anfiteatro que marcam a plataforma continental entre o Cabo da Roca e Peniche. A única mancha composta por materiais finos encontra-se no “Mar da Ericeira”, beneficiando da depressão existente para aí se acumularem.

Tendo como propósito localizar áreas ricas em areias e cascalho que pudessem ser objecto de exploração económica, DIAS *et al.* (1980) efectuaram uma recolha de amostragens do fundo do mar, ao longo de 30 perfis distribuídos pelo conjunto da plataforma continental portuguesa, dos quais três se localizaram no esporão da Estremadura.

A remoção inicial e avaliação da matéria orgânica no tratamento laboratorial das amostras permitiram a elaboração de um subsequente mapa de distribuição dos valores obtidos que fornece um dado curioso. O Esporão da Estremadura é um dos sectores de plataforma continental com uma componente biogénica das areias mais elevada, superior a 50% na maior parte da plataforma continental, em particular no seu sector sul e central. Por seu lado, os resultados da análise sedimentológica das amostras recolhidas fornecem uma imagem da cobertura da plataforma (Fig. 1.24) significativamente diferente da obtida anteriormente e expressa no mapa da Fig. 1.23.

Se a distribuição das várias fracções granulométricas em bandas aproximadamente paralelas à linha de costa poderá resultar de generalização dos dados lineares às áreas sem informação localizadas entre os perfis, estranha-se a inexistência de sectores sem qualquer cobertura sedimentar, ou seja, com predomínio de afloramentos rochosos. Permite, contudo, a DAVEAU (1987, p. 96) interpretar os resultados e concluir que “a associação de sedimentos grosseiros com abundante componente biogénica traduz as complexas características daquela plataforma [o Esporão da Estremadura], pouco profunda e mal

alimentada em acarreios fluviais, por grande parte das aluviões serem retidas nos estuários ou captados pelos canhões vizinhos”.

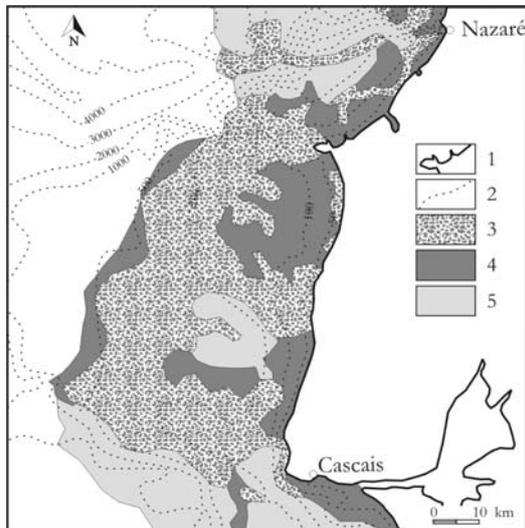


Fig. 1.23 – Cobertura sedimentar do Esporão da Estremadura, adaptada da Carta Litológica Submarina e da Carta Geológica do Quaternário de Portugal. 1-linha de costa; 2-curvas batimétricas; 3-fundo rochoso; 4-seixos e areias; 5-lodo

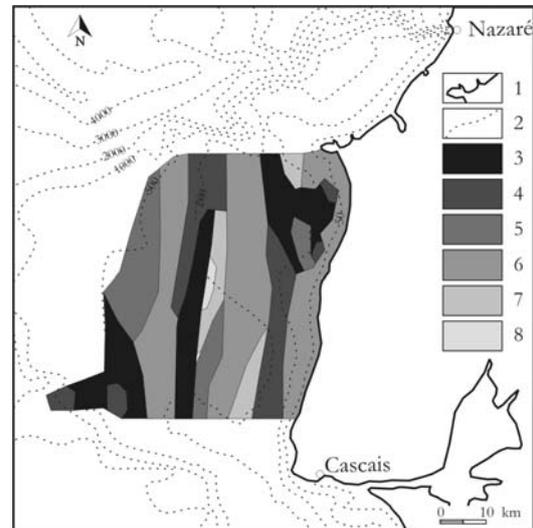


Fig. 1.24 - Cobertura sedimentar do Esporão da Estremadura adaptada de DIAS *et al.* (1980) e de DIAS (2003). 1-linha de costa; 2-curvas batimétricas; 3-cascalho; 4-cascalho arenoso; 5-areia cascalhente; 6-areia; 7-areia lodosa; 8-lodo

Em face do exposto, e particularmente, levando em linha de conta o fraco abastecimento em sedimentos por parte das exíguas bacias hidrográficas e o desvio para o Canhão da Nazaré de parte muito importante dos materiais provenientes de Norte e transportados pela deriva litoral, é possível classificar o Esporão da Estremadura como uma plataforma continental, conforme afirma PEREIRA (1991b, p.161), “ marcada pela escassez de sedimentos litorais e distais”. Esta característica é fundamental para compreender o predomínio de alguns dos sistemas litorais da Estremadura N, tema a ser abordado no capítulo seguinte.

2. METODOLOGIA DE ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO LITORAL DA ESTREMADURA N

2.1. METODOLOGIA SEGUIDA

2.1.1. Os parâmetros de caracterização considerados: exposição, litologia e estrutura

A exposição

A orientação da faixa litoral que contacta com o mar é um factor primordial na compreensão da sua dinâmica evolutiva, pois condiciona a exposição à acção de alguns dos agentes erosivos que maior peso detêm nessa dinâmica.

Destaca-se, desde logo, a influência que a exposição introduz à acção da ondulação, regulando a sua capacidade erosiva, de transporte e de acumulação. Condiciona igualmente, como iremos ver em detalhe mais à frente, o equilíbrio entre a dinâmica marinha e a dinâmica fluvial. Para além disso, a orientação da linha de costa influencia a exposição solar e consequentemente a temperatura e a humidade relativa, regulando, deste modo, alguns dos processos ligados à meteorização. Finalmente, influencia a acção de transporte das areias por parte do vento, condicionando os locais de deposição e as formas de acumulação das areias eólicas.

Para analisar detalhadamente as várias orientações do litoral da Estremadura N, utilizou-se como base a linha de costa representada nas Cartas Geológicas de escala 1:50 000 da Estremadura, dividida em sectores com 500 metros de comprimento, aos quais se atribuiu a exposição predominante em cada um. O valor de 500 metros foi encontrado depois de se terem levado a cabo algumas experiências com outras medidas. Valores inferiores não se adaptavam a sectores costeiros com muitas reentrâncias e saliências litorais evidenciando sobretudo orientações locais e não a exposição geral do respectivo troço costeiro; enquanto valores superiores, pelo contrário, eliminavam acidentes costeiros de dimensão considerável, com influência na distribuição e extensão dos vários sistemas litorais existentes na Estremadura N. Contudo, introduziram-se algumas excepções para troços com saliências litorais pronunciadas e com distintas exposições – exemplo: a península do Baleal – em que se utilizaram sectores somente com 100 metros de extensão.

Com os resultados obtidos, elaboraram-se alguns quadros e gráficos, por se ter considerado que a informação assim agrupada permitiria uma análise mais eficaz do que se a mesma fosse representada num único mapa.

A litologia e a estrutura

TRENHAILE (1987), ao identificar o conjunto de elementos que, em combinação, contribuem para a evolução particular de cada troço litoral rochoso, destaca claramente a litologia e a estrutura geológica como os mais importantes factores para a determinação quer da morfologia geral, quer da morfologia de pormenor dos litorais rochosos.

Para a representação da litologia e da estrutura seguiram-se os passos adiante descritos.

Numa primeira fase, levou-se a cabo um levantamento das várias unidades e complexos litológicos que constituem o substrato da faixa costeira estremenha a Norte da foz do rio Tejo. Este levantamento foi elaborado tomando como ponto de partida os Mapas Geológicos 1:50 000 e as respectivas Notícias Explicativas. Simultaneamente, procedeu-se à identificação geral do sentido de mergulho das bancadas de material sedimentar e dos respectivos valores de inclinação junto à linha de costa. Os elementos assim obtidos foram depois complementados e melhorados com trabalho de campo. Aí, rectificou-se a litologia sempre que a informação contida nas Cartas Geológicas e/ou nas Notícias explicativas se apresentava incompleta ou demasiadamente generalizada e efectuaram-se medições para determinar as inclinações precisas do material sedimentar e a relação rochas resistentes/rochas brandas. Foram ainda utilizadas as imagens publicadas em DHMM (1952) e em GEOPLANETA (2000) que permitiram confirmar algumas características geológicas do litoral – fundamentalmente sentidos de inclinação - em troços inacessíveis por terra.

Identificaram-se 3 classes de inclinação do material sedimentar face à orientação de cada sector litoral (Quadro 2.1). A inclinação concordante e discordante é consensual e utilizada por múltiplos autores. A disposição intermédia raramente é referida mas é fundamental, em particular na caracterização da estrutura geológica do litoral da Estremadura Norte. Neste trabalho seguiu-se a designação utilizada por TRENHAILE (1987) e, em Portugal, por MARQUES e ROMARIZ (1989) - inclinação sub-paralela.

Quando as bancadas apresentam uma inclinação sub-paralela relativamente à orientação da linha de costa (adiante referida unicamente como inclinação sub-paralela), acrescentaram-se as referências N, S ou E, que indicam o quadrante da inclinação.

Quadro 2.1 – Classes de inclinação do material sedimentar face à linha de costa

| Classes de inclinação | Significado |
|------------------------------|--|
| Concordante | quando o material sedimentar inclina na direcção do mar |
| Discordante | quando o material sedimentar inclina na direcção contrária ao mar |
| Sub-paralela | quando o material sedimentar inclina numa direcção sub-paralela à linha de costa |

Consultadas inúmeras obras sobre dinâmica actual de vertentes, relacionadas ou não com o litoral, não se registou nenhuma divisão em classes baseada na inclinação das camadas. Deste modo, na ausência de referências, optou-se por criar uma classificação simples, com uma classe sub-horizontal (0° - 5°) e classes com intervalos uniformes de 10° daí em diante. Decidiu-se igualmente incluir todas as inclinações iguais ou superiores a 45° numa só classe, dados a escassa faixa litoral onde estes valores de inclinação ocorrem e a relativa semelhança de dinâmica actual que apresentam.

A representação do tipo de rochas que constituem o substrato da faixa costeira da Estremadura N obrigou a um processo de elaboração mais complexo, devido à grande diversidade de conjuntos litológicos presentes.

Numa primeira fase procedeu-se à identificação das várias combinações de rochas utilizando os meios atrás referidos, tendo sido individualizados todos os sectores que ocupassem pelo menos 100 metros de linha de costa, valor considerado mínimo para a análise que se pretendia levar a cabo. Com os resultados obtidos e expressos na Tabela em anexo A1, elaboraram-se as várias combinações litológicas aflorantes no litoral da Estremadura N.

Por outro lado, ao longo do trabalho de campo efectuado para recolha de elementos para esta análise de conjunto da Estremadura N, constatou-se que, nos afloramentos de material sedimentar, conjuntos litológicos idênticos na sua composição apresentavam sectores litorais com características morfológicas e de dinâmica actual diferentes, em função da presença relativa das várias rochas aflorantes.

Esta constatação impôs uma identificação complementar da resistência das rochas ao conjunto dos processos físicos, químicos e biológicos naturais que originam o desgaste das rochas no litoral, tendo em conta as condições ambientais da Estremadura. Esta resistência foi avaliada com base na consulta quer de valores de resistência à compressão das rochas, quer de taxas de recuo de litorais rochosos presentes em ROCHA (1981), TRENHAILE (1987), SUNAMURA (1992) PIRAZZOLI (1993), GOUDIE (1995) e em SUZUKI (2002). Os maiores problemas surgiram na classificação dos afloramentos detríticos (areníticos e

conglomeráticos). A variada composição mineralógica e química, bem como as diversas texturas que estas rochas apresentam, influenciam a alteração química e certas propriedades físicas, como a porosidade, a permeabilidade e, fundamentalmente, a resistência à acção mecânica (PETTJOHN *et al*, 1972; PETTJOHN, 1975). Consequentemente, a diversidade de taxas de erosão nos arenitos é muito ampla, como bem exemplifica GOUDIE (1995). Em função do comportamento da generalidade das bancadas areníticas e conglomeráticas face ao conjunto dos agentes erosivos presentes no litoral da Estremadura, bem como dos resultados de resistência à compressão obtidos nas áreas de estudo detalhado onde estas rochas afloravam, optou-se por classificá-las no grupo de resistência intermédia.

Deste modo, as rochas sedimentares que constituem parte do litoral rochoso da Estremadura foram agrupadas em três classes de resistência ao conjunto dos processos actuantes nesta faixa costeira (Quadro 2.2)

Quadro 2.2 – Classificação das rochas sedimentares aflorantes no litoral da Estremadura quanto à sua resistência física e química

| Rochas sedimentares | Resistência física e química |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Margas | Rochas brandas |
| Argilas | |
| Arenitos conglomerados | Rochas com resistência intermédia |
| Dolomias | Rochas resistentes |
| Calcários | |
| calcários margosos | |

A percentagem de cada grupo nos vários troços litorais da Estremadura foi acrescentada às 17 combinações sedimentares – identificadas por letras do alfabeto no Quadro 2.3, sendo que algumas apresentam os 3 tipos possíveis:

- predominância de afloramentos de rochas brandas (>60%);
- equivalência de afloramentos de rochas resistentes e de rochas brandas (40% a 60%) ou predominância de rochas com resistência intermédia.
- predominância de afloramentos de rochas resistentes (>60%);

Obtiveram-se, deste modo, 21 combinações sedimentares diferentes – Quadro 2.3.

Dado que a representação gráfica de todas estas combinações, a que teria de se acrescentar a inclusão das rochas magmáticas e as areias de praia/duna, se revelaria pouco clara, optou-se por agregar os vários tipos de rochas sedimentares em função da sua constituição e resistência à acção dos agentes erosivos.

Quadro 2.3 - Litoral da Estremadura N - Combinações de rochas sedimentares

| Combinação/ /Tipo | Afloramentos | | | | | | | Predominância | Equivalência | Predominância |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|--------|---------|----------|---------------|-----------------------------|---|---------------------------------|
| | Calcários e dolomias | Calcários margosos | Margas calcárias | Margas | Argilas | Arenitos | Conglomerados | Rochas brandas (>60%) | Rochas resistentes/ /rochas brandas (40% a 60%) | Rochas resistentes (>60%) |
| A | ■ | | ■ | ■ | | | | | | X |
| B | ■ | | ■ | | | | | | | X |
| C | ■ | | | | | | | | | X |
| D1 | ■ | | | ■ | | | | | X | |
| D2 | ■ | | | ■ | | | | | | X |
| D3 | ■ | | | ■ | | | | X | | |
| E1 | ■ | | | | ■ | ■ | | | X | |
| E2 | ■ | | | | ■ | ■ | | | | X |
| F | ■ | | | | | | | | | X |
| G1 | ■ | ■ | | ■ | | | | | X | |
| G2 | ■ | ■ | | ■ | | | | | | X |
| H | ■ | | | ■ | | | ■ | X | | |
| I | | | | | ■ | ■ | | | X | |
| J | | | | ■ | | ■ | | | X | |
| K1 | | | | ■ | ■ | ■ | | | X | |
| K2 | | | | ■ | ■ | ■ | | X | | |
| L | | | | | ■ | ■ | ■ | | X | |
| M | | ■ | | ■ | | ■ | | | X | |
| N | | ■ | | ■ | | | | | X | |
| O | ■ | ■ | | | | | | | X | |
| P | | | | | | ■ | ■ | | X | |

Deste modo, juntaram-se as dolomias, os calcários e os calcários margosos num grupo, as margas e as argilas noutra grupo e, finalmente, os arenitos e conglomerados num terceiro grupo e atribuíram-se-lhes as siglas, respectivamente, DC, MA e AC, para simplificar futuras referências. Esta opção permitiu reduzir as combinações litológicas de 16 para 5, sendo que 3 destas apresentam sub-divisões respeitantes a diferentes relações rochas resistentes/rochas brandas (Quadro 2.4). A perda de informação resultante desta opção não prejudicou sobremaneira os resultados alcançados e foi claramente compensada pela simplificação introduzida, necessária à realização de uma análise a nível regional, objectivo deste trabalho.

Às combinações de rochas sedimentares obtidas pelo agrupamento referido acrescentaram-se as rochas eruptivas (aqui, os vários tipos de brecha foram agrupados, por terem pequena expressão no litoral e, por modificarem muito pouco a morfologia geral da linha de costa, nos locais onde afloram) e as areias dunares (Quadro 2.4). Apesar de se reconhecer a influência dos filões na morfologia local, a sua reduzida largura impossibilitou a representação destes afloramentos na escala final dos mapas.

Quadro 2.4 - Litoral da Estremadura N – Grandes grupos de combinações de rochas sedimentares

| Código | Grupos | | | Predominância | Equivalência | Predominância | |
|---------------------|--------|--|------------------|--------------------------|-----------------------|---|---------------------------|
| | C | M | A | | | | |
| Combinação | Tipo | Dolomias, calcários e calcários margosos | Margas e argilas | Arenitos e conglomerados | Rochas brandas (>60%) | Rochas resistentes / rochas brandas (40% a 60%) | Rochas resistentes (>60%) |
| Rochas sedimentares | 1 | | | | | | |
| | a | | | | X | | |
| | 2 | | | | | X | |
| | b | | | | | | X |
| | c | | | | | | |
| | 3 | | | | X | | |
| | a | | | | | X | |
| | b | | | | | | X |
| | c | | | | | | |
| | 4 | | | | X | | |
| a | | | | | X | | |
| b | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| Rochas mágnaticas | 6 | Granito | | | | | |
| | 7 | Sienito | | | | | |
| | 8 | Basalto | | | | | |
| | 9 | Brechas (graníticas e vulcânicas) | | | | | |
| | 10 | Areias de praia/duna | | | | | |

A natureza do substrato está expressa sempre que a litologia estava indicada nas Cartas Geológicas e Notícias Explicativas ou era possível a sua identificação na plataforma rochosa de sopé ou na arriba. Quando não existe arriba e a plataforma rochosa de sopé se encontrava coberta por sedimentos, indicou-se a natureza dos depósitos de cobertura que, na Estremadura N, é sempre de areias de praia/duna. No caso da foz dos cursos de água obstruídos por cordões dunares, a natureza do substrato é indicada sempre que a cobertura por sedimentos apresenta uma extensão reduzida e esta cobertura não esconde contactos entre conjuntos litológicos distintos e/ou diferentes disposições do material sedimentar, impedindo, assim, a delimitação exacta dessa fronteira.

Finalmente, convém indicar que não foi possível incluir outros factores considerados fundamentais para a explicação da morfologia, génese e dinâmica dos sistemas litorais, como a espessura das bancadas de material sedimentar ou o conjunto de parâmetros ligados à caracterização das redes de descontinuidades, dada a escala de trabalho e a forte variabilidade local destes factores.

2.1.2. A identificação dos sistemas litorais

A determinação dos sistemas litorais existentes na Estremadura N foi um passo essencial para a sua caracterização geomorfológica.

As classificações litorais criadas até à data são diversas e visam objectivos variados. Foram elaboradas classificações fundamentalmente genéticas, como a classificação de D.W. Johnson (1919) – uma das mais antigas –, referido em CHORLEY *et al.* (1984) e as classificações de INMAN e NORDSTROM (1971) e de SHEPARD (1973). Outros autores, como CHORLEY *et al.* (*op. cit.*), PIRAZZOLI (1993), ou VILES e SPENCER (1995), abordaram o estudo da faixa costeira em função da predominância de processos, individualizando os litorais de acumulação, os litorais de erosão e os litorais bioconstruídos, descrevendo em cada um as formas elementares principais. Mais recentemente, PEREIRA (2001) sistematizou as formas elementares litorais, agrupando-as em formas de erosão e formas de acumulação que, em conjunto, dão origem a diversos tipos de litoral.

Para este trabalho pretendia-se, acima de tudo, identificar os sistemas litorais, compreendendo a identificação de duas faixas aproximadamente paralelas ao mar e que, directa ou indirectamente, são condicionadas pela sua presença: a faixa entre-marés e a faixa permanentemente emersa, localizada imediatamente para o interior da primeira.

As formas elementares existentes no litoral da Estremadura N, isoladas ou associadas entre si, deram origem aos sistemas litorais indicados no Quadro 2.5 e na Fig. 2.1.

Quadro 2.5 – Sistemas litorais da Estremadura N

| Faixa | | | Sistema | Actividade da arriba | Sigla |
|--------------------|-------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|----------|
| entremarés | supralitoral | | | | |
| forma litoral | subdivisões | forma | | | |
| base de arriba | mergulhante | | Arriba mergulhante | | Am |
| | coberta por blocos | | Arriba com a base coberta por blocos | | Ab |
| plataforma de sopé | | arriba | Plataforma sopé - Arriba | activa | Ps-A |
| Praia | encastrada | | Praia encastrada – Arriba | | Pre-A |
| | alongada e estreita | | Praia alongada e estreita – Arriba | | Pra-A |
| | | planície aluvial | Praia – Planície aluvial | inactiva | Pra-A(i) |
| | | Duna | Praia – Duna | ----- | Pr-D |
| | Litoral Artificializado | | | | LA |

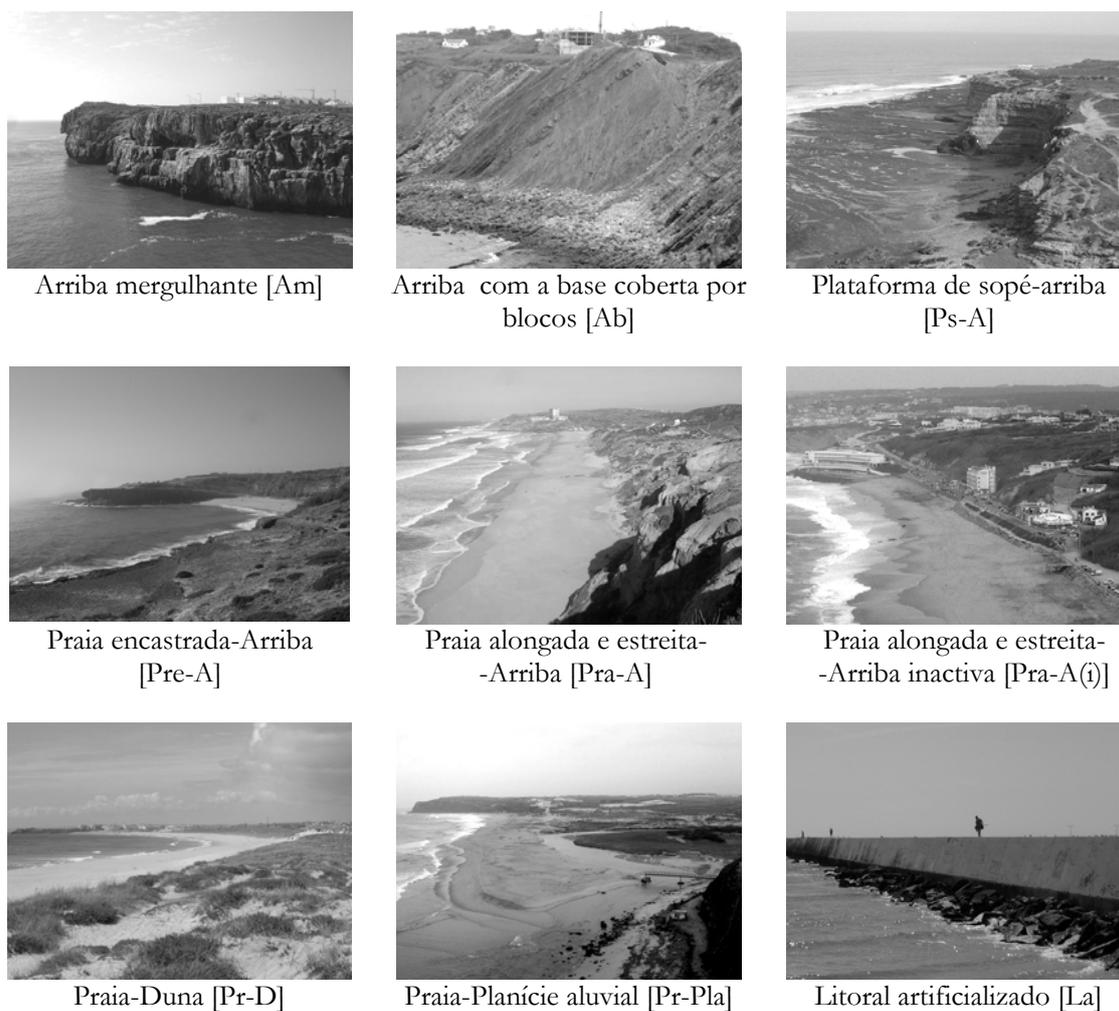


Fig. 2.1 – Exemplos dos sistemas litorais da Estremadura N

Caracterizam-se de seguida os sistemas identificados.

A. Sistemas com arriba

A.1. Arriba mergulhante [Am]

Considerou-se a arriba como mergulhante, a exemplo de SUNAMURA (1992), sempre que a base da arriba se encontrava permanentemente submersa. Embora ainda subsista alguma controvérsia relativamente à designação «mergulhante», optou-se por utilizar este adjetivo porque corresponde à tradução literal não só da terminologia inglesa (*plunging cliff*), como da terminologia francesa (*falaise plongeante*), tendo a palavra portuguesa já sido utilizada, entre outros, por MARQUES (1997a).

Por vezes, a existência de plataformas rochosas submersas a pequena profundidade, em particular quando a alimentação em material por parte da arriba é constituída por blocos de grande dimensão, permite a acumulação de blocos isolados junto à base. Estes blocos emergem durante a maré baixa e condicionam a energia da ondulação aplicada sobre a arriba. Os sectores litorais nestas condições foram incluídos no sistema «arriba mergulhante» sempre que os locais de arriba com blocos na base tinham pequenas dimensões. No caso contrário, eram incluídos no sistema «arriba com base coberta por blocos».

A.2. Arriba com a base coberta por blocos [Ab]

Foram incluídos neste grupo todos os sectores de arriba cuja faixa entre-marés se encontrava coberta por blocos rochosos. Os levantamentos de campo demonstraram que, na maioria das situações, estes blocos se encontram acumulados em plataformas rochosas de sopé muito estreitas (<20 metros de largura). Decidiu-se, no entanto, separar este sistema do sistema «plataforma de sopé-arriba» por se entender que a cobertura da plataforma por blocos não só condiciona a evolução da própria plataforma de um modo dificilmente avaliável (devido a essa mesma cobertura), como é também um importante indicador da relação dinâmica entre a arriba e os vários agentes erosivos.

A.3. Sistema plataforma de sopé – arriba [Ps-A]

Foram identificadas todas as plataformas de sopé que tinham uma largura superior a 25 metros e um comprimento superior a 100 metros. A única excepção ocorreu no troço S.Bernardino-Consolação, onde o número elevado de plataformas rochosas (nove em cerca de 1,6 quilómetros) obrigou à sua representação, apesar do comprimento de cada uma não exceder os 100 metros de limite mínimo imposto. Foi assim necessário adoptar, para este sector, uma representação mista do sistema «plataforma de sopé - arriba» com o sistema «arriba com a base coberta por blocos», que só se aplica neste troço. Para além disso, a NNE do Cabo Raso, identificaram-se dois pequenos troços com plataforma rochosa actual que não são limitados para o interior por uma arriba claramente identificável, mas sim por uma plataforma marinha herdada. No entanto, dado que a gestão de uma pequena arriba está em marcha (NEVES, 2004), optou-se por incluir estes troços no conjunto do sistema «plataforma de sopé-arriba».

A.4. Sistema praia – arriba

A.4.1. Sistema praia encastrada – arriba [Pre-A]

A praia encastrada é uma forma litoral particular que não se encontra definida com muito detalhe. Como exemplo, os glossários litorais organizados pelo *Coastal Research Group* da Universidade de Utrech (CRG, 2001) e pelo *Coastal Services Center* da organização americana NOAA (VOIGT, 1998), definem praia encastrada simplesmente como “a beach, usually small, between two headlands”.

Para efeitos deste trabalho, foram classificados como sistema «praia encastrada - arriba» todos os sectores costeiros que apresentavam uma pequena praia (extensão < 300 metros), limitada para o interior por uma arriba e encaixada entre duas saliências litorais rochosas. Estas reentrâncias provocam a diminuição da energia da ondulação e favorecem a consequente acumulação de areias. Normalmente, estas praias apresentam uma forma aproximadamente semicircular.

A.4.2. Sistema praia alongada e estreita – arriba [Pra-A]

Para além das praias encastradas, em todas as restantes praias da Estremadura N cujo limite interior corresponde a uma arriba, a extensão é sempre superior à largura. Estas praias apresentam uma largura média máxima – medida entre o nível da baixamar viva e a base da arriba – que muito raramente ultrapassa os 120 metros. A espessura de areias destes sectores é geralmente muito reduzida de tal modo que, na sequência de tempestades ou de modificações temporárias de circulação das correntes litorais, a plataforma rochosa que lhes está subjacente pode ficar a descoberto durante períodos variáveis, espacial e temporalmente, mas que, normalmente, não ultrapassam alguns meses; assim, foram incluídos no sistema «praia alongada e estreita – arriba» todos aqueles sectores que, tanto nas várias fotografias e ortofotomapas consultados, como ao longo do período em que decorreram os trabalhos de campo que sustentam este trabalho (1997-2004), mantiveram sempre ou quase sempre a plataforma coberta por areias.

A interrupção total do contacto entre a ondulação e a base da arriba, provocada pela instalação de um paredão e de uma estrada longitudinais à linha de costa na Praia Grande, cerca de 3,5 quilómetros a NNE do Cabo da Roca, e a importância que detém, pela sua extensão, na evolução actual e futura da arriba, determinaram a individualização deste troço litoral no sub-sistema «praia alongada e estreita-arriba (inactiva)» – [Pra-A(i)]

B. Sistemas sem arribas

Os sectores onde não existe litoral rochoso são ocupados por dois sistemas:

B.1. Sistema praia – planície aluvial [Pr-Pla]

B.2. Sistema praia – duna [Pr-D]

Identificaram-se como sistema «praia-duna» todos os troços litorais com, pelo menos, 100 metros de extensão, em que o limite interior da praia fosse constituído por uma acumulação de areias eólicas, parcial ou totalmente colonizada por vegetação.

Restou finalmente um conjunto de sectores situados frente à foz dos principais cursos de água da Estremadura N. A quase totalidade destes troços apresenta uma barra arenosa que na maior parte do ano provoca a obstrução do curso de água junto à foz, dificultando o contacto subaéreo das águas fluviais com as águas marinhas. Na prática, o que se observa é a existência de uma praia limitada para o interior por uma planície aluvial constituindo um sistema «praia - planície aluvial». Identificaram-se, deste modo, todos os cursos de água que apresentam no seu sector vestibular uma planície aluvial com, pelo menos, 50 m de largura⁴.

Ocasionalmente, os sistemas «praia-planície aluvial» e «praia-duna» coexistem num mesmo local. No caso da Estremadura N e sempre que a foz dos cursos de água é suficientemente larga e o abastecimento de areias o permite, é possível encontrar pequenos sistemas dunares. Estes sistemas são muito dinâmicos e podem ser reduzidos ou mesmo desaparecer, por acção de um episódio de grandes cheias, para depois recuperarem lentamente, por vezes ocupando novas posições.

Por este facto, convém indicar que os limites entre os sistemas «praia-planície aluvial» e «praia-duna», são, na realidade, variáveis e que a sua representação nos mapas corresponde à situação observada nas fotografias aéreas e ortofotomapas, actualizada pelo trabalho de campo em 2001 e 2002.

C. Litoral artificializado [La]

A ocupação humana ao longo da faixa costeira da Estremadura vem de há muito e é intensa e crescente. Consequentemente, as intervenções antrópicas levadas a cabo em praias, estuários ou sobre as arribas são inúmeras e localmente modificaram em maior ou menor grau os sistemas naturais. Sempre que se justifique, será feita referência a essas

⁴ A única excepção é a ribeira de Maceira, com foz na praia da Adraga, onde a orientação do troço final deste curso de água relativamente à linha de costa, bem como o seu forte encaixe, impedem a formação de uma planície aluvial com esta largura.

modificações, bem como à importância que elas detêm na evolução actual e futura de cada sector estudado. Neste trabalho, considerou-se como litoral artificializado unicamente os troços em que os sistemas naturais foram substituídos integralmente por construções antrópicas.

2.1.3. Mapas finais. Opções tomadas

Para a representação final da informação recolhida respeitante à litologia, estrutura e sistemas litorais utilizou-se, como base cartográfica, a linha de costa representada nas Cartas Geológicas de Portugal de escala 1:50 000 correspondentes à faixa litoral da Estremadura N, como já foi referido.

O pormenor da informação recolhida não possibilitou a redução dos mapas para além da escala 1:125 000. Esta redução, no que diz respeito à linha de costa, obrigou a uma generalização vectorial, para permitir uma maior clareza e legibilidade do mapa. Esta generalização manual seguiu os preceitos de rigor posicional indicados, entre outros, por LOPES e ARNAUD (2002), tendo sido baseada igualmente no conhecimento das características da linha da costa da Estremadura N, adquirido ao longo das frequentes sessões de trabalho de campo. A escala 1:125 000 utilizada nos mapas não permitiu representar o conjunto do litoral da Estremadura N numa única página A4, ou sequer num A3. Foi assim necessário dividi-lo em grandes Áreas, que apresentam uma representação separada. Esta divisão foi estabelecida em função de dois critérios:

- estas Áreas deveriam apresentar extensões idênticas, dado que isso beneficiaria a representação global e a comparação entre elas;
- os limites das Áreas deveriam corresponder de alguma maneira a fronteiras que dividissem faixas litorais com características morfológicas distintas; neste particular a orientação da linha de costa desempenhou um papel primordial.

Com esse objectivo, elaborou-se o litoral esquemático da Estremadura N (Fig 2.2), em que a linha de costa aí representada se obteve por generalização vectorial progressiva da linha de costa digitalizada a partir das Cartas Geológicas de Portugal de escala 1:50 000.

Deste modo, o litoral da Estremadura N foi dividido em 4 grandes Áreas, cujos limites se encontram identificados na Figura 2.2.

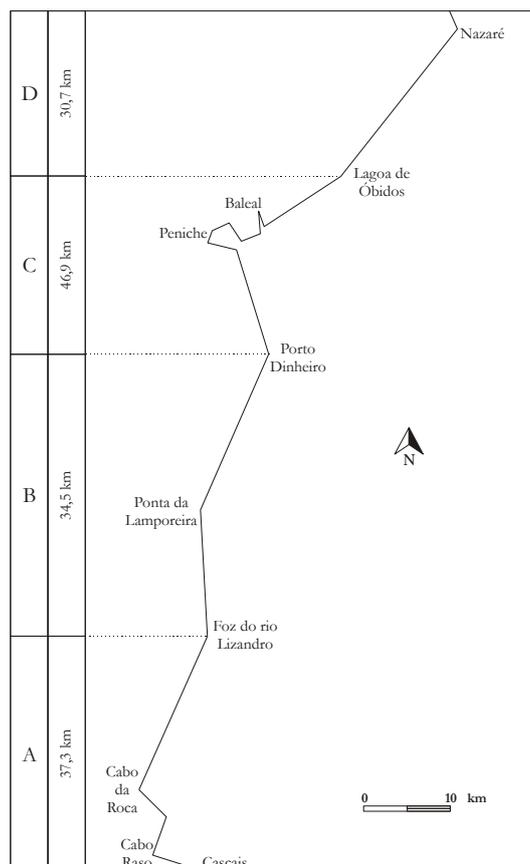


Fig. 2.2 - A linha de costa esquemática da Estremadura N e as quatro Áreas individualizadas.

A linha de costa esquemática foi igualmente utilizada na análise da exposição para a individualização em 8 sectores com diferentes orientações gerais do litoral.

Por sua vez, a medição do comprimento da faixa litoral da Estremadura N foi efectuada de modo automático, utilizando para esse fim a linha de costa representada nos mapas finais. Convém aqui salientar que o valor assim obtido não deve ser tomado como um valor absoluto. Na realidade, o comprimento da linha de costa é uma dimensão fractal, variável em função da escala do mapa em que é medido (GAO e XIA, 1996), estando a sua determinação ligada, como muito bem referem LOPES e ARNAUD (2002), ao *Paradoxo de Steinhaus* que afirma que o valor do comprimento vai sendo cada vez maior à medida que a escala aumenta. Com a metodologia seguida obteve-se um valor de 149,4 quilómetros de extensão de linha de costa.

Finalmente, importa referir ainda que, como princípio, se optou por utilizar linhas horizontais ou verticais (em função da orientação do litoral) para estabelecer os limites entre as várias classes representadas nos mapas, porque ensaios com outras opções

introduziam menor legibilidade⁵. No entanto, convém chamar a atenção para o facto de que estas linhas não pretendem indicar, de forma alguma, a orientação das citadas fronteiras para o interior.

2.2. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA ESTREMADURA N

2.2.1. As diferentes exposições da linha de costa

O litoral da Estremadura N está localizado naquilo que se costuma designar como litoral Oeste português, porque no seu traçado geral, da Ponta de Sagres, a Sul, à foz do Rio Minho, a Norte, está exposto sensivelmente a ocidente.

Embora inserida neste quadro geral, a faixa costeira estremenha apresenta características de exposição que a individualizam do restante litoral ocidental português e que, inclusivamente, lhe conferem traços de alguma originalidade. Quando se analisa o conjunto dos resultados obtidos com a determinação da exposição principal de troços costeiros de 500 metros de comprimento (Fig. 2.3) observam-se alguns aspectos interessantes.

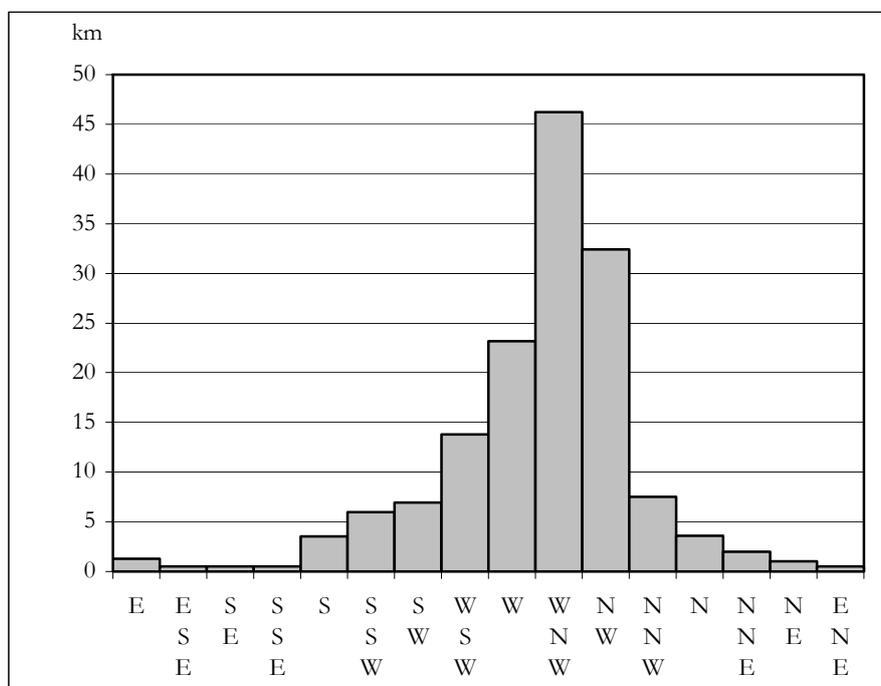


Fig. 2.3 – Extensão das várias exposições do litoral da Estremadura N.

⁵ As particularidades locais da linha de costa não permitiram utilizar uma destas soluções em Peniche NE e Baleal E, tendo-se utilizado, nestes dois casos específicos, linhas oblíquas para marcar fronteiras de classe

Desde logo, destaca-se a existência de troços litorais, por mais pequenos que sejam, que apresentam todas as orientações possíveis, fundamentalmente consequência da existência das penínsulas de Peniche e do Baleal.

Por outro lado, salientam-se as exposições ao quadrante Oeste - incluindo aqui todas as orientações de SW a NW - que constituem 81,9% da totalidade do litoral da Estremadura N. Entre estas predominam os sectores litorais com exposição a W, WNW e NW que, em conjunto, perfazem 2/3 da totalidade do litoral estudado, dos quais se destaca WNW como sendo a principal exposição, com 30,9%.

Ou seja, de uma maneira global, o litoral estremenho está particularmente exposto à ondulação de NW, que, como se analisou no Capítulo 1, é predominante na faixa costeira ocidental portuguesa. Se, complementarmente, considerarmos os sectores mais directamente sujeitos às frequentemente energéticas tempestades de SW (exposições WSW a SSW) constatamos que estes ocupam 26,7 quilómetros, ou seja 17,8% do litoral da Estremadura N.

A distribuição das várias exposições não é, contudo, uniforme na faixa litoral em estudo. Com base na linha de costa esquemática obtida na Figura 2.2, individualizaram-se oito sectores costeiros e determinou-se o conjunto de exposições patentes em cada um (Fig. 2.4).

O sector Cascais-Cabo da Roca, dada a sua relativa reduzida dimensão agrupa três sub-sectoros com exposições distintas, destacando-se, contudo, o conjunto voltado a SW como o dominante (29,4%).

Os sectores Cabo da Roca-Foz do rio Lisandro e Ponta da Lamporeira-Porto Dinheiro apresentam características de exposição notavelmente semelhantes, com os troços litorais voltados a WNW a representarem respectivamente 62,9% e 65,7%, enquanto a segunda exposição litoral, NW, constitui entre 22 a 23% da faixa costeira dos dois sectores.

Também os sectores Foz do rio Lisandro-Ponta da Lamporeira e Porto Dinheiro-Istmo de Peniche ostentam exposições comparáveis no geral, encontrando-se estes dois troços litorais principalmente voltados a Oeste (respectivamente 38,2% e 42,1%) e tendo WSW como segunda exposição. No entanto, convém salientar que a irregularidade da linha de costa do sector Foz do rio Lisandro-Ponta da Lamporeira, com várias reentrâncias e saliências litorais, origina uma distribuição do conjunto das orientações mais irregular que a verificada no sector Porto Dinheiro-Istmo de Peniche.

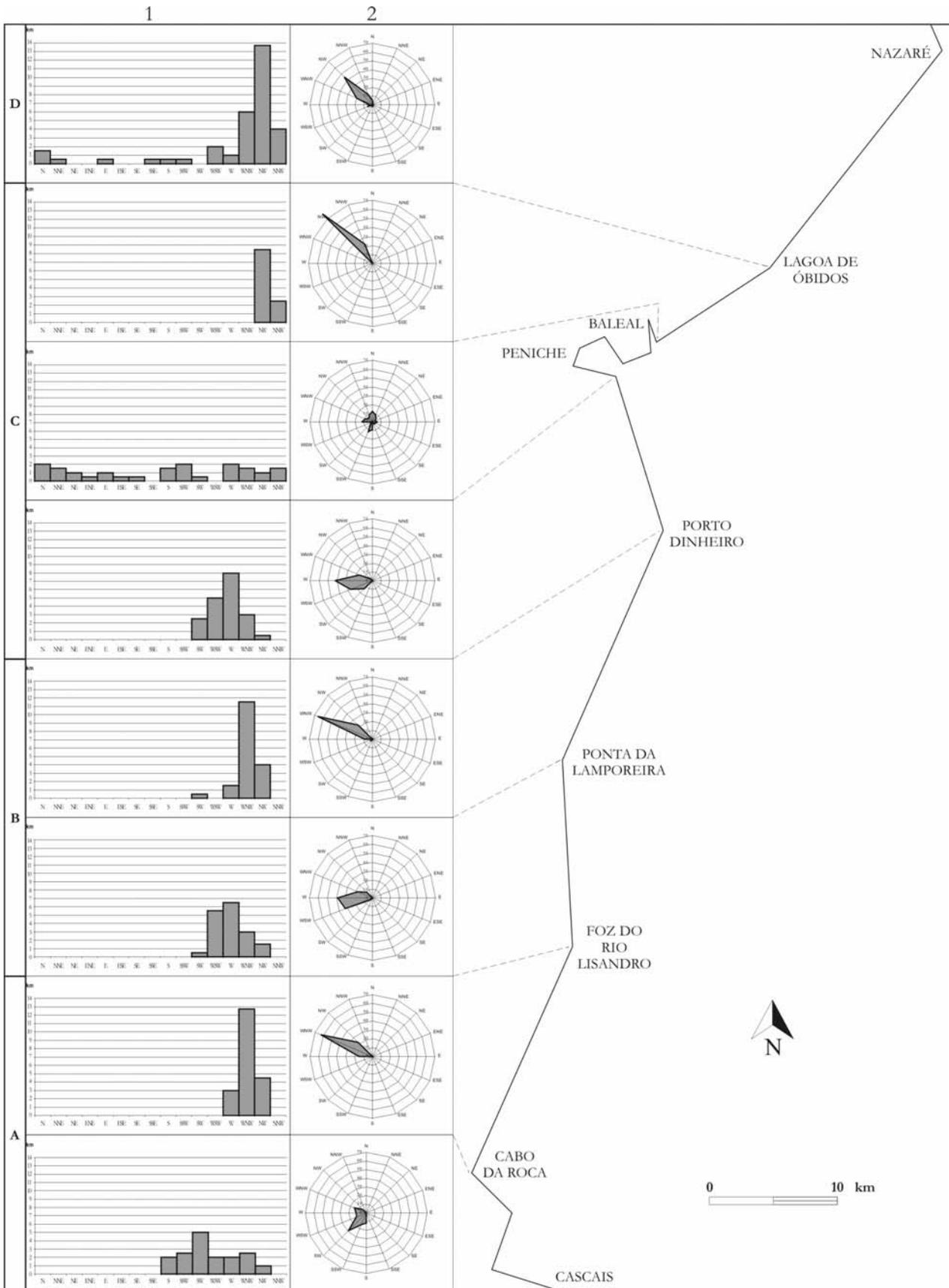


Fig. 2.4 – Exposições litorais existentes nos oito sectores em que se individualizou a faixa costeira da Estremadura N. Colunas: 1-em kms; 2-em %

A reduzida faixa litoral que inclui as Penínsulas de Peniche e do Baleal e o pequeno sector costeiro que as separa, com apenas 17 quilómetros de extensão, apresenta uma diversidade de exposições digna de nota. A forma vagamente elíptica da Península de Peniche é, em boa medida, responsável por este tipo de variedade. É ainda o primeira troço, desde a foz do rio Tejo, a apresentar sectores litorais expostos a NNW, a Norte e ao quadrante Este.

O sector istmo do Baleal-Lagoa de Óbidos, pelo contrário, apresenta uma regularidade marcante com duas únicas exposições, NW e NNW, mas em que a primeira se destaca claramente com 77,3% das situações. É assim, de toda a faixa costeira da Estremadura N, o sector mais exposto à ondulação dominante neste litoral.

Finalmente, o sector entre a Lagoa de Óbidos e a Nazaré é o mais extenso de todos com cerca de 30,7 quilómetros e, apresenta, tal como o anterior, uma predominância de sectores litorais expostos a NW, embora não tão marcante (44,6%), sendo WNW a segunda exposição (19,5%). Surge igualmente um pequeno conjunto de sectores, que não excede 7 quilómetros, com várias orientações, que se encontram ligadas à forma semi-circular da Concha de S. Martinho do Porto e à Ponta do Guilhim, troço litoral imediatamente a Norte da Nazaré.

2.2.2. A diversidade litológica e estrutural

Como já foi referido, o litoral da Estremadura N é dominado por afloramentos de rochas do Jurássico e do Cretácico com deformações muito abertas em sinclinal e anticlinal. Este quadro só é alterado pela intrusão do maciço sub-vulcânico de Sintra que, para além de introduzir uma faixa litoral de importância relevante dominada por rochas magmáticas, deformou consideravelmente o material encaixante na área envolvente do maciço.

No seguimento das opções de sistematização e agrupamento dos complexos litológicos sedimentares tomadas e explicadas anteriormente, obtiveram-se os resultados que se passam a analisar.

Como foi referido anteriormente, nos mapas litológicos das Figuras 2.5 a 2.8 não se identifica o substrato rochoso quando a sua natureza não se encontrava indicada nas Cartas Geológicas, nem foi possível o seu reconhecimento no campo, ou quando a cobertura por areias escondia fronteiras estruturais, como, por exemplo, na foz dos rios Sisandro (Área

B), Grande e Mexilhoal (Área C). Encontram-se neste conjunto de situações 23,3 quilómetros que correspondem a 15,6% da faixa costeira da Estremadura N.

Contudo, o dado mais interessante sobressai da análise da distribuição destes sectores no conjunto do litoral estudado. Assim, a cobertura do substrato rochoso por areias de praia/duna é significativa no litoral a Norte de Porto Dinheiro. Em conjunto, as Áreas C e D detêm 26,3% da faixa litoral coberta por areia de praia/duna, ao contrário do troço a Sul daquele local onde, em conjunto, ocupa somente 4% da faixa costeira. É igualmente significativo, quando se considera a análise das 4 Áreas em que se dividiu o litoral da Estremadura N, que a importância desta cobertura de areias vai sempre diminuindo de Norte para Sul (Quadro 2.6).

Quadro 2.6 – Percentagem de cobertura do substrato rochoso por areias de praia/duna nas 4 Áreas da Estremadura N

| | A | B | C | D |
|----------|-----|-----|------|------|
| % areias | 2,4 | 5,8 | 23,0 | 31,3 |

Este facto vem evidenciar o crescente déficit de sedimentos à medida que se caminha para Sul, não só devido a um progressivamente menor abastecimento por parte dos cursos de água, como se sugeriu atrás, como porque as areias transportadas pela deriva litoral que conseguem transpor o Canhão da Nazaré ficam depositadas, na sua maior parte, entre a Nazaré e Peniche ou imediatamente a Sul desta península, beneficiando da sua protecção, sendo diminuta a sua circulação para Sul.

Na restante faixa costeira da Estremadura não coberta por areias de praia, as rochas magmáticas detêm um peso muito reduzido (5,4 %), correspondendo em grande parte ao sector litoral talhado no maciço sub-vulcânico de Sintra (Área A). Neste troço, que se estende por cerca de 6,5 quilómetros, aflora a totalidade dos granitos (5,3 km, 3,6%) e dos sienitos (1,2 km, 0,8%) identificados na faixa costeira da Estremadura.

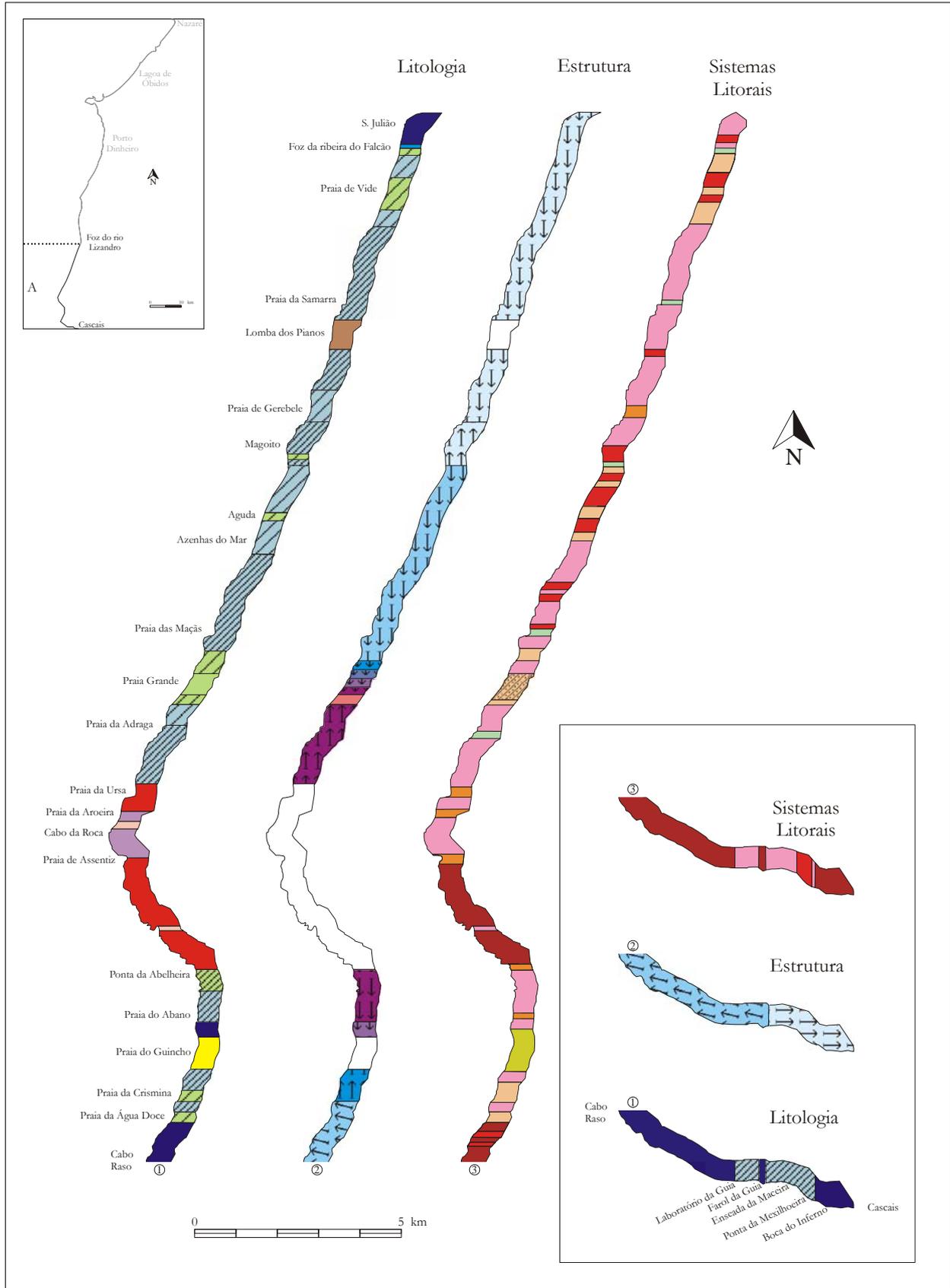


Fig. 2.5 – Litologia, estrutura e sistemas litorais da Área A da Estremadura N (legenda na Figura 2.9)

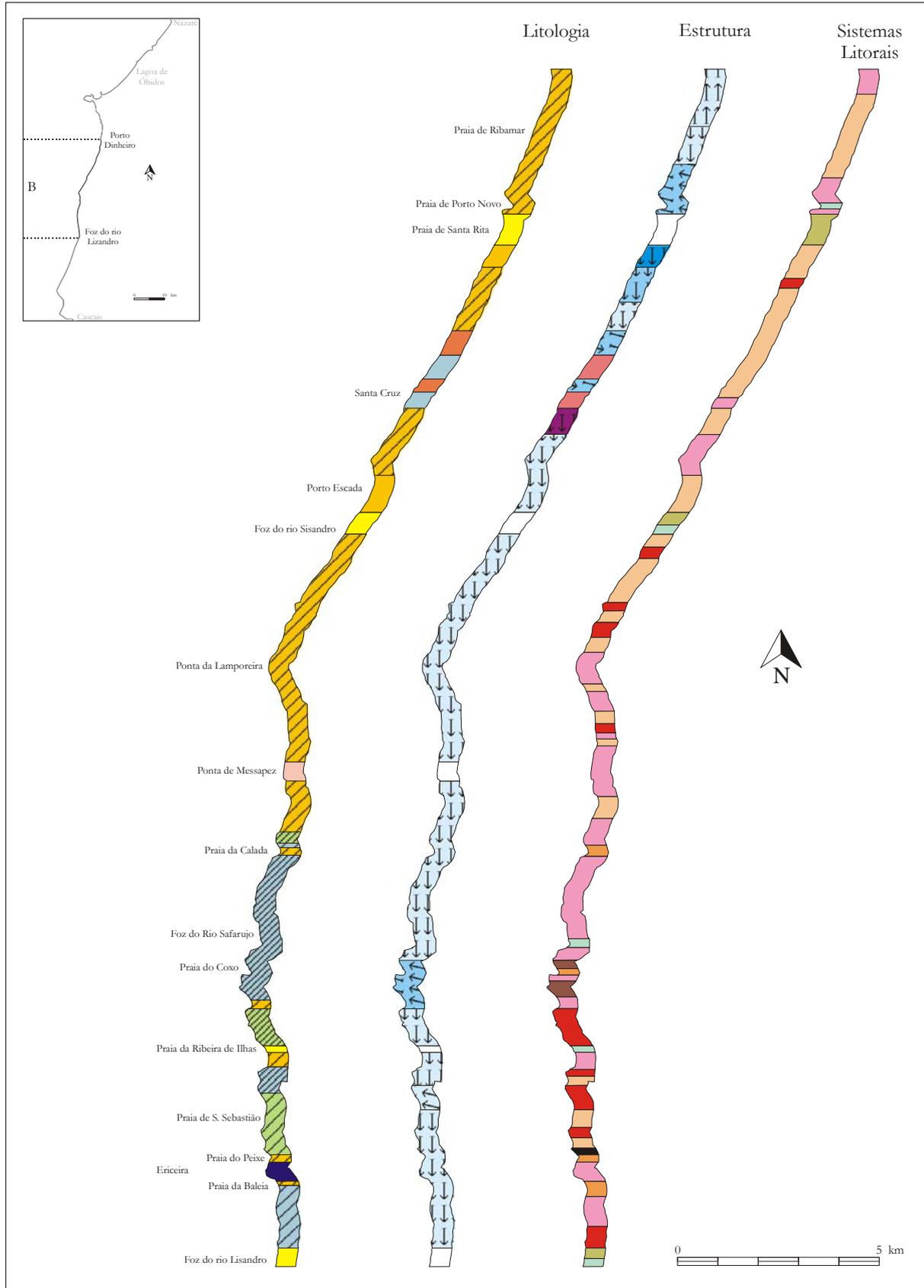


Fig. 2.6 – Litologia, estrutura e sistemas litorais da Área B da Estremadura N (legenda na Figura 2.9)

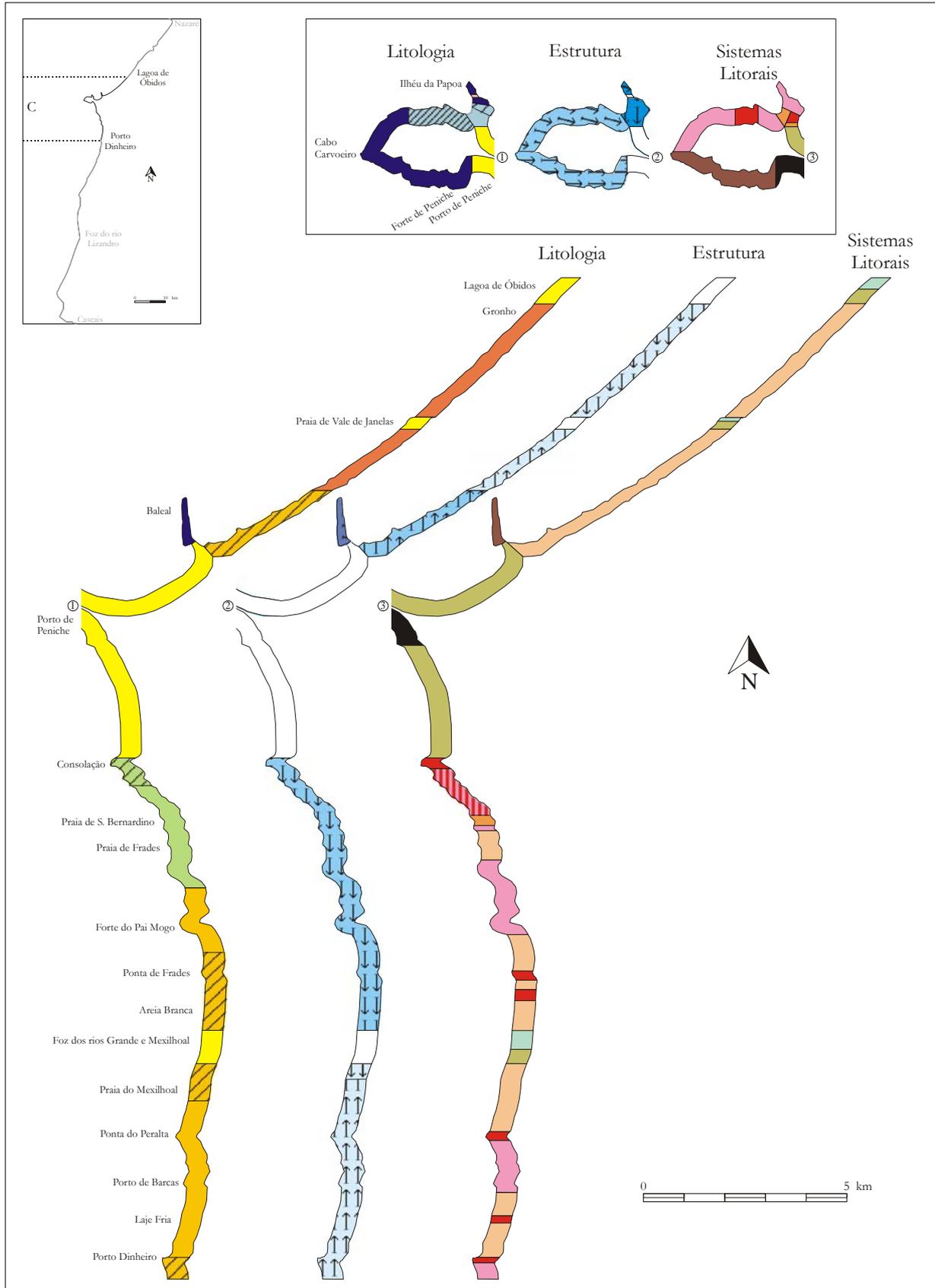


Fig. 2.7 – Litologia, estrutura e sistemas litorais da Área C da Estremadura N (legenda na Figura 2.9)



Fig. 2.8 – Litologia, estrutura e sistemas litorais da Área D da Estremadura N (legenda na Figura 2.9)

| Litologia | Código | Grupos | | | Predominância | Equivalência | Predominância |
|-----------|-----------------|--|------------------|--------------------------|-----------------------|---|---------------------------|
| | | C | M | A | | | |
| | Combinação Tipo | Dolomias, calcários e calcários margosos | Margas e argilas | Arenitos e conglomerados | Rochas brandas (>60%) | Rochas resistentes / rochas brandas (40% a 60%) | Rochas resistentes (>60%) |
| 1 | 1 | | | | | | |
| 2a | a | | | | X | | |
| 2b | b | | | | | X | |
| 2c | c | | | | | | X |
| 3a | a | | | | X | | |
| 3b | b | | | | | X | |
| 3c | c | | | | | | X |
| 4a | a | | | | X | | |
| 4b | b | | | | | X | |
| 5 | 5 | | | | | | |
| 6 | 6 | Granito | | | | | |
| 7 | 7 | Sienito | | | | | |
| 8 | 8 | Basalto | | | | | |
| 9 | 9 | Brechas (basálticas, graníticas, máficas e vulcânicas) | | | | | |
| 10 | 10 | Areias de praia/duna | | | | | |

| Estrutura do material sedimentar | Sistemas litorais |
|--|--|
| <p>Inclinações</p> <p>45° 35° 25° 15° 5° 0°</p> <p>várias não se aplica</p> | <p>Sistemas com arribas</p> <p>Arriba mergulhante [Am] Arriba com a base coberta por blocos [Ab] Sistema plataforma de sopé - arriba [Ps-] Sistema praia encastrada - arriba [Pre-] Sistema praia alongada e estreita - arriba [Pra-A] Sistema praia alongada e estreita - arriba inactiva [Pra-A(0)]</p> |
| <p>Orientação</p> <p>Sub-paralela à linha de costa, inclinação para Leste Sub-paralela à linha de costa, inclinação para Norte Sub-paralela à linha de costa, inclinação para Sul Discordante com o mar Concordante com o mar</p> | <p>Sistemas sem arribas</p> <p>Sistema praia - duna [Pr-D] Sistema praia - planície aluvial [Pr-Pla]</p> <p>Litoral artificializado [La]</p> <p>Litoral artificializado [La]</p> |

Fig. 2.9 – Legendas das Figuras 2.5 a 2.8

No conjunto das quatro Áreas estudadas, registam-se igualmente afloramentos de basaltos, ao longo de 0,8 km (0,5%), na Lomba dos Pianos (Área A), e um conjunto de brechas de natureza variada que incluem brechas graníticas e máficas - pertencentes igualmente ao complexo petrológico que constitui o maciço sub-vulcânico de Sintra (Área A) - e brechas vulcânicas - na Ponta de Messapez (Área B) e na faixa de contacto entre o ilhéu da Papoa e a península de Peniche (Área C), que no conjunto não ultrapassam oitocentos metros (0,5%).

As rochas sedimentares constituem a restante parte dos afloramentos rochosos identificados e representam a maior parte do litoral da Estremadura N (79,0%).

Entre os vários tipos de rochas sedimentares que se podem encontrar na faixa costeira estudada, ressalta o grupo M que inclui margas e argilas (Quadro 2.7). Estas rochas entram na composição de 78,3% dos complexos sedimentares da Estremadura N. Esta presença tem uma importância significativa na evolução actual destes sectores de litoral rochoso, como iremos analisar posteriormente.

Quadro 2.7 – Distribuição das combinações de rochas sedimentares que afloram no litoral da Estremadura N.

| | Grupos de rochas sedimentares | | |
|-----|--|------------------|--------------------------|
| | C | M | A |
| | dolomias, calcários e calcários margosos | margas e argilas | arenitos e conglomerados |
| kms | 73,4 | 92,4 | 71,0 |
| % | 62,2 | 78,3 | 60,2 |

No entanto, convém salientar que, embora com menor expressão, tanto o grupo C, como o grupo A, afloram em mais de metade do litoral talhado em rochas sedimentares, indicando que a principal característica de largos sectores deste litoral é serem talhados em maciços não homogéneos - correspondendo a 78,0% do conjunto litoral talhado em rochas sedimentares.

Por outro lado, a distribuição dos afloramentos de rochas já indicados não é idêntica ao longo da faixa costeira da Estremadura N – Quadro 2.8.

Quadro 2.8 – Distribuição dos grupos de rochas sedimentares nas quatro Áreas individualizadas no litoral da Estremadura N (em %)

| Áreas | C | M | A |
|-------|-------|------|------|
| A | 100,0 | 75,5 | 13,4 |
| B | 38,1 | 94,1 | 71,3 |
| C | 45,1 | 56,0 | 67,7 |
| D | 75,8 | 96,2 | 94,8 |

A presença de margas é largamente dominante nas Áreas B e D, onde estas rochas afloram em mais de 94% da faixa costeira não coberta por areias. Os afloramentos de arenitos e conglomerados são superiores a Norte, existindo mesmo largos sectores, como a faixa litoral entre o Baleal e a Lagoa de Óbidos (Área C), onde estas rochas surgem isoladamente. Por seu turno, o grupo das rochas calcárias constitui uma presença constante a Sul da Ponta da Lamporeira (Área B) entrando na composição de todos os complexos sedimentares entre esta saliência litoral e Cascais.

Quando se considera a análise da resistência das rochas ao conjunto dos agentes de degradação presentes no litoral da Estremadura, são largamente dominantes os sectores onde predominam rochas resistentes ou onde estas se encontram em equivalência com as rochas brandas - 89,2% - (Quadro 2.9).

Quadro 2.9 – Distribuição dos complexos litológicos aflorantes nas 4 Áreas individualizadas no litoral da Estremadura em função da sua resistência mecânica (em %)

| | predomínio de rochas resistentes | equivalência rochas resistentes/ /rochas brandas | predomínio de rochas brandas |
|--------------|--|--|------------------------------------|
| A | 77,7 | 20,6 | 1,6 |
| B | 24,0 | 67,7 | 8,3 |
| C | 29,4 | 42,1 | 28,5 |
| D | 4,7 | 95,3 | 0,0 |
| TOTAL | 37,8 | 51,4 | 10,8 |

Como se pode observar no mesmo Quadro, também esta distribuição não é idêntica ao longo do litoral da Estremadura N. Assim, entre Cascais e a foz do rio Lisandro (Área A) predominam claramente as rochas resistentes, em resultado dos extensos afloramentos de calcário - com grande espessura no sector Sul - e de granitos e sienitos junto ao Cabo da Roca. Esta supremacia vai diminuindo para Norte, sendo substituída por sectores onde ocorre relativa equivalência entre afloramentos de rochas resistentes e de rochas consideradas brandas. Esta regularidade é perturbada na Área C, o mais equilibrado de todos, onde sectores litorais talhados em rochas brandas têm a sua maior expressão, contrastando com os afloramentos de rocha resistente que constituem as penínsulas de Peniche e do Baleal.

Convém salientar igualmente a grande variedade de complexos litológicos aflorantes nos 8 quilómetros mais a Sul da faixa litoral da Área B, que introduzirá seguramente alguns condicionalismos na morfologia e no ritmo evolutivo litoral deste sector.

Quanto à disposição do material sedimentar relativamente à linha de costa, destaca-se o predomínio de situações de inclinação sub-paralela, com incidência particular na faixa litoral a Sul da Lagoa de Óbidos (Quadro 2.10). Esta característica estrutural do substrato sedimentar da Estremadura é extremamente interessante, pois, juntamente com a alternância de bancadas com diferente resistência mecânica ao ataque dos agentes erosivos, é fundamental para explicar a distribuição e evolução dos sistemas litorais que se encontram nesta zona costeira e, em particular, as características morfológicas das plataformas rochosas de sopé, a que se fará referência mais à frente.

Entre a Lagoa de Óbidos e a Nazaré (Área D), com excepção do pequeno sector da Ponta do Guilhim, imediatamente a Norte da Nazaré, em que o material sedimentar tem uma inclinação discordante, todo o restante substrato apresenta uma disposição em que as camadas inclinam para o mar. Este condicionalismo estrutural deve ser destacado, pois favorece a ocorrência de processos sub-aéreos de evolução do litoral rochoso, como os deslizamentos de vertente.

Quadro 2.10 – Distribuição das várias disposições do material sedimentar face ao mar nas 4 Áreas da Estremadura (em %); Co – Concordante; Di – Discordante; SP - Sub-paralela

| Disposições Áreas | Co | Di | SP | várias |
|----------------------|-------------|------------|-------------|------------|
| A | 24,5 | 0,0 | 74,8 | 0,7 |
| B | 13,4 | 3,4 | 79,8 | 3,4 |
| C | 0,0 | 18,7 | 81,3 | 0,0 |
| D | 93,8 | 6,2 | 0,0 | 0,0 |
| TOTAL | 26,4 | 7,7 | 64,8 | 1,1 |

No que respeita aos valores de inclinação, sublinhe-se que 71,8 % do material sedimentar apresenta uma inclinação inferior a 15°. Estes valores mais baixos encontram-se predominantemente nas bancadas com uma inclinação sub-paralela relativamente à linha de costa. Registrando igualmente esta disposição face ao mar, encontra-se a totalidade das camadas sedimentares com inclinação superior a 35°. A maior parte destas bancadas localiza-se junto aos contactos Sul e Norte do maciço sub-vulcânico de Sintra correspondendo ao material sedimentar que sofreu maior deformação devido à intrusão

deste maciço (Área A). O restante troço de litoral cujas bancadas sedimentares registam valores de inclinação superiores a 35° encontra-se junto à praia de S. Cruz (Área B) e está ligado ao acidente diapírico Bolhos-Maceira-Santa Cruz (FRANÇA *et al.*, 1961) que, junto a esta praia, contacta com a linha de costa, influenciando a natureza e a disposição local das rochas talhadas em arriba.

Numa análise comparativa entre as quatro Áreas, no que respeita à inclinação do material sedimentar (Fig. 2.10), as Áreas B e D destacam-se por serem as mais uniformes. Na Área B, 74,4% das bancadas sedimentares detêm inclinações inferiores a 5°, na grande maioria inclinadas para Sul, enquanto na Área D o material rochoso aflorante apresenta uma inclinação concordante entre os 15° e os 35° em 93,9% das situações.

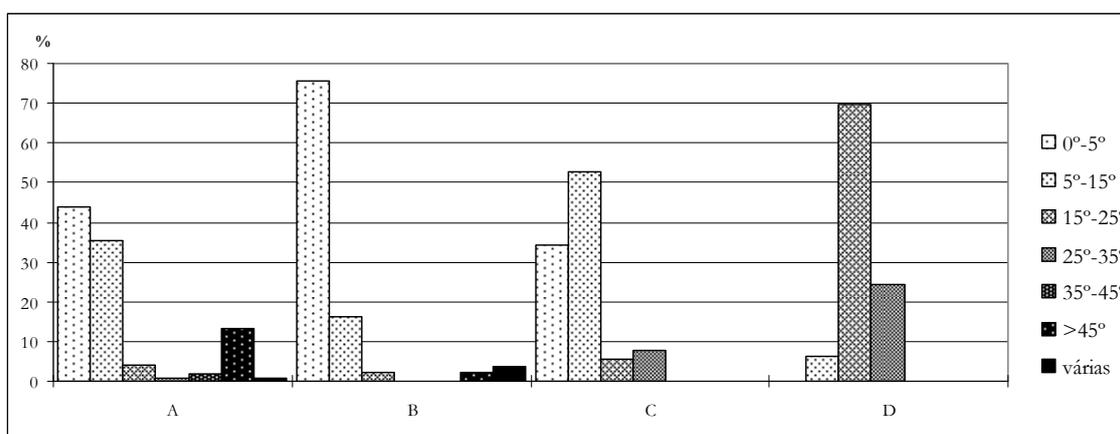


Fig. 2.10 – Distribuição das várias classes de inclinação dos materiais sedimentares nas 4 Áreas da Estremadura N

Finalmente, não se indicaram nos mapas as inclinações em dois locais: a Sul da Praia Grande (Área A), onde um cavalgamento do material do Cretácico sobre o material mais recente do Complexo de Benfica produz um enrugamento com múltiplas inclinações impossíveis de cartografar a esta escala e, junto a S. Cruz (Área B), em dois sectores que correspondem a afloramentos do complexo de «margas e calcários da Dagorda» pertencentes ao Hetangiano-Retiano, constituintes do núcleo do diapiro Bolhos-Maceira-Santa Cruz já referido; localmente, este material encontra-se intensamente dobrado e falhado, reflectindo as várias fases de paroxismo tectónico que o afectaram pois, como afirma RIBEIRO *et al.* (1979, p. 25), “les aires diapiriques sont des zones de faiblesse qui ont probablement rejoué à chaque période de compression”.

2.2.3. Caracterização dos sistemas litorais

A classificação da faixa costeira da Estremadura com individualização dos vários sistemas litorais aí presentes, permite uma análise mais detalhada não somente da extensão ocupada por cada um, como da sua distribuição, possibilitando relacioná-la com as várias orientações da linha de costa analisadas e a natureza e estrutura do substrato geológico.

Antes de entrarmos na análise de cada sistema, agrupou-se o conjunto dos valores obtidos em dois grandes conjuntos (Quadro 2.11):

- sistemas com arriba
- sistemas com praia

Quadro 2.11 – Distribuição dos sistemas litorais com arriba e com praia nas 4 Áreas individualizadas na Estremadura N (em %)

| Áreas | Sistemas com arriba | Sistemas com praia |
|--------------|---------------------|--------------------|
| A | 96,0 | 18,2 |
| B | 92,8 | 46,1 |
| C | 75,9 | 56,1 |
| D | 68,7 | 36,8 |
| TOTAL | 83,3 | 40,4 |

Os resultados alcançados permitem aferir o peso dos litorais de arriba no conjunto da faixa costeira estremenha, peso esse que vai aumentando claramente à medida que se progride para o Sul. Os valores obtidos para as praias podem revelar-se enganadores, pois se, por um lado, apontam correctamente para o fraco peso relativo das praias na Área mais a Sul, por outro realçam as Áreas B e C como aquelas onde a presença de praias é mais importante. Contudo, os valores registados nestas Áreas reflectem fundamentalmente o forte peso do sistema «praia alongada-arriba» (Quadro 2.12). Na realidade, esta maior extensão de praias de areia não corresponde a uma maior presença de sedimentos. Para analisar esta presença e a sua importância na génese e manutenção dos sistemas costeiros que incluem praias, o melhor indicador está nos valores obtidos para o sistema «praia-duna». De facto, para a formação de dunas litorais, para além de uma superfície de deflação seca, dado que a água constitui elemento aglutinador das areias (PEREIRA, 1987a), é necessário existirem sedimentos que possam ser mobilizados pelo vento. Essa superfície

poderia ser obtida nos dias de Verão, na praia alta, beneficiando de uma emersão desta faixa de quase 12 horas e da fraca precipitação registada nesta época do ano. A existência de sectores planos para o interior é um factor secundário, como foi observado na análise da génese das acumulações contra a arriba estudadas no SW alentejano por PEREIRA (1987a, 2004), NEVES (1995) e NEVES e PEREIRA (1999). Deste modo, a principal causa para a não formação de dunas, para além de outros factores secundários, reside no deficit de sedimentos mobilizáveis pelo vento. Daí que, no caso em análise, se considere que a distribuição do sistema «praia-duna» possa ser um bom indicador da abundância e distribuição de sedimentos. Deste modo, os resultados obtidos para este sistema (Quadro 2.12) apontam para uma nítida diminuição da sua importância à medida que se caminha para Sul, em particular nas Áreas litorais entre a Ponta da Lamporeira e Cascais (A e B).

Por seu lado, o domínio quase absoluto de sistemas que incluem arribas a Sul da Ponta da Lamporeira, para além da influência que a distribuição de sedimentos na Estremadura introduz nos tipos de sistemas existentes, estará provavelmente relacionado com a continuação do regime de levantamento do maciço sub-vulcânico de Sintra que favorece a existência de um litoral erosivo.

Quadro 2.12 – Sistemas litorais da Estremadura. Peso relativo em cada Área (%) e extensão total ocupada (em % e em km)

| % | Am | Ab | Ps-A | Pre-A | Pra-A | Pra(i)-A | Pr-Pla | Pr-D | La |
|--------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| A | 24,7 | 48,3 | 8,8 | 2,4 | 9,7 | 2,1 | 1,3 | 2,7 | 0,0 |
| B | 4,9 | 35,7 | 12,8 | 3,2 | 36,2 | 0,0 | 2,6 | 4,1 | 0,6 |
| C | 12,2 | 23,0 | 4,5 | 1,5 | 34,8 | 0,0 | 2,1 | 17,7 | 4,3 |
| D | 2,6 | 57,7 | 0,0 | 0,0 | 8,5 | 0,0 | 2,3 | 26,1 | 2,9 |
| TOTAL | 11,6 | 39,4 | 6,6 | 1,8 | 23,4 | 0,5 | 2,1 | 12,5 | 2,1 |
| km | 17,4 | 58,8 | 9,8 | 2,7 | 35,0 | 0,8 | 3,1 | 18,7 | 3,1 |

Sistemas: Am - arriba mergulhante; Ab - arriba com a base coberta por blocos; Ps-A – plataforma de sopé-arriba; Pré-A – praia encastrada-arriba; Pra-A – praia alongada-arriba; Pra-A(i) – praia alongada-arriba (inactiva); Pr-Pla – praia-planície aluvial; Pr-D – praia-duna; La – Litoral artificializado

Passar-se-á de seguida ao estudo dos vários sistemas litorais existentes na Estremadura, tentando compreender a sua distribuição, em função dos elementos já analisados.

2.2.3.1. Arriba mergulhante [Am] e arribas com a base coberta por blocos [Ab]

Como se pode observar no Quadro 2.12, os sistemas de «arriba mergulhante» apresentam particular expressão no sector A, com algum realce igualmente no sector C.

Se compararmos os mapas dos sistemas litorais com o mapa da litologia e sintetizarmos a informação obtida (Quadro 2.13), poderemos constatar que o sistema «arriba

mergulhante», com uma única excepção - 2 pequenos sectores que no conjunto perfazem um pouco menos de 700 metros, localizados junto à Praia do Coxo, 4 quilómetros a Norte da Ericeira -, ocorre em locais onde afloram exclusivamente rochas resistentes de natureza homogénea.

Quadro 2.13 – Constituição litológica dos locais com arriba mergulhante

| Litologia | Sectores | Áreas |
|--------------------|---------------------------------------|-------|
| calcários | Boca do Inferno (Cascais) | A |
| | Laboratório da Guia – Praia da Arriba | A |
| | Furnas (Ericeira) | B |
| | Peniche - Cabo Espichel | C |
| | Baleal | C |
| | Ponta do Guilhim (Nazaré) | D |
| calcários e margas | Praia do Coxo | B |
| granitos | Abelheira – Enseada de Assentiz | A |

Junto à Praia do Coxo, os dois pequenos sectores que foram classificados como tendo «arribas mergulhantes» e que fogem da regra referida acima, justificam-se fundamentalmente pela combinação de factores litológicos e estruturais locais favoráveis. Nesses sectores, orientados a SW, o contacto com o mar é feito por intermédio de uma espessa bancada de calcários com uma inclinação concordante de cerca de 8° (Fig. 2.11).

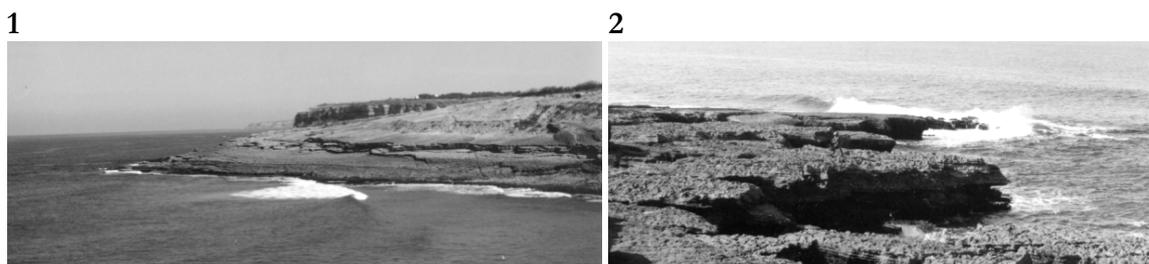


Fig. 2.11 – Sectores de arriba mergulhante junto à Praia do Coxo. 1 – arriba Sul; 2 – arriba Norte. Fotos de Fevereiro de 1993.

A posição desta bancada face ao mar vai exercer uma acção de protecção sobre as bancadas subjacentes, funcionando o conjunto, de alguma forma, como se se tratasse de um conjunto homogéneo.

Com a excepção destes sectores, agora justificada, todos os restantes são talhados ora em espessas bancadas calcárias ora nos granitos que compõem parte do maciço sub-vulcânico de Sintra. No entanto, a relação não é biunívoca, ou seja, há sectores onde afloram exclusivamente rochas resistentes e em que as arribas não são mergulhantes, porque apresentam a base coberta por depósitos. São disso exemplo:

- sectores talhados em calcários
 - S. Julião (Área A)
 - sector a NE do Cabo Espichel (Área C)
 - ilhéu da Papoa – Península de Peniche (Área C)
- sectores talhados em granitos
 - praia da Aroeira – praia da Ursa (Área A)

Existem assim outros factores que influenciam o tipo de sistema presente em cada sector talhado exclusivamente em rocha resistente. Numa análise a uma escala regional necessariamente incompleta, pois não considera o peso de factores locais no resultado obtido, apesar de tudo, podem-se agrupar os dois sistemas identificados nos sectores litorais onde afloram exclusivamente rochas resistentes de natureza homogénea, em função da sua exposição. Na realidade, os sectores talhados neste tipo de rochas, sempre que se encontram expostos a S ou a SW, apresentam quase exclusivamente um sistema de «arriba mergulhante», com excepções constituídas por pequenas reentrâncias na linha de costa, sempre de reduzida extensão (<100 metros), onde a energia da ondulação diminui favorecendo a acumulação de material e que se abordarão mais adiante. Quando a orientação da linha de costa os expõe a Oeste ou a NW, em 43,7% da extensão ocupada por estes locais, a base da arriba encontra-se coberta por blocos provenientes da evolução dessa mesma arriba. Ou seja, os primeiros, ao contrário dos segundos, encontram-se protegidos da acção erosiva contínua da ondulação predominante de NW, estando somente sujeitos às muito menos frequentes - embora por vezes muito energéticas - situações de ondulação de SW.

No caso dos granitos, esta diferença é marcante. O sector Abelheira - Enseada de Assentiz, exposto a SW, apresenta em 97,6% da sua extensão um sistema de «arriba mergulhante» (Fig. 2.12-1), enquanto o sector entre a praia da Aroeira Norte e a Praia da Ursa, orientado a WNW, apresenta uma praia encastrada entre arribas com a base coberta por blocos (Fig. 2.12-2).



Fig. 2.12 – Litoral talhado em granitos. 1-sector exposto a SW com arriba mergulhante; 2-sector exposto a WNW com arriba com a base coberta por blocos e praia.
Fotos de: 1-Outubro de 2001; 2-Setembro de 1996.

No que diz respeito aos sectores talhados em calcários expostos a SW, 98,0% ostentam um litoral de «arriba mergulhante». Nos restantes sectores expostos na sua grande maioria a W e a WNW destacam-se fundamentalmente dois tipos de sistemas: «arriba mergulhante» e «arriba com a base coberta por blocos». Sem prejuízo da influência de outros factores locais, nota-se para já, e numa análise comparativa entre os locais com estes dois sistemas que, quando a frente da arriba apresenta um fraco comando (normalmente inferior a 10 metros) a tendência é para a formação de um sistema de «arriba mergulhante»; enquanto que, quando o topo da arriba se encontra a valores de altitude superiores, predominam os sistemas de «arriba com a base coberta por blocos».

Nos sectores de arriba mais baixa, o conjunto de processos que actuam nos calcários - meteorização, acção biológica e abrasão – originam resíduos, normalmente de dimensão reduzida, favorecendo a manutenção da arriba mergulhante. Pelo contrário, nos sectores de arriba com comando de 20 ou mais metros, a acção destes processos é mais intensa na base, originando aí um recuo superior com formação de uma sapa, instabilização do sector cimeiro, que terá tendência a evoluir por desabamentos, muitas vezes de grandes blocos que se acumulam na base da arriba.

Em conclusão, três factores principais favorecem a manutenção de arribas mergulhantes nas actuais condições ambientais: a homogeneidade e resistência do substrato em que estão talhados estes sistemas litorais e a exposição da linha de costa face à ondulação dominante, onde se encontram inseridos.

O sistema «arriba com a base coberta por blocos» constitui o principal sistema presente na faixa costeira da Estremadura, ocupando 57,9 quilómetros de extensão, o que corresponde a 38,8 % do litoral em estudo e 46,6 % do conjunto dos sectores com arriba.

A distribuição destes sectores em função da predominância de afloramentos de rochas resistentes (R), afloramentos de rochas brandas (B) ou de uma situação de equivalência (E) entre ambas não parece fornecer dados significativos, embora dos resultados expressos no Quadro 2.14 se possa concluir que há uma menor tendência para o sistema [Ab] surgir em sectores onde afloram predominantemente rochas brandas.

Quadro 2.14 – Percentagem do sistema Ab em cada tipo de resistência das rochas presentes no litoral da Estremadura N.

| | R | E | B |
|---|------|------|------|
| % | 48,1 | 45,5 | 37,5 |

De novo as margas são dominantes, ocorrendo em 89,7% dos sectores com sistema «arriba com base coberta por blocos» (Quadro 2.15). Os restantes são compostos por sectores onde afloram brechas, material que, pela elevada desagregação que o caracteriza, é fonte abundante de alimentação da base da arriba, ou por sectores de litoral rochoso talhados numa só unidade litológica – calcários, granitos ou sienitos -. Neste caso, poderão ser a tectónica e a fissuração da rocha de uma maneira geral, conjuntamente com a lapialização no caso dos calcários, as grandes responsáveis pela individualização dos blocos que serão posteriormente destacados da arriba.

O afloramento de calcários e/ou arenitos conjuntamente com as margas aparenta favorecer a ocorrência de um sistema [Ab] (Quadro 2.15). No entanto, os processos de evolução das arribas onde estes dois tipos de rocha afloram diferem tanto na magnitude dos eventos como fundamentalmente na sua frequência.

Quadro 2.15 – Percentagem do sistema Ab em cada combinação litológica* existente no litoral da Estremadura N (ver Legenda da Litologia na Fig. 2.9)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|------|------|------|------|-----|------|------|
| % | 17,5 | 65,9 | 62,1 | 42,2 | 0,0 | 18,9 | 91,7 |

* não se consideraram os afloramentos de basalto e de brechas por não serem suficientemente representativos (extensão < 1 km)

No grupo 2, a erosão das margas destaca as bancadas calcárias que evoluem principalmente por movimentos de vertente, originando acumulação de blocos na base da arriba. Estes blocos têm dimensão variável, mas são normalmente constituídos por material muito resistente à erosão mecânica das ondas. Apesar do abastecimento por parte da arriba poder não ser muito significativo, estes blocos, devido à sua elevada resistência, podem permanecer no local durante um período de várias dezenas de anos (ou mesmo centenas de anos, como parece ser o caso nalguns locais, como por exemplo os blocos acumulados sobre a plataforma rochosa junto à Ponta da Mexilhoeira/Cascais – Fig. 2.13); por outras palavras, ocorre acumulação porque, embora o abastecimento da arriba não seja significativo, a ondulação não tem competência para destruir e/ou transportar rapidamente os blocos que se acumulam junto à base da arriba.

No grupo 4 o processo de recuo da vertente é idêntico ao descrito anteriormente; mas, de uma maneira geral, os depósitos de arenitos que se acumulam na base da arriba são menos resistentes ao ataque erosivo da ondulação e, por este facto, permanecem aí um período temporal muito inferior ao dos calcários. A sua presença em muitos sectores litorais indica que o abastecimento em depósitos de vertente é superior à capacidade do mar para os destruir (Fig. 2.14).

Finalmente, as diferenças entre os granitos e os sienitos são, numa primeira análise, notórias. Apesar de denotarem em parte uma diferente dinâmica destas rochas face ao conjunto dos agentes erosivos, os valores obtidos são em grande medida influenciados pela

exposição abrigada da ondulação da maior parte do troço litoral talhado em granitos, como se referiu atrás.



Fig. 2.13 – Sistema «arriba com a base coberta por blocos» entre a Boca do Inferno e a Ponta da Mexilhoeira (Cascais). Foto de Junho de 2001.

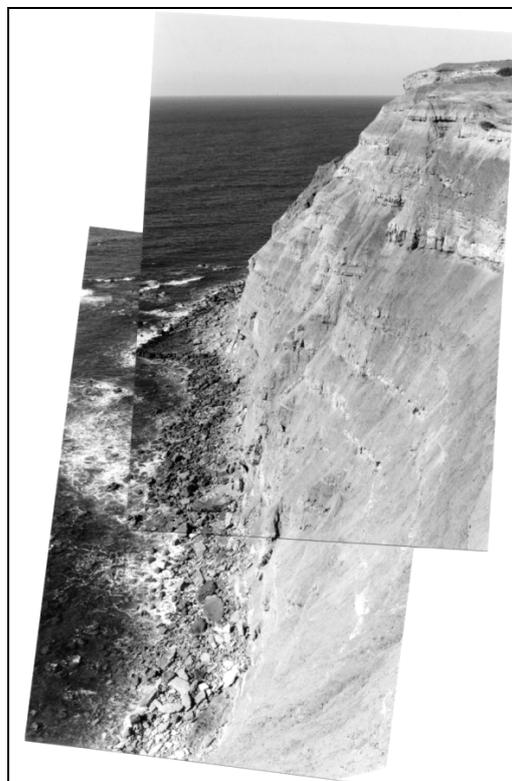


Fig. 2.14 – Sistema «arriba com a base coberta por blocos» a Sul da Ponta de Messapez. Foto de Fevereiro de 1993.

2.2.3.2. Sistema plataforma rochosa de sopé – arriba [Ps-A]

A representatividade dos sectores com sistema «plataforma rochosa de sopé – arriba» na faixa costeira da Estremadura (Quadro 2.12) é reduzida - 6,4%. No entanto, é necessário não esquecer que neste valor estão unicamente incluídos aqueles sectores de plataforma rochosa que, durante o período de elaboração deste trabalho se apresentaram na maior parte das situações não encobertos por sedimentos. Na realidade, boa parte dos sectores com o sistema «praia alongada e estreita – arriba» correspondem a plataformas rochosas ocultas por pouco espessas coberturas de areia, como se referiu anteriormente.

Foram identificados 33 locais com sistema «plataforma rochosa de sopé – arriba» (Quadro 2.16) que, no total, se estendem por cerca de 9,8 km. As exposições são múltiplas, prevalecendo, contudo, as plataformas expostas a W e WNW.

A sua distribuição ao longo desta faixa litoral não é, porém, regular. Assim, todos os troços com sistemas deste tipo se encontram localizados nas Áreas A, B e C, situando-se em Peniche, a plataforma rochosa que se pode observar mais a Norte.

Quadro 2.16 – Características geomorfológicas das plataformas rochosas de sopé da Estremadura N.

| Nº Local | Exposição | Extensão máx. (m) | Largura máx. (m) | Litologia | Grupo litológico* | Inclinação** |
|--|---------------------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|
| 01 Cascais | SW | 410 | 70 | Calcários, Margas | 2c | SPE 0°-5° |
| 02 Cabo Raso 1 | WNW | 110 | 10 | Calcários | 1 | C 0°-5° |
| 03 Cabo Raso 2 | WNW | 160 | 14 | Calcários | 1 | C 0°-5° |
| 04 Maças Norte 1 | WNW | 160 | 75 | Calcários, Margas | 2c | SPS 5°-15° |
| 05 Maças Norte 2 | WNW | 210 | 50 | Calcários, Margas | 2c | SPS 5°-15° |
| 06 Maças Norte 3 | WNW | 150 | 40 | Calcários, Margas | 2c | SPS 5°-15° |
| 07 Aguda | WNW | 270 | 80 | Calcários, Margas | 2b | SPS 0°-5° |
| 08 Aguda-Magoito 1 | WNW | 490 | 140 | Calcários, Margas | 2b | SPS 0°-5° |
| 09 Aguda-Magoito 2 | WNW | 190 | 100 | Calcários, Margas | 2b | SPS 0°-5° |
| 10 Magoito | W | 370 | 40 | Calcários, Margas | 2c | SPS 0°-5° |
| 11 Praia de Vide 1 | WNW | 230 | 100 | Calcários, Margas | 2b | SPS 0°-5° |
| 12 Praia de Vide 2 | WNW | 285 *** | 160 | Calcários, Margas | 2b | SPS 0°-5° |
| 13 Lomba dos Pianos Sul | WNW | 100 | 100 | Calcários, Margas | 2c | SPS 0°-5° |
| 14 S. Julião | W | 160 | 30 | Calcários, Margas | 2b | SPS 0°-5° |
| 15 Foz Lisandro Norte | W | 410 | 120 | Calcários, Margas | 2b | SPS 0°-5° |
| 16 S. Sebastião | W/WSW | 240 | 70 | Calcários, Margas, Arenitos | 3c | SPS 0°-5° |
| 17 Tombadoiros | W/WSW | 640 | 90 | Calcários, Margas, Arenitos | 3c/2c | SPS 0°-5° |
| 18 Mil Regos | W/WNW | 230 | 60 | Calcários, Margas | 2c | SPS 0°-5° |
| 19 Ribeira de Ilhas | SW-350m WSW-700m WNW-150m | 1200 | 120 | Calcários, Margas, Arenitos | 3c | SPS 0°-5° |
| 20 Ponta de Messapez- Ponta da Lamporeira | | 180 | 30 | Margas, Arenitos | 4b | SPS 0°-5° |
| 21 Porto Novo-Porto Escada 1 | W | 480 | 40 | Margas, Arenitos | 4b | SPS 0°-5° |
| 22 Porto Novo-Porto Escada 2 | W | 320 | 40 | Margas, Arenitos | 4b | SPS 0°-5° |
| 23 Porto Novo-Porto Escada 3 | W/WNW | 390 | 40 | Margas, Arenitos | 4b | SPS 0°-5° |
| 24 A N de S. Cruz | W | 330 | 30 | Margas, Arenitos | 4b | SPS 5°-15° |
| 25 Porto Dinheiro | W | 120 | 75 | Margas, Arenitos | 4a | SPN 0°-5° |
| 26 Laje Fria | WNW | 120 | 75 | Margas, Arenitos | 4a | SPN 0°-5° |
| 27 Peralta | WNW | 130 | 75 | Margas, Arenitos | 4a | SPN 0°-5° |
| 28 Areia Branca | W | 190 | 100 | Margas, Arenitos | 4b | SPS 5°-15° |
| 29 Ponta de Frades | SW | 180 | 50 | Margas, Arenitos | 4b | SPS 5°-15° |
| 30 S. Bernardino- Consolação | SW | 270 **** | 25 | Calcários, Margas, Arenitos | 3a/3b | SPS 5°-15° |
| 31 Consolação | SW-180 W-70m NW-70m | 260 | 25 | Calcários, Margas, Arenitos | 3b | SPS 5°-15° |
| 32 Peniche N | N | 620 | 150 | Calcários, Margas | 2c | D 0°-5° |
| 33 Peniche NE | NE | 200 | 150 | Calcários, Margas | 2a | SPS 0°-5° |

* ver Figura 9

** C-concordante; D-discordante; SPE-sub-paralela Este; SPN-sub-paralela Norte; SPS-sub-paralela Sul

*** na realidade é um sector de 430 metros de litoral rochoso cuja base não está totalmente ocupada por plataforma: nos primeiros 150 metros, observa-se uma plataforma muito retalhada, com os locais mais deprimidos cobertos quase sempre por areia; para Norte sucedem-se dois sectores de praia-arriba respectivamente com 75 e 70 metros de extensão alternados com dois sectores com plataforma rochosa de sopé-arriba com 70 e 65 metros de comprimento;

**** em 1,6 km há nove pequenos retalhos de plataforma que ocupam no total cerca de 270 metros de extensão de linha de costa

A dimensão das plataformas de sopé é muito variável. A sua largura não ultrapassa 160 metros, sendo em média de cerca de 65 metros. A extensão destas formas litorais oscila entre os pequenos retalhos de plataforma, que se espalham ao longo da faixa costeira entre

S. Bernardino e a Consolação (Área C) – Fig. 2.15 com cerca de 25 metros de extensão média, e os 1200 metros de comprimento da plataforma rochosa de sopé localizada a Norte da Ribeira de Ilhas (Área B) – Fig. 2.16. Talhadas fundamentalmente em calcários, calcários margosos e arenitos, se exceptuarmos o Cabo Raso (Área A), que constitui um caso particular de plataforma rochosa, estas formas litorais só aparecem em complexos litológicos com a presença de margas e argilas. Por outro lado, não se encontram plataformas rochosas de sopé em rochas magmáticas⁶, facto a destacar, pois é uma consequência da evolução particular dos sectores litorais em que este tipo de rochas aflora e do já referido regime de levantamento do maciço sub-vulcânico de Sintra. O agrupamento das plataformas em função da natureza do substrato não fornece qualquer correlação assinalável com a dimensão destas formas litorais. Pelo contrário, a sua largura e, principalmente, o seu comprimento, apresentam estreita relação com a estrutura dos materiais sedimentares, como também foi salientado por REGNAULD *et al.* (1995).



Fig. 2.15 – Pequenas plataformas rochosas no sector litoral entre S. Bernardino e a Consolação. Foto de Junho de 1997



Fig. 2.16 - Plataforma rochosa de sopé a Norte da praia da Ribeira de Ilhas. Foto de Fevereiro de 1993

Embora as plataformas rochosas tanto possam ocorrer em estruturas concordantes como discordantes, a grande maioria (89,9% da extensão ocupada pelo sistema «plataforma rochosa de sopé – arriba») ocorre em estruturas sub-paralelas, das quais 83,0% inclinadas para o quadrante Sul.

Para além disso, não se registou qualquer plataforma em substratos sedimentares com inclinações superiores a 15°. Agrupadas as plataformas em função da atitude do substrato,

⁶ A plataforma rochosa de sopé que aparece identificada no sector litoral com substrato em basalto da Lomba dos Pianos (Área A), na realidade encontra-se talhada em material sedimentar (alternância de calcários e margas) que aflora na base da arriba sob a intrusão basáltica.

verificou-se que, quanto maior é a inclinação do material, menor é a extensão e a largura das plataformas (Quadro 2.17).

Quadro 2.17 – Dimensões médias das plataformas rochosas de sopé agrupadas pela inclinação do substrato

| Inclinação | Comprimento médio (m) | Largura média (m) |
|------------|-----------------------|-------------------|
| 0°-5° | 368,7 | 87,4 |
| 5°-15° | 109,4 | 37,2 |

Em função das características geomorfológicas enunciadas, é possível concluir que, de uma maneira geral, as plataformas rochosas de sopé da Estremadura são sub-estruturais, estando a sua evolução dependente de afloramentos de bancadas resistentes de calcário, calcário margoso ou arenito, junto à base da arriba, sobre a qual se encontram camadas sedimentares mais brandas compostas fundamentalmente por margas e argilas. A acção dos agentes erosivos, nomeadamente a acção da ondulação, vai originar um recuo mais pronunciado no sector de arriba talhado nos materiais mais brandos que induz igualmente um maior recuo do sector cimeiro da arriba, instabilizado devido a perda de apoio no sector basal. O resultado global é a exposição da bancada resistente da base, que vai constituir uma plataforma rochosa de sopé. O progressivo alargamento desta plataforma vai condicionar a energia de ataque da ondulação aos materiais frágeis que estão na base da arriba, de tal modo que, por fim, a plataforma rochosa de sopé se constitui como um factor de protecção relativamente à arriba. Este facto é particularmente notório em vários sectores litorais estudados, onde os locais com sistema «plataforma de sopé-arriba» se encontram em posição de saliência litoral relativamente aos sectores contíguos talhados em substratos idênticos, mas sem plataforma rochosa no sopé da arriba. Estão nesta situação particularmente alguns sectores da Área C - Porto Dinheiro, Ponta do Peralta, Ponta de Frades e Consolação (Fig. 2.17). Deste modo, é possível afirmar que nestes locais o traçado da linha de costa é condicionado pela existência de uma plataforma rochosa na base das arribas.

Igualmente curiosa é a distribuição e associação das plataformas de sopé com outros sistemas litorais em função da estrutura e da natureza do substrato, em particular da variação da resistência das rochas que o compõem. A distribuição que se vai descrever observa-se fundamentalmente nos conjuntos litológicos que incluem uma alternância de materiais do grupo das margas e argilas com rochas do grupo dos calcários, com

inclinações laterais relativamente à linha de costa inferiores a 15°. Noutros complexos litológicos, a distribuição dos sistemas não é tão organizada.



Fig. 2.17 – Saliência litoral frente à Consolação com plataforma rochosa no sopé da arriba. Foto de Junho de 1997.

Assim, uma análise comparativa entre os mapas elaborados permitiu constatar que ocorre uma forte tendência para se observar uma sucessão de sistemas «plataforma de sopé – arriba» e «arriba com a base coberta por blocos» sempre que o substrato é constituído por uma alternância de margas ou argilas e calcários com predomínio de rochas resistentes. Quando as rochas apresentam a mesma natureza e ocorre equivalência de afloramentos entre rochas resistentes e rochas brandas ou predominam estas últimas, a tendência é para se sucederem os sistemas «plataforma de sopé–arriba» e «praia alongada e estreita–arriba». Esta relação pode ser observada claramente na Área A, apresentando-se como exemplos mais marcantes do primeiro caso os sectores Magoito–Praia de Vide Sul e particularmente o sector Praia das Maças–Aguda (Fig. 2.18) e, do segundo caso, os sectores Aguda–Magoito e, no extremo Norte do mapa, a Sul da foz da Ribeira do Falcão, a Praia de Vide (Fig. 2.19).

Uma primeira abordagem à dinâmica destes sectores pode ser tentada, em função destes dois tipos de sistema presentes.

Analisemos primeiro os sectores em que o substrato apresenta uma inclinação sub-paralela e é composto por uma alternância de rochas brandas (margas ou argilas) e resistentes (dolomias, calcários ou calcários margosos), em que estas últimas predominam.



Fig. 2.18 – Sector litoral entre a praia das Maças e as Azenhas do Mar. Linha cinzenta escura - sistema «plataforma de sopé-arriba»; Linha cinzenta clara – sistema «arriba com a base coberta por blocos». Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

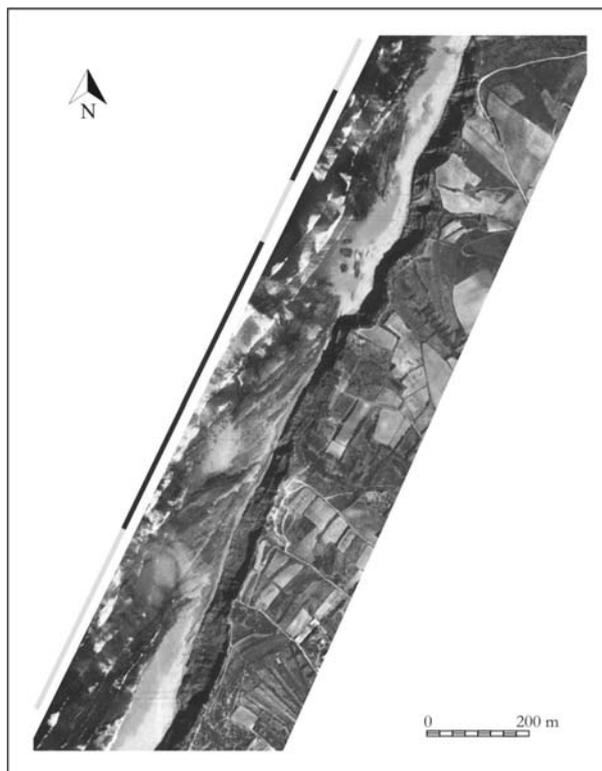


Fig. 2.19 – Sector litoral entre a praia da Aguda e o Magoito. Linha cinzenta escura - sistema «plataforma de sopé-arriba»; Linha cinzenta clara – sistema «praia estreita e alongada-arriba». Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

A inclinação das bancadas sedimentares com valores inferiores a 15° vai originar dois tipos principais de evolução do litoral em função da natureza da bancada que aflora na base. Se aí aflorar uma bancada resistente a evolução segue o modelo descrito atrás para a génese e desenvolvimento de plataformas rochosas sub-estruturais. Pelo contrário, se na base aflorar uma bancada de material brando, o recuo mais rápido da arriba no local vai originar a evolução do sector suprajacente talhado em rocha resistente, fundamentalmente por movimentos de vertente com acumulação do material junto à base. A dimensão deste material vai depender da espessura das bancadas e da rede local de fracturação mas, de uma maneira geral, é constituída por blocos de grande dimensão ($>1\text{m}^3$). Em qualquer dos casos, tanto a plataforma rochosa de sopé como a acumulação de blocos vai exercer uma acção de protecção sobre a base da arriba, desacelerando o seu recuo.

Nos sectores onde o substrato tem as mesmas características de inclinação e alternância de materiais, mas onde ocorre equivalência entre rochas resistentes e rochas brandas ou

predomínio destas últimas, a evolução é tendencialmente mais rápida que nos sectores com predomínio de rochas resistentes analisados atrás, fundamentalmente porque em condições de inclinação semelhantes, a parte da arriba talhada em materiais brandos exposta à ondulação é, neste caso, superior. Assim, os sectores talhados nos conjuntos de rochas destes tipos apresentam uma linha de costa um pouco mais recuada que os sectores contíguos (ver Área A). Por outro lado, os sedimentos resultantes da evolução da arriba apresentam uma dimensão inferior sendo mais facilmente trabalhados pela ondulação. Deste modo, nos locais onde na base aflora uma bancada resistente haverá tendência à formação de uma plataforma rochosa de sopé de forma idêntica ao já descrito anteriormente. Nos restantes sectores, dois factores concorrem para a formação de praias alongadas: a conjugação de um fornecimento superior de sedimentos de pequenas dimensões por parte da arriba e uma diminuição da energia da ondulação devida à reentrância litoral, com conseqüente tendência para o abandono dos sedimentos transportados.

2.2.3.3. Sistemas praia – arriba

A - Sistema praia alongada e estreita – arriba [Pra-A]

Na faixa costeira da Estremadura, o sistema «praia alongada e estreita – arriba» ocupa um total de 35,0 quilómetros, o que corresponde a 23,4 % do total desta faixa e a 28,1% dos sectores de litoral rochoso. É o segundo sistema em extensão da Estremadura. Mais importante ainda, corresponde a 58,2% da extensão litoral da região estremenha a Norte do Tejo ocupada por praias, o que atesta bem a falta de sedimentos que caracteriza esta faixa costeira. A sua distribuição é particularmente significativa nas Áreas B e C. Na Área A, a escassez de sedimentos é penalizadora para todas as praias deste troço, enquanto pelo contrário, na Área D, o maior afluxo de sedimentos ao litoral favorece preferencialmente a formação de outro tipo de praias como o sistema «praia-duna». Esta distribuição está de acordo com as características hidrológicas continentais e marítimas descritas no início deste trabalho.

Analisando comparativamente os mapas dos sistemas litorais e da litologia salienta-se que, com a excepção da Praia de Empa a Norte da Ericeira, todas as praias se encontram localizadas em sectores onde predominam rochas brandas ou estas se encontram em equivalência com as rochas resistentes. A este facto não deverá ser alheio o modelo de evolução já indicado para o recuo litoral talhado em sectores onde as rochas resistentes não predominam, desenvolvido a propósito da génese e evolução das plataformas rochosas.

As praias classificadas neste sistema apresentam um comprimento que é muito variável, oscilando entre os 100 metros e os 3,4 quilómetros, mas exibem todas um predicado comum – são muito estreitas, desenvolvendo-se, na maior parte dos casos, entre os níveis da baixamar e da preiamar vivas. Para além disso, caracterizam-se pela reduzida espessura da acumulação de areias, o que as enquadra no conjunto de praias muito sensíveis aos efeitos da ocorrência de tempestades com maior poder erosivo (NEVES, 2002). É de realçar que situações deste tipo fazem parte do ciclo natural de evolução destas praias, sendo normalmente contrabalançados por períodos em que a ondulação contribui para o transporte e a reposição das areias na praia. No entanto, dada a fragilidade destas praias, modificações no ritmo e intensidade das tempestades ou na direcção destes eventos extremos, podem causar modificações nestes locais com um conseqüente emagrecimento persistente das praias e um aumento da vulnerabilidade das arribas que as limitam para o interior.

Descremem-se de Sul para Norte os sectores identificados com este sistema, agrupados sempre que as suas características o permitem.

As praias deste tipo mais a Sul são a praia da Arriba, também conhecida por praia da Água Doce, e a praia da Cresmina ou praia da Galé (ambas na Área A). A praia da Arriba é pouco extensa, com 350 metros por 70 metros de largura máxima, enquanto a Cresmina é maior, com 450 metros por 120. Esta última praia, que actualmente contacta para o interior com uma arriba baixa (comando < 20 metros) já fez parte do grande sistema «praia–duna» do Guincho localizado imediatamente a Norte, como se pode observar pela área ocupada pelo sistema dunar (Fig. 2.20). A posição relativamente periférica desta praia relativamente a este sistema, juntamente com o facto de se encontrar mais exposta à ondulação predominante de NW terá originado o seu emagrecimento.

A Praia Grande (Área A) tem uma extensão de cerca de 1,2 quilómetros, a maior parte da qual é limitada internamente por uma estrada longitudinal que interrompeu o contacto entre a praia e a arriba, transformando-a numa arriba inactiva. A Praia Grande, com uma largura média máxima de 120 metros a Sul, estreita progressivamente para Norte, até 40 metros. Aproveita o afloramento no local de materiais brandos que compõem o Complexo de Benfica que, por isso, sofreu maior recuo relativamente aos materiais mais resistentes que compõem as bancadas Cretácicas.

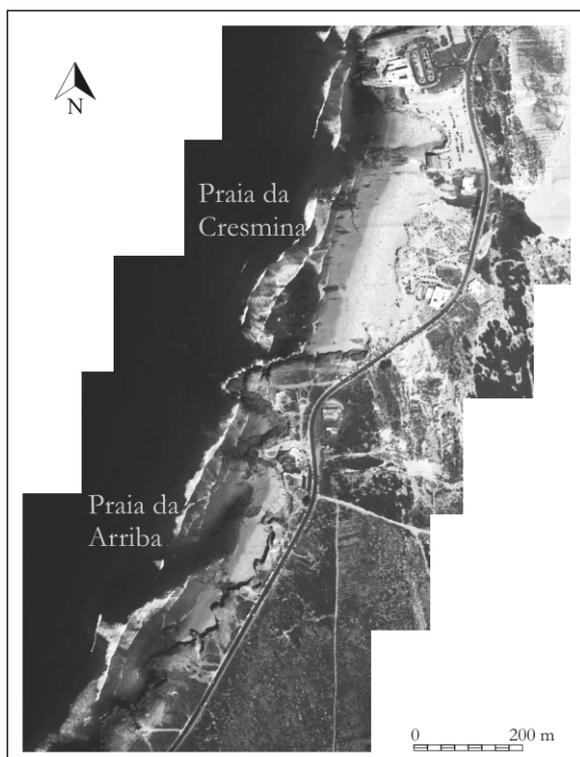


Fig. 2.20 – Praias da Cresmina e da Arriba (a Sul da praia do Guincho). Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

Para Norte encontramos, ainda na Área A, duas praias relativamente extensas – Aguda-Magoito (Fig. 2.19) e Vide-S. Julião com 2,5 e 1,9 quilómetros respectivamente, que não apresentam toda esta extensão coberta de areias, pois, como já fizemos referência anteriormente, são sectores onde alternam os sistemas «praia alongada e estreita» com «plataforma de sopé-arriba».

Junto à Ericeira surgem 3 pequenas praias muito estreitas (largura <50m), Algodio, S. Sebastião-Matadouro e Empa (Área B), não atingindo a maior 500 metros de extensão. Localizadas em ligeiras reentrâncias litorais, alternam com sectores com sistema «plataforma de sopé-arriba». Os locais onde as praias se formam correspondem a afloramentos de bancadas margosas na base do complexo litológico que compõe a arriba, o que, para além de impedir a formação de uma plataforma de sopé, induz um recuo superior nas arribas, relativamente aos sectores contíguos.

Até à Ponta da Lamporeira (Área B), é possível encontrar mais 4 sectores de arriba com praia alongada na base, com largura inferior a 30 metros, só detectáveis na maré baixa. Beneficiam para a sua formação da composição de margas e arenitos em que a arriba aqui se encontra talhada.

Para Norte da Ponta da Lamporeira e até S. Bernardino (Área C), encontram-se 16 praias ou sectores de praia alongada e estreita ocupando 17,4 quilómetros, correspondentes

a 58% de linha de costa, sendo as mais importantes pela sua extensão, as praias de Santa Cruz, de Ribamar (ambas na Área B) e Mexilhoal (na Área C). Qualquer das praias não é contínua, apresentando interrupções por afloramentos que constituem plataformas rochosas de sopé. De notar que as praias de S. Cruz e do Mexilhoal são as duas praias do sistema «praia alongada e estreita-arriba» com maior largura, entre os 120 e os 140 metros. Todo este sector se caracteriza pela presença de arenitos na composição das rochas do substrato, cuja evolução deverá contribuir para um abastecimento local das praias.

Entre a península do Baleal e a Lagoa de Óbidos (Área C) estende-se uma faixa de 10,7 quilómetros, só interrompida pela foz da ribeira do Vale bem Feito e do pequeno sistema de praia-duna associado. Novamente vamos encontrar arenitos no substrato, neste caso de forma quase exclusiva. Apesar da sua grande extensão, este sector apresenta uma largura média muito reduzida, normalmente inferior a 40m, só ultrapassada em pequenas reentrâncias da arriba.

Finalmente, depois de um troço de 15 quilómetros sem qualquer praia, entre a Lagoa de Óbidos e a Concha de S. Martinho do Porto (Área D), foram cartografadas para NE desta baía as duas últimas praias alongadas do litoral da Estremadura – a praia da Gralha e a dos Salgados. Estas duas praias encontram-se instaladas sobre substrato onde alternam fundamentalmente margas e calcários.

B - Sistema praia encastrada – arriba [Pre-A]

Identificaram-se 14 praias encastradas totalizando 2,7 quilómetros de linha de costa, a que correspondem 1,8% do litoral da Estremadura N. Estas praias são mais frequentes entre o Cabo Raso (Área A) e a Ponta da Lamporeira (Área B). Para Norte desta proeminência somente se identificaram duas praias encastradas, em S. Bernardino e no Portinho da Areia do Norte (Área C).

No litoral da Estremadura N, as praias encastradas existentes estão intimamente ligadas às características litológicas e/ou estruturais do substrato. Foram identificados quatro conjuntos de situações:

- locais onde uma inclinação média a elevada do material rochoso permite o afloramento na base da arriba de bancadas espessas de material brando, normalmente constituído por margas, entre bancadas de material resistente;

este facto favorece a erosão destas bancadas por acção marinha formando, deste modo, reentrâncias propícias à acumulação de areias; fazem parte deste grupo as praias da Galé, do Abano (Fig. 2.21) e da Grola, todas localizadas a Sul do Cabo da Roca;



Fig. 2.21 – Praia do Abano em fase de Inverno, quase sem areia e só constituída por calhaus e seixos rolados. Foto de Fevereiro de 2003

- locais onde a inclinação do material rochoso é, de uma maneira geral, fraca, mas que correspondem a afloramentos de bancadas com predominância de materiais brandos enquadrados por materiais predominantemente resistentes; nos locais onde estes últimos materiais afloram formam-se saliências rochosas que proporcionam situações de abrigo a sotamar com consequente acumulação de areias; classificam-se neste grupo as praias de Banhos ou da Baleia (Fig. 2.22-1) e do Peixe (22-2) na Ericeira, da Calada (Fig. 2.22-3) – todas na Área B - e as praias de S. Bernardino e do Portinho da Areia do Norte⁷, na Área C; a praia da Baleia está parcialmente artificializada, pois o contacto entre o seu limite interior e a base da arriba foi interrompido pela construção de um muro e de um passeio longitudinal, tendo-se inclusivamente procedido recentemente a trabalhos de estabilização que incluíram a instalação de redes e o desvio das águas pluviais do topo da vertente; contudo, o mar, em situação de tempestade, ainda tem capacidade para galgar o muro e continua a atingir a base da arriba; a praia do Peixe é uma praia encastrada natural, cuja dimensão foi favorecida por intervenção humana; na realidade, uma saliência rochosa existente a Norte desta praia e na base do Forte de Nossa Senhora da Piedade, proporcionou a acumulação de areias imediatamente a Sul; a construção de um molhe, concluído em 1983 (CARÉ e MARRÃO, 2002), favoreceu ainda mais a

⁷ Este troço litoral, tanto poderia ser incluído nos sistemas Plataforma rochosa de sopé-Arriba como Praia encastrada-Arriba. Foi inserido neste último devido fundamentalmente às características do traçado da linha de costa, que favorecem a acumulação de sedimentos, embora durante o período em que decorreram os trabalhos de campo se tenham registado várias situações relativamente prolongadas caracterizadas por uma acumulação de sedimentos muito reduzida.

situação de abrigo em que este sector já se encontrava, dando origem a que, nos últimos anos, a praia tenha vista a sua largura aumentar;

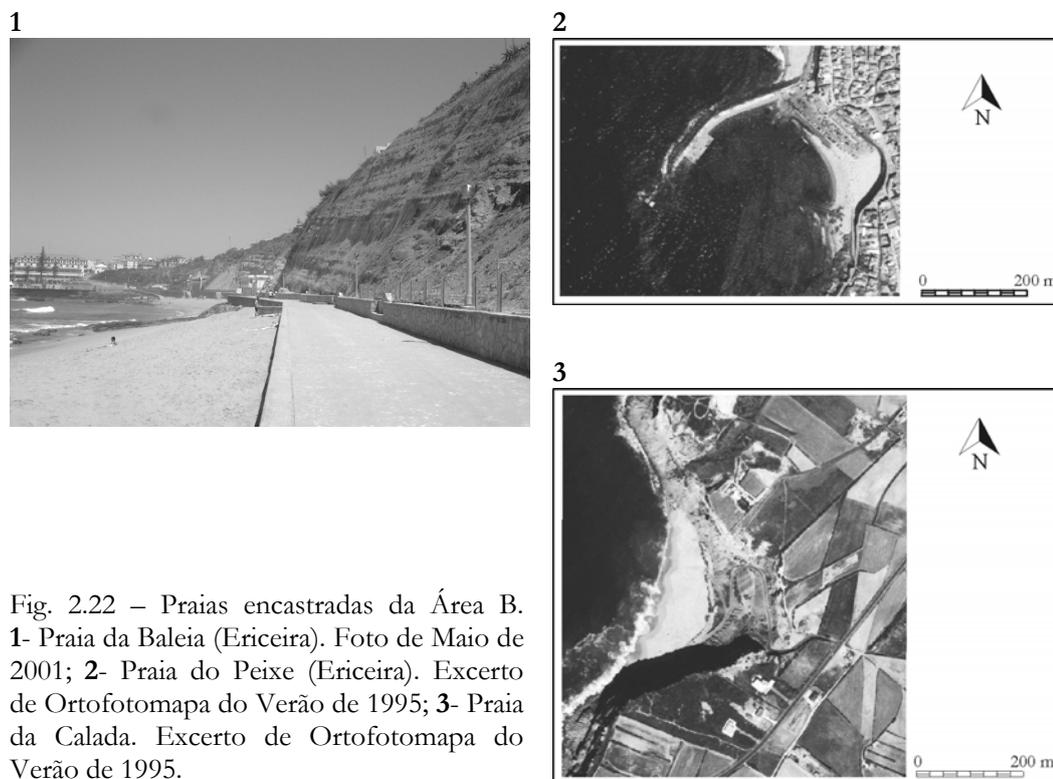


Fig. 2.22 – Praias encastradas da Área B. **1-** Praia da Baleia (Ericeira). Foto de Maio de 2001; **2-** Praia do Peixe (Ericeira). Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995; **3-** Praia da Calada. Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

- locais onde condicionalismos estruturais ligados à tectónica, nomeadamente a ocorrência de falhas, introduziram faixas de fragilização na rocha que deram origem à formação de sectores de actuação privilegiada da erosão, formando reentrâncias onde as areias se podem acumular; integram-se neste grupo a praia de Jerebele, na Área A, localizada numa falha de direcção NNE-SSW (Carta Geológica de Portugal, folha 34-A) e a praia do Coxo, na Área B, instalada num sector de litoral onde um agrupamento de falhas com orientação NW-SE foi identificado no campo (Fig. 2.23); é provável que também a praia da Ursa (Área A) se possa incluir neste grupo (Fig. 2.24); o substrato granítico, como refere TWIDALE (1982), dificulta a identificação de falhas; no entanto, dois factores concorrem para a probabilidade da sua ocorrência no local - a linearidade do pequeno vale situado no sector Sul da praia e a orientação coincidente entre este vale (NNW-SSE) e o sistema de falhas existente imediatamente a Norte do local e identificado na Carta Geológica 34-A (Fig. 2.24);



Fig. 2.23 – Praia do Coxo. Foto de Maio de 2001.

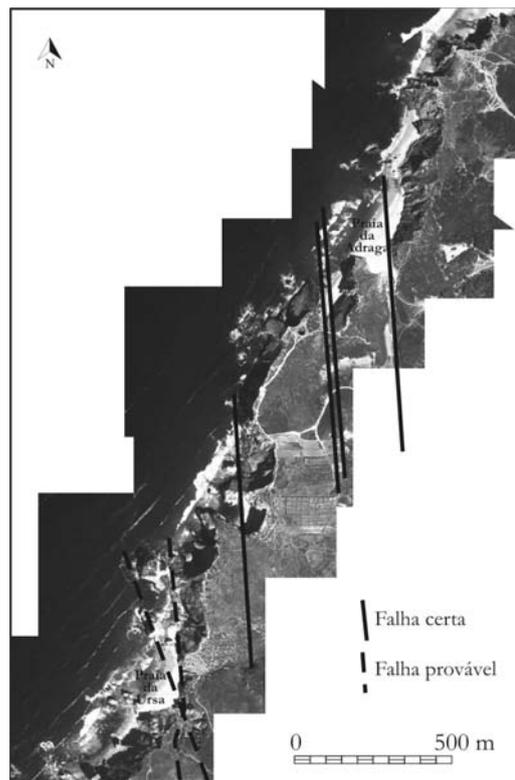


Fig. 2.24 – Excerto de ortofotomapa do Verão de 1995, com indicação das falhas certas existentes na Carta Geológica 34-A (1:50 000) e as falhas prováveis identificadas na Praia da Ursa.

- finalmente, as praias de Assentiz (Fig. 2.25) e da Aroeira⁸ (Fig. 2. 26) - Área A não se enquadram dentro de nenhum dos grupos atrás descritos. É de notar que estas reentrâncias da linha de costa se encontram precisamente no local de contacto entre os granitos e os sienitos, que, aparentemente, se comporta como uma faixa de fragilidade.

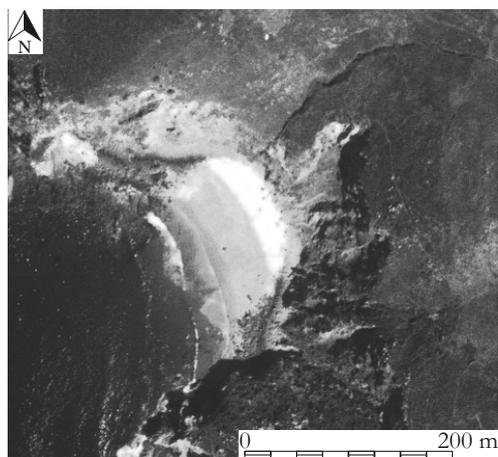


Fig. 2.25 – Praia de Assentiz. Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

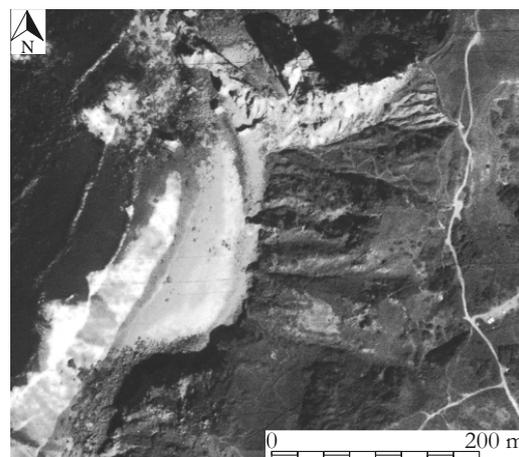


Fig. 2.26 – Praia da Aroeira. Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

⁸ A praia da Aroeira não foi representada como tal no mapa dos sistemas litorais, dada a sua reduzida dimensão.

2.2.3.4. Sistemas sem arriba

Os sectores onde o limite interior das praias não correspondia à presença de arribas foram agrupados em dois sistemas:

- praia-planície aluvial [Pr-Pla]
- praia-duna [Pr-D]

Na faixa costeira da Estremadura N foram identificados 14 locais em que a praia contacta, para o interior, com uma planície aluvial, de pelo menos, 50 metros de largura no seu sector vestibular (Quadro 2.18). Ocupam no conjunto uma extensão reduzida, cerca de 3,1 quilómetros de linha costeira, ou seja 2,1% do total da faixa costeira da Estremadura. Dos cursos de água que atravessam estas planícies aluviais, 11 têm a sua foz a Sul da Península de Peniche; no entanto, a Área A apresenta-se como aquela onde este sistema se encontra menos representado (1,3%). O facto de, no troço litoral a Sul do Cabo da Roca – que representa quase metade da faixa costeira da Área A – só se registarem ribeiras de pequena dimensão com funcionamento episódico, tem seguramente influência neste resultado.

Quadro 2.18 – Características dos sistemas «praia – planície aluvial» da Estremadura N.

| Foz - designação | Curso de água | orientação da linha de costa | Foz - situação dominante | Canal de escoamento. localização em relação ao sector vestibular da planície aluvial | Características da linha de costa |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|--|-----------------------------------|
| Adraga | Ribeira de Maceira | WNW | Obstruída | Sul | L |
| Praia das Maças | Ribeira de Colares | WNW | parcialmente obstruída | Sul | L |
| Magoito | Ribeira da Mata | WNW | obstruída | Norte | SN |
| Praia da Samarra | Ribeira da Samarra | WNW | obstruída | Centro | L |
| Praia da Foz do Falcão | Ribeira do Falcão | WNW | obstruída | Centro | SN |
| Praia do Lisandro | Rio Lisandro | W | obstruída | Sul | L |
| Praia da Ribeira de Ilhas | Rio do Cuco | W | obstruída | Norte | PN |
| Praia de S. Lourenço | Rio Safarujo | WNW | obstruída | Norte | SNS |
| Praia Azul | Rio Sizandro | WNW | obstruída | a Sul | L |
| Praia de Porto Novo | Rio Alcabrichel | WNW | obstruída | Norte | SNS |
| Praia da Areia Branca | Rio Grande, Rio Toxofal | W | parcialmente obstruída | Norte | L |
| Praia de Vale de Janelas | Ribeira do Vale Bem Feito | NW | obstruída | Norte | L |
| Lagoa de Óbidos | Rio da Cal, Rio Arnoia, Rio Real | NW | aberta (artificial) | Centro (nos últimos anos ao Sul) | L |
| S. Martinho do Porto | Rio da Tornada | NW | aberta sempre | Sul | SNS |

L – Linear

SN – saliência a Norte

SNS – saliência a Norte e a Sul

PN – plataforma rochosa a Norte

Estas praias, embora frequentemente localizadas em reentrâncias da linha de costa que favorece a acumulação das areias, têm parte da sua alimentação directamente relacionada

com o abastecimento de sedimentos provenientes dos cursos de água que aqui têm a sua foz.

Como também já o referiram GUILCHER (1954a), de uma maneira geral, e PEREIRA (1987b), especificamente para o sector a Sul da Ericeira, a foz da grande maioria dos cursos de água da Estremadura N encontra-se frequentemente obstruída por um areal (Fig. 2.27), o que aponta para uma dinâmica marinha superior à dinâmica fluvial durante a maior parte do ano. Esta fraca capacidade energética dos cursos de água para romperem a acumulação arenosa junto à foz deve-se principalmente à pequena dimensão das suas bacias-vertentes, o que desde logo condiciona o seu caudal. Na realidade, o escoamento aumenta somente na sequência de períodos de precipitação intensa e concentrada e, durante alguns dias, as águas fluviais contactam directamente com o mar.

É curioso verificar que o canal de escoamento não se instala no sector vestibular da planície aluvial sempre na mesma posição. Distinguiram-se três localizações gerais: Norte, Centro e Sul.

Tentou-se associar estas diferentes posições do canal de escoamento com a orientação da linha de costa e com a sua morfologia junto à foz dos cursos de água. Constatou-se então que os sistemas «praia - planície aluvial» localizados em litorais orientados a W e WNW, com uma linha de costa relativamente linear, apresentam uma clara tendência para instalarem o canal de escoamento no sector Sul dos respectivos troços vestibulares de cada curso de água. A foz das ribeiras da Maceira e de Colares e dos rios Lisandro e Sizandro encontram-se nesta situação. O caso da foz do rio Sizandro é particularmente significativo, pois o troço final do curso de água instalou-se entre a praia e a arriba escoando as águas paralelamente ao mar ao longo de 600 metros (Fig. 2.27).



Fig. 2.28 – Praia de S. Lourenço e foz do rio Safarajo obstruída por barra arenosa. Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

Fig. 2.27 – Foz do rio Sizandro. Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

Pelo contrário, em sectores costeiros com as mesmas orientações, mas em que o litoral apresenta uma saliência normalmente localizada a Norte da foz dos cursos de água, a tendência é para a instalação do canal de escoamento ao Norte. Exemplos deste tipo observam-se na foz das ribeiras da Mata e do Falcão e dos rios do Cuco, Safarujo (Fig. 2.28) e Alcabrichel.

Os sistemas «praia - planície aluvial» orientados a NW são pouco representativos e, para além disso, incluem alguns sectores vestibulares de cursos de água com características particulares, como a Lagoa de Óbidos ou a Concha de S. Martinho do Porto, não permitindo, deste modo, obter qualquer resultado concludente.

As diferentes localizações da barra arenosa que condiciona a instalação do canal terminal dos cursos de água estão de acordo com a explicação proposta por DAVIS (1972). Este investigador considera como factor explicativo a forma da linha de costa e o modo como esta influencia a propagação da ondulação e a consequente corrente de deriva litoral. A refração da ondulação vai determinar a distribuição dos sedimentos ao longo da praia formando-se o canal de escoamento no local onde o cordão de areia se encontra menos desenvolvido (Fig. 2.29). Uma inversão do sentido da deriva N-S que marca habitualmente o litoral Oeste português, a sotamar de saliências litorais, foi igualmente salientada por PEREIRA (1992b).

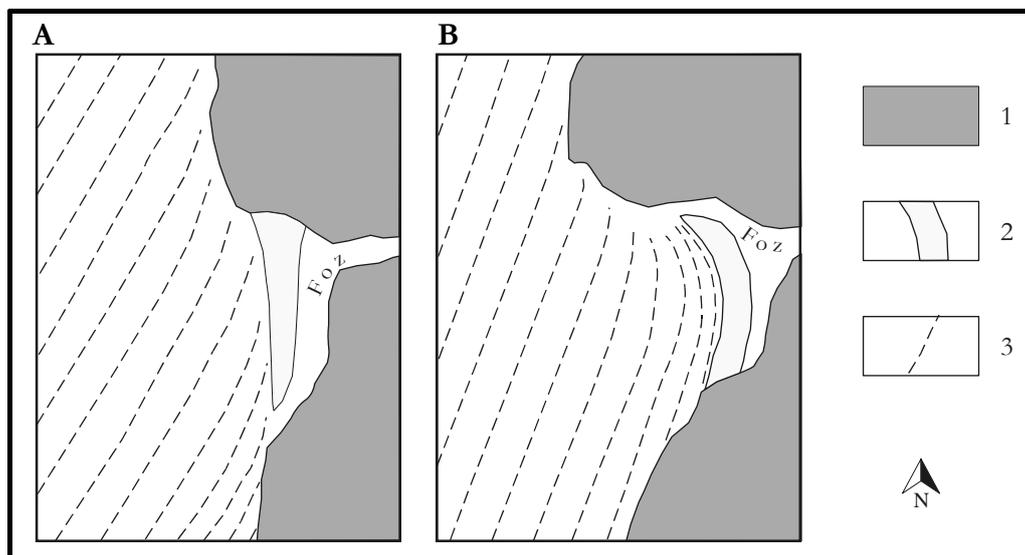


Fig. 2.29 – Formação de barras arenosas na foz de cursos de água devido a direcção de propagação da ondulação não perpendicular à linha de costa . A-em troços litorais lineares; B-em troços lineares com uma saliência rochosa a sotamar. 1-litoral rochoso; 2-barra arenosa; 3-crista da ondulação principal. Figura adaptada de DAVIS (1972).

Os sistemas «praia-planície aluvial» detêm um peso muito reduzido no conjunto dos sistemas existentes nesta faixa costeira e, conseqüentemente, na morfologia global da sua linha de costa. No entanto, dois locais destacam-se por possuírem características geomorfológicas particulares que os distinguem dos demais:

- a Lagoa de Óbidos, na fronteira entre as Áreas C e D (Fig. 2.30) – laguna litoral onde desaguam os rios da Cal, Arnóia e Real, ocupa uma área de aproximadamente 6 km² e contacta com o mar por intermédio de uma barra arenosa com cerca de 1500 metros de extensão; o seu sector Sul encontra-se colmatado por uma acumulação eólica de grandes dimensões a que se fará referência mais à frente; o canal de contacto entre a lagoa e o mar, depois de meandrizar, tem a tendência para romper a barra no centro ou no sector Sul; este contacto com o mar é muitas vezes aberto de forma artificial para evitar a eutrofização da Lagoa (CORREIA, 1995); a sua origem estará ligada à formação de um estuário e planície costeira (FREITAS, 1996), tendo atingido a fase lagunar com a estabilização do mar no nível que actualmente ocupa;



Fig. 2.30 – Lagoa de Óbidos. Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

- a Concha de S. Martinho do Porto, na Área D (Fig. 2.31) – sector litoral onde o Rio da Tornada contacta com o mar através de uma laguna litoral formada ao abrigo de uma barra rochosa com uma abertura de cerca de 180 metros; esta garganta, condicionada por uma família de falhas com direcção NW-SE, vai modificar a energia e a direcção da ondulação, de tal forma que a distribuição de sedimentos se

faz de uma forma admiravelmente regular formando uma praia de areia num semi-círculo perfeito com um diâmetro de 1320 metros; a morfologia e extensão actual desta curiosa forma litoral é produto de uma rápida evolução nos últimos séculos;

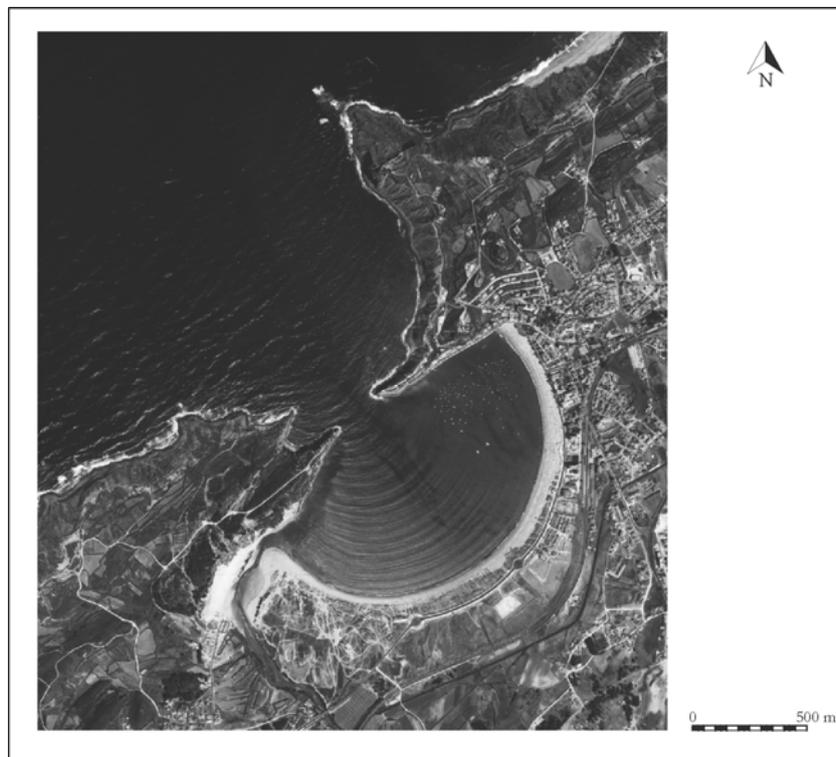


Fig. 2.31 – A concha de S. Martinho do Porto. Notar a refração da ondulação provocada pela passagem pela estreita abertura de comunicação com o oceano. Excerto de Ortofotomapa do Verão de 1995.

durante o século XIII ainda era possível a navegação até Alfeizerão, que dispunha de um porto (HENRIQUES,1996,b; HENRIQUES *et al.* 2002); de acordo com PEREIRA (1992b, 2001), a progressiva desflorestação em sectores de vertente que limitam esta ampla depressão, talhados numa alternância de calcários, margas e argilas favoreceu a ocorrência de movimentos de vertente e foi responsável pelo assoreamento que a partir desta altura se começou a verificar, tendo provocado a mudança do porto primeiro para Salir e, mais tarde, para S. Martinho do Porto; em 1857, segundo Loureiro (1904), citado por DIAS *et al.* (1997), ainda estavam a funcionar os estaleiros de S. Martinho com vários navios a serem montados, alguns mesmo de grande calado; actualmente, a foz do rio da Tornada localiza-se a SW da lagoa, que não ultrapassa 2,5 metros de profundidade máxima, sendo o resto da Concha de S. Martinho constituído pelo «sistema praia-duna».

A dinâmica evolutiva dos dois sistemas lagunares referidos é condicionada fundamentalmente pelo volume de sedimentos disponíveis e pela variação do nível do mar. O aumento do nível do mar registado nos últimos anos, com tendência para continuar pelo menos durante o século que agora começa, juntamente com um abandono dos terrenos agrícolas que aumenta a erosão do solo e os sedimentos transportados por acção da água das chuvas, apontam para uma tendência de assoreamento das lagunas.

Para além do sistema «praia-planície aluvial», foi identificado no litoral da Estremadura N um outro conjunto de locais caracterizados pela presença de sistemas «praia-duna».

A distribuição dos sistemas «praia-duna» ao longo do litoral da Estremadura N reflecte a já referida diminuição da existência de sedimentos à medida que se caminha de Norte para Sul. Na Área A, existe um único sistema deste tipo, na praia do Guincho, correspondendo a 2,7% desta faixa litoral. Este tipo de sistema permanece muito pouco representado até à Consolação (Área C); só daí para Norte a faixa litoral ocupada por sistemas «praia-duna» detém uma importância significativa, representando mais de $\frac{1}{4}$ do litoral na Área D.

Os sistemas «praia-duna» identificados no litoral da Estremadura N podem-se agrupar em dois conjuntos. O primeiro inclui os sistemas «praia-duna» condicionados pelas principais saliências costeiras da Estremadura N. Apresentam como característica comum a superior área ocupada, e, dadas as suas dimensões, são mais estáveis no seu conjunto que os sistemas praia-duna do 2º grupo. Estendem-se sempre entre duas saliências litorais, apresentando a que se localiza a Norte, com uma única excepção, maiores dimensões. Correspondem a sectores onde as saliências costeiras referidas introduzem uma mudança de sentido na circulação de sedimentos Norte-Sul induzida pela deriva litoral, criando células onde a energia de transporte dos sedimentos é consideravelmente diminuída proporcionando, deste modo, a formação de áreas de acumulação. São quatro os sistemas «praia – duna» que se podem incluir neste grupo.

- **praia do Guincho**, na Área A (Fig. 2.32)– localizada a Sul do Cabo da Roca, estende-se de NNE para SSW ao longo de cerca de 1 quilómetro; ocupa uma área deprimida que estruturalmente corresponde em grande parte ao eixo de uma estrutura sedimentar dobrada em sinclinal e resulta da erosão do substrato que, embora apresente algumas intercalações de arenitos e dolomias, é composto fundamentalmente por argilas; para o interior encontra-se um campo dunar parcialmente herdado, que se estende por cerca de 2,5 quilómetros para SSE, indicando deste modo a direcção dos ventos predominantes nesta área;

a formação desta praia e do sistema dunar associado está ligada ao efeito de abrigo introduzido na ondulação e nos ventos dominantes de NW pelo conjunto da Serra de Sintra e, em particular pelo promontório do Cabo da Roca; este efeito de abrigo é também potenciado pela proeminência litoral constituída pelo Cabo Raso; a escassez de alimentação em areias que caracteriza presentemente o sector Sul do litoral da Estremadura N não permite que a praia do Guincho se estenda entre as duas saliências litorais referidas, havendo no entanto indícios de que, durante as fases regressivas do mar no Quaternário, o sistema praia-duna apresentava uma extensão muito superior à actual.

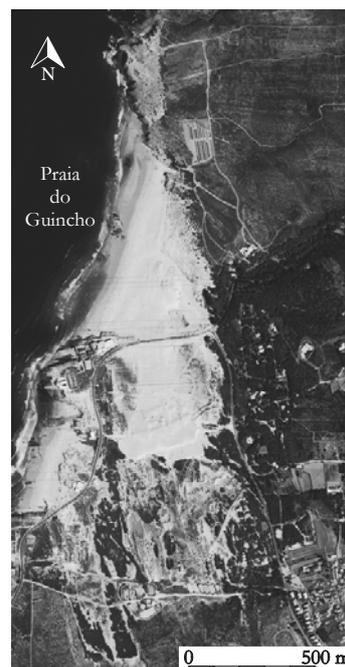


Fig. 2.32 – Praia do Guincho. Ortofotomapa do Verão de 1995.

- **praias da Consolação-Peniche e Peniche-Baleal**, na Área C – a península de Peniche ao constituir um obstáculo ao trânsito Norte-Sul de sedimentos transportados pela deriva litoral proporcionou a formação de um istmo de areia, criando assim um tómbolo; a génese deste tómbolo é geologicamente muito recente, pois, baseados na análise de documentos históricos, BERNARDO (1966), HENRIQUES (1996b) e HENRIQUES *et al.* (2002) referem que, no século XIII, tanto Peniche como o Baleal se constituíam ainda como ilhas, sendo possível navegar até Atouguia da Baleia (Fig. 2.33) onde, na época, funcionaria um

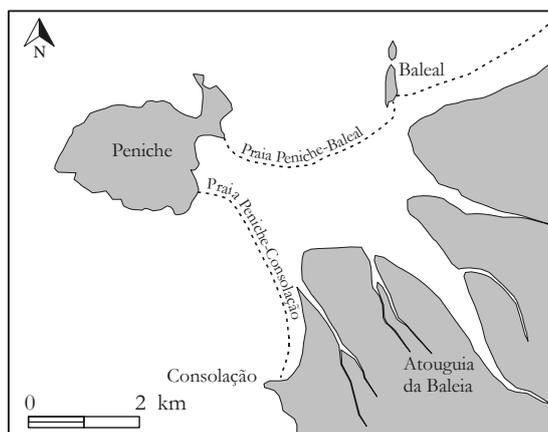


Fig. 2.33 – Litoral junto a Peniche no século XII. A tracejado o litoral actual (parcialmente adaptado de CALADO, 1994).

porto de pesca; somente depois do séc. XIV, segundo MARTINS (1946), ou do XV, segundo PEREIRA (1992b, 2001) e CALADO (1994), se constituiu o istmo arenoso que ligou a então ilha de Peniche a terra; curiosamente, este enchimento do troço vestibular dos rios ocorrido tanto aqui, como em S. Martinho do Porto, de acordo com LARIO *et al* (1995), registou-se igualmente no Sul de Espanha, em período idêntico, entre os séculos XVI e XVIII, em grande parte devido às actividades humanas mineiras e de desflorestação; este sistema praia-duna apresenta dois sectores com distintas orientações e limites:

- praia da Consolação-Peniche (Fig. 2.34) - é constituída por uma praia estreita (inferior a 100m de largura máxima) que se estende de SSE para NNW, formando um arco muito aberto de grande raio de curvatura, entre a Ponta da Consolação e o porto de Peniche; originalmente com cerca de 4 quilómetros de extensão, no século passado, foi encurtada num quilómetro junto ao seu limite Norte pelo prolongamento da área ocupada pelo porto de Peniche; é limitada para o interior por um sub-sistema dunar actualmente com uma largura inferior a 500m devido a ocupação antrópica, fundamentalmente por terrenos agrícolas, edifícios e, mais recentemente, também por campos de golfe;



Fig. 2.34 – Sistema praia-duna da Consolação-Peniche. Foto de Julho de 2004.

praia de Peniche-Baleal (Fig. 2.35)– estende-se em concha ao longo de 4,2 quilómetros entre as Penínsulas de Peniche a WSW e do Baleal a ENE; apesar da franca exposição à ondulação dominante, as saliências costeiras referidas, situadas somente a 3 quilómetros de distância em linha recta, favorecem a diminuição de energia de transporte da ondulação e consequente abandono de

areias; o campo dunar que lhe está associado apresenta uma largura geral superior ao do sistema dunar do sector Consolação-Peniche (largura máxima de 850 metros), ao qual se encontrava ligado, no seu sector Norte, antes das várias intervenções antrópicas que os separaram; a construção, nos anos 70 do século XX, de uma estrada que liga Peniche ao Baleal, atravessando o sistema dunar (a distâncias da linha da preiamar viva que oscilam entre os 150 e os 450 metros), veio reduzir a sua área de implantação;



Fig. 2.35 – Sistema praia-duna de Peniche-Baleal. Foto de Julho de 2004.

praia da Nazaré-Pescaria, na Área D (Fig. 2.36)– estende-se para SW da cidade da Nazaré por cerca de 6,5 km, tendo sido artificializada em dois troços – o porto de pesca da Nazaré, que foi construído na antiga foz dos rios Alcoa e Areia, a qual, por isso, foi desviada 800 metros para Sul e se faz actualmente através de um canal limitado por dois pontões de pedra com cerca de 25 m de largura; estes dois troços artificiais dividiram a praia em três sectores, tendo o sector Norte cerca de 1,6 quilómetros de extensão e uma largura entre 50 e 75 m em frente do núcleo antigo da Nazaré, instalado sobre o original campo dunar, que pode atingir 125 metros a Sul deste núcleo urbano; o sector central, encravado entre o porto de pesca e a foz regularizada dos rios Alcoa e da Areia, estende-se por 500 metros, com uma largura reduzida, inferior a 50 metros e apresenta um sistema dunar muito degradado em consequência das obras do porto e da utilização antrópica posterior (por vezes

mesmo como vazadouro de entulho); o sector Sul prolonga-se por 3,9 quilómetros entre a foz artificial dos rios Alcoa e Areia e a Pescaria e ostenta uma largura de praia inicialmente muito reduzida - inferior a 30 m – resultante de um balanço sedimentar negativo provocado pelo pontão Sul que limita o canal de escoamento do rio, largura que vai aumentando progressivamente, fixando-se entre 75 e 100 metros, a partir de 1 quilómetro para Sul do pontão; também os primeiros 800 metros de extensão do campo dunar que limita este sector de praia para o interior, têm uma largura reduzida, inferior a 125 m, devido a ocupação antrópica por campos de cultivo, apresentando a maior largura - cerca de 300m - ao longo do quilómetro seguinte; daí para Sul, vai progressivamente diminuindo, até que desaparece de vez, a Oeste do vértice geodésico da Pescaria.



Fig. 2.36 – Praia da Nazaré-Pescaria. Foto de Setembro de 2003

Identificou-se igualmente um segundo conjunto de sistemas «praia-duna» com menores dimensões, que se localiza junto à foz de alguns cursos de água com maior capacidade de transporte de sedimentos e, fundamentalmente, que dispõe de uma foz suficientemente larga para permitir a instalação e manutenção de um campo dunar; encontram-se nesta situação seis sistemas de praia-duna:

- **Sistema praia-duna da foz do rio Lisandro (Área B)**– tem entre 150 a 200 metros de extensão; a praia, exposta a WNW, tem uma largura entre os 100 e os 175 metros, enquanto o sector dunar apresenta uma largura máxima de 300 metros; localiza-se a Norte da foz do rio Lisandro e é o mais pequeno sistema praia-duna deste grupo; encontrava-se, até há bem pouco tempo, muito degradado (Fig. 2.37-1)

tanto no seu sector interior (com a construção de várias casas, estabelecimentos de apoio à praia e um parque de estacionamento), como na duna frontal (fundamentalmente por pisoteio, pois funcionava como ponto de passagem entre aquelas infraestruturas e a praia); uma intervenção correcta da autarquia, apoiada pelo Instituto da Água no final dos anos 90 do século passado, com a instalação de vedações à volta da duna frontal e a construção de passagens sobreelevadas de acesso à praia, veio permitir a recuperação de algumas espécies vegetais características do sistema dunar (Fig. 2.37-2);



Fig. 2.37 – Sistema praia – duna da foz do rio Lisandro.
Fotos de: 1–Maio de 1993; 2–Julho de 2001.

- **Sistema praia-duna da foz do rio Sizandro (Área B)** – tal como o anterior, tem uma exposição a WNW e também se localiza na margem Norte do sector vestibular do curso de água; estende-se por cerca de 400 metros, com uma largura de praia

oscilando entre os 100 e os 125 m e uma largura máxima do campo dunar de 500m; é limitado interiormente - para onde se deveria prolongar mais antes da intervenção antrópica - por alguns campos de cultivo parcialmente abandonados; embora o pisoteio não aparente ser frequente, este sistema dunar encontra-se bastante degradado, apresentando uma vegetação muito esparsa e irregular;

- **Sistema praia duna de Sta. Rita (Área B)** – este é um caso particular em que o sistema actual praia-duna não se encontra encostado ao curso de água principal⁹, o rio Alcabrichel, porque este, no decorrer dos últimos séculos, mudou o canal de escoamento no seu sector vestibular da praia de Sta. Rita para Porto Novo (TRINDADE, 2001), cerca de 400 metros a Norte, encontrando-se actualmente separado da praia de Sta. Rita por um sector de arriba; esta praia desenvolve-se de NNW para SSE ao longo de 550 metros; não se revela tarefa fácil estabelecer a fronteira entre a praia e o campo dunar, dada a intensa degradação a que este foi sujeito; pode-se contudo adiantar que a largura de praia raramente excede os 75 metros; o campo dunar desenvolve-se para ESE da praia por cerca de 200 a 250m, sendo limitado para o interior por uma arriba fóssil. Esta vertente, que atinge os 80 metros de altitude, constituiu-se como obstáculo à progressão e ao transporte de areias por parte dos ventos predominantes de N e NW, favorecendo o seu abandono no local e formando, deste modo, «acumulações contra o obstáculo»; estas acumulações encontram-se mais preservadas no sector Sul, onde alcançam praticamente os 50 m de altura, dado que, no sector Norte, devido à instalação de uma urbanização, estas acumulações já não existem; não é o único sector onde a intervenção antrópica se fez sentir no local de forma negativa; nos anos sessenta do século passado, todo o sector central do campo dunar foi destruído numa faixa de cerca de 50 metros de largura, isolando a duna frontal do sector onde a duna se acumulava contra a arriba fóssil; esse sector foi completamente aplanado para a instalação sucessiva de uma pista de aviação e de uma estrada recentemente asfaltada; embora o espaço ocupado pela estrada seja muito inferior ao que a pista utilizava, o facto é que o sistema dunar nunca mais recuperou;

⁹ Existe outra ribeira com foz a sul desta praia, mas com uma bacia de drenagem e um caudal médio pouco significativos para o sistema litoral existente

- **Sistema praia-duna da foz do Rio Grande (Área C)** – este sistema desenvolve-se na margem esquerda do rio, junto à foz, ao longo de 300 metros; a praia tem uma largura inferior a 100 metros, enquanto o campo dunar não ultrapassa actualmente uma largura máxima de 150 metros, pois parte do seu sector interior foi afectada à agricultura ou ocupada por edifícios;
- **Sistema praia-duna de Vale de Janelas (Área C)** – localiza-se a SE da foz da ribeira do Vale Bem Feito, na sua margem esquerda, ocupando uma faixa litoral de cerca de 300m de comprimento, que se estende de NE para SW; a praia apresenta aqui uma largura entre 75 e 100 metros, enquanto o campo dunar ocupa actualmente uma área muito reduzida; até há cerca de 10 anos atrás, as dunas estendiam-se para SSW por mais de 1 quilómetro, beneficiando do facto de, para SE deste troço litoral, as arribas apresentarem um comando muito baixo (<10 metros); no entanto, autorizou-se a instalação de um complexo turístico com moradias e um campo de golfe, sobre o campo dunar, tendo-o destruído quase por completo (Fig. 2.38);



Fig. 2.38 – Sistema «praia – duna» de Vale de Janelas. A seta indica o limite exterior do campo de golfe instalado sobre as dunas. Foto de Janeiro de 2001.

- **Sistema praia-duna da Lagoa de Óbidos (Área C)** – sector com cerca de 500 metros de extensão litoral situado na margem esquerda da Lagoa de Óbidos; a praia está orientada a NW e é localmente muito estreita (<50m); a área coberta por dunas

estende-se para Sul e SE, ou seja para o interior da bacia hidrográfica, por cerca de um quilómetro; estas dunas, beneficiaram do facto de a acumulação se ter efectuado contra as vertentes rochosas que limitam a Lagoa de Óbidos a SW, que, tal como em S. Rita, se constituíram como obstáculo ao transporte de areias por parte dos ventos predominantes de N e NW; deste modo, as dunas da Lagoa de Óbidos desenvolveram-se quase até ao topo destas vertentes (Fig. 2.39) que, em alguns locais, ultrapassam os 60 metros de altitude; no entanto, hoje em dia, a maior parte deste campo dunar encontra-se ocupada por moradias e arruamentos, deixando unicamente livre os 150 metros mais próximos do mar; a relação sempre variável



Fig. 2.39 – O sistema «praia – duna» da Lagoa de Óbidos. Foto de Agosto de 2000.

entre a dinâmica fluvial e a dinâmica marinha, numa foz com tão grande extensão, gera mudanças na localização do canal de escoamento fluvial no seu troço final; como já foi também referido por outros autores que se dedicaram ao estudo da evolução actual da Lagoa de Óbidos, como FREITAS (1989), FREITAS *et al.* (1992) ou HENRIQUES (1992), a foz do rio encontra-se frequentemente obstruída por uma barra arenosa que só abre na sequência de fortes chuvadas ou de forma artificial, por intervenção humana; nos últimos anos tem-se assistido à migração para SW deste canal de escoamento final do rio, o que originou o progressivo recuo da frente dunar com emagrecimento muito significativo desta acumulação, numa área estimada em 19 000 m²; a manutenção desta tendência irá, a breve trecho, eliminar por completo o que resta do já muito debilitado sistema dunar natural; as possíveis causas e as consequências para a dinâmica do litoral rochoso situado a SW foram abordadas em detalhe por NEVES (2006);

- **Sistema praia-duna de S. Martinho do Porto (Área D)**– sistema com 2,0 km de extensão com uma forma semi-circular, associado ao sistema «praia-planície aluvial» do Rio da Tornada (Fig. 2.31) e cuja evolução desde o século XIII foi atrás abordada; apesar de se situar junto ao limite SW do sistema praia-duna, a foz deste rio interrompe-o isolando nesta direcção um sector de pequena largura mas de elevada altura (cerca de 50 metros) cuja posição o coloca no grupo dos «taludes de areia de encontro ao obstáculo», definido por PEREIRA (1987a), e cuja génese levanta alguns problemas interessantes, a merecer uma abordagem dedicada (Fig. 2.40). O restante troço chegou a apresentar um sistema dunar desenvolvido,



Fig. 2.40 – Sector SW da Concha de S. Martinho do Porto, junto à foz do rio Real. 1-S. Martinho do Porto; 2-Salir do Porto; Seta-talude de areia. Foto de Janeiro de 2001

bem patente em imagens da primeira metade do século XX (Fig. 2.41); a construção de uma estrada paralela à praia e o aumento da urbanização da área implicou a destruição de grande parte deste sistema, que tomou tais proporções que, no princípio dos anos 90 do século passado, obrigou à instalação de métodos de reposição dunar, numa intervenção pontual de que hoje poucos vestígios restam.

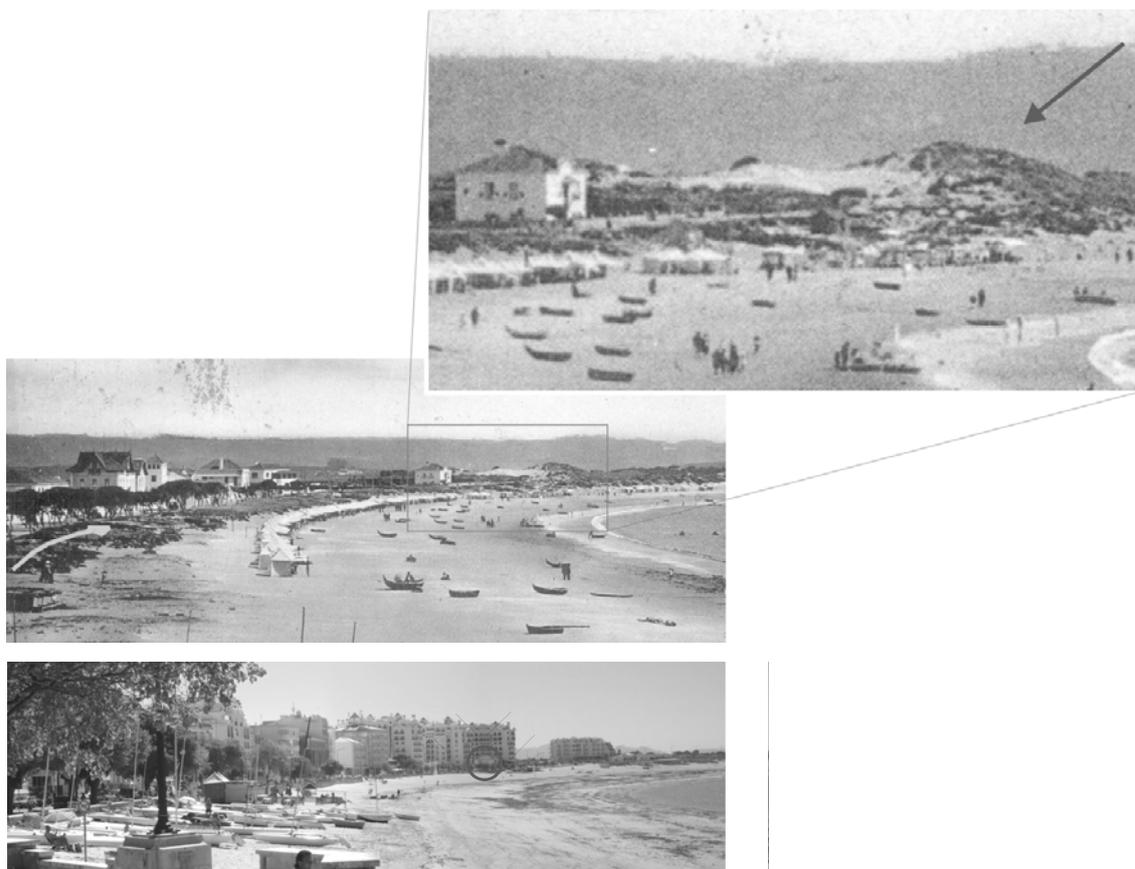


Fig. 2.41 – Praia de S. Martinho do Porto. Em cima, foto de 1943. Notar o sistema dunar que limitava a praia para o interior. Em baixo, foto de Setembro de 2004. O círculo assinala a casa destacada na foto de cima.

2.2.3.5. Litoral artificializado [La]

Os sectores classificados como litoral artificializado reflectem fundamentalmente as intervenções na linha de costa levadas a cabo para a instalação das infraestruturas ligadas aos três portos de pesca desta faixa costeira – Ericeira, Peniche e Nazaré. A superior extensão das intervenções relativas a estes dois últimos portos têm expressão no maior peso do litoral artificializado das Áreas C e D.

A intervenção destinada ao alargamento do Porto de Peniche, com a criação de uma marina, para além de destruir o sistema natural de praia-duna que previamente existia entre a cidade de Peniche e a foz do rio de S. Domingos, aparentemente não terá tido reflexos negativos importantes na evolução actual do restante sistema praia-duna que se desenvolve para Sul; as fotografias aéreas e ortofotomapas analisados não apontam para modificações significativas da linha de costa neste sector, nos últimos anos; a localização deste porto, exposto a SSW, num sector em que, devido à existência da Península de Peniche, se deverá

verificar uma inversão do sentido da deriva litoral com uma dominante local S-N, poderá contribuir para esta situação.

Pelo contrário, a instalação do porto da Nazaré e a transferência da foz dos rio Alcoa e Real 800 metros para SE do anterior local, como foi necessário referir para explicar a morfologia litoral a Sul da Nazaré, para além das modificações locais introduzidas por estas intervenções, originaram igualmente alterações na dinâmica litoral com consequências no emagrecimento das praias e sistemas dunares, como então foi explicado.

3. CONCLUSÃO

Este trabalho abordou o estudo do litoral da Estremadura entre Cascais, a Sul, e na Nazaré, a Norte, designando esta faixa costeira, com cerca de 150 km, por Estremadura N.

A variada evolução geológica da Estremadura N inculuiu-lhe uma diversidade geomorfológica caracterizada por afloramentos de diferentes tipos de rochas sedimentares (argilas, margas, calcários margosos, calcários, arenitos e conglomerados) bem como de algumas rochas magmáticas, com destaque para os granitos e os sienitos.

Esta riqueza geomorfológica é salientada por condicionalismos hidrológico-sedimentares que imprimem um cunho muito particular à faixa costeira desta região. Na realidade, os sedimentos fornecidos a todo o litoral, quer a Norte, quer a Sul da área estudada, transportados pelos grandes organismos fluviais que têm foz na Costa Oeste portuguesa, não abastecem o litoral da Estremadura: a Sul, os sedimentos transportados pelo Tejo são fundamentalmente distribuídos pela deriva Norte-Sul que caracteriza o movimento superficial das águas junto ao litoral na Costa Oeste portuguesa; e a Norte, os sedimentos transportados por esta corrente, provenientes dos grandes rios com foz na costa setentrional portuguesa, são, em grande parte, desviados para os fundos oceânicos pelo Canhão da Nazaré. A reduzida proporção de sedimentos que não é arrastada por aquela importante incisão na plataforma distribui-se entre a Nazaré e Peniche, retida pelo obstáculo que esta península constitui.

Deste modo, o troço litoral em estudo é unicamente abastecido por sedimentos transportados pela rede hidrográfica que tem foz nesta faixa litoral. Com bacias de muito reduzida dimensão e conseqüente acarreo de sedimentos pouco significativo, a conseqüência é um predomínio de sistemas de litoral rochoso. Para além disso, demonstrou-se que a dimensão das bacias hidrográficas e, provavelmente também o volume de sedimentos, vai diminuindo para Sul.

A análise da exposição da faixa costeira da Estremadura permitiu destacar o predomínio dos troços expostos a W, WNW e NW que, em conjunto, perfazem 2/3 da totalidade da área estudada. Neste particular, distinguem-se dois troços separados pela Península de Peniche: para NE, até à Nazaré, predominam os sectores litorais expostos a NW, ou seja, francamente expostos à ondulação dominante; para Sul daquele acidente geográfico, a exposição do litoral reparte-se entre os rumos WNW a WSW.

Do estudo das características do material aflorante na faixa litoral da Estremadura, realça-se o facto de a cobertura do substrato por areias de praia/duna ser muito superior a Norte com 26,3% da faixa litoral das Áreas C e D nestas condições, enquanto para Sul esta cobertura ocorrer somente em 4% dos troços litorais das Áreas A e B, o que está de acordo com o abastecimento e circulação de sedimentos descritos anteriormente. As rochas sedimentares são dominantes na faixa estudada, registando-se os únicos afloramentos de rochas magmáticas na Área A, correspondendo ao sector litoral talhado em granitos e sienitos que pertence ao maciço sub-vulcânico de Sintra. A análise da distribuição dos afloramentos das várias rochas sedimentares revelou desde logo o predomínio de complexos sedimentares em que alternam rochas com resistências diversas ao conjunto dos agentes erosivos activos nesta faixa litoral. Entre as várias unidades litológicas identificadas, destacam-se as margas e argilas, que entram na composição de 78,3% do substrato de natureza sedimentar do litoral da Estremadura N, com particular importância nas áreas B e D, onde são quase omnipresentes (valores >94%).

A identificação e delimitação dos vários sistemas litorais existentes entre Cascais e a Nazaré permitiu não só quantificar a sua importância, como, principalmente, avaliar a sua distribuição ao longo da faixa costeira da Estremadura

Em consonância com os problemas de abastecimento de sedimentos salientados, a importância dos sistemas de arriba vai aumentando progressivamente de Norte para Sul, constituindo 96% da faixa costeira da Área A. Entre os sistemas com arriba identificados, destacam-se o sistema «arriba com a base coberta por blocos» (39,4%, correspondentes a 58,8 km) e o sistema «praia estreita e alongada-arriba» (com 23,4% e 35 km), que, em conjunto, constituem 62,8% do litoral da Estremadura N, correspondendo a 93,8 km. Este predomínio salienta a importância do abastecimento local, proveniente da evolução das arribas, na criação de depósitos junto à base. Os sistemas «arriba com a base coberta por blocos» surgem em praticamente todos os conjuntos litológicos, destacando-se, contudo, aqueles onde alternam argilas ou margas com calcários. Por sua vez, os sistemas «praia estreita e alongada-arriba» ocorrem preferencialmente onde o substrato é composto por rochas brandas ou onde estes afloramentos são equivalentes aos de rochas resistentes e predominam em sectores onde os arenitos entram na composição dos conjuntos sedimentares ou afloram isoladamente. Destaca-se ainda a influência que os factores «homogeneidade do substrato» e «exposição» detêm na individualização do sistema de «arribas mergulhantes», dado que este tipo de sistema surge em espessas bancadas calcárias

ou em granitos, em sectores expostos a S ou SW, ou seja, ao abrigo da ondulação dominante.

Deste modo, a individualização dos vários sistemas litorais da Estremadura N permitiu relacioná-los com alguns dos factores que, tanto regional como localmente, os condicionam. Este é um trabalho de base que pressupõe uma aplicação posterior num Sistema de Informação Geográfico que facilite uma correcção simples, não só dos eventuais erros que este ainda enferme, como das modificações que entretanto venham a ocorrer. Este segundo propósito é de extrema importância pois permite a identificação de tendências que, a prosseguirem, possam vir a afectar, quer a evolução dos vários sistemas litorais, quer inclusivamente as áreas antropizadas.

BIBLIOGRAFIA

I – LIVROS E ARTIGOS

- ABRANTES, M. C.; CANILHO, M. H. (1981) – “Estudos de geocronologia e geologia isotópica, pelo método do Rubídio-Estrôncio, dos três maciços mesozóicos portugueses: Sintra, Sines e Monchique. *Boletim da Sociedade Geológica*, XXII, Lisboa, p. 385-390.
- ALCOFORADO, M.J. (1984) – “Representação cartográfica das árvores deformadas. Ventos dominantes em torno da serra de Sintra”, *Finisterra*, Vol. XIX (38), Lisboa, p. 137-169.
- ANDRADE, C. FREIRE DE (1937) – *Os vales submarinos portugueses e o diastrófismo das Berlengas e da Estremadura*. Sociedade Geológica de Portugal, Lisboa, 235 p.
- ANDRADE, C.; MARQUES, F.; FREITAS, M. C.; CARDOSO, R.; MADUREIRA, P. (2002) – “Shore platform development and cliff retreat in the portuguese west coast” *Littoral 2002, The Changing coast*, EUROCOAST/EUCC, Porto, p. 423-431
- ARAÚJO, M. A. (2002) – “Relative seal level, diastrophism and coastal erosion: the case of Espinho (Portuguese NW coast)”, *Littoral 2002, The Changing coast*, EUROCOAST/EUCC, Porto, p. 125-132
- BERNARDO, H. (1966) – “Marinhas ignoradas da Estremadura – As salinas de Peniche”. Separata da revista *Ethnos*, vol. V, Instituto Português de Arqueologia, História e Etnografia, 47 p.
- BIRD, E. (1993) – *Submerging Coasts. The effects of a Rising Sea Level on Coastal Environments*. John Wiley & Sons, Chichester, 184 p.
- BRANDÃO, C.; RODRIGUES, R.; PINTO DA COSTA, J. (2001) – *Análise de fenómenos extremos. Precipitações intensas em Portugal continental*. Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, Lisboa, 64 p.
- CALADO, M. (1994) – *Da ilha de Peniche*, ed. autor. Peniche, 117 p.
- CARÉ, J.S.; MARRÃO, J. (2002) “A costa da Ericeira em imagens (dos finais do séc. XIX à actualidade)” in *Homem, Tempo e Ambiente: a Ericeira em foco. Actas do IIIº Curso de Verão da Ericeira*. Mar de Letras, p. 151-154.
- CARVALHO, J.; BARCELÓ, J. (1966) – “Agitação marítima na costa W de Portugal”, *Memórias do L.N.E.C.*, nº 290, 34 p.
- CHORLEY, R.; SCHUMM, S.; SUDGEN, D. (1984) - *Geomorphology*. Methuen & Co. Ltd, London, 605 p.
- CORREIA, P.B. (1995) – “Intervenções em áreas de risco da faixa costeira”. 2º *Seminário sobre a Zona Costeira de Portugal*. Eurocoast, 19, 20 e 21 de Junho de 1995. Porto, p. 15-25
- CRG (2001-actualizável) *Glossary on Coastal Research*. Coastal Research Group. University of Utrecht (disponível na Internet, em <http://coast.geog.uu.nl/>)
- DAVEAU, S. (1987) – “O mar e o litoral. Comentários e actualizações”, in *Geografia de Portugal. I – A posição geográfica e o território*, edit. O. Ribeiro, H. Lautensach e S. Daveau, Edições João Sá da Costa, p. 83-117
- DAVEAU, S. (1988a) – “O clima. Comentários e actualizações”, in *Geografia de Portugal. II – O ritmo climático e a paisagem*, edit. O. Ribeiro, H. Lautensach e S. Daveau, Edições João Sá da Costa, p. 387-464.

- DAVEAU, S. (1988b) – “As águas. Comentários e actualizações”, in *Geografia de Portugal. II – O ritmo climático e a paisagem*, edit. O. Ribeiro, H. Lautensach e S. Daveau, Edições João Sá da Costa, p. 487-535.
- DAVEAU, S. (1993) – “A evolução quaternária da plataforma litoral”. *O Quaternário em Portugal. Balanço e perspectivas*. Edições Colibri, p. 35-41.
- DAVEAU, S. (1995) – *Portugal Geográfico*. Ed. João Sá da Costa. Lisboa, 223 p.
- DAVEAU, S.; COELHO, C. ; COSTA, V. ; CARVALHO, L. (1977) – *Répartition et rythme des précipitations au Portugal*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, nº 3, Lisboa, 192 p. + 2 mapas em anexo.
- DAVEAU, S.; ALMEIDA, G.; FEIO, M.; REBELO, F.; MOREIRA DA SILVA, R.; SOBRINHO, A. (1978) “Os temporais de Fevereiro/Março de 1978”, *Finisterra*, XIII (26), CEG, Lisboa, 236-260.
- DAVEAU, S. e col. (1985) - *Mapas climáticos de Portugal. Nevoeiro e nebulosidade. Contrastes térmicos*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, nº 7, Lisboa, 84 p. + 2 mapas em anexo
- DAVIS, J.L. (1972) – *Geographical variation is coastal development*. Oliver & Boyd. Edinburgh, 204 p.
- DGE/EC (2004a) *A guide to coastal erosion management practices in Europe*, EUROSION project (Coastal erosion – Evaluation of the need for action), Directorate General Environment - European Commission, Brussels, 177 p.
- DGE/EC (2004b) *Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability*, EUROSION project “Coastal erosion – Evaluation of the need for action”, Directorate General Environment - European Commission, Brussels, 324 p.
- DGRAH (1981) - *Índice Hidrográfico e Classificação Decimal dos cursos de água de Portugal*, Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Ministério da Habitação e Obras Públicas, Lisboa, 588 p.
- DHMM (1952) – *Roteiro da costa de Portugal*. Direcção de Hidrografia. Ministério da Marinha, Lisboa, 333 p.
- DIAS, J. ALVEIRINHO (1985) – “Registos da migração da linha de costa nos últimos 18 000 anos na plataforma continental portuguesa setentrional” *Actas da I Reunião do Quaternário Ibérico*, Lisboa, p. 281-295
- DIAS, J. ALVEIRINHO (1987) - *Dinâmica sedimentar e evolução recente da plataforma continental portuguesa setentrional*, Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências, Lisboa, 384 p., anexos I a IV,
- DIAS, J. ALVEIRINHO (1993) – “Holocene sea-level data from the coasts and shelf of Portugal”, *Sea-level changes during Holocene times Workshop*, European paleoclimate and Man, Rennes, 2-4 December 1993.
- DIAS J. ALVEIRINHO (2003) – *Portugal e o mar. Importância da Oceanografia para Portugal*. Universidade do Algarve, Faro, 16 p.
- DIAS J. ALVEIRINHO (2004) – *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. Uma introdução à Oceanografia Geológica*. Universidade do Algarve, Faro, 84 p.
- DIAS, J. ALVEIRINHO; MONTEIRO, J. H.; GASPAS, L. C. (1980) – “Potencialidades em cascalhos e areias da plataforma continental portuguesa” *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, t.66, p. 227-240.

- DIAS, J. ALVEIRINHO; TABORDA, R. (1992) - "Tidal gauge data in deducing secular trends of relative sea level and crustal movements in Portugal". *Journal of Coastal Research*, 8 (3), p. 655-659.
- DIAS, J. ALVEIRINHO; RODRIGUES, A.; MAGALHÃES, F. (1997) - "Evolução da linha de costa, em Portugal, desde o último máximo glaciário até à actualidade: Síntese dos conhecimentos", *Estudos do Quaternário*, 1, APEQ, Lisboa, p. 53-66
- DOUGLAS, B. (1995) - "Global sea level changes: determination and interpretation". *Rev. Geophysics*, vol. 33, Supplement, American Geophysical Union, p. 1-17
- DRAOT-LVT (2002) - *Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste*, Direcção Regional do Ambiente e do Ordenamento do Território de Lisboa e Vale do Tejo, Lisboa.
- FEIO, M. (1980) - "O porto de Sines: prejuízos dos temporais e reparações", *Finisterra*, XV (29), CEG, Lisboa, p. 79-84
- FERREIRA, A. BRUM (1984) - "Découverte d'un littoral à 250 mètres sur le piémont occidental de la Serra de Sintra". *Finisterra*, XIX, 37, CEG, Lisboa, p. 83-88.
- FERREIRA, D. BRUM (1981) - *Carte Geomorphologique du Portugal*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, 6, Lisboa, 55p. (+mapas anexos)
- FERREIRA, D. B. (1984) - *Le système climatique de l'upwelling ouest Iberique*. L. A. G. F., Rel. n° 19, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 91 p.
- FERREIRA, Ó.; DIAS, J. ALVEIRINHO.; CARVALHO, G. SOARES DE (1989) - *Síntese do conhecimento sobre a dinâmica sedimentar da zona costeira entre Peniche e o rio Minho*, Relatório Disepa 8/88, Lisboa, 31 p.
- FERREIRA, Ó.; DIAS, J. ALVEIRINHO; TABORDA, R. (1994) - "Wave energy dissipation on a high energy barred nearshore. A natural and effective coastal protection", *Proceedings of Littoral 94*, Lisboa, p. 369-379.
- FREITAS, M.C. (1996) - "Lagunas costeiras: ambientes em evolução". *Seminário sobre lagunas costeiras e Ilhas-barreira da zona costeira de Portugal*. Associação Eurocoast de Portugal, p. 107-123.
- FRANÇA, J.; ZBYSZEWSKI, G.; ALMEIDA, F. (1961) - *Notícia explicativa da folha 30-A - Lourinhã*. (Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000). Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 27 p.
- FREIRE, P.; OLIVEIRA, F.; LARANGEIRO, S. (2002) - "Short-term morphodynamics of Buarcos beach, West coast of Portugal", *Littoral 2002, The Changing Coast*. EUROCOAST/EUCC, Porto, Portugal, p. 375-380.
- FREITAS, M.C. (1989) - "Evolução da Lagoa de Óbidos nos Tempos Históricos". *Geolis*, vol. III, Fac. 1 e 2, p. 105-117.
- FREITAS, M.C. (1996) - Lagunas costeiras: ambientes em evolução. *Seminário sobre lagunas costeiras e Ilhas-barreira da zona costeira de Portugal*. Associação Eurocoast de Portugal, p. 107-123.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; JONES, F. (1992) - "Recent evolution of Óbidos and Albufeira coastal lagoons" *Proceedings of International Coastal Congress*, Kiel-1992, p.167-186.
- FRENCH, J.; SPENCER, T.; REED, D. (1995) - "Geomorphic response to sea-level rise: existing evidence and future impacts", *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 20, p. 1-6
- GAMA, C.; DIAS, J. A.; FERREIRA, Ó.; TABORDA, R. (1994) - "Analysis of storm surge in Portugal, between June 1986 and May 1988". *Proceedings of Littoral 94*, Lisboa, p. 381-387.

- GAO, J.; XIA, Z. (1996) – “Fractals in Physical Geography”. *Progress in Physical Geography*, 20, 2, pp. 178-191
- GEOPLANETA (2000) – *Aeroguia do litoral - Portugal*. Publicações D. Quixote, Lisboa, 276 p.
- GODINHO, S. (1984) - “Aspectos meteorológicos das inundações de Novembro de 1983”, *Nota Técnica de Meteorologia e Geofísica*, I.N.M.G., Lisboa
- GODINHO, S. (1989) - “Valores máximos anuais da quantidade de precipitação. Estimativa dos valores relativos a durações inferiores a 24 horas”, *Nota Técnica de Meteorologia e Geofísica*, nº 10, 14 p.
- GOMES, A. A. (1996) *Análise morfológica dos canhões submarinos da Nazaré e de Setúbal*. Mestrado em Ciências da Zonas Costeira, Universidade de Aveiro, 152 p.
- GORNITZ, V. (1995) – “Sea-level rise: a review of recent past and near-future trends” *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 20, p. 7-20.
- GOUDIE, A. (1990) – *Geomorphological Techniques*. Routledge, London, 570 p.
- GOUDIE, A. (1995) - *The Changing Earth. Rates of Geomorphological Processes*. Blackwell, Oxford.
- GUILCHER, A. (1954a) - *Morphologie littorale et sous-marine*. Presses Universitaires de France, Paris, 216 p.
- HENRIQUES, M. V. (1992) – “Morphological evolution of the Óbidos Lagoon”. *Journal of Coastal Research*, Vol. 8-3, p.677-687.
- HENRIQUES, M. V. (1996b) – *A faixa litoral entre a Nazaré e Peniche. Unidades geomorfológicas e dinâmica actual dos sistemas litorais*. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Évora, 575 p.
- HENRIQUES, M. V.; FREITAS, M. C.; ANDRADE, C.; CRUCES; A. (2002) – “Alterações morfológicas em ambientes litorais desde o último máximo transgressivo – exemplos da Estremadura e Alentejo”. *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, Vol. 1, APGeom, Lisboa, p. 99-109
- HICKS, S. (1989) – *Tide Glossary*. USDC, NOAA, 86 p.
- INMAM, D.; NORDSTROM, K. (1971) – “On the tectonic and morphologic classification of coasts”. *Journal of Geology*, 79, p.1-21
- IPCC (2001) – *Climate Change 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change*. WMO, UNEP, Geneve.
- KULLBERG, M. C. (1995) “Controlo estrutural na instalação do Maciço de Sintra”. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, vol. XXIV, Lisboa, p. 219-223.
- KULLBERG, M. C.; KULLBERG, J. C. (2000a) “Tectónica da região de Sintra” in Tectónica das regiões de Sintra e Arrábida. *Memórias de Geociências*, nº 2. Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa, p. 1-34.
- KULLBERG, M. C.; KULLBERG, J. C. (2000b) “Interpretação tectónica de um conjunto de lineamentos WNW-ESE observados em imagens Landsat da Margem Oeste Ibérica” in Tectónica das regiões de Sintra e Arrábida. *Memórias de Geociências*, nº 2. Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa, p. 85-101.
- LARIO, J.; ZAZO, C.; DABRIO, C.; SOMOZA, L.; GOY, J.; BARDAJI, T.; SILVA, P. (1995) – “Record of recent Holocene sediment input on spit bars and deltas of south Spain”, *Journal of Coastal Research*, Special Issue, 17, p. 201-205
- LARANGEIRO, S.; OLIVEIRA, F.; FREIRE, P. (2002) “Numerical characterisation of the longshore sediment dynamics of Buarcos beach, West coast of Portugal” *Littoral 2002, The Changing Coast*. EUROCOAST/EUCC, Porto, Portugal, p. 369-374.

- LAUTENSACH, H. (1987) – “O mar da plataforma continental e o litoral português”, in *Geografia de Portugal. I – A posição geográfica e o território*, edit. O. Ribeiro, H. Lautensach e S. Daveau, Edições João Sá da Costa, p. 37-71
- LOPES, A.; ARNAUD, A. (2002) – “Generalização e qualidade da representação da linha de costa”. *Comunicações do ESIG 2002. VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica*. 13-15 Novembro, Oeiras. 14 p.(em CD)
- MARQUES, F. (1997a) – *As arribas do litoral do Algarve. Dinâmica, processos e mecanismos*. Dissertação de Doutoramento. Fac. de Ciências da Univ. de Lisboa. 556 p.
- MARQUES, F.; ROMARIZ, C. (1989) – “Susceptibilidade à erosão do litoral da Península de Peniche (Estremadura – Portugal)”, *Geolis*, Vol. III, Fasc. 1 e 2, p. 212-222.
- MARTINS, A. F. (1946) – “A configuração do litoral português no último quartel do séc. XIV”, *Biblos*, XXII, tomo 1, p. 176-211
- MOUGENOT, D. (1989) – *Geologia da Margem Portuguesa*. Instituto Hidrográfico, Lisboa, 259 p.
- MOURA, I.; PIRES, H. OLIVEIRA; NUNES, N. CASTANHEIRA; RODRIGUES, A. (1988) – “Características do clima da costa de Portugal de interesse para a navegação marítima”. *O Clima de Portugal*, fasc. XXXVII, vol. 1, INMG, Lisboa, 58 p.
- NEVES, M. (1995) - *Dinâmica actual e recente dos litorais rochosos. Exemplos do SW português*, Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ambiente, apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 127 p. + anexos, não publicada.
- NEVES, M. (2004): *Evolução actual dos litorais rochosos da Estremadura Norte. Estudo de Geomorfologia*. Tese de Doutoramento em Geografia Física. Faculdade de Letras. Universidade de Lisboa: 539 p.
- NEVES, M. (2006) “Changes in the evolution rhythm of a coastal cliff area. Processes and triggering factors” European Geosciences Union General Assembly, Viena, 2-7 April, 2006. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 8, 10893
- NEVES, M.; PEREIRA, A. RAMOS (1999) - The interaction between marine and subaerial processes in the evolution of rocky coasts. The example of Castelejo - SW, Portugal. *Boletim Instituto Español de Oceanografía*, Vol. 15. (1-4), p. 251-258.
- PEREIRA, A. RAMOS (1987a) - *Acumulações arenosas eólicas consolidadas do litoral do Alentejo e Algarve ocidental*. Linha de Acção de Geografia Física, Relatório nº 27, C.E.G., Lisboa, 113 p.
- PEREIRA, A. RAMOS (1987b) – “Aspectos da evolução do relevo de Portugal. Litoral entre a serra de Sintra e a praia de S. Julião (Ericceira)”. *Finisterra*, XXII, nº44, Lisboa, p. 423-434.
- PEREIRA, A. RAMOS (1991a) – “A geomorfologia da margem continental portuguesa: conhecimento actual e linhas de pesquisa. Prova complementar de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa, 79 p. + 3 mapas em anexo.
- PEREIRA, A. RAMOS (1991b) – “A margem continental portuguesa. Breve síntese do conhecimento actual” *Finisterra* XXVI (51), Lisboa, p. 149-185.
- PEREIRA, A. RAMOS (1992a) - *A geomorfologia da Margem Continental Portuguesa e a interdependência das Plataformas Continental e Litoral. Evolução do conhecimento e linhas de investigação*. L. A. G. F., Rel. nº 30, 85 p.
- PEREIRA, A. RAMOS (1992b) - “L’homme et l’érosion au Portugal: l’exemple du littoral portugais”. *Finisterra* XXVII, 53-54, p. 205-225.
- PEREIRA, A. RAMOS (1996a) - "Vulnerability of a man-made coastal section. The example of the bay of Sines", *Fifth European Intensive Course on Applied Geomorphology*:

- Mediterranean and Urban Areas*, ERASMUS ICP-91/96-I-1226/07, publ. n.9, edited by A. B. Ferreira e G. T. Vieira, C.E.G. e Dep. Geografia, Univ. Lisboa, p.207-209.
- PEREIRA, A. RAMOS (1996b) – “Contribuições para o conhecimento da génese e evolução da laguna de Alvor (Baía de Lagos)”, *Resumo das comunicações ao Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas-barreira da zona costeira de Portugal*, 10-12 de Outubro de 1996, Universidade de Aveiro
- PEREIRA, A. RAMOS (2001) – *O(s) Oceano(s) e as suas Margens*. Cadernos de Educação Ambiental. Instituto de Inovação Educacional, 123 p.
- PEREIRA, A. RAMOS; SOARES, M. (1994) – "A estabilização holocénica do nível do mar. Vestígios no litoral de Armação de Pera". (First Symposium on the Atlantic Iberian Continental Margin). *Gaia*, 9, p. 90-93.
- PEREIRA, A. RAMOS; ANGELUCCI, D. (2004) – “Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos” *Actas do Simpósio Evolução Geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*, Edit. A. Tavares, M. Tavares e J. Cardoso, Univ. Aberta, Lisboa, p. 221-256.
- PETTIJOHN, F. (1975, 3ªed.) - *Sedimentary rocks*. Harper & Row, New York, 628 p.
- PETTIJOHN, F.; Potter, P.; Siever, R. (1972) – *Sand and Sandstones*. Springer-Verlag, New York, 618 p.
- PIRAZZOLI, P. (1993) - *Les littoraux*. Éd. Nathan, Paris, 191 p.
- PIRAZZOLI, P. (1996) – *Sea-level changes. The last 20 000 years*. John Wiley & Sons, Chichester, 211 p.
- PIRES, H. OLIVEIRA (1978) - *Condições meteorológicas que afectaram a costa ocidental portuguesa na região de Sines entre 12 de Fevereiro e 4 de Março de 1978*. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, 80 p.
- PIRES, H. OLIVEIRA (1979) - *Condições meteorológicas na costa ocidental portuguesa na região de Sines em Dezembro de 1978 e em Fevereiro de 1979*. Policopiado, 6 p. + 21 p. anexos.
- PIRES, H. OLIVEIRA (1989) - *Alguns aspectos do clima de agitação marítima de interesse para a navegação na costa de Portugal*, O Clima de Portugal, Fasc. XXXVII, vol. 2, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa, 34 p.
- PIRES, H. OLIVEIRA; SILVA, P.B. (2003) – *Sobre o conceito de média em Portugal Continental da temperatura do ar*. Departamento de Clima e Ambiente Atmosférico. Instituto de Meteorologia, Lisboa, 8 p.
- PONTES, M.T., BARSTOW, S.; BERTOTTI, L.; CAVALERI, L.; PIRES, H. OLIVEIRA (1996) - "Use of numerical wind-wave models for assessment of the offshore wave energy resource", *OMAE – Vol. 1 – Part B, Offshore Technology*, p. 317- 324.
- PONTES, M.T., AGUIAR, R.; PIRES, H. OLIVEIRA (2000) - "A Nearshore Wave Energy Atlas for Portugal", *Proc. 4th European Wave Energy Conference*.
- RAMALHO, M.; REY, J.; ZBYSZEWSKI, G.; ALVES, C.A.; ALMEIDA, F. M.; COSTA, C.; KULLBERG, M.C. (1981) – *Notícia explicativa da Folha 34-C. Cascais*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 87 p.
- RAMALHO, M; PAIS, J.; REY, J.; BERTHOU, P.; ALVES, C.; PALÁCIOS, T.; LEAL, N.; KULLBERG, M. (1993) – *Notícia explicativa da folha 34-A – Sintra* (Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000). Serviços Geológicos de Portugal, 77 p.
- RAMALHO, M; REY, J.; ZBYSZEWSKI, G.; ALVES, C.; PALÁCIOS, T.; MOITINHO DE ALMEIDA, F.; COSTA, C.; KULLBERG, M. (2001) – *Notícia explicativa da folha 34-C – Cascais* (Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000). Serviços Geológicos de Portugal, 104 p.

- RAMOS, C. (1996b) - "The natural regimes of portuguese rivers", *Fifth European Intensive Course on Applied Geomorphology: Mediterranean and Urban Areas*, ERASMUS ICP-91/96-I-1226/07, publ. n.9, edited by A. B. Ferreira e G. T. Vieira, C.E.G. e Dep. Geografia, Univ. Lisboa, p.151-160.
- REGNAULD, H. (1987) – *Géomorphologie de la pente continentale du Portugal*. Publications du Département de Géographie de l'Université de Paris-Sorbonne, n° 15, 141 p.
- REIS, R.; GONÇALVES, M. (1981) – “Caracterização climática da região agrícola do Ribatejo e Oeste”, *O Clima de Portugal*, Fascículo XXXII, INMG, 194 p.
- RIBEIRO, A.; ANTUNES, M.; FERREIRA, M.; ROCHA, R.; SOARES, A.; ZBYSZEWSKI, G.; ALMEIDA, F.; CARVALHO, D.; MONTEIRO, J. (1979) - *Introduction à la géologie générale du Portugal*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 114 p
- RIBEIRO, O. (1987) – “As formas de relevo”, in Ribeiro, O.; Lautensach, H.; Daveau, S. *Geografia de Portugal. I. A Posição Geográfica e o Território*, Edições João Sá da Costa, Lisboa, p. 167-199.
- RIBEIRO, O. (1988) – “O regime dos rios”, in *Geografia de Portugal. II – O ritmo climático e a paisagem*, edit. O. Ribeiro, H. Lautensach e S. Daveau, Edições João Sá da Costa, p. 483-486.
- RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H; DAVEAU, S. (1987) – *Geografia de Portugal. I – A posição geográfica e o território*, Edições João Sá da Costa, 334 p.
- SHEPARD, F. (1973, 3ªed.) - *Submarine geology*. Harper & Row, New York, 278 p.
- SIJING, W.; XITAO, Z.; (1992) – “Sea-level changes in China – Past and future: their impact and counter measures”. *Geohazards. Natural and man-made*. Edit. by G. McCall, D. Laming and S. Scott, Chapman & Hall, London, p. 161-169
- SUNAMURA, T. (1992) - *Geomorphology of rocky coasts*. John Wiley & Sons, Chichester, 302 p.
- SUZUKI, T. (2002) – “Rock control in geomorphological processes: research history in Japan and perspective” *Transactions of Japan Geomorphological Union*, 23-2, p. 161-199.
- TABORDA, R.; DIAS, J. ALVEIRINHO (1992) - “Análise da sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica durante os temporais de Fevereiro/Março de 1978 e Dezembro de 1981”. *Geonovas*, n° especial 1, p. 89-97
- TEIXEIRA, C. (1979) – “Plio-pleistocénico de Portugal”, *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 65, Lisboa, p. 35-46.
- TRENHAILE, A. (1987) - *The Geomorphology of rock coasts*. Clarendon Press, Oxford, 384 p.
- TRINDADE, J. (2001) – *Evolução geomorfológica do sector terminal da bacia do Rio Alcábrichel*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ambiente, Universidade de Lisboa, 117 p.
- TWIDALE, C. (1982) – *Granite landforms*, Elsevier, Amsterdam, 372 p.
- VANNEY, J.; MOUGENOT, D. (1981) - *La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes: Analyse Géomorphologique*. Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal, n° 28, 86 p.
- VILES, H.; SPENCER, T. (1995) – *Coastal problems. Geomorphology, ecology and society at the coast*. Edward Arnold, London, 350 p.
- VOIGT, B. (1998) - *Glossary of Coastal Terminology*. Publication No. 98-105, WSDE, NOAA Coastal Services Center, Washington (disponível na Internet em <http://www.csc.noaa.gov/text/glossary.html#references>)
- ZÊZERE, J. L. (1997) – *Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na região a norte de Lisboa*. Dissertação de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa, 575 p.

ZÊZERE, J. L. (2001) – *Distribuição e ritmo dos movimentos de vertente na Região a Norte de Lisboa*. Área de Geografia Física, Relatório n° 38, Lisboa, 167 p.

II - DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS

- Carta da Série Costeira Oceano Atlântico Norte - Portugal Continental* (n°34) – Costa Oeste – Cabo Mondego à Nazaré. Escala 1:75 000. Inclui Baía de S. Martinho do Porto. Escala 1:10 000. 1ª edição – 1987; pequenas correcções – 2001. Instituto Hidrográfico. Lisboa
- Carta de Portugal*. Escala 1:100 000. (1970 a 1985). Folhas 26, 30 e 34 – Instituto Geográfico e Cadastral, Lisboa
- Carta Geológica de Portugal*. Escala 1:50 000. Folhas 26-B (Alcobaca), 26-C (Peniche), 26-D (Caldas da Rainha), 30-A (Lourinhã), 30-C (Torres Vedras), 34-A (Sintra), 34-C (Cascais). Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa
- Carta Geológica de Portugal*. Escala 1:500 000. Folha 2. 1992. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa
- Carta Geológica do Quaternário de Portugal*. Escala 1:1 000 000. 1969. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa
- Carta Litológica Submarina da Costa de Portugal* – Folhas 3 e 4. Escala 1:153 883. Missão Hidrográfica da Costa de Portugal. Direcção de Hidrografia. Ministério da Marinha, Lisboa.
- Carta Militar de Portugal*. Escala 1:25 000. Folhas 306B (Nazaré), 316 (S. Martinho do Porto), 326 (Caldas da Rainha), 337 (Peniche), 349 (Lourinhã), 361 (A-dos-Cunhados), 374 (Torres Vedras), 388 (Ericeira), 401-A (Magoito), 402 (Mafra), 415 (Colares) e 429 (Cascais). Serviços Cartográficos do Exército/Instituto Geográfico do Exército. Lisboa
- Carta Neotectónica de Portugal*. Escala 1:1 000 000. 1989. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa
- Fotografias aéreas a preto e branco*, Escala aproximada 1:26 000. Voo USAF, 1958/60 – litoral da Estremadura N. Serviços Cartográficos do Exército, Lisboa
- Ortofotomapas digitais*, resolução 1 metro. N°s 2704, 2670, 2672, 2707, 3105, 3106, 3109, 3110, 3211, 3215 a 3219, 3269, 3923, 3926, 3927, 3991, 3993, 3994, 4066, 4067, 4069 e 5620. 1995. Centro Nacional de Informação Geográfica, Lisboa.

III – DOCUMENTOS ESTATÍSTICOS

- Agitação Marítima. Registos das Bóias Ondógrafos de Sines e Leixões disponíveis on-line. Instituto Hidrográfico, Lisboa
- Índice Hidrográfico e Classificação Decimal dos cursos de água de Portugal, Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Lisboa, 1981
- Normais Climatológicas do Continente, Açores e Madeira, correspondentes a 1931-60. O *Clima de Portugal*, Fasc. XIII, Serviço Meteorológico Nacional, Lisboa, 1965

Normais Climatológicas da Região de «Ribatejo e Oeste», correspondentes a 1941-70. *O Clima de Portugal*, Fasc. XL, Vol.2 – 2ª Região, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa, 1988

Normais Climatológicas da Região de «Ribatejo e Oeste», correspondentes a 1951-80. *O Clima de Portugal*, Fasc. XLIX, Vol.2 – 2ª Região, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa, 1991

Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Dados Meteorológicos e Hidrométricos. Instituto da Água, Lisboa

Tabela de Marés, Instituto Hidrográfico, Lisboa, (vários anos).