

JOSÉ LUÍS RIBEIRO

Zonas Húmidas Costeiras e Ordenamento Territorial

O Caso do Estuário do Mondego



Coimbra • Imprensa da Universidade

(Página deixada propositadamente em branco)

JOSÉ LUIS RIBEIRO

IMPRESA
DA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Zonas Húmidas Costeiras e Ordenamento Territorial

• O caso do estuário do Mondego •



Coimbra • Imprensa da Universidade

COORDENAÇÃO EDITORIAL
Imprensa da Universidade de Coimbra

CONCEPÇÃO GRÁFICA

António Barros

ILUSTRAÇÃO DA CAPA

Braço Sul do Estuário do Mondego
Foto de Jorge Dias

EXECUÇÃO GRÁFICA

Imprensa de Coimbra, Lda
Largo de S. Salvador, 1
3000-372 Coimbra

ISBN

972-98225-9-X

ISBN DIGITAL

978-989-26-0508-1

DOI

[HTTP://DX.DOI.ORG/10.14195/978-989-26-0508-1](http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0508-1)

DEPÓSITO LEGAL

166896/01

© JUNHO 2001, IMPRENSA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA



OBRA PUBLICADA COM O PATROCÍNIO DA
CÂMARA MUNICIPAL DA FIGUEIRA DA FOZ

à Ana Bela
ao Nuno
ao Hugo
aos meus pais
à minha família
aos meus amigos

(Página deixada propositadamente em branco)

PREFÁCIO

Num tempo em que tanto se fala do litoral, não só pelas suas virtudes como espaço de lazer, tão propagandeadas nas últimas décadas, mas especialmente por aí ocorrerem, cada vez com mais frequência, situações de risco para as pessoas ou para os seus bens, torna-se premente desenvolver, rápida e eficazmente, estudos conducentes à compreensão, tão completa quanto possível, dos processos aí envolvidos. Para tanto, é importante que se mobilize o máximo de sensibilidades técnicas e científicas capazes de darem o seu contributo para a compreensão de um problema que, como parecem apontar as previsões, mais optimistas ou mais pessimistas, terá tendência em piorar, a curto ou a longo prazo. Assim sendo, é um dos espaços do nosso território onde é urgente aplicar um modelo de ordenamento capaz de manter o máximo da sua sustentabilidade.

José Luis Ribeiro, na obra que agora apresenta, baseada em grande parte na sua tese de Mestrado, pega num pequeno troço da costa ocidental portuguesa, o estuário do Mondego e, de modo descomplexado, porque sustentado em sério trabalho de pesquisa quer de campo quer bibliográfico, para além do seu conhecimento pessoal da área, analisa-o de um modo tanto quanto possível integrado, pretendendo assim dar o seu contributo para esse ordenamento. É a sua formação de geógrafo a manifestar-se.

Depois de um enquadramento teórico do tema, centrado sobre o estuário e sobre as suas envolvências, costa adjacente e vale fluvial, e de

uma passagem pela história recente do próprio estuário, parte o autor para a análise das relações existentes entre os elementos biofísicos, naturais ou induzidos, e a exploração económica, tradicional e moderna, dos diversificados recursos deste sistema altamente complexo, mas por isso mesmo atractivo. É aqui que melhor demonstra a sua sagacidade e poder de observação ao mostrar como todo o sistema é altamente dinâmico, estando sujeito a forte impacte humano. Dá realce a uma actividade tradicional, a salicultura, por proporcionar uma exploração equilibrada dos recursos, quer ambiental quer temporalmente, e aponta as potencialidades da aquacultura, mais recente, quando praticada com comisseração, assim como a perturbação introduzida pelo tipo de agricultura que se pratica imediatamente a montante e pelo crescimento contínuo do porto da Figueira da Foz, a jusante.

— Talvez fruto do seu espírito insubmisso e da sua prática interventiva na sociedade, o autor não se limita a fazer uma inventariação e análise dos problemas do espaço em causa, mas arrisca trilhar caminhos não habituais em trabalhos deste âmbito que é a apresentação de propostas de ordenamento. Mais uma vez, reforça a sua convicção da necessidade de não se descurarem componentes por pretensamente menos importantes em favor de outras consideradas determinantes, mas salienta a inter-relação sistémica de todos os elementos. Assim, propõe um plano de ordenamento que entre em consideração, de modo dinâmico, com a distribuição dos recursos, a sua utilização sustentada, a dinâmica biofísica em mutação, os mecanismos legais vigentes e as actividades económicas em desenvolvimento ou a desenvolver.

— Podem ser bastante discutíveis as suas propostas, mas merecem, decerto, uma atenção e reflexão por parte de quem tem o poder de decisão sobre o espaço em causa. Já a componente analítica, desenvolvida ao longo do trabalho, dá indicações importantes para os especialistas de diferentes formações e para aqueles responsáveis que nem sempre estão possuidores de um conhecimento suficiente da área que lhes sustente as decisões que têm de tomar.

António Campar de Almeida

ÍNDICE GERAL

1. Introdução.....	9
2. A zona costeira, o litoral e o domínio do estuário.....	13
2.1. Factores físico-químicos e fronteiras hidrográficas.....	16
2.2. Zonas húmidas em permanente transformação.....	21
2.2.1. A evolução no Quaternário recente.....	25
2.2.2. Aquecimento global e subida do nível do mar.....	29
2.3. Hidrologia e morfologia estuarinas.....	37
2.3.1. A dinâmica mareal.....	39
2.3.2. Sedimentação, depósitos vasosos e construção do Sapal.....	46
2.4. Ecossistemas sensíveis e interdependentes.....	54
2.4.1. Biodiversidade e equilíbrio ecológico.....	56
2.4.2. Processos biofísicos e bioquímicos fundamentais.....	62
2.5. Pressão humana e riscos naturais.....	67
3. Caracterização física e ambiental da área de estudo.....	79
3.1. Localização geográfica e enquadramento na bacia do Mondego..	82
3.2. Esboço geológico e geomorfológico.....	85
3.3. Sedimentação litoral.....	94
3.4. Clima e hidrologia.....	100
3.4.1. Meteorologia e agitação marítima.....	105
3.4.2. A interpenetração dos domínios fluvial e marinho.....	115
3.4.3. As águas subterrâneas.....	121

3.5. Habitats e biótopos litorais.....	127
3.6. Interações entre o estuário e a zona costeira envolvente.....	134
4. Escalas de análise dos impactes antrópicos no estuário do Mondego...	137
4.1. A crescente artificialização da zona costeira atlântica	141
4.2. As obras realizadas na bacia hidrográfica.....	153
4.2.1. Impactes hidráulicos.....	158
4.2.2. Impactes sociais e ambientais.....	162
4.3. As actividades com maior significado local.....	168
4.3.1. A agricultura.....	170
4.3.2. A indústria e o urbanismo.....	173
4.3.3. A pesca.....	178
4.3.4. A salicultura.....	180
4.3.5. A aquicultura.....	188
4.3.6. O comércio marítimo e as infraestruturas portuárias.....	197
4.3.7. O turismo.....	204
5. Conflitos e estratégias alternativas.....	209
5.1. Interesse privado versus direito público.....	211
5.2. Planear o uso dos recursos em desenvolvimento sustentado.....	221
5.3. Defesa do património e educação ambiental.....	229
6. Dimensões do ordenamento estuarino.....	235
6.1. Finalidades, acções e medidas regulamentares geo-referenciadas...	239
6.2. Monitorização, informação e quadro institucional.....	259
7. Conclusões.....	265
ANEXOS.....	269
Glossário de termos.....	281
Referências bibliográficas.....	293
Cartografia de referência.....	311
Índice de Figuras.....	315
Índice de Quadros.....	321
Índice de Fotos.....	323

I. INTRODUÇÃO

O fenómeno de litoralização da ocupação humana dos continentes agudiza-se em vastas áreas do globo e Portugal não foge a esta regra de crescimento constante das cidades costeiras, normalmente localizadas junto à foz da quase totalidade dos cursos de água continental. Esse urbanismo que envolve a faixa litoral constitui a derradeira e mortífera cilada de quantas sufocaram a existência de um qualquer desses rios, modificando-lhe o carácter ainda antes de poder derramar-se no oceano. Por vezes, praticamente moribundo, infectando e contaminando, também, as águas marinhas que o acolhem.

Está sobejamente demonstrada a importância dos meios marginais de contacto entre a litosfera, a hidrosfera e a atmosfera, bem como as razões que os tornam tão disputados e tão frágeis (R. Paskoff, 1985). Verificam-se aí grandes antagonismos entre os interesses de grupos socialmente representativos e as capacidades ambientais de suporte devido à sobrecarga das actividades humanas, quer as relacionadas com a expansão do espaço urbano quer as actividades produtivas cada vez mais intensivas, quer ainda as infraestruturas de adaptação física reclamadas pela moderna economia que têm relegado para plano secundário outros aspectos essenciais do desenvolvimento, como sejam a preservação ambiental e a utilização racional dos recursos ditos renováveis. De facto, as acções do homem têm ignorado a verdadeira natureza dos espaços litorais, provocando degradações que são irreversíveis para uma série de ecossistemas extremamente importantes (R. Paskoff, 1993), dos quais

assumem particular realce os estuários como parte integrante da rede intrincada de relações e intensa interacção que existe entre os ambientes marítimos e os continentais, não podendo nunca ser dissociados dessa profunda interdependência.

Por isso, é imperioso que procedamos inicialmente a uma caracterização dos principais aspectos que compõem a unidade territorial alargada que constitui a zona húmida costeira — a confluência dos domínios hídricos fluvial e marinho, a plataforma continental, as praias, as dunas litorais, as águas subterrâneas e o próprio estuário — bem como do conjunto de factores que agem sobre estas áreas, estabilizando ou alterando as condições de equilíbrio natural, por forma a serem consideradas as dinâmicas evolutivas e podermos assumir uma perspectiva holística em qualquer das dimensões da abordagem, bem como dos fenómenos de mutabilidade (J. Ribeiro, 1998).

É necessário, pois, perceber o funcionamento das relações gerais de causa-efeito, mas também os condicionalismos naturais e humanos que surgem apenas expostos em escalas maiores e que evidenciam particularidades nem sempre coincidentes com algumas das soluções modelares, se é que elas existem realmente numa assunção precisa. Este aspecto do problema conduz-nos, inevitavelmente, à necessidade de serem estudados e avaliados concomitantemente os diferentes contextos da análise espacial, uma vez que existem sempre aspectos ímpares da meteorologia e da zonalidade climática, da hidrologia, da geologia e da geomorfologia, para além de fenómenos biofísicos e bioquímicos muito complexos (V. Zenkovich, 1967) que marcam indelevelmente a definição das zonas húmidas costeiras e, em especial, dos estuários como territórios com características únicas que funcionam ao mesmo tempo como "buffers" de protecção e como "filtros" entre a terra e o mar (C. Borrego, 1994), encontrando-se permanentemente num balanço dinâmico entre a actuação como fonte ou como escoadouro de sedimentos, matéria orgânica e nutrientes (H. Viles & T. Spencer, 1995).

Infelizmente, cada dia são mais evidentes os impactes antrópicos que afectam vastas zonas costeiras do globo, sejam eles directos ou indirectos, mostrando como o homem constitui hoje o factor mais sério de risco e de distúrbio das conexões ecológicas referidas. Sobretudo neste século e em especial nas últimas três décadas, verificaram-se mudanças radicais na

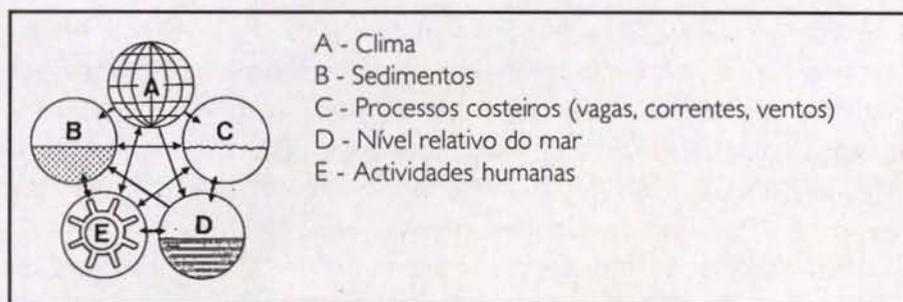


Figura 1 - Factores cujas acções, interacções e retroacções se manifestam nos meios costeiros (de acordo com O. Pilkey, 1989, in R. Paskoff, 1993).

quase totalidade das orlas costeiras e litorais, não sendo excepção o território que aqui serve de referência, o qual é afectado, também, pelas profundas mudanças que se estão a operar na bacia hidrográfica do rio Mondego, quer devido às alterações hidrológicas quer às novas formas de ocupação e uso do solo, que arrastaram um vendaval de transformações sociais e provocaram efeitos a jusante, nalguns aspectos a evoluírem para

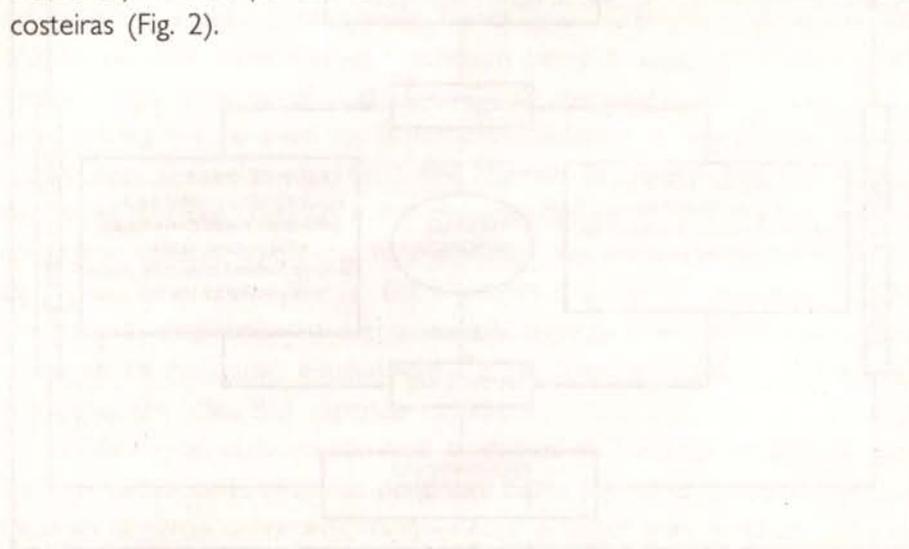


Figura 2 - Abordagem sistémica da gestão integrada do território (análise multi e interdisciplinar), na definição de objectivos e estratégias de desenvolvimento e de ordenamento.

o desastre ambiental. Ou seja, o homem deixou de ser um agente secular de harmonia — em certos casos imprescindível, como se constata, por exemplo, no caso da salicultura — para assumir o papel de destruidor de ecossistemas e voraz consumidor dos recursos que sempre contribuíram para a sua própria sobrevivência e que também são insubstituíveis na manutenção da biodiversidade.

No estuário do Mondego confluem, assim, variados impactes de origens cruzadas que desequilibram a paisagem, minando as componentes que lhe dão expressão — balanço hídrico, forma e uso dos campos, bioquímica dos solos e das águas, fisiografia, dinâmicas mareal e da agitação marítima, sedimentação — fazendo deste território um exemplo capaz de mostrar os resultados dessa pluralidade de interações que se estabeleceram entre o meio físico e as comunidades nele instaladas (Fig. 1).

De facto, o que interessa sobretudo é deixar aberto o debate sobre as medidas de natureza técnico-ambiental que se impõem a curto e médio prazos e promover um conjunto inadiável de decisões de base institucional e regulamentar que permitam no futuro acompanhar e gerir os sistemas de forma integrada, proporcionando um desenvolvimento sustentado de toda a região com suporte em princípios de multicritério e da abordagem multidisciplinar do planeamento e do ordenamento das zonas húmidas costeiras (Fig. 2).



2. A ZONA COSTEIRA, O LITORAL E O DOMÍNIO DO ESTUÁRIO

À escala mundial, as Zonas Costeiras são áreas com características especiais, resultando as suas qualidades da condição de zonas de contacto entre ambientes continentais emersos e oceânicos submersos. Essa fronteira ocorre numa banda mais ou menos larga e variável a que chamamos Faixa Costeira e que G. Carvalho & H. Granja (1997) definem como "zona entre-marés, a qual se amplia quando das tempestades, particularmente nos segmentos costeiros com formações frágeis (areias, arenitos, etc.), migrando para o interior actualmente". Daí que seja lógica a distinção de J. Davies (1980) quando afirma que os factores terrestres se relacionam com a costa, enquanto que os factores marinhos e biológicos o fazem com o litoral. Este último, portanto, é assim visto como o limite do mar, enquanto a costa marca o limite da terra.

A classificação destes domínios, no entanto, é diversificada e depende da perspectiva da análise, ou seja, se ela é dirigida às influências climáticas predominantes ou a outros processos como a ondulação, os fenómenos mareais, as flutuações de nível, as correntes, os processos químicos, as biocenoses da fauna e da flora, ou a geologia marinha (V. Zenkovich, 1967).

Por exemplo, a regulamentação portuguesa dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOCs - Dec. Lei nº 309/93) considera a Zona Costeira como a faixa situada entre a Zona Terrestre de protecção, com largura máxima que não excede os 500 metros contados

da linha que limita a margem das águas do mar e a Zona Marítima de protecção que tem como limite máximo a batimétrica -30.

Embora estes limites não possam ser definidos com tanta precisão, dado o conjunto de factores em jogo interactivo (litologia, estrutura, estabilidade tectónica, desnudação ou acreção, regimes mareais e características da água, componentes biológicos), consideram-se sempre os dois grandes ambientes já focados e que são ainda insuficientemente conhecidos nas suas interconexões: o marinho (submerso) e o continental (emerso).

O primeiro corresponde ao sector mais próximo e pouco profundo da Plataforma Continental ("Continental Shelf"), representando, por isso, uma curta faixa litoral da Margem Continental (Fig. 3) e que, entre outras virtudes, é sede de elevada produtividade de matéria orgânica (povoamentos bentónicos, nectónicos e planctónicos) que chega a atingir valores acima dos 4.000 gr/m²/ano (J. Blanc, 1982). Esta Margem engloba ainda o Declive Continental ("Continental Slope") que confina com a Bacia Oceânica propriamente dita.

Do lado da costa, as zonas litorais de contacto submareal, intermareal e supramareal com os ambientes costeiros continentais, incluem praias, dunas primárias e secundárias, sistemas dunares e dunas fósseis, arribas,

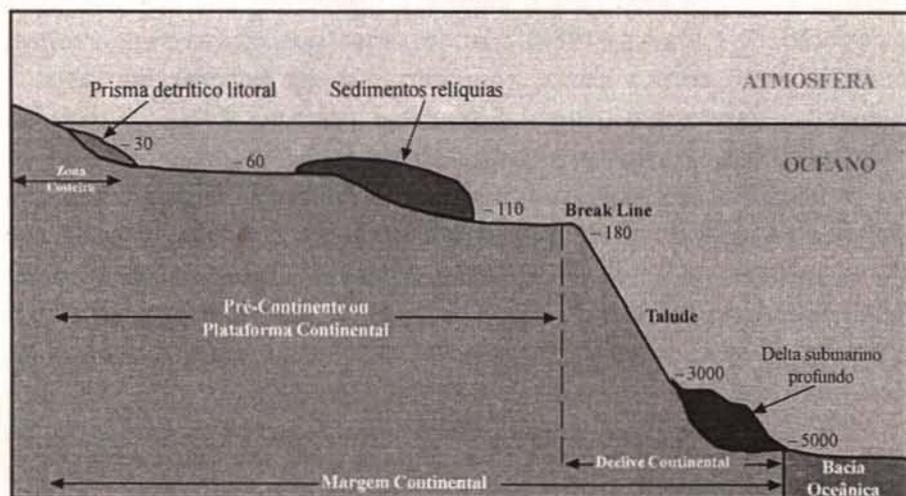


Figura 3 - Fronteiras submarinas entre o continente emerso e a bacia oceânica: margem continental, plataforma continental e zona costeira (adaptado de J. Blanc, 1982).

estuários, sapais, lagoas e lagoas, ilhas, escolhos, restingas e tómbolos (A. Pereira *et al.*, 1995), constituindo áreas dinâmicas que funcionam como defesas naturais contra as tempestades e a erosão costeira e, ainda, como ecossistemas que podem moderar os impactes provenientes da zona terrestre (C. Borrego, 1994; Post & Lundin, 1996), sendo, ao mesmo tempo, zonas de risco onde existem problemas que resultam do "stress" dos diversos sistemas que aí se localizam, incluindo os fenómenos sociais, uma vez que providenciam condições para inúmeras instalações humanas que podem perturbar o balanço frágil de todas as suas componentes (H. Viles & T. Spencer, 1995). Calcula-se mesmo que neste momento perto de 75% da população mundial esteja vivendo numa faixa de 60 Km ao longo das costas continentais.

As chamadas Terras Húmidas foram, pois, sucessivamente "conquistadas" e grande parte dos seus solos, primeiramente considerados como "improdutivos", acabaram por ser também "recuperados" para actividades agrícolas aparentemente mais lucrativas, ignorando por completo, dessa forma, o seu papel na sobrevivência das espécies, na alimentação, no refúgio e ainda como agente de protecção costeira e de purificação ambiental, servindo de autêntico "filtro" que mantém a qualidade da água (K. Nordstrom & C. Roman, 1996). Estão nesta condição a maioria dos Estuários que se estendem pelas áreas submareais perto do litoral, pela zona internareal e em direcção à terra até ao limite da inundação máxima marinha que contêm, ainda hoje, apesar de tudo, ambientes ecologicamente ricos e produtivos, com destaque para os sapais, os prados de gramíneas marinhas, as planícies de maré, os bancos lodosos e, claro, uma grande variedade de alterações fisiográficas provocadas pelo homem, sendo verdade que algumas destas, mais adaptadas à natureza, também trouxeram efeitos benéficos para a saúde dos sistemas e para a biodiversidade.

Neste contexto, o Sapal afirma-se como um dos biótopos de referência dos estuários, dada a variedade de funções que exerce dentro da paisagem costeira (B. Howes *et al.*, 1996). De facto, além de tampões de defesa em relação às tempestades e de serem produtores de recursos harmoniosos, os sapais são sempre citados como muito importantes para a cadeia alimentar, sendo consideráveis exportadores de matéria orgânica (nas formas de peixe e de marisco, por exemplo), embora a sua grande

sensibilidade revele o quanto são frágeis perante os impactes antrópicos que se fazem sentir, de forma crescente, sobre os seus territórios tradicionais.

J. Doody (1996) considera que, sem a interferência humana, um estuário desenvolver-se-ia em resposta a um complexo conjunto de interacções, incluindo a geologia do hinterland, a mudança relativa do nível do mar, a variação da maré e o modelo de inundação (fluxos de água doce e *inputs/outputs* sedimentares). As adaptações, no entanto, ocorrem hoje num quadro de artificialização global, não só do estuário mas de toda a zona costeira envolvente, impondo, a montante e a jusante, intensa pressão sobre os ambientes naturais destas terras húmidas. E essa é uma realidade muito difícil de contornar, qualquer que seja a estratégia de preservação.

2.1. Factores físico-químicos e fronteiras hidrográficas

As zonas húmidas costeiras e em especial os estuários, caracterizam-se pela variabilidade pendular e sazonal das águas dominantes, isto é, pelos ciclos e tipos das marés (água marinha) e pelos influxos de estio e de inverno das correntes fluviais (água doce), ocorrendo um maior ou menor predomínio da salinidade e de outros parâmetros físico-químicos na dinamização ou inibição de variados processos biológicos e sedimentológicos.

Estes movimentos de subida e descida do nível das águas litorais — desde os períodos de deficiente alagamento à ocorrência irregular de inundações originadas por caudais de cheia ou por tempestades oceânicas, passando pela mistura ou separação (horizontal e vertical) em correntes de densidade — provocam também os avanços e recuos dos suspensóides nas massas de água e marcam o ritmo da mobilidade de inúmeras espécies bentónicas, pelágicas e planctónicas, além da própria evolução fisiográfica do estuário.

O grau de interpenetração e durabilidade da intrusão salina (Quadro I) é classificado tanto nas variações da onda de maré nos leitos principais e secundários, como nos sectores menos dinâmicos e até nas águas subterrâneas, definindo, assim, os possíveis riscos de transgressão marinha e também os limites proximal e distal dos estuários e a zonalidade dos seus biótopos.

Quadro I: Classificação das águas, segundo o grau de salinidade.

Classificação das águas		Salinidade
Água Doce		< 0,5
Oligohalina	Salobra	0,5 – 3
Mesohalina		3 – 16,5
Polihalina		16,5 – 30
Marinha		> 30
Hipersalina		> 40

As fronteiras hidrológicas podem, pois, ser definidas através de variados parâmetros, considerando, logo de início, os que se relacionam com a qualificação das águas em presença:

a) A composição química.

As águas oceânicas contêm 55,2% de Cloro (18,98 gr/litro de Cl⁻), 30,4% de Sódio (10, 56 gr/litro de Na⁺), 7,7% de Sulfatos (SO₄⁻), 3,7% de Magnésio (Mg⁺⁺), 1,16% de Cálcio (Ca⁺⁺), 1,1% de Potássio (K⁺),

0,1% de Bromo (Br⁻), 0,04% de Estrôncio (Sr⁺⁺), 0,07% de Ácido Bórico (H₃Bo₃), 0,035% de Ácido Carbônico e Carbonatos (HCO₃⁻ e CO₃⁻) e muitos outros elementos cujo conteúdo não ultrapassa 0,025% dos constituintes principais;

b) A luz solar. A penetração da luz é essencial para a vida aquática e está dependente de vários factores (G. Barnabé, 1996):

— A transparência das águas (as partículas absorvem e/ou reflectem a luz, funcionando como um filtro);

— A coloração das águas (a presença de seres planctônicos reduz a penetração da radiação solar);

— A absorção diferencial de radiações de côr, acontecendo que o mundo aquático marinho está dominado pela Côr azul que é a radiação mais penetrante (Fig. 4). E, desse modo, estabelecem-se três zonas distintas: a Zona Eufótica (até profundidades que recebem menos de 1% da intensidade luminosa da superfície e que é aquela onde ocorre a fotossíntese); a Zona Oligofótica (recebe unicamente radiações azul-violeta); e a Zona Afótica (mais profunda e obscura);

c) As correlações físico-químicas, cujos processos são fundamentais, por exemplo, para a desagregação ou cimentação das costas (J. Davies, 1980):

— A salinidade varia entre valores de 30‰ e 37‰ e tem tendência a aumentar com a temperatura. Pelo contrário, a maior

concentração de oxigénio ocorre com temperaturas mais baixas, mostrando também menor saturação com o aumento da salinidade (Fig. 5);

— Quando se registam valores anómalos, particularmente elevados, de pH e de Eh, isso é normalmente um indicador da presença de contaminantes no meio aquático (P. Cunha *et al.*, 1997). O pH da água do mar varia entre 7,9 e 8,3 (aproxima-se de valores neutros em água doce) e quando aumenta esse valor, o equilíbrio entre o NH_4^+ e NH_3 evolui no sentido da formação de NH_3 (amónio) que é tóxico para os peixes. De qualquer forma, o equilíbrio do pH depende de outras interacções — essencialmente do sistema gás carbónico-carbonatos — pelo que o pH reflecte a riqueza em carbonatos das águas (G. Barnabé, 1996).

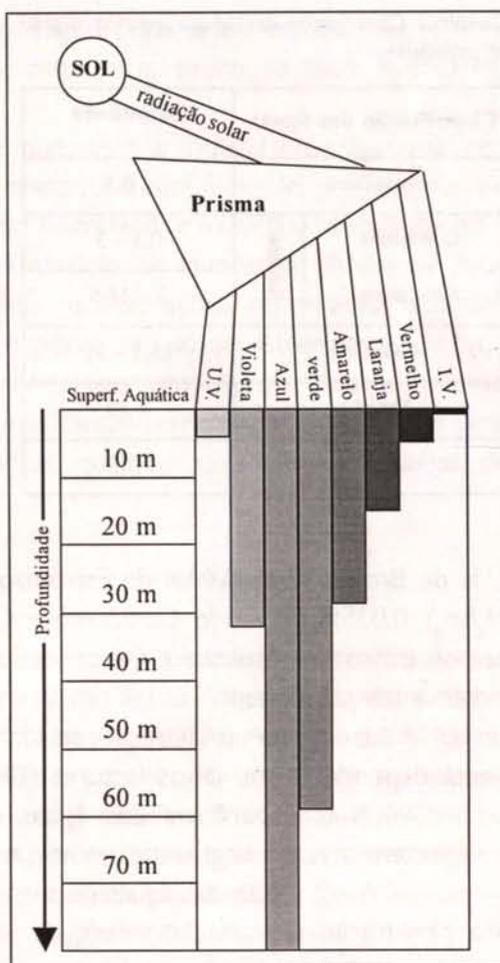


Figura 4 - Absorção das diferentes radiações solares nas águas oceânicas (adaptado de G. Barnabé, 1996).

Depois, há todo um conjunto de fenómenos de natureza astronómica e planetária, alguns deles derivando em particularidades regionais, sendo estas últimas, normalmente, objecto de maior atenção na análise técnico-científica, devido ao campo alargado de especificidades que proporcionam. O facto é que, por vezes, se tiram ilações menos fiáveis, do ponto de vista do quadro evolutivo, acerca de certos impactes mais ou menos localizados, precisamente porque não foram consideradas convenientemente as interdependências globais.

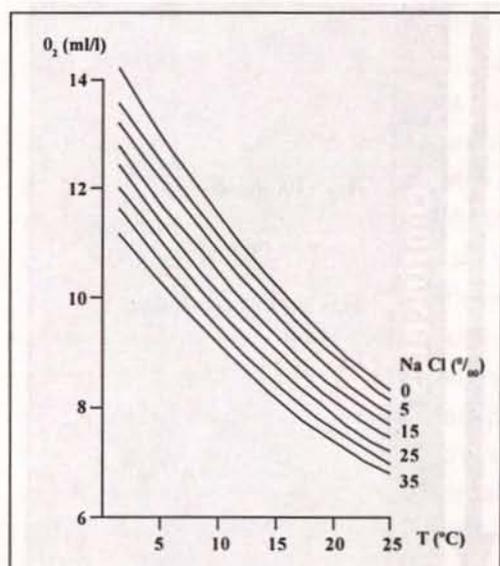


Figura 5 - Taxas de saturação de oxigênio, em função da salinidade e da temperatura (de acordo com G. Barnabé, 1996).

Um dos aspectos complexos que obriga a abordagens em escalas menores é o da oscilação espaço-temporal da linha da costa. Nesse sentido, R. Paskoff (1985) aponta dois tipos de alterações que afectam o nível médio das águas do mar:

a) As oscilações de curto prazo que, além das marés, são devidas a ligeiras flutuações por fenómenos sazonais. Destes, realçam-se as correntes oceânicas, a densidade da água do mar, os ventos dominantes e as vagas de tempestade (sobretudo quando provocadas por

fenómenos de sobrelevação atmosférica, ou, mais raramente, por acidentes sísmicos);

b) As variações de longo prazo que dependem de interações complexas entre numerosos fenómenos de ordem astronómica, geofísica e geodinâmica, onde têm preponderância os ajustamentos relacionados com os movimentos eustáticos e isostáticos (Fig. 6), nem sempre em compensação complementar.

Dá que mereçam referência especial alguns aspectos menos referidos, como é o caso, exemplificando, do Eustatismo Geoidal. Sendo o Geóide uma superfície equipotencial do campo gravitacional da Terra que passa pelo nível médio das águas do mar, está próximo de um elipsóide de revolução, mas as observações de satélite mostram que ele apresenta irregularidades (concauidades e bossas, às vezes com muitas dezenas de metros), devidas à repartição heterogénea das massas do Globo (R. Paskoff, 1985, 1993). Como a Terra é um planeta dinâmico, a configuração do Geóide também não é estável, sendo influenciado pela tectónica das placas, glaciações e degelos, erosão e sedimentação, mudanças na repartição das massas na litosfera e na astenosfera, etc.. Então, enquanto

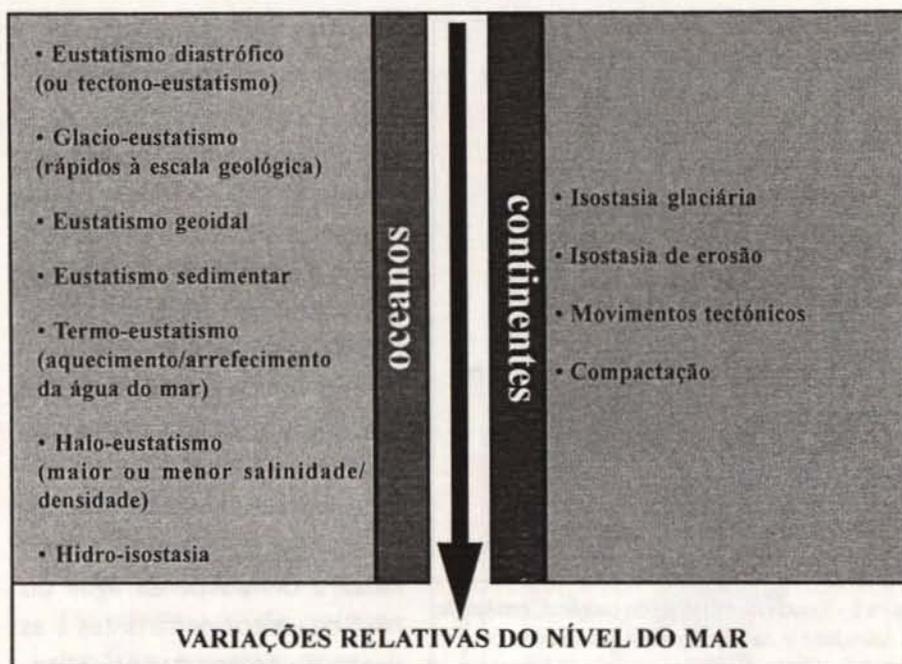


Figura 6 - Fenómenos em jogo nas variações a longo prazo do nível do mar (adaptado de R. Paskoff, 1985).

outras manifestações de eustatismo têm consequências uniformes nas posições das linhas de costa, o eustatismo geoidal tem efeitos que variam de um sítio para o outro, o que significa que é um elemento importante de diferenciação, até porque as suas modificações são muito lentas (R. Paskoff, 1993).

Outro fenómeno a realçar é o da Isostasia. Os continentes cobertos por espessas calotes glaciárias, ou por acumulações de sedimentos, acabam por abater, provocando movimentos glacio-isostáticos lentos, o que tem efeitos inversos (subsidência nuns locais por compressão da litosfera sobre a astenosfera e elevação das regiões periféricas dos primeiros).

Vê-se, assim, que há variações de longo prazo do nível do mar que resultam quer das modificações do conteúdo dos oceanos quer das deformações continentais. E são essas mudanças que justificam as principais diferenças que encontramos no hemisfério norte (R. Paskoff, 1993): a elevação da Escandinávia (libertada do peso da calote glaciária) e o afundamento continental da Europa Ocidental e dos Estados Unidos

(compensando, respectivamente, a elevação da Escandinávia e do Canadá). A instabilidade do Japão deve-se, por seu lado, ao facto de este se encontrar na zona de convergência de placas litosféricas.

Quanto aos factores que podemos considerar mais localizados (e, em certa medida, de curto prazo), tomam destaque aqueles que têm efeitos cíclicos sobre a costa e sobre a dinâmica e hidrologia dos estuários, como é o caso da ondulação, sobretudo das vagas de tempestade originadas pela sobre-elevação meteorológica (conhecida por "Storm Surge" e que eleva cerca de 1 centímetro no nível do mar costeiro por cada milibar de pressão atmosférica em quebra), exigindo condições especiais de resposta, pois é necessária uma morfologia adaptada ao amortecimento da energia que as ondas transportam. Por outro lado, o regime de agitação marítima condiciona as correntes de deriva litoral e o deslocamento dos sedimentos, bem como a sua deposição, podendo ser classificadas as ondas de acordo com as suas características de frequência (H. Viles & T. Spencer, 1995).

Existem ainda muitos outros factores, como, por exemplo, o vento (pode reforçar ou retrain as correntes de maré); a corrente fluvial (que é anulada pela corrente da maré enchente e que reforça a velocidade da vazante); ou a própria variação da maré que não tem a mesma importância em marés vivas e em marés mortas, em estiagem e em águas de inundação.

Fica a convicção, portanto, que os processos físicos são os primeiros determinantes do tipo, configuração e distribuição dos ambientes ou unidades morfológicas que ocorrem na área de um estuário litoral (K. Nordstrom & C. Roman, 1996) e que as dinâmicas hidrológicas jogam aí um papel de predomínio evidente.

2.2. Zonas húmidas em permanente transformação

As transformações evolutivas das zonas húmidas costeiras são complexas e reagem a um quadro de adaptabilidade que, mesmo nos períodos de equilíbrio, passa por estar sujeito a momentos de erosão e a outros de deposição, jogados no balanço entre a capacidade de absorver a energia dos elementos naturais e a morfologia costeira.

Ciclicamente, estas zonas têm passado por profundas alterações, se tivermos em conta a escala temporal de ocorrências dos períodos de glaciação e de deglaciação do Quaternário: aos acentuados declives

erosivos continentais sucederam épocas transgressivas em que parte do material sedimentar acumulado na plataforma continental foi atirada sobre a costa, proporcionando uma gigantesca acumulação de areias. Aconteceu assim com a deglaciação flandriana, altura em que, primeiramente, se formaram amplas praias e extensos campos dunares, dada a abundância da reserva submarina de sedimentos.

O material das praias, com o passar do tempo, foi ficando cada vez mais restringido a montantes praticamente limitados por produtos provenientes da erosão directa (continental e marinha), o que trouxe uma situação precária para muitas praias sob o ponto de vista do aprovisionamento (R. Paskoff, 1985). Além disso, tem-se verificado uma subida lenta do nível da água do mar, o que leva à erosão da parte alta das praias e à sua conseqüente migração para o interior, embora deva dizer-se que nem sempre há consenso sobre estas respostas naturais.

Se o litoral está teoricamente em "equilíbrio", isso pode significar que há uma situação de transporte mínimo de sedimentos, acontecendo que o material retirado da parte alta da praia se acumula na ante-praia, de tal forma que a espessura da água litoral se mantém constante. Este é o conceito defendido pelo "Princípio de Bruun" (Fig. 7), o qual tem sido testado para confirmação sobretudo nas variações rápidas do nível médio das águas nas praias lacustres. Esse princípio tem a seguinte representação matemática:

$$E = \frac{XM}{Y}$$

Em que:

E = Extensão da erosão da praia;

X = Comprimento horizontal do litoral para a profundidade limitada do transporte sedimentar (profundidade fechada);

M = Subida do nível do mar;

Y = Altura do perfil.

O retraimento da linha costeira depende, neste contexto, do declive médio do perfil litoral.

No entanto, a regra de Bruun foi criticada, entre outras razões, porque o "X" é difícil de definir, a topografia do litoral pode ser muito mais complexa e, fundamentalmente, por assumir um suposto "perfil de equilíbrio" (H. Viles & T. Spencer, 1995) quando as interacções são

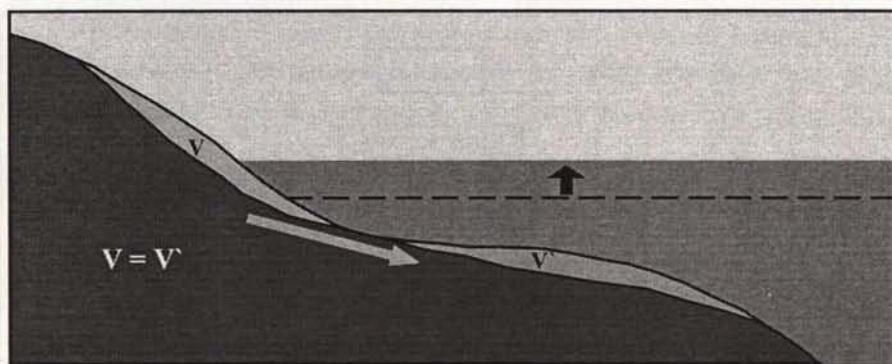


Figura 7 - Ilustração do "Princípio de Bruun": elevação do nível do mar, erosão de uma praia e deposição proporcional na ante-praia (Adaptado de R. Paskoff, 1985).

múltiplas e não dependem unicamente das variações na amplitude mareal, ou da subida do nível do mar, conjugando-se antes uma série de factores que vêm provocando a crescente erosão contemporânea das praias, dos quais podemos relevar os seguintes:

a) Mudanças verificadas na circulação atmosférica e consequente reposicionamento dos centros barométricos, principalmente com a intensificação das depressões, como é o caso do "El Niño" e de outros fenómenos de sobre-elevação que fazem aumentar a frequência das tempestades;

b) Devido às causas anteriores, altera-se o regime dos ventos dominantes ao largo das margens costeiras, o que também altera as condições hidrodinâmicas em que ocorrem as vagas da ondulação, não só quanto à altura (aumentando a altura, sobe a energia erosiva) mas também quanto à direcção predominante da agitação marítima (responsável pelas correntes de deriva litoral);

c) Os lentos ajustamentos isostáticos e eustáticos derivados da deglaciação flandriana, assim como as respostas a movimentos tectónicos;

d) As obras humanas perturbadoras do equilíbrio das margens móveis, sobretudo aquelas que têm efeitos directos sobre a morfologia costeira, como são os casos das barragens continentais que retêm os sedimentos e das obras de protecção que dificultam o seu trânsito litoral.

Estes e outros factores interdependentes impõem a tarefa de compreender o funcionamento natural dos ambientes costeiros condicionados e, também, das suas interrelações com sistemas de

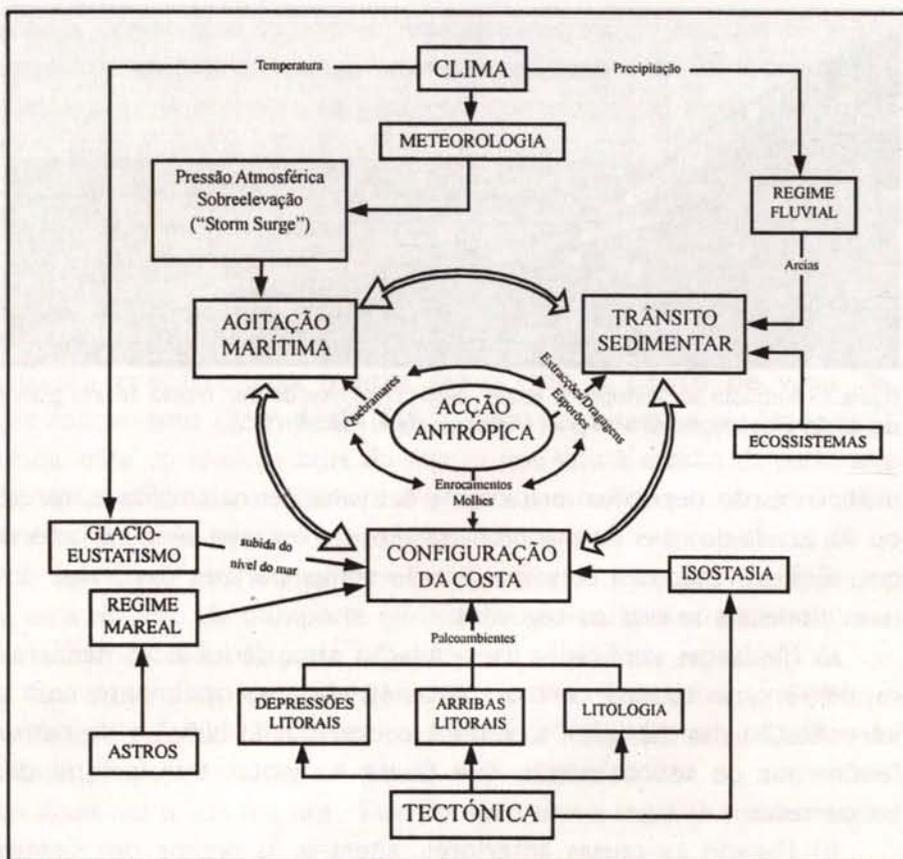


Figura 8 - Interações com maior impacto na dinâmica costeira. Condicionantes a ter sempre em conta na ocupação e uso do território.

vizinhança (Fig. 8), nomeadamente os ecossistemas determinantes na circulação sedimentar e nos ciclos de nutrientes, uma vez que, por exemplo, as mudanças na submergência mareal têm implicações sobre as comunidades vegetais que provêm os restos orgânicos para a subida das superfícies das terras húmidas. E estes processos são muito importantes na forma gradual como vão funcionando as adaptações (H. Viles & T. Spencer, 1995):

— Nas praias (com sedimentos coesos e não coesos) que respondem às rápidas incidências da energia das ondas por ajustamentos de curta duração na sua forma e perfil (ajustamentos realizados quer pela erosão quer pela deposição);

— nas praias lodosas intermareais que têm processos deposicionais morfológicos devidos à energia mareal, enquanto a energia das ondas provoca subsequentes ajustamentos, transportando para fora parte desses depósitos;

— nos estuários que são as formas terrestres que primeiro respondem aos *inputs* da energia mareal, através de uma morfologia própria que a dissipa, evitando que sofram grandes alterações. Neste aspecto, realça-se o papel essencial das planícies lodosas, das vasas e dos sapais que, sendo as margens dos canais estuarinos, respondem simultaneamente aos processos mareais e à energia das ondas.

Sendo assim, seria totalmente irrealista considerar a costa de forma passiva e não um corpo dinâmico em constante transformação, incluindo quando pensamos na monitorização dos sistemas. É que, mesmo que a preocupação central seja apenas a subida do nível do mar, independentemente de outros impactes antrópicos e naturais, isso será o suficiente para provocar mudanças geomorfológicas tão profundas que complicará sempre qualquer simples imagem construída previamente. O que não significa, de forma alguma, uma visão catastrofista das evoluções previsíveis, mas antes a necessidade de antecipar as respostas, sabendo que, também por isso, é sempre preferível trabalhar com a natureza na procura das soluções mais adequadas.

2.2.1. A evolução no Quaternário recente

O período Antropogénico do Cenozóico, sendo muito curto à escala do tempo geológico, reserva uma série de acontecimentos drásticos no que diz respeito às alterações climáticas que se verificaram na Terra. Às glaciações sucederam deglaciações e um vai e vem do nível do mar que teve consequências profundas na evolução da morfologia costeira e da embocadura dos rios, devido aos sucessivos episódios de transgressão e regressão marinhas.

Consoante os autores, são apontadas várias hipóteses para a duração e efeitos da variação do nível do mar, essencialmente quando se consideram os processos que ocorreram do Plistocénico superior ao início do Holocénico e daí até ao presente. Mas, não sendo a delimitação exacta de intervalos temporais nem as complicadas diferenciações espaciais

objectivos deste estudo, podemos optar por compromissos geralmente aceites e que se fundamentam em determinados geoindicadores (hidrodinamismo que comandou a erosão e a deposição sedimentar nos diferentes momentos, por exemplo) que, no caso português, permitem mostrar a instabilidade a que esteve sujeita a zona costeira do NW de Portugal (G. Carvalho & H. Granja, 1997); e, concomitantemente, a informação recolhida com o recurso a datações radiométricas pelo método do ^{14}C sobre materiais que são indicadores precisos do nível do mar no momento do seu depósito (conchas, turfa) e que possibilitam um bom conhecimento dos fenómenos que acompanharam a transgressão flandriana (R. Paskoff, 1985).

Portanto, os dois períodos críticos que nos antecederam (tendo em conta a situação contemporânea no extremo do Holocénico) têm perto de 75.000 anos — Glaciação de Würm, desde esse limite até cerca de 10.000 anos B.P.; e a deglaciação subsequente que pode continuar a produzir efeitos nos nossos dias — durante os quais as temperaturas atingiram um mínimo por volta dos 18.000 anos B.P., verificando-se a partir daí um aquecimento global que, após o arrefecimento momentâneo do Dryas (cerca de 11.000 anos B.P.), teve um grande incremento até ao Flandriano, onde o nível do mar atingiu o máximo de altura pós-glaciária.

Na época mais fria, o Atlântico chegava a gelar em frente da Península Ibérica (verificando-se a permanência de uma espessa cobertura glaciária na Serra da Estrela), o que provocou uma descida acentuada do nível do mar (glácio-eustatismo), tendo a faixa costeira permanecido bem afastada da actual e com contornos e extensão diferentes (G. Carvalho & H. Granja, 1997). Depois, o processo de deglaciação fez reduzir de 71 milhões de Km^3 para os actuais 24 milhões de Km^3 as quantidades de água acumulada na forma de gelo (R. Paskoff, 1985) — reduziram-se drasticamente os grandes *Inlandsis* e a extensão dos glaciares de montanha — subindo o nível do mar entre 100 e 120 metros.

Acontece que as curvas de variação do nível do mar nos últimos milénios não foram idênticas em todo o globo terrestre: há locais onde se verificou uma certa fixidez desse nível; enquanto outros viram produzir-se fortes oscilações positivas e negativas. O que quer dizer que não se pode traçar uma curva eustática de valor planetário, mas, antes, encontrar mais explicações noutras causas, nomeadamente na hidro-isostasia e no

eustatismo geoidal, por exemplo. Aliás, aceita-se que os movimentos contínuos de ajustamento sejam importantes no próprio contexto da futura subida do nível do mar, fazendo com que uma subelevação isostática compense uma parte da componente eustática, considerando o arqueamento descendente isostático que será adicionado ao efeito do aquecimento do nível do mar (Fig. 9). Mas é necessário ter em conta, também, que as mudanças isostáticas duram mais tempo do que as eustáticas, uma vez que a crosta terrestre reage muito lentamente às mudanças de carga, relativamente às alterações do volume de água das bacias oceânicas (H. Viles & T. Spencer, 1995).

Então, é mais seguro apontar as variações glácio-eustáticas do nível do mar durante o Quaternário recente como sendo as que melhor explicam a gênese dos estuários, reconhecendo o papel compensatório da isostasia a longo prazo. Sondagens realizadas em vários estuários mostram uma sequência caracterizada na base por sedimentos grosseiros do final do Wurm, seguida por areias do início do Holocénico e depois por vasas actuais, o que é testemunho de uma diminuição progressiva da competência dos rios por amortecimento da sua velocidade de escoamento (R. Paskoff,

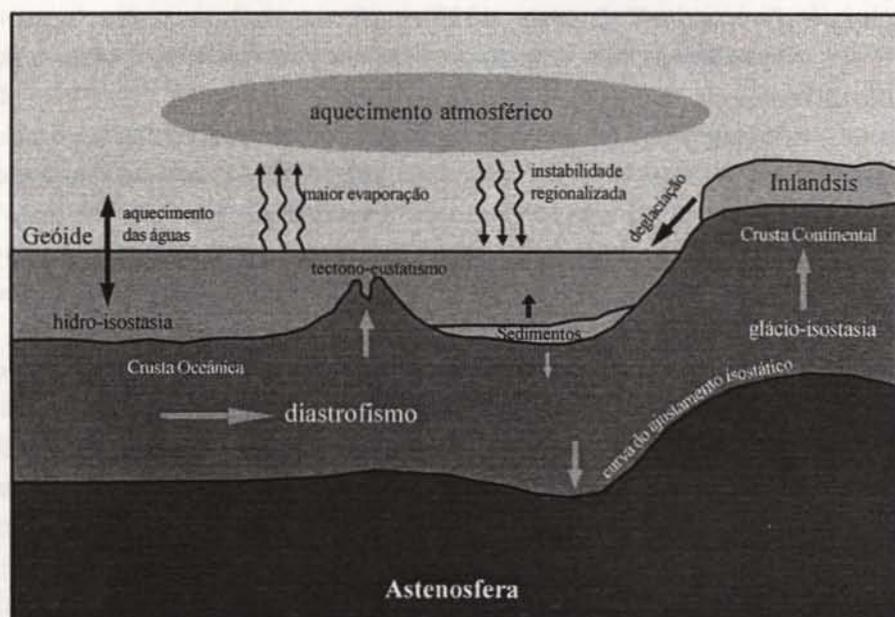


Figura 9 - Alguns dos principais factores a considerar na variação do nível do mar holocénico.

1985). E caracterizando alguns dos momentos críticos, vemos que o período anterior a cerca de 7.500 anos B.P. foi marcado pela rápida subida relativa do nível do mar, registando uma progressiva e também rápida migração em direcção à terra de todos os movimentos deposicionais e grande acreção vertical de sedimentos, com momentos de aceleração e desaceleração da subida do nível do mar. No seguimento, as areias acabaram por se esgotar pela progradação da linha costeira e tiveram de ser encontradas novas fontes sedimentares que vieram da erosão da barreira prévia de sedimentos depositados, conduzindo então à erosão do litoral e à transferência para o interior da barreira costeira (C. Baeteman, 1998). Isto fez aumentar a erosão do pântano turfoso e a entrada da maré obrigou os canais a migrarem para o interior, causando desagregação e compactação com a consequente descida desta superfície e o reajustamento dos canais. Daí que se calcule que os estuários deviam ser mais numerosos há 5 ou 6 mil anos do que o são hoje (muitos foram colmatados, sendo esta a tendência natural de todos eles).

A evolução plisto-holocénica mostrou ainda que, de entre os grandes ambientes mundiais, os das latitudes médias proporcionam as condições mais favoráveis de adaptação aos estuários. E isso acontece principalmente porque (H. Viles & T. Spencer, 1995):

- Aí as marés têm amplitude suficiente para permitir a ocorrência de correntes de enchente e de vazante rápidas;

- Possuem uma morfologia que facilita a penetração da maré pela abertura geralmente larga e profunda a jusante, acelerando as correntes de descarga pelo seu encurtamento para montante;

- Ocorre aí uma fraca carga aluvionar grosseira (se ela for abundante, excede a competência e a capacidade das correntes, o que activará o entulhamento do estuário);

- O poder fixador de sedimentos dos juncos e dos caniços é muito menos eficiente do que o dos mangais tropicais;

- Há uma ligeira tendência para a subsidência que acaba por contrariar a normal evolução para a colmatação dos estuários, o que se explica essencialmente por causas isostáticas à escala do Globo: representa a contrapartida do sobreelevamento em curso nas altas latitudes continentais, libertadas agora dos espessos inlandsis que as cobriram na última época glaciária.

Conjugando as posições de J. Davies (1980) e de R. Paskoff (1985) é possível encontrar justificações cruzadas entre as evoluções verificadas e as adaptações actuais:

1. Devem compreender-se as características do meio litoral, nomeadamente as forças em acção, o fornecimento de sedimentos e as profundidades da ante-costa;

2. Devem considerar-se alguns factores importantes que influenciam a extensão e a profundidade da entrada dos rios, como sejam a meteorização do tempo do Plistocénico, a transgressão marinha pós-glaciária, o declive exterior da costa (íngreme ou suave) e o volume e a periodicidade da descarga fluvial no tempo do nível baixo do mar.

Há, assim, uma história evolutiva do estuário e da costa envolvente que tem de trazer-se para a discussão sobre as condições de hoje e as previsões futuras. Veja-se que nem sempre as consequências de determinados processos são o que esperamos: por exemplo, no caso da acumulação ser activa, ela pode contrariar o efeito esperado por causa da elevação do nível do mar — uma transgressão marinha — ao ponto de ser responsável por uma regressão do mar, uma vez que se verifica progradação da linha da costa (a beira-mar avança para o mar); inversamente, uma forte erosão pode compensar uma baixa do nível do mar e permitir uma transgressão, no caso de haver levantamento activo de material rochoso.

É, realmente, um jogo bastante complexo entre dimensões espaço-temporais e física tridimensional, com causas e efeitos cumulativos, o qual não é fácil de descodificar.

2.2.2. Aquecimento global e subida do nível do mar

Como vimos, verificaram-se importantes mudanças nos últimos 15.000 anos em consequência do degelo da derradeira cobertura glaciária do Plistocénico (Glaciação de Würm). Adicionalmente, a acção do homem tem provavelmente contribuído para a subida do mar, sobretudo na segunda metade deste século.

As sucessivas medições de parâmetros químicos atmosféricos derivados das actividades humanas lançaram mesmo, de há umas dezenas de anos até quase ao presente, um certo alerta generalizado na

comunidade científica que chegou a avançar com previsões dramáticas sobre a "iminente" inundação das costas a nível mundial. Afinal, vieram a evidenciar-se significativas variedades regionais, através de diferentes respostas biogeomorfológicas e outras que obrigaram à revisão dos cálculos iniciais, desta vez em baixa, sem que, contudo, o problema deixe de ser encarado com preocupação, tendo mesmo assumido contornos de maior complexidade.

Registámos, também, que o termo "nível do mar" é de modo peculiar impróprio, uma vez que há uma amplitude de 180 metros entre as superfícies oceânicas mais e menos elevadas (ao longo do geóide). Por outro lado, quando referimos o "nível médio do mar", falamos de uma média entre a preia-mar e a baixa-mar num qualquer lugar e reportado aos últimos 19 anos (H. Viles & T. Spencer, 1995). Sendo assim, não há um nível do mar à escala global, afirmando-se difícil justificar os quantitativos apresentados sobre as alterações de um dado "nível relativo do mar" (resultante de variações nos registos monitorizados de todos os níveis médios), uma vez que o cruzamento de factores como os movimentos epirogénicos da Terra, dinâmica atmosférica e oceanográfica e impactes antrópicos diferenciados, criam extremas contrariedades à explicação de médias estatísticas. Ou seja, não sendo de ignorar os somatórios e as associações da evolução global, o que assume realmente importância são as especificidades regionais.

De qualquer forma, é hoje facto aceite que o aquecimento da atmosfera não deixará de ter efeitos em degelos e, nalgumas zonas do globo, em fenómenos de expansão térmica das águas que influenciarão o todo oceânico. Mas, a verdade é que também nestes casos podem existir comportamentos contraditórios, como se verá adiante.

A explicação mais plausível para a ligeira subida da temperatura que se vem verificando desde o anos 40 está no uso universal de combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás) e na deflorestação recente de extensas áreas naturais dos continentes (reduzindo, assim, a absorção de dióxido de carbono na fotossíntese). Estas duas acções antrópicas fizeram com que, segundo R. Paskoff (1985, 1993), o gás carbónico passasse na atmosfera de 285 p.p.m. (partes por milhão), em 1860, para 340 p.p.m., em 1980, e para 355 p.p.m. em 1993. Tal aumento progressivo impulsionou o "Efeito de Estufa" e o conseqüente aquecimento da troposfera. E calcula-se que

o contacto desta com a superfície oceânica faça desenvolver o termo-eustatismo, justificando uma parte substancial da subida contemporânea do nível do mar.

Como a atmosfera é o corpo com maior mobilidade que existe na Terra, muitos pensam, como R. Paskoff (1993), que somente as variações climáticas são capazes de modificar, à escala planetária, rápida e consideravelmente, o volume das águas oceânicas (sobretudo pela acumulação de gelo ou pelo degelo dos continentes), "num espaço de tempo de algumas décadas" (Fig. 10). Além disso, Paskoff diz também que "a instabilidade isostática e tectónica intervém regional ou localmente para modificar a posição do seu nível sobre uma costa". O que levanta outro problema que é o da distinção entre a "variação real" e a "variação relativa", logo que haja efeitos a fazerem sentir-se numa costa.

Este autor acrescenta, ainda, a acção do homem para afirmar que o nível do mar poderia ser superior caso não houvesse hoje a retenção de enormes quantidades de água nas barragens, bem como a sua restituição permanente às toalhas subterrâneas, devido à irrigação de extensas áreas

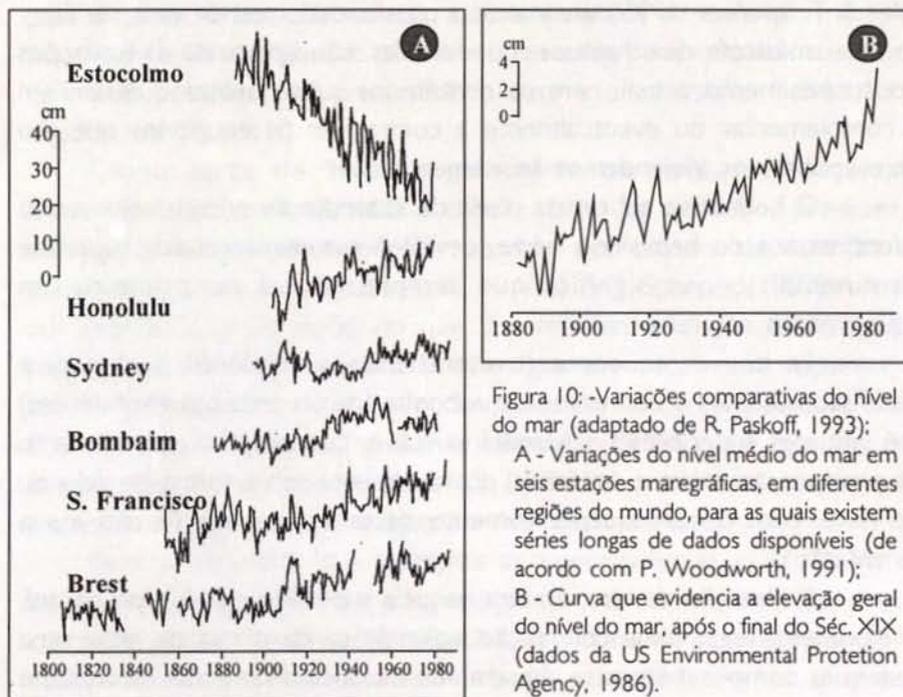


Figura 10: -Variações comparativas do nível do mar (adaptado de R. Paskoff, 1993):
 A - Variações do nível médio do mar em seis estações maregráficas, em diferentes regiões do mundo, para as quais existem séries longas de dados disponíveis (de acordo com P. Woodworth, 1991);
 B - Curva que evidencia a elevação geral do nível do mar, após o final do Séc. XIX (dados da US Environmental Protection Agency, 1986).

agrícolas. Mas, sobre estes impactes antrópicos directos, já H. Viles & T. Spencer (1995) trazem o testemunho de efeitos contrários, uma vez que a remoção de fluidos de solos sensíveis (seja a exploração de petróleo ou de água subterrânea) pode, por um lado provocar a subsidência destes e, por outro, ao trazer a água à superfície, expô-la à evaporação e à transferência mais rápida para os oceanos.

Sobretudo, há que ter em conta que na própria atmosfera certamente vão ocorrer diversas retroacções de potencial energético: a possível redução das coberturas geladas dos continentes aumentará a absorção de radiação solar pela superfície terrestre (diminui o albedo) no espectro dos infra-vermelhos, o que fará elevar a temperatura, a evaporação e a quantidade de vapor de água na atmosfera; a reacção verificar-se-á posteriormente, dado que a crescente nebulosidade aumentará a capacidade de reflexão e difusão da radiação solar, antes que ela atinja a superfície terrestre.

Neste quadro de respostas a relativo curto prazo, vários autores têm referido a situação de hipotética instabilidade a que poderá ser conduzida a calote glaciária da Antártida (V. Zenkovich, 1967; R. Paskoff, 1993; H. Viles & T. Spencer, 1995), analisando a possibilidade real de vir a verificar-se uma catástrofe de amplitude mundial. Mas, não ignorando as limitações do conhecimento actual, nem os contributos subsequentes que venham a complementar ou eventualmente a contradizer os equilíbrios que são hoje conhecidos, defendemos basicamente que:

— O hemisfério sul regista níveis de absorção de energia solar muito inferiores aos do hemisfério norte, devido à sua mais reduzida superfície continental, o que significa que sempre haverá no primeiro um aquecimento natural menor;

— Se houver aquecimento atmosférico, a tendência será para a distensão do sistema depressionário subpolar (baixas pressões atmosféricas) até latitudes superiores no hemisfério sul, o que originará um aumento da precipitação sobre a Antártida, provavelmente sob a forma de gelo ou de neve, com o conseqüente aumento da camada gelada (e não a sua diminuição);

— A elevação da temperatura naquela superfície glaciária provocará, em primeiro lugar, uma contracção volumétrica da massa de gelo, uma vez que, como sabemos, a água aumenta sucessivamente de volume

(diminui a densidade) a partir de temperaturas inferiores a 4° C (água doce). Haveria, assim, uma natural descida do nível do mar devido à contracção da calote glaciária.

Apesar disso, reconhece-se que poderão surgir algumas alterações significativas nas zonas de transição (exemplo do sul do continente americano) e parece que aí começa a verificar-se de facto uma descolação das massas de gelo, o que pode ser um sinal de desequilíbrio já em marcha (R. Paskoff, 1993). Logo, esse indicador leva-nos a afirmar que, caso haja confirmação fundamentada que faça aceitar este fenómeno como válido, ou seja, desde que tal comportamento tenha um cariz de continuidade, então é provável que os efeitos do aquecimento atmosférico sobre as regiões frias das altas latitudes se façam sentir essencialmente nas zonas de contacto com as regiões temperadas, sendo imprescindível que a análise e monitorização do quadro evolutivo incluam a sequência de mudanças que venham a ocorrer nas correntes oceânicas (de superfície e de profundidade), uma vez que os movimentos verticais de variação da densidade originam movimentos horizontais compensatórios e, nessa medida, cabe a hipótese de os degelos marginais serem provocados não pelo impacte directo da variação da temperatura atmosférica, mas pela transferência de energia que está sendo realizada pelas camadas superiores da massa oceânica (em profundidade ocorre o inverso em direcção às regiões mais quentes).

Como cerca de 99% do gelo terrestre está nos lençóis da Groenlândia e da Antártida, é difícil, como se percebe, prever o comportamento futuro do nível do mar por motivo da variação da temperatura sobre esses glaciares. Aí, H. Viles & T. Spencer (1995) referem um aspecto complementar do que dissemos antes e que é o seguinte: mesmo que não fosse adicionada mais água aos oceanos, o aumento do volume pode ocorrer devido a mudanças de densidade (o chamado "efeito Steric"), uma vez que, na presente salinidade de 35‰, a água do mar atinge a densidade máxima aos 0° C. Então, se a temperatura aumentar a densidade decrescerá e a água do mar expandir-se-á.

Para a ecúmena são múltiplas as consequências que advêm do aquecimento da atmosfera e consequente subida do nível do mar, a começar porque existe uma situação de sobrepovoamento das zonas costeiras, com extensa ocupação urbana, para além de ser aí que se

localizam os planos aluviais dos principais rios do mundo, onde se pratica a agricultura que serve de sustento a milhões de pessoas. Como refere R. Paskoff (1993), com a elevação do nível do mar a energia das ondas faz-se sentir num plano superior, atacando a praia a um nível mais elevado do seu perfil, o que agravará a erosão costeira. Sendo assim, os cordões dunares litorais que fecham as lagunas (características que são comuns às do estuário do Mondego) migram para terra, causando riscos de ruptura e inundações. Este avanço da água do mar aumentará a salinidade dos rios e das águas subterrâneas próximas do litoral, trazendo problemas de salinização para os solos, bem como para a sua drenagem.

Também em termos ecológicos se colocam várias perspectivas de risco: sendo o desenvolvimento dos ambientes das terras húmidas costeiras controlado pela mudança do balanço entre regime mareal, clima de vento e ondulação, abastecimento sedimentar, nível relativo do mar e vegetação adaptada (Reed, 1990), o acréscimo do sapal pode ser "excedente" ou "vegetativo", assim consiga ele ser, respectivamente, superior ou inferior à subida do nível do mar. Mais uma vez, há forças de equilíbrio que fazem com que a sedimentação orgânica seja aumentada ao máximo com os *inputs* dos fluxos de maré, embora deva ter-se em atenção que as proporções de acreção possam ser altamente variáveis sobre a superfície do "pântano" e que a subida do nível do mar também pode levar a mudanças nas margens das terras húmidas. Efectivamente, os sapais superiores correm o risco de ver destruída a sua rica flora e eles próprios desaparecerem debaixo da regressão das barreiras para montante (H. Viles & T. Spencer, 1995), além de verem incrementados os processos de eutrofização, com a inevitável redução dos recursos aproveitáveis, concretizando-se a colmatação das áreas pantanosas superiores porque estas vão ficando progressivamente afastadas do principal sistema dos canais de maré (J. Stevenson & M. Kearney, 1996).

Então, é um facto que a subida do nível do mar provoca erosão no sapal e, ao mesmo tempo, o alargamento da área da planície lodosa (o "*mudflat*" da língua inglesa), justificando porque tem aumentado a extensão dos estuários, enquanto se verifica um progressivo decréscimo da sua profundidade.

A este respeito, é importante expor a opinião de R. Paskoff (1993) sobre a capacidade de resposta dos sapais perante a realidade da subida

do nível do mar (Fig. 11), nomeadamente os sapais marítimos localizados nas zonas costeiras abrigadas da agitação das ondas e constituídos por vasas progressivamente colonizadas por vegetação halófitas (um exemplo que pode igualmente servir para o estuário do Mondego). Se a subida

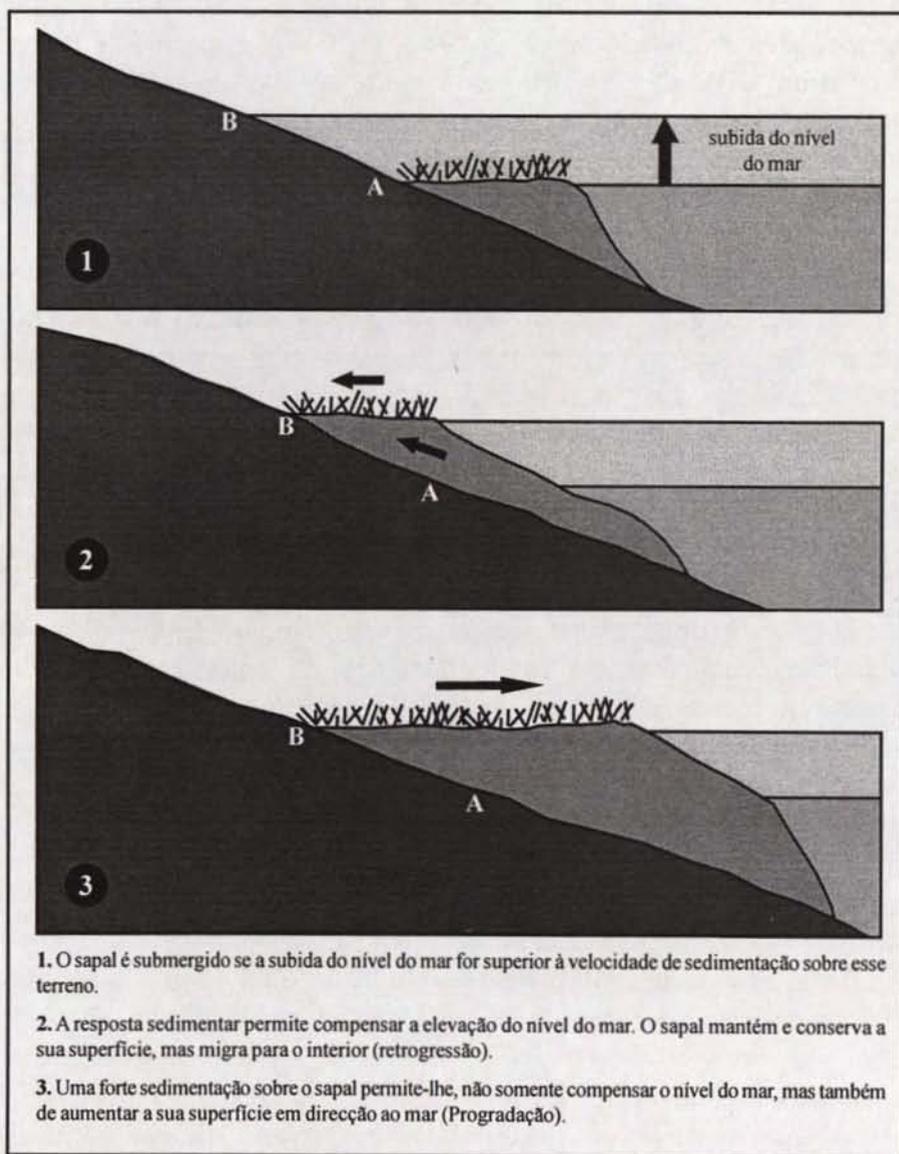


Figura 11 - Resposta do sapal a uma elevação do nível do mar (adaptado de R. Paskoff, 1993).

do nível do mar for lenta, os sapais podem adaptar-se, por sedimentação mineral e orgânica, migrando para terra sem perderem a sua extensão. É lógico que na fase de regressão o recuo acentuado só será possível se não houver falésias ou protecções humanas que a impossibilitem.

A adaptação dos estuários, de qualquer forma, terá de contar com a afirmação recente de um enorme potencial de incremento de tempestades, alta ondulação e inundações frequentes que, como dizem K. Nordstrom & C. Roman (1996), podem causar redução drástica da área intermareal e perda de *habitat* associado nos estuários desenvolvidos, além da possível introdução de efeitos em cascata nos processos físicos e ecológicos.

Das variadas propostas que procuram enfrentar o essencial do problema — a subida do nível do mar — registre-se a divulgada por G. Barnabé (1996) que defende o enriquecimento da Antártida em ferro. Isto porque, segundo este autor, calcula-se que seja necessário apenas um milhão de toneladas deste metal para estimular o crescimento de fitoplâncton, o que, conseqüentemente, aumentaria a fixação de carbono de origem atmosférica (CO_2) numa quantidade que pode chegar às 6.400 milhões de toneladas, compensando a produção anual associada ao consumo de combustíveis fósseis e à deflorestação. O carbono assim retido seria arrastado em profundidade com o plâncton morto.

Há ainda a possibilidade de os valores do aquecimento global não serem universalmente tão significativos como à primeira vista podem parecer e, conseqüentemente, isso baralhar também os números que se têm avançado sobre a subida do nível do mar. De facto, o tema não deixa de ser muito polémico e, face à variabilidade regional de registos positivos e negativos, muitos preferem aceitar outro tipo de justificações para problemáticas mais localizadas. Veja-se que mesmo no que diz respeito ao aumento da carga de CO_2 na atmosfera, há investigadores que defendem ser esse, afinal, um impacte antrópico positivo, capaz mesmo de vir a responder eficazmente ao défice verde provocado pela deflorestação mundial, através de um estímulo a que poucos têm dado alguma atenção: o aumento da emissão de CO_2 proporciona às plantas maior quantidade permanente deste gás na atmosfera, o que lhes permitirá crescer melhor pela maior incorporação no processo de elaboração da glicose (fotossíntese).

Outros, mais cépticos sobre um inevitável aquecimento do planeta, preferem contestar a ideia do sobredimensionamento do mecanismo do efeito de estufa, considerando outros factores em jogo como os movimentos atmosféricos e a energia cinética dos gases, ou a diferente capacidade de absorção de energia pelos átomos em circunstâncias diversas, procurando dessa forma demonstrar que há sempre um jogo de reacções compensatórias, mais evidente ainda nos processos com tendência à generalização.

Na realidade, terão de encontrar-se respostas mais precisas e caminhos que compatibilizem e integrem soluções adequadas às diversas escalas de análise, sabendo que todas as intervenções práticas que venham a ser decididas hão-de desencadear sempre acções e retroacções múltiplas.

2.3. Hidrologia e morfologia estuarinas

As zonas húmidas costeiras, nomeadamente os estuários, têm aspectos identificadores que foram já referidos, como sejam a natureza instável do espaço físico de suporte (erosão e acumulação); a condição de contacto e de mistura entre ambientes diferenciados; a alternância entre momentos de secura e de inundaçãõ; os ciclos dos fluxos fluviais, marinhos e atmosféricos; a morfologia da paisagem, personalizada pelos clima e substrato rochoso, exibindo a multiplicidade de *habitats* e identificando um elemento com um grau de ubiquidade quase absoluto: a água.

Estamos, pois, sob o domínio da hidrologia. E este conceito de "zona" e não de "área" tem toda a razão de ser face à ausência de limites espaciais precisos: o território húmido costeiro é caracterizado, acima de tudo, pela alteração fisiográfica permanente imposta por forças hidrodinâmicas dominantes, cujos ritmos dependem de dimensões espaciais e temporais variadas e variáveis.

Contando com isso, é possível proceder a uma certa tipologia de formas mais ou menos adaptadas à conjugação entre ambientes climáticos e geomorfológicos, como mostra J. Davies (1980) que distingue três tipos de entradas nas costas continentais: as lagunas que provêm essencialmente da acção marinha, estando limitadas entre a costa original e a barreira costeira; os estuários que não estão bloqueados por barreiras marinhas e que são mais ou menos intensamente invadidos pelos movimentos de

maré; e os deltas que podem ter carácter estuarino (o rio bifurcando pelos depósitos, no troço final) ou de grande progradação (devido ao forte caudal de vazante).

Pegando no termo "estuário" que em sentido literal referencia a parte do rio que alarga junto à foz, vemos a importância que tem a interpenetração das águas. Então, a forma do estuário, como diz V. Zenkovich (1967), está confinada às barras dos mares mareais, uma vez que foi produzida pelos avanços e recuos das marés. Este autor cita ainda Samoilov (1952) devido à introdução do conceito de "deltas obstruídos", isto é, aqueles que estão protegidos da acção directa das ondas. No mesmo sentido se pronunciam H. Viles & T. Spencer (1995) quando afirmam que essa condição de protecção se deve ao facto de os estuários serem entradas semi-fechadas onde se misturam a água do mar e a água do rio. E é nas costas das latitudes médias que eles se encontram melhor desenvolvidos, verificando-se aí a existência de extensos bancos continentais e, localmente, uma certa tendência para a subida do nível do mar.

Podemos considerar, também, o critério da hidrodinâmica. E então teremos a distinção entre os diversos estuários vista de forma diferente, uma vez que passamos a medir os poderes relativos do escoamento fluvial e do influxo mareal. E, sob essa perspectiva, destacam-se igualmente três tipos fundamentais de estuários: os de cunha salina (ou estratificados), os parcialmente misturados e os totalmente misturados.

Esta classificação permite demonstrar que (H. Viles & T. Spencer, 1995):

— Em áreas com grande descarga do rio e baixa variação mareal há pouca mistura da água do mar e da água doce, com a água do rio fluando sobre a densa água salgada e escoando-se para todos os lados no oceano aberto, o que origina uma boca em forma de delta e as barreiras de sedimento grosseiro contra a corrente no cume da cunha salina;

— Onde há grande variação mareal e relativamente baixos *inputs* fluviais, surge uma clara "gradação vertical" que vai da água salgada, à água salobra e à água doce e, nestes estuários parcialmente misturados, muitos sedimentos são introduzidos pelo mar, acontecendo que os sedimentos finos penetram pelo rio acima, formando um máximo de turbidez no limite da intrusão da água salgada;

— Onde a variação mareal e as velocidades da corrente fluvial de escoamento são suficientemente grandes, quebram-se os gradientes verticais da salinidade, havendo mistura total das águas.

No entanto, há a referir que, em estuários extensos, verificam-se consideráveis variações laterais nas correntes mareais e fluviais devido aos desvios provocados pela "força de Coriolis".

Se acrescentarmos a estes factores os fenómenos meteorológicos e o clima de agitação marítima, ficamos com um melhor quadro explicativo das principais variações que vamos observando nos depósitos estuarinos. E, de acordo com J. Pethick (1996), verifica-se que as variações espaciais nos perfis da secção transversal da zona intermareal do estuário (ao longo do eixo longitudinal) reflectem as variações da energia mareal e das ondas (também porque aumenta a distância interior), enquanto as variações temporárias devem ser observadas em diferentes escalas: a curto prazo (resposta a condições meteorológicas); a médio prazo (ajustamentos a variações do nível do mar e disponibilidade sedimentar); e a longo prazo (ajustamento à subida do mar holocénico).

2.3.1. A dinâmica mareal

As marés são um processo fundamental para a dinâmica costeira, produzindo correntes que arrastam sedimentos e nutrientes e contribuindo para o zonamento quer das morfologias quer dos organismos que aí habitam. São particularmente importantes em áreas onde a energia das ondas é relativamente baixa, como é o caso dos estuários (H. Viles & T. Spencer, 1995).

A compreensão dos fenómenos associados às marés exige uma primeira apreensão dos mecanismos básicos de funcionamento:

a) A força atractiva da Lua conjuga-se com a força centrífuga do sistema Terra-Lua, produzindo uma protuberância mareal no lado que encara a Lua (com 35 cm) e outra no lado oposto da Terra;

b) Como o plano da órbita lunar está inclinado 5° em relação ao da Terra, não se verificam dois ciclos mareais por dia lunar (24 horas 50 minutos e 47 segundos) de igual amplitude, uma vez que a simetria apenas é encontrada duas vezes por mês, quando a Lua passa pelo Equador no curso que a leva de $28^\circ 30'N$ a $28^\circ 30'S$;

c) Assim, as protuberâncias mareais seguem estas mudanças e os locais costeiros da Terra ficam sujeitos a um de dois tipos de marés:

1. "Regime Diurno" (uma maré por dia), onde a maré de um único hemisfério é dominante, como acontece nas altas latitudes;

2. "Regime Semi-Diurno" (duas marés por dia), ocorrendo a diferença entre o Equador e as latitudes médias devido à igualdade que se verifica no primeiro e a haver uma maior do que a outra nas segundas (V. Zenkovich, 1967, considera que a forma da bacia oceânica pode criar marés de "regime irregular"; as quais J Davies, 1980, classifica como "mistas", acentuando o seu grau de complexidade);

d) Acontece que o Sol também influencia a protuberância mareal da mesma forma que a Lua, mas com menor capacidade devido à maior distância à Terra (apenas 46% do poder atractivo da Lua e 16 cm de protuberância);

e) Por isso, quando a Terra, a Lua e o Sol estão alinhados (na Lua Nova e na Lua Cheia), as variações mareais são 20% maiores do que a média (marés vivas);

f) Também por isso, quando os eixos Terra-Lua e Terra-Sol fazem ângulos rectos para cada um deles, o efeito do Sol limita o efeito da Lua e passa a haver variações de maré 20% abaixo da média (marés mortas);

g) Há que contar, igualmente, com o facto de as órbitas da Lua e da Terra não serem esféricas mas elípticas, o que leva a distância relativa entre a Terra, a Lua e o Sol a variar no tempo de um mês e de um ano, introduzindo alterações adicionais na maré (caso das marés vivas equinociais);

h) Erguidas as protuberâncias mareais, estas atravessam os oceanos como ondas mareais, sendo afectadas no seu percurso pela fricção do fundo dos mares pouco profundos, além de serem reflectidas quando embatem de encontro às massas terrestres;

i) As ondas sofrem também desvios provocados pela "Força de Coriolis" (devida à rotação da Terra) e rodam em torno do ponto de maré zero (chamado de "ponto anfidrómico"), o que permite traçar linhas co-mareais (na Fig. 12 vemos os pontos que têm preia-mar ao mesmo tempo), as quais, por sua vez, definem o incremento da variação mareal ao longo de cada uma delas (partindo do ponto anfidrómico).

Explicitadas as características fundamentais das marés, quanto à sua formação e avanço, é conveniente referir outros aspectos não menos

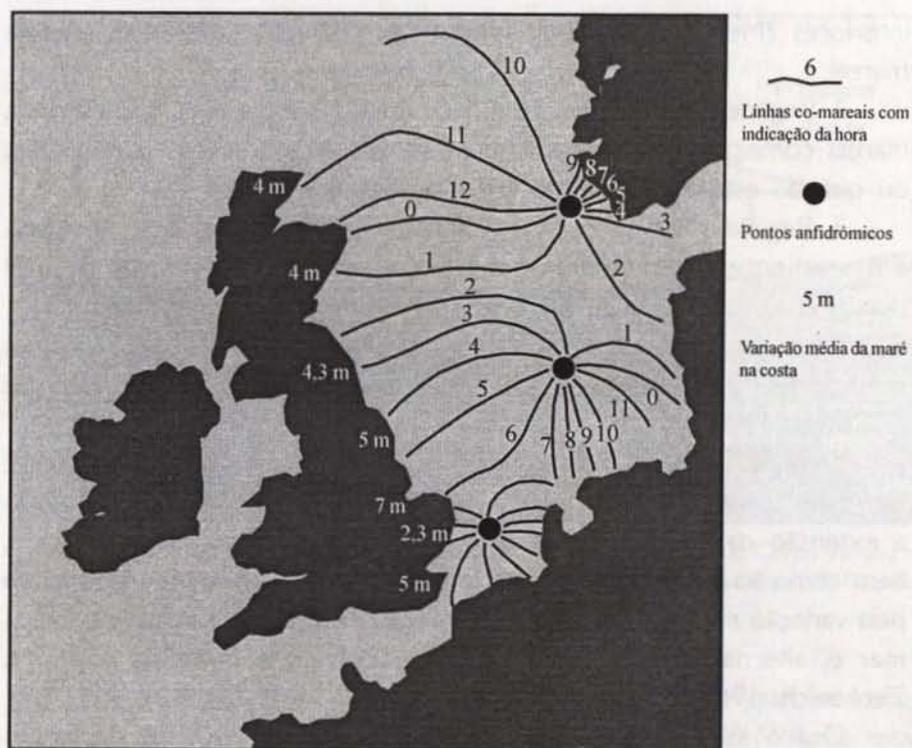


Figura 12 - Exemplo de sistema mareal e variação mareal costeira associada, na costa Este do Reino Unido (adaptado de H. Viles & T. Spencer, 1995).

importantes para as regiões costeiras, decorrentes da chegada das ondas mareais.

Verifica-se que nas reentrâncias da linha da costa (baías e mares fechados) as marés oceânicas são muitas vezes reflectidas para trás, interagindo a seguir com outra maré que chega, o que origina a chamada "ressonância mareal" que é responsável por fenómenos de muito grande variação da maré (o caso mais focado é o da Baía de Fundy, Nova Escócia, Canadá, onde a variação mareal atinge valores na ordem dos 16 metros). Então, isso permite classificar de novo as marés, agora quanto à sua amplitude de variação. E é J. Davies (1964) quem propõe a seguinte divisão:

I. Regime Micromareal, ou "Microtidal" (< 2 metros), em costas abertas onde a onda mareal é predominantemente reflectida, ou em mares

interiores (Mediterrâneo, Mar Negro, Mar Báltico) com baixa energia mareal;

2. Regime Macromareal, ou "Macrotidal" (> 4 metros), onde a onda mareal começa a ser dissipada, atravessando largos bancos continentais, ou quando está confinada em estuários e golfos;

3. Regime Mesomareal, ou "Mesotidal" (2-4 metros) que se regista em ambientes intermédios (como é o caso da costa continental portuguesa).

Conjugando com a anterior classificação, verifica-se que os regimes semi-diurnos apresentam, normalmente, as mais altas variações de maré (J. Davies, 1980).

Justifica-se, assim, que a variação mareal constitua um importante factor de controle da ecologia costeira e da geomorfologia, determinando a extensão da costa e do estuário sujeita à alternância húmida e seca, bem como ao impacto das ondas (o perfil das praias é muito influenciado pela variação mareal). Note-se que uma faixa entre a preia-mar e a baixa-mar é, alternadamente, parte do leito oceânico e parte da costa (V. Zenkovich, 1967).

Outro aspecto a relevar é o efeito das correntes de maré. No oceano profundo as marés tomam a forma de uma onda sinusoidal, ocorrendo as máximas velocidades da corrente mareal em marés altas e baixas e com iguais variações para as enchentes e para as vazantes. Mas quando as marés oceânicas se propagam nos estuários baixos, são transformadas pelo amortecimento friccional e a onda deforma-se, ou seja, como explicam H. Viles & T. Spencer (1995), a margem principal (a maré de enchente) torna-se íngreme durante o bordo de fuga (a maré vazante); a duração da enchente decresce talvez 2 ou 3 horas; e durante a vazante incrementa-se para completar o ciclo de maré semi-diurna de 12 horas e 25 minutos.

Portanto, segundo estes autores, a velocidade da enchente aumenta na crista do declive íngreme, enquanto a velocidade da vazante decresce correspondentemente na depressão aplanadora, favorecendo o transporte sedimentar para montante (Fig. 13). Ou ainda na explicação de Zenkovich (1967): "a capacidade de transporte é aproximadamente proporcional ao cubo da velocidade" (justificando, dessa forma, o menor tempo que a água demora a subir).

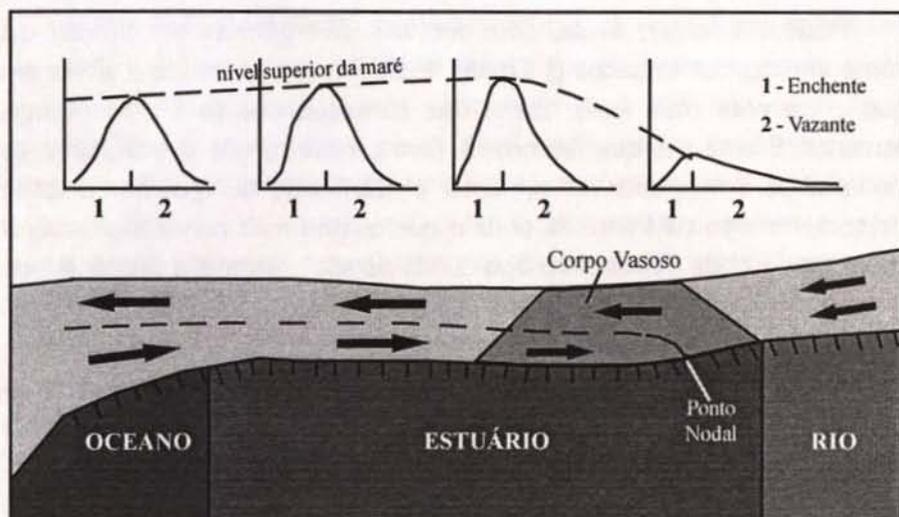


Figura 13 - Dissimetria da Onda de Maré, localização do Ponto Nodal e do Corpo Vasoso e circulação residual num estuário de cunha salina. Adaptado de Castaing & Allen (1981), in R. Paskoff (1985).

Há processos que justificam esse comportamento e que, de certa forma, o complicam, como é o caso do "prisma de maré" (volume total de água trocada transversalmente numa secção e numa única maré) que determina a descarga e, por conseguinte, as velocidades das correntes atravessando qualquer secção do estuário, havendo resposta morfológica do canal e do depósito lodoso às mudanças exteriores impostas a esse volume de água (por exemplo, a subida do nível do mar, ou o fecho parcial da entrada da barra mareal). Também a reflexão da onda mareal — a "ressonância mareal" — da cabeça para a boca do estuário é importante, uma vez que esta onda reflectida interage com a onda de entrada para produzir uma "onda estável" (parada) onde as velocidades mareais são zero nas alta e baixa águas e maximizadas na média maré. De qualquer forma, na maioria dos estuários verifica-se algum equilíbrio entre ondas progressivas e ondas estáveis, resultando daí que as maiores velocidades de enchente e de vazante ocorrem, provavelmente, cerca de 1.30 horas antes e depois da "água alta". V. Zenkovich (1967) prefere definir o período estacionário de, aproximadamente, 1 hora em alta e em baixa, dizendo que as maiores subidas e descidas ocorrem a meio caminho entre ambas, o que está de acordo com o que foi dito antes.

Podem ocorrer, ainda, consideráveis divergências em função do comprimento dos estuários (J. Davies, 1980), o que, alterando a altura em que a corrente mais forte opera, traz consequências para a morfologia estuarina. É uma vez que falamos da forma, note-se que o estreitamento do canal para montante faz aumentar a quantidade de água por unidade de comprimento da frente da onda e que quanto mais ressonância mareal aproximar a onda de maré ao tipo "onda parada", maior é a probabilidade de serem alcançados valores em altura progressivamente mais elevados em relação aos que existem em mar aberto.

Diz J. Pethick (1996) que "nenhuma morfologia de canal nem as propriedades da maré podem ser explicadas independentemente, uma vez que são ambos mutuamente dependentes". Por conseguinte, a distribuição e extensão dos depósitos lodosos dentro de um estuário com ressonância mareal podem ser vistos como uma regulação própria da resposta morfológica a todo o gradiente de energia que também depende da morfologia.

Tudo isto tem influência predominante quando são considerados os processos deposicionais, sendo a criação de extensos planos de lodo e areia um importante resultado da acção mareal. Independentemente das condições específicas que encontramos junto à foz dos rios mareais, a maré de enchente carrega material relativamente fino através da larga extensão do vale, depositando siltes em todas as áreas protegidas e deixa as areias nas áreas desabrigadas. Assim, como durante a maré vazante o curso de água está normalmente confinado para a parte média siltosa do leito do rio, os fluxos de vazante combinam com a descarga do rio, carregando um grande volume de detritos grosseiros para o mar (V. Zenkovich, 1967). No entanto, é de notar que esse trabalho está limitado a uma faixa estreita onde o vale é aprofundado.

Como resultado de ambos os processos, os baixos limites do vale são alargados na parte mareal e Zenkovich entende ser esta foz alargada dos rios que deve ser designada de "Estuário", no sentido geomorfológico estrito do termo, onde o material grosseiro se concentra no canal de saída e o material fino se agarra aos lados do vale. Também a alternância de enchente e de vazante num estuário provoca a oscilação das partículas na água de montante para jusante e vice-versa, com uma resultante de deslocação para jusante, embora em cheias muito fortes permitam a evacuação directa do rio no mar.

Então, R. Paskoff (1985), considerando que as velocidades dependem do traçado do percurso, aponta o atrito da rugosidade do fundo e das margens como responsável pelo efeito turbilhonar que mistura as águas em contacto e reconhece a Força de Coriolis como determinante na especialização dos canais, de tal forma que uns servem preferencialmente a enchente e outros a vazante (no hemisfério norte, a enchente segue pela margem esquerda e a vazante pela direita). Isso contribui para que, na maioria das vezes, a mistura das águas não seja imediata e que a estratificação gere "correntes de densidade".

Esta caracterização completa-se com a abordagem feita por J. Pethick (1996) que retoma a questão das morfologias dos domínios de enchente e de vazante associadas à onda mareal, defendendo basicamente a seguinte evolução:

a) A depressão da onda mareal (entre ondas) progride devagar no baixio de água comparando com a crista da onda que avança mais rapidamente para as maiores profundidades no canal em preia-mar, o que torna a orla de enchente íngreme e de curta duração, enquanto incrementa a duração da vazante;

b) Se a velocidade da corrente de enchente é maior do que a da vazante, a tendência é para a introdução de maior quantidade de sedimentos em relação aos que são exportados, pelo que a deposição proporcional é alta e os depósitos lodosos intermareais incrementam a sua elevação, ficando a onda mareal conhecida como "enchente dominante";

c) A realização de uma onda mareal parcialmente estável significa que as velocidades são maximizadas em meia maré e decrescem para zero na preia-mar e na baixa-mar;

d) Consequentemente, a maioria da deposição intermareal tem lugar em elevações acima da meia maré, pelo que se forma um depósito de perfil convexo com a superfície superior quase horizontal e uma marcada ruptura no declive de meia maré;

e) Elevando-se as superfícies superiores dos depósitos lodosos intermareais, os perfis convexos vão definindo uma secção transversal do estuário na qual a profundidade média da água na preia-mar é menor do que aquela que se verifica em baixa-mar, criando assim um aparente paradoxo que se deve à presença de água pouco profunda nas áreas

superficiais superiores intermareais, enquanto a secção transversal de baixamar está confinada na secção profunda submareal do canal;

f) Então, a progressão da crista da onda mareal torna-se mais vagarosa que a depressão entre duas ondas e um domínio de maré vazante é estabelecido, na qual mais sedimento é exportado para fora do sistema do que aquele que é importado.

Temos estabelecido, deste modo, um processo de equilíbrio em que, num estuário "maduro", a proporção de sedimentação dentro da zona intermareal é reduzida, havendo mesmo erosão desta zona e os sedimentos em suspensão são transportados para fora do canal pelas correntes de "vazante dominante", retomando o estuário uma morfologia marcada pela reduzida elevação dos depósitos lodosos; à qual logicamente sucede um novo período de deposição intermareal do sedimento lodoso superior que, juntamente com o período anterior, tende a oscilar em torno de um estado de quase estabilidade.

Estas condições de alternância ocorreram no passado nalguns estuários (J. Pethick, 1996) que mudaram de enchente dominante para vazante dominante (e vice-versa) sem que houvesse factores externos óbvios, nomeadamente antropogénicos. Mas, é claro que a situação se alterou drasticamente no presente, de forma generalizada, sendo agora mais complexo medir os efeitos cruzados destes processos.

2.3.2. Sedimentação, depósitos vasosos e construção do sapal

Os estuários são meios sedimentares únicos, uma vez que os materiais que provêm do mar e do rio são agitados por correntes antes de serem aí depositados, sobretudo sob a forma de vasas, ou ao largo quando se verificam grandes cheias.

É na mistura entre a água doce e a água salgada que se encontra a maior influência para a sedimentação nos estuários. Simmons (1966), citado por J. Davies (1980), sugere que a probabilidade dessa mistura pode ser estimada dividindo o volume de água doce entrada no estuário durante o ciclo de maré pelo prisma de maré:

$$M = \frac{A_d}{P_m}$$

Em que:

M = Mistura; Ad = Água doce; Pm, = Prisma de maré

Se o *ratio* for $M=1$, ou $M>1$, o estuário é do tipo muito estratificado (progressão da cunha salina); se o *ratio* varia entre 0.2 e 0.5, está parcialmente misturado (a água salgada entra no campo da água doce superior); se o *ratio* é 0.1 ou menos, o estuário está no tipo bem misturado (verticalmente homogêneo).

Provindo os sedimentos estuarinos de dois ambientes distintos — o marinho e o continental — ocorre o predomínio de qualquer deles em função de variados factores de ordem regional ou temporal.

Em condições naturais, as cargas vindas do continente são geralmente preponderantes (R. Paskoff, 1985), tendo em consideração os fenómenos de erosão determinados por condições climáticas (contrastes sazonais, térmicos e, sobretudo, pluviométricos), geológicas (afloramentos de rochas tenras ou duras, produtoras de material fino e grosseiro), topográficas (a importância dos declives) e biogeográficas (conservação ou degradação do coberto vegetal). O material grosseiro deposita-se a montante e as areias a jusante, embora a sua progressão seja dificultada pelo avanço da cunha salina, no que resulta uma maior mobilização da carga sólida em suspensão (partículas finas de diâmetro inferior ao das areias, como silte, argila e colóides orgânicos).

Os materiais que provêm do mar, mais propriamente da plataforma continental, introduzidos pelas correntes de maré, são mais grosseiros e depositam-se a jusante do estuário, avançando mais sobre a margem esquerda do que sobre a direita (o já referido efeito da força de Coriolis). A sua proveniência pode ser confirmada, por exemplo, através de exames macroscópicos e exoscópicos (medição da fracção conquífera e da acção marinha sobre os grãos de quartzo).

Como vimos, também, um factor essencial na deposição do material mais fino prende-se com as velocidades das correntes de enchente e de vazante. Mas acrescenta-se que mesmo em correntes mareais de igual duração e velocidade, há outro elemento que assegura que a maré vazante leva menos material (V. Zenkovich, 1967): a velocidade da corrente necessária para pôr as partículas de silte em suspensão é consideravelmente maior do que a velocidade a que o material é

transportado sem assentar; como a velocidade da corrente de enchente é normalmente maior, apenas uma parte do material transportado pela enchente e depositado pode ser outra vez levado pela vazante (mais lenta), conjugando-se as forças para a deposição de vasas nos sectores proximais do estuário.

Há a considerar, ainda, os níveis superiores das planícies lodosas que não são submergidas diariamente: aqui, onde a superfície esteve ressequida, uma quantidade de água mareal é filtrada e quando a maré regride a água deixa a superfície dos lodos e corre confinada nos canais, fazendo com que a matéria sólida suspensa já seja muito menor do que aquela que entrou na maré enchente. Deste modo, dá-se uma acreção natural devido à turbidez das águas mareais, verificando-se posteriormente uma certa estabilização do crescimento das planícies lodosas (eventualmente, porque pode haver uma alteração para condições de vazante dominante).

Por outro lado, é uma realidade que a acreção da planície lodosa é intensificada se os níveis elevados desta se encontrarem parcial ou totalmente cobertos de vegetação (tratando-se, nesse caso, de sapal); e que a chuva e as fortes correntes fluviais são factores limitantes da estabilização dos lodos, tal como acontece com a ocorrência de tempestades que mantêm as águas vazantes saturadas de material em suspensão e que, sendo incapazes de o depositar, carregam-no para o mar. Isto faz com que o fundo fique rebaixado depois de cada maré enchente associada a uma tempestade.

Um dos aspectos centrais da morfodinâmica estuarina reside, então, na concentração de largas quantidades de matéria suspensa e no seu grau de mobilidade, sobretudo o chamado "corpo vasoso" que evolui junto à foz dos rios. Na maioria dos estuários existe uma zona onde os sedimentos finos em suspensão estão fortemente concentrados devido à máxima turbidez que aí se verifica, situando-se geralmente na zona central do estuário, a montante da intrusão salina, ao nível do "ponto nodal" que eles seguem nas migrações longitudinais (R. Paskoff, 1985).

Este corpo vasoso repousa no fundo do estuário, é mais denso e volumoso no período do estio e deve-se ao obstáculo que a intrusão salina representa na circulação residual do fundo. Se houver forte carga em suspensão, pode formar-se o "creme de vasa", caracterizado pela sua forte turbidez; e se as partículas estiverem suficientemente compactadas

e coerentes, é muito difícil serem mobilizadas pelas correntes, resistindo à dispersão, sobretudo quando se trata do creme de vasa mais compacto (Fig. 14) que resiste mesmo em situações de marés-vivas e maior caudal do rio.

Uma vez que a zona de máxima turbidez conhece pulsações laterais, a sedimentação do corpo vasoso ocorre também nas margens. Este processo de "floculação" tem uma componente química (os electrólitos favorecem a formação de agregados de tamanho suficiente para caírem) e também biológica, uma vez que os organismos ingerem as partículas em suspensão, assimilam a matéria orgânica e rejeitam a fracção mineral sob a forma de aglomerados ("fecal pellets", na língua inglesa, o que justifica a generalização do termo "peletização"). Aliás, só a acção destes processos torna possível que os níveis de sedimentação de finos sejam superiores às demonstrações experimentais que têm sido feitas na construção de

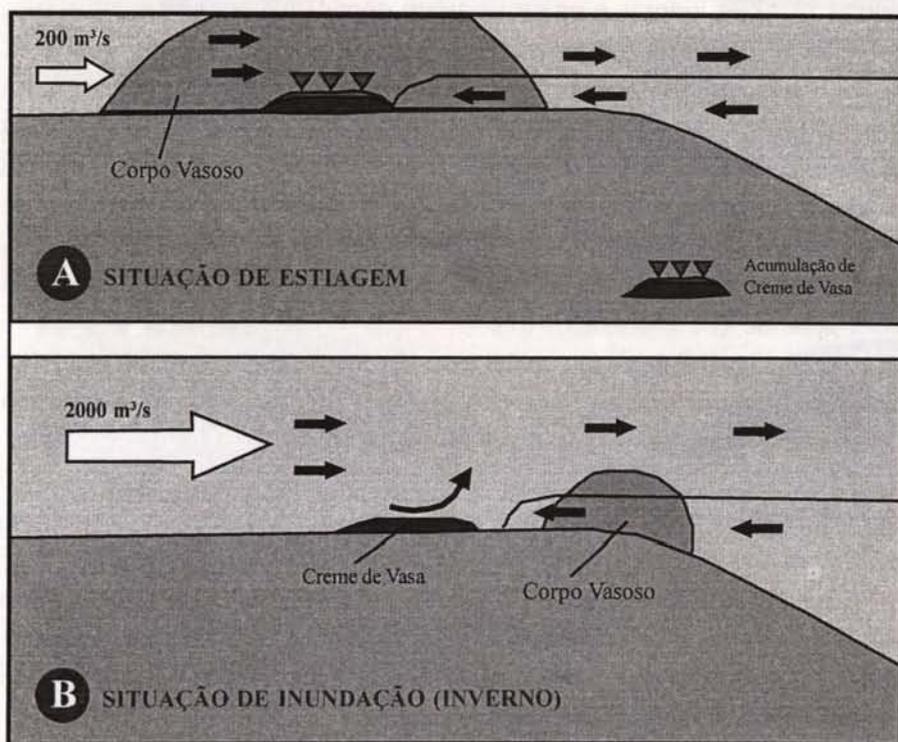


Figura 14 - Evolução do Corpo Vasoso, intrusão salina, circulação residual e Creme de Vasa. Adaptado de R. Paskoff (1985), de acordo com Allen (1973 e 1980).

alguns modelos. E refira-se, ainda, que pode verificar-se um distúrbio importante no seu funcionamento com a incorporação dos poluentes que hoje são despejados nos estuários.

Portanto, a matéria orgânica ajuda a ligar e a estabilizar as estruturas dos "flocos" que vão assentando sobre suspensões estacionárias fluídas e que podem ser arrastadas pelas correntes mais fortes, mas que, no tempo, têm tendência a verem removidos os vazios que existem entre esses flocos, devido à deposição adicional, o que permite aos sedimentos evoluírem para "lodos estáveis" (a Fig. 15 apresenta uma visão global destes fenómenos e a sua associação aos fluxos que ocorrem dentro do estuário).

Vê-se que há uma diferença fundamental entre as praias (onde os sedimentos se tornam grosseiros sobre o litoral) e os ambientes mareais que mostram um progressivo decréscimo no tamanho sedimentar da baixa-mar para o nível da preia-mar (H. Viles & T. Spencer, 1995). Daí que as planícies lodosas e os sapais sejam dominados por sedimentos finos (pelfíticos) e pelos seus processos de transporte, sedimentação e erosão.

Não sendo absolutamente consensual a aceitação de uma geomorfologia resultante desses processos, em grande parte devido à diversidade de condições, é comum haver a distinção de três zonas nas chamadas "planícies de maré", embora com designações algo diferentes, em função dos aspectos que pretendem ver-se relevados. Assim, respeitando basicamente a vegetação e os níveis de maré, podem considerar-se (M. Moreira, 1987):

1. O "Sapal Baixo" (ou o "Morraçal"), constituído essencialmente por *Spartina maritima*, que ocupa os solos entre os níveis mínimo e máximo das marés mortas;

2. O "Sapal Alto" (também designado de "Gramatal"), uma formação arbustiva que cobre os solos argilosos compactos das plataformas de preia-mar de marés vivas;

3. O "Sapal de Transição" que corresponde às formações vegetais arbustivas e herbáceas, situadas acima do nível médio atingido pelas preia-mares de marés vivas, mas relacionado com a flutuação do nível piezométrico da toalha freática salgada.

V. Zenkovich (1967) prefere relacionar os processos com as posições do "1º Nível" (quase inteiramente coberto de água nas 12 horas de maré

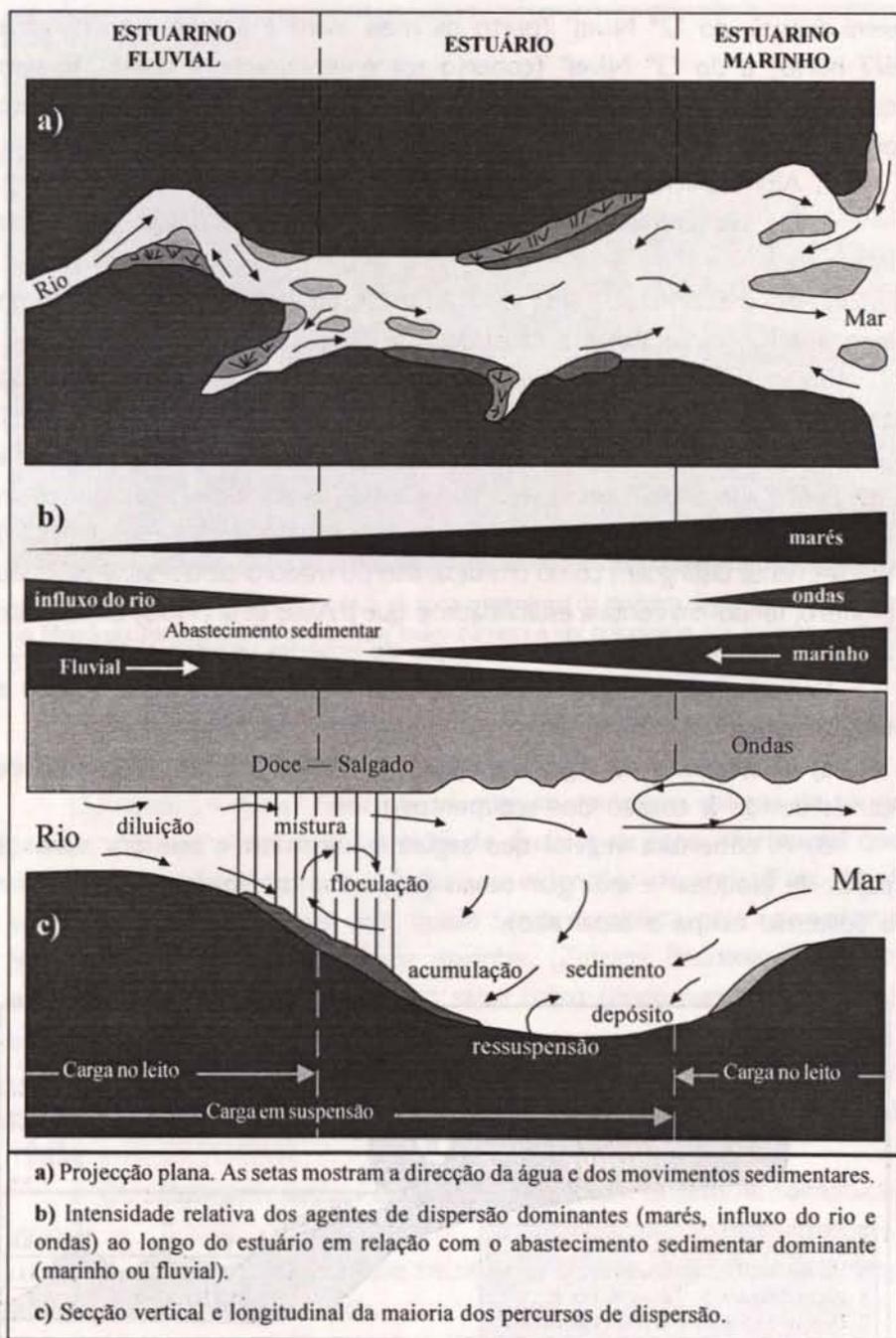


Figura 15 - Modelo conceptual das zonas de dispersão e percursos num estuário hipotético (adaptado de H. Viles & T. Spencer, 1995).

semi-diurna), do "2º Nível" (perto da meia maré e fica coberto durante 6/7 horas) e do "3º Nível" (coberto somente durante 4 horas). E, sem que haja contradição de conteúdo, J. Davies (1980) apresenta uma variante porventura melhor adaptada à morfologia dos estuários temperados:

1. Alta Planície Mareal (a superfície da preia-mar);
2. Declive Entre-Marés (há realmente um declive nítido na planície intermareal);
3. Zona Submareal (uma variação entre aspectos morfológicos como leito inferior, canal baixo e canal vazante).

Então, a superfície de preia-mar representa a zona de deposição vertical, enquanto no declive intermareal a deposição é predominantemente lateral. Dizendo de outro modo, nos sapais das regiões temperadas uma pequena "escarpa" ("alto Slikke") pode separar o Sapal Alto do Sapal Baixo, ou seja, o "Schorre" do "Slikke" (Fig. 16). Aquilo a que H. Viles & T. Spencer (1995) simplesmente distinguem como um sapal alto ou maduro de um sapal baixo ou pioneiro, tendo em conta a estabilidade; e que J. Alves et al (1998) consideram zonas identificadas através da colonização de espécies vegetais distintas.

Por seu lado, o sistema de canais de maré desenvolve-se sujeito a três factores:

- a) O substrato de argila e de silte que facilita o desenvolvimento de canais devido à coesão dos sedimentos finos;
- b) A cobertura vegetal que segura o substrato e que por vezes é capaz de bloquear e extinguir canais (a *Spartina* domina no sapal baixo e a *Salicornia* ocupa o sapal alto);

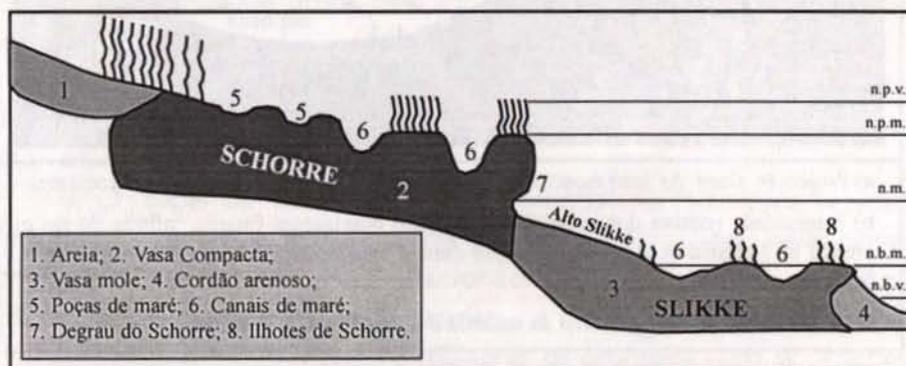


Figura 16 - As principais unidades do Sapal (adaptado de M. Moreira, 1984).



Foto 1 - Declives provocados por canais na zona intermareal da margem direita do Braço Sul do rio Mondego. Na planície lodosa, o sapal baixo começa a ser colonizado por *Spartina maritima* (05/03/1998).

c) A variação da maré que tem o óbvio efeito de controlar a extensão do desenvolvimento de canais.

De novo, J. Davies (1980) afirma que um complexo sistema de canais produz uma complicada aglomeração de declives na zona intermareal que são frequentemente barreiras lodosas ou extensões de areia (Foto 1). A parte inferior deste declive está quase sempre coberta pela baixa-mar e penetra no *habitat* das gramíneas marinhas (*Zostera*, *Posidonia*, *Thalassia*) e a parte superior pode alcançar o sapal baixo (onde surgem a *Spartina*, a *Salicornia* e a *Puccinellia*).

Resumindo, há a salientar que as formas ligadas à sedimentação podem ser basicamente agrupadas em duas grandes categorias (R. Paskoff, 1985):

1. Os sapais das margens dos estuários que têm origem na colmatação vasosa;
2. As ilhas e os bancos que se situam no meio dos estuários devido à dinâmica da água nos canais.

Cedo ou tarde, as planícies lodosas contíguas também serão colonizadas, conduzindo à formação de verdadeiros sapais, o que vai

contribuir para o processo de colmatção geral. Aliás, V. Zenkovich (1967) considera que a planície lodosa é uma área mareal que se caracteriza por ainda não estar coberta pelo crescimento de plantas halófilas.

De facto, a geomorfologia das planícies lodosas intermareais é muito complexa e imperfeitamente conhecida, adquirindo cada vez maior importância o aprofundamento desse conhecimento, não só pelo seu valor intrínseco como também pelas interacções que se estabelecem com outras morfologias mareais. O que é realçado por J. Pethick (1996) quando evidencia que a morfodinâmica das superfícies vegetadas superiores (o sapal) e não vegetadas (as vasas) são duas zonas-tipo que podem ser vistas como parte da mesma unidade geomorfológica. Ou seja, que o sistema intermareal sapal/vasa pode ser encarado como um só conjunto integrado cujos processos físicos são interdependentes.

Nessa medida, Pethick diz que "o sapal desenvolve-se na superfície superior intermareal onde há atenuação de ondas e marés e, pelo exterior, as vasas não vegetadas providenciam condições de baixa energia, adequada para a colonização vegetal". E, assim, o sapal e as vasas juntos promovem um ambiente mais estável do que cada uma das superfícies podia por si própria.

2.4. Ecossistemas sensíveis e interdependentes

Cada vez mais prevalece a necessidade de compreender a costa não só nos seus aspectos parcelares, mas integrada numa série de sistemas interconectados e interactuantes. Esta visão de conjunto, para além do valor holístico já referido, impõe a capacidade de serem estabelecidos domínios próprios para a análise multidisciplinar, ainda que digam respeito a um quadro de desenvolvimento essencialmente natural (J. Ribeiro, 1998), por forma a poderem evidenciar-se todas as relações íntimas das plantas, animais e microorganismos com o seu ambiente físico.

Assim, quando se avalia o balanço dos *inputs* e *outputs* que influenciam as dinâmicas ecológicas estuarinas, não podem deixar de ser ponderados os movimentos globais de nutrientes incluídos nos ciclos de transporte aquático, ou a influência cruzada das componentes orgânica e mineral nos processos físico-químicos de sedimentação que providenciam substrato para o crescimento vegetal zonado. O que também obriga a

considerar simultaneamente os fenómenos de mistura e floculação, as correntes mareais e fluviais, a ondulação meteorológica, as águas subterrâneas, a variação espacial da salinidade, a geomorfologia costeira e o efeito de protecção das praias e dunas litorais, além das interacções biofísicas e bioquímicas estabelecidas com os ambientes pelágicos e bentónicos da plataforma continental que contribuem para a rede primária de produtividade.

As articulações biogeomorfológicas evoluem nos movimentos e interacções, não apenas espaciais (laterais) mas também tróficos (ecologicamente verticais), que se desenvolvem desde os ambientes submareais até aos supramareais das dunas. De qualquer modo, a definição ecológica de "zona litoral" é mais abrangente e fluída (uma entidade em permanente mudança) do que a definição de zona intermareal, uma vez que esta tem limites físicos que raramente coincidem com os biológicos. Então, a "zona supralitoral", por exemplo, mostra o empobrecimento em espécies e menos variabilidade que as zonas inferiores. Mas, como há intensa interacção entre os sistemas "litoral", "frente ao litoral" e "ao longo do litoral" (H. Viles & T. Spencer, 1995), um distúrbio provocado em qualquer deles pode conduzir a flutuações generalizadas nas comunidades.

Entendida esta sensibilidade, o realce recai inevitavelmente nos estuários, pois eles suportam grande quantidade de populações emersas e submersas, possuindo muitas plantas de sapal, incluindo microalgas que são capazes de produzir mais biomassa para alimento dos bentos do que as espécies vegetais maiores; enquanto os domínios de ondas de praia têm uma relativamente empobrecida comunidade de organismos bentónicos. Por outro lado, há o papel desempenhado pelas planícies vasosas que actuam como importante elemento de transição entre os sapais e a plataforma continental, o que justifica os receios sobre os impactes a que os estuários estão sujeitos actualmente (enormes cargas de poluentes), dado que o declínio, ainda que provisório, de certas algas (caso da *Zostera*) pode provocar distúrbios nas espécies que delas dependem, quer como alimento quer como refúgio, alterando a competição pelo espaço, o que põe em risco o nível da biodiversidade local. Note-se que o equilíbrio entre as espécies se mede pelas alterações que provocam nos outros elementos do ecossistema e que "nem sempre, ao contrário do

que por vezes se julga, a diversidade provoca estabilidade nos sistemas naturais" (Consulmar et al., 1991).

Mas a estabilidade dos ecossistemas não se avalia somente pelos impactes nas relações entre as espécies. Factores como a subida do nível do mar e o conseqüente encurtamento das praias mundiais mostram a importância crescente das reservas de areia das dunas para que possa perspectivar-se a reposição do equilíbrio, visto que o litoral está em situação de instabilidade, sobretudo por falta de alimentação sedimentar. Ou seja, sob as actuais condições de evolução, as zonas costeiras das próximas décadas serão consideravelmente alteradas (inclusive por obras humanas de oposição às adaptações naturais imprescindíveis), justificando a abordagem integrada da caracterização ambiental costeira, incluindo a da primeira faixa de contacto terra/mar que tem de responder prioritariamente às mudanças actuais e anunciadas. Os sistemas estuarinos situados junto às costas baixas arenosas dependem profundamente da forma como essa adaptação se vai processar.

2.4.1. Biodiversidade e equilíbrio ecológico

Os ecossistemas, como sabemos, são entidades complexas que proporcionam as bases para a existência da vida natural. Do seu estado de equilíbrio dependem inúmeros seres, quer em agrupamentos de espécie quer de genes, verificando-se que há muitas espécies que dependem de muitos ecossistemas, o que reforça o valor da continuidade e da interdependência. A própria biodiversidade pode ser medida pelo número e quantidade de ecossistemas. E estes são tanto mais significativos quanto integrem (GFANC, 1997):

- Grande número de espécies;
- *Habitat* de espécies em perigo;
- *Habitat* de espécies endémicas;
- Ambientes importantes para espécies migradoras;
- Aspectos particulares, únicos ou representativos;
- Alto valor social e cultural.

Não é ingénua, nem tão pouco contraditória, a introdução de aspectos humanos na valorização de ecossistemas, uma vez que a ocupação e uso civilizacional de territórios não tem apenas, necessariamente, impactes

negativos. E o reconhecimento do papel reservado ao homem como elemento incontornável da paisagem tem três justificações fundamentais:

a) Que é do interesse do homem manter a natureza num estado tão saudável quanto possível, em todas as suas componentes;

b) Que a existir valor social e cultural de um ecossistema é porque há um legado histórico que decorre da actividade de comunidades tradicionais;

c) Que devem incentivar-se as atitudes e acções do homem que são benéficas e mesmo imprescindíveis para o bom estado de alguns ecossistemas e da biodiversidade.

Tratando-se de terras húmidas costeiras, a análise das relações verticais e horizontais de interdependência inicia-se ao nível dos seres aquáticos, havendo dois conjuntos essenciais a referir, em função do grau de mobilidade:

1. O primeiro, distingue o plâncton que são as plantas (fitoplâncton) e animais (zooplâncton) microscópicos que andam ao sabor das correntes na coluna de água, do necton que são os animais que se movem na coluna de água, escolhendo o seu percurso;

2. O segundo, distingue as espécies pelágicas (as que habitam a coluna de água), importantes sobretudo até aos 60/70 metros de profundidade (a zona eufótica), das bentónicas (as que habitam no fundo) que podem ser de substrato fixo (rochas) ou de substrato móvel (areias e lodos).

A produção primária de matéria orgânica é realizada em grande medida pelo fitoplâncton, ao qual se associam as bactérias em comensalismo, uma vez que estas absorvem nutrientes em pequenas concentrações. As bactérias têm uma atracção pelas células vegetais (sobretudo algas mortas), sendo nos estuários que se encontram as maiores concentrações e onde prosperam os protozoos pelágicos que são os seus predadores (G. Barnabé, 1996).

A importância destes pequenos seres será melhor desenvolvida no ponto seguinte, ficando agora apenas o registo das relações tróficas que se estabelecem desde uma base micro que providencia condições únicas para o sucesso de larvas, alevins e juvenis de inúmeras espécies. Por isso, não devemos esquecer que a qualidade e disponibilidade de alimento, bem como as variações de temperatura, de salinidade e de outros parâmetros,

incluindo os efeitos da poluição, podem explicar as diferenças que se observam, por exemplo, na fecundidade de certas populações zooplantónicas, o que representa, por seu lado, um factor de limitação da produtividade (D. Burdloff et al., 1998).

Nessa medida, os bentos jogam um papel essencial, uma vez que contribuem para a agregação organo-mineral das vasas (fabricando e retendo substrato que é utilizado pelos fitobentos vegetais submareais e intermareais), filtram as partículas que estão em suspensão nas águas (acção dos bivalves) e reciclam a matéria orgânica dos cadáveres (caso dos caranguejos que são necrófagos). Daí que alguns destes bentos sirvam como "espécies indicadoras" do estado do meio (quando uma delas entra em colapso, por exemplo).

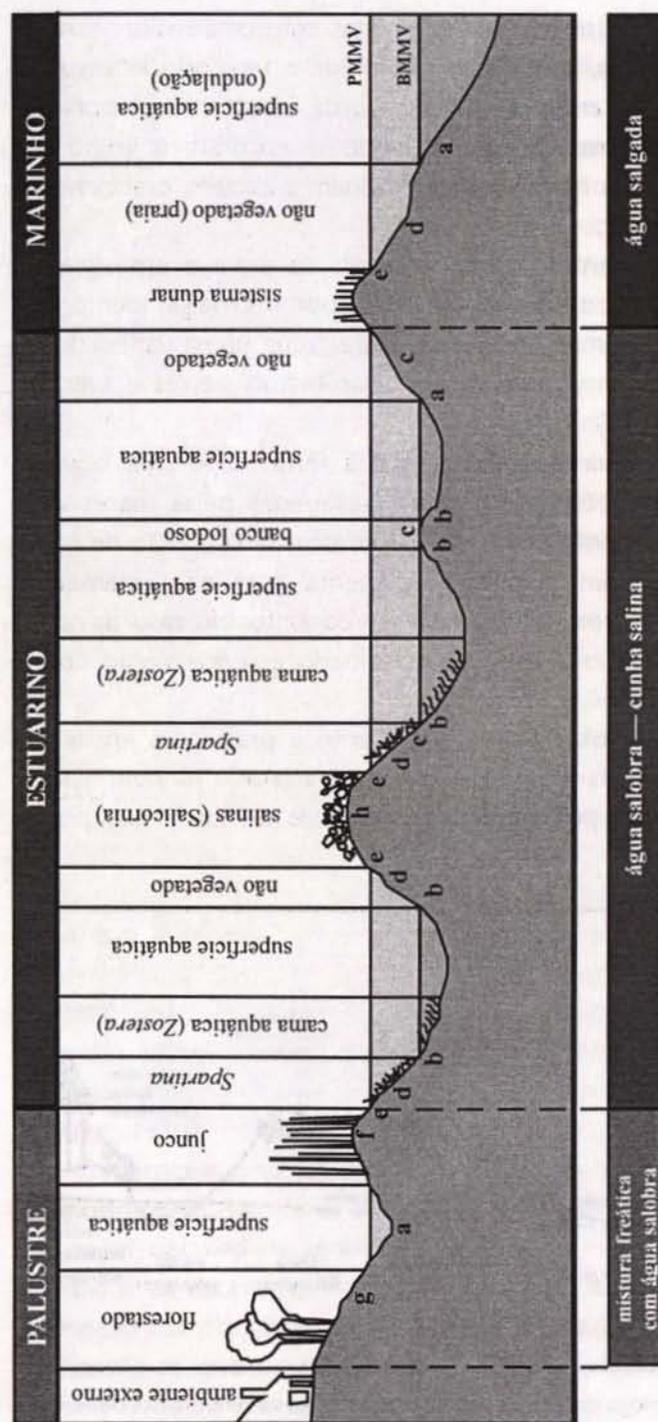
Por tudo o que foi dito, no sapal a flora pode ser extremamente produtiva, independentemente da sua diversidade. Nas áreas de *Spartina*, o aumento da produtividade costuma acompanhar a maior variação da maré e, normalmente, é superior nos bancos dos canais do que no interior do sapal, o que pode relacionar-se com a disponibilidade de nitrogénio, ou com o stress fisiológico nos interiores com alta salinidade intersticial (H. Viles & T. Spencer, 1995). Aí, nessas altas concentrações de sais, estão as condições de adaptabilidade da *Salicornia* que é a espécie mais ubíqua desta zona (J. Davies, 1980).

A zonação vegetal é muitas vezes acompanhada pela fauna do sapal que inclui invertebrados (grande parte deles herbívoros), mamíferos, anfíbios e aves, os quais encontram aqui alimento suficiente, quer sejam autóctones ou migradores sazonais.

A. Garniel & U. Mierwald (1996) apontam para uma distribuição das unidades de vegetação estuarina que é caracterizada por vários gradientes naturais, com destaque para:

a) A dimensão vertical (cruzando o litoral) que vai da margem do estuário para a margem do vale e que se distingue pela transição do integralmente aquático para os ambientes terrestres, mudando das condições de salgado para as de água doce;

b) A dimensão horizontal (contra corrente) em que os factores dominantes são a diminuição do gradiente de salinidade e o decréscimo da influência mareal (a Fig. 17 procura dar uma visão geral destas transições e respectivos habitats de referência).



PMMV - Preia-Mar de Maré Viva.
 BMMV - Baixa-Mar de Maré Viva.

e - irregularmente inundado.
 f - sazonalmente inundado.
 g - temporariamente inundado.
 h - saturado.

a - permanentemente inundado.
 b - submareal.
 c - irregularmente exposto.
 d - regularmente inundado.

Figura 17 - Algumas características de habitat dos sistemas de terras húmidas (modificado de E. Silva et al., 1998).

A zonation vegetal é mais nítida em costas com uma maior variação de maré (J. Davies, 1980), o que significa alargar o território intermareal da *Spartina*, separando o ambiente hipersalino da Salicornia (a montante) e o da borda da baixa-mar (a jusante) onde se encontra o grupo das gramíneas (angiospérmicas marítimas) que incluem a *Zostera*, praticamente sempre submersas.

Mais para jusante, entramos no domínio da praia e em sistemas essencialmente marinhos: a flora é composta por microalgas bentónicas e fitoplâncton, com diatomáceas; consistindo a fauna numa variedade de macroinvertebrados e formas intersticiais, zooplâncton, peixes e aves (H. Viles & T. Spencer, 1995).

Da praia para o interior, em direcção à terra, depois da faixa de areias quase nuas que podem ser atingidas apenas pelas marés-vivas equinociais, ou por temporais marítimos, desenvolve-se o cordão de dunas litorais (Fig. 18) que é um sistema fundamental para os ajustamentos geomorfológicos e ecológicos da costa no seu conjunto. No caso da região centro portuguesa, o sistema dunar é constituído essencialmente por (J. Alves et al., 1998):

a) Uma faixa de cristas dunares adjacente à praia com areias em estabilização (mas ainda com elevada mobilidade), já colonizadas parcialmente, sobretudo por Estorno (*Ammophila arenaria*) que possui

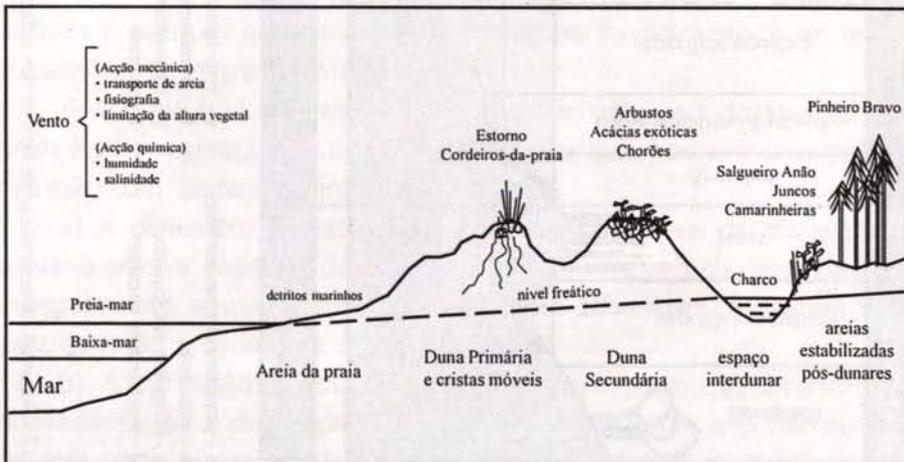


Figura 18 - Esboço da morfologia dunar e da vegetação típica na costa centro-oeste de Portugal.

rizomas de crescimento contínuo e raízes activas a vários metros de profundidade e por Cordeiros-da-Praia (*Otanthus maritimus*);

b) A duna fixa com vegetação herbácea (incluindo a duna secundária) que se desenvolve por detrás das cristas dunares, onde a areia começa a ser fixada com a ajuda de pequenos arbustos (caméfitos), alguns dos quais endémicos, como a Granza-da-Praia (*Crucianella maritima*), a Erva-Divina (*Armeria welwitschii*), ou a Perpétua-das-Areias (*Helichrysum picardi*). É de referir que em muitos locais da nossa costa se procedeu à fixação de areias com Acácia e Chorão, espécies exóticas que pouco a pouco vêm substituindo as autóctones;

c) O espaço interdunar, onde se forma uma faixa deprimida que fica encharcada na época pluviosa (a toalha freática atinge a superfície), originando uma flora específica (Salgueiro Anão, Juncos, Camarinheiras). Muitas destas depressões foram drenadas em Portugal por razões de "salubridade";

d) As areias estabilizadas pós-dunares, em situação posterior ao último cordão dunar elevado, constituídas por areias lavadas pela chuva (teores muito reduzidos de sais), com vegetação típica das areias litorais e de meios arenosos não salinos, como a Sabina-da-Praia, a Camarinheira, o Pinheiro Bravo e o Pinheiro Manso.

Podemos ainda encontrar areias dunares em plataformas litorais sobreelevadas (acumulação devido à acção dos ventos dominantes) e paleodunas (relativas a posições da costa em épocas geológicas passadas).

Nas dunas dianteiras ou primárias são particularmente visíveis as interrelações entre o transporte de areia/aerodinâmica, a vegetação e a forma dunar. Uma vez estabilizada a duna, há uma subsequente expansão lateral da vegetação por colonização de rizomas, o que leva ao desenvolvimento de cumes dunares acidentados (H. Viles & T. Spencer, 1995).

Os processos químicos nas raízes das plantas têm implicações geomorfológicas, tal como os animais de maior porte que podem jogar um papel decisivo na morfodinâmica dunar, através do pastoreio, do pisoteio e da escavação. Por seu lado, os animais menores acompanham a zonação das plantas, incrementando a diversidade para o lado da terra, verificando-se que os crustáceos dominam junto ao mar, enquanto os insectos o fazem em direcção à terra.

2.4.2. Processos biofísicos e bioquímicos fundamentais

A participação dos organismos vivos na dinâmica costeira não é usualmente muito focada, quando, afinal, eles se encontram envolvidos nos grandes processos típicos desta zona (V. Zenkovich, 1967):

- a) Destruição do substrato rochoso;
- b) Transporte de produtos produzidos;
- c) Produção de novo material clástico de origem orgânica;
- d) Acumulação de material em várias zonas do fundo ou do litoral.

Os organismos podem ter uma acção protectora (vegetação marinha e supramareal que atenua a energia das ondas) ou destruidora (moluscos que perfuram as rochas). De qualquer forma, nas regiões temperadas as duas acções ocorrem quase sempre de forma concomitante: se, por um lado, as plantas marinhas lançadas sobre a praia (após uma tempestade) favorecem a sua protecção — misturadas com as areias eólicas, contribuem para a formação das dunas costeiras (Hemminga & Nieuwenhize, 1990, em M. Fonseca, 1996) — por outro, elas promovem a actividade bacteriana que vai provocar a decomposição das rochas; ou então, se é verdade que a cobertura de mexilhões, ouriços, cracas, lapas e outros, formam camadas protectoras das rochas, também o é que ajudam a decompor a mesma rocha ao longo do tempo e das gerações.

Há organismos que têm um balanço mais construtivo que destrutivo, como são os casos das plantas halófilas que inibem a erosão e nivelam o relevo, dado que, nas costas baixas, promovem a acumulação de partículas de silte e eliminam a acção de distúrbio das ondas junto à margem. Isto mostra que os processos biológicos têm uma grande importância na geomorfologia costeira — embora nas latitudes médias, devido a factores físicos relacionados com ventos fortes, altas ondas e abundante deriva de sedimentos, o ambiente não seja favorável aos processos orgânicos de desenvolvimento da morfologia terrestre (J. Davies, 1980).

Nestas condições, os estuários funcionam como áreas particularmente protegidas, onde, pelo contrário, são os processos biológicos que adquirem importância relevante. Veja-se que os sedimentos mais estáveis se encontram onde as populações de diatomáceas são maiores, o que sugere um controlo biológico da estabilidade sedimentar (o muco destas plantas

ajuda a acreção da superfície lodosa, como vimos antes). Além disso, as diatomáceas são essenciais para os ciclos tróficos estuarinos, quer pela fotossíntese quer como recurso alimentar para aves e espécies bentónicas (H. Viles & T. Spencer, 1995).

As gramíneas marinhas do sapal, por seu lado, purificam a coluna de água, uma vez que os nutrientes captados pelas suas folhas (e as epífitas associadas) são incorporados na biomassa das plantas, o que melhora a qualidade da água (M. Fonseca, 1996). Também o caso particular da *Spartina* deve ser evidenciado, tendo em conta a alta contribuição para o ciclo do azoto (aproximadamente 70% dos iões assimilados por esta planta, no estuário do Mondego, são iões nitrogénio), pelo que ela joga um papel importante na produtividade da sua área de ocupação (P. Castro & H. Freitas, 1998).

Existe, ainda, o mundo das comunidades bacterianas heterotróficas que desempenham papéis de grande significado nos processos de produção, degradação e recondução de carbono orgânico na base das cadeias alimentares planctónicas, intervindo nas transferências entre diferentes segmentos dos estuários e entre estes e os oceanos. Verifica-se que há relações estreitas de transferência de nutrientes entre comunidades bacterianas e de produtores primários, reforçadas pela existência das que são tipicamente "salobras" (M. Cunha *et al.*, 1998). A Fig. 19 permite observar essas interacções, ainda que na óptica das condições propícias para a vida dos peixes.

Sabe-se, também, que o fósforo e o azoto são os factores mais importantes que limitam a produtividade primária. O nitrato é mais abundante no meio dulçaquícola do que no marinho, funcionando aí o fósforo como factor limitante; já no marinho se invertem os papéis, constituindo o nitrato o factor limitante (M. Pardal & J. Marques, 1998). Então, em princípio, a introdução de grandes quantidades de nitrato no estuário (proveniente dos campos agrícolas, por exemplo) deve induzir uma maior produtividade a montante, a qual irá regredindo em direcção ao mar.

O caso do nitrogénio merece uma atenção particular. Um gás que representa cerca de 78% da composição da atmosfera (esta serve simultaneamente como grande reservatório e válvula de segurança do sistema), justifica uma breve análise sobre alguns aspectos do seu ciclo.

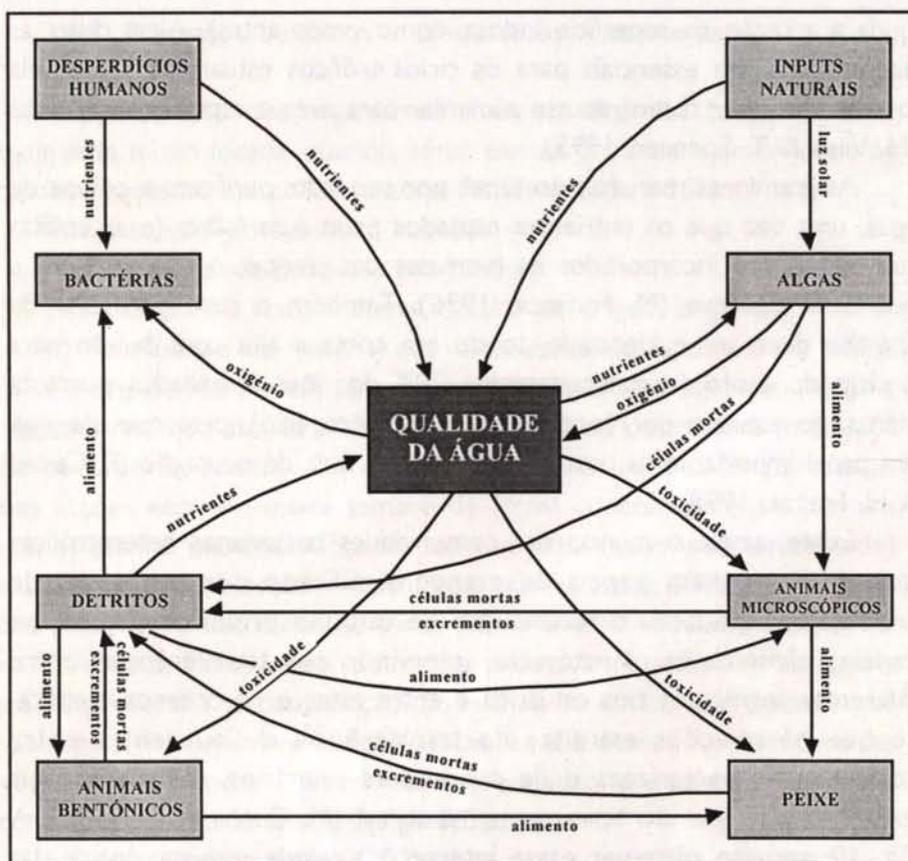


Figura 19 - Interações físico-químicas num ecossistema aquático, segundo Meade (1989), in G. Barnabé (1996).

As bactérias utilizam a energia da sua respiração para incorporarem directamente o azoto do ar sob a forma de prótidos, mas essa redução de N_2 para NH_3 , a chamada "fixação do nitrogénio biológico", é efectuada apenas por certos microorganismos (C. Mathews & K. Holde, 1990) que actuam em aerobiose (*Azotobacter*) ou em anaerobiose (*Clostridium*) e os seus cadáveres enriquecem o solo em azoto orgânico que é rapidamente mineralizado (P. Duvigneaud, 1974). As bactérias mais eficazes são as que vivem em simbiose com as leguminosas (as *Rhizobium*), ou com o amieiro (*Actinomicetos*), nos nódulos que se desenvolvem nas raízes destas plantas, absorvendo enormes quantidades de azoto atmosférico que se difunde na

rizosfera — a *cianobacteria* (algas verdes-azuis) é outra das que consegue reduzir o azoto para amónia.

Os nitratos assim absorvidos são transformados em aminoácidos e conduzidos até às folhas, onde são utilizados na síntese das proteínas. E estas estão, assim, na base da alimentação azotada dos animais.

Quando sobrevém a morte, os decompositores tornam a levar o azoto progressivamente ao estado mineral, terminando a cadeia pela acção dos amonizantes que produzem amónia (NH_4). Aí, é possível haver um novo ciclo de nitrificação (P. Duvigneaud, 1974; C. Mathews & K. Holde, 1990): *nitrosomonas* oxidam a amónia em nitrito (NO_2^-) e *nitrobacter* oxidam os nitritos em nitratos (NO_3^-)

Entretanto, o azoto retorna constantemente à atmosfera, por acção das "bactérias desnitrificantes" (Fig. 20) que decompõem o amoníaco em azoto molecular (N_2), ocorrendo um processo antecedente que é comum a praticamente todas as plantas, fungos e bactérias: o primeiro passo, a redução do nitrato para nitrito, é quimicamente difícil (envolve uma enzima complexa); tal como o segundo que tem três fases ($\text{NO}_2^- \text{ — } \text{NO}^- \text{ — } \text{NH}_2\text{OH — } \text{NH}_3$).

Salvo o caso especial das leguminosas e outras plantas verdes que fixam o azoto directamente do ar, a maioria das plantas não pode absorver o azoto pelas suas raízes senão sob a forma de aniões nítricos (NO_3^-) ou catiões amónio (NH_4^+) produzidos a partir de proteínas de

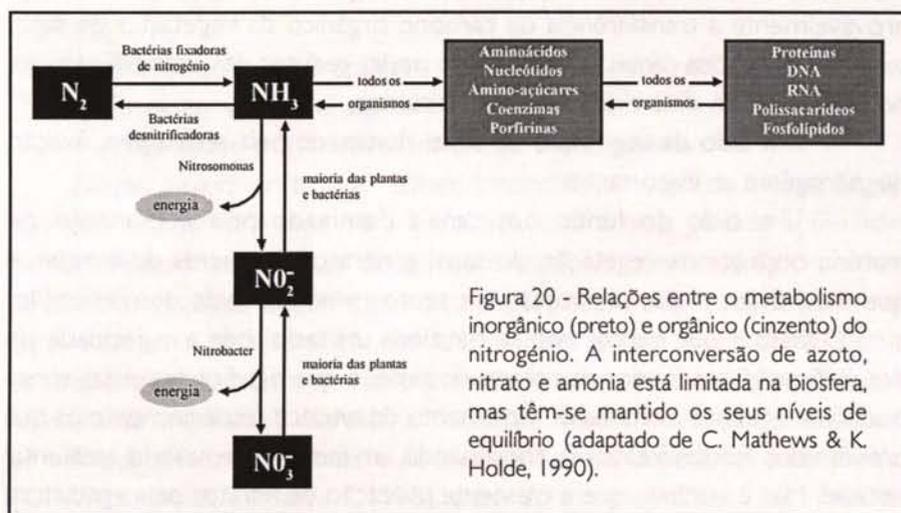


Figura 20 - Relações entre o metabolismo inorgânico (preto) e orgânico (cinzento) do nitrogênio. A interconversão de azoto, nitrato e amónia está limitada na biosfera, mas têm-se mantido os seus níveis de equilíbrio (adaptado de C. Mathews & K. Holde, 1990).

cadáveres pelas cadeias de decomposição, de transformação e de mineralização. É, pois, por fixação biológica que as maiores quantidades de azoto entram na biosfera.

O azoto fixado pode acumular-se nos ecossistemas terrestres de maneira a provocar fenómenos de eutrofização, atingindo concentrações que se tornam tóxicas, caso a desnitrificação não funcione de forma adequada. Ou então é levado para os oceanos onde se deposita nos sedimentos, para, de seguida, ser reabsorvido pelo fitoplâncton, entrando ao mesmo tempo que o fósforo no ciclo dos predadores (P. Duvigneaud, 1974) e terminando nos peixes que servem de alimento às aves e aos mamíferos que, por sua vez, os reintroduzem (pelas dejeções) na superfície dos continentes (o guano).

No entanto, a descoberta da limitação de nitrogénio na produtividade do fitoplâncton nas águas costeiras e produção macroalgar perto da praia, ajuda a formar a hipótese de os sapais poderem ser um tampão das águas costeiras adjacentes contra a excessiva abundância de azoto.

A capacidade dos sapais para interceptar os nutrientes terrestres à deriva é controlada pela capacidade de interceptar fluxos de água doce e desnitrificar os sedimentos dos fundos dos canais de sapal. Efectivamente, o lençol de água (subterrânea) invade o sapal com significativas quantidades de nitrato e a desnitrificação dentro dos sedimentos do fundo dos canais é suficiente para reduzir a maioria (cerca de 80%) do NO_3^- introduzido (B. Howes, 1996). Essa interceptação de nitrogénio da água doce requer provavelmente a transferência de carbono orgânico da vegetação do sapal para os fundos dos canais, fornecendo o poder redutor dos desnitrificadores, no que resultam dois ciclos de azoto distintos:

— Um ciclo da vegetação do sapal dominado pela reciclagem, fixação de nitrogénio e exportação;

— Um ciclo do fundo dos canais dominado pela importação de matéria orgânica da vegetação do sapal e nitratos das terras de montante que incentivam a alta proporção de azoto removido pela desnitrificação.

O facto é que parece não se ter ainda utilizado toda a capacidade de desnitrificação dos fundos dos canais do sapal, o que significa que estas zonas poderiam aguentar com maior incremento de nitratos (especialmente os que provêm dos lençóis freáticos), constituindo um factor de equilíbrio ambiental notável. Mas é verdade que a crescente utilização de nitratos pela agricultura

está a provocar manchas contínuas de eutrofização nos estuários e podem verificar-se no futuro concentrações tão elevadas que talvez venham a conduzir o sistema ao colapso.

2.5. Pressão humana e riscos naturais

A influência humana nas zonas costeiras tem vindo a incrementar-se na razão directa do crescimento das aglomerações que ocupam as margens dos continentes, sobretudo junto aos estuários que acolhem a maioria das grandes cidades mundiais. Tal situação, a par das actividades agrícola, industrial, portuária e turística, provoca um vasto conjunto de impactes, dos quais se destacam (J. Davies, 1980; M. Ré *et al.*, 1991; H. Viles & T. Spencer, 1995; K. Nordstrom & C. Roman, 1996):

— Perda de ambientes estuarinos devido à recuperação de terras para a agricultura;

— Desflorestação da bacia hidrográfica;

— Aumento dos nutrientes nos ambientes litorais;

— Invasão de espécies exóticas;

— Aumento da poluição nos ambientes litorais;

— Perda de *habitats*;

— Destruição de praias e dunas;

— Intercepção de água e sedimentos continentais;

— Alteração do transporte sedimentar litoral (obras de protecção costeira);

— Incremento da proporção da subida do nível do mar;

— Intrusão salina no aquífero costeiro;

— Alterações por motivos estéticos e recreativos.

Assim, qualquer estudo sobre impactes antrópicos numa região costeira será sempre uma obra inacabada e dinâmica, pois as actividades humanas promovem efeitos temporais e espaciais que podem considerar-se directos (aqueles que afectam uma dada porção do litoral) e indirectos (que resultam na alteração das articulações entre ambientes), como acontece quando há trocas na localização dos canais e configurações que afectam as amplitudes mareais, a extensão máxima da influência mareal, as velocidades das correntes e as localizações da deposição e da erosão (K. Nordstrom & C. Roman, 1996), além do incremento do nível máximo

da água durante as vagas de tempestade (A. Garniel & U. Mierwald, 1996); ou quando se verifica a existência de significativos défices sedimentares, resultando em fenómenos erosivos que têm origem, como realça F. Gomes (1996), em alterações internas (aproveitamento hidroeléctrico), externas (obras portuárias), ou alterações climáticas globais que mostram, no conjunto, como a destruição irreversível de geofomas tem um "carácter não renovável" para a paisagem costeira (G. Carvalho & H. Granja, 1997).

A amplitude das variações dos factores do meio ambiente depende do grau de transformações antrópicas, bem como da geomorfologia da costa e de cada estuário (D. Burdloff et al., 1998). Consta-se que cada vez mais os limites superiores da influência mareal (incluindo os sapais) tendem a sofrer estas mudanças, ao ponto de a natural, leve e flexível margem do estuário ser substituída progressivamente por antinaturais, pesadas e inflexíveis barreiras que reduzem a capacidade para acomodar as subidas do nível do mar, as tempestades, ou as próprias perturbações humanas (J. Doody, 1996). Impactes cujas causas podem encontrar-se, também, nas desflorestações a montante que fazem aumentar a carga de sedimentos finos e dos fenómenos derivados de colmatação; ou na regularização do canal fluvial que, como foi referido, incrementa a onda mareal, o avanço para montante da maré dinâmica e a velocidade média das correntes (R. Paskoff, 1985; A. Garniel & U. Mierwald, 1996). Por seu lado, as obras que afectam os fluxos mareais e restringem as trocas levam muitas vezes a morte a várias espécies de plantas que não aguentam a subida da salinidade acima do seu nível de resistência (H. Viles & T. Spencer, 1995).

Há dois aspectos que devem ser realçados nos sectores litorais que albergam estuários (P. Bettencourt et al., 1996) e que conduzem aos mesmos efeitos destrutivos: por um lado, as constantes modificações dos cordões arenosos que os protegem do oceano que são frequentemente galgados e recuam para o continente; por outro, o assoreamento generalizado dos canais estuarinos e, em casos extremos, a colmatação de vastas áreas entre-marés e a sua progressiva incorporação nas planícies costeiras envolventes. Na prática, estas tendências evolutivas reflectem-se numa diminuição acentuada de áreas húmidas costeiras com enorme importância ecológica, nomeadamente áreas de sapal, campos de

zoosteráceas e bancos de vasa intermareais. Também acontece que, nas áreas mais recolhidas e com menor hidrodinâmica, a excessiva carga de nutrientes, juntamente com as altas temperaturas de estio (em baixas profundidades), criam condições favoráveis à elevada produtividade primária susceptível de conduzir a processos de eutrofização com grande produção de microalgas, incluindo cianobactérias (potencialmente tóxicas para o homem e outros animais), sendo de salientar que nos meios eutróficos a decomposição do excesso de matéria orgânica é muitas vezes acompanhada pela desoxigenação da água e consequente perturbação das cadeias tróficas, incluindo a morte da ictiofauna (M. Fidalgo, 1996). Por isso, na sequência do que foi dito antes, muitos investigadores consideram o problema da acumulação de nutrientes como o mais sério, dado o grande aumento que se verificou nos últimos anos e que está a levar à eutrofização de vastas áreas da plataforma continental.

Tentando divulgar a evolução do peso relativo de diferentes graus de impacte das actividades humanas sobre as águas litorais, várias organizações internacionais têm publicado alguns estudos, tendo em conta certos parâmetros ambientais, com resultados que devem, nalguns casos, ser sujeitos a uma apreciação mais apurada. Por exemplo, o Quadro II (OCDE, 1993) evidencia algum defeito na avaliação global desses impactes e mesmo certas discrepâncias, como sejam o reduzido significado atribuído aos impactes da "aquacultura" em comparação com os da "pesca"; ou o nível relativamente baixo de perigosidade que se considera existir nos "depósitos atmosféricos", na "descarga de desperdícios perigosos" e nos "derrames na toalha freática" que sabemos estarem interrelacionados com outros (como a agricultura e a pecuária, por exemplo), representando cargas de contaminação e intoxicação reais e enormes riscos para o meio ambiente costeiro. Aliás, a mobilidade que caracteriza a água e o ar, aliada aos fenómenos de transferência que ocorrem entre a atmosfera, o solo e a água, tornam possível que a poluição provocada num determinado local possa causar efeitos negativos noutras zonas, por vezes bem distantes, o que leva à acumulação de resíduos poluentes que frequentemente excedem o poder auto-depurador dos estuários, pondo em risco muito depressa o equilíbrio do ecossistema (R. Paskoff, 1985).

Quanto às praias, sabemos que elas são utilizadas essencialmente para recreação, o que pode afectar gravemente a sua ecologia. Assim, nas praias

Quadro II - Actividades em terra e no mar que afectam as águas litorais (adaptado de OCDE, 1993).

Grande Problema / Actividades que afectam as águas litorais	Contaminação por substâncias tóxicas	Eutrofização	Contaminação por agentes patogénicos	Desaparecimento/ degradação de habitats	Modificação dos recursos biológicos	
Derrames industriais	●	●	●	●	●	
Derrames urbanos	●	●	●	●	●	
Ordenamentos periurbanos e turísticos	●	●	●	●	●	
Construção urbana e reordenamento	●			●	●	
Dragagem	●	●		●	●	
Caminhos de ferro/ aeroportos/autoestradas	●			●	●	
Navegação/portos	●		●	●	●	
Agricultura/pecuária	●	●	●	●	●	
Silvicultura/ exploração florestal	●			●	●	
Exploração mineira, de petróleo e de gás	●			●	●	
Pedreira (extração)	●			●	●	
Marinas/ navegação de recreio	●	●	●	●	●	
Luta contra inundações/ desvios				●	●	
Pesca		●		●	●	
Drenagem/ aterros de zonas húmidas	●	●		●	●	
Operações/instalações militares	●	●	●	●	●	
Evacuações de desperdícios por barco	●	●	●	●		
Depósitos atmosféricos	●					
Evacuação de resíduos de dragagem	●	●	●	●	●	
Descarga de desperdícios perigosos	●			●	●	
Derrames na toalha freática	●	●	●		●	
Luta contra a erosão do litoral e dos estuários				●		
Aquacultura			●			

● impacte forte

● impacte médio

● impacte pouco significativo

□

a poluição pode chegar de várias fontes: da atmosfera, dos rios e das águas subterrâneas (efluentes domésticos, agrícolas e industriais), das descargas directas de lixo (em terra e vindo do mar), dos ventos e das correntes litorais. Devido a isso, há hoje medidas internacionais que estabelecem padrões para os níveis de contaminação microbiológica (H. Viles & T. Spencer, 1995), além de outros factores específicos da paisagem, como o aspecto visual, a degradação dunar, ou a densidade de usos.

A ocupação de certas áreas do sapal ou das dunas costeiras com pastos pode também provocar severas alterações que afectam a biodiversidade, levando por vezes ao desenvolvimento de infestantes à custa das espécies anteriormente melhor adaptadas. Por outro lado, para proteger o avanço das dunas sobre os terrenos agrícolas, houve a necessidade de fixar as areias, o que originou extensas áreas de monoculturas florestais que potenciaram o risco permanente de incêndios (L. Lourenço *et al.*, 1994; A. Almeida, 1996). Mas é verdade que as dunas não comportam só riscos para as actividades humanas; elas também desempenham papéis importantes de protecção costeira, recreio, conservação da natureza e até de fonte de abastecimento de água pública, estando por isso sujeitas à pressão antrópica directa (escavamento, pisoteio, construções, campos de golfe) e indirecta (alterações no nível da água subterrânea, incremento de cargas de nutrientes, salinização dos solos).

Entretanto, como dissemos, nos estuários a maré vai sendo excluída e parte do sapal é fechado (J. Doody, 1996), criam-se sistemas de drenagem e surgem as terras da agricultura intensiva que se vão tornando de seguida zonas industriais e de expansão urbana. A evolução destes problemas relacionados com a poluição leva-nos ao encontro do desordenamento químico, uma vez que são encontradas correlações estatisticamente significativas entre os diversos parâmetros químicos e biológicos, nomeadamente entre os níveis de alguns metais pesados (Cr, Cu, Pb e Zn) e a riqueza e diversidade específica (A. Mucha *et al.*, 1998), diminuindo estas com o aumento dos primeiros.

As águas de esgoto doméstico, os efluentes industriais, as poeiras transportadas pelo ar e os óleos das instalações costeiras vão-se depositando nas zonas húmidas, sobretudo nos sedimentos. Há dados (H. Viles & T. Spencer, 1995) que apontam para uma resposta muito positiva

das plantas do sapal (sobretudo a *Spartina*) que não acumulam metais pesados na razão directa da contaminação das águas e dos sedimentos. Já os bivalves têm um comportamento diverso, uma vez que, sujeitos à contaminação, promovem a sua integração nos sedimentos por bioturvação e transferem essas substâncias para montante.

Também a aquacultura tem trazido imensos problemas a nível mundial, quer de poluição quer de erosão, com indiscutíveis prejuízos ecológicos e geomorfológicos derivados da introdução de grandes cargas orgânicas e químicas nas águas estuarinas, patologias e promiscuidades genéticas, bem como alterações significativas na paisagem com aprofundamento e degradação do solo das salinas e das áreas de sapal (J. Ribeiro, 1998), revelando-se a tendência geral para a alteração de *habitats*, das condições de competitividade específica e da biodiversidade local.

Existem ainda outros tipos de impactes antrópicos sobre a zona costeira, destacando-se os que se relacionam com as obras de engenharia e que assumem um peso determinante face aos problemas actuais de erosão que têm causas múltiplas e colocam em risco a estabilidade da geomorfologia costeira. E, por consequência, a estabilidade das numerosas comunidades que aí habitam.

Mais de 70% das areias das costas mundiais vieram de processos de erosão das últimas décadas (H. Viles & T. Spencer, 1995), devendo-se o recuo da linha da costa, em primeiro lugar, às relações entre a subida do nível do mar e o abastecimento sedimentar; e, depois, quer aos efeitos da pressão humana na zona costeira e área de influência quer às possíveis mudanças climáticas induzidas pelo homem. Assim, o *stress* antropogénico que atinge a zona costeira inclui operações de dragagem; extracção de minerais, areias e pedras; construção de barragens e diques que reduzem os *inputs* de sedimentos fluviais; redução de abastecimento sedimentar pela erosão natural dos rochedos (devido à protecção costeira); e interferências com o transporte sedimentar ao longo do litoral pela construção de muros marítimos, molhes e quebra-mares, associados normalmente com portos e actividades costeiras de recreação.

Então, de acordo com O. Pilkey (1991), uma sociedade com problemas de erosão costeira tem três hipóteses alternativas para o ordenamento dessa área (Quadro III):

- a) Estabilização pesada;

Quadro III - Formas de combate à erosão costeira (adaptado de O. Pilkey, 1991).

MEDIDA	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESvantagens	EFEITOS
1. ESTABILIZAÇÃO PESADA	<ul style="list-style-type: none"> • Muros marítimos • Quebra-mares • Esporões 	<ul style="list-style-type: none"> • Protege a propriedade litoral (em frente à praia). 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradação da praia. • Custos de manutenção, de reparação e de deslocação das estruturas-tipo. • Dificuldade de acesso à praia. • Empobrecimento visual (paisagem). 	<ul style="list-style-type: none"> • Os esporões interrompem o abastecimento de areia a sotamar. • Os muros marítimos causam perda de praia. • A estabilização pesada conduz a mais estabilização pesada.
2. ESTABILIZAÇÃO SUAVE	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento artificial de areia. • "By-pass". • Transferência de dragados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa a largura da praia. • Protege as construções. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos elevados. • Carácter temporário. 	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento de areia em praias sujeitas a estreitamento. • A areia é de novo mobilizada, pelo que é necessário manter o abastecimento.
3. RELOCALIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Recuo das Construções litorais. • Proibição legal de reconstruções na frente marítima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preserva melhor as praias. • Não tem custos de estabilização. • Preserva as construções (afastadas da praia). 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade política da decisão. • Dispendiosa. • Perda de terras litorais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não há defesas contra as transgressões da linha litoral. • As construções anteriores podem perder-se.

b) Estabilização suave;

c) Recuo das construções (relocalização).

Cada uma destas perspectivas tem vantagens e desvantagens aos níveis económico, estético e ambiental, com ponderações difíceis, uma vez que integram objectivos por vezes contraditórios.

A estabilização pesada tem a evidente vantagem de proteger as propriedades que estão localizadas junto à praia. Este tipo de estabilização é feita através de três obras complementares:

1. Muros marítimos paralelos ao litoral que se opõem à energia das ondas;

2. Esporões perpendiculares à linha da costa que seguram a barlar as areias da deriva litoral;

3. Quebra-mares para baixar a energia das ondas.

2. Esporões perpendiculares à linha da costa que seguram a barlamar as areias da deriva litoral;

3. Quebra-mares para baixar a energia das ondas.

As três estruturas de protecção acabam, geralmente, por promover a erosão e a perda de área útil das praias, uma vez que: são construídas sobre a praia; delimitam uma linha fixa na areia contra a erosão e a praia recua (degradação passiva); e intensificam os efeitos das tempestades por estreitamento da zona de rebentação, especialmente durante a tormenta atmosférica (degradação activa). Note-se que mesmo os quebra-mares

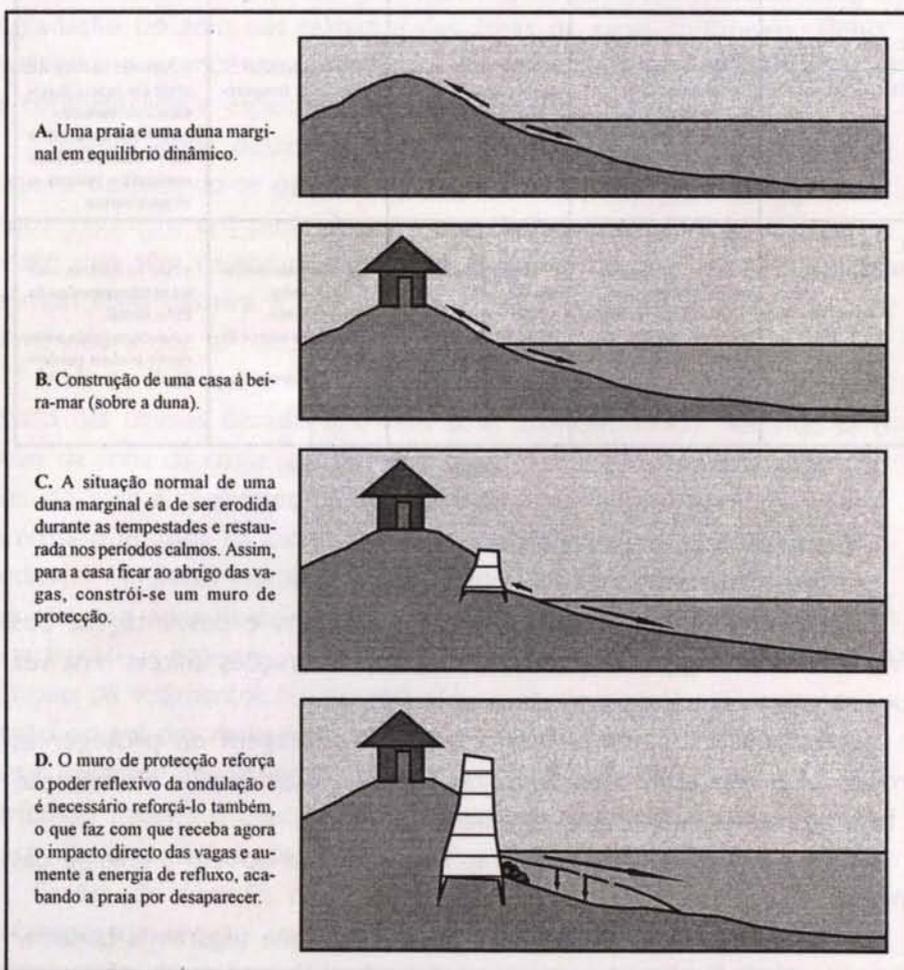


Figura 21 - Efeitos de uma construção à beira-mar sobre a conservação da praia (adaptado de R. Paskoff, 1985).

proteger a terra, não a praia (H. Viles & T. Spencer, 1995), provocando uma alteração de perfis nesta de "dissipativos" para "reflexivos" (Fig. 21). Ou seja, no primeiro caso o perfil da praia alarga-se sob o ataque da ondulação de tempestade, reduzindo a energia das ondas por unidade de área; no segundo, devido ao encurtamento da praia, existe uma alta energia concentrada, o que provoca o estreitamento e aprofundamento do terreno defronte do muro marítimo, acabando por colocar este em perigo, não pelo ataque directo das ondas, mas pelo enfraquecimento provocado pela corrente profunda rápida (Foto 2). O mesmo se passa com os esporões que se têm revelado de certa forma inúteis relativamente aos fins para que foram construídos (G. Carvalho, 1991), levando à construção de sucessivos campos de novos esporões que vão provocando o emagrecimento das praias a sotamar, num processo que é acompanhado pelo aumento do volume dos enrocamentos e elevados custos de manutenção. Além disso, os esporões podem provocar a perda de sedimentos da praia quando a ondulação de tempestade chega do quadrante oposto (no caso da costa noroeste portuguesa, quando a ondulação vira a SW).



Foto 2 - Poder destrutivo das vagas sobre o muro da "marginal oceânica" da Figueira da Foz (Outubro/1996).

Daí que a instalação de estruturas pesadas conduza à necessidade de mais estabilização pesada, o que levou alguns estados norte americanos, como o da Carolina do Sul, por exemplo, à decisão drástica de retirar as estruturas pesadas dos últimos 40 anos, proibindo a reconstrução de novos muros marítimos e esporões (O. Pilkey, 1991).

Um dos problemas a enfrentar no futuro próximo e ainda relacionado com as estruturas pesadas, é o da acumulação de material rochoso e restos vegetais nas barragens, sendo previsível que se dê o seu rápido entulhamento (F. Rebelo, 1995), agravado pela ocorrência de incêndios e arroteamentos nas vertentes de montante, com consequências que podem vir a revelar-se desastrosas para os territórios marginais de jusante.

Quanto à estabilização suave, ela também protege as construções, mas promove o incremento da largura da praia, uma vez que se fundamenta no abastecimento artificial das praias sujeitas a estreitamento. Por vezes, acontece que essa tarefa tem de ser contínua, dado que as areias não permanecem muito tempo nas praias, o que torna o processo muito dispendioso, mesmo quando é realizado por "by-pass", de barlar para sotamar, bombeando os sedimentos e mantendo a deriva litoral.

Já a realocização de construções acarreta outro tipo de dificuldades. Apesar de ser reconhecidamente o processo mais eficaz para a preservação futura de muitas praias e de não ter custos de estabilização, debate-se com contrariedades de ordem política, uma vez que assume a perda de algumas terras litorais, sendo dispendioso pelas indemnizações a atribuir aos proprietários de construções costeiras em risco. De qualquer modo, podem sempre tomar-se medidas cautelares legais, como a proibição de novas construções e as reconstruções na frente marítima, após a ocorrência de acidentes naturais.

Também são urgentes outras medidas de protecção e utilização sustentada dos recursos costeiros e das terras húmidas associadas. Veja-se que se exploram, muitas vezes incontroladamente, as areias dunares das praias e ante-praias como material de construção e, mesmo que fique afectado apenas um destes ambientes, isso tem repercussão nos outros, como seja o desaparecimento de herbários que têm um papel importante no equilíbrio sedimentar das margens móveis (R. Paskoff, 1985). Mais exemplos vêm das captações exageradas de água subterrânea que podem

provocar a subsidência do solo e a sua salinização; ou os trabalhos portuários que não têm em conta o prejuízo para o trânsito sedimentar, modificando de forma apreciável a evolução das margens.

Muitos ordenamentos invadiram imprudentemente o domínio estritamente costeiro: vivendas e imóveis foram construídos bordejando a margem marítima, sobre a duna marginal, apenas para se obter uma "boa vista" sobre a praia, esquecendo que, como vimos, a duna marginal tem um papel essencial como reserva de areia e que serve como "pára-choques" contra o rebentamento das ondas (Quadro IV).

Quadro IV - Usos das dunas e seus impactes morfodinâmicos. Modificado de H. Viles & T. Spencer (1995) da compilação da Ranwell & Boar (1986).

USOS	IMPACTES
1. Extração <ul style="list-style-type: none"> • Extração de areia • Extração de água 	<ul style="list-style-type: none"> - Erosão e distúrbio paisagístico. - baixos planos de água. Pode incrementar deflação e mudar a ecologia profundamente.
2. Conservação/protecção <ul style="list-style-type: none"> • Protecção costeira • Reservas Naturais 	<ul style="list-style-type: none"> - Dunas estabilizadas. Distúrbio nos movimentos sedimentares. - Podem restringir certas espécies. Podem impedir actividades humanas essenciais à circulação da água.
3. Recreio <ul style="list-style-type: none"> • Passeios de bicicleta, a cavalo e a pé • Campos de Golfe 	<ul style="list-style-type: none"> - Prejuízo na vegetação dunar. Facilita o desenvolvimento de "Blowouts". - Cria denso relvado que precisa de protecção (mecânica, biológica e química) contra a erosão, o que vai contaminar as águas subterrâneas.
4. Agricultura <ul style="list-style-type: none"> • Cultivos • Prados para pasto de animais • Reflorestamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Os fertilizantes afectam o balanço de nutrientes. - Danos na vegetação. Alteração morfológica. - Mudanças na mistura de espécies. O abatimento de árvores pode ser incrementado. As novas culturas (muitas vezes, monoculturas) são vulneráveis a acidentes como o fogo florestal. Vulnerável à erosão.
5. Desenvolvimento <ul style="list-style-type: none"> • Usos militares • Complexos turísticos • Transporte, habitação e "pipelines" 	<ul style="list-style-type: none"> - Bombas, veículos e pisoteio aceleram a erosão. - Nivelamento. Destruição de elementos fundamentais. Tendência para encurtar a distância à praia. - Distúrbios ecológicos. Obriga a estudos profundos de ordenamento para evitar efeitos perversos alargados.

Há aqui uma importante quota de responsabilidade por parte do turismo, o qual durante muito tempo foi considerado a "indústria branca" (GFANC, 1997), mas que obriga actualmente ao estudo dos impactes negativos que tem exercido sobre o ambiente e a forma de controlá-los, dado que vivemos numa época em que o turismo cada vez se massifica mais, se afirma como actividade económica de primeiro plano e se caracteriza por uma variedade de formas que colocam milhões de pessoas em contacto íntimo com os aspectos mais particulares e sensíveis da natureza. É evidente que nas zonas costeiras isso acaba por traduzir-se fundamentalmente em maiores necessidades de água nos períodos estivais, maior carga de poluentes domésticos sobre os estuários e águas litorais, pisoteio e destruição incontrolada da vegetação dunar, construções e aldeamentos junto à praia e actividades de recreio com estruturas fixas, as quais, na maioria das vezes, acabam conduzindo ao reforço da protecção através das estruturas pesadas anteriormente referidas.

Por isso, o desenvolvimento hoje deve apontar novos rumos de trabalho com a natureza, ou seja, a visão pragmática defendida por G. Carvalho & H. Granja (1997), segundo a qual as decisões não podem contemplar os interesses imediatos de pessoas e grupos, dado que é preciso aceitar a evolução natural, sendo uma pretensão utópica pretender fixar a faixa costeira. No mesmo sentido se vem pronunciando a comunidade científica, de forma sistemática (exemplos dos Seminários sobre a zona costeira organizados pela Eurocoast) que ultimamente acrescenta aos problemas já referidos a deficiente educação ambiental das populações costeiras, residentes ou com permanência temporária (férias), e a má informação dos responsáveis pelas autarquias costeiras, não só do ponto de vista ambiental, mas também da dinâmica que condiciona o ambiente por cuja qualidade deverão pugnar.

Face a todos estes problemas, é imperioso alterar mentalidades e ideias pré-concebidas acerca dos ambientes costeiros, bem como aprofundar a informação e a formação específica sobre o conjunto de processos em jogo, uma vez que, como dizem J. Dinis & P. Cunha (1998), está demonstrado que grandes realizações do homem, como as obras tantas vezes denominadas de "regularização" ou de "correção", a exploração de recursos naturais, as grandes vias de comunicação, entre outros, ocasionam impactes encadeados, verdadeiras "ondas de choque" que são, à luz dos actuais conhecimentos, em grande parte imprevisíveis.

3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

Cada plano costeiro e cada estuário tem a sua própria história de mudanças geomorfológicas mais ou menos acentuadas e alterações pontuais que ocorrem localmente. Na análise sobre a evolução destas áreas devem considerar-se alguns factores de controlo, como a proporção da subida do nível do mar holocénico, o abastecimento sedimentar, a morfologia da superfície terrestre pré-existente, o espaço de acomodação, o ambiente neotectónico e a compactação sedimentar (C Baeteman, 1998). Quer isso dizer que durante o enchimento do paleovale, causado pela subida do nível do mar, a importância relativa desses factores foi mudando durante o tempo.

Essas mudanças são comandadas, em primeiro lugar, pela localização do território face aos grandes agrupamentos climáticos e biogeográficos. Assim, a nossa área de estudo situa-se no chamado Reino Haloártico (J. Alves *et al.*, 1998), na extremidade ocidental da faixa de contacto entre duas regiões biogeográficas distintas: a Sub-Região Atlântica da Região Eurosiberiana e a Região Mediterrânica.

A Sub-Região Atlântica - Médio Europeia tem um clima temperado e chuvoso, sem uma estação seca clara; a formação vegetal dominante é caducifólia. Na superprovíncia Atlântica integra-se o território da província Cantabro-Atlântica — que é aquela onde o efeito amenizante do Oceano Atlântico é mais significativo (com pequena amplitude térmica anual) — a qual contacta a Região Mediterrânica numa zona de transição que confina com o território que designamos por Baixo Mondego.

Aqui há, por outro lado, de acordo com A. Almeida et al. (1990), um complexo e multifacetado mosaico de paisagens que, do ponto de vista das suas características físico-naturais, podem ser genericamente agrupadas em quatro grandes famílias:

- As serras e os planaltos calcários;
- As colinas gresosas;
- A planície aluvial do rio;
- A planície litoral.

É sobre as duas últimas unidades que recai a nossa atenção prioritária e aquelas onde se verificam alterações morfológicas mais profundas no período Holocénico e mesmo nos últimos séculos e nas últimas décadas.

Dizem M. Pinto & R. Esteves (1945) que "o mar fora senhor de toda a plaina região que hoje constitui os campos de Maiorca, Moinho do Almojarife, Lares, Lavos e Ilha da Morracheira" (Fig. 22). Havia um canal largo e profundo que facilitava a navegação, dando acesso a um troço que descreviam como "um vasto mar interior, cheio de enseadas e de bons abrigos e que era de molde a aproveitar-se o porto da Figueira, bem definido exteriormente pelo promontório do Cabo Mondego, interiormente amplo e bem abrigado".

O célebre Geógrafo árabe Edrisi elucida que foi o estuário do Mondego, no início da nacionalidade portuguesa, o centro mais importante do comércio marítimo do país; e que, na mesma época, subiam o Mondego navios de pequeno calado até Santa Olaia, Montemor e Coimbra. Há registos da Alfândega, de 1602 a 1640, sobre a subida do rio Mondego até Montemor de Caravelas carregadas de pescaria. Por seu lado, Buarcos chegou a ser (até meados do Séc. XIV) o "Porto da Barra do Mondego".

O rio Mondego — o *Munda* dos romanos, o *Mulíades* de Estrabão — terminava numa embocadura de fácil acesso que é a própria origem do nome da Figueira da Foz do Mondego (J. Borges, 1991). Efectivamente, esta denominação resulta da sobreposição de várias palavras com o mesmo significado:

- Figueira é *fagaria*, abertura, boqueirão;
- Foz provém do latim *fances*, isto é, abertura, embocadura;
- Mondego compõe-se do pré-romano *Mond*, boca, foz; e *aec* que é rio.



Figura 22 - Sector da Carta "Regna Portugaliae et Algarbiae cum Adjacentibus Hispaniae Provinciis" (1762). Apesar do exagero normal da cartografia da época, o estuário do Mondego surge como um "vasto mar interior" que se prolonga até Montemor-o-Velho.

Assim, ao pronunciar-se Figueira da Foz do Mondego repete-se, na realidade, "boca da boca da boca do rio", juntando os termos das línguas de vários povos.

Este largo estuário do Mondego, riqueza natural das culturas marítimas de outrora, foi depois sujeito (de há relativamente poucos séculos para cá) a um acentuado processo de colmatação marcado por um declive muito suave do perfil longitudinal do rio no troço final, o qual combina junto à foz com um regime mareal do tipo semi-diurno, mesomareal e com uma ligeira desigualdade entre as duas marés diárias (P. Cunha et al., 1997).

3.1. Localização geográfica e enquadramento na bacia do Mondego

A área de estudo localiza-se num território que contém o sector distal do estuário do Mondego como unidade geográfica central, na qual se destaca a Ilha da Morraceira (Foto 3), desenvolvendo interacções com zonas costeiras (terrestres), litorais (marítimas) e subterrâneas, de limitação espacial mais ou menos imprecisa, consoante o tipo de factores que estejam em jogo. As coordenadas geográficas da cidade administrativa (a Figueira da Foz, sede de Concelho) são:

Latitude (φ): 40° 8' 48" N

Longitude (λ): 8° 51' 24" W

Muito dependente da dinâmica fluvio-marinha que tem uma acção fundamental na evolução morfológica desta área, o estuário recebe o rio Mondego que nasce no local de Corgo das Mós, na Serra da Estrela, à cota de 1.547 metros (A. Rodrigues, 1997; M. Acabado, 1998) e percorre cerca de 224 quilómetros até à foz, orientado predominantemente no sentido nordeste-sudoeste; possui uma área de bacia hidrográfica global de 6. 670 Km² (a terceira maior bacia inteiramente portuguesa), dos quais 1.715 Km² pertencem ao sector do Baixo Mondego que tem apenas 40 quilómetros de comprimento. Esta parte da bacia assenta sobre uma vasta planície aluvial instalada na cobertura mesocenozóica, predominantemente siliciclástica (P. Cunha et al., 1997).

Por seu lado, o estuário tem aproximadamente 26 quilómetros de comprimento (a onda mareal chega até às proximidades de Montemor) e nos últimos 7,5 quilómetros desdobra-se em dois braços — o Braço



Foto 3 - Vista aérea (de WNW para ESE) da ilha da Morraceira, vendo-se em primeiro plano os Estaleiros Navais junto à confluência dos Braços Norte e Sul do rio Mondego (19/05/1981).

Quadro V - Síntese das características dos rios em função do número de ordem. Adaptação de Rzhantsyn, de acordo com J. Rocha (1998).

Nº de Ordem	Comprimento do rio (Km)	Caudal médio anual (m ³ /s)	Caudal de cheia média anual (m ³ /s)	Largura do rio (m)	Inclinação longitudinal do leito (%)
IV	5,1	0,088	5,6	3,5	0.89
V	9,3	0,25	12,6	7	0.42
VI	16,9	0,75	28,2	13,3	0.22
VII	31	2	63	24,2	0.11
VIII	57	5,7	141	42	0.063
IX	104	16	316	70	0.036
X	190	45	710	114	0.022
XI	338	128	1.590	182	0.013
XII	620	363	3.560	283	0.0079
XIII	1.140	1.025	7.590	433	0.0050
XIV	2.090	3.000	17.800	558	0.0031
XV	3.810	8.500	40.000	1.000	0.002

Norte e o Braço Sul — que voltam a unir-se perto da foz, definindo assim a ilha da Morraceira, um território com pouco mais de 5 quilómetros de comprimento, medidos desde a bifurcação dos braços até à sua confluência na ponta do paredão junto aos estaleiros navais, com orientação aproximada WNW-ESE.

J. Rocha (1998), citando Rzhanitsyn (1960) apresenta uma tabela dos números de ordem dos rios (Quadro V) que tem em conta a hidrografia (comprimento do rio e área da bacia), a hidrologia (caudal médio, caudal de cheia médio, relação entre ambos e duração das cheias) e a morfologia (profundidade na estiagem, largura média do canal e inclinação longitudinal), relacionando-os com o número de ordem — o que permite classificar os "rios naturais" entre a ordem IV e a ordem XV — de forma que o rio Mondego se enquadra numa gama de valores que o colocam nos números de ordem IX e X.

Quadro VI - Comprimento de rede e área das principais bacias hidrográficas que drenam para o estuário do rio Mondego. Adaptado de Consulmar et al., 1991.

Rio/Secção	Área (Km ²)	Comprimento da linha de água (Km)
Rio Mondego		
• Açude de Coimbra	4.960	176
• Montemor-o-Velho	5.601	198
• Figueira da Foz	6.671	224
Rio Foja		
• Confluência	165	19
• Ponte de Azenha Nova	51	12
Ribeira de Cernache		
• Confluência	55	19
• Ponte de Rodão	11	6
Rio Ega		
• Confluência	176	39
• Ponte Casével	140	26
Rio Arunca		
• Confluência	565	52
• Ponte Mucate	483	44
Rio Pranto		
• Confluência	249	44
• Ponte do Casal da Rola	147	24

Brenha (R. Rocha *et al.*, 1990, in A. Almeida, 1995), na Serra da Boa Viagem, que é uma das mais espessas unidades do Jurássico desta região.

O Jurássico médio (Dogger), de litologia bastante monótona, com calcários margosos ricos em fósseis, sobretudo amonites (por vezes, de grandes dimensões), é composto na base (do Aaleniano ao Bajociano inferior) por alternância de calcários margosos e margas (verificando-se que se torna mais calcário para o topo), aflorando na pequena escarpa que limita a norte o planalto de Outil e na estreita faixa da cumeada da Serra da Boa Viagem, entre a Murtinheira e Maiorca (A. Almeida, 1995). A partir do Bajociano, acentua-se o domínio dos calcários margosos compactos que também foram depositados em plataforma carbonatada.

O Jurássico superior (Malm) afirma-se aqui com o "Complexo Carbonoso" e os "Calcários Hidráulicos", encontrando-se bem representado no Cabo Mondego. É neste nível do Lusitaniano, formado por calcários mais escuros e menos compactos do que os do Jurássico médio, que se explorou a bacia carbonífera do Cabo Mondego.

O período Jurássico termina pelos Arenitos da Boa Viagem, os quais se estendem entre o Cabo Mondego e Sanfins, com prolongamento para o anticlinal de Verride, onde são cortados pelo rio Mondego, sendo constituídos por arenitos argilosos e argilas, em que os arenitos são de grão fino com intercalação de grão médio a grosseiro e as argilas apresentam-se plásticas, areníticas e micáceas. Esta composição levou A. Soares & C. Gomes (1997), citando Bernardes (1992), a afirmarem que as unidades da "zona do Cabo Mondego" traduzem "substituição", a nível de descontinuidade erosiva, de deposição preferentemente calcária, tradutora de plataforma carbonatada, por outra siliciclástica, consequência de "sistemas aluviais entrançados", progradantes para S-SW.

A razão desse facto reside na regressão do final do Jurássico e nos movimentos tectónicos posteriores que produziram rejuvenescimento do relevo continental, o que veio a originar grande actividade erosiva e, por conseguinte, abundantes sedimentações. Isto facilitou a incarbonização dos vegetais acumulados (carvões da Serra da Boa Viagem), mas tornou os materiais do final do Jurássico e do princípio do Cretácico muito detríticos e pobres de fósseis, sendo constituídos essencialmente por grés, ora grosseiros ora finos e margosos que fazem a transição entre os dois sistemas. Pode dizer-se, por isso, que as rochas aflorantes pertencem a

dois grandes tipos (A. Soares *et al.*, 1986, *in* A. Almeida, 1995): as carbonatadas (43 a 45%) que dominam grandemente no Jurássico; e as gresosas (49 a 55%) que dominam o Cretácico e o Cenozóico.

Depois, após uma lacuna estratigráfica importante, assentando em discordância sobre as formações do Jurássico e sobrepostos aos Arenitos de Boa Viagem, encontram-se os Arenitos de Carrascal, provavelmente do Cretácico inferior e médio, constituídos em geral por arenitos argilosos (finos e grosseiros) e por argilas arenosas (a formação apresenta uma diminuição de calibre da base para o topo).

Ocorre, entretanto, a chamada transgressão mesocretácica que foi uma nova invasão marinha que resultou na sedimentação dos materiais que se encontram para sul da linha Buarcos-Tavarede-Sanfins, até ao Mondego. Este avanço do mar em direcção a N e NNE provocou nova submersão de grande parte da orla situada a N do "acidente" da Nazaré (A. Almeida, 1995), conduzindo à formação dos calcários cenomano-turonianos que se alinham desde o forte de Santa Catarina até Lares, na margem direita do Mondego, com estratos de fraco pendor (o ponto culminante é na Salmanha, onde atinge 87 metros de altitude). Trata-se da formação carbonatada designada por Calcários Apinhoados da Costa de Arnes (A. Soares, 1966; R. Rocha *et al.*, 1981) que se distribui pela vertente sul da Serra da Boa Viagem e flanco ocidental da Serra de Montemor, pela Costa de Arnes e pelas regiões de Verride e de Soure (ver Fig. 24).

O mar mesozóico inicia, então, novo movimento de recuo, provavelmente a partir do Turoniano (final do Cretácico médio), parecendo esta fase regressiva corresponder a ambiente de sedimentação de planície litoral (A. Ribeiro *et al.*, 1979, *in* A. Almeida, 1995).

Das formações do Senoniano (Cretácico superior), os Arenitos Finos de Lousões têm uma significativa representação na bacia do Mondego, sendo tenros na maioria das manchas, mas superiormente passam a arcoses muito gresosas, por vezes "tão duras que são usados para mós de moinhos" (A. Martins, 1940). E, após descontinuidade estratigráfica, segue-se uma unidade mais fina, os Arenitos e Argilas de Taveiro que são constituídos predominantemente por fácies pelítica e têm longa representatividade a sul do Mondego.

Finalmente, entramos no Cenozóico que começa por ser constituído pela Formação Argilo-Gresosa e Conglomerática da Senhora do Bom

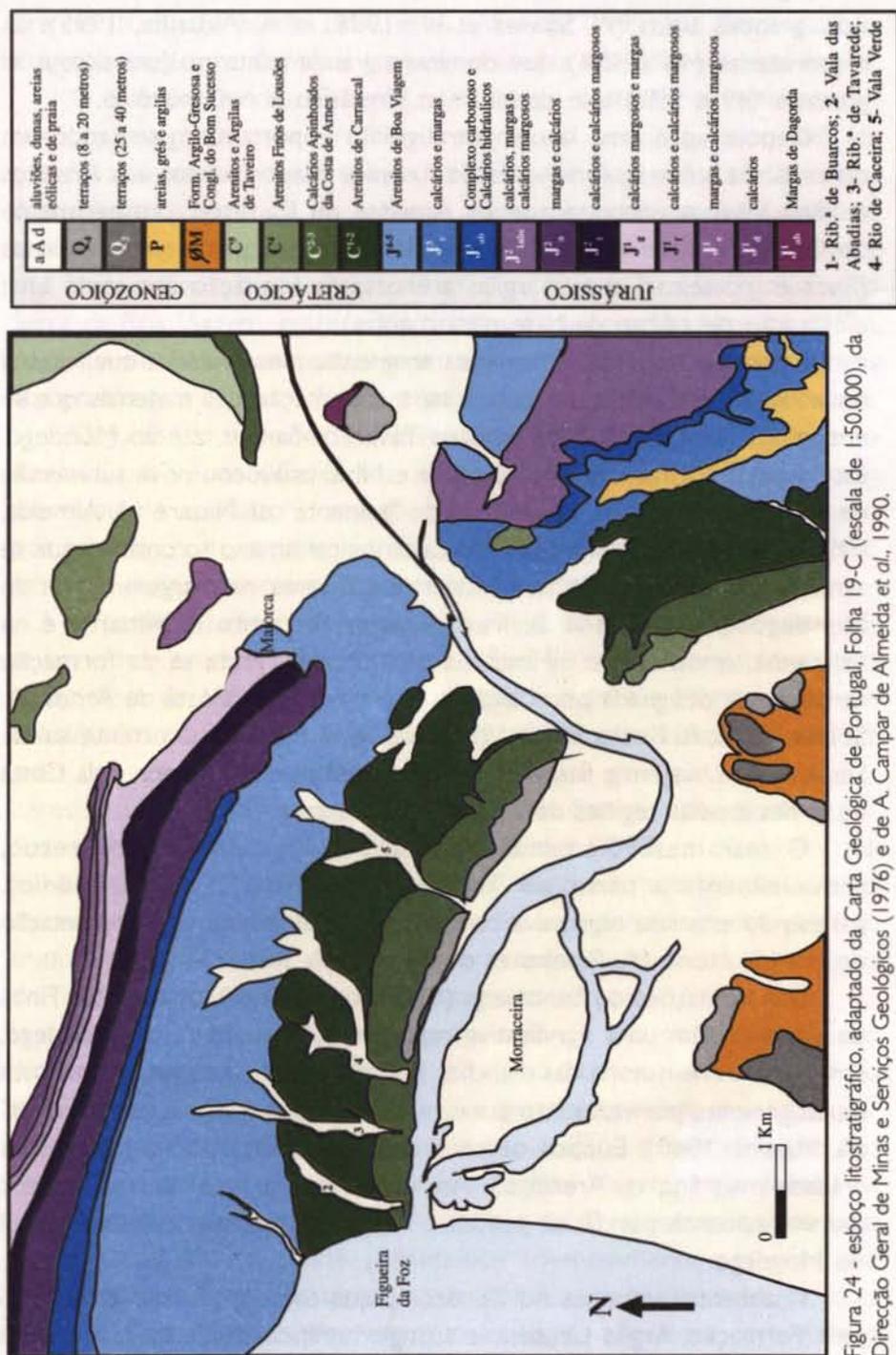


Figura 24 - esboço litostratigráfico, adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 19-C (escala de 1:50.000), da Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos (1976) e de A. Campar de Almeida et al., 1990.

Sucesso (provavelmente do Paleogénico e Miocénico) e que tem uma grande extensão a sul do Mondego. Superiormente, existem os Grés e Argilas de Amor (Miocénico), de fácies fluvial distal que abrangem uma área considerável na bacia do rio Carnide; e, depois, as formações do Pliocénico que ocupam uma vasta superfície ao sul do Mondego (de Soure para sudoeste), encaixadas entre a estreita tira de calcários do Turoniano, a oriente, e as formações do Oligocénico e Miocénico lacustre, a ocidente. Os terrenos pliocénicos ladeiam, também, a mancha oligocénica e miocénica a ocidente, e têm ainda um afloramento notável entre Condeixa e as aluviões quaternárias do Mondego (A. Martins, 1940). É de notar que a norte deste rio há pequenos afloramentos a E de Coimbra e a SE de Ançã e uma grande mancha arenosa da Gândara, a partir de Montemor, abrangendo o território situado entre a Cova da Serpe, Alhadas, Maiorca e Quinta da Foja que chegaram a ser considerados do Pliocénico, mas hoje são classificados como quaternários.

Também os sedimentos arenosos e cascalhentos que são visíveis na estrada da Figueira da Foz para Condados e da Fontela a Vila Verde e a Lares, que surgem nalgumas cartas geológicas mais antigas como sendo pliocénicos, devem ser bem mais recentes (C. Costa, 1945; R. Rocha *et al.*, 1981), pois é mais provável que sejam terraços fluviais e depósitos de estuário do Quaternário, devidos à regressão grimaldiana.

Após as sucessivas glaciações e pós-glaciações que caracterizaram o Plistocénico, é de realçar a formação de depósitos como gliptomites, coluviões, terraços fluviais, aluviões, campos dunares e, por fim, a faixa de praia. Junto aos braços Norte e Sul do rio Mondego depositaram-se aluviões constituídas fundamentalmente por formações fluvio-marinhas, cuja granulometria varia entre a areia fina e média. Em contraste, as aluviões que enchem a planície a montante são fundamentalmente compostas por material arenoso mais ou menos grosseiro, com lentículas de calhau, havendo, pois, um "empobrecimento volumétrico" em direcção à foz, com os calhaus a darem lugar às conchas na marcação do assoreamento do estuário (A. Almeida *et al.*, 1990, citando A. Soares, 1966).

No que respeita às estruturas tectónicas, assinalam-se o anticlinal falhado de Montemor, o arqueado monoclinal associado ao cavalgamento da Serra da Boa Viagem, e o anticlinal de Verride. A paisagem, e particularmente o traçado do rio, reflecte os contrastes litológicos: a

planície estuarina ora se alarga ora se estreita, em função da consistência do substrato rochoso e da tectónica associada (P. Cunha et al., 1997) que é aqui identificada por várias falhas pós-Jurássicas, tendo a bacia também sofrido os efeitos da tectónica diapírica (F. Veloso, 1992) e, por isso, ocorrem relevos diapíricos e vales tifónicos (caso do diapiro da Ereira).

Registe-se também que, na opinião de H. Granja & G. Carvalho (1993), não há hoje um modelo dinâmico que justifique as variações eustáticas reveladas pelas sequências estratigráficas e que seja compatível com o movimento das placas e a expansão do fundo do Atlântico, o que leva estes autores a sugerirem a possibilidade de haver uma deformação tectónica durante o Holocénico, como factor interveniente na migração acelerada da maioria das praias, podendo a confirmação de tal facto acarretar potenciais situações catastróficas para o litoral noroeste português, num futuro mais ou menos próximo.

É importante, por isso, referir alguns dados sobre o modelado regional que evidenciam os variados e complexos factores que operam na zona costeira e que podem contribuir para alterações paisagísticas, ou para a degradação dos recursos hídricos (Quadro VII), já que estes se mostram sensíveis às mudanças que ocorrem na orla. E, mais concretamente, as relacionadas com as unidades geomorfológicas do Baixo Mondego (A. Almeida et al., 1990), identificadas inicialmente:

1. As serras e os planaltos calcários, com destaque para a Serra da Boa Viagem que se desenvolve sensivelmente de WNW-ESE, atingindo a cota máxima aos 258 metros (marco geodésico da Bandeira) e prolongando-se para SE pela Serra das Alhadas;

2. As colinas gresosas da frente sul das serras da Boa Viagem e das Alhadas;

3. A planície aluvial que se estende de Coimbra à Figueira da Foz, ocupando uma área de 15.000 hectares e que, em conjunto com os afluentes do Mondego, tem "uma história que decorre das sucessivas acumulações estuarinas e fluviais impostas a partir do entalhe würmiano e da penetração do mar através do profundo vale então criado" (a transgressão flandriana); para o que concorre "o regime semi-torrencial, característico das regiões mediterrânicas em que nos inserimos e que é responsável pelas grandes inundações e mobilização de materiais arenocascalhentos que permitiram o rápido enchimento desta planície". Este

Quadro VII - Síntese das características litostratigráficas, morfológicas e de permeabilidade da região em estudo. Adaptado de Risco (1993).

LITOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	HIDROGEOLOGIA
a aluviões, lodos e areias	zonas baixas com declives suaves, aplanagens do fundo dos vales	elevada permeabilidade
A areias de praia	cordão arenoso da orla costeira	desprovido de interesse hidrogeológico
d, dl, Ad areias do complexo dunar	dunas do planalto litoral e do interior	elevada permeabilidade, pequena espessura e grande extensão com grandes caudais
Q Depósitos de terraços fluviais e de praia	pequenas aplanagens acima do leito dos rios e plataformas do litoral	permeabilidade elevada a média. Caudais fracos por fraca espessura
PQ, OM areias, grés e argilas; complexo argilo-gresoso, conglomerático	zonas aplanadas do interior, a N da Serra da Boa Viagem e a S do rio Mondego	Permeabilidade elevada a média. Intercalações argilosas
C₄, C₅ arenitos finos; arenitos e argilas	pequenos retalhos do interior com declive suave	permeabilidade média a elevada. Zonas favoráveis à extracção de pequenos caudais
C¹⁻², C²⁻³, J⁴⁻⁵ arenitos, margas, calcários margosos; calcários	constituem o flanco sul da Serra da Boa Viagem, com declives suaves	predomínio do escoamento superficial. Pouco interesse hidrogeológico
J^{3c}, J^{3ab}, J^{2c} calcários e margas; complexo carbonoso e calcários hidráulicos	Estrutura mais elevada da Serra da Boa Viagem. Camadas com orientação WNW-ESE e inclinação praticamente vertical	permeabilidade elevada em grande, mas fraca em pequeno. Pouco interesse hidrogeológico
J^{2b}, J^{2a}, J¹ⁱ, J^{1g}, J^{1f}, J^{1e} calcários, margas e calcários margosos	Estrutura mais elevada da Serra da Boa Viagem. Camadas com orientação WNW-ESE e inclinação praticamente vertical	permeabilidade elevada em grande, mas fraca em pequeno. Pouco interesse hidrogeológico
J^{1d}, J^{1c} calcários; calcários dolomíticos	Bordo do flanco norte da Serra da Boa Viagem	dada a sua reduzida expressão, sem interesse hidrogeológico

assoreamento, acentuado com a colonização dos séculos XI e XII do centro do país — que levou ao arroteamento de terras e intensa exploração florestal — veio a traduzir-se por uma sobre-elevação de 15 metros da bacia aluvionar, ou seja, 2 metros em cada 100 anos (C. Ramos, 1998). Note-se que a bacia sofre dois apertos principais — em Montemor e na chamada "garganta de Lares" (aqui são dois estrangulamentos com o "campo da Goleta" de permeio) — devido às rochas mais duras do Jurássico e do Cretácico;

4. A planície litoral que, depois de ter ocupado diversas posições a sul, acabou por se encostar aos calcários cretácicos do forte de Santa Catarina, permitindo o crescimento para sul da duna litoral. E para o interior do cordão assim formado, tal como acontece a norte da Serra da Boa Viagem, desenvolve-se um campo de dunas oblíquas (marcadas pela alternância dos ventos dominantes de NW e de SW) sobre as antigas praias quaternárias. Estas dunas ocupam uma faixa com uma largura máxima de 9 quilómetros, à latitude do Carriço, e mínima de 0,3 quilómetros, à latitude da Cova-Gala, registando-se uma degradação do cordão dunar primário que apresenta corredores de deflação (consequência do pisoteio antrópico) e um aumento da susceptibilidade ao galgamento oceânico (J. André, 1997).

Para o interior, entre a Serra de Montemor e as Serras da Boa Viagem e Alhadas, a topografia aproxima-se da que encontramos na Gândara, a qual permite o posicionamento de certos depósitos, levando A. Soares et al. (1989) a sugerirem a existência de "um antigo litoral, numa posição bastante mais para oriente da actual e que mergulha pelo Triângulo da Bouça entre as Serras de Montemor e Boa Viagem-Alhadas", constituindo-se esta como possível "ilha" dirigida a NW (Fig. 25). Estes autores sustentam a hipótese com alguns testemunhos (A. Soares et al., 1992): no Cabo Mondego há corpos conglomeráticos (mais ou menos próximos da antiga falésia) muito imaturos, cinzentos calcitíficos e com forte heterometria; localmente, eles estão sobrepostos por areias amareladas finas e médias imaturas, denunciadoras de uma fase de eolização; todo o conjunto está encimado por corpos areno-pelíticos vermelhos, ricos em lentículas conglomeráticas, calcitíficas e revelando localmente evolução pedogénica que traduzem leques fabricados à custa de materiais que indicam clima mais quente e húmido, relacionando-se

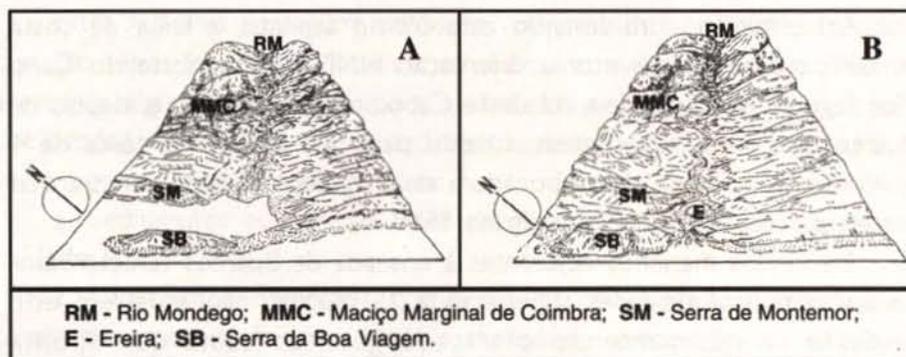


Figura 25 - Reconstituições paleogeográficas em tempos relativos aos depósitos de Ameal-Santo Varão (A) e Tentúgal-Gabrielos (B), de acordo com A. Soares et al. (1989).

com vertentes por certo regularizadas em função de uma posição do oceano mais para oriente do actual.

Quanto à formação da ilha da Morraceira, no estuário do Mondego, embora ela certamente não seja alheia a este processo, apresenta uma evolução muito complexa que terá a ver com a conjugação de vários factores que incluem os efeitos directos da transgressão flandriana, a possível influência tectónica e isostática — A. Martins (1940) aceitou esta hipótese, considerando a existência de movimentos de oscilação que se fizeram sentir na costa portuguesa — e, também, devido aos processos normais de formação e acumulação de vasas e alargamento das áreas de sapal, promovidos pela dinâmica fluvio-marinha. De acordo com P. Cunha et al. (1997), aconteceu no sector distal do estuário "a substituição de um domínio mareal por um dominado pela ondulação, com a formação de restingas e de um cordão sobre a plataforma de batida de um delta de refluxo mareal. O enchimento consiste na associação de fácies de natureza fluvio-mareal, organizada numa sequência regressiva, resultante de um processo de progradação e agradação". Então, gradualmente este sector acabou diferenciado em dois braços, separados pela ilha da Morraceira. Na prática, dá-se a conjugação de alguns factores referidos por J. Davies (1980): o tipo de sedimentos trazidos pelos rios nos tempos pós-glaciários que tiveram um grande efeito na extensão da abertura inicial e na colonização vegetal; a influência das ondas na construção das barreiras; e a influência das marés, do prisma de maré e da mistura que ocorre entre a água doce e a água salgada. E junte-se a tudo isto a configuração e a orientação da costa.

Actualmente, considerando este último aspecto, a linha de costa contemporânea descreve uma orientação NNE-SSW, a norte do Cabo Mondego; imediatamente a sul deste Cabo, inflecte para SE; e, depois de Buarcos, vai rodando progressivamente para Sul, até que a cerca de 4 quilómetros a sul da desembocadura do Mondego retoma um traçado rectilíneo, com direcção aproximada SSW.

Os fundos marinhos adjacentes à enseada de Buarcos caracterizam-se por, em profundidades superiores a 25 metros, não acusarem este acidente litoral, mantendo o traçado geral da costa que aponta ligeiramente para SW (P. Cunha et al., 1997).

Deve frisar-se que, além da latitude, as condicionantes relacionadas com o relevo, nomeadamente a natureza geológica do solo, a sua maior ou menor coerência, o declive e a orientação da costa, se apresentam como os maiores factores na diferenciação das comunidades vegetais costeiras (J. Alves et al., 1998); contando também, claro, com a acção antrópica que, por exemplo, na área plana do estuário, produziu os terrenos do chamado "Salgado" que são rasgados por valas de drenagem por forma a assegurar que as marés penetrem nos sapais e alimentem as marinhas das salinas.

3.3. Sedimentação litoral

Numa breve abordagem caracterizadora dos mecanismos e tipos de sedimentação que ocorrem na área de estudo, começamos por identificar os seus agentes propiciadores (J. Blanc, 1982):

a) Os fluxos de energia (vagas, correntes) que movimentam os sedimentos ao nível do fundo, havendo a predominância de factores como o declive e a granulometria dos materiais, o que implica a existência de erosão litoral activa (hoje relativamente limitada) e de abastecimentos maciços por parte dos rios (também reduzidos nos dias que correm);

b) As oscilações glácio-eustáticas que influem no mosaico de sectores diversificados que compõem o litoral e criam autonomias sedimentares em função das particularidades litológicas e dos testemunhos pliocénicos imersos (a época actual caracteriza-se por uma fraqueza de depósitos);

c) A densidade e tipo de povoamentos bentónicos que imprimem a marca a uma sedimentação que é poligénica.

Estes factores permitem um vasto conjunto de correlações, sendo que, das várias formas de classificar os sedimentos, a de K. Émery (1968) apresenta algumas vantagens, pois fundamenta-se na origem dominante dos depósitos. Simplificando, os sedimentos desta área podem enquadrar-se na seguinte classificação genética:

1. Sedimentos autigénicos, caso de glauconites, fosforites, ou ferro oxidado;

2. Sedimentos orgânicos, como são os restos de conquilhas, de corais, de areias de foraminíferos (protozoários rizópodes), cascalho de algas, etc.;

3. Sedimentos detríticos que são provenientes de erosões e que constituem materiais terrígenos grosseiros a finos (calhaus, areias e pelitos de silte e argila) subdivididos em:

- sedimentos provenientes de erosão costeira (areias e calhaus);
- sedimentos provenientes dos rios (aluviões);
- sedimentos eólicos (dunas modificadas);

4. Sedimentos relíquias, constituídos por depósitos contemporâneos dos períodos anteriores e conservados por ocasião de uma transgressão (praias submarinas, ou depósitos quaternários würmianos);

5. Sedimentos residuais, provenientes de lixiviação, desagregação, alterites, etc..

Por outro lado, sobre as plataformas geram-se dinâmicas que definem dois tipos fundamentais de sedimentação:

a) A sedimentação autóctone que conserva os sedimentos iniciais, incluindo os que são relíquias (há um campo de sedimentos, incluindo finos, que hoje já não são mobilizados pela ondulação, devido à batimetria);

b) A sedimentação alóctone que é caracterizada por um fluxo massivo de sedimentos em trânsito, provenientes da zona costeira e dispersados sob a forma de areias móveis.

Tendo estas condicionantes presentes, podemos dizer que a diferenciação geral na área de estudo reside num conjunto de depósitos que marcam a faixa litoral, referidos como areias de praia e de estuário, que formam um extenso areal de areias com granulometria grosseira a fina, contendo níveis heterogéneos de areão e seixos; enquanto no rio Mondego e nos seus principais vales se observam aluviões, essencialmente

constituídos por lodos e areias, de granulometria fina a grosseira e que assentam sobre sedimentos mesocenozóicos (J. Pinto, 1997).

Quanto à área específica do estuário do Mondego, P. Cunha *et al.* (1997) têm em consideração as características hidrodinâmicas e biológicas que se conjugam para criar condições sedimentológicas distintas:

1. A do "Sistema do Mondego", de maior hidrodinamismo e predominantemente arenoso, que é constituído por três domínios dinâmico-sedimentares (numa zona onde o máximo de profundidade não ultrapassa os 8 metros):

a) O "estuário superior", no qual se verifica a prevalência de processos fluviais;

b) O "estuário médio" que tem como limite, a montante, o máximo alcance das águas salgadas, com características do tipo "semi-misturado", onde ocorre elevada turbidez e floculação da carga detrítica;

c) O "estuário inferior", essencialmente marinho, onde se verifica o domínio da ondulação e dos regimes de maré;

2. A do "Sistema do Pranto" que é característica de um estuário "muito misturado" (fraca variação vertical da salinidade), predominando a deposição de areias médias a finas e lodos, distribuídos por dois troços essenciais:

a) O "sector distal", onde os sedimentos são constituídos por areias médias e em que se verifica uma dinâmica marinha;

b) O "sector médio-proximal", constituído por lodos com elevado teor de carbonatos e matéria orgânica (principalmente durante o período estival), apresentando oscilações anuais granulométricas pouco significativas.

Este último sector rege-se por um regime hidrodinâmico de correntes de maré, com significativa estabilidade anual; enquanto que o braço Norte e o sector distal do braço Sul evidenciam grande hidrodinâmica e com fortes variações anuais, ocorrendo no Outono e no Inverno os períodos de maior dinâmica interna em todo o estuário (M. Pardal & J. Marques, 1998). Daí que haja também uma distribuição variada dos "litotipos" referidos por P. Cunha *et al.* (1997) para as granulometrias dos sedimentos superficiais (lodo, lodo areoso, areia muito fina, areia fina, areia média, areia grosseira limpa, areia muito grosseira e areão), no sentido das dinâmicas impostas pelas correntes fluviais e mareais que envolvem a ilha da Morraceira, concordando com Consulmar *et al.* (1991)

quanto à própria origem dos solos aluvionares halomórficos que constituem o sapal da ilha, a ponto de afirmarem que esta "é constituída por lodos que testemunham originalmente uma planície lodosa intermareal".

De qualquer modo, a definição de um significativo conjunto de tendências evolutivas pode sempre realizar-se através dos minerais de argila que são os componentes mais ubíquos dos sedimentos (em vasas, areias, arenitos, argilitos e margas), constituindo uma parte importante dos principais tipos de rochas sedimentares. Pelas suas características de tamanho, cristalochímica, forma de partícula individual, capacidade de troca iónica, entre outras, as argilas constituem óptimos indicadores do estado evolutivo da bacia sedimentar, uma vez que se consideram geralmente "estáveis" nos diferentes ambientes de formação, permitindo o estabelecimento de relação directa entre tipo, composição química e cristalinidade, o que representa um complemento para outros critérios tradicionalmente utilizados, como o carácter estratigráfico, sedimentológico, paleontológico e tectónico (F. Rocha, 1996).

Assim, no Quaternário, à alternância de períodos glaciares e interglaciares, correspondem associações de minerais argilosos característicos de alterações predominantemente físicas, em períodos frios e secos, com a associação Illite + Clorite + Esmectite (com os minerais exibindo boa cristalinidade); e química, em períodos quentes e húmidos, com a associação Caulinite + Illite + Esmectite (com os minerais exibindo baixa cristalinidade).

Actualmente, na área do estuário do Mondego, os sedimentos lutíticos são constituídos por Illite, Caulinite, Esmectite e interestratificados de Illite-Esmectite que provêm principalmente do transporte fluvial, encontrando-se em abundâncias relativas muito variáveis (D. Duarte *et al.*, 1991; P. Cunha *et al.*, 1997):

a) A Caulinite é abundante em todas as amostras, com valores superiores nos domínios mais próximos do braço Sul e no rio Pranto. Existe em proporções reduzidas nas zonas protegidas e nos sedimentos vasosos intermareais do estuário;

b) A Esmectite e interestratificados de Illite-Esmectite têm grandes abundâncias relativas no sector proximal do braço Sul, rio Pranto e áreas periféricas;

c) A Ilite tem valores elevados em sedimentos lutíticos do braço Norte e sector distal do braço Sul.

Portanto, a análise de conjunto mostra um comportamento similar de Esmectite + interestratificados + Caulinite e antagónico entre este grupo e as Ilites (Fig. 26).

Pode dizer-se, então, que as Ilites presentes no braço Norte provêm sobretudo de unidades geológicas constituintes do soco hespérico que servem de substrato à bacia hidrográfica do Mondego — atente-se que a regularização a jusante de Coimbra isola do substrato o Mondego e os troços terminais dos rios Arunca, Ega e Ançã, seus principais afluentes — interpretação que é apoiada pelo predomínio da tração de quartzo, quartzito, feldspato alcalino, grauvaque, xisto e algumas micas. Embora deva também referir-se que, quanto ao quartzo, ele ocupa os eixos de drenagem mais energética e provém quer do fornecimento fluvial quer da entrada de sedimentos marinhos pela embocadura; enquanto o feldspato tem proveniência fluvial, encostando-se à margem direita do braço Norte (devido à configuração desse troço do canal e à força de Coriolis); e as micas existem em áreas de reduzido hidrodinamismo (P. Cunha *et al.*, 1997).

Por seu lado, o rio Pranto drena unidades da orla mesocenozóica, principalmente das seguintes formações: Arenitos e Argilas de Taveiro, Formação do Bom Sucesso, Grés e Argilas de Amor e sedimentos arenolutíticos do Pliocénico. Nas argilas que compõem este conjunto de unidades dominam a Caulinite, a Ilite e a Esmectite (mais ou menos degradada), pelo que é de supor que as partículas transportadas em suspensão pelo rio Pranto são herdadas destas unidades.

Logo de seguida, no braço Sul, verifica-se que os teores de Esmectites, interestratificados e Caulinite dominam em direcção à embocadura, aumentando nesse sentido a Ilite, a qual é introduzida no sector distal deste subsistema vinda do Mondego. No oposto, a "contaminação" do braço Norte pelas argilas provenientes do Pranto, durante a enchente, revela-se irrisória.

É de ter em conta, ainda, que a concentração de Esmectite e interestratificados no braço Sul e no rio Pranto será devida também a outros factores, como a floculação, uma vez que esta área corresponde a ambientes calmos com significativas variações físico-químicas, resultantes das marés (D. Duarte *et al.*, 1991).

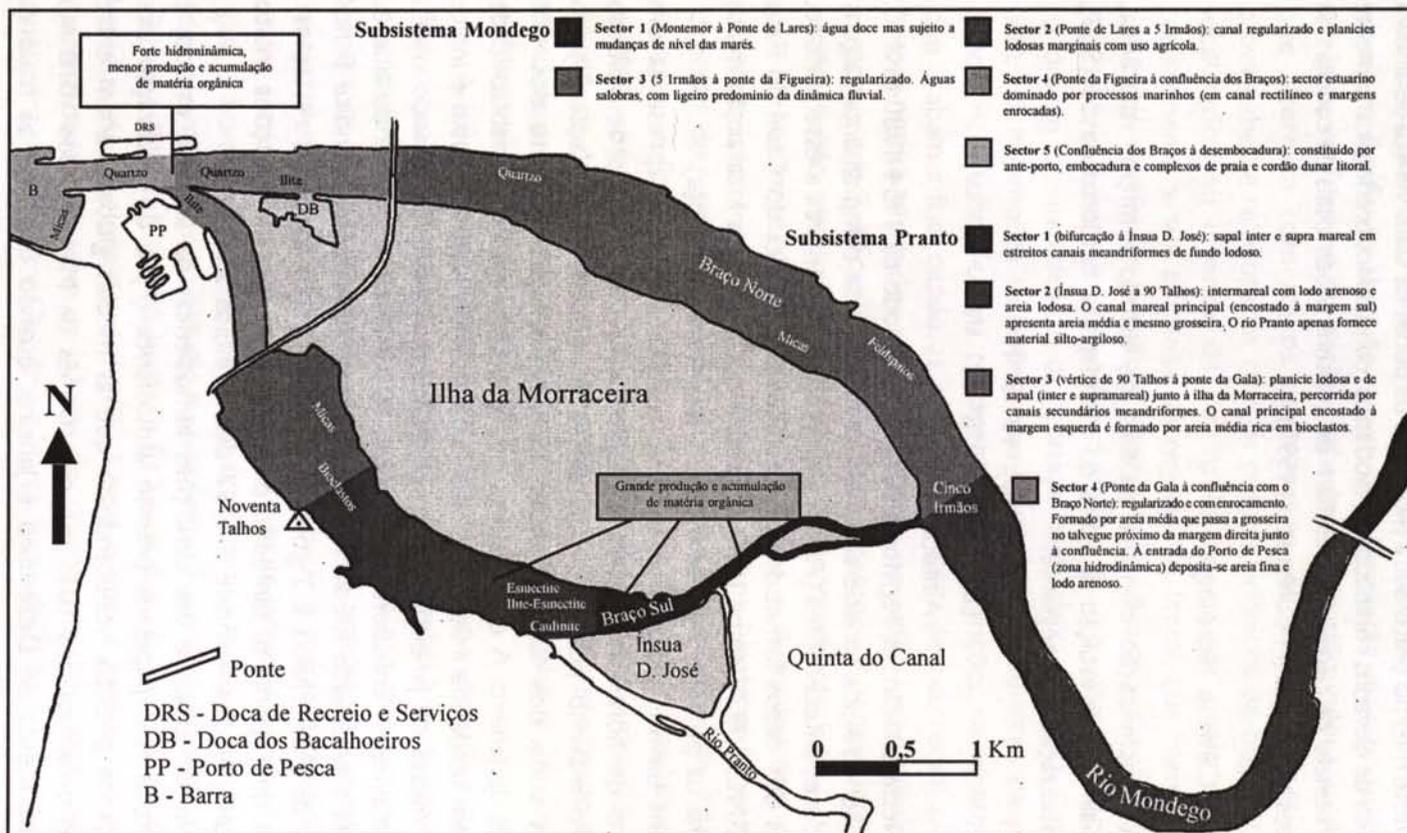


Figura 26 - Hidrodinâmica e sedimentação nos sub-sistemas do Mondego, de acordo com Duarte et al. (1991) e P. Cunha et al. (1997), em sectores definidos por estes últimos.

Neste mesmo braço Sul, a montante da ponte da Gala, verifica-se ainda a existência de elevados conteúdos de bioclastos (constituídos predominantemente por carbonato de cálcio) que resultam de concentrações locais de conchas de moluscos estuarinos (P. Cunha et al., 1997).

3.4. Clima e hidrologia

A caracterização climática da área de estudo tem por referência, essencialmente, a estação da Barra do Mondego (a funcionar desde 1953), cuja localização é a seguinte:

Latitude (φ): 40° 8' N

Longitude (λ): 8° 51' W

Altitude: 7 m

Nesta estação, os registos abrangem o período de 1954-1980 (INMG, 1988), sendo ainda considerados, embora em análise complementar, alguns indicadores antecedentes (A. Martins, 1940) e posteriores a esse período, através dos dados fornecidos pela estação udométrica do Casal do Rato (DRARNC, 1997), entre 1979 e 1996, a qual tem uma localização muito próxima da primeira (mas sem o mesmo grau de confiança).

Em termos globais, pode dizer-se que a estação apresenta um número de horas de sol relativamente baixo (pouco mais de 50% do número máximo possível), situando-se as médias de insolação (I) em valores acima dos 60% nos meses de Julho e Agosto e perto dos 40% no mês de Janeiro. A estes valores correspondem médias de nebulosidade (N) com tendência inversa: índice 3 nos meses de Julho e Agosto e índice 6 nos meses de Janeiro a Março (o índice máximo é 10, quando o céu está totalmente encoberto), registados às 15 horas, acontecendo que às 9 horas a amplitude média anual é muito estreita (entre o índice 5 nos meses de Abril, Julho e Agosto e o índice 6 em todos os restantes). Dados que apontam, também, para a inexistência de variações muito drásticas (94 dias > índice 6 e 97 dias < índice 2).

Na variabilidade das condições atmosféricas da área de estudo, é determinante o papel da pressão atmosférica (P) e da localização dos centros de pressão, verificando-se que as médias globais variam entre valores próximos dos 1015 mb para o mês de Março e dos 1018 mb para os meses de Dezembro e Janeiro, quando ocorrem os maiores

valores médios da pressão atmosférica, um facto que, não deixando de ter algum significado absoluto, sugere uma apreciação mais cuidadosa. Por um lado, verificam-se no Verão gradientes de pressão menos acentuados que alternam com alguns períodos de influência depressionária, provavelmente relacionados com os centros ciclónicos de origem térmica localizados no interior da Península Ibérica, os quais estendem regularmente a sua influência às regiões do litoral que mais não seja reduzindo o valor da pressão e obrigando as isóbaras do anticiclone dos Açores a recuarem em direcção ao oceano (o que, como se sabe, está na origem da intensificação da "nortada" nesta faixa costeira). Por outro lado, no Inverno há variações mais bruscas nos gradientes da pressão atmosférica (sobretudo na passagem das perturbações da Frente Polar) que acabam influenciando as médias, para além de ocorrerem períodos relativamente alargados sob a influência de anticiclones continentais europeus que justificam a conjugação de dias de céu limpo, acentuado arrefecimento nocturno e vento a soprar do quadrante Este.

Dependente deste jogo de influências e domínios dos centros barométricos, temos a prevalência de rumos Norte e Noroeste na direcção do vento, sobretudo entre Abril e Setembro, e de Este entre Outubro e Fevereiro (Quadro VIII), assumindo também destaque neste período os ventos de Sudoeste e de Norte. Ao longo do ano, a frequência de dias calmos é relativamente baixa e de certo modo elevado o número de dias de vento com velocidade superior a 36 Km/h (em média, mais de 60 dias por ano).

A influência marítima é, pois, predominante no clima da Figueira da Foz, o qual mantém, ao longo do ano, um grau relativamente elevado de humidade e de nebulosidade frequente (acresce a ocorrência de nevoeiros litorais em mais de 40 dias por ano), sem que a precipitação, apesar disso, atinja valores muito altos. Quanto à humidade, a média das médias varia entre a máxima de 89% (às 9 horas) no mês de Janeiro e a mínima de 70% (às 15 horas) no mês de Abril, não se afastando muito as médias globais dos valores extremos: 84% de humidade relativa nos registos realizados às 9 horas; 74% nos das 15 horas; e 81% nos das 21 horas. Já a média das médias da precipitação é de 692,3 mm, a qual é muito marcada pela sazonalidade, com cerca de 2/3 dos dias do ano sem precipitação e estando esta concentrada entre Outubro e Março (mais de 70%), ao mesmo tempo

	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S		
Janeiro	12,1	10,0	7,8	9,5	9,2	22,9	10,9	9,5	Hierarquia dos Rumos mais frequentés do vento:	
Fevereiro	13,4	13,2	10,6	11,6	9,3	19,2	10,4	9,0		
Março	15,6	13,9	14,4	14,7	6,7	13,3	9,8	6,6		
Abril	9,5	11,8	17,0	30,5	7,3	9,8	5,8	4,3		
Maió	11,2	12,0	23,3	29,4	5,0	6,3	3,2	3,6		
Junho	10,1	15,0	27,3	28,3	3,0	5,4	1,6	3,7		■ Primeiro
Julho	8,7	15,0	28,5	32,9	2,7	2,4	0,6	1,6		■ Segundo
Agosto	9,1	16,2	26,3	26,7	3,8	4,1	1,7	2,3		
Setembro	11,9	15,6	18,0	23,0	4,6	7,5	3,9	5,0		■ Terceiro
Outubro	8,5	9,8	16,4	15,8	6,5	18,2	9,6	5,5		
Novembro	8,7	9,8	10,5	13,6	7,3	26,1	11,7	8,0		■ Quarto
Dezembro	5,9	10,4	9,8	16,6	10,6	24,8	9,4	4,8		

Quadro VIII - Distribuição anual da hierarquia dos rumos do vento com frequência média mais elevada (dados do INMG, Estação da Barra do Mondego, no período de 1954-1980).

que o número de dias com precipitação intensa (superior a 10 mm) é relativamente baixo (pouco mais de 20 dias por ano).

Então, o clima local situa-se sob a influência mediterrânica, pois verificam-se 4 meses secos, apesar de apenas os meses de Julho e Agosto se afirmarem claramente como "muito quentes e secos" (ver na Fig. 27 a comparação de comportamentos diferenciados, em função das fontes e dos períodos dos registos). De qualquer modo, a análise do balanço hídrico sequencial mensal, utilizando o método de Thorntwaite-Mather, mostra que existe défice de água no solo de Maio a Agosto e excesso de Dezembro a Março (Quadro IX).

Esta situação é confirmada ainda pela ocorrência de um curto período em que as temperaturas médias máximas são superiores a 25° C (pouco mais de 25 dias anuais, concentrando-se 2/3 deles nos meses de Julho, Agosto e Setembro), bem como de um insignificante número médio de dias frios com temperatura inferior a 0° C (menos de 1 dia por ano, em média). O termograma mostra, também, uma subida suave da temperatura de Janeiro a Agosto e uma queda mais brusca a partir deste mês.

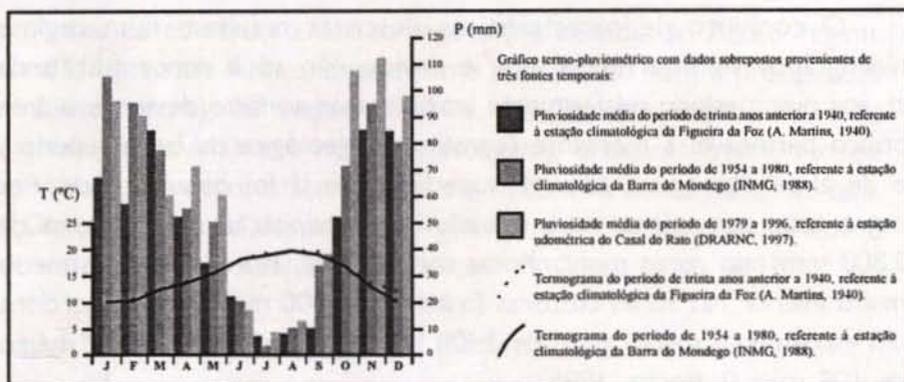


Figura 27 - Gráfico termo-pluviométrico da Figueira da Foz sobrepondo dados de três fontes temporais distintas (A. Martins, 1940; INMG, 1988; DRARNC, 1997).

Sintetizando, de acordo com a classificação de Thorntwaite-Mather, baseada no balanço hídrico do solo que se observa ao longo do ano, o clima é Subhúmido (índice hídrico de 3,5%), Mesotérmico (com uma evapotranspiração de referência igual a 748 mm), com grande déficit de água no verão (o índice de humidade atinge 27%) e pequena eficácia térmica (o índice de eficiência térmica apresenta o valor de 38,9%). Ou seja:

$$C2 B'2 s2 a'$$

Quadro IX - Balanço climatológico da água no solo, de acordo com Consulmar et al. (1991).

Mês	P	ET ₀	A _s	ET _r	Défice	Excesso
Janeiro	99	28	100	28	0	71
Fevereiro	93	28	100	28	0	65
Março	80	46	100	46	0	34
Abril	57	60	97	60	0	0
Mai	42	79	67	72	40	0
Junho	17	92	32	52	79	0
Julho	4	103	12	24	78	0
Agosto	11	96	5	18	51	0
Setembro	30	83	3	32	0	0
Outubro	75	64	14	64	0	0
Novembro	90	40	64	40	0	0
Dezembro	74	29	100	29	0	9
ANO	672	748	—	493	255	179

O conjunto de características descritas resultam num regime hidrográfico semi-torrencial que é devido não só à concentração de chuvas num período relativamente limitado, mas ao facto de ser uma área pouco permeável a montante (constituição geológica da bacia superior) e de aí se situar uma enorme superfície que já foi desarborizada. Por outro lado, aos valores mais elevados de precipitação média (cerca de 2.800 mm) nas zonas montanhosas corresponde uma precipitação média muito inferior nas zonas costeiras (máximo de 900 mm) que proporciona um escoamento médio anual de 3.400 hm³ (504 mm) e um caudal médio de 108 m³/s (J. Rocha, 1998).

Daí prevalece um modelo hidrológico que pode ser melhor entendido através da observação da curva de duração dos caudais médios diários (Fig. 28) que é calculada com base na composição das curvas de duração de caudais médios diários no açude de Coimbra e nas confluências dos principais afluentes do Baixo Mondego (Consulmar et al., 1991).

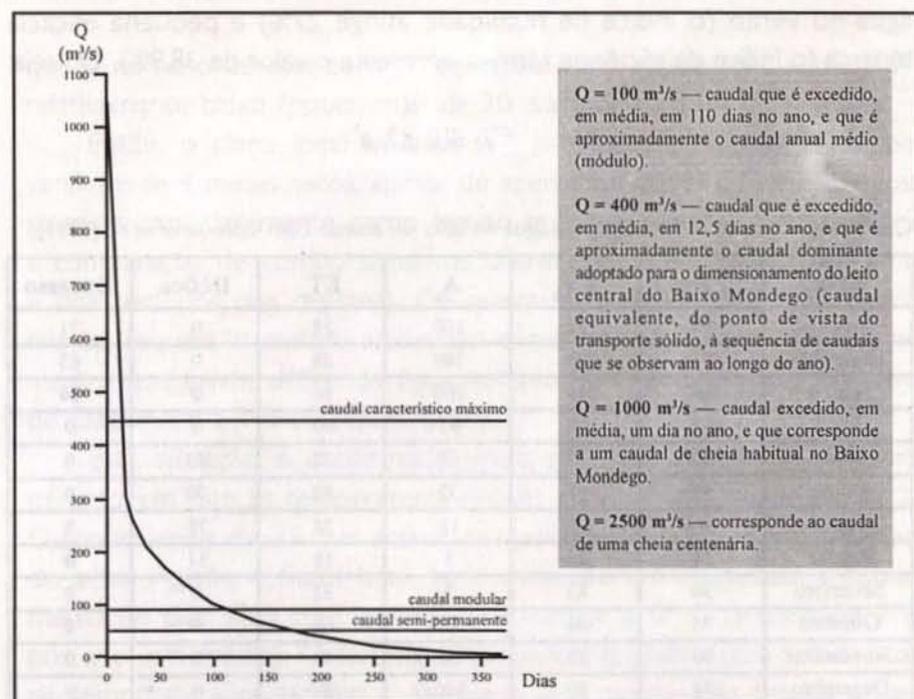


Figura 28 - Curva de duração dos caudais médios diários fluviais. De acordo com Consulmar et al. (1991).

Antes da construção das barragens (na década de 70), o regime sazonal dos caudais fluviais, directamente relacionado com a precipitação na bacia de drenagem, chegava a oscilar, em Coimbra, entre 3.700 m³/s (na cheia centenária) e 1 m³/s (na estiagem), enquanto agora a cheia centenária é dimensionada em cerca de 1.200 m³/s no estuário, ou seja, em Coimbra passa-se de um caudal sólido de 7,5 l/s para 1,5 l/s que é o previsto pelo projecto de regularização (P. Cunha et al., 1997).

3.4.1. Meteorologia e agitação marítima

Interessa evidenciar a forma como o quadro das condições meteorológicas mais comuns determinam não só os estados de tempo associados à prevalência periódica de um qualquer sistema barométrico, mas também a influência que estes exercem sobre vários fenómenos que assumem importância relevante sobre a estabilidade e a evolução da costa, como sejam a direcção, a velocidade e a frequência do vento, o clima de agitação marítima e a conseqüente deriva sedimentar litoral.

Partindo da análise do desenvolvimento das situações meteorológicas que, *grosso modo*, dominam sobre a costa portuguesa (Fig. 29) podemos chegar, basicamente, às seguintes conclusões gerais:

1. Numa metade do ano verifica-se o predomínio do sistema das Altas Pressões Subtropicais, essencialmente definido pelo designado Anticiclone dos Açores, o qual impõe um regime de vento com orientação N e NW, característico da costa ocidental portuguesa e que se encontra bem instalado no período de Abril a Setembro, com os meses situados nos extremos a verificarem maior diluição de rumos face à concentração de Junho e Julho (neste último mês, os rumos N e NW somam 61,4% das frequências médias). Note-se, ainda, que as baixas pressões térmicas peninsulares não apresentam contradição perante estes rumos, reforçando até o seu nível de intensidade.

2. No período de Outubro a Fevereiro, há uma certa dispersão de influências, mas com algum predomínio isolado do rumo E, mais vincado nos meses de Novembro e Dezembro (1/4 do conjunto de todos os rumos), o que elucida sobre o poder dos sistemas continentais europeus (altas pressões térmicas) que conseguem transportar até ao litoral atlântico as suas massas de ar frio e seco, as quais chegam a provocar temperaturas

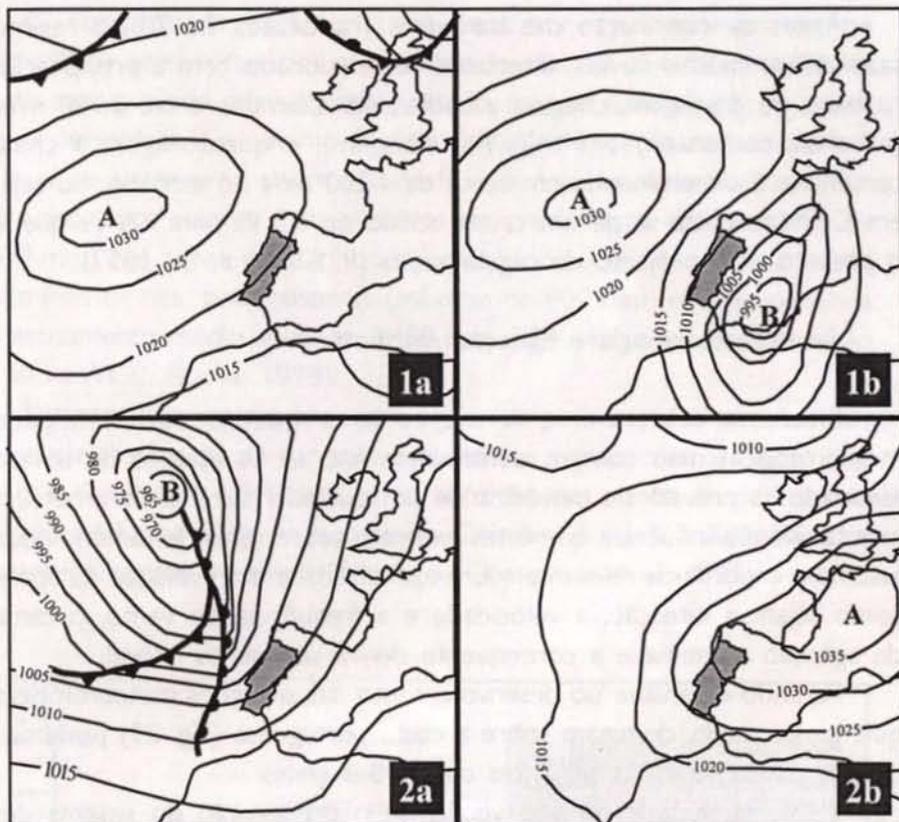


Figura 29 - Esboço de situações meteorológicas características em Portugal Continental: 1a - influência das Altas Pressões Subtropicais (Anticiclone dos Açores) que migram para as latitudes médias no verão e que dão origem a céu limpo com vento fraco a moderado de norte-noroeste; 1b - ainda no verão, o sobreaquecimento continental provoca a formação de uma depressão térmica e a intensificação do vento na faixa costeira, surgindo a típica "nortada"; 2a - As Baixas Pressões Subpolares e os sistemas frontais associados trazem as tempestades de sudoeste-oeste de inverno e os fenómenos de sobrelevação do nível do mar; 2b - o intenso arrefecimento continental nos meses mais frios permite a instalação de um anticiclone térmico que influencia toda a Península Ibérica com vento a soprar do quadrante Este.

negativas nalgumas noites dos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Foi isso, aliás, que levou A. Martins (1940) a considerar que a localização média dos centros barométricos de Alta Pressão (Inverno) e de Baixa Pressão (Verão) de origem térmica "é um fenómeno assaz semelhante à monção asiática", o que, sendo um evidente exagero, não deixa de traduzir uma realidade meteorológica padronizada.

3. Os sistemas frontais (Frente Polar) associados às Baixas Pressões Subpolares mantêm-se activos a norte da Península Ibérica ao longo do ano, prevalecendo a sua influência mais para sul nos meses de inverno, o que justifica, logicamente, a maior precipitação neste período. No mês de Março verifica-se mesmo um certo predomínio do rumo SW (Fig. 30), no que podemos considerar um período de transição (a Primavera), normalmente capaz de gerar condições de instabilidade e algumas tempestades violentas. É de referir que os ventos de SW penetram mais facilmente na Bacia do Mondego, devido à orientação territorial próxima deste rumo e porque na zona do estuário não existem praticamente barreiras orográficas a sul.

4. As velocidades médias do vento (em Km/h) demonstram o predomínio energético dos sistemas atlânticos em relação aos continentais, o que significa que os rumos correspondentes às direcções da agitação marítima têm valores médios superiores aos restantes. É de realçar o período de Novembro a Abril em que a passagem de sistemas frontais provoca as maiores velocidades (valores médios dominantes situados entre os 25 Km/h e os 30 Km/h) no rumo SW, a que se seguem os rumos W e NW, situação que decorre das próprias características evolutivas da passagem do sistema frontal que se inicia normalmente por SW, rodando depois para W e, finalmente, para NW.

Temos, portanto, estabelecidas condições variáveis para os estados de tempo e alguma diversidade no posicionamento relativo dos centros barométricos, sendo de acentuar que à variação em 1 milibar da pressão atmosférica corresponde a subida (sobreelevação) ou descida (subelevação) do nível do mar em 1 centímetro, consoante se verifique, respectivamente, baixa pressão ou alta pressão.

Torna-se claramente perceptível que os sistemas frontais atlânticos desenham formas capazes de criarem na superfície que atravessam diversos fenómenos, dos quais se destacam a sobreelevação do nível do mar (eustatismo barométrico) e a intensificação da velocidade do vento, directamente relacionados com o incremento da agitação marítima (maior altura e direcções divergentes da ondulação), sobretudo no período de inverno quando o carácter das perturbações frontais é capaz de provocar, grande parte das vezes, forte erosão sedimentar nas praias e mesmo ruptura nos cordões dunares litorais (J. Alves et al., 1998).

Num estudo sobre a sobre-elevação do nível do mar na costa portuguesa, realizado entre Junho de 1986 e Maio de 1988, C. Gama et al. (1997) procederam à análise multivariada (análise dos componentes principais) dos seus factores condicionantes, considerando as condições meteorológicas locais, a agitação marítima e a maré como sendo os que têm valor próprio mais significativo. Foi também seleccionado o seguinte grupo de variáveis para a construção da matriz: a maré prevista (cm acima do ZH); a sobre-elevação do nível do mar (maré observada menos a maré prevista); a pressão atmosférica; a intensidade do vento; a altura significativa da onda (em metros); e o período significativo da onda.

A projecção destas variáveis, segundo os factores indicados (Fig. 31), permitiu retirar algumas conclusões significativas:

- a) Há uma forte correlação entre a sobre-elevação, a pressão atmosférica e a intensidade do vento;
- b) A altura da agitação marítima está positivamente correlacionada com o primeiro factor, contrariamente ao que acontece com o período das ondas;

c) A maré é uma variável independente de todas as outras.

Um aspecto que se revela importante neste trabalho é que ele propõe a investigação subsequente, visto que a posição intermédia da altura das ondas parece sugerir uma separação entre a "ondulação" e a "vaga": a primeira terá a ver essencialmente com as condições de agitação verificadas ao largo; enquanto a segunda, mais dependente do vento local, seria projectada mais próximo do primeiro factor, caso fosse considerada isoladamente. Por outro lado, a projecção da

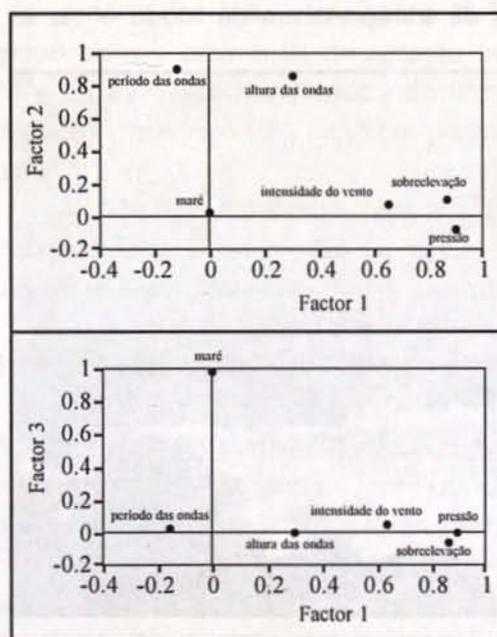


Figura 31 - Projecção das variáveis segundo o Factor 1 (meteorologia local), o Factor 2 (agitação marítima) e o Factor 3 (maré). Adaptado de C. Gama et al. (1997).

sobreelevação no primeiro eixo, associada à pressão atmosférica e à intensidade do vento, confirma que a sobrelevação está, essencialmente, dependente das condições meteorológicas locais.

Isto permite-nos afirmar que é a persistência da sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica ("Storm Surge") que incrementa a agitação marítima, justificando a ocorrência de grande parte dos danos causados na zona costeira, situação que se agrava quando os períodos de sobrelevação aparecem associados a temporais coincidentes com as preia-mares de "Marés-Vivas" (Foto 4). Nestes períodos, a agitação marítima retira areia das zonas imersas e emersas da praia e das dunas, a qual pode ser posteriormente reposta nos períodos calmos, caso exista areia suficiente nas faixas imersas da praia, porque então a capacidade de transporte do espraio (em direcção à praia) pode ser superior à do refluxo (em direcção ao mar). Por sua vez, as areias superficiais, conduzidas pelo vento, podem restaurar lentamente as dunas (F. Gomes & F. Pinto, 1997). Além disso, o domínio alternado dos rumos SW e NW dá origem às dunas oblíquas da costa do centro litoral (A. Almeida, 1991), pois são os dois rumos "capazes de transportarem de modo eficaz as



Foto 4 - A passagem de um sistema frontal, com vento forte e sobrelevação de origem meteorológica, produziu vagas de tempestade com orientação de SW (sobredimensionadas por preia-mar de Maré-Viva) que galgaram o molhe sul e atingiram o parque de campismo do Cabedelo (06/09/1998).

areias construtoras das dunas". Isto porque os ventos de W, apesar de corresponderem a regime de temporal, são relativamente pouco frequentes e com menor capacidade de mobilização de material sólido (P. Figueira, 1997). Já no interior do estuário, o efeito conjugado dos ventos de SW e da sobre-elevação meteorológica podem gerar ondas (conhecidas por "mareta") que são muito nocivas à actividade portuária (P. Cunha *et al.*, 1997).

Temos, pois, o comportamento da ondulação costeira fortemente associado à acção do vento, da sobre-elevação de origem meteorológica e das marés, sendo necessário relacionar integralmente, na área de estudo, os seguintes elementos:

— As marés (semi-diurnas) que têm preia-mares máximas próximas da cota +4 (ZH) e baixa-mares mínimas que se aproximam do ZH;

— As sobre-elevações de origem meteorológica que podem acrescentar cerca de 1 metro à altura de uma preia-mar (dependendo da forma como a depressão barométrica se encontrar mais ou menos cavada);

— A orientação dominante N-S da costa litoral centro que proporciona a ocorrência de agitação marítima com rumos que vão do NW ao SW (acompanhando normalmente a direcção do vento e a evolução meteorológica), mas com predomínio de ondas com rumos para norte do W;

— A existência de um pequeno troço entre o Cabo Mondego e Buarcos, onde a orientação da costa é sensivelmente NW-SE, o que origina aí algum distúrbio no trânsito sedimentar da deriva litoral;

— A bancada sedimentar com fraco declive até à batimétrica do -30 m, situada a oeste da barra portuária e enseada de Buarcos.

Resulta de tudo isto que, genericamente, no sector entre a foz do rio Minho e o Cabo Raso existe um transporte litoral potencial de sedimentos nos dois sentidos, com um saldo nítido de norte para sul que pode atingir valores de 10^6 m³ por ano (F. Abecasis, 1997), dependendo o transporte real essencialmente do clima de agitação marítima, embora seja também fortemente condicionado pela quantidade e características das fontes aluvionares, pela geomorfologia costeira e pelas barreiras artificiais que, depois, explicam as diferenças entre o transporte potencial e o transporte real.

Aceita-se, assim, que as correntes de deriva litoral dependem sobretudo da "obliquidade" da agitação em relação à linha da costa (Fig. 32), mesmo quando se considera a corrente geral oceânica, de orientação quase permanente de N para S, a qual apresenta valores energéticos bastante baixos face às outras acções em jogo (F. Gomes & F. Pinto, 1995). Isso explica a direcção predominante para S da deriva litoral, uma vez que há ondulação persistente do quadrante NW durante a maior parte do ano (período alargado de verão); enquanto no restante período a ondulação se distribui por rumos diversos, por vezes com maior energia, derivando rapidamente, ora para N ora para S, mas com uma resultante média fraca para S, jogando a orientação da costa um papel importante na forma como a agitação marítima processa o transporte sedimentar. Por exemplo, de acordo com P. Cunha *et al.* (1997), "sempre que a direcção da ondulação é inferior ao azimute N283° (W13°N), a areia litoral deixa de transpor o Cabo Mondego, o que traz emagrecimento entre o Cabo Mondego e Buarcos quando a situação se prolonga, pondo em risco certos troços da avenida marginal". É que a orientação NW-SE deste troço costeiro torna-o muito vulnerável à variabilidade da direcção da agitação marítima e à maior intensidade das vagas de tempestade, sendo claro que sob a acção de vagas de W, além de ser limitado o trânsito sedimentar para sul do Cabo Mondego, ainda se gera aí a obliquidade necessária para o fluir da deriva sedimentar. Normalmente, sob condições deste tipo, verifica-se forte erosão da praia até à baía de Buarcos e enchimento rápido a barlar do molhe norte.

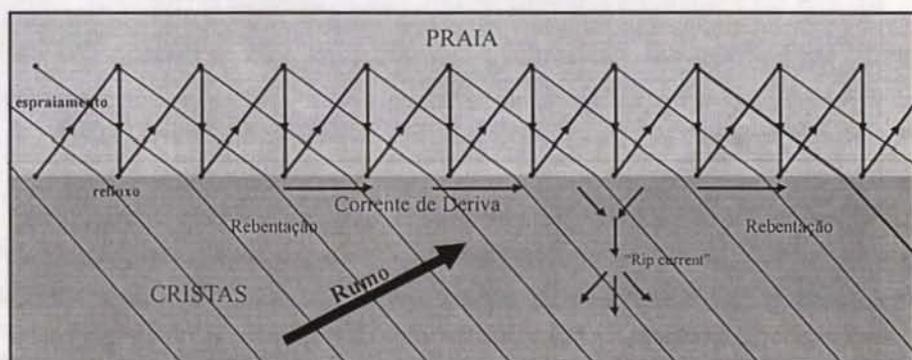


Figura 32 - A obliquidade da agitação marítima (de Noroeste na costa Centro Atlântica portuguesa) origina corrente de deriva longitudinal (norte-sul). Adaptado de F. Gomes & F. Pinto, 1995.

Mas, apesar do consenso existente sobre as causas e os efeitos destes processos, vale a pena, ainda, confrontar alguns dados disponíveis, por forma a evitarem-se conclusões distorcidas sobre a distribuição e dimensão dos mesmos, sobretudo quando analisados parcialmente. Veja-se, por exemplo, que os únicos registos divulgados da agitação marítima, na costa da Figueira da Foz resultaram de medições efectuadas durante um período de 12 anos (?), segundo F. Abecasis (1997) — provavelmente corresponde ao período que antecedeu a construção dos molhes portuários — que apresentam algumas contradições que importa analisar.

Assim, tendo em conta esses dados (Quadro X), definimos os limites angulares para os rumos dominantes, por forma a procedermos à composição gráfica dos rumos e alturas da agitação marítima na faixa litoral do Centro (Fig. 33), os quais levariam a concluir pela suposta existência de um domínio absoluto da frequência da agitação marítima a norte de W e, por isso, de uma deriva sedimentar para S, quase se diria ininterrupta, bem como da ausência de vagas de tempestade significativas.

Acontece que o confronto entre estes registos da agitação marítima ocidental portuguesa e os dos rumos dominantes do vento (comparar os Quadros VIII e X) mostra haver profunda contradição entre as frequências de rumos e alturas significativas (que apontam para o domínio avassalador

Quadro X - regime da agitação ao largo da costa ocidental portuguesa - frequências (%) de alturas significativas (HS) e de rumos (adaptado de F. Abecasis, 1997).

TOTAL	0,10	0,20	0,60	0,63	0,73	1,42	2,43	8,02	21,05	17,50	13,35	10,80	9,87	8,61	3,34	0,00
11	0,01														0,01	
10	0,02													0,01	0,01	
9	0,02									0,01				0,01		
8	0,19				0,01		0,06		0,05			0,03	0,03	0,01		
7	0,58				0,01		0,01	0,18		0,09	0,01	0,18	0,09	0,01		
6	2,05						0,08	0,20	0,67		0,19	0,21	0,37	0,22	0,11	
5	4,60	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,15	0,86	0,97	0,49	0,12	0,65	0,72	0,38	0,14	
4	9,92	0,01	0,02	0,04	0,05	0,16	0,15	0,63	5,05	2,17	1,41	0,83	0,28	0,41	0,71	
3	28,80	0,01	0,02	0,13	0,22	0,34	0,48	0,86	2,18	6,88	5,78	4,03	2,94	2,33	1,74	0,86
2	43,22	0,06	0,11	0,23	0,29	0,23	0,62	0,99	3,50	8,33	7,45	6,11	4,89	4,73	4,67	1,02
1	9,23	0,03	0,05	0,19	0,06	0,06	0,13	0,20	0,58	0,97	1,55	1,40	1,27	1,23	1,05	0,46
0																
HS (m)	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
			SW					W				NW				N

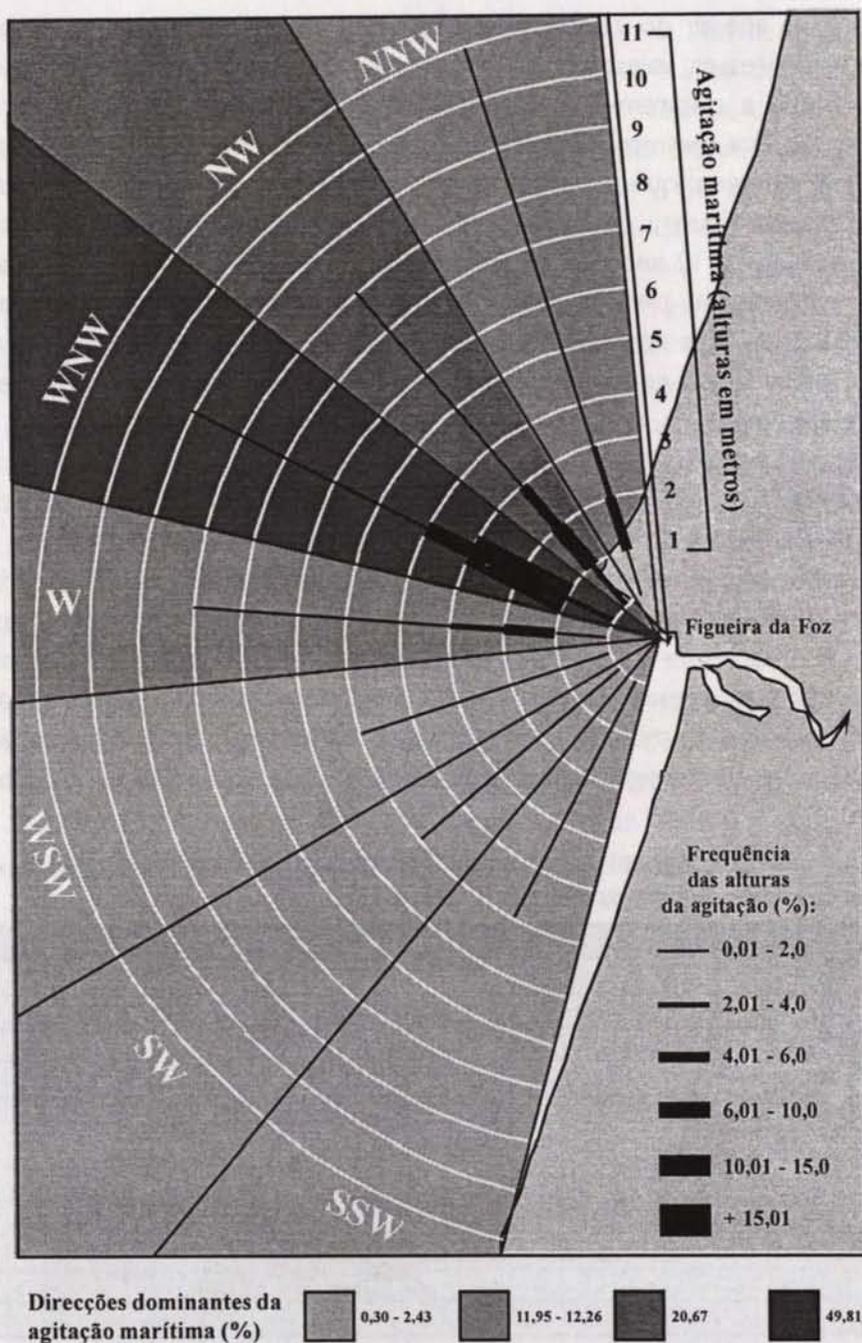


Figura 33 - Rumos e alturas da agitação marítima na faixa litoral da Figueira da Foz (considerando os dados divulgados por F. Abecasis, 1997).

da ondulação a norte de W) e as condições meteorológicas que propiciam a ocorrência das tempestades de inverno (ventos fortes com rumos de SW a W e sobrelevação do nível do mar). Veja-se que, caso fossem absolutamente verdadeiros os valores da agitação marítima de Abecasis, seria a dinâmica da ondulação oceânica com rumos a norte de W a responsável pelas maiores e mais frequentes vagas nesta zona costeira, não sendo muito importantes a velocidade do vento e a sobrelevação de origem meteorológica a sul de W. Ora, sabendo que a agitação marítima costeira depende muito das condições meteorológicas locais, sobretudo quando ocorre o domínio dos sistemas atlânticos, facilmente seremos levados a confiar mais na meteorologia, não deixando, contudo, de apontar a necessidade de se iniciar a monitorização do clima de agitação marítima da costa portuguesa, construindo o seu quadro alargado de influências.

3.4.2. A interpenetração dos domínios fluvial e marinho

Anteriormente, caracterizámos o "ambiente de magia" que é proporcionado pelas zonas húmidas costeiras, tanto pelos níveis elevados de produtividade biológica e de biodiversidade como pela capacidade de resposta e de adaptação a mudanças internas e externas; e vimos que a raiz da grande riqueza de recursos, no que diz respeito aos estuários, é sustentada nos processos de mistura das águas doce fluvial e salgada marinha, para além, evidentemente, da dimensão do território que é influenciado pelas reacções encadeadas que o avanço e o recuo da maré propiciam. Por um lado, o domínio do sal envolve uma série de complexos processos químicos e mecânicos que abrem terreno à expansão da vegetação característica e espécies associadas, projectando a costa no interior do continente; por outro, os oceanos recebem os *inputs* de água doce, sedimentos e nutrientes, sendo de realçar que as actividades humanas incrementam actualmente, de forma extremamente significativa, como vimos, as quantidades de nitrogénio e de fósforo dissolvidos que aí entram vindos dos rios (H. Viles & T. Spencer, 1995).

Consideramos, assim, que a verdadeira natureza do território estuarino se encontra na transição dos domínios da água doce para a água salobra e desta para a água salgada, sendo a delimitação da exacta posição

da interface água doce-água salgada de grande importância para os estudos de evolução ambiental, incluindo as trocas de fluidos que se efectuam nos aquíferos costeiros, dada a grande variedade espacial na sua composição química. Logo, o problema fundamental que afecta hoje grande parte dos estuários do mundo é precisamente o da água: da forma como ela distribui os seus circuitos e condiciona o meio ambiente e a zonalidade das ocupações e usos; e, ultimamente, da pressão antrópica crescente que a sujeita a regimes menos harmoniosos.

Em relação ao estuário do Mondego, temos de considerar o limite máximo da intrusão salina que se estende até próximo da estação elevatória do Foja, situada a cerca de 15 Km a montante da extremidade ocidental dos molhes exteriores do porto (P. Cunha *et al.*, 1997), onde normalmente já são águas não salinas, mas ainda sujeitas aos regimes mareais (D. Duarte *et al.*, 1998), havendo uma variação de nível por influência da maré que se estende até Montemor-o-Velho. Por outro lado, distinguem-se dois sectores que representam duas categorias distintas (adaptadas de R. Paskoff, 1985), em função do grau de mistura das águas doce e salgada, com tradução espacial bem definida:

1. O Braço Norte, normalmente de cunha salina, onde a relação entre o caudal fluvial e o volume do prisma de água salgada introduzida pela maré é variável. De qualquer forma, é frequente a salinidade do nível fluvial superior aumentar para jusante, tal como o nível inferior marinho diminui para montante, verificando-se trocas verticais na interface que não perturbam muito a estratificação, pois mantem-se um gradiente de salinidade suficientemente elevado para dar origem a correntes de densidade. Estas características são mais evidentes em marés-mortas, pois em marés-vivas estivais o Braço Norte fica verticalmente homogéneo, ou seja, as isosalinas tendem a assumir uma atitude quase horizontal em marés-mortas, enquanto em marés-vivas, pelo contrário, apresentam-se quase verticais (Fig. 34), a que correspondem elevados valores da relação entre o volume do prisma de maré e o caudal fluvial (P. Cunha *et al.*, 1997);

2. O Braço Sul, verticalmente homogéneo, ou, ocasionalmente, apresentando mistura parcial, onde o caudal fluvial é fraco relativamente ao prisma de maré. As correntes de enchente e de vazante, pela sua turbulência, misturam suficientemente as duas massas líquidas, pelo que

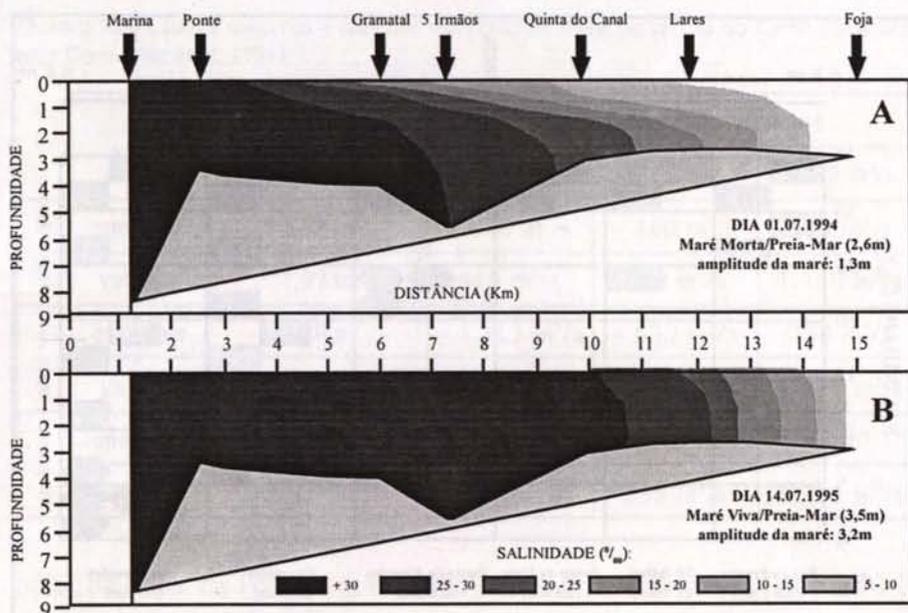


Figura 34 - Salinidade e Cunha Salina em Preia-Mar, no Braço Norte: A - Maré Morta; B - Maré Viva. De acordo com P. Cunha et al. (1997).

o gradiente vertical de salinidade é reduzido, verificando-se que o Braço Sul regista níveis de salinidade muito elevados durante quase todo o ano (ver na Fig. 35 a comparação dos graus de salinidade à superfície dos dois subsistemas), bem como menores amplitudes salinas diárias do que o Braço Norte (M. Pardal & J. Marques, 1998).

É de salientar que ainda não são bem conhecidas as modificações induzidas pelas recentes obras de regularização (incluindo entre a ponte da Figueira da Foz e 5 Irmãos). De qualquer modo, segundo P. Cunha et al. (1997), "em situações similares de caudal fluvial, em vazante de marés-mortas, verificaram-se na Quinta do Canal salinidades de 3,5 ‰ junto ao fundo em 1995, atingindo 14 ‰ em 1996, após a conclusão das obras", o que leva a conceber que houve um aumento do prisma de maré, originando maior intrusão salina no Braço Norte.

Este aspecto vem ainda relacionar-se com as diferenças significativas que se registam entre os Braços Norte e Sul, quando se analisa o efeito dos caudais afluentes de montante (exemplo no Quadro XI) na variabilidade dos níveis das marés e nos atrasos que são observados em

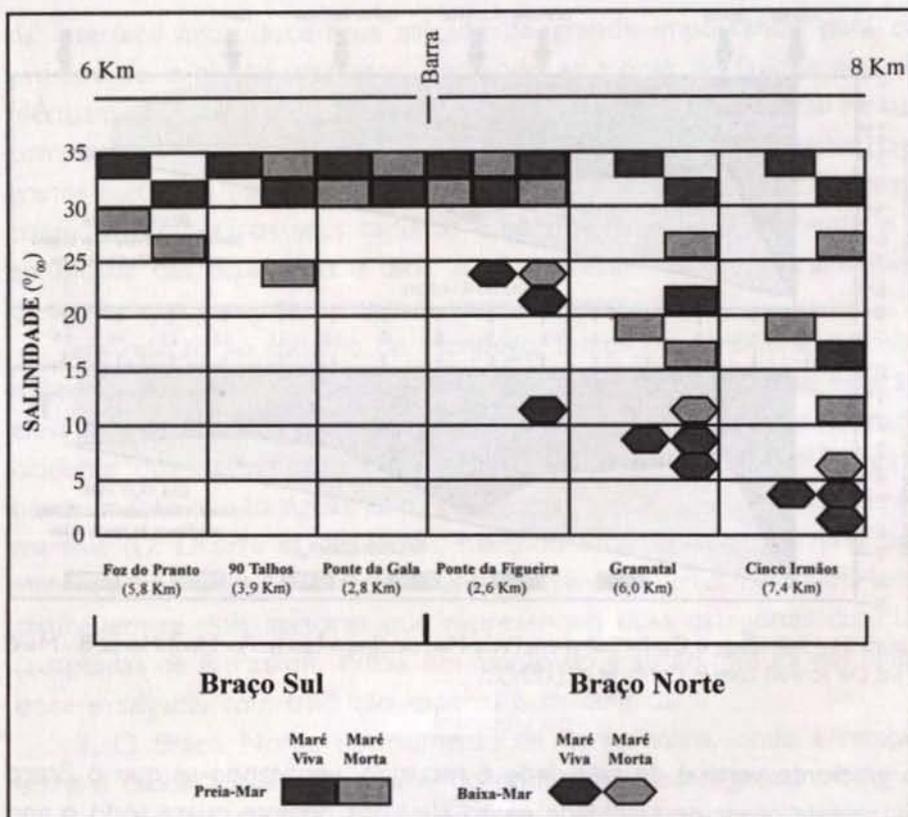


Figura 35 - Graus de salinidade à superfície em troços do Braço Norte e do Braço Sul do Mondego, em período de estio (valores de salinidade medidos por P. Cunha et al., 1997).

diferentes sectores do estuário. De facto, o Braço Sul é essencialmente mareal e são aí pouco sentidas as sobreelevações da superfície livre da preia-mar, embora os atrasos sejam mais significativos, uma vez que o atraso é tanto maior quanto menor for o valor do caudal e maior a amplitude da maré. De qualquer forma, também se registam atrasos mais sensíveis na baixa-mar do que na preia-mar, ocorrendo de forma muito significativa em vários locais, como na Carrapatosa, por exemplo, onde a baixa-mar sofre atrasos superiores a 2 horas (Consulmar et al., 1991).

Como as velocidades médias nas secções transversais são, em regra, relativamente baixas, a capacidade de transporte sólido é muito reduzida, sendo praticamente nula no Braço Sul. Mas, mesmo no Braço Norte, "a capacidade de transporte sólido vai variando desde um valor praticamente

Quadro XI - Caudais máximos e mínimos num ciclo de maré, na secção do Canal (de acordo com Consulmar et al., 1991).

	Maré	Amplitudes da Maré	Caudal afluyente de montante		
			100 m ³ /s	400 m ³ /s	1000 m ³ /s
maré média	enchente	1,97 m	- 620 m ³ /s	- 160 m ³ /s	590 m ³ /s
	vazante	1,97 m	660 m ³ /s	860 m ³ /s	1.350 m ³ /s
maré viva	enchente	3,20 m	- 1.115 m ³ /s	- 630 m ³ /s	250 m ³ /s
	vazante	3,20 m	1.000 m ³ /s	1.260 m ³ /s	1.610 m ³ /s
maré morta	enchente	1,33 m	- 380 m ³ /s	53 m ³ /s	746 m ³ /s
	vazante	1,33 m	475 m ³ /s	695 m ³ /s	1.221 m ³ /s

nulo, na zona da Fontela (perfil P80) até valores da ordem dos 0,90 l/s nos perfis P4 e P11" (Fig. 46).

Estas características permitem estabelecer alguns limites para o sistema estuarino, aceitando um domínio espacial para montante até à foz do rio Foja, onde a salinidade não ultrapassa, normalmente, os 5 ‰; pelos habitats que não são inundados por marés ou vagas de tempestade; e, a jusante, pela embocadura do rio (E. Silva et al., 1998); além das zonas de salinização mais ou menos intensa de uma parte substancial dos solos marginais (Fig. 36). Mas, se é natural que isso aconteça nos troços influenciados pelas marés, há alguns efeitos do funcionamento das comportas da Maria da Mata e do Alvo que justificam a distribuição espacial observada:

a) As comportas da Maria da Mata permitem o contacto directo entre os caudais do Mondego e os do Pranto que, eventualmente, poderão até estar em circuito inverso, isto é, no primeiro haver um fluxo para montante devido à maré de enchente, ou corrente relativamente estabilizada, enquanto no Pranto a água doce fluvial continua a fluir naturalmente para a Foz (até encher a barragem do Alvo);

b) As comportas no Alvo, neste caso, encontram-se fechadas para que a água da preia-mar que sobe pelo Braço Sul não penetre pelo rio Pranto;

c) Durante a enchente, sobretudo se se tratar de maré-viva, o sector do Pranto a jusante da Maria da Mata enche de água doce drenada por este rio;

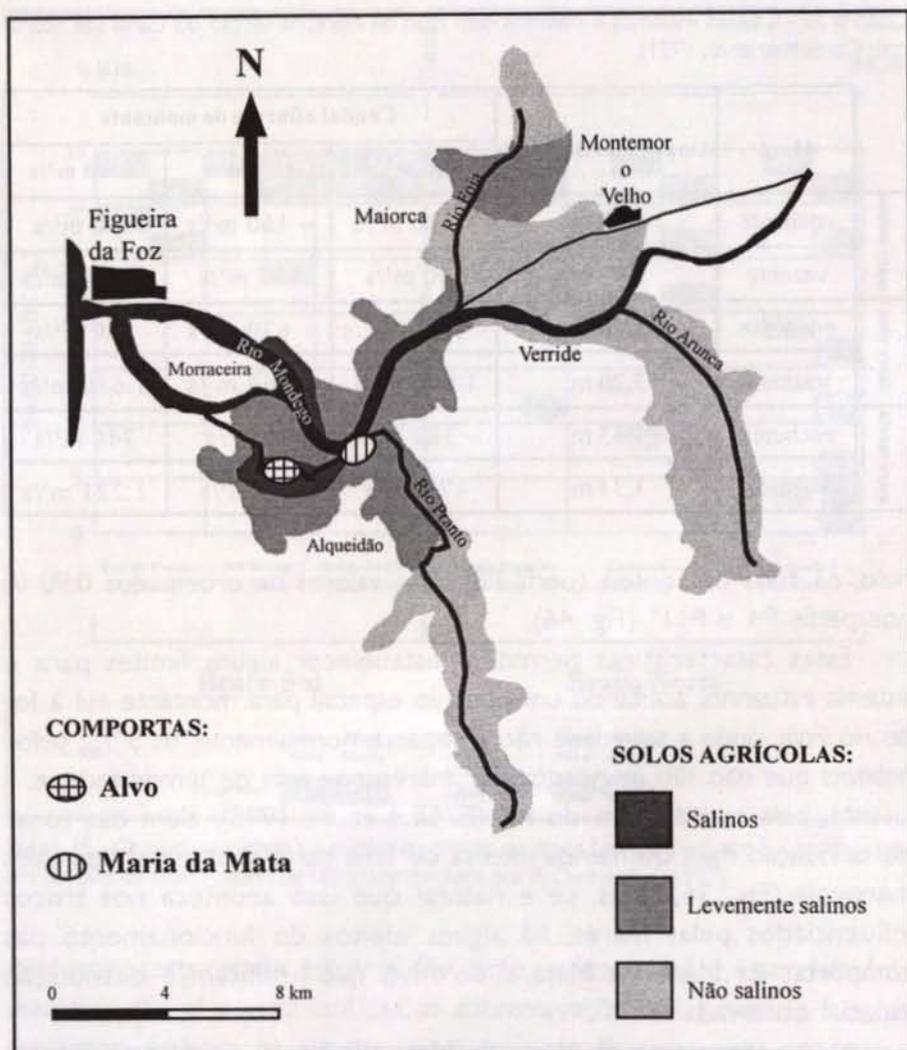


Figura 36 - Influência do estuário do Mondego na salinização dos solos agrícolas e efeitos das comportas do Alvo e da Maria da Mata no sector do rio Pranto a jusante destas últimas. Adaptado da Carta de Aproveitamento Hidráulico do Projecto Agrícola do Baixo Mondego (I.E.R.A., 1997).

d) Depois, durante a vazante, abrem-se as comportas do Alvo e as da Maria da Mata para escoar a água em excesso e renová-la nesse sector, permitindo que o caudal do Mondego invada o do Pranto;

e) Quando não se teve em conta, especificamente, os caudais afluentes do Mondego, nem a amplitude e o atraso da maré nos diferentes sectores do estuário, e se procede à abertura das comportas

da Maria da Mata, pode dar-se o enchimento do Pranto com água salgada, processo que, sendo mais intenso para jusante destas comportas, tem ainda algum efeito para montante, devido ao fraco declive que o perfil longitudinal do Pranto expressa nesta secção.

Por outro lado, a leve salinidade observada nos terrenos marginais do rio Foja, a montante da confluência com o Mondego, terá a ver, essencialmente, com o funcionamento da Estação Elevatória que utiliza a água do sector proximal do estuário, onde já foram registadas salinidades de 7 ‰ em situação de preia-mar viva estival (P. Cunha et al., 1997).

Estas alterações antrópicas nos domínios e interfaces das águas doce e salgada influem nos gradientes ambientais que habitualmente estão presentes nas zonas estuarinas (V. Guerreiro et al., 1998), como sejam as áreas de sapal e de transição, as salinas, os bancos de vasa intermareal e, mais junto à foz, as praias arenosas. É reconhecido que a própria qualidade da água é um determinante biológico e que, por esta via, também ficam condicionados os processos de floculação e de sedimentação dos materiais argilosos. Daí que se atribua à hidrodinâmica um papel fundamental, não só na distribuição dos distintos tipos de sedimentos no Mondego e na área litoral adjacente (P. Cunha et al., 1997), como no condicionamento dos ecossistemas caracteristicamente estuarinos e a sua influência no meio ambiente regional.

3.4.3. As águas subterrâneas

O contacto entre a água doce e a água salgada também se faz no subsolo, distribuindo-se as zonas de interface de forma muito mais irregular do que a verificada na superfície, mesmo tendo em conta o alcance das enchentes em ambientes costeiros de maior hidrodinamismo e amplitude de maré. Além da densidade e das cargas hidráulicas, entram em jogo factores como o grau de permeabilidade, a orientação de estruturas litológicas, os acidentes tectónicos e outros, como os montantes das captações, ou as variações climáticas e do nível do mar, que complicam as redes de distribuição e as características das águas subterrâneas.

Como é evidente, a constituição geológica tem um papel fundamental na existência, ou não, de valores significativos de água subterrânea, sendo

a orla mesocenozóica (e muito concretamente a nossa área de estudo) privilegiada pela grande permeabilidade dos seus terrenos que sempre proporcionaram o abastecimento de água de elevada qualidade para usos diversos e que tem sido intensamente explorada nalgumas zonas (Fig. 37), até porque se encontram aqui os dois grandes tipos de aquíferos, quanto ao grau de permeabilidade: os porosos e os carsificados.

Na região do Baixo Mondego existem mesmo vários aquíferos sobrepostos, o que levou à utilização do conceito de "sistema aquífero" que, basicamente, de acordo com F. Cristo (1998), se encontra distribuído pelos seguintes agrupamentos:

1. O Sistema Aquífero Cársico de Sicó, constituído por formações carbonatadas do Jurássico inferior e médio;
2. O Sistema Aquífero Calcário de Ançã, ainda pouco explorado;
3. O Sistema Multiaquífero Cretácico do Mondego que se estende para poente de Coimbra até à estrutura anticlinal de Buarcos-Verride, marginando os campos aluvionares do rio Mondego e que é constituído por 3 unidades aquíferas sobrepostas, mas independentes do ponto de vista hidráulico e das características químicas da água. O "muro" deste sistema é formado, na margem direita do Mondego, por formações calcárias do Jurássico inferior (de Coimbra até à Serra das Alhadas); na margem esquerda, assenta sobre os calcários do Jurássico inferior e médio; e, na estrutura anticlinal de Verride, sobre os arenitos margosos do Jurássico superior (Arenitos de Boa Viagem). Com uma superfície de cerca de 300 Km², tem apenas 90 Km² de área de recarga, a qual representa aproximadamente 15 hm³/ano por infiltração directa e entre 3 a 5 hm³/ano por drenância. Quanto à descarga, esta faz-se essencialmente pela rede hidrográfica, sobretudo pelos rios Mondego e Arunca;
4. O Sistema Aquífero Aluvionar do Mondego que é constituído por areias mais ou menos grosseiras com lentículas de calhaus, dispostos ao longo do curso inferior do Mondego, da região de Penacova até à foz. As espessuras aumentam significativamente de montante para jusante e das margens para o leito menor. Para jusante de Coimbra, com o aumento da espessura dos lodos, é frequente este aquífero ser constituído por duas unidades: uma freática, sobrejacente à camada lodosa; e outra semiconfinada que ocorre imediatamente abaixo dos lodos. O "muro" deste sistema é constituído por xistos e grauvaques pré-câmbricos (de Penacova até à

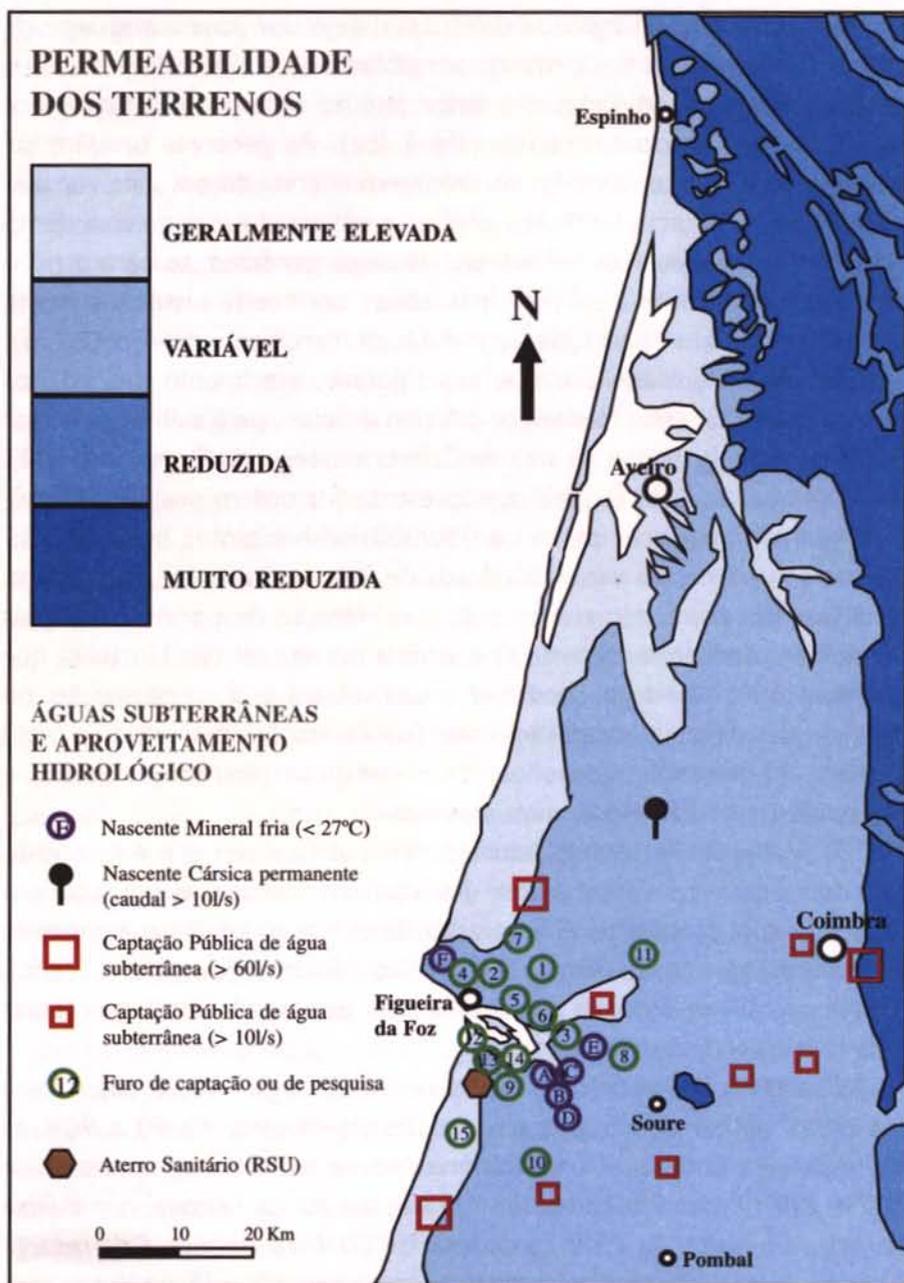


Figura 37 - Aproveitamento hidrológico de águas subterrâneas. Adaptação com base em elementos recolhidos na Carta Hidrogeológica de Portugal (escala de 1:1.000.000), dos Serviços Geológicos da Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos (1970) e na Carta Geológica de Portugal (folha 19-C, escala de 1:50.000) e Notícia Explicativa, da Direcção Geral de Geologia e Minas (1981).

Portela), por arenitos argilosos do Triásico (até um pouco a jusante da Quinta da Boavista, em Coimbra), por dolomias, calcários dolomíticos e calcários margosos do Jurássico inferior (até ao campo do Bolão) e por arenitos e argilas do Cretácico (até à foz). As recargas provêm da precipitação directa e, também, da drenagem diferida do rio, uma vez que há um íntimo contacto hidráulico com este, estimando-se em cerca de 45 a 50 hm³/ano os recursos renováveis. As descargas fazem-se para o rio e para outros sistemas aquíferos, nas zonas onde este sistema assenta directamente em formações permeáveis (arenitos do Cretácico). Actualmente, é um aquífero que serve para abastecimento público dos concelhos de Coimbra, Montemor-o-Velho e Soure, para além de algumas indústrias e da agricultura na área de Coimbra e, segundo F. Veloso (1992), prevê-se que, face aos caudais que apresenta (da ordem dos 108.000 m³/dia), venha a abastecer perto de 250/300 mil habitantes no ano 2015 (contra os 145 mil do início da década de 90). A jusante de Formoselha, verifica-se um acentuado aumento da concentração de cloretos nas águas do aquífero (influência das marés) e, dada a estreita relação hidráulica que tem com o rio Mondego, mostra-se muito vulnerável à contaminação, no essencial devida às actividades agrícolas (concentrações de nitratos, nitritos e azoto amoniacal) e aos efluentes domésticos (coliformes fecais) e industriais (químicos, óleos, metais pesados);

5. Finalmente, o Sistema Aquífero Arenoso Costeiro que é composto por dois aquíferos sobrepostos: um aquífero freático; e um aquífero semiconfinado, subjacente. A separação faz-se por lodos (frequentemente coníferos) que constituem o "tecto semiconfinante" do aquífero inferior, através do qual se processa a drenância para este, sendo assim que realiza uma parte significativa da sua recarga.

O aquífero freático (com espessura até cerca de 10 metros), ocorre nas areias de dunas e outras areias eólicas, tem cerca de 80 a 90% da sua espessura saturada e uma transmissividade hidráulica que varia entre 100 e 250 m³/dia. Estende-se de Quaios ao sul da Leirosa, numa faixa de largura máxima de 5 Km (área total de 80 Km²). A origem da recarga é exclusiva da precipitação atmosférica — entre 10 a 15 hm³/ano, para uma precipitação anual de 986 mm (da qual, apenas 30% se infiltra) — enquanto a descarga se faz para o mar, para as linhas de água que o atravessam e para o aquífero semiconfinado subjacente. As suas águas têm

sido progressivamente degradadas pelas actividades agrícolas e também industrial (a sul da foz do Mondego), mostrando-se muito vulnerável, pois a zona saturada está a muito reduzida profundidade. De entre os riscos mais sérios, existe agora o da contaminação pelos efluentes do aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos (RSU), instalado em Lavos, precisamente sobre o aquífero freático.

Por baixo, temos o aquífero semiconfinado que é constituído por areias médias a grosseiras e cascalhentas do Quaternário, com uma espessura média de 25 metros. O "muro" do aquífero apresenta litologia variada e o "tecto" é constituído por lodos e areias lodosas (a sul da Figueira da Foz) e por areias muito argilosas (a sul de Quiaios) que permitem uma recarga, feita por drenância, da ordem dos 8 a 10 hm³/ano (dependendo das condições de carga hidráulica do aquífero freático). Já a descarga se faz, essencialmente, para o mar, embora possa também drenar para o sistema multiaquífero cretácico que lhe está subjacente (o aquífero tem uma transmissividade que varia entre 250 e 400 m²/dia).

É no aquífero semiconfinado que se verifica uma elevada mineralização junto à costa, dada a existência do interface água doce - água salgada (a cerca de 20/25 metros de profundidade), o que torna, nestas circunstâncias, as águas impróprias para exploração. No entanto, para o interior, as águas apresentam valores de mineralização muito inferiores e são exploradas para o abastecimento público da Figueira da Foz (uso doméstico) e para usos industriais (na Cova-Gala), com extracção média de 3 a 9 hm³/ano.

Consideram-se os dois últimos sistemas — o Sistema Aquífero Aluvionar do Mondego e o Sistema Aquífero Arenoso Costeiro — como aqueles que estão hoje sujeitos a impactes mais negativos, devido a contaminações de origem e natureza diversas e, também, à sobreexploração nalgumas áreas, mais evidente em anos de seca. Temos o exemplo da área do prolongamento norte do diapiro de Monte Real, com "um dos melhores aquíferos nacionais e onde a Celbi tem captado caudais da ordem dos 900 l/s para abastecimento fabril" (F. Veloso, 1992). Uma situação que, em condições meteorológicas adversas e em áreas mais próximas da costa, onde ocorre o aumento progressivo da pressão turística estival e o desenvolvimento de núcleos urbanos secundários, pode criar desequilíbrios hidráulicos e até inversão do fluxo subterrâneo, devido ao acentuado rebaixamento dos

níveis piezométricos (M. Ré et al., 1991) que faz recuar o interface entre a água doce e a água salgada e a consequente intrusão salina (Fig. 38).

Noutro sentido, como foi referido, desaguardam no estuário alguns lençóis de água que percorreram os sistemas de aquíferos confinantes, constituindo este território o principal mecanismo para a libertação do excesso de nutrientes descarregados naturalmente, ou das terras agrícolas, dado o seu poder de reciclagem (sobretudo pela capacidade de intercepção do nitrogénio no sapal), o que lhe atribui funções biogeoquímicas fundamentais na passagem das águas subterrâneas para a superfície (B. Howes et al., 1996), ainda que esse sentido do fluxo tenha, de alguma forma, prejudicado a actividade da salicultura, levando os proprietários a construir sistemas de drenagem e a proceder ao entulhamento das marinhas para atingirem a sua impermeabilização (L. Lopes, 1955), subindo também a cota dos compartimentos. De

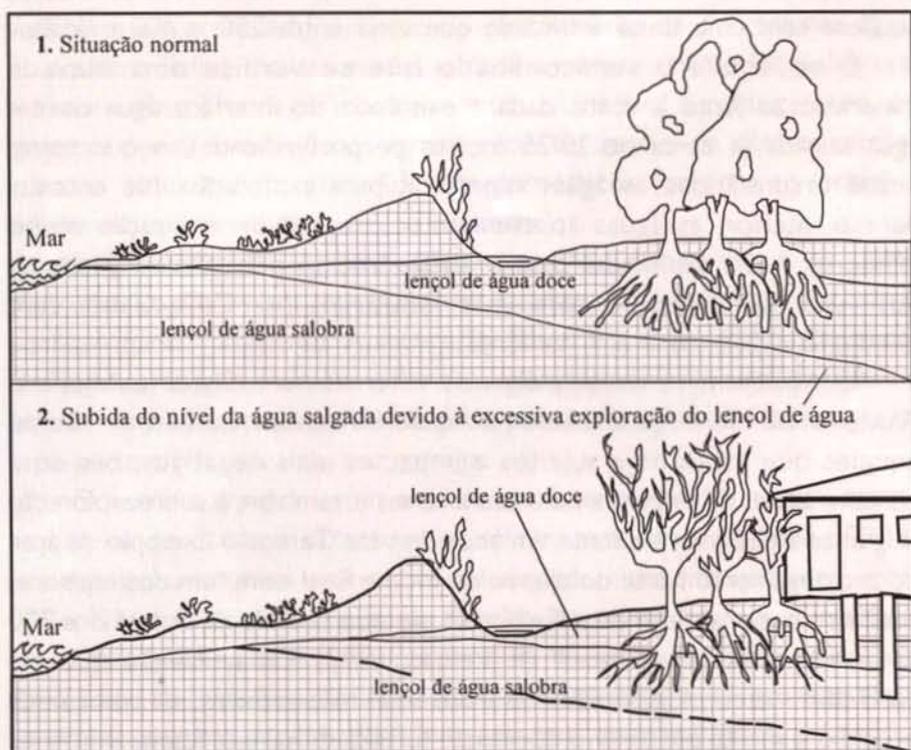


Figura 38 - Efeitos da pressão humana sobre o litoral, nomeadamente pela intensificação da extracção de águas subterrâneas (adaptado de GFANC, 1997).

qualquer modo, este procedimento de protecção relativamente à emersão das águas doces subterrâneas criou percursos alternativos, através da construção das valas e dos esteiros que têm funcionado bem em termos hidráulicos e que se adequam aos processos ambientais de forma dir-se-ia quase perfeita.

Deixa-se uma referência, ainda, às águas minerais da região, sobretudo as águas bicarbonatadas cálcicas e cloretadas (R. Rocha et al., 1981) que se encontram espacialmente concentradas nalgumas nascentes, as quais constituem um recurso com grande potencial económico, além de poderem integrar um sistema geral de monitorização da qualidade das águas subterrâneas.

3.5. Habitats e biótopos litorais

O estuário do Mondego é um território de grande valor ecológico e um dos últimos recantos da sub-região do Baixo Mondego onde as relações biológicas decorrem em condições próximas do estado natural, sobretudo no Braço Sul do Mondego e marinhas envolventes, incluindo uma grande parte da ilha da Morraceira que suporta actividades humanas tradicionais com reduzido impacte ambiental (P. Cunha et al., 1997), predominando as salinas e áreas inundáveis com sapais associados, embora seja crescente a superfície ocupada com aquaculturas tendencialmente intensivas (J. Ribeiro, 1998). As restantes áreas do sector distal do estuário encontram-se ocupadas fundamentalmente por arrozais e pequenas quintas agrícolas, algumas manchas de eucaliptal e, também, pelos povoamentos urbanos da Figueira da Foz e da Gala. Realce-se que os ecossistemas estão profundamente alterados pelo homem, quase não restando nada das formações primitivas nas áreas marginais do estuário, suas orlas ripícolas, sapais e bancos de vasa e areia, mantendo-se apenas os morraçais de sapal, dominados por *Spartina maritima*, relativamente pouco alterados, enquanto nos níveis superiores os gramatais (*Atriplex portulacoides* e *Arthrocnemum* sp.) e os juncais (*Juncus maritimus*) se encontram em grande parte substituídos por formações gramínoides diversificadas (Consulmar et al., 1991).

Talvez porque se trata de um território dominado pela propriedade privada, as autoridades nacionais não tenham sido sensíveis aos apelos de quantos pretendiam ver o estuário do Mondego incluído na Rede Natura

2000, condição que certamente contribuiria muito para a sua preservação (ver características gerais no Quadro A-1).

Nos terrenos das marinhas, devido ao intrincado sistema de salinas, valas de drenagem e esteiros, a zonação da vegetação é pouco nítida, sendo possível destacar, contudo, as seguintes formações, partindo do nível submareal para o supramareal (Consulmar et al., 1991; J. Alves et al., 1998):

— Vegetação aquática, com agrupamentos de espécies de águas salobra e salgada (*Zostera noltii*, *Zostera sp.*, *Ruppia sp.*);

— Vegetação dos sapais, onde predomina a *Spartina maritima*, a *Salicornia fragilis*, o *Arthrocnemum fruticosum* e a *Puccinellia maritima*, mas também agrupamentos de juncais (*Juncus maritimus* e *Scirpus maritimus*) e matas de tamargueiras (*Tamarix africana*);

— Mosaico de caniçais (*Phragmites communis*) e canaviais (*Salix sp.*, *Laurus nobilis* e *Rubus sp.*).

Deve referir-se que, nos terrenos do chamado "salgado", a Gramata (*Arthrocnemum*) é ainda mais resistente a teores elevados de salinidade do que a Morraça (*Spartina*), apesar desta ser a planta pioneira, uma vez que se instala em zonas onde o período a descoberto é mais longo, o que se traduz em maior salinidade no solo.

Na faixa intermareal, onde a massa de água funciona como refúgio e zona de alimentação, de crescimento e de reprodução para muitas espécies — graças às suas particularidades de amenidade, abrigo, riqueza de nutrientes orgânicos e minerais — sobretudo nos sapais de *Spartina maritima* e nos bancos de *Zostera noltii*, a biodiversidade é mais elevada e as populações das espécies em presença mais abundantes, sendo a salinidade (em substrato rochoso) e a granulometria (em substrato móvel) os factores que mais condicionam a macrofauna submareal (P. Cunha et al., 1997). Também a acção das zosteráceas é fundamental, uma vez que "mantêm na maré baixa uma grande quantidade de água que, em conjunto com as folhas, evitam variações bruscas da temperatura", o que se torna importante para a sobrevivência de grande número de espécies (M. Pardal & J. Marques, 1998).

Por outro lado, as zonas mais elevadas apresentam condições propícias à nidificação de aves aquáticas, nomeadamente nas salinas activas, no período de repouso, onde os viveiros e alguns compartimentos da superfície

evaporatória quase não sofrem perturbação humana directa e têm numerosa fauna de macroinvertebrados aquáticos que constituem uma grande fonte de alimento (R. Neves & R. Rufino, 1995). Veja-se que mesmo os arrozais a montante não exercem apenas e necessariamente uma pressão negativa sobre o meio ambiente estuarino, uma vez que nos seus charcos e valas encontramos copiosas populações de batráquios que constituem o alimento básico duma série de predadores (A. Maltez & C. Coelho, 1991).

A jusante, a evolução faz-se pela vegetação de dunas longilitorais, na qual se observa, também, uma distribuição espacial diferenciada (F. Gomes & F. Pinto, 1995):

a) Entre a praia e o sopé do talude da duna primária habitam as herbáceas como a *Cakille maritima* (*Eruca marítima*), o *Eryngium maritimum* (*Cardo marítimo*) e o *Elymus farctus*;

b) Na duna primária predominam as gramíneas como o Estorno (*Ammophila arenaria*), a Cevada marítima (*Hordeum marinum*), a Couve marinha (*Calystegia soldanella*), os Cordeiros-da-praia (*Otanthus maritimus*), a Morganheira (*Euphorbia paralias*) e a Granza (*Crucianella maritima*);

c) Entre a duna primária e a duna secundária predomina uma vegetação subarbustiva como a Madorneira (*Artemisia crithmifolia*) e a Perpétua-das-areias (*Helichrysum angustifolium*);

d) Na duna secundária a vegetação é arbustiva e subarbustiva, com destaque para a Sabina-das-praias (*Juniperus phoenicea*) e a Joina-das-praias (*Ononix natrix* spp. *hispanica*).

Estes ordenamentos, mais ou menos naturais, ou alterados, permitem que o estuário do Mondego funcione ainda como *habitat* permanente ou sazonal de inúmeras espécies animais que compõem "guildes" alimentares e de reprodução que são sustentados por muitas espécies que integram a cadeia alimentar, a começar pelas bentónicas, quer de substrato rochoso quer de substrato móvel, que revelam um papel fundamental no equilíbrio ecológico, na produtividade biológica e na depuração do meio ambiente, surgindo como dominantes:

a) Nos biótopos rochosos, as espécies *Mytilus galloprovincialis* (mexilhão), *Chthamalus stellatus* (cracas), *Echinogammarus marinus* e *Hyale stebbingi*, às quais se juntam, entre outras e relativamente bem representadas, *Melita palmata* e, sobretudo no Verão, *Carcinus maenas* (caranguejo vulgar);

b) Nos biótopos móveis (areia, areia siltosa, areia siltosa argilosa e silte argiloso) temos, onde domina a vasa, *Hydrobia ulvae*, *Nereis diversicolor*, *Cyathura carinata* e *Scrobicularia plana* (lambujinha), enquanto nos biótopos de areias se realça a relativa importância de *Cerastoderma edule* (berbigão) que atinge densidades de algum significado.

Entre as espécies dominantes e as que são mais estáveis, é de realçar, em ambos os períodos do ano e para os dois tipos de substrato, que *Hydrobia ulvae* e *Melita palmata* surgem entre as espécies mais abundantes, às quais se junta *Carcinus maenas* no Verão. Salienta-se, também, nesta estação do ano, a presença de *Capitella capitata* que aparece no estuário como das espécies mais abundantes nos biótopos de substratos móveis, sendo esta uma espécie ligada essencialmente aos sedimentos poluídos.

A estrutura da comunidade bentónica do estuário do Mondego, considerando apenas a zona intertidal, parece essencialmente condicionada pelo tipo de substrato, pela ausência ou presença de coberto vegetal nos biótopos de substrato móvel (*Spartina* e *Zostera*) e pelo nível batimétrico que determina o número de horas diárias de imersão, além do grau de salinidade e do hidrodinamismo que são mais importantes nas áreas próximas da embocadura (Consulmar et al., 1991).

No que diz respeito à comunidade piscícola, tendo por base o estudo de Jorge & Sobral (1989), foi verificada a presença de 37 espécies, com e sem interesse comercial, salientando-se, no primeiro caso, a presença de:

- Espécies marinhas, como a sardinha (*Sardina pilchardus*) e o carapau (*Trachurus trachurus*);
- Espécies estuarinas, especialmente os casos do robalo (*Dicentrarchus lebrax*) e do linguado (*Solea* sp.);
- Espécies migradoras, com destaque para a lampreia marinha (*Petromyzon marinus*), a enguia (*Anguilla anguilla*) e o sável (*Alosa alosa*), estando este último em situação de quase ausência na actualidade.

Deve referir-se que a maioria dos alevins e dos juvenis começam a ocorrer com significado a partir de Março/Abril, como acontece com os de robalo, solha, linguado, sargo e rodovalho, período em que também há a maior abundância de sardinha e carapau. Já a migração anedrómica das enguias (na forma de angulas) tem lugar todo o ano, mas com mais importância no inverno e praticamente insignificante nos meses de Verão.

Os "guildes" completam-se pela associação de muitas espécies animais, das quais assumem, ainda, particular importância (Consulmar et al., 1991):

— 112 espécies de aves, incluindo algumas cinegéticas como o pato real (*Anas platyrhynchos*) e o galeirão (*Fulica atra*) que estão aqui presentes todo o ano, bem como inúmeras espécies que apenas habitam no estuário ou de inverno ou de verão e que confirmam a importância deste território como sendo das áreas portuguesas mais importantes para a nidificação de aves migradoras, apresentando notáveis mutações sazonais na composição das comunidades presentes. Especialmente importantes são as da ordem *Charadriiforme* que inclui limícolas (*Haematopodidae*, *Recurvirostridae*, *Charadriidae* e *Seolopacidae*) que são espécies ligadas aos sapais e bancos de vasa e areia, onde prospectam e colectam a sua alimentação (vermes, crustáceos e outros invertebrados aquáticos);

— 6 espécies de anfíbios, das quais 3 são endémicas e 2 estão protegidas: a rela (*Hyla arborea*) e o sapo de unha negra (*Pelobates cultripes*);

— 6 espécies de répteis que têm distribuição periférica ao estuário e ocorrem apenas esporadicamente;

— 14 espécies de mamíferos que incluem a lontra (*Lutra lutra*) que é espécie protegida, a doninha (*Mustela nivalis*), a geneta (*Genetta genetta*) e a toninha (*Tursiops truncatus*), cuja presença comprova o potencial produtivo do estuário.

Todos estes componentes envolvem uma grande complexidade relacional que se traduz na distribuição espacial dos biótopos estuarinos, para a qual são utilizados os critérios de J. Vasconcelos (1986), no âmbito da aplicação do Programa CORINE ao território nacional e que são identificados pela seguinte ordem de agrupamentos:

1. Zonas costeiras e comunidades halófitas.

13. Estuário e trechos dos rios sujeitos às influências das marés. Inclui as águas, o leito e as margens do estuário, as comunidades bentónicas e as espécies de vertebrados que lhe estão directamente ligados.

14. Bancos de vasa e areia. Áreas sem vegetação, submersas temporariamente em cada maré e que constituem um grande número de ilhas instáveis, mas ocupando, também, extensas áreas nas margens do estuário. Facultam alimento a grande quantidade de espécies e, de forma característica, às limícolas.

15. Sapais e pastos salgados. Em pequenas manchas dispersas, albergam comunidades de plantas que são submersas pelas marés mais elevadas. Incluem todas as manchas de vegetação halófito continental e as salinas. Nestas últimas verifica-se a presença de elevado e diversificado número de espécies, em resultado das condições de abrigo, protecção e alimentação existentes. De entre as características dos sapais que os tornam áreas de eleição ambiental, realça-se o facto de constituírem um dos biótopos mais produtivos do meio terrestre, já que, à nossa latitude, as plantas que nele habitam se mantêm activas durante todo o ano, dispondo de enormes quantidades de matéria orgânica e nutrientes minerais, depositados quase diariamente pelas águas das marés (J. Alves *et al.*, 1998). Aliás, ao nível da flora, considera-se que os agrupamentos vegetais associados aos sapais, e também às estruturas ripícolas arbóreo-arbustivas, são os de maior valor ecológico, seja porque a biodiversidade estacional implica uma igual diversidade florística, seja pela ocorrência de raridades ou endemismos significativos (Consulmar *et al.*, 1991).

16. Praias e dunas de areia costeiras. Em geral cobertas de areia, em particular criadas por acção do vento (areias eólicas) e em parte colonizadas por comunidades vegetais que enquadram a frente marítima da área de estudo.

19. Ilhotas isoladas. Pequenas ilhotas com carácter instável, em grande parte submersas pelas marés de enchente, ocupadas por bancos de areia, vasa e por sapais nos trechos mais estáveis. Os seus isolamento e plainura fornecem segurança, sendo ocupadas como área de nidificação de certas espécies e como abrigo nocturno.

2. Águas não marinhas.

21. Lagunas. Pequenos corpos de água salobra, formados a partir do estuário e colmatados, estando separados dele por bancos de areia ou vasa, ou ainda por pequenos diques em valas.

22. Corpos de água doce estagnada. Paúis e charcos naturais, contendo água não salina, onde se incluem canais e outros corpos de água lântica criados pelo homem.

24. Águas correntes (lóticas). Rios e outros cursos de água.

5. Pântanos e paúis.

53. Vegetação ribeirinha. Canaviais, caniçais e outras comunidades das margens dos cursos de água e dos charcos eutróficos. Constituem um

biótopo importante de alimentação, refúgio, dormida e nidificação (especialmente para passeriformes insectívoros e espécies da família *Rallidae*, como o galeirão e a galinha de água) que importa proteger e distribui-se por manchas mais ou menos extensas que se concentram em dois sectores principais:

a) A Este, entre as comportas do Alvo e as margens do Mondego, dominando os juncais ao longo de uma faixa de 1,5 Km e as pequenas manchas de caniçais que ocupam as marachas entre os canteiros de arroz;

b) Na zona oriental da ilha da Morraceira, ocupando uma vasta mancha de salinas abandonadas há anos, numa área de juncais e caniçais de grande dimensão.

8. Áreas agrícolas e paisagens muito artificializadas. Áreas onde a vegetação natural foi totalmente modificada ou substituída devido a práticas agrícolas, a urbanização, ou a industrialização. Destacam-se neste território:

82. Culturas arvenses.

82.2. De regadio ou inundadas, como os arrozais, que ocupam um vasto sector dominante na parte leste das orlas do estuário que atrai uma fauna característica.

83. Plantações de choupos ou outro arvoredos exóticos (caso do eucalipto).

84. Sebes de compartimentos e árvores de alinhamento.

86. Áreas urbanas e industriais.

Trata-se de um mosaico complicado, muito exposto à mudança, com inúmeras interacções cruzadas de ordem regional, nacional e mesmo internacional, que obriga a ir mais além do que a simples consideração do estuário do Mondego como "área de interesse para a conservação", apostando decididamente na sua classificação como "território protegido", pelo menos do sector que abrange a Ilha da Morraceira, o Braço Sul e terrenos marginais do salgado e do rio Pranto, incluindo a maior parte da Quinta do Canal.

Apesar de as áreas protegidas terem, na maioria das vezes, um carácter "insular" que as coloca em dissonância com o meio envolvente, mas sempre vítimas das actividades marginais (A. Carvalho, 1992), é fundamental avançar com medidas de protecção e de gestão integrada (tendo em conta os Planos de Bacia Hidrográfica) que evitem a rápida degradação e a contínua redução dos territórios potencialmente mais

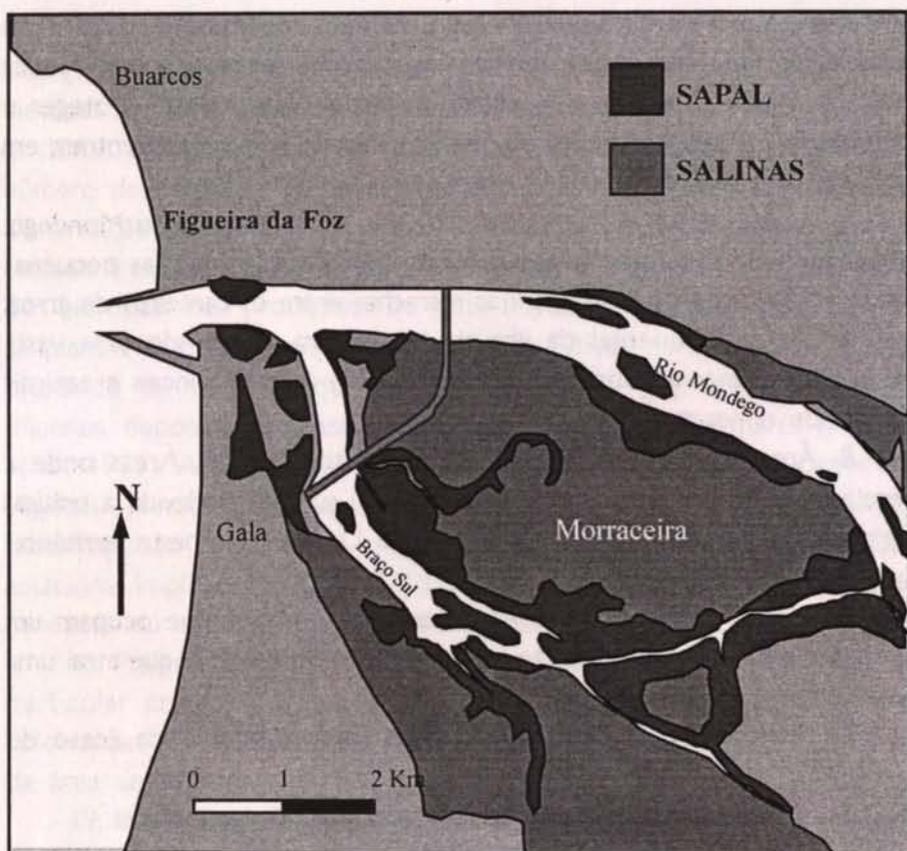


Figura 39 - Esboço da distribuição das áreas de sapal e de salinas no estuário do Mondego, segundo a carta de distribuição de biótopos de Marques *et al.*, 1984 (adaptado de P. Cunha *et al.*, 1997), hoje profundamente alterada pela redução drástica das áreas de sapal, bem como pela transformação e degradação das salinas.

importantes do ponto de vista ambiental (Fig. 39), devidas à expansão desordenada das actividades económicas e aos seus impactes colaterais.

3.6. Interacções entre o estuário e a zona costeira envolvente

A complexidade das interacções estabelecidas entre áreas mais ou menos próximas do ecossistema estuarino, quer em direcção à terra quer ao longo da costa, leva à necessidade de haver abordagens integradas das problemáticas levantadas, por forma a que o próprio conceito de "contínuo

natural" possa assumir pleno significado no aprofundar do conhecimento sobre as articulações que existem entre os diversos ambientes.

Em primeiro lugar, consideramos os *inputs* do oceano no estuário como extremamente importantes na determinação dos níveis de água do litoral, a sua variabilidade e características físico-químicas que influem na morfologia e na sedimentologia, jogando um papel importante na orientação da costa, na adaptação ao clima de agitação marítima e no próprio movimento das espécies pelágicas.

Os estudos hidrodinâmicos que vêm examinando as relações entre os fluxos dos canais e a morfologia da bacia estuarina têm-se concentrado nas mudanças observadas dentro dos próprios canais e dos bancos (D. Duarte et al., 1991; Consulmar et al., 1991; P. Cunha et al., 1997), não havendo grande preocupação com os efeitos projectados além das margens mais ou menos alargadas do estuário. Há, sim, uma grande limitação do conhecimento àcerca da influência que o estuário exerce nos ambientes litorais adjacentes, em termos de fluxos de água, transporte de sedimentos, trocas químicas e usos pela fauna.

Sabemos que os peixes e os crustáceos utilizam os riachos pantanosos submareais, a superfície estuarina intermareal, os leitos de grama marinha e os depósitos lodosos durante períodos da sua alimentação diária, fuga aos predadores e desova, mas é insuficiente a apreciação sobre as escalas temporais e espaciais que vêm afectando a articulação de *habitats*, relativamente a cada espécie e associações de espécies, não se sabendo bem quais os limiares críticos de cada um dos *habitats* para realizarem as funções hoje conhecidas (K. Nordstrom & C. Roman, 1996). Ou seja, são necessários estudos aprofundados sobre os quantitativos essenciais para a manutenção de populações viáveis, a sua mobilidade e interdependências específicas que permitam, num quadro de evolução monitorizada, antever os efeitos das alterações do meio, como parece estar a acontecer no Braço Sul, por exemplo, em relação à área de distribuição da *Zostera* (M. Pardal & J. Marques, 1998), a qual acaba por desempenhar as funções de biomarcador relativamente a todo um espaço em mudança.

As interacções entre os ambientes costeiros, litorais e a montante do estuário têm uma natureza hierárquica, o que significa que, provocando mudanças numa pequena parte do sistema, as consequências podem alargar-se a áreas muito maiores, por vezes com riscos associados

incalculáveis. Vejam-se os exemplos da transformação de uma zona costeira de praia dissipativa em praia reflexiva, como acontece no troço entre a Figueira da Foz e o Cabo Mondego; ou as mudanças impostas às dunas primárias, criando instabilidade e mobilidade no sistema dunar a sul do Cabedelo (Cova-Gala); e a forma como estes processos se intensificam face à redução drástica dos sedimentos que são hoje disponibilizados por via fluvial, tendo em conta a regularização e a represagem da quase totalidade dos rios.

As rápidas transformações dos ambientes sedimentares têm implicações na interacção litoral-estuário e nas características paisagísticas e ecológicas peculiares deste território, "uma vez que os sistemas sedimentares, com a sua dinâmica e litótipos próprios, são biologicamente específicos" (P. Cunha *et al.*, 1997), embora normalmente seja atribuída pouca importância a estes encadeamentos.

Também é verdade que não tem havido investimento suficiente na investigação ambiental e que as medidas oficiais, nomeadamente no campo legislativo, têm respondido com algum atraso e, também, desadequação face à realidade, não conseguindo criar mecanismos efectivos de protecção e preservação, antes insistindo na ineficaz sobreposição de competências dispersas que estão na origem das contravenções permanentes e graves que afectam a faixa costeira portuguesa. Esta, por seu lado, não tem sido muito nitidamente definida (G. Carvalho, 1991), apesar dos variados diplomas que pretendem defendê-la, verificando-se a permanente interrupção do enquadramento legal — como acontece, por exemplo, na limitação imposta aos POOCs (Planos de Ordenamento da Orla Costeira) dentro do perímetro do DPM (Domínio Público Marítimo) — impossibilitando que se faça uma gestão racional e integrada de toda a zona costeira, a qual terá de ser entendida, necessariamente, como um "continuum" de relações interactivas. A continuidade, por seu lado, também é um conceito temporal, muito dependente das dinâmicas evolutivas.

Saliente-se que a própria área litoral da REN inclui zonas emersas e submersas e que, independentemente de não haver ainda muita informação sobre as segundas, existem limites variáveis no tempo que não têm sido contemplados nos PDMs (Planos Directores Municipais), nomeadamente no que respeita aos espaços costeiros (A. Pereira *et al.*, 1995) que podem migrar para o interior a taxas por vezes muito aceleradas.

4. ESCALAS DE ANÁLISE DOS IMPACTES ANTRÓPICOS NO ESTUÁRIO DO MONDEGO

O aprofundar do conhecimento sobre o património natural do estuário do Mondego e impactes que sobre ele se fazem sentir permite compreender, de forma mais objectiva, o grau de interdependências a que este território se encontra ligado, num sistema que envolve as regiões circunvizinhas e que tem na acção humana a raiz duma arquitectura paisagística que começou a desenhar-se sobretudo nos séculos procedentes à criação da nacionalidade. A própria densidade de ocupação da bacia variou sempre em função da maior ou menor dificuldade de aproveitamento dos recursos, chegando A. Martins (1940) a considerar que, na orla mesozóica, "as ricas aluviões quaternárias transformaram-se em colmeia imensa, enquanto alguns calcários do Liássico, os conglomerados e os arenitos do Mioceno, as areias pliocénicas e as dunas modernas provocaram o vácuo de população".

É claro que estas são razões parciais para a concentração populacional e que até os condicionalismos físicos mudaram significativamente ao longo dos tempos, impondo também contrariedades nas áreas baixas mais atractivas — devidas quer ao arroteamento de vastas superfícies da bacia hidrográfica (após o Séc. XII) quer à destruição do coberto vegetal (intensificada a partir do Séc. XV) — projectando a criação de um território em permanente transformação até aos nossos dias. Tanto que no Baixo Mondego o drama principal passou a ser o assoreamento e a inundação das terras marginais, o enchimento e colmatação de muitos sectores do leito, atribuindo um carácter irregular e instável ao percurso

do rio e impossibilitando a navegação, inclusive junto à foz, o que levou o homem a procurar soluções que nem sempre se revelaram as mais adequadas. De qualquer modo, impunham-se medidas concretas, pois a barra do porto da Figueira da Foz chegou a estar mais de 2 quilómetros para sul da sua posição actual, devido a uma extensa língua de areia com direcção N-S que se prolongava precisamente para sul do Forte de Santa Catarina (M. Santos, 1998).

Anteriormente, já os reis D. João II e D. Manuel I tinham procurado combater as causas do grande arrastamento de sedimentos para o rio — frequentemente com origem nas queimadas — tentando diminuir os efeitos desastrosos da conjugação entre a ocupação da bacia superior e o regime semi-torrencial do Mondego.

A água coloca-se, assim, mais uma vez, no centro das interdependências regionais e é o elemento que está na base de todas as actividades económicas aqui desenvolvidas, bem como da distribuição da população residente, sobretudo no troço final de 20/30 quilómetros (e áreas envolventes) que é extremamente sensível a diversos impactes provenientes de uma bacia habitada por cerca de 720.000 pessoas. Estas encontram-se distribuídas por 37 concelhos e, no sector inferior (mais populoso), têm consumos de água que vão dos 5.000 m³/dia, na Figueira da Foz, aos 26.000 m³/dia em Coimbra e concelhos limítrofes, além do abastecimento dos 14.000 ha de solos agrícolas do Baixo Mondego que exigem perto de 850.000 m³/dia na ponta do verão (A. Relvão, 1998).

A densidade e o tipo de ocupação originam grandes descargas de efluentes urbanos e industriais, ainda pouco tratados, além de elevadas concentrações de produtos fitofarmacêuticos usados na cultura do arroz, dos esgotos contaminados das pecuárias e, ainda, toda uma série de impactes complementares que continuam a incluir os fogos florestais a montante; a introdução de espécies exóticas florísticas (acácias, erva-pinheirinha, chorão) e faunísticas (lagostim vermelho); e até o abate indiscriminado de espécies por uma caça desregrada e desordenada que, entre outros efeitos, intoxica os solos e as águas com o chumbo dos projecteis, constituindo estes "riscos inconscientes dos quais a comunidade no seu todo começa agora a pagar a sua factura" (A. Carvalho, 1992).

É o próprio Ministério do Planeamento e Administração do Território que reconhece em relatório oficial (MPAT, 1988) que a interacção negativa

entre os sistemas urbano-industriais e os sistemas hídricos tem provocado desequilíbrios como a degradação das zonas húmidas, a contaminação de aquíferos (sobretudo por biocidas, fertilizantes e metais pesados) e a impermeabilização de áreas drenantes (com ocorrência de inundações a jusante); além de, ao nível da ocupação e uso dos solos, se verificar o esgotamento das reservas de água dos aquíferos, a desertificação e erosão dos solos (com perda da capacidade de retenção de água) e a sobreexploração das cabeceiras dos rios, gerando fortes impactes a jusante (diminuição dos níveis freáticos e cheias), entre outros.

Este quadro acentua-se na actual fase de transgressão marinha (subida do nível do mar), mas também com a destruição dos ecossistemas costeiros, com a alteração morfodinâmica das dunas e das praias e, claro, com o enfraquecimento das fontes aluvionares, um processo que é agravado pela construção de esporões e outras obras aderentes (F. Gomes & F. Pinto, 1995; C. Vicente & M. Pereira, 1997). Efectivamente, no que diz respeito aos fluxos sedimentares, as actividades humanas interferem essencialmente em dois sistemas distintos:

a) No sistema terrestre, através da retenção de sedimentos do agrupamento de barragens Aguireira-Raiva-Fronhas e Açude de Coimbra, da regularização de caudais, das extracções de areia para abastecimento da indústria de construção civil e das dragagens no estuário para melhoramento das condições de navegabilidade;

b) No sistema oceânico, onde se verifica a maior retenção de sedimentos em esporões e nos molhes de protecção da embocadura, mas também devido a extracções nas praias e dunas para abastecimento da indústria de construção civil (situação que neste sector costeiro terá de ser drasticamente reduzida).

Deste modo, podem identificar-se as principais mudanças que acompanharam a evolução da área estuarina do Mondego e região envolvente nas últimas décadas (P. Cunha *et al.*, 1997; J. Ribeiro, 1998):

— Modificações da morfologia do estuário e da faixa litoral adjacente, em resultado principalmente da construção dos molhes do porto e das subsequentes obras de protecção costeira;

— Alteração da dinâmica sedimentar das áreas estuarina e fluvial, em consequência da regularização da bacia hidrográfica;

— Expansão urbana para o estuário, campo de dunas eólicas e praias;

— Crescimento de áreas industriais sobre o território estuarino e do campo dunar;

— Sobreocupação de praias com equipamento de apoio (por vezes pesado) e grande densidade demográfica sazonal que tem provocado a destruição da vegetação dunar;

— Desenvolvimento da aquacultura e da cultura do arroz, em substituição, respectivamente, da salicultura e das culturas agrícolas tradicionais;

— Recuo generalizado da linha de costa (acentuadamente erosivo) que se deve a dinâmicas gerais e à conjugação destas com impactes antrópicos localizados.

O Quadro XII dá uma perspectiva dessa evolução, havendo apenas a necessidade de clarificar alguns dos dados expressos para que seja mais precisa a informação que proporciona. Vejam-se dois exemplos:

— A área de praia é muito dependente do areal "capturado" em frente à cidade da Figueira da Foz, não sendo contemplada uma avaliação por sectores críticos;

— A evolução da área de aquacultura não corresponde, de facto, ao desenvolvimento real desta actividade, uma vez que a sua implantação apenas se verificou a partir do final da década de 80 (após a adesão de Portugal à CEE).

Quadro XII - Evolução percentual da área ocupada por cada unidade em várias coberturas de Fotografia Aérea — área de estudo com 19 Km de comprimento (entre os meridianos do Cabo Mondego e de Montemor-o-Velho) por 9 Km de largura (entre os paralelos do Cabo Mondego e do Alqueidão) — de acordo com P. Cunha et al (1997).

ANO	Substrato	Mar	Praia	Cordão Dunar	Campo Dunar	Fluvial e Estuarino	Terrenos Agrícolas	Arrozais	Salinas	Aquacultura	Urbano e Industrial
1947	32,5	6,5	1,0	0,3	4,3	7,5	10,9	24,3	4,1	1,6	7,0
1958	32,5	6,5	1,0	0,3	4,3	7,5	10,9	24,3	4,1	1,6	7,0
1977	32,7	6,5	1,4	0,2	3,9	7,2	9,9	24,2	3,9	1,4	8,5
1982	33,1	6,5	1,4	0,3	3,4	6,8	8,7	24,8	3,6	1,7	9,7
1990	35,0	6,5	1,2	0,3	2,7	6,2	6,7	25,7	3,3	1,9	10,1

Além disso, foi realmente nos anos 90 que se verificou o maior incremento da artificialização e degradação deste território, com impactes no estuário e na costa adjacente que importa avaliar agora de forma continuada.

4.1. A crescente artificialização da zona costeira atlântica

A zona costeira da Figueira da Foz, à parte algumas especificidades do território húmido estuarino, sofre no seu conjunto o mesmo tipo de pressões que universalmente mais têm contribuído para alterar a harmonia das relações entre o oceano e as superfícies emersas que estão sob a sua influência directa. E se é verdade que há processos naturais evolutivos que, de certo modo, exigem medidas correctivas e acções físicas planificadas, na maioria dos casos são as actividades económicas e a sobreocupação humana concomitante que têm provocado desequilíbrios e fragilidades no meio ambiente, o que tem consequências reconhecidamente graves para esta zona costeira (F. Gomes & F. Pinto, 1995; C. Borrego, 1996; P. Cunha *et al.*, 1997; J. Ribeiro, 1998):

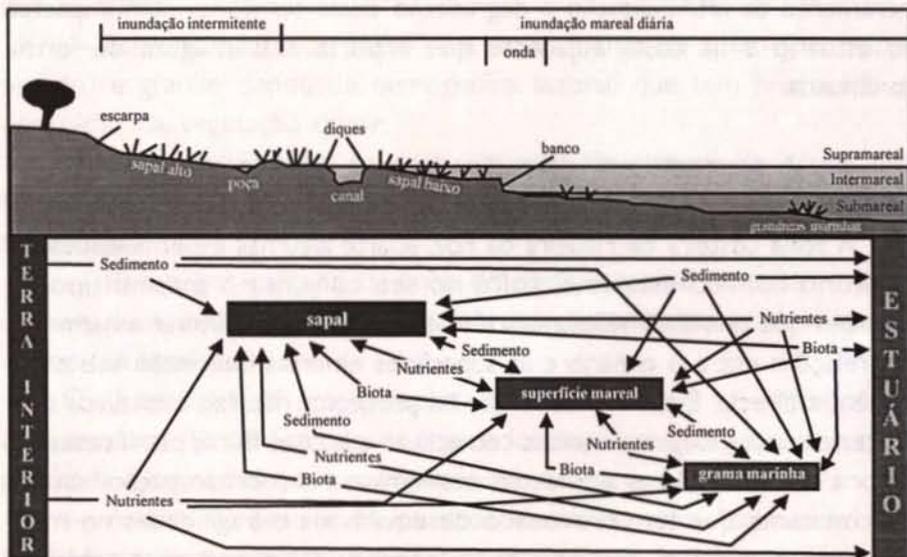
1. Degradação dos recursos hídricos, assumindo proporções preocupantes os volumes de resíduos líquidos orgânicos, agrícolas e industriais desta grande bacia hidrográfica. Vem-se assistindo ao incremento da poluição física, química e orgânica, devido à intensificação da agricultura no Baixo Mondego e ao alargamento do perímetro urbano e industrial, com o consequente débito de efluentes para o estuário e zona costeira adjacente;

2. Destruição de ecossistemas sensíveis, quer no estuário quer no sistema dunar. Verifica-se o alargamento da área antropizada que vai ocupando progressivamente os sistemas sedimentares até então activos (áreas de sapal, margens lodosas, cordão dunar), conquistando mais terras emersas, mas empobrecendo generalizadamente as relações bioquímicas, o que trará resultados a prazo imprevisíveis (Fig. 40);

3. Degradação paisagística e poluição visual, devido ao desenquadramento e descaracterização urbanística, à monotonia que algumas actividades impõem, à volumetria e às estruturas pesadas que interferem com os processos naturais;

4. Erosão da linha costeira, acentuada pelas obras de protecção (esporões, molhes, enrocamentos), sobretudo junto a alguns núcleos

1. SAPAL



2. SAPAL "RECUPERADO"

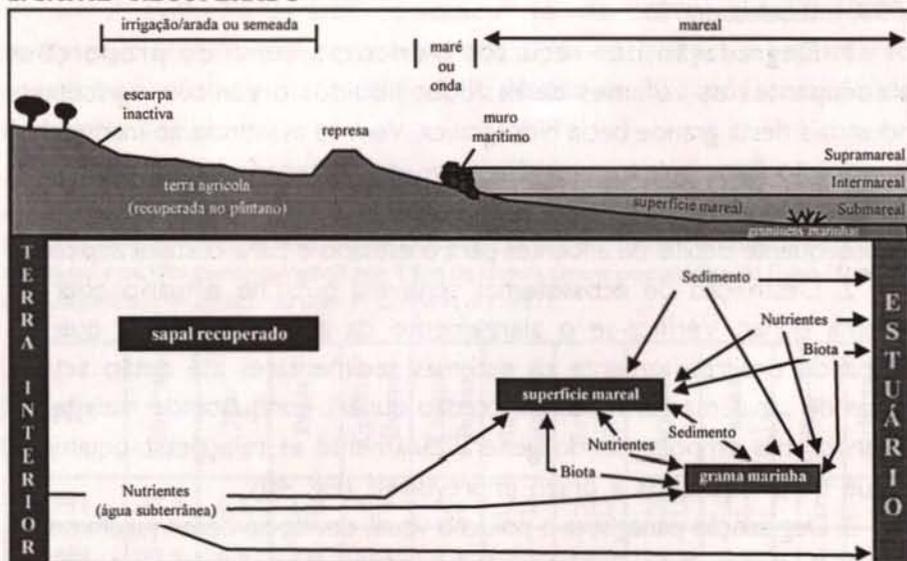


Figura 40 - Processos dominantes e relações entre ambientes estuarinos litorais, as terras interiores e as partes mais profundas do estuário. Estão descritas as interações entre sedimentos, nutrientes e biotas e as alterações introduzidas com a transformação de parte da superfície do estuário com objectivos agrícolas (adaptado de C. Roman & K. Nordstrom, 1996).

urbanos em expansão, com especial destaque para aqueles que se situam a sotamar da barra portuária (Foto 5);

5. Acumulação de areias em zonas específicas (casos da embocadura da barra e de certos sectores do estuário) dificultando a navegação e acentuando o emagrecimento de algumas praias.

Devem considerar-se, também, os impactes relacionados com o aumento do nível médio das águas do mar, situação que tem intensidades diferenciadas consoante as características de cada troço costeiro e cujos efeitos principais podem expressar-se em: aumento da intensidade da agitação marítima, aumento do prisma de maré, aumento da erosão costeira e do risco de inundações, aumento da salinidade no estuário e aumento da dinâmica sedimentar. Para mais, os efeitos no litoral português serão previsivelmente agravados, dadas as fracas altitudes da faixa costeira e por ser uma costa arenosa pouco protegida por afloramentos rochosos naturais (F. Gomes & F. Pinto, 1995), além de se constatar que as actuais geoformas da frente marítima constituem um risco acrescido perante a subida das águas do mar, agravado se houver associação a deformações tectónicas que a incrementam (G. Carvalho & H. Granja, 1993). Por outro

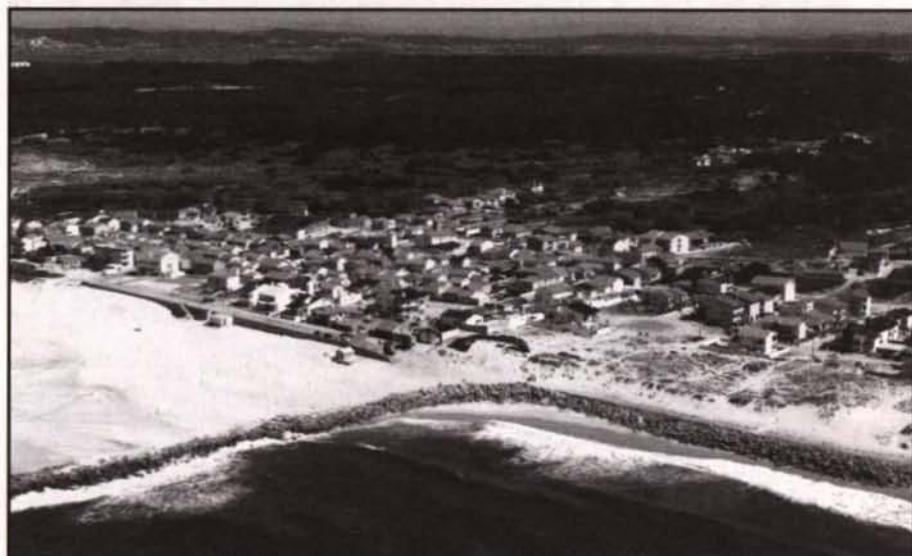


Foto 5 - Esporão transversal para retenção do areal de praia na povoação da Costa de Lavos. A erosão acentuada a sotamar desta estrutura obrigou à implantação de enrocamento aderente para evitar o recuo da duna primária (17/09/1994).

lado, o enfraquecimento irreversível das fontes aluvionares pode conduzir a uma rotação progressiva da linha da costa em troços arenosos (F. Ramos, 1997), o que traria implicações dramáticas num cenário conjugado com a meteorologia e a agitação marítima.

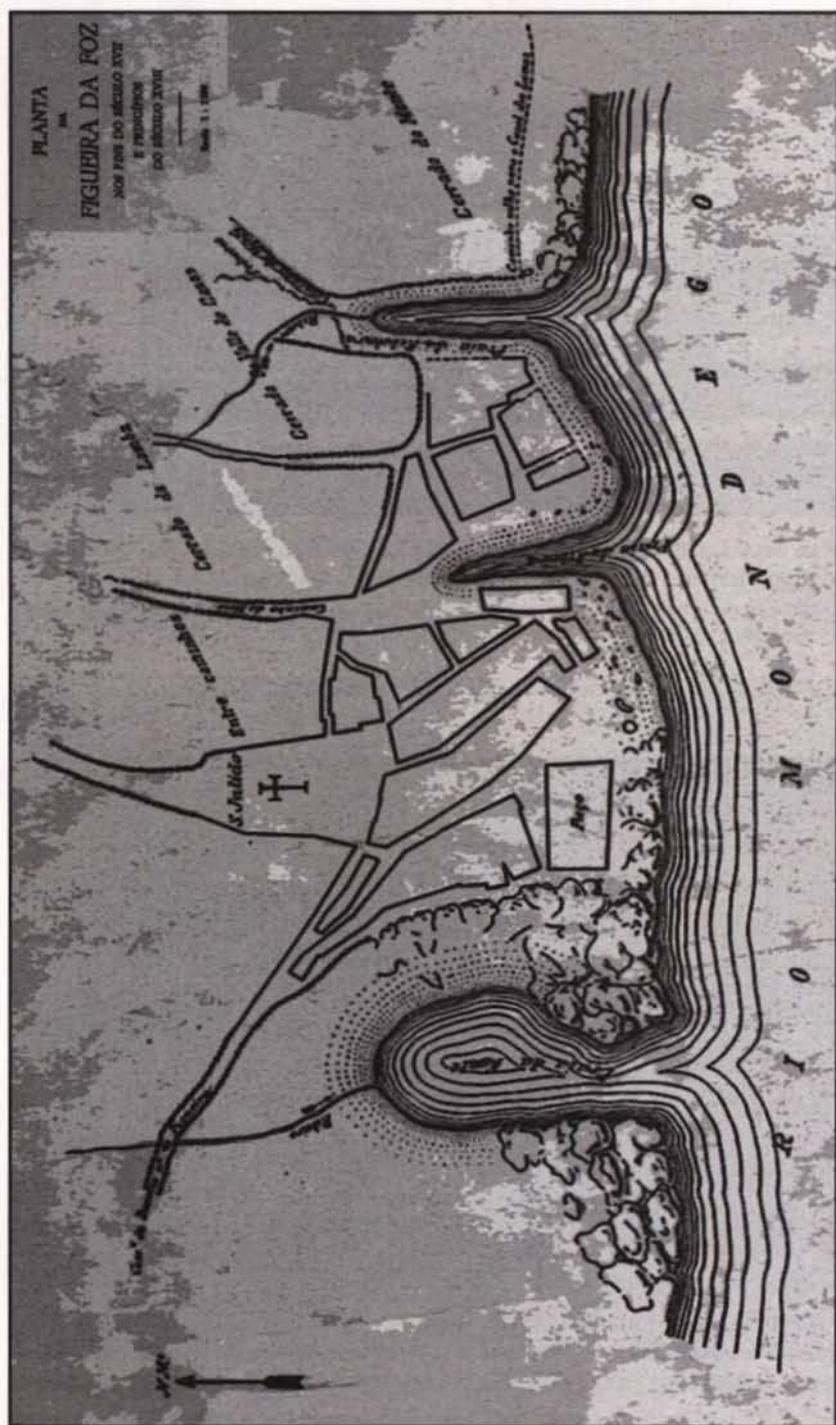
Noutra perspectiva, a progressão incontrolada das áreas edificadas, não só junto mas sobre os sistemas litorais, com a construção de infraestruturas de transporte, nomeadamente portuárias (molhes, enrocamentos, canais regularizados, docas) conduziu, em pouco mais de um século, a uma brutal artificialização do estuário do Mondego, o qual perdeu uma grande parte da sua riqueza natural.

Ainda no início do séc. XVIII, toda a margem ribeirinha junto à foz era um imenso paraíso ecológico (M. Pinto & R. Esteves, 1945) com uma área urbana recuada e que usufruía de paisagens hoje quase completamente apagadas da memória colectiva local (Fig. 41):

- A Praia da Reboleira deu lugar à Praça Nova;
- A Praia da Ribeira também foi aterrada, surgindo em seu lugar a Praça Velha e o Largo Luis de Camões;
- A Praia da Fonte alargava-se pelo actual Jardim Municipal e vale das Abadias.

As pressões para o alargamento portuário e urbano acentuaram-se progressivamente, expandindo as áreas edificadas e a edificar, para o que certamente tem contribuído a evolução demográfica positiva no concelho da Figueira da Foz que tem contrariado a tendência geral do país (CEDRU, 1993) e, mais particularmente, a da subregião do Baixo Mondego. Por isso e por incúria da administração, vemos as áreas urbanas invadirem as praias e as dunas (Foto 6), alterando os equilíbrios morfológicos e motivando a construção de obras de protecção que induzem outros problemas de erosão (F. Gomes & F. Pinto, 1995), como seja o rápido encurtamento das praias (Foto 7), ou o desvio de sedimentos da deriva litoral para profundidades superiores e acentuada erosão a sotamar das estruturas.

Este último, sendo um problema central na discussão sobre o ordenamento da faixa costeira, não tem obtido a unanimidade sobre as soluções mais viáveis que podem escolher-se. Efectivamente, as posições situam-se essencialmente entre os que propõem "retiradas" em troços alargados e os que defendem a necessidade de obras de protecção.



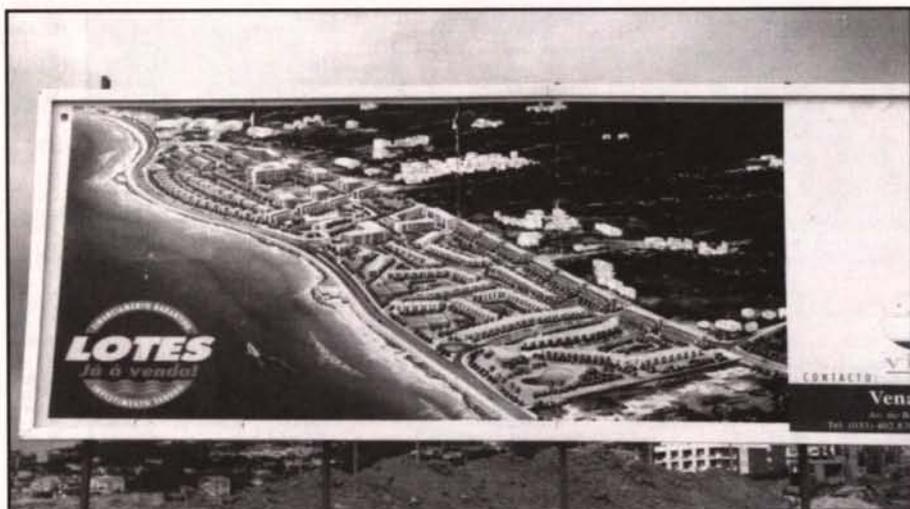


Foto 6 - Para além dos limites do razoável em termos de pressão sobre o litoral e ignorando as deliberações do Ministério do Ambiente e o próprio Domínio Público Marítimo, inicia-se em 1998 a construção de um grande aldeamento turístico no troço costeiro que tem estado sujeito a erosão acentuada (12/04/1998).

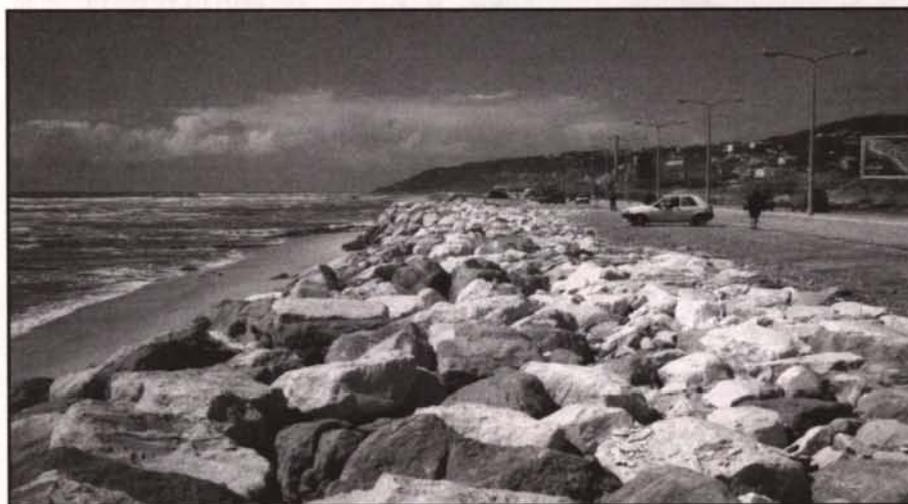


Foto 7 - Exemplo dos sucessivos erros que têm vindo a cometer-se na designada marginal oceânica da Figueira da Foz (Buarcos-Cabo Mondego) — desde a sua construção e alargamento até à expansão urbana referida na foto anterior — levando, invariavelmente, ao reforço da protecção pesada longilitoral. Esta, ao encurtar a praia, reflecte a energia da ondulação, acentuando a retirada de areia.

Os que propõem retiradas pretendem atingir um equilíbrio geral, receando os efeitos que têm tendência a tornar-se mais graves sobre os povoados costeiros, como são os casos da Cova-Gala, da Costa de Lavos e da Leirosa (ver modelo da Fig. 42),

Na situação A, as casas assinaladas com 1 e 2 foram imprudentemente construídas sobre a duna marginal (primária) e são afectadas pelas tempestades e erosão sedimentar, o que não acontece mais a sul com as casas 3 e 4, instaladas atrás das dunas. Na situação B, constroem-se esporões para alargar a praia (protegendo as casas 1 e 2), mas os esporões interferem na deriva litoral e retêm sedimentos a barlar, provocando o défice sedimentar a sotamar e conseqüente recuo da praia. Isto conduz as vagas para próximo das casas 3 e 4, o que obriga à construção de mais esporões para a retenção de areias, transferindo sucessivamente o problema para a costa mais a sul e criando uma engrenagem da qual não é mais possível sair.

Muitos investigadores (como H. Granja & G. Carvalho, 1994) consideram que as estruturas pesadas não resolvem o problema da

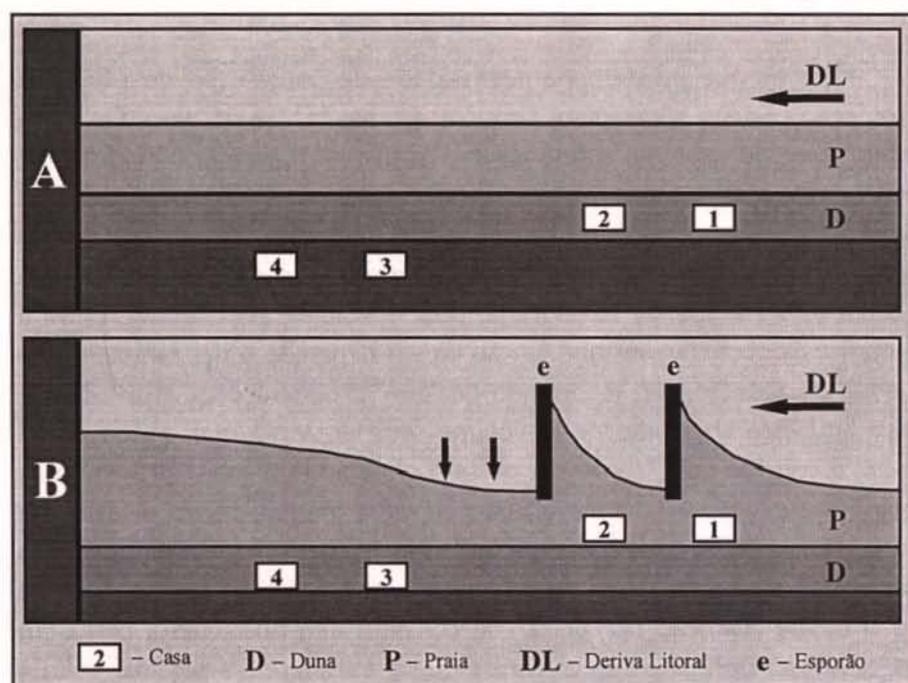


Figura 42 - O efeito da construção de esporões sobre o litoral, em situação de déficit de alimentação sedimentar. Adaptado de O. Pilkey et al (1978) à costa centro de Portugal.

instabilidade, uma vez que as praias não vão parar de perder areia, assim como a costa rochosa estará cada vez mais exposta na baixa-mar, sendo aqui tal situação confirmada pela sensibilidade de alguns troços, como o sector entre Buarcos e o Cabo Mondego (Fotos 8a e 8b) que é muito dependente da variabilidade das condições meteorológicas.



Fotos 8a e 8b: Um exemplo bem elucidativo de um período de erosão acentuada desta costa: evolução verificada na enseada de Buarcos (à esquerda, 27 de Agosto de 1995 e, à direita, 5 de Dezembro de 1997).

Aqueles que insistem na necessidade de construção de obras de protecção costeira apresentam também algumas razões de peso. De entre estes, serve de exemplo a tese defendida por I. Oliveira (1997) que põe, desde logo, a questão da legitimidade de se pretender reduzir as taxas de erosão a sotamar, numa determinada secção, impondo ao trecho a barlarar protegido a perda definitiva do areal que lhe resta e o defende. Isto porque a solução seria apenas temporária, pois o volume sedimentar retido a barlarar da obra transversal é função da sua dimensão e das características médias da agitação, não resolvendo qualquer problema erosivo a sotamar, caso houvesse libertação deste volume sedimentar. O que, sendo assim, levará a concluir que, "com obra ou sem obra, a prazo mais curto ou mais longo, a evolução a sotamar acaba por ser a mesma: recuo da linha da costa"; enquanto a barlarar a evolução do trecho é bem distinta, com a manutenção da linha litoral numa posição estável. Quer dizer, o esporão ou o molhe acabarão por deixar de constituir um obstáculo à passagem do caudal sólido e o défice alimentar que é transmitido a sotamar volta a ser igual ao recebido a barlarar, num caudal afluyente que terá uma "taxa ou coeficiente de transporte" próxima de 100% (Fig. 43).

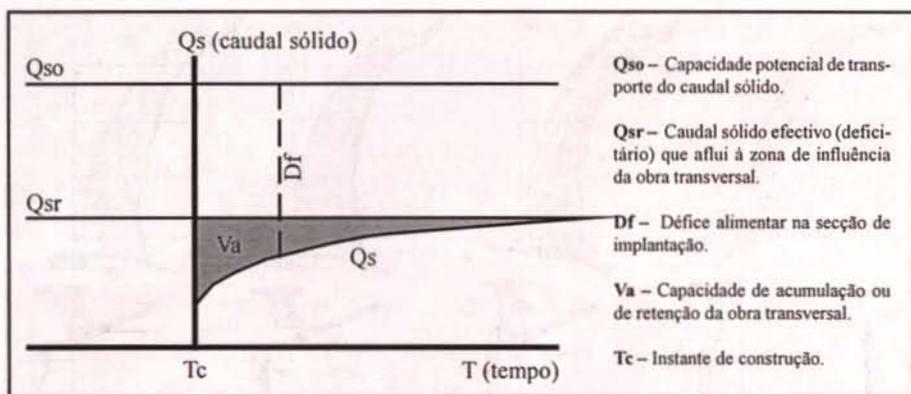


Figura 43 - Caudal sólido (Q_s) na secção de implantação de uma obra transversal (simplificado de I. Oliveira, 1997).

A solução para evitar a erosão temporária a sotamar passaria, nesta perspectiva, pelo enchimento artificial do volume (V_a) que esgote de uma vez só a capacidade de retenção sedimentar da obra transversal.

No entanto, ninguém pode garantir que não se geram correntes de retorno ("rip currents") que arrastem os sedimentos para profundidades tais que já não possam ser mobilizados pela ondulação costeira, o que constitui um agravamento das condições de instabilidade a sotamar da obra. Mas, apesar desse risco, é ainda I. Oliveira (1997) a pretender tirar fundamento a estes receios, uma vez que os esporões (que atingem a batimetria máxima de -5 ZH), "não têm capacidade para induzirem correntes que arrastem as areias até às profundidades (-20 , -30 ZH) onde a onda deixa de ter capacidade para arrastar a areia de fundo". Isso parece confirmar-se na Figueira da Foz, mesmo considerando os molhes portuários, a barlar dos quais se verificou o recuo em direcção ao oceano da linha da preia-mar que chegou a provocar um acréscimo total de 60 hectares da área emersa entre 1965/66 e 1983 (F. Gomes & F. Pinto, 1995) e, pelo contrário, o acentuado recuo da faixa de praia a sotamar, situação que posteriormente teve tendência a caminhar para uma certa estabilização (Fig. 44). Mas, deve dizer-se que essa estabilização foi conseguida com a reposição sedimentar (a sotamar da barra) de parte dos inertes provenientes das dragagens portuárias.

De qualquer modo, mesmo com a capacidade de saturação do molhe norte quase atingida, a deriva sedimentar nunca retomou os

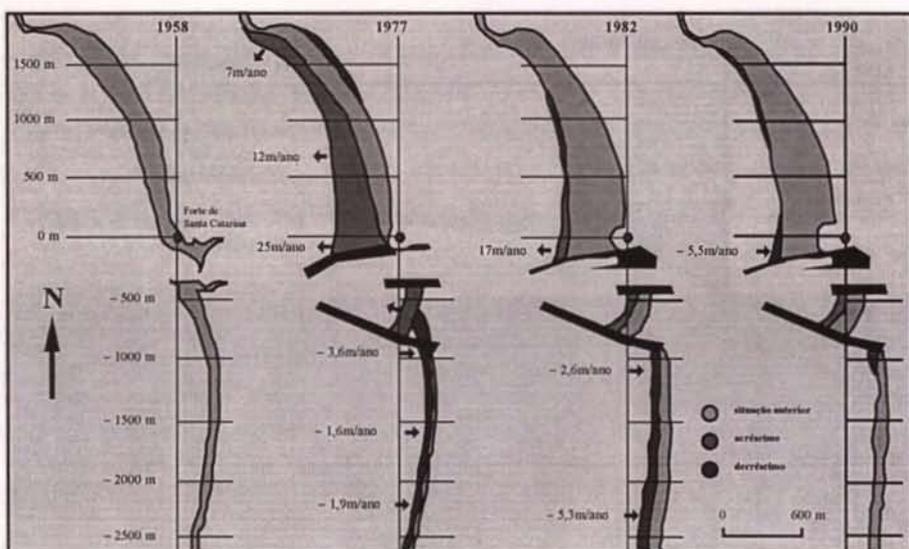


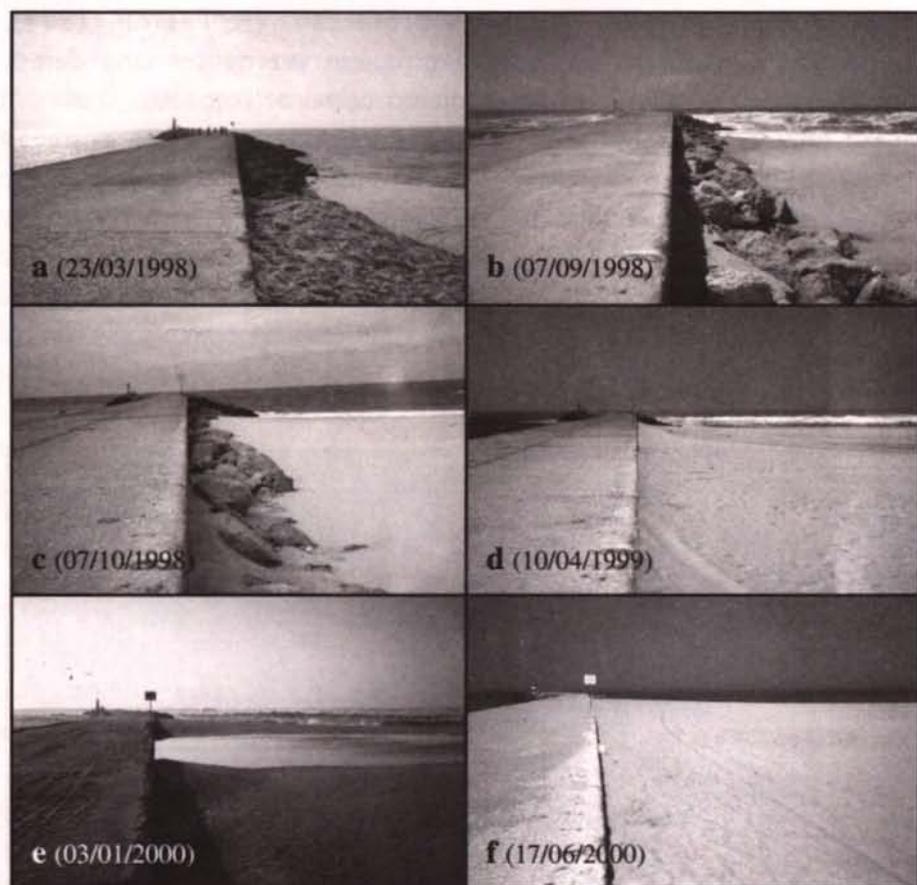
Figura 44 - Evolução da faixa de praia adjacente à embocadura do Rio Mondego, entre 1958 e 1990, medida a partir de um sistema de eixos de referência com origem no Forte de Santa Catarina (adaptado de P. Cunha et al., 1997).

valores anteriores, o que se deveu, também, às extracções de areia da praia junto ao molhe norte; e porque parte das areias marinhas penetram no estuário (P. Cunha et al., 1997). Houve ainda uma redução para valores quase insignificantes da carga sedimentar do Mondego, bem como a artificialização da barra de Aveiro e respectivas obras de defesa transversal e longitudinal que abrangeram o troço até sul da praia da Vagueira (C. Ângelo, 1991) e que projectaram para sul o acentuar do défice da deriva sedimentar.

A tal ponto chegou o défice de areia que teve de ser proibida a sua extracção na praia da Figueira da Foz, a partir de Fevereiro de 1998. Junto ao molhe norte, fizemos então uma observação contínua (mensal) da evolução do balanço sedimentar, durante um período relativamente alargado — de Março de 1998 a Junho de 2000 (ver alguns desses registos nas Fotos 9a a 9f) — da qual concluímos existir um aumento gradual dos sedimentos depositados, embora com forte dependência do clima de agitação marítima. De facto, tirando alguns pequenos episódios de erosão e inundações, o período decorreu globalmente sem grande dinamismo atmosférico, o que facilitou a deposição.

A verdade é que as duas acções conjugadas (défice sedimentar e obras transversais) podem conduzir a debilidades nas defesas costeiras, sobretudo nos anos mais dominados pelas perturbações frontais meteorológicas, havendo dados que levam a considerar seriamente a grande probabilidade de ocorrerem tempestades violentas na costa portuguesa, com efeitos muito graves, ou mesmo catastróficos (P. Bettencourt, 1997).

Depois, há todo um conjunto de impactes antrópicos cruzados que chegam às bem intencionadas tentativas para a restauração da morfologia



Fotos 9a a 9f - Alguns registos que mostram a evolução da deposição sedimentar a barlamar do molhe norte (tendo em conta a deriva dominante). Regista-se aqui uma lenta mas progressiva acumulação de areia (o único sítio de verdadeira retenção nesta costa) que fica também a dever-se à estabilidade atmosférica que marcou a maior parte do período.

dunar costeira que, na maioria das vezes, não passam da mera aplicação rotineira de métodos que não têm em conta as condições naturais específicas deste meio, usando-se indiscriminadamente várias plantas exóticas que competem com as autóctones, como é o caso do chorão com o qual se pretende "segurar" as dunas, em articulação, por exemplo, com os corta-ventos. Ignora-se, deste modo, que a duna constitui uma forma instável na posição e no perfil, uma vez que o seu equilíbrio e a sua dinâmica se encontram associados intimamente com a praia. Então, quando se reconstitui uma duna muito perto da linha da costa, o mar ataca a falésia e, durante as tempestades, a duna, sem flexibilidade, comporta-se como um "muro de protecção" (R. Paskoff, 1993), aumentando os efeitos destrutivos, pois, em vez de ser uma defesa adaptável, ela age como um enrocamento costeiro (Foto 10).

Conclui-se que tem havido uma grande desadequação entre as tendências naturais do período mais recente do Holocénico e as respostas antrópicas que são exercidas sobre o litoral. Tal situação tem conduzido a profundos impactes ambientais, sociais, paisagísticos e, acima de tudo, à aceleração das taxas de recuo da linha costeira.

As mudanças estruturais antrópicas interagem com variadíssimos factores naturais, alguns deles imprevisíveis, como é o caso da instabilidade



Foto 10 - Arriba de erosão em duna litoral, na praia contígua ao molhe sul (23/04/2000).

das condições meteorológicas — no sentido do que se espera como padrão, ou da inconstância em secções temporais mais ou menos longas — que ocasionam alterações no regime de agitação marítima (orientação e intensidade das ondas), levando a respostas adaptativas da costa muito variáveis e, como vimos, condicionadas também pelos quantitativos interceptados na deriva litoral e conseqüente déficit sedimentar a sotamar, bem como pelo avanço das construções sobre as dunas e as praias que vêm afectando intensamente diversos troços da faixa costeira.

4.2. As obras realizadas na bacia hidrográfica

A história dos impactes antrópicos nos diversos sectores da bacia do Mondego começa a ser relevante após a intensificação do povoamento que se seguiu à reconquista cristã e subsequente distribuição de terras com aptidão agrícola. Até aí e durante mais algum tempo, o vale fluvial viveu em harmonia com os seus poucos utilizadores, nomeadamente os navegantes que durante séculos fizeram o tráfico entre a foz do Dão e a Figueira, trocando o sal por vinho, batatas e madeira.

O desnudamento das vertentes e o regime semi-torrencial do rio conduziram a um evidente desequilíbrio hidromorfológico (A. Rodrigues, 1997), com o progressivo assoreamento que atingiu de forma assinalável o troço inferior correspondente ao percurso na orla mesozóica, alterando a anterior relação que existia com o Mondego. Diz A. Martins (1940) que isso transformou-o num "centro de repulsão" e que, por esse facto, o homem apenas se fixa para além do leito de cheias, obrigando as povoações, sobretudo as da margem direita, a fugirem do rio.

Chegou-se a tal ponto que, além das medidas profilácticas tomadas por vários reis portugueses, tentando impedir o crescente assoreamento — por exemplo, proibir queimadas (D. Afonso V, em 1481), ou realizar obras contra as cheias (D. Manuel, no Séc. XVI) — foi mesmo necessário avançar para soluções mais arrojadas, com a nomeação, em 1684, da primeira Junta para o Encanamento do rio Mondego que, de qualquer forma, não veio a alcançar resultados práticos, mantendo-se a situação em agravamento constante. De facto, apenas em 1791 se iniciaram as obras para a abertura de um novo leito de Coimbra à Figueira da Foz, sob a direcção do Padre Estevão Cabral, cuja intervenção não impediu que

continuasse o assoreamento do fundo do rio entre as duas urbes. É, aliás, de referir dois aspectos interessantes destas obras: primeiro, o percurso do canal alternativo teria de ser o mais curto possível, sem curvas, por forma a aumentar a força da corrente; depois, apesar de se preverem indemnizações aos proprietários das terras por onde passasse o novo alinhamento, tal não era concedido aos que possuíam terrenos nas "ínsuas", "mouchões" e "camalhões", pois considerou-se então que estes usurparam ilegalmente o álveo (E. Mariano & M. Silva, 1992).

Deve dizer-se que o traçado rectilíneo do canal não impediu o assoreamento, antes agravando a contínua subida do leito (S. Dionísio, 1945). O que proporcionava a ocorrência de cheias violentas de carácter torrencial, com grande frequência e extraordinária duração, inundando quase totalmente os campos marginais.

Só muitos anos mais tarde, depois de algumas vicissitudes de pormenor, surge, em 1962, a elaboração do designado Plano Geral de Aproveitamento Hidráulico da Bacia do Mondego (da responsabilidade da Direcção Geral de Serviços Hidráulicos), ao qual se seguiu o anteprojecto de regularização do Baixo Mondego (em 1971), avançando as obras de regularização em 1977. No essencial, os objectivos do Plano para o aproveitamento integrado dos recursos hídricos foram definidos desde o início:

- Evitar as cheias e diminuir o assoreamento;
- Regularizar o leito do rio;
- Produzir energia eléctrica;
- Melhorar a rede de distribuição de água às populações e à indústria;
- Desenvolver o projecto hidroagrícola do Baixo Mondego (sistemas de rega e enxugo dos campos);
- Valorizar o património ambiental, nomeadamente na componente turística.

Perante as intervenções que vieram a realizar-se, desde logo se revelou contraditório o último objectivo e claramente diminuído, até porque os interesses económicos privados terão sempre tendência a dominar o projecto, na medida em que há necessidade de encontrar financiadores e ainda não foi definido quem suporta os custos das obras e a manutenção das estruturas. Neste aspecto, diga-se que a Associação

de Beneficiários (criada por agricultores no período de 1988-89) é a única que paga uma taxa de exploração das obras (embora só as hidroagrícolas); e que a construção da ETA (Estação de Tratamento de Água) pela Câmara da Figueira para abastecimento a partir do canal da margem direita do estuário, não se destinou só a resolver o problema do abastecimento, mas também a promover a viabilidade da gestão das infraestruturas (A. Veloso, 1998).

Após a realização das grandes obras do Baixo Mondego — Açude de Coimbra, leito central do rio Mondego, leito periférico direito e intervenção na zona estuarina — reforçadas pelo sistema de barragens do médio Mondego, foram reduzidas as incidências das cheias e o assoreamento fluvial, estando ainda em projectos a regularização dos principais cursos de água da bacia (C. Ramos, 1998), tendo em vista um completo aproveitamento das suas potencialidades, nomeadamente as que se relacionam com o desenvolvimento agrícola e a produção de energia eléctrica.

Quanto ao estuário, a situação tinha atingido, já no Séc. XIX, um nível insustentável no que diz respeito ao assoreamento na barra portuária, a qual se encontrava muito obstruída. Daí que, em 1837, o governo incumbiu o Eng^o Mouzinho de Albuquerque de investigar as causas do assoreamento, tendo ele proposto um conjunto de obras que foram aprovadas em 1843 e que, levadas à prática, provocaram o rápido assoreamento do Braço Sul.

Em 1857, o Eng^o Francisco M. Pereira da Silva assumiu a direcção das obras, no que era entendido como "uma tarefa grandiosa". A Fig. A-1 dá uma perspectiva das dificuldades então sentidas para melhorar a acessibilidade marítima ao porto da Figueira da Foz, face à extrema mobilidade dos bancos de areia junto à foz do Mondego e à mudança permanente da posição da barra que obrigaram ao levantamento de um paredão com 1.200 metros de comprimento e a construção de um primeiro molhe, ambos a sul, além de se ter procedido à destruição das rochas da Praia da Fonte, a qual foi coberta por elevados aterros, defendidos do mar por grossos muros (M. Pinto & R. Esteves, 1945). Nestas obras gastaram-se enormes recursos financeiros sem resultado apreciável, pois "o comércio diminuía a tal ponto que a vila ameaçava a decair" (A. Martins, 1940).

O problema do assoreamento era tão grave que havia embarcações que tinham de fazer a baldeação do pescado antes de poderem transpor a barra, levando à concepção de projectos de obras hidráulicas que pudessem melhorar definitivamente o escoamento de sedimentos, como disso são exemplo as obras projectadas em 1888 (Fig. 45) que previam um novo percurso para o chamado rio de Lavos (sistema Braço Sul-rio Pranto) e que, caso tivessem sido realizadas, alterariam por completo as condições ambientais do estuário.

Em 1929, face à insegurança do molhe sul da época, tomaram-se providências no sentido de ser construído um novo molhe sul (a norte daquele que em parte ruira), mais prolongado sobre o mar; além de se

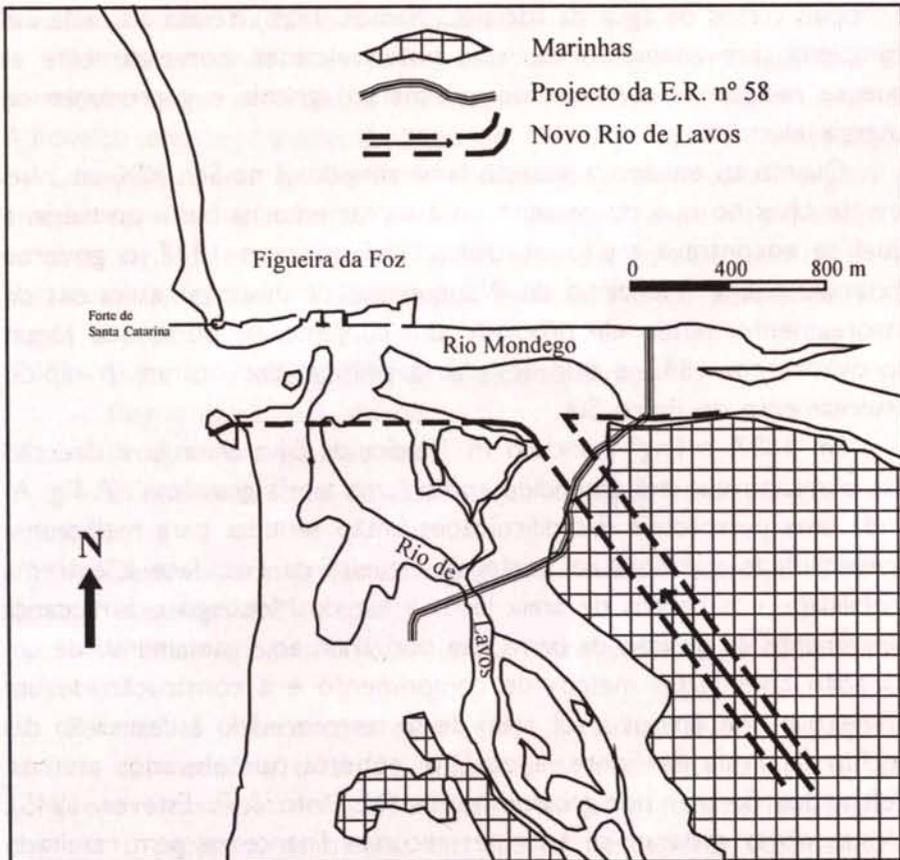


Figura 45 - Esboço de parte das obras projectadas em 1888 para resolver o problema do assoreamento da barra (adaptado de cartografia da autoridade portuária, sem identificação do autor).

ter procedido a outras obras como a doca dos bacalhoeiros e o cais acostável da margem norte com ligação directa ao caminho de ferro e à estrada.

Mas as grandes alterações no sector distal do estuário só vieram a verificar-se com a conclusão das obras exteriores do porto, em 1968, seguidas de uma campanha de dragagens para melhorar o canal de navegação interior e da bacia de manobra, junto ao cais do Trapiche. Depois, realizaram-se as intervenções já referidas no conjunto da bacia hidrográfica e, também, no troço terminal do Braço Norte, resultando destas últimas (Impacte, 1993, citado por P. Cunha et al., 1997):

- Construção do dique de regularização da margem direita até ao novo cais comercial;
- Construção da doca de recreio;
- Execução de terraplenos;
- Realinhamento e reforço do dique da margem sul do canal de acesso ao porto;
- Construção do esporão de guiamento da confluência dos braços Norte e Sul;
- Construção da doca de pesca do Coxim (margem sul) e das respectivas instalações terrestres;
- Expansão do cais comercial (de 360 para 460 metros) para montante, ocupando as antigas estacadas da sardinha;
- Regularização (em 1995 e 1996) do troço do Braço Norte situado entre a ponte e a bifurcação a montante dos braços (limite Este da ilha da Morraceira), com dragagem do leito e aterro das margens (Foto 11);
- Construção do terminal de graneis sólidos (com 303 metros de extensão) localizados na margem norte, entre a ponte e o cais comercial, prevendo-se a sua próxima expansão para montante (com extenso terraplano), numa área estratégica para o projecto multimodal de transportes (neste caso, um cais de contentores).

Estão previstas dragagens na área de flutuação que atingirão valores muito superiores a 500.000 m³ de sedimentos (com o objectivo de serem atingidas cotas de - 7m ZH), dos quais uma grande parte poderá ser depositada no mar em frente à Cova.

Deste modo, o Braço Norte foi totalmente artificializado e separado do Braço Sul, o que tem implicações hidráulicas, ambientais



Foto 11 - Parte final do troço regularizado do Braço Norte (e aterro de margens), situado entre a ponte e a bifurcação dos braços (29/03/1998).

e para as actividades tradicionais (além de vários outros efeitos colaterais) que põem em causa a sobrevivência de componentes fundamentais do sistema estuarino. E tudo porque, neste momento, impera apenas a única visão da engenharia, para quem o estuário ideal se pode resumir às seguintes características essenciais (R. Paskoff, 1985): um canal único, regularizado, calibrado, com diques e barragens, "varrido" pelas correntes de maré que assegurem a sua auto dragagem e prolonguem o rio para o mar.

Os agentes naturais, como é evidente, tentam contrariar este domínio e, por vezes, simplesmente sucumbem, vencidos pelas empreitadas.

4.2.1. Impactes hidráulicos

Na globalidade, as obras causaram intensas modificações na dinâmica estuarina que ficam a dever-se essencialmente a (P. Cunha *et al.*, 1997; J. Fonseca, 1998):

— Construção das represas do Mondego e dos seus afluentes, destacando-se as barragens da Agueira, Fronhas e Raiva (com capacidade de armazenamento total de $600 \times 10^6 \text{ m}^3$ de água) e o Açude-ponte de

Coimbra que retêm enormes quantidades de sedimentos grosseiros, além de reduzirem a carga sedimentar em suspensão;

— Regularização do caudal do Mondego que levou ao aumento dos caudais fluviais de estio e à laminação dos picos de cheia;

— Regularização na bifurcação dos braços que quase anulou o fluxo do Mondego em direcção ao Braço Sul, intensificando o processo de colmatação deste sector;

— Regularização do Braço Norte, incrementando a influência da dinâmica mareal, com a consequente penetração da cunha salina e a deslocação para montante dos sectores estuarinos intermédio e fluvial;

— Expansão da área portuária e enrocamentos marginais que "apertam" as margens, diminuindo a energia mareal e o prisma de maré, embora a configuração rectilínea do troço terminal, alinhando as margens com a entrada do porto, possibilite a propagação da agitação marítima, o que condiciona o acesso de embarcações ao cais comercial;

— Dragagens e extracção de areia que alteraram as relações de equilíbrio nos fluxos sedimentares, como acontece com o rebaixamento dos fundos na embocadura e no canal de acesso ao porto comercial que acelera a transferência da areia da praia a norte dos molhes para o interior da embocadura e desta preferencialmente para o Braço Sul.

Pode dizer-se que, devido a este conjunto de intervenções, o volume da água de maré armazenada na enchente diminuiu drasticamente, o que ajuda a limitar a força das correntes de vazante, perdendo esta capacidade para desassorear o leito e manter profundo o canal navegável. Pelo contrário, a regularização dos canais facilita a deslocação das correntes de enchente, situação que progressivamente se acentuará, caso se mantenha a tendência actual para a subida do nível médio das águas do mar, contribuindo para que o fluxo de areias fluviais não chegue a atingir o troço terminal do estuário, depositando-se a montante desse troço.

Assim, vai-se impondo uma nova relação entre o dinamismo fluvial e o das marés que se fazem sentir de forma diferenciada no canal. E disso mesmo nos dão conta P. Cunha *et al.* (1997) que apresentam uma síntese da evolução verificada entre 1984 e 1994, considerando as tendências gerais observadas nos perfis longitudinais, da qual se realçam os aspectos principais (a Fig. 46 permite localizar melhor os troços entre os perfis transversais):

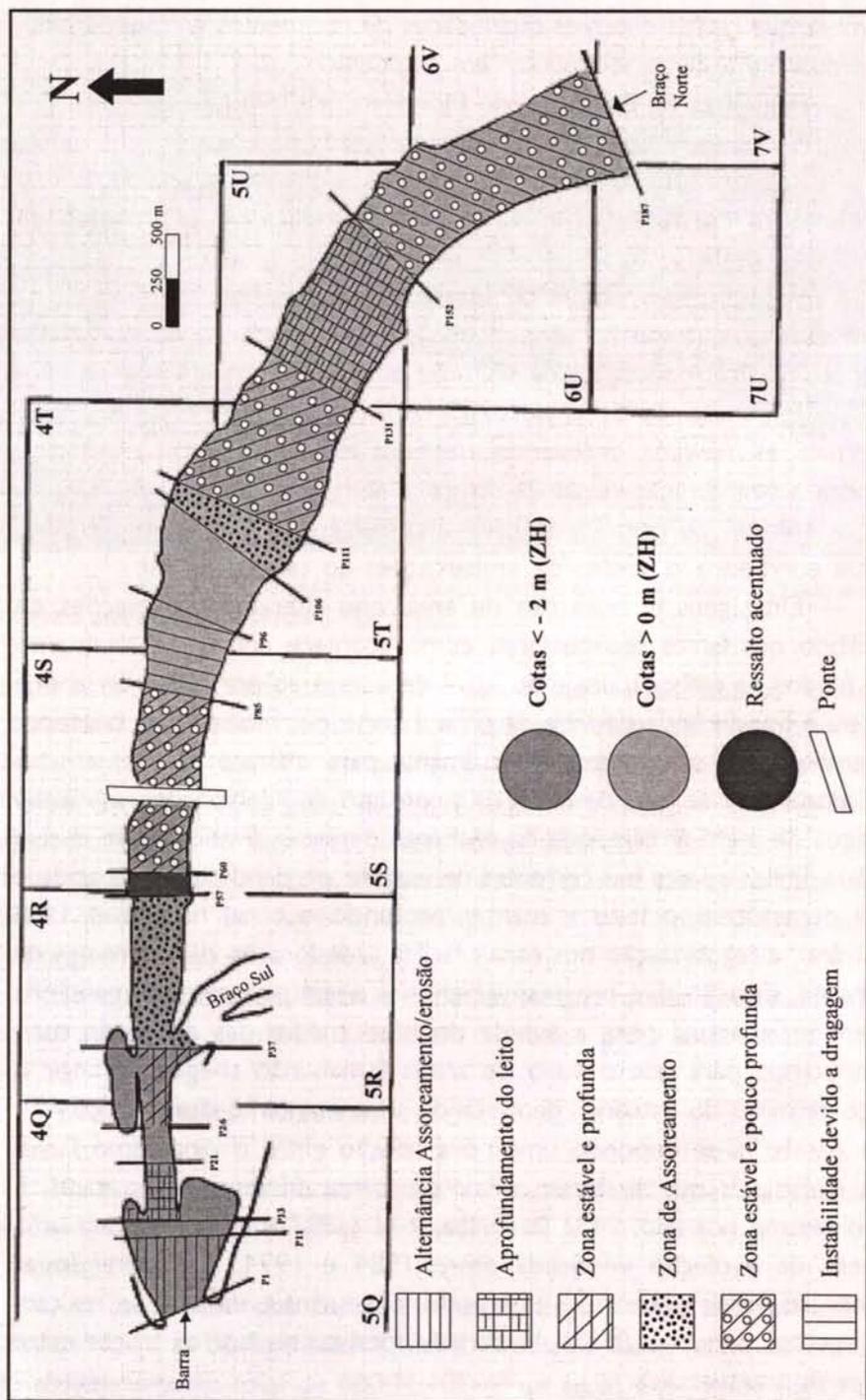


Figura 46 - Síntese da evolução entre 1984 e 1994 no Braço Norte (adaptado de P. Cunha et al., 1997).

— Na barra, houve assoreamento entre 1984 e 1991 e erosão de 1991 a 1994;

— Do perfil P13 ao perfil P21, assistiu-se ao aprofundamento do fundo em cerca de 2 metros (20 cm/ano);

— Entre os perfis P26 e P37, o Braço Norte era um canal estável e profundo;

— Entre os perfis P37 e P57, houve um progressivo assoreamento, entre 1991 e 1994;

— Entre os perfis P57 e P60 existe um ressalto de cerca de 3 metros, havendo rápida resposta sedimentar de montante às dragagens de regularização do canal, realizadas em finais de 1984;

— Entre os perfis P60 e P85, P111 e P130, e P152 e P187, o Braço Norte é sensivelmente estável;

— A zona compreendida entre os perfis P85 e P96 foi dragada entre 1984 e 1989, sendo esta provavelmente a causa da sua instabilidade;

— Entre os perfis P106 e P111, houve assoreamento, provavelmente em 1990/91;

— Entre os perfis P131 e P152 assistiu-se a um progressivo aprofundamento.

Com a regularização da zona estuarina de transição entre o porto da Figueira da Foz e o troço terminal de regularização, o canal foi aprofundado em cerca de 2 metros, o que, por seu lado, permitiu o grande assoreamento verificado entre o Gramatal e a Fontela. Esta situação decorre, também, do decréscimo dos caudais de cheia do Mondego.

Quanto ao Braço Sul, a situação descrita assume uma dimensão reforçada. Praticamente, ocorre apenas a descarga de um tributário — o rio Pranto — uma vez que a ligação entre os dois braços do Mondego somente se estabelece em preia-mar de grande amplitude, além de, com o fecho prolongado das comportas do Alvo, este sector se assemelhar mais a uma laguna costeira (M. Pardal & J. Marques, 1998), principalmente em meses de reduzida pluviosidade. E a evolução natural será a sua progressiva colmatação pela conjugação de dois processos complementares: a formação de um delta sedimentar de enchente, de jusante para montante (Foto 12), que vai criando novas hierarquias nos circuitos da água e na distribuição dos depósitos; e a eutrofização a montante com grande produção e acumulação de matéria orgânica, num troço onde a água se encontra retida em charcos.



Foto 12 - Delta sedimentar de enchente, em baixa-mar, no trecho intermédio do Braço Sul, junto à ponte da Gala (10/02/1997).

Neste sector, a vazante é cada vez mais dificultada por circular junto à margem direita do Braço Sul, dado que aí, entre outros factores, verifica-se uma maior colonização por halófitas.

4.2.2. Impactes sociais e ambientais

Na realização das obras da bacia do Mondego não foram consideradas preocupações de natureza ambiental, assim como não se teve em conta os efeitos no tecido social dos campos do Baixo Mondego. Efectivamente, as obras suportaram-se numa lógica produtivista (aceite pelos agricultores que beneficiaram da sua realização) e levantaram problemas para o conjunto desta região (J. Ribeiro, 1998; P. Hespanha, 1998):

- Aumento dos impactes da salinização nas águas e nos terrenos agrícolas mais próximos da foz;
- Destruição da vegetação das margens do rio, valas e canais (suporte de uma fauna característica);
- Tendência para a desertificação biológica de grande parte da zona do campo;

— Alteração das relações entre a ocupação do solo, as técnicas de cultivo e o povoamento dos campos;

— Alteração das relações entre as populações e o rio Mondego, afectando as tradições sociais e o património cultural, para além de o "canal" funcionar agora em muitos troços como uma barreira à comunicação e mesmo um risco para a integridade física de pessoas e animais;

— Contaminação química das águas e dos solos, com impactes profundos nos ecossistemas ribeirinhos e estuarino;

— Degradação da qualidade estético-ambiental da paisagem.

Claro que os apoiantes das obras apontam os seus benefícios, defendendo mesmo que existem alguns de natureza ambiental (M. Acabado, 1998), dos quais podemos destacar:

a) Relativamente ao ambiente humano, refere-se a protecção contra inundações, a estabilização das toalhas freáticas, o restabelecimento das comunicações, o saneamento básico das povoações ribeirinhas e a criação de zonas de lazer e de turismo;

b) Quanto à qualidade da água, o ênfase vai para a construção de ETARs que tratam as águas residuais.

Mas, além de podermos contestar o sentido positivo de alguns destes supostos benefícios, ou que eles advenham directamente da realização das obras, é indesmentível que se verificou a destruição em massa da vegetação ripícola, o aparecimento de pragas e de infestantes não autóctones, num crescendo de impactes negativos sobre a fauna terrestre e aquática, havendo situações extremas como o impedimento das migrações de algumas espécies características (casos da lampreia e do sável, por exemplo).

No que diz respeito concretamente à zona estuarina, foi removido o substrato móvel no Braço Norte, o que aumentou a turbidez e alterou a qualidade da água, devido à libertação de substâncias químicas presentes nos sedimentos, com consequências bem conhecidas (Consulmar *et al.*, 1991; M. Pardal & J. Marques, 1998):

— Alteração nos *habitats* das espécies estuarinas e o consequente aumento do stress a que estão sujeitas;

— Destruição das espécies bentónicas que habitam no interior do substrato ou agarradas ao mesmo, nomeadamente as poliquetas, os

moluscos, os anfípodos, os isópodos, os bivalves e os crustáceos, havendo nestes dois últimos casos uma preocupação acrescida com os de maior interesse económico, como o berbigão (*Cerastoderma edule*), o mexilhão (*Mytilus galloprovincialis*), a lambujinha (*Scrobicularia plana*), a ameijoia (*Nenerupis decussata*), o caranguejo comum (*Carcinus maenas*), ou o camarão do rio (*Crangon crangon*);

— Alteração dos parâmetros físico-químicos (temperatura, oxigénio dissolvido, pH, nitritos, nitratos, fosfatos, substâncias poluentes, metais pesados, pesticidas) que fazem diminuir o fitoplâncton, os fitobentos e os macrófitos, afectando inúmeras espécies, com destaque para os alevins e juvenis, sendo os de solha e de linguado muito sensíveis a qualquer afectação negativa;

— Aumento das áreas intermareais rochosas (sobretudo no Braço Norte), o que favoreceu a fixação de povoamentos algais de *Enteromorpha* spp. e *Focus vesiculosus*, por substituição gradual dos sapais de *Spartina maritima* e dos bancos de *Zostera noltii* (Foto 13).

O Quadro A-2 apresenta uma síntese da avaliação prévia dos impactes das obras que interessa agora actualizar, medindo os efeitos reais e os desvios em relação ao previsto, quer no Braço Norte quer no Braço Sul. Isto porque se têm realizado dragagens constantes desde 1991, ocorrendo significativas remobilizações de sedimentos finos. E, por isso, além do impacte físico e biológico que acompanha a ressedimentação, merece atenção particular a acumulação de componentes químicos e orgânicos nos sedimentos argilosos (J. Dinis & P. Cunha, 1998).

Estes processos são agravados pelo remontar da frente de salinidade que, além de provocar problemas de captação de água doce para necessidades urbanas, industriais e agrícolas (incluindo a contaminação da toalha freática e salinização dos solos), faz com que o "corpo vasoso" seja menos expulso para o mar, levando ao isolamento de depósitos laterais (que aumentam a poluição do estuário) e à concentração da fixação de resíduos e bactérias na zona de turbidez máxima. Assim, agrava-se o défice de oxigénio, a flora e a fauna sofrem com o desaparecimento das terras húmidas marginais e reduzem consideravelmente a produção de matéria orgânica e a sua função depuradora (R. Paskoff, 1985; J. Fonseca, 1998).

Já no Braço Sul, o sector a montante revela uma grande acumulação de matéria orgânica no sedimento desta área, o que, durante os meses



Foto 13 - Aterro de regularização da margem norte da ilha da Morraceira, com destruição do sapal original e enrocamento confinante com o Braço Norte (05/11/1994).

mais quentes, origina uma maior concentração de fosfatos (M. Nogueira *et al.*, 1998; M. Pardal & J. Marques, 1998) que originam "blooms" de fitoplâncton e macroalgas que conduzem a condições de anóxia na coluna de água e nos sedimentos e, conseqüentemente, ao processo de eutrofização do sistema. Isto tem também impactes negativos nas actividades das marinhas de sal e de aquaculturas, embora nestas últimas sejam de alguma forma coincidentes com as descargas de nitratos de origem agrícola pelas comportas do Alvo (Foto 14).

No sentido de perspectivar o que reserva o futuro quanto ao incremento destes impactes, revela-se de grande importância a discussão sobre a sustentação da designada Obra do Baixo Mondego (A. Veloso, 1998), pois:

— Ainda não foi garantido o pagamento da manutenção e exploração dos equipamentos de grande drenagem por parte dos beneficiários, incluindo os proprietários urbanos das zonas de cheia;

— Não se definiram taxas de utilização da água do canal condutor geral, pelas indústrias, agricultura e municípios;



Foto 14 - Crescimento anormal de algas num tanque de aquacultura da margem esquerda do Braço Sul, situação criada pela captação de água doce saturada de nutrientes agrícolas (nitratos) proveniente das comportas do Alvo (rio Pranto). O rápido consumo de oxigénio e a libertação de amónia por morte das algas e outros seres, provoca também a morte a muitos peixes (22/06/1998).

— Não há um projecto claro de reconversão cultural, incluindo a transformação e comercialização de produtos agro-alimentares.

A respeito deste último problema, deve dizer-se que a reconversão de culturas está claramente comprometida e que pode ficar como um objectivo não atingível, limitando ainda mais a aceitação da obra por parte de muitos dos agentes abrangidos (Fig. 47). E no grupo dos opositores não se encontra a maioria dos orizicultores, pois o arroz é a cultura que mais beneficia com a situação. Vejamos no concreto que:

a) O projecto pretende garantir condições simultâneas de rega permanente e de ausência de risco de submersão de culturas;

b) Face às dificuldades de enxugo dos campos a jusante, fica comprometida a segunda condição anterior, mas não o fornecimento abastado de água;

c) Os orizicultores, perante este "milagre da água", permitem-se esbanjá-la a seu contento, pois a água ora inunda os campos ora é drenada, com uma frequência muito maior do que acontecia anteriormente.

Assim, enquanto não se encontrar um modelo de gestão credível para o empreendimento, este correrá sempre o risco de não atingir o pleno funcionamento, subvertendo os próprios objectivos do projecto, quer porque proporciona elevados níveis de consumo e degradação da água enquanto recurso escasso, quer porque, permitindo essa situação, é responsável pelo aumento da pressão poluente sobre o estuário e as actividades aqui instaladas.

Veja-se ainda que todo o sistema de drenagem do Baixo Mondego se tem revelado pouco operacional (J. Lima & H. Mendes, 1998) e é apontado como a principal causa de dispersão de produtos químicos dissolvidos e em suspensão nas águas. Por outro lado, num sentido mais geral e contrariando o alargamento da rede de drenagem e o próprio encanamento do rio, é conveniente realçar que, como dizia S. Dionísio (1945), "as cheias são um grande benefício para a agricultura do vale, pelos fecundos nateiros que nele depositam"; e as ricas várzeas do Mondego "são uma obra tanto da acumulação de húmus de proveniência erosiva, como de trabalho". Portanto, fica sempre a subjectividade da apreciação sobre as supostas vantagens da obra hidroagrícola.

Aliás, é hoje consensual que terá de haver uma reformulação conceptual do projecto, por forma a serem encontradas as melhores

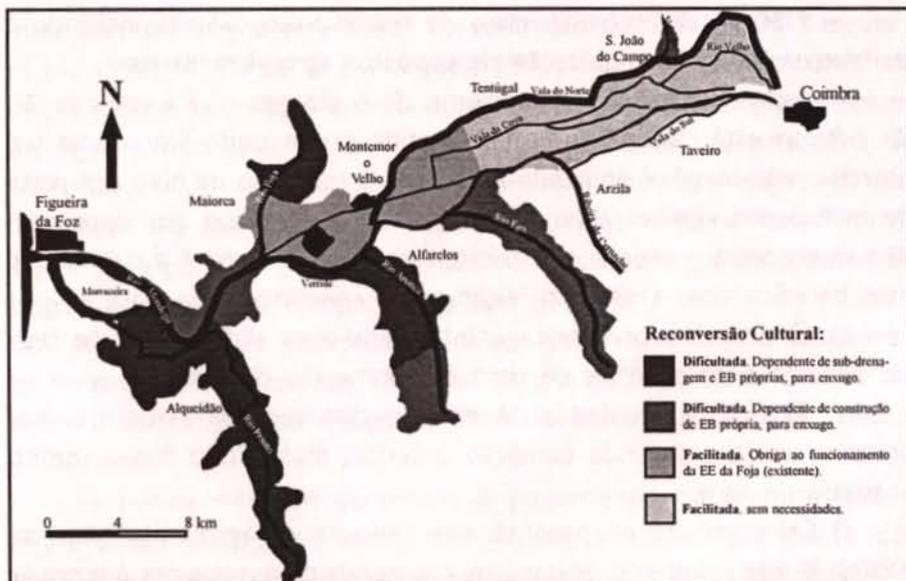


Figura 47 - Carta Geral das possibilidades de Reconversão Cultural. Adaptado de Carta de Aproveitamento Hidráulico do Projecto Agrícola do Baixo Mondego (I.E.R.A., 1997).

soluções. E deve começar-se, desde logo, pela aceitação de que não há necessidade de eliminar drasticamente as cheias e o transporte sólido fluvial, antes devendo ser controlada e articulada a sua frequência e o seu volume com um renovado equilíbrio do meio ambiente, qualificando o rio e as suas áreas envolventes, de forma consentânea com a base económico-social (C. Ramos, 1998) e o desejo manifesto das populações locais que não querem deixar enfraquecer ou desaparecer os potenciais endógenos que a região apresenta.

4.3. As actividades com maior significado local

É fundamental para a análise das interacções localizadas a identificação dos múltiplos focos de influência, a partir dos quais chegamos a um quadro evolutivo mais ou menos recente e dependente das actividades que envolvem a zona estuarina.

Tratando-se, antes de mais, de problemas relacionados com a água, deve dizer-se que estão identificados os seus grandes utilizadores e transformadores (MPAT, 1988): o sector agrícola (60%), o sector

energético (22%), o sector industrial (12%, podendo a indústria do papel atingir 18%) e o abastecimento doméstico com apenas 5%. Estes números, segundo alguns autores, estarão subavaliados, sobretudo no que respeita aos consumos agrícolas que serão já superiores a 80%. De qualquer modo, estas actividades provocam diferentes tipos e graus de poluição com impactes diversos que dependem de factores externos como a natureza geológica dos terrenos; a época do ano; a largura, profundidade e inclinação do leito fluvial; os biótopos de recepção; ou a interacção derivada da própria concentração das drenagens para o sistema. E antes de vermos o carácter particular das ocupações e usos do solo junto ao estuário, convém referir que estamos no sector terminal de um rio que transporta poluentes basicamente de duas origens:

— De natureza orgânica que está relacionada com os efluentes das indústrias de celulose, lagares de azeite, destilarias, pecuárias, matadouros, lanifícios e esgotos domésticos, havendo uma pressão local composta essencialmente pela área urbana da Figueira da Foz, agrícola, aquaculturas, porto de pesca, lota e fábricas de farinha de peixe;

— De natureza química, com níveis de toxicidade variáveis, mas que integra compostos inorgânicos de muito amplo espectro e que têm proveniência principalmente nas indústrias químicas, metalúrgicas e galvanoplastias, salientado-se neste território os resíduos de efluentes das indústrias do vidro e de construção civil, dos estaleiros, das oficinas de reparação automóvel e também da agricultura (herbicidas, pesticidas) e da aquacultura (antibióticos), não esquecendo os hidrocarbonetos derramados pelas embarcações comerciais e de recreio.

Uns e outros podem assumir-se como consumidores do oxigénio do meio aquático e causadores de doenças, sendo mais frequentes as transmitidas por agentes patogénicos dos esgotos domésticos e pecuários (Risco, 1993).

Num contexto mais vasto, não deve ser ignorado que o Distrito de Coimbra é o 5º maior produtor de resíduos tóxicos perigosos em Portugal continental (MPAT, 1988), posição que obtém graças às mais de 25.000 toneladas derramadas pela indústria de celulose e papel; ao mesmo tempo que Aveiro ocupa a 3ª posição, devido às cerca de 100.000 toneladas da indústria química e 30.000 toneladas da indústria de celulose e papel. Portanto, a Figueira da Foz tem uma localização nada

confortável entre as duas celulosas a sul e o complexo de Aveiro/ Estarreja a norte.

Como os efeitos dos poluentes se repercutem muitas vezes através das cadeias tróficas, é importante termos presente que, por exemplo, o teor de metais pesados aumenta normalmente para jusante (R. Rego et al., 1998) devido aos fenómenos de floculação, coagulação e precipitação, induzidos por alterações nas condições físicas do meio, como o aumento da salinidade, possibilitando também a ocorrência de impactes indirectos desta natureza no Braço Sul.

Uma referência imprescindível deve ser ainda dirigida aos riscos de sobreocupação e desordenamento, quando qualquer actividade adquiere estas qualidades porque não atendeu às estruturas geológicas presentes e condições de permeabilidade e de transmissividade dos aquíferos (F. Veloso, 1992), não só efectuando a sua contaminação (muitas vezes, irreversível) como impermeabilizando as áreas de alimentação destas formações.

4.3.1. A agricultura

Estando já identificados muitos dos problemas associados à actividade agrícola, é conveniente focar ainda aqueles que decorrem de algumas características próprias da região, nomeadamente da geomorfologia do Baixo Mondego que proporciona a intensa ocupação e aproveitamento dos campos, sobretudo das terras marginais do rio Mondego e seus afluentes (vales secundários), quer pela riqueza das aluviões quer pela facilidade de comunicação e transporte de produtos. Essa ocupação estende-se até ao litoral, incluindo uma parte das planícies intermareais que sofreram sucessivos processos de "recuperação" que foram destruindo parte das terras húmidas.

Até meados deste século, era a vinha a cultura tradicional a montante do estuário, protegida da invasão mareal através de um sistema de valas profundas (a água salgada, por ser mais pesada, mantinha-se no fundo) que permitia, também, a produção de trigo. Com a construção das comportas do Alvo (Foto 15), foi possível reconverter os terrenos para a cultura do arroz, em condições diferentes das encontradas em anteriores tentativas de introdução desta espécie, pois ela era considerada uma cultura tão doentia que, nos finais do século passado, "a cada 16

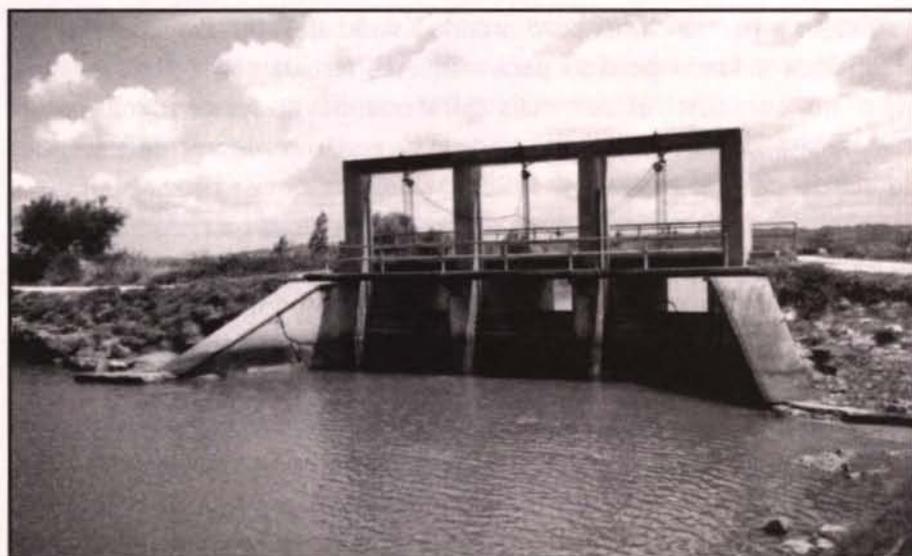


Foto 15 - As comportas do Alvo, no rio Pranto, foram construídas em 1944 para proteger as terras de montante da influência directa da água salgada mareal. Hoje, levanta-se um problema bem diferente que é o de não estarem acautelados os impactes das suas descargas (08/04/1998).

hectolitros de arroz correspondia a morte de um trabalhador" (A. Martins, 1940). Por isso, chegaram a ser extintos os arrozais, substituídos pela alternativa, dita salubre, que correspondeu à secagem dos pântanos.

Entretanto, a evolução das técnicas de cultivo e o valor do produto trouxeram de novo o predomínio da orizicultura aos campos do Mondego, sem que isso impedisse, no entanto, um ordenamento parcelar altamente distorcido (em tamanho, formato, orientação e localização) para uma área agrícola da ordem dos 12.500 hectares, com cerca de 6.500 explorações e um número aproximado de 35.000 prédios, distribuídos por 19 blocos hidráulicos (Fig. A-2). Esse Ordenamento também se tem manifestado inadequado na ocupação cultural, com o arroz e o milho a utilizarem o mesmo espaço.

Ora, como é a cultura do arroz aquela que tem maior necessidade de água e para permitir que ela fosse viabilizada sem restrições, quer a rede secundária de rega sobredimensionada quer a própria sistematização dos terrenos são dirigidos para este cultivo (I. Reis, 1998). Assim, fica justificado o alargamento da área de exploração que esta cultura tem registado, com intensa mecanização e utilização de produtos químicos na

fertilização e na monda, tendo o próprio Estado apoiado com empréstimos e subsídios a fundo perdido para máquinas, fertilizantes e fitossanitários, além do combustível ser mais barato e haver fundos financeiros compensatórios da menor produtividade da região relativamente às regiões do sul do país (P. Hespanha, 1998).

Todos estes incentivos tiveram a consequência de alargar progressivamente as terras de arroz que mais não fosse porque as culturas contíguas eram afectadas pelas águas provenientes da orizicultura, comprometendo-as e levando os pequenos agricultores a entregarem as suas terras aos grandes produtores de arroz (ver carta de ocupação desta cultura na Fig. 48), situação que se agravou nos últimos anos (P. Cunha et al., 1997).

A jusante, os efeitos desta política têm sido mais acentuados, comprovando-se tal facto através da medição de alguns parâmetros físico-químicos nas águas do estuário, junto aos focos de poluição (J. Dinis & P. Cunha, 1998), incluindo as comportas do Alvo. Surge, assim, a associação entre a ocupação cultural e o processo de eutrofização em curso no Braço Sul, afectando o desenvolvimento da fauna e da flora e constituindo factor limitante para produtores, consumidores e

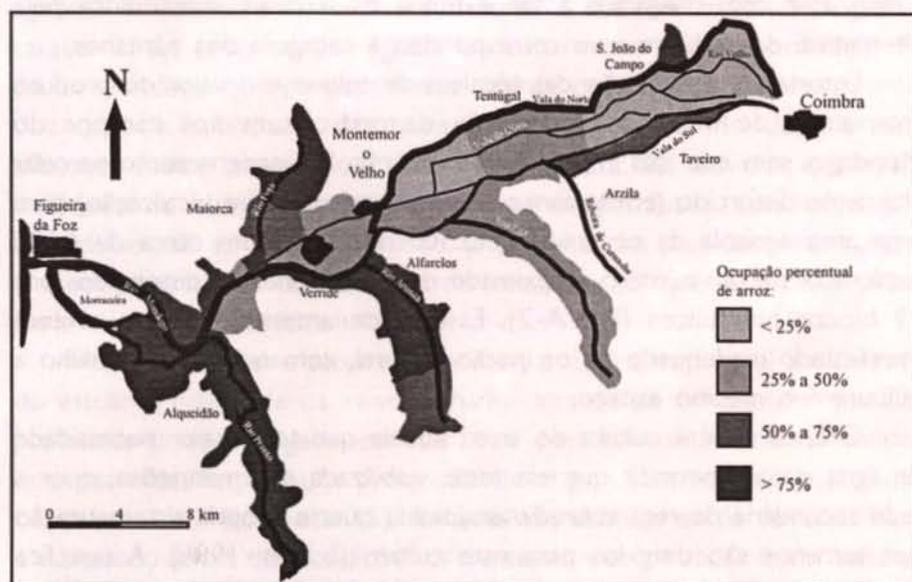


Figura 48 - Carta Geral de Ocupação do Arroz. Adaptado de Carta de Aproveitamento Hidráulico do Projecto Agrícola do Baixo Mondego (I.E.R.A., 1997).

decompositores (M. Pardal & J. Marques, 1998), além dos impactes extremamente negativos nas actividades instaladas nas marinhas do "Salgado" figueirense (J. Ribeiro, 1998).

Na globalidade, deve dizer-se que, apesar da acção dos desnitrificantes, o teor de azoto fixado em terra tende a aumentar, devido também à enorme produção industrial na forma de adubos, tal como já acontece em vastas zonas do globo onde as toalhas freáticas contêm proporções tais de azoto que as tornam perigosas para o consumo humano. E esta é uma das maiores ameaças que, provavelmente, iremos enfrentar no futuro próximo (P. Duvigneaud, 1974; B. Howes *et al.*, 1996).

A verdade é que as obras hidroagrícolas divulgaram o objectivo de proceder à reconversão cultural no Baixo Mondego, o que vimos ser difícil. Propõem-se as alternativas da horticultura, da beterraba sacarina, da hortofloricultura e da pecuária para rendibilizar o investimento do Estado, aumentando a intensidade do uso do solo. Ou seja, o problema ambiental continua num plano secundário face às necessidades de financiamento que, por exemplo, mantêm a central elevatória do Foja praticamente sem funcionar porque não existem formas de pagamento da energia (A. Veloso, 1998).

Torna-se ainda urgente racionalizar o uso da água, devendo tal prática iniciar-se por técnicas que evitem os excessos e a pouca eficiência (P. Sousa, 1998) que trazem consequências como:

- Gastos exagerados de um recurso a preservar;
- Arrastamento de sais, nutrientes e pesticidas para o lençol freático;
- Recarga constante do lençol freático, mantendo-o muito superficial (o que dá um volume pequeno de exploração do solo pelas raízes);
- Produção pouco uniforme.

Devido a estes problemas, aparentemente contraditórios, a reformulação do próprio projecto terá de afirmar-se progressivamente como uma necessidade de primeira ordem, surgindo a oportunidade para o reconhecimento de áreas mais sensíveis, onde haja lugar à extensificação, à diversificação de culturas e aos incentivos à agricultura biológica.

4.3.2. A indústria e o urbanismo

Juntamente com a agricultura, as áreas urbano-industriais constituem as maiores causas de distúrbio ecológico e ambiental, devendo ser

ponderados os riscos inerentes à localização e expansão destas actividades sobre os sectores mais sensíveis do território costeiro, uma vez que as soluções quanto a outros impactes provenientes de montante e aos relacionados com a circulação atmosférica dependem de graus mais elevados de integração das políticas de planeamento e ordenamento.

Sabendo que o sistema urbano-industrial funciona como um organismo vivo que se alimenta, dejecta e necessita de uma higiene permanente — há quem lhe chame "orgurbe" — é normal que enfatizemos os aspectos relacionados com os resíduos (orgânicos e inorgânicos): a origem, a quantidade, a composição, o tratamento e o destino.

Sem ser necessária uma análise exaustiva, é possível descrevermos uma caracterização geral que se veja acompanhada de alguns dos pontos nevrálgicos e das perspectivas que se abrem para este território. Não restam dúvidas que os principais focos de poluição se relacionam com os efluentes derramados no estuário e na costa adjacente, com origem na área urbana da Figueira da Foz (incluindo os aglomerados de Vila Verde e da Cova-Gala), bem como nas concentrações industriais de Brenha, Vila



Foto 16 - Em plena área urbana densamente povoada e de grande utilização balnear, impõe-se a chamada Vala de Buarcos (escoamento da antiga Ribeira de Buarcos), um esgoto que contamina as areias e as águas oceânicas adjacentes (04/05/2000).

Verde, Gala, Lavos e Leirosa, às quais se juntam os estaleiros e conserveiras da Morraceira e da margem esquerda do Braço Sul.

O problema começa por colocar-se ao nível dos esgotos domésticos que têm sido derramados no rio e no oceano sem qualquer tratamento (Foto 16), os quais contêm elevados teores de matéria orgânica, fosfatos e substâncias tóxicas, situação que é agravada pelo escoamento de pequenas unidades industriais (gráficas, tinturarias, manutenção e reparação automóvel) que expõem directamente para uma zona de elevada turbidez e de forte coagulação e floculação de sedimentos finos, ainda por cima remexidos frequentemente pelas dragagens portuárias. Deve reforçar-se que no Braço Sul — sector com potencialidades para ver preservada uma parte do património natural do estuário — se localizam as indústrias conserveiras, o que acrescenta carga orgânica capaz de incorporar outro tipo de suspensões, através dos processos de "peletização" ("fecal pellets") desenvolvidos pelos organismos bentónicos (ver Foto 17 que exemplifica este impacte num dos esteiros da margem sul).

Considera-se insatisfatório o nível de tratamento dado aos efluentes (mesmo contando com a entrada em funcionamento das ETARs de Vila Verde e da Gala), uma vez que muitos despejos continuam sem perspectivas de controlo, ao mesmo tempo que assistimos ao iludir de certos riscos, através da transferência dos resíduos para zonas de recepção menos visíveis. Estão neste caso os efluentes das duas celulosas do sul do concelho que os lançam no oceano através de um emissário submarino com cerca de 1,5 quilómetros, evitando assim o desgaste que a anterior situação provocava na opinião pública, quando eram derramados nas praias a sul da Leirosa.

A situação concreta é que se passou de uma oxidação dos efluentes na zona de rebentação, enviando-os agora para zonas profundas, onde os poluentes persistem numa larga zona de influência (A. Amado, 1997; P. Cunha *et al.*, 1997). Para mais, o sistema recebe também os efluentes da povoação da Leirosa e os lixiviados do aterro sanitário, aumentando a carga no emissário.

Mas, outros factores devem ser tidos em atenção, como é o caso da variabilidade das concentrações de metais pesados que são provenientes de unidades fabris como a têxtil, a cerâmica, as tintas, os plásticos, ou os revestimentos metálicos que poluem os sedimentos, a flora

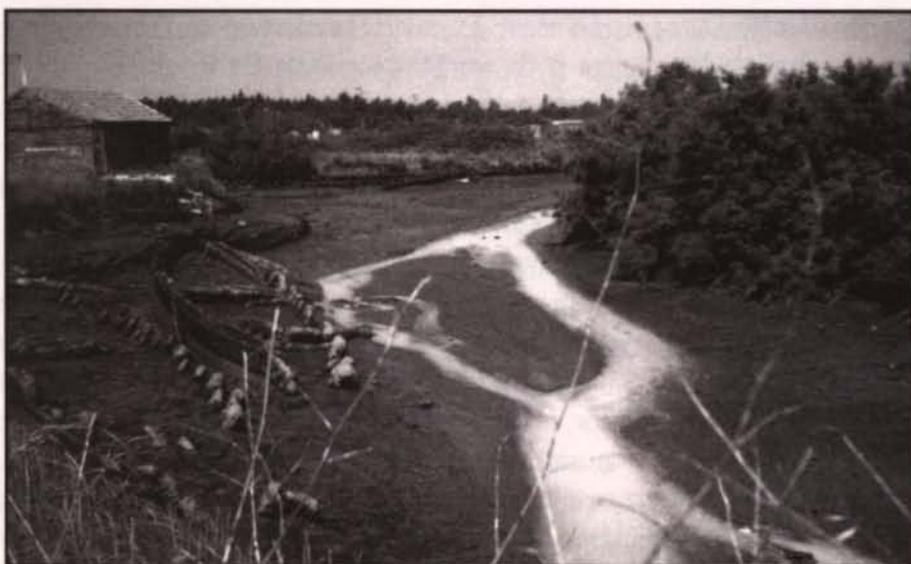


Foto 17 - No esteiro dos armazéns, uma pequena unidade de conservas de peixe derrama os seus efluentes em baixa-mar, os quais vão desaguar no Braço Sul. À esquerda, podem também observar-se os "fósseis" de antigas embarcações de transporte de sal (23/06/1998).

e a fauna aquáticas (R. Marques *et al.*, 1998), considerando que, por exemplo, elementos como o cobre (Cu), o zinco (Zn) e o chumbo (Pb) se associam aos efluentes de origem doméstica, formando óxidos e sulfatos insolúveis (a forma mais abundante é o catião Pb^{++}), precipitando em zonas ricas em matéria orgânica, no que resulta uma elevada toxicidade que provoca alterações graves nos organismos vivos (R. Prego *et al.*, 1998).

Por outro lado, os resíduos sólidos também constituem um grande problema nesta área. Primeiro, porque durante anos funcionou a lixeira do Cabo Mondego que contaminou o solo e transferiu lixiviados tóxicos para o mar, sem qualquer controlo e com consequências que se farão sentir por muitos anos; depois porque, à semelhança do que acontece noutras regiões de Portugal, o economicismo tem imperado nas decisões de ordenamento que dizem respeito ao tratamento de resíduos, depositando-se estes, sejam urbanos ou industriais, em locais sem o mínimo de condições, até ao ponto de se verem contaminados os lençóis freáticos e mesmo os aquíferos de permeabilidade média e elevada. Infelizmente, também caiu nesta situação temporal de risco iminente o "Aterro Sanitário da Figueira da Foz", localizado a norte da fábrica da

Soporcel sobre um terreno muito permeável, com o lençol freático a 2/3 metros de profundidade, o qual tem estreitas conexões com o aquífero semiconfinado (confirmar a sensibilidade através da Fig. 37).

Algumas características da estrutura de deposição de lixos, do plano de funcionamento e dos prazos de validade, justificam o alerta e a necessidade de, quanto antes, se perspectivarem soluções alternativas. Vejam-se alguns dados:

- O alvéolo ocupa uma área de 41.600 m² (160 m X 260 m);
- A recepção de resíduos provenientes de 11 concelhos durante 12 anos, originará a acumulação de perto de um milhão de toneladas de lixo, elevando um monte com cerca de 16 metros no final do período de exploração;
- O aumento progressivo de impactes atmosféricos e paisagísticos, com consequências negativas para todo o concelho, sobretudo para as povoações litorais do sul e para o conjunto da actividade turística;
- A drenagem dos lexiviados do alvéolo a fazer-se para a ETAR da Soporcel, sendo posteriormente incluídos nos efluentes do emissário submarino;
- Um contrato entre o Estado e a ERSUC (empresa responsável) até à selagem, não havendo garantias no futuro de controlo e monitorização de impactes nas águas subterrâneas.

Claro que não se contesta a validade de um projecto deste tipo nas suas vertentes técnicas (materiais de impermeabilização, de protecção mecânica e contra as radiações U.V., além de outras soluções), mas sim a localização totalmente contrária a qualquer política de preservação ambiental. Note-se que há fortes probabilidades de, ocorrendo a contaminação do aquífero, haver também consequências no estuário pela drenagem das águas subterrâneas.

Portanto, no que diz respeito aos impactes do urbanismo, a tendência tem-se mostrado claramente no sentido do aumento dos riscos, da degradação ambiental e do empobrecimento paisagístico, até porque se verifica uma forte expansão urbana praticamente em todos os sentidos: eixo Norte (EN 109); eixo Este (Fontela-Vila Verde); eixo Noroeste de Buarcos; eixo litoral Sul; e eixo transversal da Serra da Boa Viagem a Brenha, cada vez mais sujeito à especulação fundiária e, por isso, mais longe da preservação. Neste último caso, a gravidade da situação também

prevalece pelo facto de o Cabo Mondego conter um estratotipo do limite Bajociano-Batoniano (Jurássico), incluído no projecto de biótopos CORINE e que tem um valor geológico consagrado a nível mundial (P. Cunha et al., 1997), estando hoje submetido a intensa degradação pela actividade da fábrica de cimento. Esta, além de ser responsável pela destruição da rocha e alteração da morfologia local, provoca ainda elevados níveis de poluição atmosférica, pois emite grande quantidade de poeiras que são transportadas no sentido da cidade da Figueira da Foz (devido aos ventos dominantes de N-NW).

4.3.3. A pesca

Há séculos que as comunidades locais labutam pela captura de pescado em quantidade que satisfaça as suas necessidades e expectativas, recorrendo quer às espécies que habitam permanentemente o estuário quer às que aí permanecem periodicamente, ou ainda às que passam em trânsito migratório, nem sempre sendo utilizados os equipamentos e as técnicas mais convenientes, por forma a conseguirem-se níveis de sobrevivência que garantam a reposição das populações.

Em tempos recuados, apesar da maior abundância de efectivos e de diversidade, havia também a consciência do valor deste recurso e estabeleciam-se regras muito rigorosas de protecção à fauna aquática que incluíam pesadas multas para os prevaricadores, servindo essas medidas como reflexão sobre o que hoje é feito para proteger com eficácia as espécies e os *habitats* aquáticos da nossa região. Por exemplo, no reinado de D. Afonso V, aos transgressores esperava não só as multas mas a própria prisão, chegando-se ao ponto de ficar determinado que o infractor apanhado pela terceira vez com redes e armadilhas não permitidas "*fosse emforcado pollo papo em hum dos paos da bisarma!*" (M. Coelho, 1983).

Quer isto dizer que vem de longa data o registo de devastações efectuadas nas espécies fluviais, estuarinas e naquelas que sobem o rio em migração, sustentando todas elas inúmeras famílias que dependem do sucesso das respectivas artes, onde se incluem as vocacionadas para a pesca oceânica. E de tal modo se foi afirmando essa dependência que, só na Figueira da Foz, a actividade piscatória chegou a envolver directa ou indirectamente mais de 5.000 pessoas, quer na pesca propriamente dita quer na seca do bacalhau, nas

conservas de peixe e na construção naval (A. Martins, 1940) que introduziram modificações profundas nas margens do estuário.

Deve acentuar-se que o abandono da pesca do bacalhau e da secagem trouxe a crise a sectores interdependentes, incluindo a salicultura que chegou a produzir essencialmente com esse fim. De facto, os próprios efectivos da pesca têm vindo progressivamente a diminuir, mais acentuadamente nas últimas três décadas, não chegando hoje aos 4% de uma população activa concelhia com mais de 25.000 trabalhadores.

Regista-se, ainda, uma certa tendência para a estabilização e até a quebra nas capturas efectuadas pelas diversas artes pesqueiras, ao mesmo tempo que tem havido o aumento das receitas do pescado (Fig. 49). Uma valorização do produto que terá a ver com os condicionalismos que começam hoje a ser impostos às capturas, racionalizando o esforço de pesca. De qualquer modo, esta situação acaba por valorizar mais o arrasto

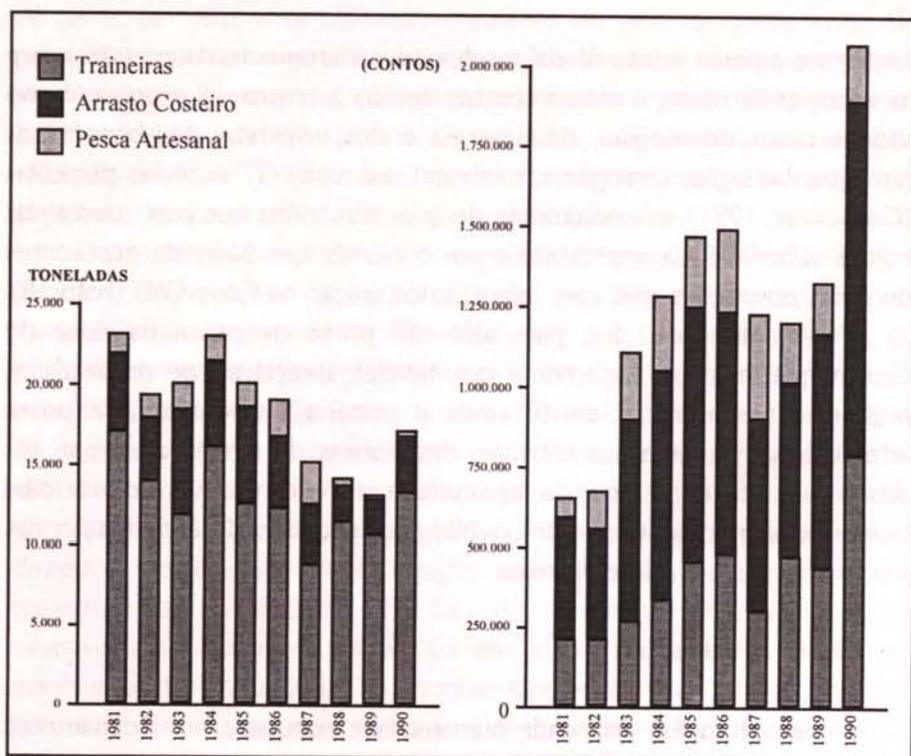


Figura 49 - Movimento do pescado no Porto da Figueira da Foz, em peso e valor económico (com base nos dados do PROT-CL, CCRC, 1995).

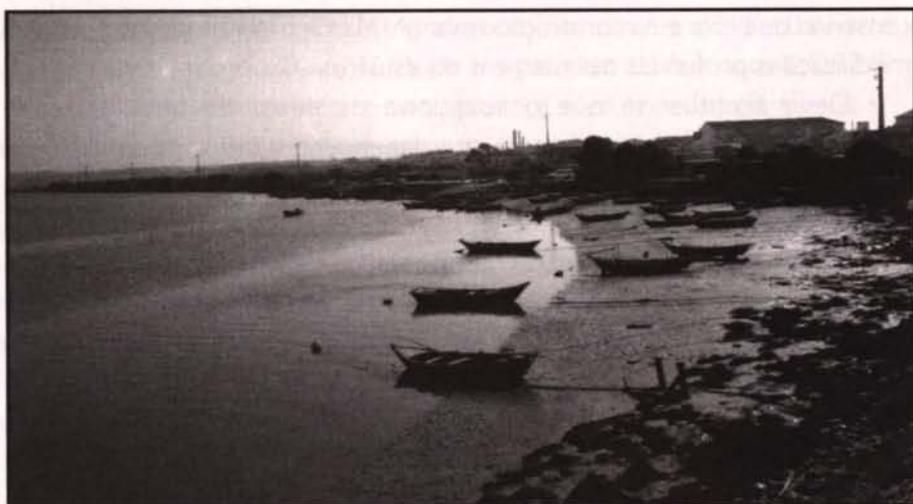


Foto 18 - A margem esquerda do Braço Sul do Mondego, junto à povoação da Gala, serve de abrigo às embarcações da pesca artesanal estuarina (05/03/1998).

costeiro e a pesca artesanal, daí resultando o incremento da pressão sobre as espécies sensíveis e mais expostas devido à crescente procura, como são os casos do meixão, da lampreia e dos invertebrados bentónicos (ameijoas, berbigão, caranguejo, minhoca), além das 37 espécies piscícolas (Consulmar, 1991), essencialmente de origem marinha que permitem ainda hoje a sobrevivência económica a um conjunto apreciável de pescadores de várias povoações, mas com maior concentração na Cova-Gala (Foto 18).

Assim, no Braço Sul, para além do porto de pesca da doca do Coxim que introduz diariamente quantidades apreciáveis de desperdícios orgânicos nesse troço, existe ainda a matéria proveniente da pesca artesanal que se junta aos efluentes das fábricas de farinha de peixe, aos das aquaculturas e aos da agricultura, integrando variados ciclos bioquímicos que facilitam, entre outros, os processos de eutrofização nas zonas com menor hidrodinâmica.

4.3.4. A salicultura

A salicultura é a actividade humana mais adequada no ordenamento do território húmido estuarino, na manutenção da biodiversidade e no reduzido conflito com o meio ambiente, adaptando-se perfeitamente a

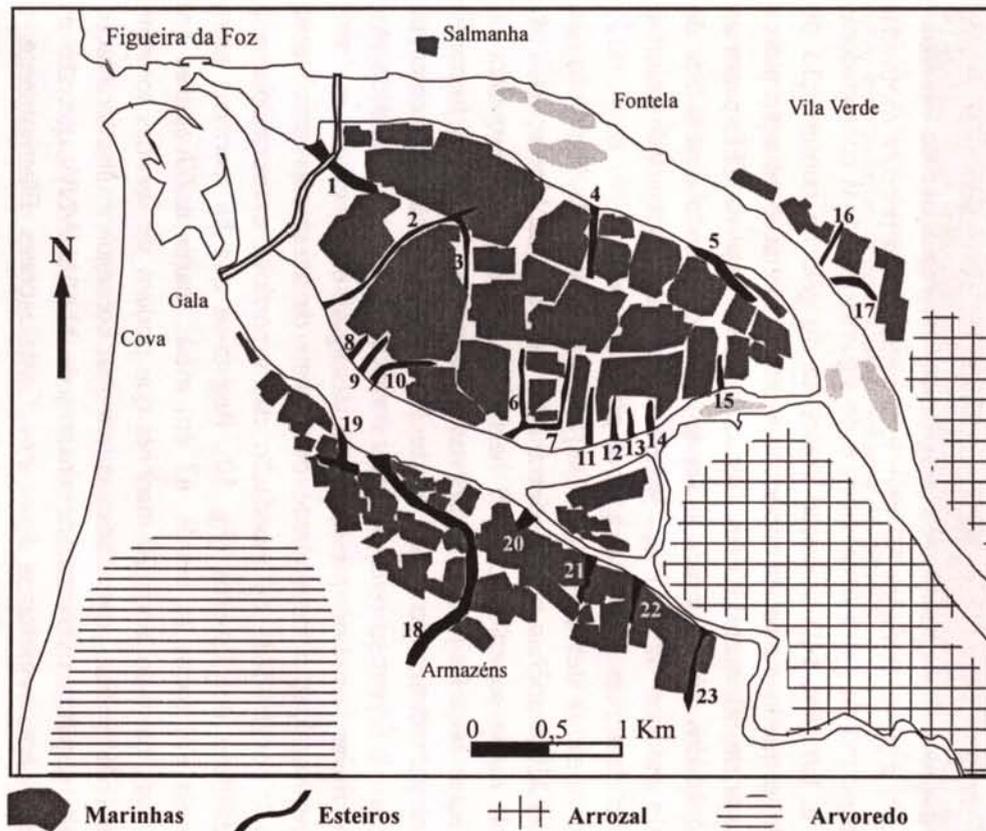
uma paisagem que depende secularmente dos seus processos de circulação e renovação da água marinha.

Em Portugal, existem documentos relativos às marinhas de sal desde o século X, tendo havido explorações do Minho ao Algarve (R. Neves & R. Rufino, 1995).

No caso do estuário do Mondego, deu-se o início do arroteamento da ínsua da Morraceira no século XII, seguindo-se, nos séculos XIV e XV, as marinhas de Tavadrede e de Caceira (M. Coelho, 1983). Nesse tempo, era obra de vulto construir uma marinha, conquistando-a ao juncal, e a povoação de Lavos chegou a ter no sal a sua maior riqueza (A. Martins, 1940).

Durante o presente século, a tendência tem sido para o decréscimo da produção e um agravamento progressivo das condições do mercado, sobretudo a partir dos anos 50, com fortes quebras na procura motivadas pelo abandono da pesca bacalhoeira e de algumas indústrias consumidoras de sal e, também, pela utilização crescente do gelo na conservação do pescado, o que levou ao abandono de muitas marinhas. A situação piorou na década de 80, quando, com a entrada de Portugal na CEE, passaram a ser atribuídos subsídios para as aquaculturas, originando uma subida do valor do solo no Salgado e a venda de muitas propriedades com o objectivo de serem adaptadas à nova produção.

Em meados deste século, o salgado da Figueira da Foz tinha um total de 229 marinhas de sal, distribuídas pela ilha da Morraceira (141 marinhas numa superfície de 519 hectares), pela margem esquerda do Braço Sul e ínsua D. José (71 marinhas numa superfície de 249 hectares) e na margem direita do Braço Norte (17 marinhas ocupando cerca de 30 hectares). É preciso referir que as condições de proximidade do mar não são muito favoráveis à evaporação das águas e que muitas marinhas têm uma localização dependente dos canais de acesso, essencialmente devido à possibilidade de inundação das superfícies evaporatórias e à navegabilidade dos Esteiros (Fig. 50). Regista-se que 86 marinhas eram navegáveis em todas as marés, 63 em meias marés e 60 apenas em marés vivas; havendo ainda 20 marinhas que podiam ser servidas somente por terra. Além disso, nem todas as marinhas conseguem uma localização orientada segundo os ventos dominantes de N-NW-WNW que são os melhores para vergastar as águas nos Cristalizadores. Efectivamente, a



Principais Esteiros do Salgado:

1. Esteiro da Fábrica
2. Esteiro de Aveiró
3. Esteiro do Corredor do Sol
4. Esteiro da Tapada
5. Esteiro do Pontão
6. Esteiro da Ucharia
7. Esteiro das Feras
8. Esteiro da Casa da Pedra
9. Esteiro das Venturas de Baixo
10. Esteiro das Venturas de Cima
11. Esteiro dos Pinheiros
12. Esteiro dos Ossos
13. Esteiro do Adeiro Velho
14. Esteiro das Flores
15. Esteiro dos Doutores
16. Esteiro do Gramatal
17. Esteiro das Ladeiras
18. Esteiro dos Armazéns
19. Esteiro das Craveiras
20. Esteiro do Vale da Vinha
21. Esteiro do Toscano
22. Esteiro dos Tabuões
23. Esteiro da Palhinha

Figura 50 - Localização das Marinhas de Sal (incluindo Viveiros) e principais Esteiros, tendo em conta o registo cadastral de 1954 (adaptação com base nos dados de L. Lopes, 1955).

maioria delas encontra-se em situação intermédia, estando apenas 7 em condições óptimas e, no oposto, 31 em condições muito desfavoráveis (ver na Fig. A-3 algumas localizações relativas).

Passamos, então, duma situação em que o sal representava a coluna dorsal das actividades do estuário, envolvendo directamente centenas de pessoas — em meados do século, o número de proprietários era de 300 e o de operários de 1.300, sendo 500 homens e 800 mulheres (S. Dionísio, 1945) — para as condições presentes em que se calcula existirem entre 50 a 60 marinhas de sal a funcionarem deficientemente. Ou seja, se não forem tomadas medidas de recuperação e de incentivo, haverá consequências negativas para todo o ambiente estuarino.

A marinha de sal representa, por si só, um extraordinário legado cultural, para além do valor do produto que dela se extrai. A sua organização interna, funcionamento e o trabalho específico do marnoto valem bem o aprofundamento da investigação multidisciplinar, ficando aqui apenas o registo de algumas particularidades relevantes.

A obra inicia-se com o aparelhar da marinha, operação que obriga à limpeza das lamas, guarnecimento das marachas e compactação dos terrenos para os tornar impermeáveis, só assim se criando as condições para uma safra promissora. E, no período de verão, o marnoto é como um comandante que manobra a sua embarcação, controlando os movimentos da água com incedível precisão e conhecimento dos fenómenos naturais (Foto 19), por forma a que a graduação das águas decorra segundo a sua vontade desde o viveiro aos cristalizadores, num intricado conjunto de compartimentos e canais que conduz no final à produção de um sal de extrema pureza.

Resumidamente, podemos considerar o percurso completo que passa pelas três partes mais importantes das marinhas (Fig. 51):

— Os viveiros que são grandes reservatórios para a recepção da água do rio ou do esteiro, onde ocorre o depósito de materiais em suspensão;

— As comedorias que constituem a maior porção de superfície evaporatória e que têm um mínimo de três ordens de compartimentos e um máximo de quatro. Aqui, cristalizam vários elementos (sais de ferro, carbonato de cálcio) em concentrações mais baixas do que o NaCl (cloreto de sódio);



Foto 19 - Trabalho especializado do marmoto numa salina da margem esquerda do Braço Sul (27/07/96).

— As praias que, tendo um mínimo de três ordens de compartimentos e um máximo de cinco, formam na maior parte as superfícies de cristalização.

Estas duas últimas partes da marinha estão ligadas pelo malhadal (canal transversal de alimentação das praias); e, lateralmente, dispõem das carreiras (canais que, em muitos casos, só existem de um lado), perpendiculares ao malhadal e que terminam no entraval (canal que se encontra no termo da marinha).

Existem também as divisórias que são essencialmente constituídas por marachas, marachões e silhas, construídos em madeira ou terra e que servem para a circulação de pessoas e deposição do sal. E em torno da marinha elevam-se as motas que são muros de protecção que a isolam do exterior.

Realça-se a função do Viveiro que tem uma forma geralmente caprichosa e irregular (Foto 20), para melhorar a decantação da água, abastecendo-se através de comportas (também chamadas de greiros) que deixam entrar os peixes do estuário, o que permite uma exploração complementar através da pesca, sobretudo no período de inverno. De facto, todos os anos os viveiros são postos em praça para arrematação da pesca (antigamente, também do limo e do junco), no período que

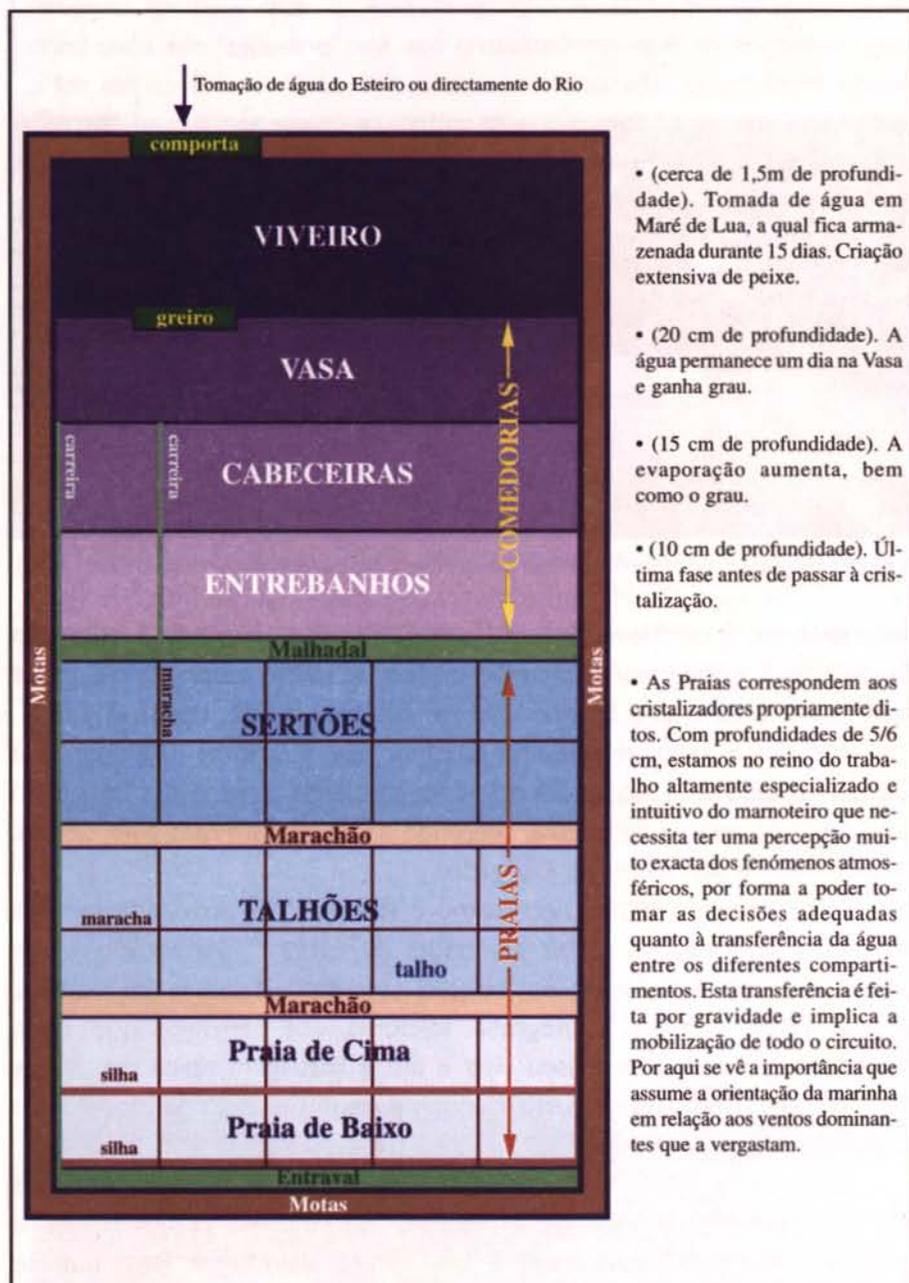


Figura 51 - Esquema geral das principais relações entre os compartimentos das marinhas de sal no Estuário do Mondego (em Portugal, a terminologia varia consoante a região).



Foto 20 - Um aspecto da sinuosidade e ambiente natural que caracterizam um Viveiro (05/11/1997).

decorre entre 1 de Novembro e 15 de Março, possibilitando a obtenção de receita. E como os Viveiros pertencem a vários proprietários, todos contribuem para o seu bom estado de conservação (L. Lopes, 1955).

Por outro lado, o trabalho sazonal dos marnotos (de Março a Outubro) adequa-se ao equilíbrio sócio-ambiental, pois estes trabalham uma parte do ano na agricultura, chegando a cultivar as motas com cevada, centeio, fava e forragens para o gado.

Entretanto, o contínuo decréscimo e abandono da actividade salineira faz perder as tradições sociais associadas às marinhas, verificando-se um afastamento das populações em relação aos ritmos sazonais de outrora, às suas raízes culturais (etnografia, folclore), aos utensílios que ainda compõem um autêntico museu vivo e até à linguagem típica das salinas (R. Nogueira, 1935) que é parte integrante de um imenso património em declínio (Quadro A-3).

Deve ainda referir-se que neste território a salicultura de salinas é afectada pela concorrência da exploração industrial de sal-gema. Este é proveniente da estrutura salífera do diapiro de Monte Real que se desenvolve sob uma cobertura de sedimentos carbonatados do Liásico (M. Lapa & D. Mendes, 1997), com uma espessura variável entre os 200 e os 400 metros (podendo atingir os 4 quilómetros de profundidade e

reservas globais que ascendem a 500×10^9 toneladas) e que é conduzido em "pipe-line" até aos cristalizadores que se encontram junto à foz do rio Pranto (Foto 21), onde são cristalizadas quantidades elevadas de halite e de gesso que, por infiltração ou escoamento, podem provocar modificações químicas nas águas do Braço Sul do rio Mondego (P. Cunha et al., 1997). De qualquer forma, prevê-se que as cavernas resultantes da extracção de sal venham a ser utilizadas para o armazenamento de gás natural, pelo que a exploração de sal-gema será muito provavelmente abandonada em favor do alargamento volumétrico para receber o combustível fóssil.

Não há dúvida que a sustentabilidade da zona húmida estuarina terá de passar pela manutenção da actividade da salicultura em marinhas tradicionais que, entre muitas funções positivas, proporciona a existência de locais privilegiados do ponto de vista paisagístico e da biodiversidade (F. Martins & F. Alves, 1996), sem impactes ecológicos negativos e até com contributos para a qualidade ambiental. Neste aspecto, destaca-se o papel da renovação da água mareal nos reservatórios protegidos, dando origem a grande número de espécies da macrofauna bentónica (S. Gamito et al., 1998) que são imprescindíveis para a sobrevivência de



Foto 21 - Vista parcial da unidade de cristalização de sal-gema, junto à foz do rio Pranto (05/07/1998).

muitas outras espécies e constituem importante fonte de recursos para a comunidade local.

4.3.5. A aquacultura

Na Europa, a aposta na aquacultura, em todas as suas vertentes, passou a ser encarada seriamente apenas a partir dos anos 70, sobretudo pela possibilidade de servir de alternativa viável ao esforço numa pesca marítima que vem colocando em risco a sobrevivência de muitas espécies de grande consumo. Esta perspectiva de substituição suporta-se, assim, em duas vantagens evidentes:

1. Ficou demonstrado, através do exemplo asiático, ser possível atingir elevados valores de produção e de rendimento económico, aproveitando a experiência de impactes negativos por forma a implementar projectos alternativos;

2. Os conflitos pela exploração das águas internacionais e por motivos ecológicos podem ver-se reduzidos a contento da produção e do imperativo de preservar os recursos oceânicos.

De facto, a produção mundial da aquacultura não tem parado de crescer, atingindo o valor de 15 milhões de toneladas em 1990, prevendo-se uma evolução para 20 milhões de toneladas em 2000, 37,5 milhões de toneladas em 2010 e 62 milhões de toneladas em 2025 (D. Nowell, 1994).

Em Portugal, o processo desenvolveu-se a partir de meados dos anos 80, após a integração na CEE que trouxe vários incentivos financeiros para o arranque e crescimento do número de explorações. As condições são propícias uma vez que a aquacultura vem substituir actividades em declínio, como a salicultura e alguns tipos de pesca, havendo ao nível dos preços um efeito favorável para o consumidor, numa evolução que se prevê cada vez mais consolidada (Quadro XIII).

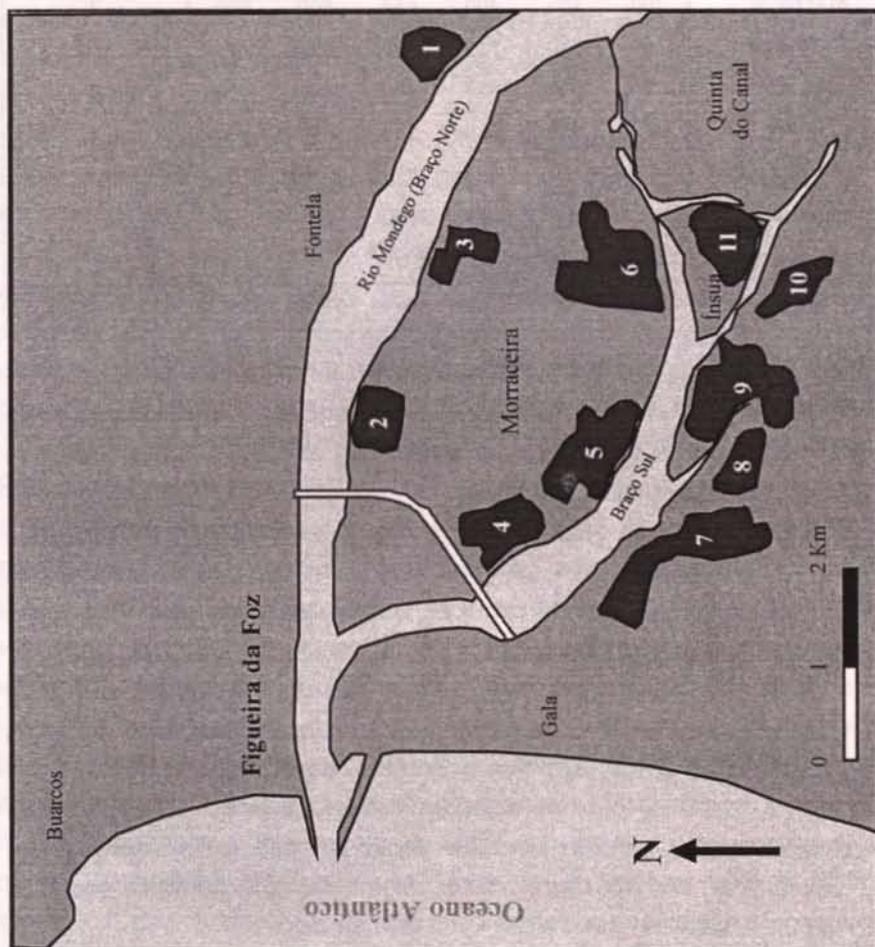
O estuário do Mondego também tem registado uma progressiva transformação dos terrenos tradicionais do Salgado que se vêem agora adaptados a "tanques" de aquacultura (ver na Fig. 52 a distribuição espacial das pisciculturas intensivas e semi-intensivas), passando a ocorrer uma série de fenómenos de resposta natural que devem ser avaliados de forma responsável. Até porque a aquacultura, pela

Quadro XIII - Produção de Dourada e Robalo no Mediterrâneo, em milhares de toneladas (Corneille, 1997).

PAÍSES	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Nº Explorações
Grécia	2500	6000	8500	12000	17000	18000	220
Espanha	1200	2000	2600	3200	4300	6500	35
Itália	2500	2900	3400	4000	4600	5000	43
França	600	1200	1800	2800	3400	3500	31
Turquia	250	1200	1500	1800	3500	4000	200
Egipto	1400	1400	1860	1440	1700	1700	-
Croácia	400	400	400	1200	1700	1700	18
Malta	60	300	600	900	1200	1400	4
Marrocos	200	300	400	650	800	800	2
Portugal	300	380	500	700	1300	1550	18
Tunísia	450	500	650	600	400	400	3
Chipre	60	70	220	550	600	800	6
Israel	-	-	500	750	1250	1750	-
Eslovénia	0	-	0	100	250	300	-
Kuwait	0	0	0	0	50	100	1
TOTAL	9920	16650	22690	30690	42050	47500	581

necessidade que tem de funcionar num ambiente purificado, pode desempenhar as funções de monitor em relação às alterações verificadas no ecossistema estuarino.

Por exemplo, os impactes provenientes das terras agrícolas manifestam-se normalmente pela subida do pH (a água do mar já é alcalina, com um pH na ordem dos 8,2), o que, desde logo, provoca stress nos animais marinhos e alterações no equilíbrio entre a amónia (NH_4) e o amoníaco (NH_3), desviando-se para a forma NH_3 que aumenta a toxicidade do meio aquático. É claro que se houver descargas de águas carregadas de nutrientes agrícolas (nitratos), sobretudo pelas comportas do Alvo, no momento em que as aquaculturas procedem ao enchimento dos reservatórios para a renovação da água salgada dos tanques de produção, podem ocorrer mortandades de monta, com enormes prejuízos económicos e efeitos nocivos na fauna do estuário.



PISCICULTURAS REGISTRADAS (em actividade ou programadas para o efeito)		
Nome da Marinha	Números de Registo	Áreas das Marinhas (m ²)
Crav. de Baixo	4 10.11	153.100
Quartos	8	25.000
Cavadas	21.21-A	33.500
Amazonas	25.26.36.38	18.920
Torrão	31.32.33.44.46	96.200
Freiras	51	78.475
Insua D. José	54	118.000
Joaquim da Fonte	76	118.420
Venturas de Baixo	121.122.123	11.293
Venturas de Cima	124 a 129	32.400
Moleiros	130.131.132	47.000
Correias	133.134	71.900
Pinheiros	162.163	108.200
Adeiro Velho	164 a 169	89.135
S. Julião	182	57.120
Corr. Pestanas	199 a 204	11.590
Gramatal	227 a 231.239	42.091
Total da área registada		1.112.344 m²

Outras Marinhas já integradas (ou em vias disso) na área de desenvolvimento das pisciculturas:
 Mondeguinho (3); Pedrosa (9); Estacas (9);
 Vale da Vinha (9); Negra (9).

Figura 52 - Esboço da ocupação espacial das explorações piscícolas intensivas e semi-intensivas (com obras realizadas ou pedidas na JAPFF) no território do "Salgado".

Mas, a própria aquacultura cria os seus impactes específicos que não podem ser negligenciados e dos quais se destacam (J. Ribeiro, 1998):

— Modificação drástica da paisagem, com transformação fisiográfica e aprofundamento irreversível da cota das marinhas (Foto 22), alterando o circuito da água nos esteiros;

— Redução da área crítica de muitas espécies residentes e migradoras, nomeadamente os organismos bentónicos e as aves que perdem locais de nidificação;

— Transformação social profunda, traduzida também na degradação e evolução dos edifícios tradicionais do salgado;

— Substituição de um sistema de produção sazonal, extensivo e não poluente (a salicultura), por outro, intensivo e que provoca profundas alterações na qualidade da água, sobretudo porque introduz grandes quantidades de matéria orgânica no Braço Sul e diversos compostos químicos (Fotos 23a e 23b);

— Riscos potenciais e reais de contaminação, pela difusão no meio estuarino de hormonas, antibióticos, patologias e alterações genéticas;

— Enorme consumo de rações de origem animal que provêm essencialmente de compostos de peixe oceânico, o que anula em parte o efeito pretendido de reduzir o esforço de pesca. Como os países menos desenvolvidos têm normalmente uma legislação mais permissiva, poderão

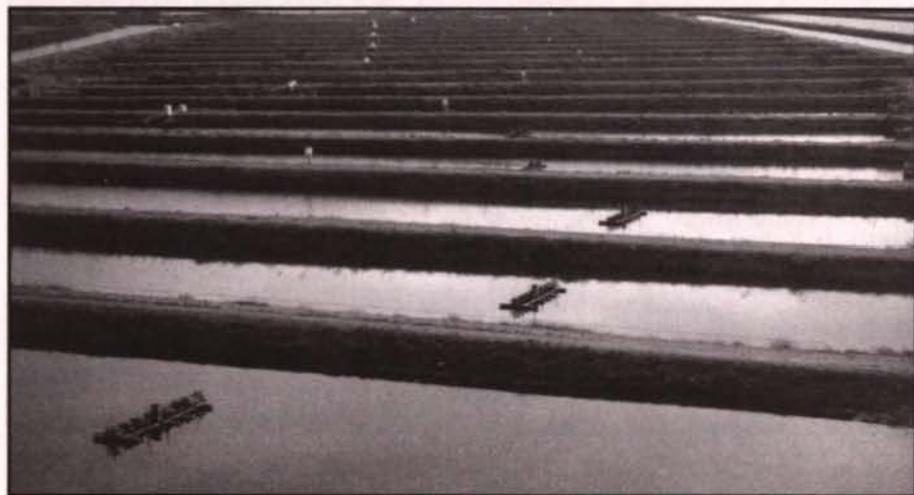
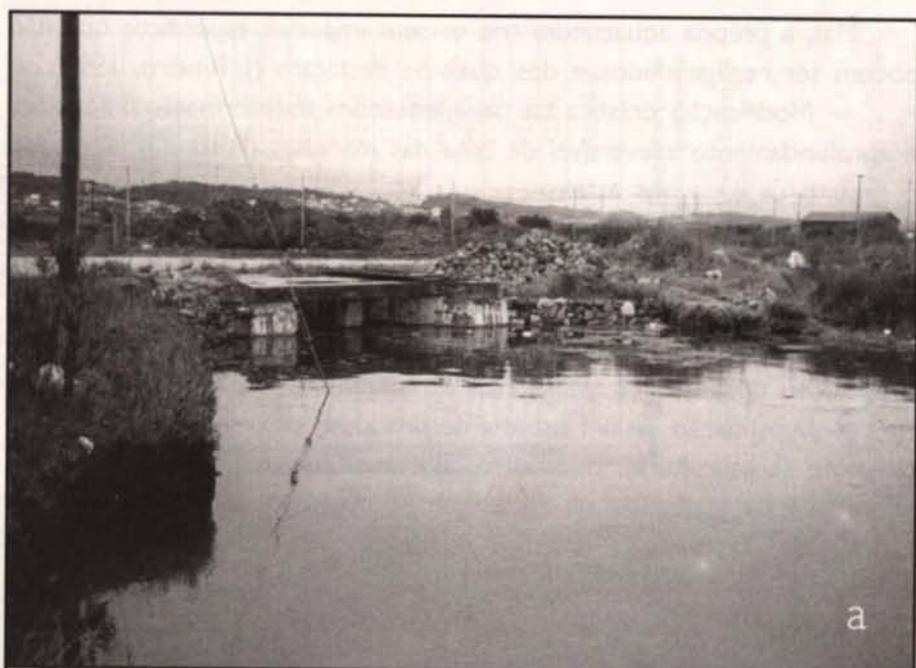
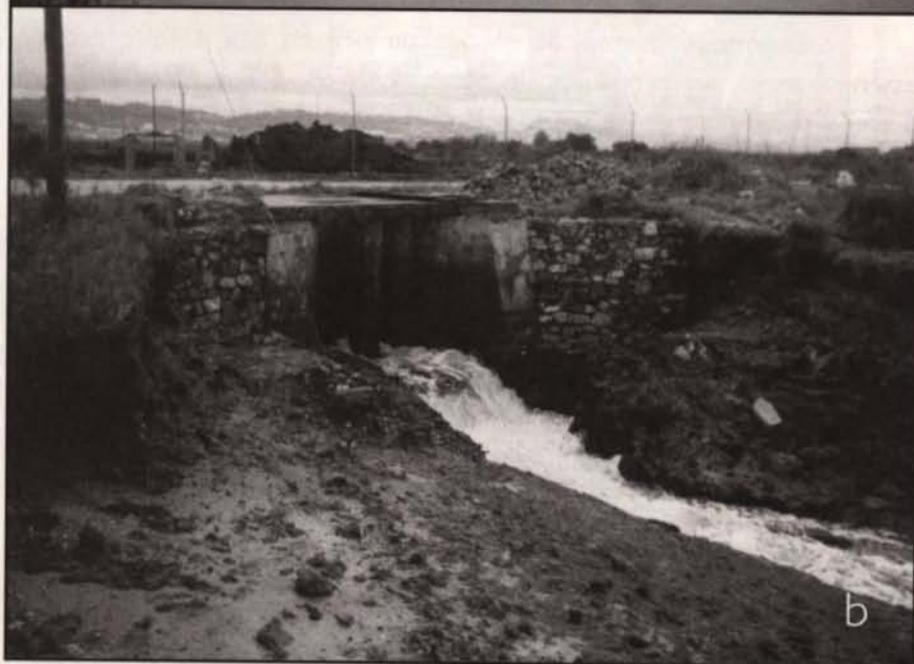


Foto 22 - Vista parcial de uma unidade de piscicultura intensiva, na ilha da Morraceira (05/11/1997).



a



b

Fotos 23a e 23b - Níveis da água nas comportas das marinhas de aquacultura. As melhores condições, quer para tomar água quer para escoá-la, ocorrem em marés vivas de Lua (Morraceira, 29 de Março de 1998).

surgir consequências nefastas a nível mundial, em áreas de ecologia marinha muito sensível (caso das regiões tropicais).

As pisciculturas intensivas são sempre poluidoras e existem números impressionantes que devem considerar-se na comparação dos seus custos/benefícios. Segundo Solbe (1988), a produção de 1 tonelada de peixe provoca uma contaminação comparável à emitida, num dia, por:

- 115.000 habitantes, no que respeita à matéria orgânica;
- 44.000 habitantes, quanto ao amoníaco;
- 312.000 habitantes, se tivermos em conta a matéria em suspensão.

Por isso, podemos calcular o grau de impacte das pisciculturas no território de estudo — independentemente de os números oficiais da Direcção Geral de Pescas apontarem para apenas algumas dezenas de toneladas de robalo e dourada na Região Centro — sabendo que, em média, elas eliminam para o meio os seguintes produtos, por cada tonelada de peixe produzido (G. Barnabé, 1996):

- 1.066 Kg de matéria em suspensão;
- 182 Kg de amoníaco;
- 4 a 11 Kg de nitratos;
- 3 a 16 Kg de fosfatos.

Face a estes números, há a necessidade de avaliar urgentemente a capacidade de depuração do meio receptor (sobretudo o Braço Sul) que sabemos passar actualmente por processos de eutrofização no sector proximal.

Por outro lado, dentro dos tanques de alimentação e crescimento, a acumulação e abundância de sólidos em suspensão reduz a penetração da luz e a fotossíntese, diminuindo o oxigénio dissolvido, o que obriga a utilizar diversa tecnologia que vai desde os arejadores (Foto 24), aos oxigenadores, passando por alimentadores automáticos e controlo monitorizado de todo o sistema. Isto porque os efeitos nocivos nos peixes se fazem sentir de diversas formas:

- Inibição do crescimento;
- Problemas no desenvolvimento de ovos e larvas;
- Dificuldade de movimentos;
- Colmatação de brânquias e conseqüente morte por asfixia.

Assim, nas aquaculturas do estuário do Mondego, os impactes externos associados às condições particulares dos tanques obrigam os

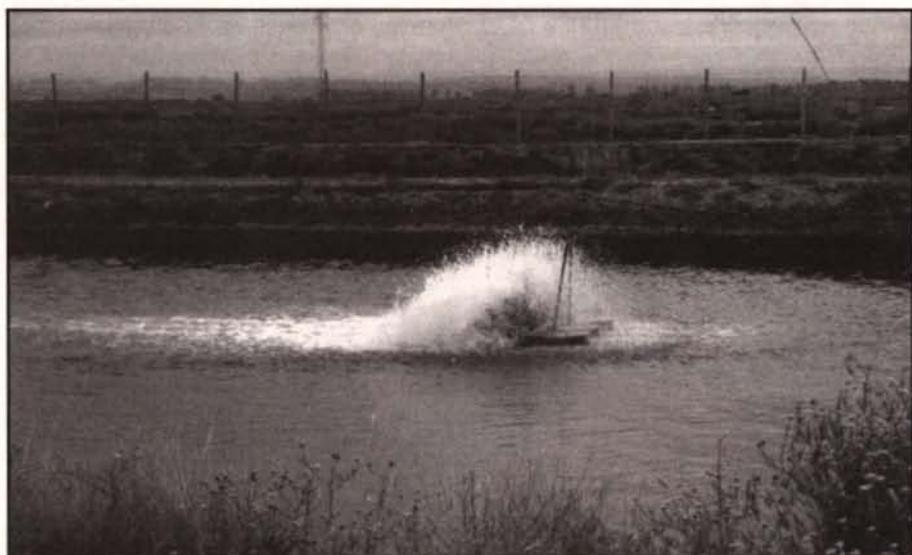


Foto 24 - Arejador em funcionamento numa unidade de piscicultura intensiva da ilha da Morraceira. A turbidez e a densidade de peixes no tanque obrigam à utilização de meios artificiais de oxigenação (05/11/97).

proprietários a tomarem medidas aparentemente de sentido contrário: por um lado, é necessário manter um grau adequado de oxigenação e de qualidade da água propícios à produção contínua que evite o aparecimento de doenças e patologias, sendo, nessa medida, útil a propagação do fitoplâncton; por outro, a grande produção microalgar que pode dever-se à presença de nutrientes no meio aquático, é combatida com a introdução de bivalves de substrato móvel, os quais não só reciclam parte da matéria orgânica produzida pelos peixes, como incentivam as douradas a remexerem os fundos lodosos em busca desses invertebrados que muito apreciam, provocando a turbidez permanente da água. Este último procedimento evita a penetração da luz solar e o desenvolvimento de algas prejudiciais, percebendo-se assim porque se aposta na produção de dourada juntamente com a de robalo.

Na ilha da Morraceira existe também uma unidade de reprodução, criada por uma associação local de produtores e que tem por objectivo o fornecimento de juvenis de robalo e dourada a todas as explorações aquícolas regionais, o que poderá evitar a introdução de espécies exóticas, nada recomendáveis. Nesta unidade, tecnologicamente evoluída, podem

acompanhar-se as diversas fases de desenvolvimento dos peixes, desde o acasalamento, a postura e a eclosão, até à fase mais avançada de transferência dos juvenis para os tanques exteriores, num processo que exige grande complexidade de todo o equipamento e formação científica adequada (Quadro XIV). Só assim é possível responder positivamente às pequenas alterações de um meio que se encontra em transformação profunda (Quadro A-4), de tal modo que o sucesso relativo mede-se pelo número de sobreviventes são que atingem a idade juvenil.

A monitorização dos factores físicos fundamentais — temperatura, luz (fotoperíodo), pH (entre 8 a 8,2), salinidade (entre 30 e 38‰), pressão atmosférica — devem servir, como dissemos, como instrumento de apoio à gestão de todo o sistema estuarino, podendo daí resultar orientações que permitam atingir o equilíbrio ambiental que a todos beneficie. Isto a par de um acompanhamento permanente por parte das instituições oficiais que consiga estabelecer regras e soluções para alguns desvios aos padrões mínimos de qualidade da água.

Note-se que foram já registados valores relativamente elevados de Cobre, Ferro e Zinco (sobretudo deste), nalgumas amostragens (exemplo da realizada no inverno de 1995), relativamente aos padrões estabelecidos para a presença de metais pesados na água (Quadro A-5), enquanto no verão, aparentemente, os valores reduzem-se a níveis aceitáveis, o que poderá indicar que não há uma medição sistemática nos mesmos locais. De qualquer forma, os valores registados podem ser preocupantes, dado o carácter bioacumulável dos metais pesados. Existem mesmo estudos demonstrativos das alterações ao nível da histologia branquial (J. Oliveira *et al.*, 1998) de várias espécies sujeitas a este contacto. E, por isso, as pisciculturas podem ser usadas como biomarcadores privilegiados, por forma a que o acompanhamento atinja um grau de confiança desejável, quer para o produto quer para o meio de suporte.

Portanto, a aquacultura, sujeita a normas de funcionamento rigorosas e a um ordenamento adequado, pode vir a assumir alguns aspectos de utilidade:

- Produção biológica com fins económicos;
- Descontaminação biológica e química;
- Reciclagem biológica;
- Protecção jurídica contra a contaminação humana.

Quadro XIV - Síntese de processos numa unidade de reprodução piscícola (exemplo da Fozáqua).

TEMPO	PROCEDIMENTOS	FASES	PARÂMETROS
EVOLUÇÃO CRÍTICA			
- 8 DIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentação. • Observação do estado de maturação sexual. • Passagem-transporte a tanques em circuito fechado. • Injecção de hormonas. 	REPRODUTORES	Temperatura Fotoperíodo Salinidade pH Alimentação (qualidade e quantidade)
Libertação de ovócitos e espermatozóides			
Fecundação			
- 5 DIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Colheita dos ovos. • Selecção dos ovos (contagem). • Incubação (120/130 horas). • Observação do desenvolvimento embrionário. • Controlo de parâmetros físico-químicos. 	OVOS	
0 DIAS	Eclosão		
	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte aos tanques larvários. • Observação do desenvolvimento larvar. 	LARVAS	
Abertura da boca, comprimento, consumo da reserva vitelina			
Formação da bexiga (esgotadas as reservas vitelinas)			
	<ul style="list-style-type: none"> • Purgas - contagem de mortos. • Análise de parâmetros físico-químicos. • 1ª alimentação: Náuplios de Artémia. • Sifonagens/contagem de mortos. • Metanáuplios de Artémia enriquecidos. 		Plâncton • Algas e rotífero • Artémia Infecções (Vírus e Bactérias)
40-45 DIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentação: transição Artémia - microencapsulados. • Sifonagens/contagem de mortos. • 1ª Calibragem/contagem. • Medição de peso, comprimento e 	ALEVINS (Nursery)	Contaminantes • Iões metálicos • Nutrientes • Pesticidas
Deformações			
	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentação: Ração. • Calibragem (cada 2/3 semanas). • Transporte aos viveiros. 		Turbidez
120-150 DIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques exteriores. 	JUVENIS	Sedimentos



Foto 25 - Transformação de marinhas da ínsua D. José em tanques de aquacultura (Julho de 1998).

Nessa medida, podemos concluir que o principal problema que afecta as aquaculturas e o meio ambiente pode ser o seu próprio sobredimensionamento, através de uma busca desenfreada de lucro máximo que acabará por conduzir o ecossistema estuarino ao colapso, por ultrapassar o limite da sua capacidade de depuração. A falta de regulamentação, perante esta hipótese, será mesmo o grande obstáculo ao desenvolvimento sustentado da actividade, podendo constatar-se o exemplo de no PDM da Figueira da Foz (Risco, 1993) se apontar a necessidade de destinar a ínsua D. José como "reserva de avifauna" e, no entanto, assistirmos impotentes à destruição paisagística desse território (Foto 25), invadido por maquinaria pesada que a transforma em mais uma grande unidade de piscicultura intensiva.

A continuar a ocupação neste ritmo, certamente todos iremos lamentar a degradação irreversível que foi permitida, incluindo aqueles que julgavam poder usufruir dos recursos de forma ilimitada.

4.3.6. O comércio marítimo e as infraestruturas portuárias

Situado junto à foz do rio Mondego, o porto da Figueira da Foz fica equidistante dos dois maiores portos nacionais (Lisboa e Leixões) e constitui uma estrutura fundamental ao modo de vida da população local,

sobretudo no que respeita às actividades da pesca, da construção naval e do comércio marítimo.

Apesar das tendências recentes mais restritivas de adaptação a uma política comum das pescas na União Europeia, têm-se feito grandes investimentos nas infraestruturas de apoio, sendo um sector que tradicionalmente se encontrava em estreita interdependência com a construção naval.

Os estaleiros navais têm, pois, uma secular tradição e enraizamento social, apesar dos períodos de crise profunda por que passaram em diversas épocas da sua história, havendo hoje uma aposta na diversificação e a expectativa de melhores condições de acompanhamento do mercado com o desenvolvimento do projecto intermodal em curso.

Por seu lado, a actividade comercial dinamiza a complementaridade das estruturas portuárias e é aquela que justifica os elevados investimentos na funcionalidade e noutros aspectos concorrenciais do porto, tentando que diminua a dependência (sobretudo nas cargas) dos produtos provenientes das duas fábricas de celulose do sul do concelho, o que evitará a demasiada exposição às variações cíclicas que atravessam os mercados mundiais da pasta de papel e seus derivados (o Quadro XV mostra a evolução do movimento entre 1991 e 1999). Para isso, espera-se que o porto da Figueira da Foz responda às necessidades regionais e que se enquadre nos projectos nacionais e transeuropeus de transportes.

Deve dizer-se que o turismo contribui para aumentar o potencial de investimento nas infraestruturas, não só porque o projecto intermodal contempla a ligação aos mais importantes nós rodoviários e ferroviários nacionais, mas porque tem permitido o alargamento das estruturas de apoio da Doca de Recreio.

Em termos físicos, podemos caracterizar o porto da Figueira da Foz como uma estrutura multifuncional que faz a ligação entre o estuário do Mondego e a costa arenosa através de dois molhes exteriores convergentes, com extensões de 900 metros (molhe norte) e 950 metros (molhe sul), sendo de 320 metros a distância entre as respectivas cabeças e a barra voltada para oeste. A embocadura da barra define-se entre os molhes interiores (canal com 170 metros de largura); e entre estes e os molhes exteriores existem dois cabedelos nas zonas de sombra hidrodinâmica (P. Cunha et al., 1997).

Quadro XV - Movimento do porto da Figueira da Foz (S. Capão, 1999).

EXPORTAÇÃO (Ton.)									
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999*
Pasta de Papel	456.947	427.520	321.155	376.304	390.416	384.811	437.429	441.402	440.000
Madeiras	84.390	60.140	63.391	65.476	46.534	39.560	22.683	26.511	40.000
Graneis sólidos	1.728	0	0	0	9.099	17.806	20.360	15.532	30.000
Carga geral	8.255	10.853	9.649	11.883	11.703	9.683	4.559	5.817	5.000
TOTAL	551.320	498.513	394.195	453.663	457.752	451.860	485.031	489.262	515.000
IMPORTAÇÃO (Ton.)									
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999*
Pasta de Papel	16.534	18.120	37.150	36.657	46.217	41.056	52.095	44.825	45.000
Madeiras	0	7.745	3.231	54.909	57.733	15.411	6.608	48.890	10.000
Graneis sólidos	30.203	51.396	48.832	40.954	49.377	64.405	81.168	76.581	100.000
Carga geral	20.827	14.605	26.662	23.363	25.003	28.701	36.823	37.907	40.000
TOTAL	67.564	91.866	115.875	155.883	178.330	149.573	176.694	208.203	195.000
TOTAL ANUAL	618.884	590.379	510.070	609.546	636.082	601.433	661.725	697.465	710.000

* Estimativa

Entrando na barra, temos uma área de expansão de ondulação, à qual se segue um canal regularizado e depois os dois braços do Mondego, ambos com as margens regularizadas dentro da zona portuária e com as seguintes instalações a assinalar:

1. Na margem norte do Braço Norte, de jusante para montante, localizam-se a doca para embarcações de recreio que dispõe de 50.000 m² de área molhada e diversas infraestruturas para apoio do turismo de mar; a seguir fica o porto comercial que tem 462 metros de extensão e terraplenos com 35.000 metros² (ver na Foto 26 uma vista geral da fase de alargamento);

2. Na margem sul do Braço Norte localiza-se a chamada Doca dos Bacalhoeiros, em cuja periferia se exercem actividades ligadas às pescas e



Foto 26 - Alargamento do porto comercial com a construção do novo cais de granéis sólidos (29/03/1998).

se situam estaleiros navais. Esta doca tem uma entrada com 100 metros virada a norte e 19.800 m² de área molhada;

3. Na margem poente do Braço Sul está implantado o Porto de Pesca, localizando-se também aí outros estaleiros navais e a estação do Salva-Vidas. O Porto de Pesca dispõe de uma doca de descarga com 35.000 m² e um cais com 250 metros.

O Instituto Portuário do Centro (antiga Junta Autónoma do Porto da Figueira da Foz) é a entidade gestora e que exerce a sua jurisdição nas seguintes áreas deste território (Fig. 53):

a) O estuário do Mondego, constituído pelos seus dois braços salgados e as respectivas margens, desde a foz até ao sítio do pontão e os terrenos do Domínio Público Marítimo adjacentes, incluindo os que sejam objecto de quaisquer concessões dadas pelo governo;

b) O litoral marítimo compreendido entre os paralelos +53.750 e +52.400 (sistema Hayford Gauss);

c) Todos os terrenos adjacentes às faixas definidas nas alíneas anteriores adquiridos ou conquistados ao rio e ao mar pela JAPFF;

d) Os molhes, diques, cais, docas, acostadouros, rampas, varadouros, terraplenos e todas as obras de abrigo ou de protecção existentes ou

que venham a ser construídos entre os limites fixados anteriormente.

É de referir que a Junta Autónoma do Porto apresentou, em 1996, um conjunto de projectos para este território (acompanhando a divulgação do projecto intermodal de transportes) que têm aspectos polémicos quanto aos objectivos e impactes associados, principalmente os que decorrem do prolongamento do porto comercial para montante, a construção de um cais de graneis líquidos e a instalação de um Museu Naval na margem esquerda do Braço Norte (ilha da Morraceira) e a eventual criação de uma área de modelismo naval na margem direita do Braço Sul, junto à ponte da Gala, ocupada já por explorações de aquacultura.

Mais recentemente, também o Instituto Portuário do Centro avançou com um "concurso de ideias" para a requalificação das margens ribeirinhas que inclui a construção de equipamentos estruturantes, nos quais se inclui uma piscina oceânica a jusante da marina de recreio e equipamento turístico pesado na frente costeira a sul da barra portuária. Ou seja, em zonas sujeitas a sério risco de inundação.

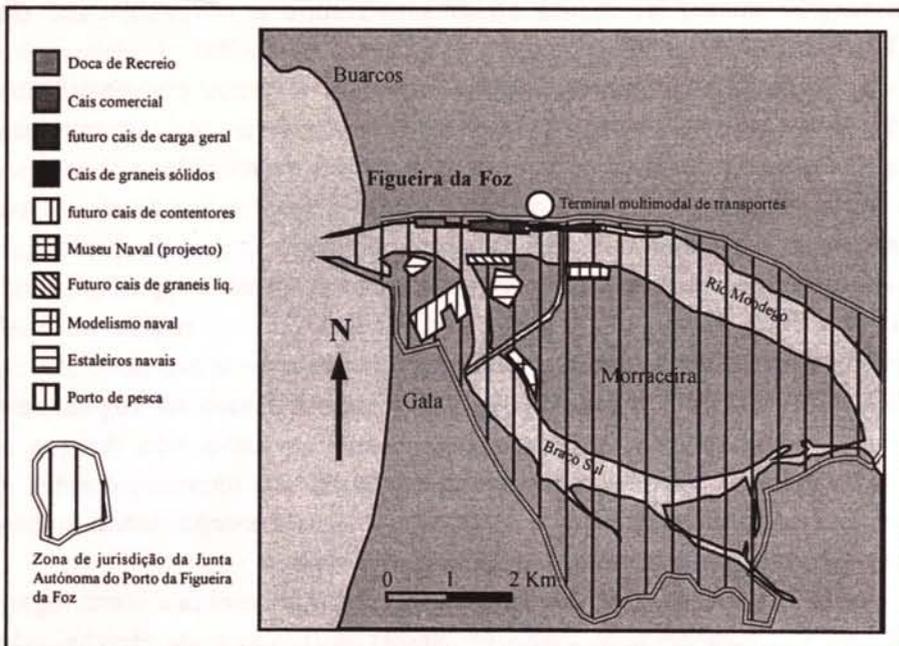


Figura 53 - Principais áreas de ocupação e intervenção portuárias, segundo o plano da JAPFF (1996).

Todas estas alterações físicas do estuário levantam questões ambientais, havendo a necessidade de se insistir na realização atempada de Estudos de Impacte Ambiental (EIA) e respectiva Avaliação (AIA). Ou então ocorrem situações como as propiciadas pelo próprio Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território (MEPAT) que, no desenvolvimento do projecto intermodal, relega o Estudo de Impactes Ambientais para as "Acções em estudo", o que não é correcto do ponto de vista da insegurança que potencia nem do cumprimento da legislação em vigor, nomeadamente das normas comunitárias. Note-se que as operações portuárias produzem poluição atmosférica, poluição das águas e ruído, além de serem necessárias constantes dragagens no canal de acesso (Foto 27) que produzem contaminações e, por isso mesmo, estão sujeitas a normas definidas em várias convenções internacionais sobre o tratamento destes produtos (Convenção combinada de Oslo-Paris e de Londres) que representam riscos consideráveis — poluição física, química e biológica que afecta o tecido sócio-económico — embora possam também produzir alguns impactes positivos, como sejam melhorar a qualidade da água pelo aumento da circulação, ou fortalecer as praias e o cordão dunar, facilitando ao mesmo tempo a navegabilidade (P. Bettencourt et al., 1996).

De qualquer modo, aceita-se ser preferível para o meio ambiente, em termos globais, que haja uma progressiva transferência de mercadorias do transporte rodoviário para os transportes ferroviário e marítimo, adoptando provavelmente uma política de SSS ("Short Sea Shipping") que incentive o movimento de navios de menor calado, o que fará com que talvez não seja necessário um aprofundamento do canal navegável superior a -7m ZH (o Zero Hidrográfico corresponde a -2m em relação ao nível médio do mar em Cascais), atenuando ao mesmo tempo o processo de degradação ambiental que se faz sentir no estuário e na região pela excessiva utilização do transporte rodoviário pesado. Isto porque o transporte ferroviário e o transporte marítimo são menos poluentes e abrem a possibilidade de uma maior poupança de energia, tendo ambos um peso crescente no comércio intracomunitário.

As estruturas intermodais estarão, assim, em primeiro lugar, preparadas para resolver alguns problemas de fluxos e de atractividade económica, reforçando potencialmente as acessibilidades, através das



Foto 27 - Drega em actividade na confluência dos Braços Norte e Sul do Mondego (7/Abril/1998).

ligações do Porto Comercial à rede ferroviária nacional, com nós às linhas do Norte, do Oeste e da Beira Alta; e à rede rodoviária de grande intensidade de tráfego de mercadorias, pelos itinerários IP3, ICI/EN109 e IC8, além do troço de ligação do ICI/EN109 ao nó de Pombal, o que permitirá um acesso rápido ao IPI e à A1. E é evidente que, revertendo o raciocínio que desenvolvemos, este aumento da intensidade de tráfego comprometerá, inevitavelmente, o equilíbrio ambiental pretendido.

Atente-se que, antes de mais, os objectivos da intermodalidade buscam alguns resultados práticos na racionalização dos sistemas produtivos (JAPFF, 1996).

- I. Ao nível do transporte ferroviário, permitem:
 - a) A viabilidade do projecto logístico ibérico do grupo Stora/Celbi;
 - b) A adequação logística à exportação de papel da Soporcel;
 - c) A recepção portuária de matéria-prima para a indústria do vidro, com sequência ferroviária às unidades fabris sediadas na região de Leiria;
 - d) A recepção portuária de produtos siderúrgicos, com distribuição ferroviária para diversos destinos ibéricos;
 - e) A recepção portuária de matéria-prima para rações e distribuição regional por via ferroviária;

f) A recepção ferroviária de aglomerados de madeira das fábricas da Beira Alta para exportação por via marítima;

g) A recepção ferroviária de rochas ornamentais, pavimentos e produtos cerâmicos para exportação por via marítima;

h) A recepção portuária de "feeders" de madeira, com complementaridade ferroviária para as indústrias de celulose;

2. Ao nível do transporte rodoviário, permitem melhorar a eficiência dos acessos, bem como a comodidade, a segurança e a economia. Prevê-se a reformulação da actual Estrada Municipal M-600, criando duas rotundas que permitirão o acesso à zona portuária e ao IP3, cujo troço final ficará ligado ao terminal de graneis sólidos.

As finalidades deste desenvolvimento passam também, logicamente, por benefícios induzidos em várias actividades directamente relacionadas com a qualidade da água e a ecologia local, nomeadamente as indústrias de manutenção e reparação de equipamentos portuários, a construção e reparação naval, o sector hoteleiro e o turismo de mar. E aí levanta-se a questão essencial que é a de sabermos até que ponto a expansão portuária e o incremento do transporte marítimo podem ser compatíveis com uma estratégia de controlo dos impactes negativos no estuário do Mondego, sejam eles ambientais ou sociais, a médio ou a longo prazos.

4.3.7. O turismo

O turismo é das actividades económicas mais importantes à escala planetária. Juntamente com o petróleo e os automóveis, é um dos líderes do comércio mundial, servindo de exemplo os dados disponíveis de 1993 (GFANC, 1997) que atribuem ao turismo um movimento de 500 milhões de chegadas e cerca de 324 biliões de dólares, ou seja, mais de 12% do PNB global e 15% do movimento mundial de serviços, com a Europa a absorver 2/3 desse turismo e o Mediterrâneo a servir de passagem a 35% dos movimentos internacionais. É uma actividade em constante crescimento, globalizada e que procura as áreas naturais ainda não exploradas, ou pouco usadas, causando impactes graves sobre o meio ambiente e particularmente sobre os ecossistemas sensíveis. Isto apesar de haver quem chegasse a considerar o turismo como a "indústria branca", perante a ingénua convicção de não haver delapidação directa do subsolo nem poluição atmosférica.

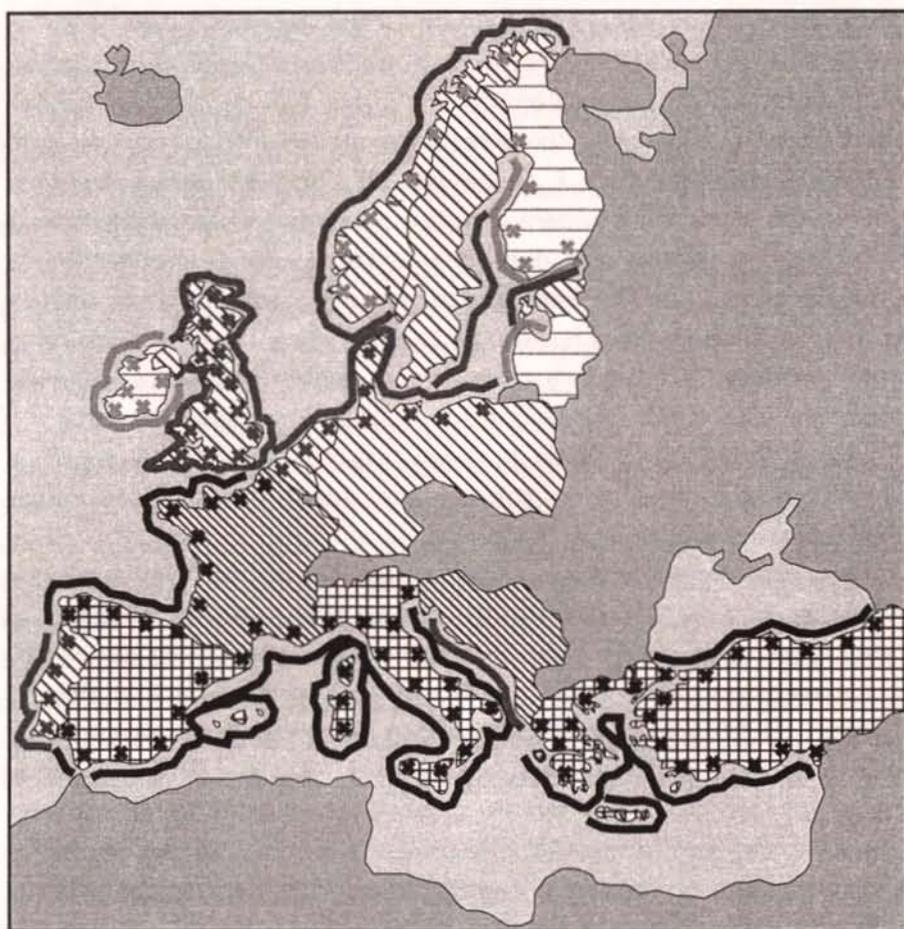
O facto é que o turismo impulsiona cada vez mais a destruição de ecossistemas e a redução do número de espécies e dos *habitats* intactos, sendo muito difícil ir para além de um certo nível de recomendações internacionais quando se pretende regular explicitamente as relações entre o turismo e a biodiversidade. E, na realidade, só a biodiversidade e a natureza funcionando plenamente podem garantir o turismo em bases sustentáveis.

A Fig. 54 mostra que é precisamente nas zonas mediterrânicas europeias onde o conflito entre a natureza e a pressão turística mais se faz sentir, ficando Portugal numa posição intermédia, talvez não conforme com a realidade, mas que se justifica porque, desde logo, não tem existido regulamentação capaz nem a criação de áreas protegidas no território nacional onde a biodiversidade se revela mais elevada, além de ser ainda insuficiente o conhecimento sobre a capacidade dos sistemas e suas interacções específicas.

No que respeita às zonas costeiras, também em Portugal continua a verificar-se uma massificação em direcção ao mar e vemos as instalações turísticas (estradas, hotéis, casas de férias, marinas, parques de campismo) proliferarem por todo o lado, invadindo o próprio Domínio Público Marítimo (DPM), juntamente com milhões de turistas que, sazonalmente, "se entregam a uma talassoterapia irresistível" (R. Paskoff, 1993), o que traz a poluição das águas litorais, a rarefação e extinção de espécies animais e vegetais, a erosão das praias, a destruição das dunas, o desaparecimento de sapais e a degradação de sítios demarcados pela sua beleza natural ou interesse científico.

Concretamente na região do Baixo Mondego, a sazonalidade do turismo produz efeitos económicos e sociais, reflectindo-se nos baixos índices de ocupação das instalações hoteleiras (Quadro XVI) que se encontram grande parte do ano sem frequência. No entanto, concentrada no período de verão, a pressão turística satura os sistemas de saneamento básico e de recolha de resíduos sólidos, poluindo intensamente as águas fluviais e marinhas e as áreas urbanas e florestais que envolvem as praias (L. Cunha, 1997). Note-se, ainda, que estas condições coincidem com as situações de menor hidrodinâmica costeira, fluvial e estuarina, fazendo persistir por mais tempo a contaminação por agentes poluidores.

Os impactes referidos são facilmente identificados no território costeiro da Figueira da Foz, onde é crescente o domínio antrópico que



Biodiversidade em relação à área total do país:

 Muito Elevada
  Elevada
  Média
  Baixa

Biodiversidade costeira:

 Elevada
  Média
  Baixa

Conflito potencial entre a biodiversidade e a pressão turística:

 Elevado
  Médio
  Baixo

Figura 54 - A biodiversidade e a pressão turística na Europa. Adaptado de GFANC (1997).

Quadro XVI - Número de estabelecimentos turísticos e sua utilização no Baixo Mondego (de acordo com L. Cunha, 1997).

	Estabelecimentos	Quartos	Capacidade Alojamento	Nº de Hóspedes	Nº de Dormidas	D/H	I.O.
Cantanhede	2	72	235	2.135	12.743	5,97	14,86
Coimbra	27	1006	2.141	158.456	238.345	1,50	30,50
Fig. da Foz	28	921	2.374	50.335	132.497	2,63	15,29
Montemor	1	14	28	751	1.405	1,87	13,75
Pombal	3	75	162	7.491	10.590	1,41	17,91

I.O. (índice de ocupação) = (nº dormidas X 100) / (Capacidade de Alojamento X 365).

atinge proporções directamente relacionadas com os novos acessos às praias, a criação de parques de estacionamento, a instalação de restaurantes sobre as dunas e praias, a remoção da cobertura vegetal e a construção indiscriminada de vivendas de férias e edifícios hoteleiros sobre a frente marítima, cujos efeitos mais visíveis são o empobrecimento paisagístico e o encurtamento da superfície de dispersão da energia das ondas, com perda acentuada da área emersa das praias.

A verdade é que os motivos de atracção que impulsionaram as construções desordenadas acabarão por desaparecer e, provavelmente, nem a existência de praias com qualidade aceitável das suas águas será suficiente para manter uma clientela mais exigente que tem em atenção aspectos importantes como a adequação das infraestruturas de apoio, a segurança, o nível de ruído, a exposição aos ventos e à agitação marítima, a densidade de ocupação, a natureza e qualidade dos sedimentos, a presença de embarcações a motor, os cenários paisagísticos, a qualidade do ar, o congestionamento, a intensidade do tráfego, etc. (F. Gomes & F. Pinto, 1995).

Parece, assim, ser preferível apostar na diversificação e na protecção dos recursos próprios, pois é evidente que, sob esta perspectiva, a área estuarina será sempre vista como um território especial, não adaptado a formas massificadas de turismo, até porque, antes de mais, pertence à memória histórica da região (J. Dinis & P. Cunha, 1998), a qual, além da

sua importância social e cultural, tem um papel de peso a desempenhar no bom estado de todos os espaços inundáveis de influência mareal.

A própria náutica de recreio deve assumir o seu potencial de desenvolvimento, não só porque pode ver incentivado o crescimento das modalidades de navegação não motorizadas, com enorme vocação desportiva — que encontram aqui condições anuais excelentes para a sua prática — como pelo impulso que pode dar à valorização da frente fluvial e costeira, contribuindo para a recuperação paisagística das zonas portuárias e marginais degradadas (MEPAT, 1997) e aproximando, de forma regular e ordenada, as populações do rio e do mar, sem que estas percam a consciência crítica em relação a este património insubstituível.

5. CONFLITOS E ESTRATÉGIAS ALTERNATIVAS

A zona costeira e os *habitats* que integram os ecossistemas litorais constituem o grupo dos mais ameaçados em Portugal (J. Silva et al., 1998), devido à intensa pressão antrópica e às respostas naturais que, quanto à evolução fisiográfica da costa, produziram uma situação de referência que pode resumir-se nos seguintes aspectos (F. Ramos, 1997; J. Ribeiro, 1998):

a) A tendência generalizada e continuada de recuo da costa portuguesa, consequência da progressiva erosão das praias e falésias sob a acção das ondas;

b) A configuração instável das costas arenosas, caracterizadas por extensas praias contínuas de fundo móvel, muito dependentes da relação dinâmica entre o padrão de agitação marítima incidente (capacidade de transporte de sedimentos) e a disponibilidade de areias transportadas pela deriva litoral e pelos cursos de água;

c) A subida do nível médio das águas do mar que contribui para o recuo que se verifica na linha da costa;

e) Uma certa variabilidade nos padrões meteorológicos e climáticos que se reflecte nas características da agitação marítima;

f) O enfraquecimento irreversível das principais fontes aluvionares, devido às intervenções realizadas nos rios (barragens e regularizações);

g) A alteração localizada dos trânsitos sedimentares devido a obras de protecção costeira que são responsáveis pelo recuo da linha da costa e mudanças na sua configuração;

h) A lenta rotação da linha da costa nalguns troços que altera a incidência da agitação marítima e a capacidade de transporte sedimentar;

i) A menor capacidade de auto-alimentação sedimentar nalgumas zonas costeiras de areia e rocha com praias descontínuas semi-encaixadas, podendo conduzir à redução drástica da areia das praias, ou mesmo ao seu desaparecimento;

j) A degradação das dunas costeiras por uso incontroado, o que produz alterações morfológicas e perda de areias que são um recurso escasso não renovável.

Daqui se conclui que o enfraquecimento das fontes sedimentares e a sobreocupação humana são as causas básicas dos processos erosivos que afectam a costa portuguesa a norte da Nazaré, apontando-se as obras exteriores dos portos, as extrações de areia e as dragagens de acesso marítimo (sem reposição a sotamar) como razões que explicam, em grande medida, o agravamento da situação e definem o campo de acção entre duas opções antagónicas:

a) A continuidade das intervenções, com alterações profundas na hidrodinâmica e nos movimentos sedimentares por mero interesse económico;

b) A abdicação de agir e a retirada de sectores determinados que permitam a adaptação da costa a condições de equilíbrio natural.

Em qualquer dos casos, terão de ser avaliados os custos e os benefícios das decisões (segundo parâmetros latos), sabendo que, por um lado, há aglomerados urbanos que têm de ser protegidos e que, por outro, o reforço das obras costeiras traz consequências mais graves para largos troços desta mesma costa.

Na zona estuarina, por seu lado, verifica-se uma estreita interacção entre as dinâmicas costeira (domínio terrestre) e litoral (domínio oceânico) e os usos do solo, quer sejam tradicionais (actividade portuária, pesca, salicultura) quer os mais recentes (desportos náuticos, lazer, aquacultura) que vêm gerando a ocorrência de conflitos entre interesses contraditórios, muito acentuados com a rápida expansão urbana. Urge, por isso, enveredar por medidas de protecção que contemplem a educação ambiental e uma visão integrada dos processos, fazendo relevar outro tipo de problemas que complementam a complexidade da zona húmida costeira (N. Cabral, 1990):

a) A poluição química e biológica, verificando-se a contaminação das águas por hidrocarbonetos das embarcações e pelos efluentes domésticos, industriais e agrícolas;

b) A destruição física, com aterros para expansão urbana (invocando-se frequentemente motivos sanitários) e nivelamento ou remoção de dunas;

c) A degradação paisagística que impõe a artificialização progressiva do meio, invadindo o Domínio Público Marítimo com usos privados, estradas, parques de estacionamento e edificações de fraca qualidade arquitectónica.

Assim, torna-se imperioso a adopção de novas formas de gestão da orla costeira, evitando os erros de delapidação dos recursos naturais. Há mesmo a necessidade de serem considerados os licenciamentos anteriores à publicação dos actuais regulamentos, revogando sempre que possível algumas decisões, ainda que isso implique o pagamento de indemnizações e a aquisição de solos privados que possam servir de suporte a iniciativas de defesa e valorização ambiental (F. Gomes & F. Pinto, 1997). Nessa medida, a revisão do PDM será, também, um dos momentos decisivos para o adequar aos normativos nacionais e regionais de ordenamento territorial (REN, RAN, DPM, PROT, POOC), por forma a impedir e eliminar as edificações ilegais, construídas clandestinamente nos espaços ribeirinhos; ou aquelas que estão em zonas de elevada vulnerabilidade, recuperando as linhas de água e renaturalizando as margens com o objectivo de salvaguardar o carácter público destes espaços.

Os aspectos ecológicos e paisagísticos devem obrigar, ainda, a uma articulação e compatibilização com os PDMs dos municípios vizinhos, até porque é essencial ultrapassar a descoordenação existente ao nível das dezenas de organismos que intervêm na gestão do litoral, os quais actuam por vezes de forma contraditória e sem grandes preocupações de natureza ambiental. Por isso, como os conflitos também têm a ver com a interpretação das disposições legais (OCDE, 1993), é importante estabelecer regras de âmbito local e regional.

5.1. Interesse privado versus direito público

Portugal tem vindo a construir um quadro de princípios teóricos para a implementação do planeamento e da gestão integrada do território, faltando definir as estratégias correctas que adequem a legislação às

medidas de sustentabilidade que se impõem, cumprindo o espírito das convenções internacionais e as Directivas comunitárias, nomeadamente as que dizem respeito às zonas húmidas costeiras. Por exemplo, na constituição da lista da "Rede Natura 2000", o estuário do Mondego foi excluído, apesar da opinião manifesta de vários cientistas (P. Cunha *et al.*, 1997) e de haver investigação concreta que aponta para a degradação e a destruição de valores naturais, de ecossistemas e da paisagem, em troços significativos da costa portuguesa, atingindo negativamente a biodiversidade, o turismo, a qualidade de vida e a saúde das populações (M. Ramalho, 1997), não se compreendendo, por isso, a não eleição deste território como uma das áreas a incluir nesse programa de protecção.

Por outro lado, no nosso país, face à sobreposição de competências já referida, há uma grande dificuldade na tomada de decisões e em fazer cumprir os normativos que envolvem aspectos de natureza ambiental, social, económica, técnica e política. As contrariedades entre interesses são vastas, relevando daí variados aspectos de conflitualidade potencial (F. Gomes & F. Pinto, 1995) que passam pela não adequação do uso e ocupação da faixa costeira a curto prazo, relativamente às escalas de evolução dos fenómenos naturais; pelo aproveitamento energético dos cursos de água que contraria o interesse em não reduzir o caudal sólido transportado para o mar; pela construção de obras portuárias que facilitam a navegação, ignorando a necessidade de não introduzir barreiras ao transporte sólido litoral; pelo interesse das populações em usufruírem do clima e paisagem da costa, contrariando o objectivo de reduzir os fluxos sazonais para proteger valores naturais e reduzir desequilíbrios regionais; pela atracção irresistível de construir sobre as praias e dunas, inviabilizando a sobrevivência desses ecossistemas e a capacidade de resistir à "fortificação" da costa; pela tendência para a massificação e unificação de procedimentos e usos que cria dificuldades à manutenção da diversidade biológica, cultural e paisagística; pelo interesse em actuar de forma integrada e dinâmica no domínio do ordenamento e do planeamento regional e urbano em oposição ao interesse de alguns em evitar esta forma de actuação, tirando partido de uma estrutura administrativa complexa, desordenada e com responsabilidades diluídas; pela necessidade de informar, sensibilizar e educar as populações e os seus representantes em termos ambientais *versus* alguma indiferença na aquisição dessa informação, sensibilização e educação.

Tratando-se de uma zona húmida costeira, a abordagem deve ter em vista a consecução de uma política ambiental que optimize a utilização dos recursos naturais em desenvolvimento auto-sustentado, bem como atender ao facto de a água, especificamente, não ser um bem eternamente renovável e perene, de uso linear e indiscriminado, mas sim um bem que necessita ser gerido com eficiência, inferindo-se daqui o papel que cabe às associações de utilizadores e à administração pública, nos seus diversos níveis de participação e decisão. Há a necessidade de se encontrarem as articulações que vão ao encontro dos princípios a que obedece a administração do domínio público hídrico (D.L. 70/90), sabendo que estão fixadas as características mínimas de qualidade que uma água deve respeitar, em função do seu tipo de utilização (D.L. 74/90). Estas normas de qualidade da água são acompanhadas das regras para a actuação da administração pública e do regime de contra-ordenações que tem de fazer cumprir o princípio do utilizador-pagador e, mais concretamente, do poluidor-pagador.

Assim, de entre as competências legais definidas, destacam-se algumas das que envolvem a actuação da Direcção-Geral dos Recursos Naturais:

— Assegurar o controlo da qualidade das águas doces superficiais, subterrâneas e estuarinas;

— Fixar as normas de descarga das águas residuais, de âmbito regional e local, com base nas normas nacionais aplicáveis, em função dos objectivos de qualidade ambiental;

— Fiscalizar as condições de descarga de águas residuais em águas doces superficiais, subterrâneas e estuarinas;

— Elaborar planos e programas destinados a evitar a deterioração e a promover a melhoria da qualidade das águas.

Para além da DGRN, prevê-se a intervenção de muitas outras entidades, nomeadamente:

— Da Direcção-Geral da Pescas e do Instituto Nacional de Investigação das Pescas, a quem compete fiscalizar a qualidade das águas do litoral e salobras para fins aquícolas (águas conquícolas);

— Da Direcção-Geral de Portos que deve controlar os níveis de poluição dos materiais das dragagens e participar na elaboração de plano e programas destinados a evitar a deterioração e a promover a melhoria da qualidade das águas costeiras.

Perante estes exemplos de obrigações e competências delegadas, não se compreende como é possível continuarmos a assistir a constantes atentados à integridade ambiental do estuário, como acontece sobretudo com o funcionamento das comportas do Alvo que estão sob o comando de assistentes subordinados do Instituto da Água, os quais têm procedido a inúmeras descargas de águas saturadas com nitratos, nitritos e pesticidas que matam os peixes do estuário e das aquaculturas e envenenam a água que alimenta as salinas. Refira-se que existia um acordo — celebrado em 1978 e que preservava os 2 dias anteriores e os 3 dias posteriores às marés de Lua, por forma a que as actividades do salgado pudessem aproveitar convenientemente a água mareal — mas que não tem sido cumprido por vontade dos assistentes e sem que os organismos responsáveis demonstrem capacidade para resolver definitivamente a situação.

Quanto às dragagens e apesar das convenções internacionais (Oslo, Londres, Paris), a legislação portuguesa é ainda insuficiente, sobretudo na adequação técnica (MEPAT, 1997). Isto, entre outros, porque:

- Não distingue dragagens de primeiro estabelecimento e dragagens de manutenção;

- Não define os procedimentos técnicos de amostragem;

- É incoerente no que diz respeito aos parâmetros para a caracterização dos sedimentos;

- Não define os critérios a adoptar para a aplicação da classificação dos materiais dragados;

- É insuficiente a definir a monitorização das "zonas de depósito" de sedimentos e os procedimentos a adoptar, nomeadamente de quem é a responsabilidade de custear a execução e acompanhamento.

Torna-se essencial, por isso, estabelecer normas de controlo de dragados e da sua imersão, incluindo o controlo das fontes de poluição, estabelecendo metas progressivas e integradas de despoluição. Associado a este objectivo, que visa essencialmente os sedimentos finos, há que enveredar pela gestão adequada das areias, a fim de minorar os efeitos da erosão costeira que, além das alterações fisiográficas já focadas nesta região, tem vindo a provocar o crescente assoreamento de toda a zona húmida, diminuindo a extensão do domínio estuarino, deteriorando a qualidade das águas e levando o ecossistema ao declínio (P. Bettencourt, 1997).

Complementarmente, é conveniente referir que grande parte das modificações introduzidas no litoral afectam o Domínio Público Marítimo (D.L. 468/71), conceito introduzido em Portugal, em 1864, para um espaço subtraído ao regime jurídico dos bens privados e que compreende (N. Cabral, 1990):

— O espaço marítimo (águas territoriais e águas interiores marítimas, com os respectivos leitos e plataforma continental);

— Uma faixa costeira emersa, designada por margem.

Ora, é precisamente nesta "margem" que se têm verificado os maiores atentados à integridade da costa, enquanto espaço público (Fotos 28 e 29), não havendo sequer a consideração que o DPM tem mobilidade temporal, uma vez que dele fazem parte (Fig. 55):

— A zona marítimo-terrestre (terreno compreendido entre a linha da baixa-mar e a da preia-mar, ou limite máximo alcançado pelas ondas em situação de temporal);

— As praias;

— As escarpas.

Como a margem do DPM é medida, em termos gerais, 50 metros para o interior da linha de preia-mar de marés-vivas equinociais (a não ser que as características de praia permaneçam), percebemos que as



Foto 28 - Na frente marítima da Gala, tem-se investido fortemente no reforço do muro de protecção, quer para a defesa de equipamentos colectivos quer para a defesa de habitação privada. Entretanto a praia vai encurtando e deixa de ter zona supramareal (30/10/1999).

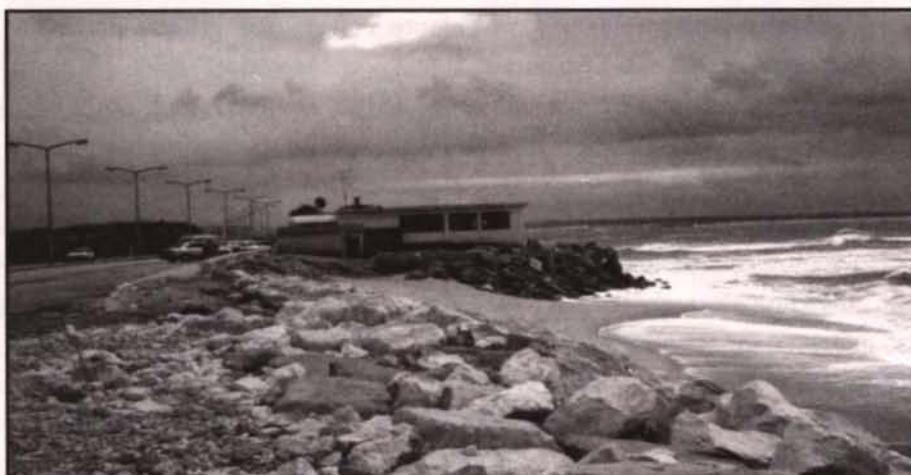


Foto 29 - Em situação de elevado risco e de incompatibilidade com o DPM, o restaurante instalou-se sobre a praia na Avenida Marginal de Buarcos. Esta estrutura fixa contribui também ela agora para o desequilíbrio do ambiente costeiro, numa zona onde se têm feito sentir fortemente os efeitos da erosão marítima (12/Abril/1998).

alterações verificadas na faixa costeira alteram também a margem do DPM, alcançando terrenos até aí fora deste domínio.

Em direcção à terra vai-se esbatendo o carácter litoral e são progressivamente menos restritivas as medidas com vista à protecção e valorização desse litoral. Mas o facto é que, se fosse tomado "à letra" o espírito da lei, bem como consideradas as condições em que foram adquiridos os direitos de ocupação e uso da maior parte do território estuarino, não seriam hoje admitidas grande parte das propriedades privadas na zona do salgado que pertence na quase totalidade ao DPM. Ou seja, ainda que o Instituto Portuário tenha em curso um processo de "prova de propriedade" (que tem de referir-se ao período anterior a 1864), as transmissões e os abusos têm sido quase incontroláveis, sendo mesmo de questionar, na perspectiva do interesse público, os anteriores direitos de ocupação e registo dos terrenos.

Entretanto, com a aprovação dos POOCs (Planos de Ordenamento da Orla Costeira, regulamentados pelo D.L. 309/93), a costa portuguesa fica dividida em sectores e a área de protecção é definida nestes entre a batimétrica dos 30 metros e 500 metros em direcção a terra, contados da linha de preia-mar de maré-viva equinocial, pretendendo-se salvaguardar os

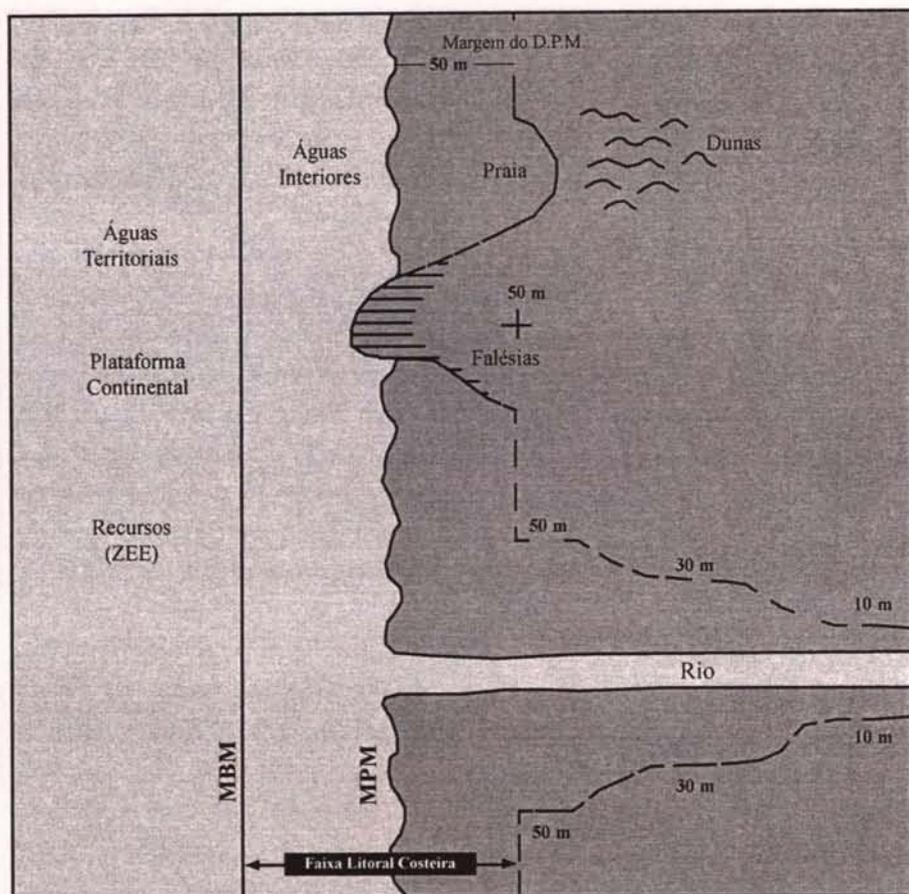


Figura 55 - Faixa Litoral Costeira e Margem do D. P. M. (Adaptado de N. Cabral, 1990).

ecossistemas fundamentais, as zonas ecologicamente sensíveis e os recursos existentes. Mas ficam fora dos POOCs as áreas sob a jurisdição das autoridades portuárias que continuam a ter por referência o DPM. Daí que, apesar de ser positiva a articulação que existe agora entre os planos de ordenamento regional (por exemplo, entre o POOC Ovar-Marinha Grande e o PROT do Centro Litoral) e a sua valorização hierárquica sobre os PMOTs (obrigando mesmo à revisão do PDM), temos de concordar com as questões mais pertinentes levantadas por F. Gomes & F. Pinto (1997):

— Existem estudos de base, científicos e técnicos, que permitam estabelecer um “estado de referência ambiental”, com projecções a curto e a médio prazos?

— Não constituirá uma importante limitação para a abordagem integrada dos problemas da orla costeira a não intervenção dos POOCs nas "áreas de interesse portuário", sabendo que as infraestruturas portuárias se localizam frequentemente em zonas estuarinas, reduzindo drasticamente o transporte sedimentar essencial à alimentação das praias e incorporando frentes urbanas e zonas balneares?

Além disso, há que contar com a pressão das próprias autarquias que pretendem aumentar o investimento em praias e marginais oceânicas (para norte e para sul) por interesse turístico, ainda que o referido POOC Ovar-Marinha Grande não permita densificações nem expansões na frente litoral. Mas os processos de ocupação têm avançado sem restrições, normalmente com a justificação de que os licenciamentos datam de período anterior à aprovação dos planos de ordenamento, incluindo os que se referem a áreas residenciais e turísticas junto ao mar, esquecendo as condições dinâmicas e de equilíbrio da zona costeira (H. Granja & G. Carvalho, 1994).

Compreendem-se, assim, as razões subtis que justificam o actual ordenamento territorial da Figueira da Foz (Fig. 56), aprovado nos planos de nível local e regional (ratificados pelo governo), demonstrando essa falta de sensibilidade. Situação que, desde logo, gera conflitos de interesses sobre o tipo de desenvolvimento que está em causa, ao mesmo tempo que cria sérios riscos no que respeita à estabilidade do litoral e à qualidade de vida das populações. Os pontos críticos ficam evidentes:

— O estuário encontra-se comprimido no interior de uma cintura urbano-industrial e agrícola que drena efluentes directamente para as suas águas, limitando a viabilidade das actividades tradicionais do salgado e condicionando a sobrevivência de todo o ecossistema;

— A expansão industrial e urbana aumenta progressivamente as cargas de poluentes sobre as áreas mais sensíveis, contaminando as linhas de água da margem norte do Mondego e os lençóis freáticos da margem sul;

— As infraestruturas portuárias e intervenções complementares no leito do rio provocam condições hidrodinâmicas que conduziram ao isolamento do Braço Sul, o qual se encontra em processo de colmatação;

— As obras do Mondego exigem comparticipações financeiras variadas, o que levou à construção de uma ETA (em Vila Verde) e à captação directa da água do leito principal para consumo público,

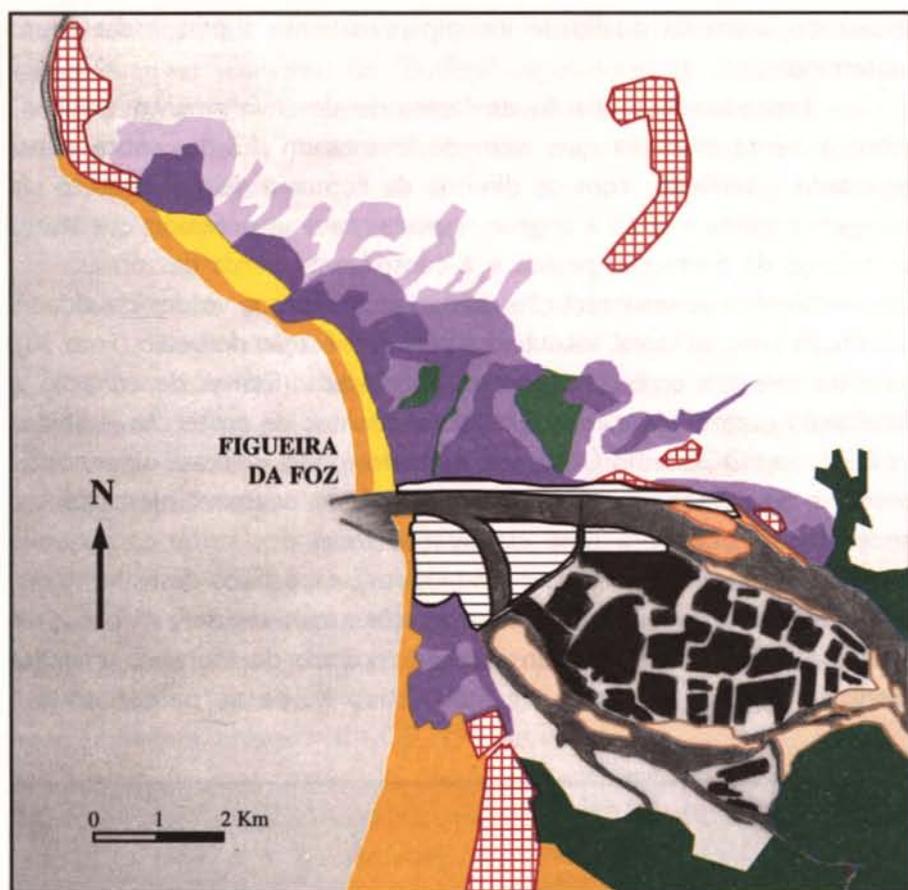


Figura 56 - Esboço da distribuição espacial das principais ocupações e usos do solo (e previsões de usos) nas áreas adjacentes da Ilha da Morraceira e do restante território do "Salgado" (zona natural de protecção I, no estuário do Mondego), tendo por base a Planta de Ordenamento do PDM da Figueira da Foz (Risco, 1993) e a Carta de Ordenamento do PROT-Centro Litoral (CCRC, 1997).

abdicando assim da qualidade incomparavelmente superior das águas subterrâneas;

— Procedeu-se à criação de “áreas de desenvolvimento turístico” sobre a frente marítima que, além de levantarem dúvidas sobre a sua legalidade, interferem com os direitos da comunidade no usufruto da paisagem costeira e estão a originar respostas naturais oceânicas que levam ao reforço da protecção pesada e à conseqüente perda das praias;

— Verifica-se uma redução drástica dos espaços verdes da cidade, sobretudo junto ao litoral, substituídos pela densificação do betão (Foto 30).

Isto releva a urgência de serem encontradas formas de controlo e fiscalização capazes de cumprirem os zonamentos de protecção definidos na REN, no POOC e no DPM que, de certo modo, unificam os principais critérios legalmente instituídos sobre a faixa costeira, além de ser necessário proceder a uma clarificação local dos critérios naturais (essencialmente, os ecológicos e hidrológicos), específicos deste território, por forma a encontrarmos usos e ocupações mais seguros, não só para o acesso público, mas também para os recursos do litoral. E uma das medidas capazes de atingir tal objectivo é, nesta perspectiva, a



Foto 30 - Registo do “momento” em que a designada “Mata Sotto Mayor” — onde se encontra um monumento nacional classificado (o Fortim de Palheiros) — foi completamente destruída, apesar de constar na Planta de Ordenamento do PDM da Figueira da Foz como “Espaço Natural de Protecção” (28/Abril/1996).

implementação de um sistema de informação ambiental, que deverá estabelecer um conjunto de "Buffers" reguladores (J. Phillips, 1996), a serem integrados no ordenamento municipal e que contenham normas capazes de reduzir o potencial de conflito entre os utilizadores e o meio de suporte, incluindo no que diz respeito às incompatibilidades crescentes entre a biodiversidade e o turismo.

5.2. Planear o uso dos recursos em desenvolvimento sustentado

O bem-estar das sociedades não é realizável a longo prazo se não forem considerados os objectivos de crescimento económico e de protecção ao meio ambiente como complementares, usando equilibradamente os recursos renováveis e não renováveis. Nessa medida, o desenvolvimento em bases sustentadas pode ser imediatamente definido como "o conjunto das actividades e dos procedimentos que permitem assegurar hoje as necessidades do homem e das outras espécies, preservando a biosfera para que ela possa amanhã responder positivamente às necessidades do homem e de todas as outras espécies, tal como as podemos razoavelmente prever" (OCDE, 1993).

Assim, na zona costeira, o desenvolvimento terá em conta as escalas temporais de evolução dos fenómenos e as conexões espaciais que ajudam a explicar a diversidade, considerando algumas características essenciais dos recursos:

- a) Inscrevem-se em ecossistemas complexos e devem ser geridos como sistemas;
- b) Existem interacções entre eles;
- c) As suas utilizações podem ser complementares, ou gerarem conflitos, sendo essencial fazer opções entre usos por vezes antagónicos;
- d) Ninguém pode ser excluído do usufruto dos recursos costeiros, o que pode originar sobre-utilizações;
- e) Há diferentes perspectivas sobre o valor dos recursos que podem relacionar-se com a produção, a estabilidade da biosfera, ou até com o valor imaterial (ético, cultural, ou estético).

Levantam-se, por isso, algumas questões que devem estar presentes nos processos de planeamento, ordenamento e gestão territorial da zona costeira (OCDE, 1993; H. Granja & G. Carvalho, 1994):

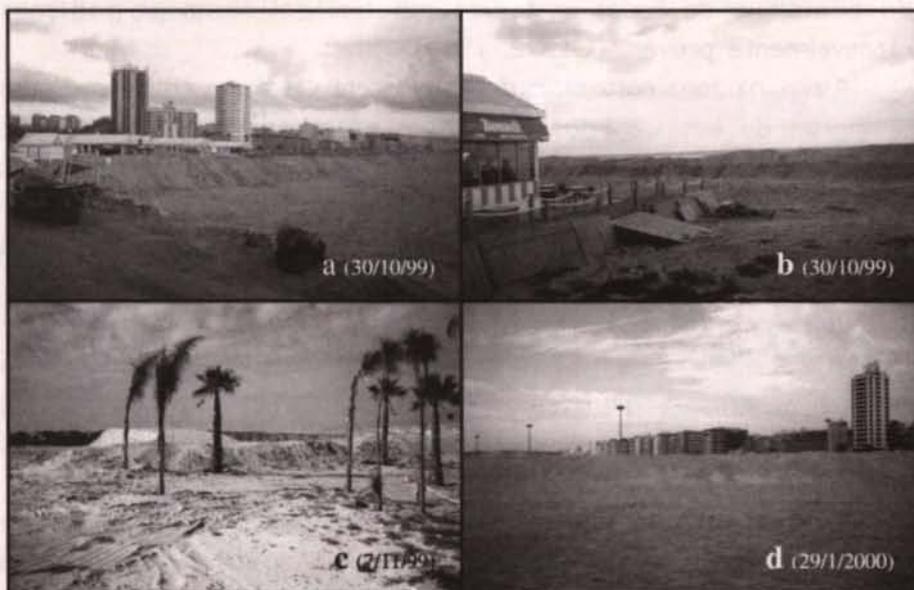
— Qual o limiar crítico da qualidade dos recursos costeiros, compatível com o limiar de stocks que permitam uma produção durável?

— Como proteger, preservar, medir ou restaurar as funções ecológicas dos ecossistemas?

— Quais os factores que permitem manter sustentadamente o atractivo das zonas costeiras? (as fotos 31a a 31d estimulam essa reflexão)

— Que alternativas devem ser adoptadas para conseguir a efectiva estabilização de um sector costeiro? E será essa estabilização possível?

Os distúrbios que provocam alterações ambientais, devido a mudanças climáticas e do nível do mar são também o resultado da intensificação do uso e ocupação antrópicos da zona costeira. Daí que, antes de mais, seja essencial medir a dimensão dos impactes humanos sobre o funcionamento natural dos sistemas, só então podendo ser feita uma análise completa dos problemas que permita estabelecer objectivos relativamente a valores ideais.



Fotos 31a a 31d - Exemplos de medidas tomadas pelo município da Figueira da Foz de protecção aos equipamentos de praia, as quais, além de pouco eficazes, produzem um empobrecimento paisagístico evidente: "dunas" erguidas respectivamente para protecção de restaurantes pré-fabricados (a e b), do "oásis artificial" (c) e dos campos de jogos junto à marginal da cidade (d).

É preciso saber a forma como o ambiente natural e as actividades humanas se encontram interrelacionadas, ou seja, na especificação de C. Borrego (1994), é necessário compreender um sistema que inclui dados sobre os seguintes processos:

a) Físicos, onde se integram a geologia, a temperatura, a salinidade, as marés, o nível do mar e as correntes, a meteorologia, os sedimentos e a erosão ou a acreção;

b) Biológicos que mostram o tipo e a extensão dos ecossistemas, a produtividade primária, a diversidade e a abundância de espécies, as áreas de reprodução e crescimento e os ciclos de vida;

c) Sócio-económicos que caracterizam a distribuição e crescimento da população humana, as actividades económicas e o uso da terra;

d) Legais e institucionais que definem o sistema de direitos de uso do solo e dos recursos, as leis e os regulamentos relevantes, os organismos responsáveis, bem como os recursos financeiros e humanos.

A identificação dos problemas levantados pela pressão antrópica e o estabelecimento de regras que limitem, condicionem e ordenem a ocupação, o uso e a transformação de usos devem decorrer da monitorização dos sistemas e da Avaliação de Impactes Ambientais (AIA), numa perspectiva de gestão integrada capaz de relacionar os factores essenciais à sua aplicação (ver Quadro XVII, no que diz respeito ao estuário do Mondego). Torna-se importante encarar esta avaliação como uma ferramenta de elevado potencial e não como um mero processo burocrático que tem caracterizado a indefinição existente quanto às competências de cada uma das entidades responsáveis na gestão das áreas estuarinas (V. Guerreiro *et al.*, 1998). Isto porque, mesmo na perspectiva económica, como afirma S. Lopes (1979), os recursos naturais são efectivamente recursos de capital, não se aceitando incondicionalmente o seu consumo não reprodutivo. Mas o certo é que "o procedimento habitual toma os recursos indiscriminadamente como rendimento, não se preocupando por isso com a sua capacidade de renovação e muito menos com a aplicação dos créditos derivados da sua utilização no desenvolvimento e exploração de outros recursos". Além disso, as análises de custo/benefício não podem considerar-se satisfatórias porque propõem que a tudo seja atribuído um preço, mesmo que o não tenha, o que faz com que "o que não for avaliável corre o risco de ser desprezível".

Quadro XVII - Principais factores de ameaça, de gestão e de aplicação de AIAs no Estuário do Mondego (modificado de V. Guerreiro et al, 1998).

FACTOR EM CONSIDERAÇÃO	ASPECTOS RELEVANTES
Ocupação das margens	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada (Urbana, Industrial e Agro-pecuária).
Factores de ameaça	<ul style="list-style-type: none"> • Poluição agrícola, industrial e urbana; • intensa actividade turística sazonal; • erosão costeira; • expansão da mancha urbana; • artificialização de leitos e contracção de margens; • contaminação por dragagens; • colmatação e eutrofização de alguns sectores estuarinos; • "artes" de pesca ilegais e lesivas; • exploração desregrada dos recursos bentónicos; • expansão industrial; • contaminação de águas subterrâneas; • riscos ambientais devido à localização do aterro sanitário; • expansão portuária; • empobrecimento paisagístico e arquitectónico; • exploração de aquaculturas com tendência ao desordenamento; • Artificialização dos caudais de água fluvial (muito degradada e contaminada); • metais pesados.
Factores críticos de gestão	<ul style="list-style-type: none"> • Auditorias ambientais para a aferição de projectos e processos com impactes no ambiente; • Quadro regulamentador de intervenção qualificada; • Coordenação das intervenções (tendo em conta os mecanismos legais existentes e as entidades com competência delegada); • Planos de ordenamento territorial; • Alteração do quadro legal de referência; • Monitorização dos sistemas com georeferenciação.
Interesse da A.I.A. na gestão do território	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar os impactes espaciais resultantes de alterações hidrológicas; • Avaliar os efeitos da expansão urbana e industrial; • Medir consequências específicas da alteração da qualidade da água; • Avaliar a evolução dos processos de ocupação física; • Acompanhar a adaptação dos sistemas e identificar áreas críticas; • Antecipar as respostas do meio ambiente, prevenindo problemas graves, riscos e catástrofes naturais.
Processos de A.I.A. prioritários	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de tratamento de resíduos sólidos urbanos; • Sistema de tratamento de águas residuais; • Processos de erosão costeira e degradação ambiental devidos à pressão turística e expansão urbana; • Obras de alargamento das infraestruturas portuárias e dragagens; • Expansão do parque industrial; • Expansão espacial e de unidades de exploração de aquacultura; • Circuitos hídricos das contaminações por efluentes agrícolas e pecuários.

Na abordagem sobre a questão do investimento que é necessário fazer em desenvolvimento sustentável, C. Borrego (1996) considera que em muitos países o PIB aumenta parcialmente devido ao aumento da população e particularmente devido à intensa exploração dos recursos (Fig. 57), mas refere que, no entanto, o prejuízo (P) vai aumentando devido à poluição, congestionamento e sobreexploração dos recursos; enquanto a restante produção (RP) vai diminuindo o ritmo de crescimento, até

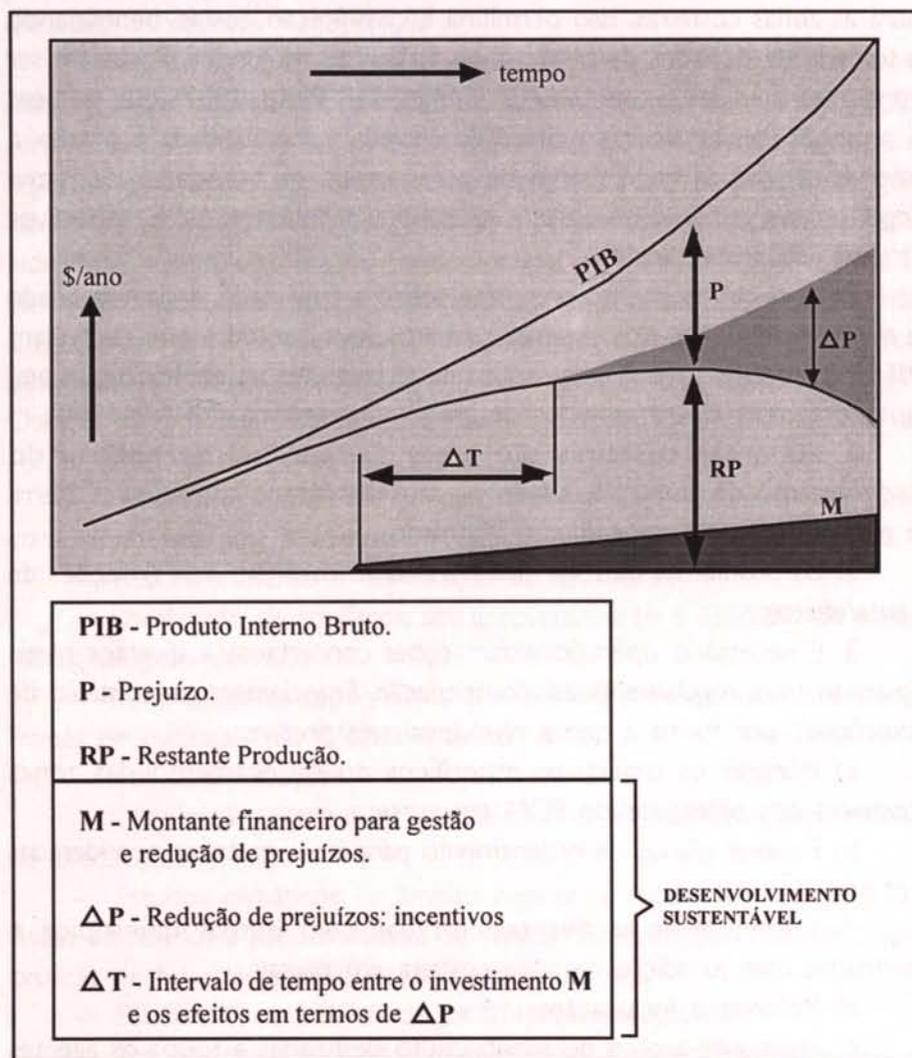


Figura 57 - Investimento para a gestão sustentável das zonas costeiras (adaptado de C. Borrego, 1996).

entrar em colapso. Daí que seja necessário fazer investimento em desenvolvimento sustentável (M), orientado para restringir futuros prejuízos, havendo um certo tempo (DT) antes de se obterem resultados úteis, ou seja, antes de serem reduzidos os prejuízos (DP). Justifica-se que haja investimento mas não benefícios imediatos, uma vez que são projectos a longo prazo que, para terem sucesso, precisam de tomadas de decisão e financiamentos em tempo útil.

Por outro lado, caso fosse definido um "Índice de Vulnerabilidade" para as zonas costeiras, isso permitiria a classificação destas, beneficiando a tomada de decisões de gestão e de atribuição de fundos. Poderiam ser aprovadas medidas preventivas (F. Gomes & F. Pinto, 1997) que incluem a proibição de construir em áreas de elevada vulnerabilidade à erosão; a intervenção rápida no embargo de obras ilegais, ou licenciadas de forma ilegal; e o alargamento de espaços de continuidade ambiental e respectivos "buffers" de protecção.

Aliás, o conhecimento crescente sobre a fragilidade, a complexidade e a interdependência dos sistemas costeiros, leva mesmo a que continuem válidas as propostas para uma política de intervenção no contexto europeu que contempla alguns aspectos de grande importância (MPAT, 1988):

1. As áreas costeiras são áreas particulares na política do ordenamento do território, sendo os seus elementos constitutivos (terra e mar) objecto de planeamento integrado;

2. Os problemas da zona costeira não se confinam nela (relações de causa/efeito);

3. É necessário operacionalizar acções concertadas a diversos níveis (planeamento, regulamentação, coordenação, financiamento e controlo de execução), por forma a que a nível local seja possível:

a) Integrar os objectivos específicos do ordenamento das zonas costeiras nos objectivos do PDM em curso;

b) Elaborar planos de ordenamento para áreas costeiras consideradas críticas;

c) Desenvolver acções concertadas com outros municípios e entidades com jurisdição na zona costeira em causa;

d) Reforçar a fiscalização;

e) Promover acções de sensibilização destinadas a todos os agentes que intervêm directa ou indirectamente sobre a faixa costeira e litoral,

incluindo as populações residentes e as sazonais.

Realce-se, de novo, a questão central da qualidade da água, quer a usada no consumo directo quer a que serve para o crescimento de produtos conquícolos passíveis de consumo humano, constituindo um método de análise aceitável a utilização dos indicadores ambientais (Quadro XVIII) de M. Silva (1997), no sentido de controlar a evolução do estado da água como o principal recurso do sistema, por forma a que possam ser conhecidos os riscos e tomadas as medidas correctivas necessárias.

Facilmente se constata que somente através da investigação multi e interdisciplinar poderá ser construído o suporte teórico para a integração (em diversas escalas) de análises multicritério nos planos nacionais, regionais e locais, o que permitirá agir melhor sobre os problemas que advêm de interacções entre a geologia, a geomorfologia, a climatologia, a hidrologia, a pedologia e a ocupação florestal, agrícola, industrial e urbana, sendo imprescindível recomendar medidas de antecipação relativamente a mudanças do nível do mar, a impactes sócio-ambientais e conflitos potenciais que levem à adopção de metodologias de monitorização (T. Oakes, 1994). Nesse sentido, deve haver o desenvolvimento articulado de (C. Sirgado, 1993; J. Ribeiro, 1999):

- Levantamentos de campo para a elaboração de mapas litológicos com a natureza dos depósitos e a importância económica dos inertes;
- Reconhecimento e delimitação de estruturas;
- Localização de aquíferos, seu aproveitamento e definição de zonas hidrogeológicas de risco;
- Levantamentos topográficos que, entre outros, permitam construir mapas de evolução morfológica e de declives;
- Fotointerpretação;
- Localização espacial de condicionantes e promoção de medidas de protecção;
- Estudos climáticos de âmbito regional e local, com definição de riscos associados à predominância de ventos, excessos térmicos, variações bruscas de humidade, precipitações excessivas, etc.;
- Estudos comparativos de parâmetros hidrográficos;
- Reconhecimento de ecossistemas, interacções espaciais e propostas de medidas de protecção;

Quadro XVIII - Indicadores ambientais para águas costeiras e estuários (adaptado de M. Silva, 1997).

Categoria	Tipo de Indicador		Indicador
ESTADO DO SISTEMA	FISIOGRAFIA E HIDROLOGIA		<ul style="list-style-type: none"> • comprimento da linha de costa (tensões erosivas) • área da bacia drenante (evolução sedimentar) • tempo de residência, T_r • área do espelho de água (meia maré) • volume médio (meia maré), V_m • caudais afluentes (valores modulares) • área de zonas húmidas (sapal, duna litoral, etc.) • sistemas de aquífero
	QUALIDADE DA ÁGUA	Poluição orgânica e bacteriológica	<ul style="list-style-type: none"> • oxigénio dissolvido (em % de saturação) • amónia (mg-NH₄/l) • coliformes totais (NMP/100 ml) • coliformes fecais (NMP/100 ml)
		Eutrofização	<ul style="list-style-type: none"> • N-Total (µg N/l) • P-Total (µg P/l) • clorofila a
	QUALIDADE DO ECOSISTEMA	Poluição por subst. tóxicas	<ul style="list-style-type: none"> • concentração de metais em tecidos de organismos seleccionados • concentração de orgânicos de síntese em tecidos de organismos seleccionados
		Contaminação bacteriológica	<ul style="list-style-type: none"> • concentração de coliformes em tecidos de organismos seleccionados
QUALIDADE ESTÉTICA		<ul style="list-style-type: none"> • presença de filtros oleosos, espumas, alcatrões • presença de sólidos flutuantes 	
USOS DO SISTEMA	USOS	Urbano e Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • número de habitantes/densidade/distribuição • localização relativa/concentrações funcionais
		Recreativo	<ul style="list-style-type: none"> • zonas balneares • marinas e náutica de recreio • pesca desportiva
		Pesca Comercial	<ul style="list-style-type: none"> • porto de pesca e lota • capacidade de pesca • área de mariscos e espécies bentónicas
		Actividade Portuária	<ul style="list-style-type: none"> • movimento portuário (navios/tonelada/ano) • volume de dragados
		Salicultura	<ul style="list-style-type: none"> • produção de sal (toneladas/ano/área)
		Aquicultura	<ul style="list-style-type: none"> • produção piscícola (toneladas/espécie/ano/área)
	PRESSÃO DA POLUIÇÃO	Cargas de poluição	<ul style="list-style-type: none"> • valor de CBO/Km linha de costa/Vm do estuário • carga de SST/Km linha de costa/Vm do estuário • carga de tóxicos/Km linha de costa/Vm do estuário
		Efeito nas actividades económicas	<ul style="list-style-type: none"> • áreas de bancos de mariscos fechados à exploração (em % da área total/ tempo de interdição) • produtividade/patologias/mortes na aquicultura (em % da área total de tanques) • número e localização das praias e classificação da qualidade das águas costeiras
RESPOSTAS	ESTRUTURAIS		<ul style="list-style-type: none"> • redução da carga poluente - tratamento de águas em ETARs • encerramento de lixeiras/relocalização de aterros sanitários
	REGULAMENTARES		<ul style="list-style-type: none"> • fixação de objectivos de qualidade ambiental • fixação de limites ou normas às emissões de águas residuais • fixação de normas em zonas de protecção às águas subterrâneas • estabelecimento de redes de monitorização

CBO: Carencia Bioquímica de Oxigénio; SST: Sólidos Suspensos Totais

— Identificação e definição de áreas florestais e vegetadas, com estudos de pormenor sobre espécies autóctones e exóticas e alterações ambientais;

— Projecções demográficas, análise estatística de ocupação e uso do solo e simulações de impactes sobre o meio ambiente;

— Reconhecimento de fontes de poluição, suas áreas de influência, meios de difusão, bem como os custos de recuperação e as propostas alternativas de ordenamento territorial.

Através de mecanismos operacionalizantes, o ordenamento local e regional deverá integrar todos os aspectos que contribuem para a preservação dos recursos ambientais costeiros, enveredando pelo reforço e aprofundamento das medidas de protecção, de preservação e de enriquecimento, uma vez que estes recursos representam, de facto, o maior potencial endógeno para o desenvolvimento.

5.3. Defesa do património e educação ambiental

Cada dia ganha maior significado que o conhecimento de campo sobre o meio ambiente se alargue aos cidadãos e possibilite o contacto íntimo com as dinâmicas dos processos naturais e as mudanças provocadas pelos impactes antrópicos. Havendo um inventário conhecido do património natural e das actividades humanas com ele relacionadas, é possível à comunidade e sobretudo aos gestores do território acompanharem o desenvolvimento das suas vertentes principais (A. Carvalho, 1992; J. Ribeiro, 1998):

- Os mais significativos elementos da fauna e da flora;
- As áreas naturais e semi-naturais;
- Os recursos hídricos e minerais;
- O património paisagístico e edificado.

Evidentemente que, antes de mais, a biodiversidade representa um valor de primeira ordem no grau de preservação do território e deve dizer-se que na caracterização do Biota têm particular significado não só os organismos de maior valor económico, os melhor observáveis e os de maior espectacularidade, mas também todos os grupos de organismos vivos, tendo em conta a sua importância na evolução e manutenção da vida (M. Fidalgo, 1996). E neles se incluem raridades como a que ocorre

na Morraceira e que levou A. Castro (1879) a noticiar sobre a celebridade desta ilha "por uma planta que ali nasce espontânea: o *Mesembryanthemum nodiflorum*, planta rara na Europa", também referida por S. Dionísio (1945) que dizia que as suas flores coradas abundam nesta zona húmida; ou espécies como a alga microscópica *Microcoleus covium*, conhecida aqui por Traste (R. Nogueira, 1935), que se forma no fundo dos talhos das salinas e desempenha funções de isolamento e purificação que garantem a boa qualidade do sal produzido.

Portanto, os seres vivos e particularmente as comunidades vegetais podem, por si só, constituir um modo de caracterizar um *habitat*, visto que a sua presença é um óptimo indicador dos factores físicos condicionantes (J. Alves et al., 1998), sendo imprescindível perceber a cadeia de reacções que são propiciadas quando o homem introduz alterações no meio, ou facilita a propagação de infestantes, como acontece com as espécies exóticas. Nestes casos, a situação pode tornar-se complexa e uma planta como o Chorão (*Carpobrotus edulis*), por exemplo, que tem sido usada para fixar as areias das dunas litorais, encontra, por vezes, condições para ser perigosamente dominante, competindo com plantas autóctones menos resistentes e chegando mesmo a ameaçar de morte certas espécies animais, como é o caso dos insectos que dependem das plantas desaparecidas.

Este é um dos aspectos que faz parte dos cenários ainda pouco discutidos nos processos de planeamento e que está relacionado com alguns resultados do sobreordenamento, no caso concreto das medidas que são tomadas para a protecção dos sedimentos costeiros e que vêm a revelar efeitos colaterais adversos. Ou seja, nem sempre a solução a adoptar é a mesma, como se vê no exemplo da estabilização dunar, havendo até situações em que se impõem acções de desestabilização face aos impactes ambientais e paisagísticos de certas medidas de ordenamento (Quadro A-6).

Quanto à zona costeira de referência, a necessidade de ordenar não tem unicamente a ver com aspectos geomorfológicos e da evolução fisiográfica, mas também com a preservação dos seus recursos, particularmente dos minerais (R. Rocha et al., 1981; H. Granja & G. Carvalho, 1993) que incluem areias comuns usadas na construção civil (dunas, areias eólicas do litoral, areias de praias, areias fluviais do

Mondego), areia siliciosa do Pliocénico utilizada pela indústria do vidro (aflorentos desde as Alhadas até à Tocha), argilas que são aproveitadas pela indústria cerâmica (áreas de Costeira, Alhadas, Tavadede e Vila Verde, em formações do Cretácico médio), calcários e margas que são utilizados nas indústrias de cimento, de cal hidráulica e de construção (extraídos sobretudo nas Serras da Boa Viagem e das Alhadas), além dos lignitos jurássicos (Cabo Mondego) que já não são explorados.

Por vezes, como acontece actualmente no Cabo Mondego, há o interesse em cessar a exploração do recurso com fins industriais, dado que essa exploração causa enormes prejuízos ambientais e o próprio recurso assume grande valor histórico, científico e cultural, apontando-se hoje a necessidade de recuperar estas pedreiras do ponto de vista paisagístico e ambiental e de aí ser constituída uma reserva de valor nacional e mundial (J. Pinto, 1997), uma vez que é um local muito importante para o estudo do Jurássico e tem um conteúdo paleontológico de enorme variedade, com destaque para as pegadas de saúrios (Foto 32), além de se integrar em todo o conjunto patrimonial da Serra da Boa Viagem que inclui valores zoológicos e botânicos, da arqueologia industrial, monumentos pré-históricos e aspectos muito particulares da vida sócio-económica tradicional (R. Sousa & J. Pinto, 1998). Aliás, no que diz respeito ao património arqueológico esta região é das mais ricas de Portugal (Risco, 1993), com destaque para estações do Paleolítico, do Neolítico, da Idade do Cobre, da Idade do Ferro (o castro de Santa Olaia deu cerâmica púnica e lusitana e constitui a única estação-tipo desta natureza em Portugal) e da época romana (estações desde o Cabo Mondego até S. João do Campo).

Em estreita interdependência com os depósitos minerais, encontram-se os recursos hídricos, especialmente quando permitem a existência de águas subterrâneas em estruturas que têm na região enormes reservas e potencialidades, incluindo as chamadas "águas minerais" que são usadas no tratamento de várias doenças e que devem ser defendidas de certos usos do solo, como rodovias, parques industriais, aterros sanitários, aeródromos e até para fins agrícolas. Isto porque, entre outros, apesar da aparente abundância de água superficial, esta está sujeita a riscos de poluição e contaminações, ou a problemas como o dos trialometas (F. Veloso, 1992) que são substâncias cancerígenas resultantes do tratamento químico da água de abastecimento público.

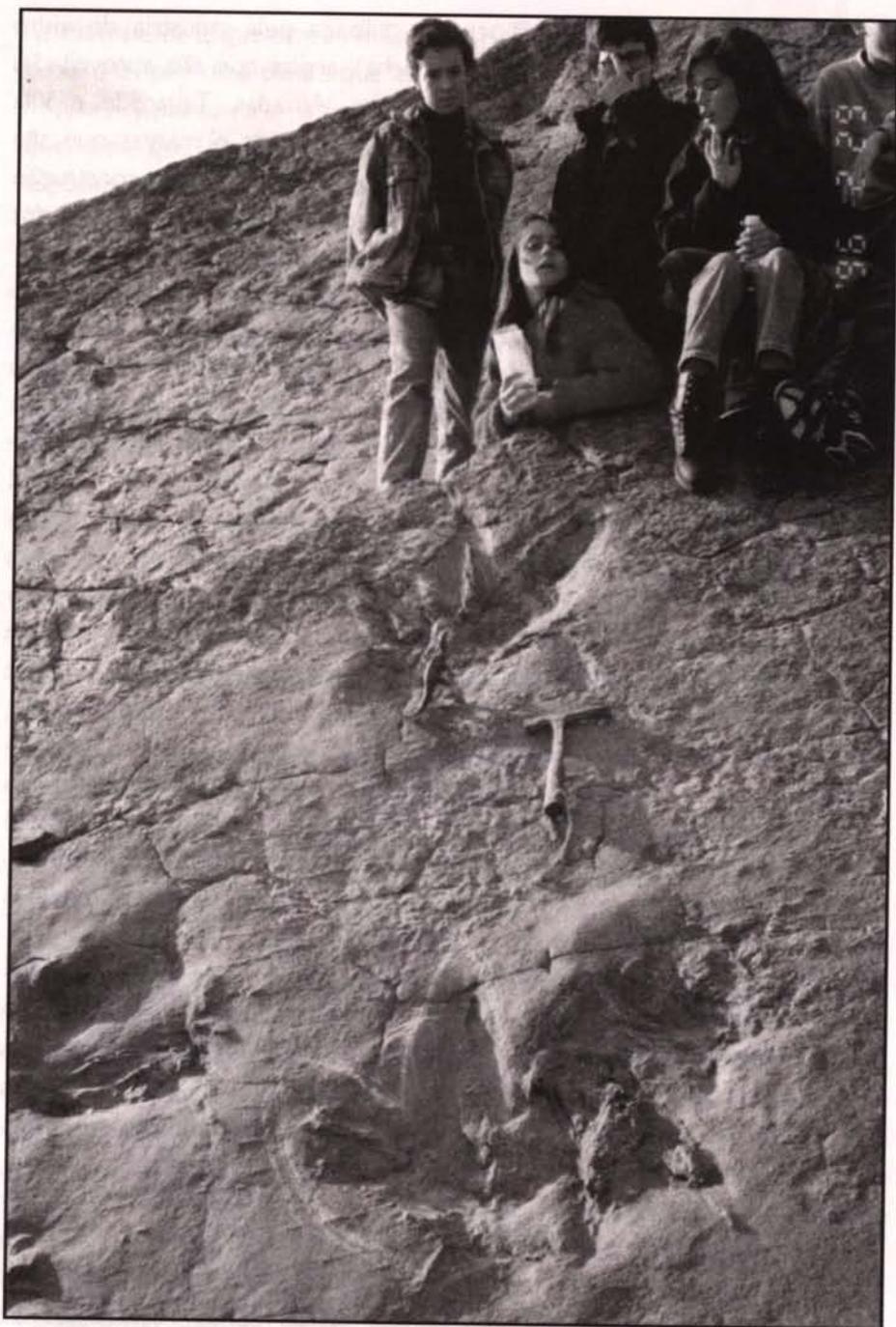


Foto 32 - Pegadas de dinossáurio nos calcários margosos do Cabo Mondego (29/Fevereiro/1996).

As condições requeridas para o acompanhamento e avaliação permanente do sistema reforçam o interesse na intervenção das organizações de cidadãos, uma vez que há responsabilidades imputáveis por danos que afectem a qualidade da água, situação em que as associações de defesa do ambiente podem pressionar os poderes instituídos, lançar campanhas de informação e de denúncia e até recorrer aos tribunais comuns para interpor acção de indemnização (artº 48º do D.L. 74/90), quando existam situações ilegais.

De qualquer modo, é evidente que terão de desenvolver-se estratégias que influenciem o poder político, considerando R. Burroughs (1996) que um problema deste tipo apenas será colocado na agenda governativa se alcançar um largo consenso científico acerca da sua natureza e, ainda, um amplo suporte público. Quer dizer, se conseguir sensibilizar a grande maioria da comunidade, por forma a poder ambicionar um conjunto de políticas consistentes de preservação e de correcção de desequilíbrios e até de alteração de comportamentos desajustados em relação aos objectivos globais de desenvolvimento, garantindo para o estuário e área envolvente o papel que lhe tem competido quanto ao valor ecológico, à beleza paisagística, à produtividade orgânica e à riqueza económica que proporciona.

O potencial para a implementação destas estratégias existe, pois de há muito que esta zona constitui "um notável campo de estudo e formação académica em ciências naturais" (P. Cunha et al., 1997), o que aponta para uma realidade de certo modo contraditória, com claro divórcio entre as instituições públicas e a investigação universitária e mesmo daquelas em relação à formação que já hoje é realizada junto das camadas jovens da população e que depende essencialmente do empenhamento pessoal de alguns docentes do ensino secundário e universitário que têm assumido a responsabilidade desta tarefa. Uma fase que tem de ver-se ultrapassada, passando à etapa organizativa seguinte que é a de integrar estas acções num projecto municipal ou intermunicipal de educação ambiental, não só para melhorar atitudes e níveis de participação comunitária, mas também porque se exige aos agentes da administração (como os quadros portuários, por exemplo) que, na área da segurança e do ambiente, tenham um nível de formação que seja compatível com a qualidade e responsabilidade das tarefas que lhes estão atribuídas (MEPAT, 1997).

6. DIMENSÕES DO ORDENAMENTO ESTUARINO E COSTEIRO

Uma aproximação ao ordenamento dinâmico da zona costeira tem de reconciliar as escalas temporais da memória humana para que possam admitir-se ajustamentos no estuário em condições ambientais que permitam que seja posto em prática o princípio "trabalhando com a natureza" (J. Doody, 1996). No contexto da defesa costeira, por exemplo, isso implica a aceitação de que as estruturas naturais (praias, dunas, sapais) podem providenciar uma mais efectiva e sustentável protecção costeira contra a erosão e as enchentes. Daí a preocupação de perceber como o estuário evoluiu no passado, em resposta à subida do nível do mar e à acção antrópica de montante e de jusante, por forma a podermos interpretar as adaptações sucessivas e antecipar futuras mudanças, tomando as medidas mais correctas que contribuam para o equilíbrio possível do sistema no seu conjunto.

A verdade é que há inúmeras articulações dentro do sistema e entre este e o exterior, com mutabilidades que condicionam a previsibilidade objectiva, o que impõe uma pesquisa constante que melhore a compreensão dos fenómenos e das suas interdependências, mais do que tentar descobrir soluções definitivas para os problemas costeiros. Dentro desta visão que tem a investigação científica como acção central no apoio à gestão territorial, K. Nordstrom & C. Roman (1996) levantam muitos dos temas que foram considerados neste e noutros estudos sobre articulações ambientais e respostas face à evolução do litoral, dos quais podemos destacar pela sua relevância no meio estuarino:

- a) Quanto à hidrodinâmica e morfodinâmica:
- O papel dos canais mareais no suporte de articulações críticas ambientais entre o mar aberto, o sapal e outros *habitats*;
 - As diferentes características sedimentares e *habitats* resultantes, onde a inundação é causada por diferentes mecanismos;
 - As diferenças de articulações entre ambientes sob acontecimentos aquáticos de diferente frequência e magnitude;
- b) Quanto às articulações bióticas:
- A extensão do *habitat* para a mobilidade das espécies;
 - As funções primárias dos *habitats* do estuário (áreas de alimentação, de refúgio, de desova);
 - A variabilidade das articulações faunísticas durante as escalas temporais (mareal, diária, sazonal);
- c) Quanto à natureza variável das articulações:
- A alteração dos abastecimentos sedimentares e seus montantes pela mudança climática e subida do nível do mar;
 - As mudanças no litoral, devido a vagas, ondas e correntes de energia;
- d) Quanto aos impactes antrópicos:
- Os cenários potenciais causados pela pressão costeira;
 - Os efeitos da alimentação das praias e mudanças associadas no volume sedimentar;
 - As tecnologias que podem reduzir os impactes humanos nos ambientes naturais do litoral;
- e) Quanto aos regulamentos ambientais de preservação e de restauração:
- A política e a estratégia que suportam a restauração e o ordenamento de "retiradas";
 - Os compromissos entre o desenvolvimento e as necessidades ambientais;
 - As distâncias de protecção entre as actividades em terra e os ambientes litorais adjacentes do estuário que garantam as funções e os processos naturais destes ambientes;
 - Os critérios hidrológicos, sedimentológicos e geomorfológicos fundamentais para a selecção dos sítios de restauração de *habitats*;
 - As extensões requeridas para que um *habitat* restaurado possa sobreviver como enclave isolado;

— Os *habitats* adjacentes que devem ser preservados ou restaurados para permitir ao *habitat*-alvo alcançar a sua função.

O aprofundamento desta investigação deve fazer-se com ligações entre a comunidade científica e as entidades gestoras, realizando-se a monitorização antes de qualquer intervenção. Além disso, os modelos de gestão aplicados aos ecossistemas costeiros terão em conta custos indirectos (F. Gomes & F. Pinto, 1997) como a alteração do tecido e das relações sociais, a alteração da paisagem, a alteração dos sistemas ecológicos, a cinética do ambiente e a produção e eliminação de resíduos.

Por outro lado, é necessário que as políticas e as estratégias de intervenção sejam acompanhadas e avaliadas, assumindo especial relevo a construção de um SIG como instrumento de apoio à recolha, tratamento, coordenação, actualização e disponibilização da informação a vários níveis. Isso permitirá alargar o conhecimento sobre as características globais do estuário, da faixa litoral e da sua evolução, reforçando a abordagem sistémica do planeamento costeiro (T. Oakes, 1994).

Temos, assim, a possibilidade de serem elaborados planos especiais de ordenamento, como acontece com o plano de Bacia Hidrográfica, embora no caso do Mondego esse plano esteja a ser concebido com base nos indicadores recolhidos a montante de Formoselha, esquecendo que os impactes mais negativos e a necessidade premente de soluções se situam a jusante e, mais concretamente, na zona estuarina. Esta é realmente a área mais complexa e onde qualquer que seja o plano deve integrar toda a problemática costeira e incluir (F. Gomes & F. Pinto, 1997):

- Inventariação e análise da informação hidrogeológica, hidrodinâmica e fisiográfica disponível;
- Inventariação da qualidade da água e dos sedimentos;
- Análise dos resíduos sólidos transportados pelo sistema hídrico (os suspensóides que compõem as lamas retiradas da água pela ETA de Vila Verde podem integrar-se nas amostragens regulares);
- Indicadores e diagnóstico ambientais;
- Conflitos potenciais entre os utilizadores dos recursos hídricos do estuário e da zona costeira;
- Impactes da artificialização dos leitos e margens;
- Prevenção e controlo de fontes de poluição;
- Balanços sedimentares;

— Ocupação e expansão urbana nas margens do estuário e áreas envolventes;

- Infraestruturas portuárias e de navegação;
- Diagnóstico e cenários de progressão e controlo da intrusão salina;
- Critérios para a quantificação de caudais ambientais;
- Problemática específica dos pequenos cursos de água costeiros;
- Integração e articulação do planeamento dos recursos hídricos com o POOC e outros instrumentos de planeamento e ordenamento, como os PMOTs;
- Protecção, requalificação e valorização dos sistemas estuarino e costeiro;
- Propostas de monitorização;
- Propostas hierarquizadas de medidas regulamentares, acções e infraestruturas alternativas para o estuário e costa adjacente.

A abordagem sistémica integrada dos processos naturais, impactes antrópicos e respostas do planeamento leva a aceitar que há dinâmicas específicas e globais que interagem diferenciadamente, a ponto de, por exemplo, as soluções que vão sendo encontradas para os problemas de erosão serem apenas passageiras, dado que a prazo elas se afirmam muitas vezes nefastas, colocando-nos sempre perante o dilema de decidir entre adaptar as estruturas à evolução natural ou tentar contrariar essa evolução (R. Paskoff, 1985).

Então, é essencial encontrar novas perspectivas e enquadramentos que possam compatibilizar-se com os diversos níveis de planeamento (DPM, POOC, PROT, PDM) e que permitam (N. Cabral, 1990; M. Ré et al., 1991; J. Ribeiro, 1998):

- Considerar todos os espaços litorais de forma integrada, concertando a actuação dos organismos envolvidos na gestão costeira;
- Analisar as zonas húmidas costeiras globalmente, tendo em conta as unidades que lhe são características;
- Compatibilizar desenvolvimento com protecção, introduzindo os conceitos ambientais nos processos de decisão;
- Operacionalizar políticas que atendam às especificidades regionais e locais, criando um corpo técnico especializado no domínio ambiental que acompanhe permanentemente os responsáveis pela gestão costeira;
- Atender à existência de zonas ecológicas singulares, como é o caso do estuário do Mondego, que incentivem a adopção de estratégias inovadoras de acompanhamento e gestão de base municipal.

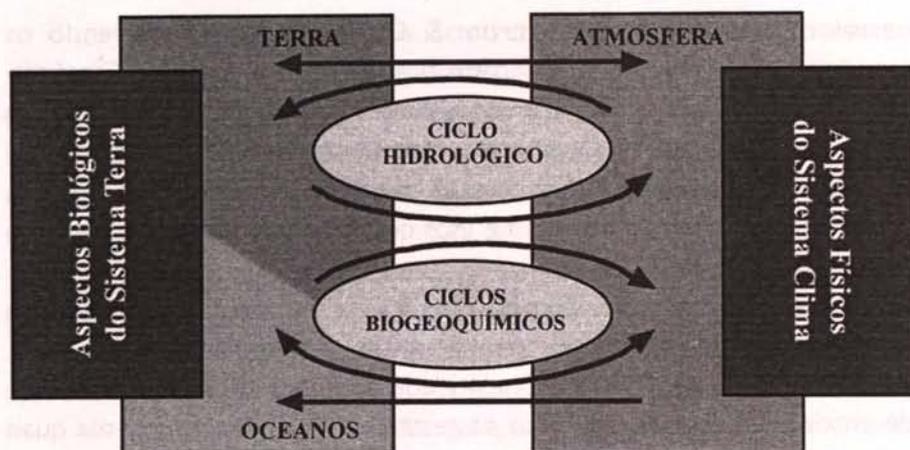


Figura 58 - Investigação das interações entre processos biológicos, químicos e físicos essenciais à compreensão das transformações globais, no intervalo de uma década a um século. Adaptado de S. Carvalho (1991), sobre o Relatório nº 12 - "Global Change" - IGBP.

Os fundamentos de todas estas intenções estão na evolução concomitante dos processos de erosão e degradação costeira devidos à pressão antrópica e às mudanças climáticas e ambientais, o que faz prever o agravamento de situações de maior risco, impondo medidas de planificação do uso dos solos e dos recursos que respeitem o designado "princípio da precaução" (OCDE, 1993). Medidas essas que integram não só as especificidades regionais e locais, mas também os princípios orientadores dos normativos internos e das convenções internacionais, utilizando a cooperação mundial como suporte da compreensão dos processos físicos, químicos e biológicos que controlam os grandes sistemas planetários (Fig. 58) e das políticas que são dirigidas ao meio ambiente (S. Carvalho, 1991).

6.1. Finalidades, acções e medidas regulamentares geo-referenciadas

O conhecimento de como funcionam os sistemas em condições naturais é importante, mas não mais do que o conhecimento de como podem ser mantidas as funções naturais num sistema alterado pelo homem. Muitos têm mesmo a convicção de que é crucial haver *inputs* económicos para que possam ser aceites os regulamentos que preservem

os valores naturais (K. Nordstrom & C. Roman, 1996), devendo os aspectos sócio-económicos fazer parte dos projectos ambientais. O próprio POOC pretende promover, ao mesmo tempo, os objectivos de conservação da natureza e os de ordenamento, orientação e desenvolvimento de actividades específicas da orla costeira, na convicção de haver melhoria ambiental com regras de ocupação e usos que contribuam para a preservação das funções naturais.

O facto é que o estuário do Mondego e a zona costeira adjacente estão abrangidos por vários regulamentos sobrepostos (REN, RAN, POOC, DPM) e dependem da capacidade de acção atribuída a um leque de entidades que obtêm primazia na gestão da ocupação e usos, das quais sobressai o protagonismo que é quase inteiramente assumido pelo Instituto Portuário (DPM), relegando para segundo plano a intervenção do Instituto da Água (POOC) e mais ainda do Instituto de Conservação da Natureza que não tem aqui uma área protegida onde possa agir legitimamente. Portanto, logo à partida está muito limitada a possibilidade de serem alcançados equilíbrios globais, uma vez que as finalidades económicas prevalecem sobre as ambientais.

De qualquer modo, há que definir objectivos que imponham outro enquadramento funcional, de há muito defendidos e até consagrados legalmente, mas de difícil consecução prática. A esse propósito, vários autores têm dissertado sobre a evolução de procedimentos em Portugal e noutros países (R. Paskoff, 1985; N. Cabral, 1990; C. Vicente & M. Pereira, 1997; F. Gomes & F. Pinto, 1995/1997; F. Ramos, 1997), podendo daí resultar uma orientação para as medidas prioritárias que queremos ver implementadas neste território:

I. Quanto à urbanização do litoral:

- Evitar o desenvolvimento linear das construções;
- Localizar as construções o mais afastado possível do mar;
- Desenvolver a ocupação urbana do litoral preferencialmente em forma de "cunha" (estreitada na proximidade da costa);
- Prever espaços naturais entre as zonas urbanizadas, suficientemente amplos para serem viáveis;
- Delimitar rigorosamente os limites urbanos em todas as zonas a urbanizar, condicionando a construção de habitação e outras instalações nas áreas mais sensíveis.

2. Quanto à preservação dos espaços naturais, ecossistemas e desenvolvimento de actividades ligadas ao mar:

— Controlar as movimentações de terras, nomeadamente de areias, devendo ser eliminadas as extrações em praias e em dunas;

— Recolocar no trânsito litoral os sedimentos retirados pela dragagem de canais de acesso ao porto;

— Manter em estado próximo do natural a maior parte da zona húmida estuarina;

— Impedir a ocupação com habitação nas áreas delimitadas de protecção;

— Condicionar as captações de água subterrânea muito próximo do litoral, por forma a evitar a intrusão salina;

— Condicionar a implantação de estações depuradoras, incluindo de explorações agrícolas e pecuárias, em áreas de aquacultura e salicultura;

— Condicionar as instalações industriais nas áreas de drenagem para o estuário.

3. Quanto à adaptação dos equipamentos e infraestruturas ao carácter litoral:

— Limitar o tráfego na vizinhança do mar, evitando nas futuras urbanizações a construção de estradas marginais com grande intensidade de tráfego;

— Evitar servir a costa por vias paralelas ao mar, procurando alterar os acessos, de modo a que se façam perpendicularmente;

— Localizar o estacionamento de apoio atrás das zonas de praias e de dunas, privilegiando o acesso pedonal ao litoral;

— Limitar a transposição das dunas costeiras à circulação pedonal, através de passadeiras sobreelevadas (Foto 33) e, sempre que possível, colocadas perpendicularmente à direcção dos ventos dominantes;

— Localizar as novas vias principais a uma distância de pelo menos dois quilómetros;

— Impedir a abertura de novas vias em terreno escarpado próximo do mar, em cordões lagunares e em zonas de duna;

— Abdicar do reforço das defesas costeiras (muros marítimos, esporões, quebra-mares) quando não for essencial para a protecção da comunidade, optando por desviar vias e transferir construções em zonas de risco;



Foto 33 - Exemplo de passadeira sobreelevada em duna primária numa praia da Cova-Gala. Observa-se, também, a fixação da duna com "chorão" (29/07/98).

— Facilitar a transposição de areias na barra para sotamar (havendo saturação artificial a barlamar).

Além destas, podemos ainda apontar normas que complementam a óptica "conservacionista" do desenvolvimento da faixa costeira que tem no estuário uma área de eleição, em termos ambientais e dos recursos que proporciona:

— A obrigação de zelar pela qualidade arquitectónica das construções próximas do litoral, tendo em conta os materiais utilizados, a volumetria, a adequação paisagística e os aspectos tradicionais;

— A imposição de restrições de utilidade pública à ocupação de zonas adjacentes do DPM onde ocorrem condições especiais que interferem com a sua preservação e valorização, não só as derivadas da subida do nível do mar como as que ameaçam a integridade dos sistemas;

— A quantificação de limites à ocupação das áreas sedimentares activas por estruturas antrópicas estáticas (J. Dinis & P. Cunha, 1998);

— A definição de prazos e procedimentos para a redução gradual das aplicações de fertilizantes e pesticidas e a racionalização dos consumos de água de rega, adoptando novos sistemas melhor adaptados às actuais condições dos campos do Mondego que permitam a rotação

de culturas e a aproximação a um "ótimo económico e ecológico" (I. Magalhães et al., 1998);

— A delimitação espacial de zonas de protecção às águas de abastecimento público (F. Cristo, 1998), evitando a localização de certas infraestruturas (lixeiros, aterros sanitários, cemitérios) ou actividades (pecuária, depósitos de combustíveis fósseis, depósitos de sucata ou de lixos industriais);

— A definição de usos das águas minerais (R. Rocha et al., 1981) que na região se destacam pela existência de várias nascentes com potencialidades para a exploração turística, como são os casos da Amieira, do Biscanho, das Geiras, de Banhos de Azenha, de Verride e também a nascente do Cabo Mondego que deve ser integrada num futuro plano de recuperação desta área.

A recuperação de algumas instalações degradadas pode vir a proporcionar a revitalização do termalismo, possibilitando a diversificação da oferta e a criação de nichos de mercado turístico não sazonal (A. Maltez & C. Coelho, 1991; L. Cunha, 1997; A. Costa, 1998) que se complementam com circuitos de lazer e de observação da natureza pelas nascentes cársicas, exurgências, grutas e geomorfologia típica dos terrenos calcários; visitas ao património histórico e cultural; a prática de variadas formas de turismo de aventura (montanhismo, canoagem, parapente); o turismo de produtos especializados (Rota do Vinho, Rota dos Castelos, Rota das Reservas Naturais), além de particularidades locais com grandes potencialidades como a gastronomia, o folclore, a etnografia e o artesanato que permitem proporcionar aos turistas experiências de elevada qualidade num meio ambiente preservado. Aí, efectivamente, o turismo pode ser utilizado para proteger e realçar as qualidades deste território, onde se destacam as seguintes unidades:

1. O estuário do Mondego que apresenta como aspectos de maior interesse a qualidade da paisagem (sobretudo a ilha da Morraceira e restante área do salgado), a vegetação característica do sapal e das salinas, a diversidade faunística de grande interesse, aquaculturas e salinas activas e os artefactos tradicionais (pesca, colheita de bivalves, moinho de maré);

2. A zona litoral pela fisiografia e aspectos geomorfológicos específicos (praias, falésias, dunas), biodiversidade, desportos náuticos, actividades balneares e possibilidade de pesca;

3. Os rios que proporcionam a prática de desportos náuticos, pesca desportiva, passeios fluviais e zonas de grande qualidade paisagística;

4. A Serra da Boa Viagem pela qualidade da paisagem, associações vegetais, nascentes e formas cársicas, arqueologia, circuitos de manutenção e biótopo e ecologia do Cabo Mondego;

5. As lagoas e pinhal litoral que permitem percorrer circuitos de observação da natureza, flora e fauna com interesse e qualidade da paisagem.

Justifica-se esta referência ao turismo, uma vez que será a principal actividade económica já no final deste século no espaço da União Europeia, tornando-se essencial gerir os seus fluxos e definir novos destinos e épocas que permitam oferecer mais alternativas de bem estar que passam por um turismo intimamente associado à natureza, quer seja mais activo quer seja mais contemplativo, incluindo actividades lúdico-recreativas que permitam a valorização do património natural, pois é a qualidade ambiental que permite a existência do próprio turismo (A. Carvalho, 1992).

A zona húmida estuarina apresenta-se, assim, numa encruzilhada de problemas de difícil solução devido aos interesses divergentes em confronto, mas que têm de ser enfrentados se não queremos assistir à morte anunciada deste santuário ecológico e à perda de recursos de valor incalculável. Veja-se que, apesar de tudo, nos termos do ordenamento já em vigor, existem possibilidades de intervenção que se adequam aos normativos e às condicionantes impostas (DPM, REN, RAN), abrangendo a totalidade desta zona do estuário (Fig. 59) e facilitando as medidas de protecção que vierem a ser aprovadas.

Neste contexto, a área do salgado adquire importância acrescida, uma vez que, embora ocupando zonas de sapal profundamente alterado, tem uma fauna bentónica muito rica que parece favorecida pela produção de sal e constitui *habitat* para a avifauna, incluindo as espécies estritamente protegidas (F. Martins & F. Alves, 1996). Isso justifica o reconhecimento do valor conservacionista das salinas, nomeadamente em relação às espécies raras e ameaçadas (R. Neves & R. Rufino, 1995), sendo incluídas nas estratégias integradas da bacia do Mediterrâneo e objecto de Directivas comunitárias (79/409/CEE) e da Convenção de Berna.

Por outro lado, as marinhas abandonadas podem constituir um problema, degradando-se normalmente pelo grau de assoreamento do

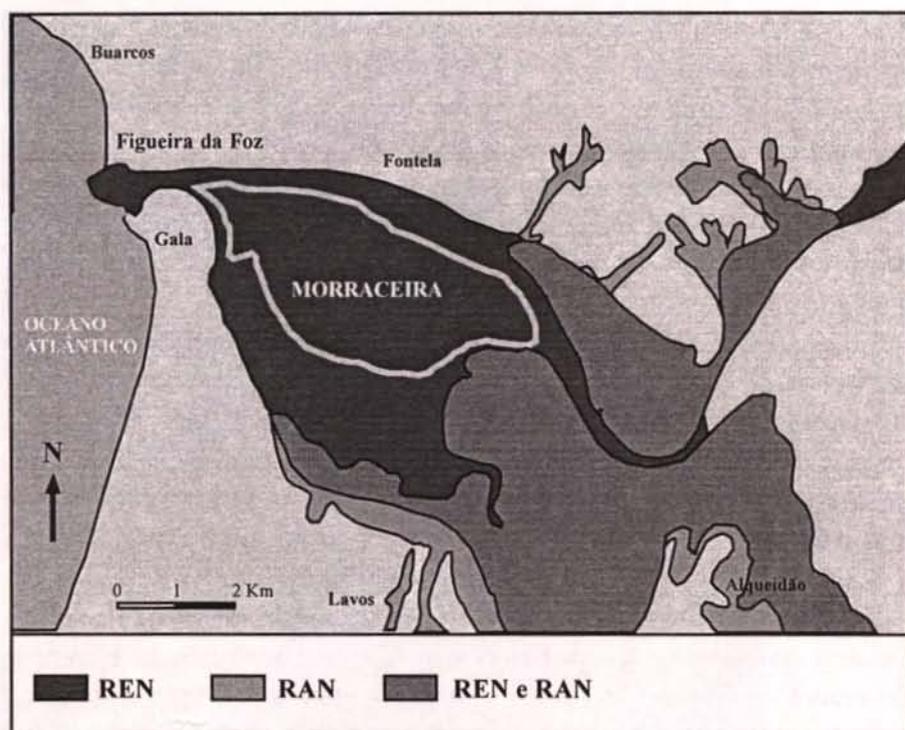


Figura 59 - Esboço de áreas das Reservas Ecológica e Agrícola do sector distal do estuário do Mondego, delimitadas no Plano Director Municipal da Figueira da Foz. Adaptado das Plantas de Condicionantes números 3 e 4 (Risco, 1993).

esteiro de alimentação e pela rápida colonização da vegetação halófito, o que faz com que deixem de ser locais de reprodução para algumas espécies de aves aquáticas. Daí o interesse em haver um plano de recuperação e conservação de salinas abandonadas que preveja a manutenção das comportas (greiros), dos esteiros, dos viveiros e do estado de conservação dos talhos, reconvertendo os cristalizadores nas zonas de baixa profundidade em compartimentos de água corrente.

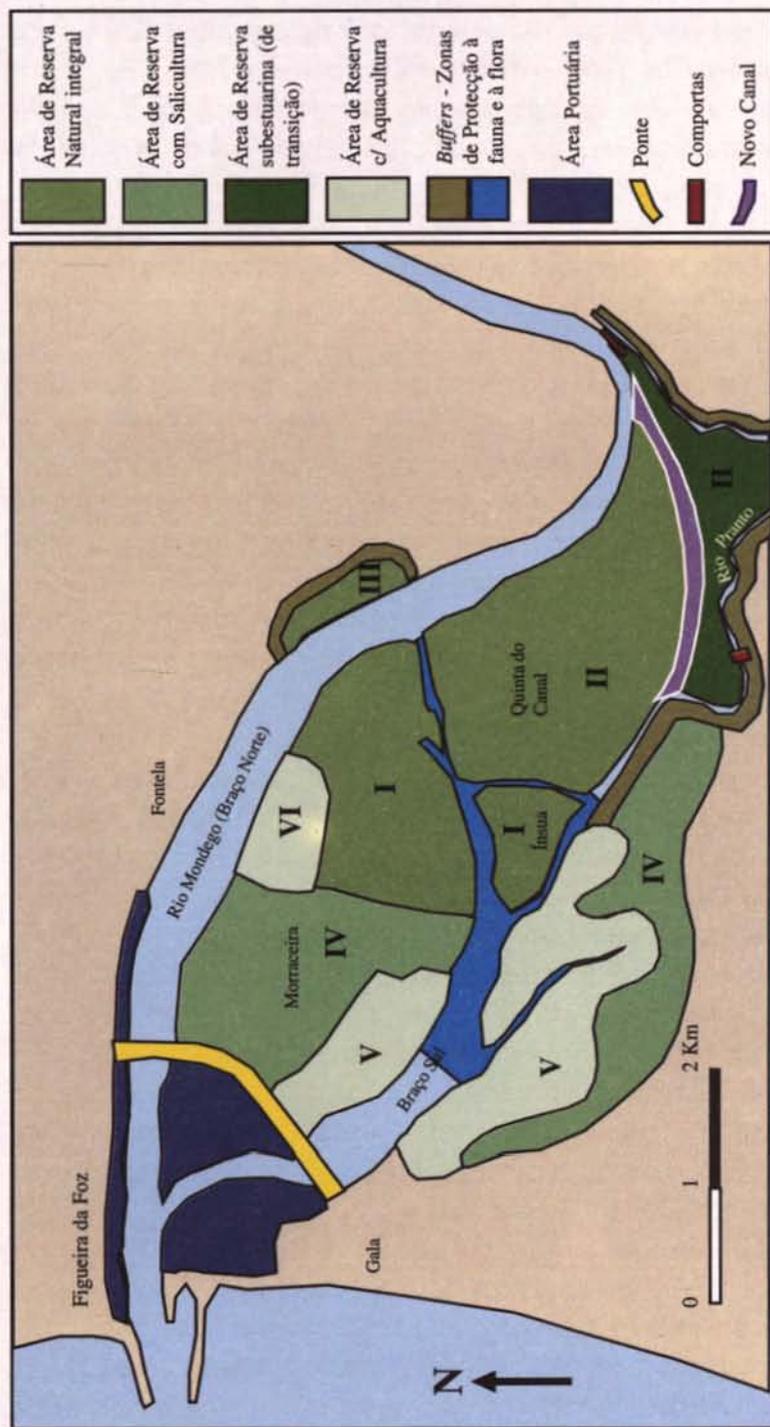
Opta-se, nestas circunstâncias, pela existência de áreas de desenvolvimento de salicultura tradicional e outras de "marinhas livres", nas quais apenas é aplicada a tecnologia respeitante à circulação da água mareal e manutenção dos compartimentos, dando assim possibilidade a uma certa recuperação do sapal (sobretudo nos troços onde se verificam os efeitos da eutrofização) e de certas comunidades como as de *Zostera*

noltii que servem de indicadores preciosos sobre a evolução do meio ambiente estuarino (M. Pardal & J. Marques, 1997). Também por isso, é definida uma zona de protecção no Braço Sul, preferencialmente a montante de 90 Talhos (fronteira que pode traçar-se numa linha entre as marinhas de Moleiras, na margem esquerda, e as de Craveiras de Baixo, na margem direita), onde ficaria proibida a apanha de bivalves, preservando simultaneamente os bancos de *Zostera* e a estrutura das comunidades bentónicas.

Logicamente que as medidas que são apontadas têm uma tradução territorial adaptada aos objectivos que se pretendem atingir e aos condicionalismos das actividades que se encontram instaladas. Daí que a observação da Fig. 60 permita o esclarecimento mais eficaz quanto às orientações globais propostas para um plano de ordenamento e gestão que considera a preservação do ecossistema estuarino no seu conjunto e que tem os seguintes aspectos essenciais:

1. Em primeiro lugar, propõe-se a criação da "Reserva Natural do Estuário do Mondego", com distribuição funcional adequada às exigências do estatuto de protecção. O que significa transferir a jurisdição do Instituto Portuário para o Instituto de Conservação da Natureza (ICN);

2. Como há uma grande contradição entre as actividades tradicionais e o actual meio de suporte, proporcionada pela artificialização dos cursos de água e margens fluviais e pelas barreiras ao trânsito sedimentar impostas pela necessidade de garantir a navegabilidade na zona portuária, arrasta-se toda uma série de problemas secundários como a poluição devida às dragagens regulares, ou o assoreamento e colmatação de áreas nevrálgicas do sistema. Propõe-se, por isso, a realização da obra hidráulica que consiste na abertura de um canal de ligação entre o rio Mondego e o troço final do rio Pranto, por forma a aumentar o caudal fluvial sobre o Braço Sul, contrariando o intenso assoreamento de origem marinha a que este tem estado sujeito (um delta sedimentar de enchente) e criando as condições para o aumento do prisma de maré no sector que iria até à nova confluência funcional localizada a jusante das comportas da Maria da Mata. Teríamos, assim, maior hidrodinâmica e também maior oxigenação das zonas interiores hoje sujeitas a eutrofização. Registe-se que já em 1861, F. Pereira da Silva, face ao grande assoreamento da barra (nessa altura devido ao caudal sólido fluvial), havia projectado um conjunto



Actividades: I - Recuperação de marinhas e esteiros; II - Recuperação de terras agrícolas; III - Recuperação de área degradada (observatório); IV - Recuperação de salinas e esteiros; V - Monitorização de impactos; VI - Investigação laboratorial.

Figura 60 - Esboço de ordenamento territorial de uma futura "Reserva Natural do Estuário do Mondego" e da obra hidráulica complementar, capazes de atingirem objectivos de protecção e recuperação ambiental e preservação dos recursos naturais.

de soluções hidráulicas que, de alguma forma, respondem ao mesmo objectivo de melhorar a competência do troço final do Mondego;

3. Passaria a existir um agrupamento de três ilhas principais na área protegida do estuário que se alargaria a toda a margem direita do rio Pranto a jusante das comportas da Maria da Mata. Em termos ambientais representaria um imenso valor acrescentado e a clara diminuição dos efluentes agrícolas, uma vez que se propõe a integração de uma vasta área de orizicultura no território da Reserva Natural. Uma forma de valorizar estes terrenos seria a abertura de novos esteiros de penetração na actual Quinta do Canal, por forma a alargar a influência da dinâmica mareal. Por outro lado, a margem esquerda do novo canal funcionaria como área de transição, de modo a evitar a salinização do troço do rio Pranto entre comportas;

4. Definem-se com mais clareza as áreas de ocupação e exploração da salicultura e da aquacultura, contrariando a expansão incontrolada desta última actividade que veria mesmo o encerramento das unidades instaladas na Ínsua D. José e nas Marinhas dos Pinheiros e do Adeiro Velho; e a inviabilização dos projectos programados para as marinhas de S. Julião e do Gramatal (ver Fig. 52). Por seu lado, seriam abertos meios de financiamento vantajosos para apoio à salicultura tradicional, a qual na ilha da Morraceira se desenvolveria preferencialmente para oeste dos viveiros Donato, Feras e Mondeguinho; enquanto na margem esquerda do Braço Sul ocuparia todo o salgado alimentado por esteiros, embora, por vezes, em localização posterior à das aquaculturas que necessitam de constante renovação de água mareal com maior grau de oxigenação;

5. São delimitados *Buffers* de protecção (no mínimo com 200 metros em terra) nas áreas contíguas mais sensíveis da "Reserva Natural", evitando contactos com territórios cinegéticos (a Reserva de Caça FGF-5, por exemplo), até porque seria proibida a prática de qualquer tipo de caça em todos os espaços dominados pelas unidades de salicultura e de aquacultura. Além disso, o leito a montante de 90 Talhos teria a função de *Buffer* aquático na área inundada do Braço Sul, interditando a pesca e a colheita de bentos, por forma a proteger as espécies animais, os bancos de *Zostera noltii* e a qualidade da água nos sectores proximais e de alimentação dos esteiros;

6. Na margem norte seriam integradas na Reserva Natural as marinhas do Gramatal e das Ladeiras que serviriam de observatório

ambiental, nomeadamente na monitorização das condições hidrológicas, sedimentológicas, biofísicas e bioquímicas do Braço Norte do Mondego;

7. A área portuária ficaria restringida aos sectores localizados a oeste da ponte da Figueira da Foz e à margem direita do Braço Norte, obrigando-se as entidades gestoras (IPC e Câmara Municipal) à sua requalificação segundo parâmetros ambientais.

Complementarmente, propõem-se várias medidas de acção e regulamentares que contribuem para a recuperação do património ambiental e edificado do estuário:

a) Encerramento e transferência do aterro sanitário de Lavos (ERSUC), para local não confinante com o aquífero costeiro;

b) Elaboração de planos específicos de recuperação de linhas de água e esteiros com rigoroso controlo dos efluentes que aí são derramados (exemplo do esteiro dos Armazéns);

c) Instalação de um sistema de monitorização permanente das águas superficiais e subterrâneas;

d) Construção de ETARs e redes colectoras capazes de procederem ao tratamento da totalidade dos efluentes urbanos e industriais;

e) Fiscalização apertada sobre a caça, a pesca e a colheita de espécies bentónicas no estuário, com agravamento de coimas e outras penalizações mais graves para os prevaricadores;

f) Aprovação de um plano global de valorização ambiental e paisagística das margens urbanas do estuário e da costa adjacente (Foto 34);

g) Controlo rigoroso do respeito pelas normas de preservação paisagística do território do salgado, compatíveis com a REN e com o próprio PDM da Figueira da Foz, como são exemplos as vias de comunicação, os armazéns do sal e as infraestruturas de abastecimento de electricidade;

h) Recuperação e valorização de equipamentos tradicionais, com destaque para o moinho de maré que data do Séc. XVIII (J. Borges, 1991), situado junto à foz do rio Pranto e conhecido por moinho de 12 pedras (Foto 35); e também para as embarcações de transporte do sal nos esteiros e os utensílios de trabalho nas salinas;

i) Recuperação de habitações tradicionais — os "palheiros" (Foto 36) — localizadas nas povoações marginais, a maioria das quais se encontra em adiantado estado de degradação.



Foto 34 - Numa das zonas nobres da cidade, junto à marina de recreio, a degradação paisagística é confrangedora, havendo um forte contributo para esse empobrecimento por parte da Junta Autónoma do Porto da Figueira da Foz (actual IPC) que construiu aí dois edifícios de proporções e formas agressivas (à esquerda), isolando mais a população do usufruto do ambiente ribeirinho (12/11/1999).

O ordenamento da zona estuarina possibilita, assim, a integração dos diversos componentes e escalas do desenvolvimento, de tal forma que o bem estar económico terá de fazer-se acompanhar por contributos para a qualidade de vida, para o que contribui, em grande parte, o bom estado do meio ambiente. E é ainda necessário, numa perspectiva contemporânea do que é possível preservar neste território, adaptar o nosso modo de vida às mudanças que se vêm operando na faixa costeira.

Nesse sentido e tendo em conta as estratégias preconizadas pela Organização Meteorológica Mundial (WMO), devem considerar-se as três medidas que melhor se adequam ao litoral centro português (F. Gomes & F. Pinto, 1995), seguindo as actuais previsões sobre a subida do nível do mar:

1. A "Retirada" que significa a não protecção de zonas actualmente emersas e que poderão vir a ficar afectadas pelos temporais e eventualmente imersas, facilitando o avanço de ecossistemas marinhos;

2. A "Acomodação" que leva a aceitar o progressivo agravamento dos riscos, adaptando as construções (até ao limite possível), substituindo a vegetação por espécies resistentes à salinidade e reconvertendo as culturas em terra (para a aquacultura, por exemplo);



Foto 35 - Junto à foz do rio Pranto (margem direita), o moinho de 12 pedras necessita de obras profundas de recuperação, podendo vir a ser uma estrutura de grande interesse turístico e pedagógico, sobretudo no que respeita à educação ambiental (Julho de 1998).



Foto 36 - Dois exemplares de "palheiros" na povoação da Gala, abandonados e em muito mau estado de conservação. Grande parte deles foram abatidos, ou descaracterizados irremediavelmente (7/Abril/1998).

3. A "Protecção" que deverá incluir a conservação, a reabilitação e a valorização e que envolve três níveis igualmente importantes:

- a) Uma nova gestão de uso do solo;
- b) Intervenções no sentido de reduzir acções antrópicas específicas;
- c) Manutenção em termos médios da "linha da costa" actual, através de operações de alimentação de praias, protecção e reforço de dunas, construção de obras transversais, longitudinais destacadas e aderentes, ou soluções mistas.

Evidentemente que a última das três possibilidades é a que tem vindo a ser implementada na faixa costeira adjacente ao estuário do Mondego, embora ela própria possa funcionar como solução de compromisso entre a acção antrópica e o recurso a meios "naturais" de protecção, se forem consideradas as estratégias complementares apontadas.

Acontece que, como vimos, perante os sintomas da subida do nível do mar e o incremento das vagas de tempestade, surgem obras litorais que pretendem controlar os seus efeitos mas que têm provocado, elas próprias, impactes importantes, como também já ficou demonstrado. E a verdade é que há alternativas às intervenções que têm sido efectuadas, incluindo em relação às obras de tipo esporão, optando, por exemplo, por quebra-mares submersos que dominam a energia das grandes vagas mas deixam passar as pequenas ondas, o que evita a interrupção da transferência sedimentar litoral, situação que também é propiciada por esporões permeáveis (Fig. 61) e que poderiam ser soluções adoptadas para o litoral das povoações da Cova-Gala, da Costa de Lavos e da Leirosa.

Outra das acções futuras com carácter constante deverá ser a alimentação artificial das praias, recorrendo aos depósitos sedimentares de variada proveniência, embora apresente algumas dificuldades técnicas, custos financeiros elevados e riscos naturais (R. Paskoff, 1985; F. Gomes, 1996), uma vez que:

— O material tem de estar tão próximo quanto possível, pelo tamanho e natureza, daquele que constitui a praia a alimentar. Se for mais fino, dispersa-se rapidamente pelas vagas (situação que ocorre com uma parte dos dragados do estuário);

— As areias podem ser dragadas em frente da costa, mas sempre a mais de 20 metros de profundidade para não perturbar o avanço da

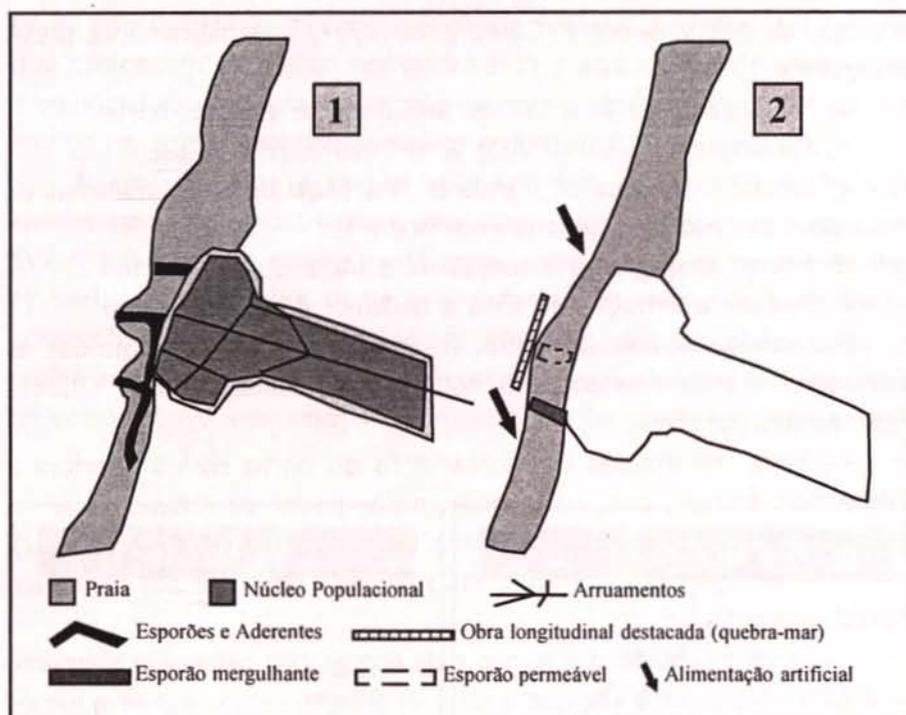


Figura 61 - Situação base admitida para simulações de expansão urbana (1) e alternativas às obras do tipo esporão (2). Adaptado de F. Gomes & F. Pinto, in PROT-CL, CCRC (1995).

praia que queremos restaurar e, também, para reduzir o impacto na fauna e na flora subaquáticas;

— A alimentação de praias com areias de dunas apenas é viável pontualmente e traz sempre importantes impactos ambientais;

— A transposição de areias por bombagem nos molhes portuários ("By pass") obriga à existência de equipamento adequado e dispendioso, sendo a operação de aspiração de areias de barlar para sotamar realizada com a regularidade permitida pelas condições atmosféricas e da agitação marítima, no que respeita à direcção dos fluxos sedimentares e montantes disponíveis a cada momento.

A barra da Figueira da Foz constitui, aliás, um problema de muito difícil solução, dados os impactos cruzados que origina. Por isso, têm sido propostas obras que procuram resolver simultaneamente as condições de segurança de acesso ao porto e a melhoria do trânsito sedimentar, como

é o caso da defendida por P. Cunha et al. (1997) que, basicamente, prevê o seguinte:

- a) Prolongamento para SW do actual molhe exterior norte;
- b) Prolongamento para W do actual molhe interior sul;
- c) Instalação de grua de transferência artificial de areias marinhas da praia do Cabedelo para sotamar, no molhe sul;
- d) Manter dragagem por sucção na entrada do ante-porto;
- e) Reduzir a extração de areia a barlamar do molhe norte.

No início do ano de 1998, foram efectivamente proibidas as extracções de areia a barlamar do molhe norte, justificando-se as restantes intervenções porque:

— Seria minimizado o assoreamento do porto com a abertura a SW e mais estreita, quer na vazante (maior poder de refluxo) quer na enchente (a nova orientação do molhe facilitaria a deriva litoral para sul);

— A navegação de entrada e saída da barra seria facilitada pelo fluxo mareal existente;

— Haveria redução dos rumos e da energia que penetra actualmente na área portuária, uma vez que a nova orientação estaria sujeita a rumos de WSW e SW que são minoritários.

Dos inconvenientes reconhecidos nesta proposta, realça-se a manutenção de uma grua instalada no molhe sul que provocaria ruído e turbidez para transferir as areias do Cabedelo para sotamar. Ou seja, prevê-se desde logo que o Cabedelo funcione como local privilegiado de captação e acumulação de areias marinhas, pois estas penetrando na embocadura ficariam retidas no troço inicial da margem esquerda (força de Coriolis), para o que muito contribuiria o prolongamento do molhe interior sul.

Um dos aspectos que poderia vir a revelar-se como dos mais positivos seria a anulação ou atenuação da actual hidrodinâmica na embocadura que possibilita a formação de um "vórtice" junto ao molhe norte (com 14 metros de batimetria no núcleo), o qual dificulta seriamente a navegação e causa distúrbios no trânsito sedimentar.

De qualquer modo, as propostas de P. Cunha et al. (1997) poderiam não atingir de forma completa os objectivos previstos, não só porque dependem de uma constância de *inputs* sedimentares que eventualmente serão reduzidos os seus montantes no trânsito litoral, mas também porque

talvez não enfrentassem com a eficiência pretendida alguns dos factores que pretendem combater, nomeadamente a acumulação de areias junto à embocadura portuária e a erosão costeira a sotamar do molhe sul que motivou a construção do campo de esporões da Cova-Gala.

A este respeito, é conveniente recordar a evolução do balanço sedimentar num esporão que esteja sujeito ao ataque da ondulação de SW (Fig. 62), como ocorre nesta costa, comportando-se os dois molhes (a barlar do molhe norte e a sotamar do molhe sul) de forma consentânea com o modelo teórico. Ora, o prolongamento simples do molhe norte para SW pode não contribuir para reduzir eficazmente o processo erosivo a sotamar, vindo mesmo a provocar maior assoreamento

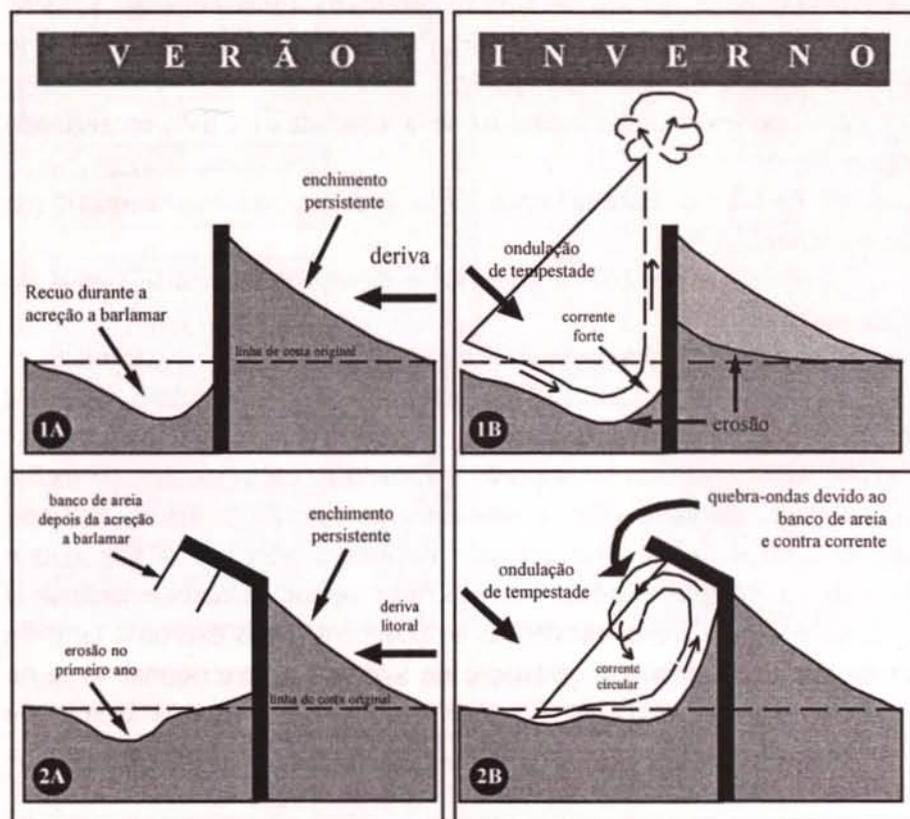


Figura 62 - Perda sedimentar em esporão sujeito a ataque bi-direccional da ondulação (1), em condições semelhantes às da costa noroeste portuguesa; e uma possível solução (2), compatível com essas condições (Adaptado de H. Viles & T. Spencer, 1995, segundo a proposta de Silvester, 1974).

na embocadura da barra. Eventualmente, o "vórtice" deslocar-se-ia para SW e ajudaria a transportar as areias em trânsito para batimetrias superiores, levando à sua perda irreparável.

Por isso, partindo basicamente da concepção de P. Cunha *et al.* (1997), quanto aos montantes e percursos dos caudais sólidos movimentáveis, é possível propor em alternativa as seguintes obras e suas justificações (Fig. 63):

1. Aceitam-se como válidos os pressupostos que levariam ao prolongamento do molhe interior sul, de modo a reter mais facilmente as areias no Cabedelo e a realizar posteriormente a sua transposição artificial para sotamar;

2. O molhe norte teria um maior prolongamento e arqueamento que levaria a cabeça do molhe a ficar orientada sensivelmente a SSW, diminuindo a resistência à transposição sedimentar proveniente de norte e dificultando a formação do "vórtice";

3. A extremidade do molhe sul seria inflectida para SW, conseguindo dessa forma:

— Reduzir o assoreamento junto à cabeça do molhe norte (na embocadura);

— Melhorar o escoamento fluvial e da vazante em toda a zona do ante-porto;

— Facilitar o trânsito sedimentar de enchente para o Cabedelo;

— Reorientar o caudal sólido remanescente, integrando-o na deriva de ondulação costeira para sotamar;

4. Seria construído um esporão enraizado na parte externa do molhe exterior sul, orientado a SW e sensivelmente ao nível da actual preia-mar da praia do Cabedelo (no cotovelo de inflexão do molhe sul), o que permitiria contrariar a erosão costeira neste sector da costa e diminuir o arrastamento das areias transferidas artificialmente, pois exerceria também protecção relativamente à ondulação de SW que ocorre normalmente no inverno, quando esta se faz acompanhar, em muitos casos, de sobreelevação meteorológica e vagas de tempestade (a foto 38 evidencia o actual estado de défice sedimentar e recuo da praia).

Este conjunto de intervenções permitiria, também, melhorar a hidrodinâmica estuarina, no sentido da redução do assoreamento do Braço Sul e do aumento da capacidade de penetração da água mareal,

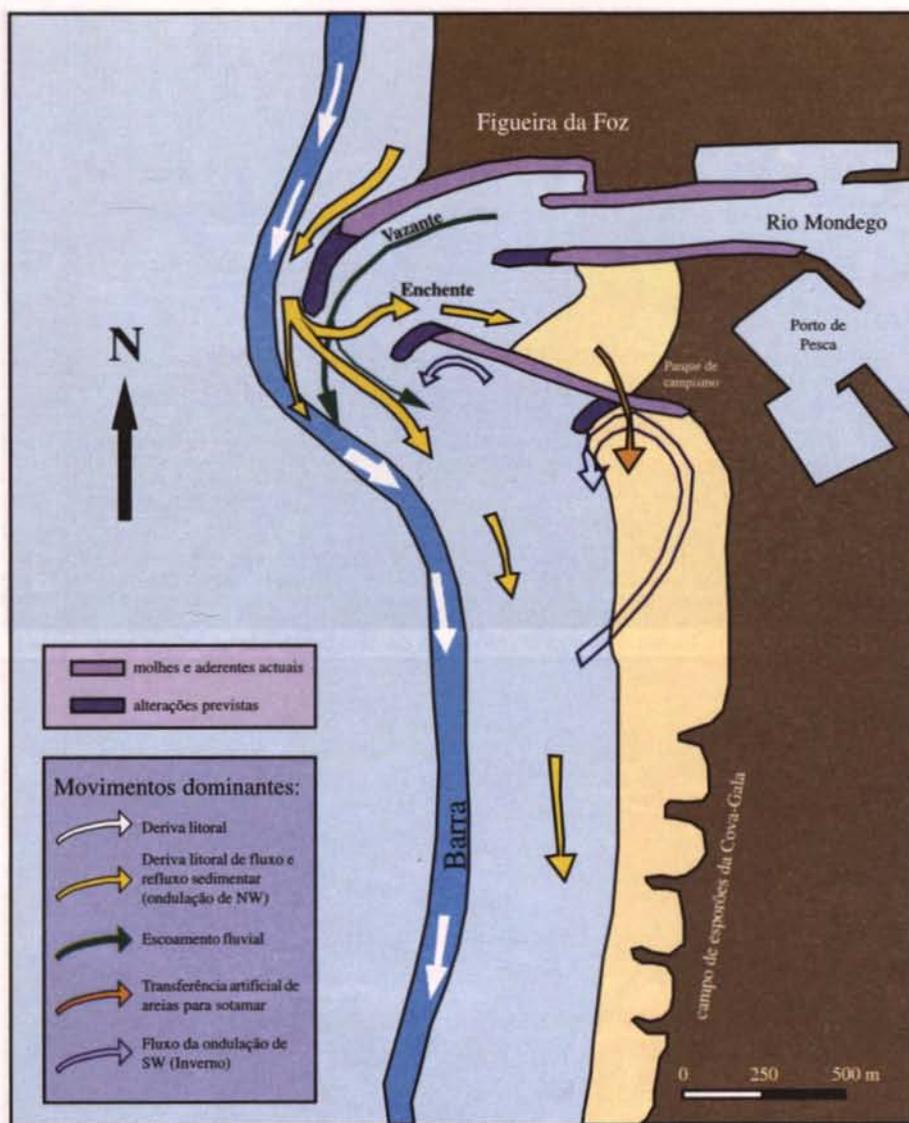
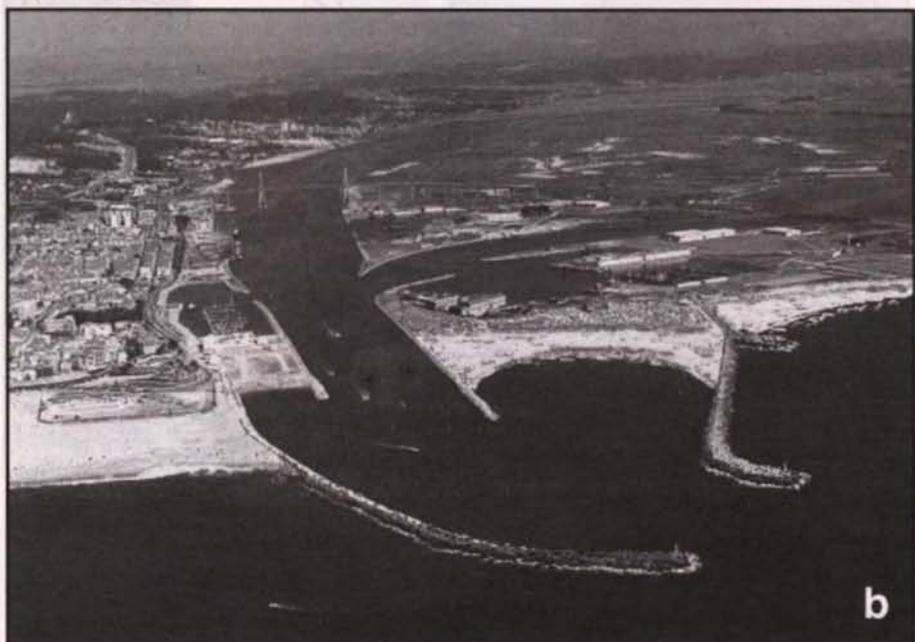


Figura 63 - Esboço de proposta de obras para a modificação dos molhes exteriores norte e sul e molhe interior sul, com simulação dos movimentos sedimentares e correntes dominantes, considerando montantes equivalentes aos previstos por P. Cunha et al. (1997) quanto aos caudais sólidos que alimentam o sistema (a largura das setas é proporcional à carga sedimentar).

beneficiando as condições de navegabilidade no Braço Norte (ver a simulação das fotos 37a e 37b e comparar com a Fig. 63).



Fotos 37a e 37b - Vista aérea sobre a barra e a embocadura do porto da Figueira da Foz: a) situação actual (foto de 27/8/95); b) simulação com esboço das obras propostas para os molhes exteriores e molhe interior sul, havendo também transferência sedimentar artificial de barlamar do molhe norte e do cabedelo para sotamar do molhe sul.



Foto 38 - O recuo da praia e a destruição da duna litoral, devidos à forte erosão que se faz sentir a sotamar do molhe sul têm conduzido ao crescente reforço da protecção pesada que acentua o processo erosivo. De notar a marcada arriba de erosão da estreita duna marginal (à direita) que separa a praia da estrada (7/11/1999).

Ao mesmo tempo, será necessário antecipar a evolução de todo o sistema costeiro, por forma a que possa ser permitida a deslocação para o interior de ambientes marinhos e sedimentares, deixando algumas zonas a norte e a sul da Figueira da Foz como espaços livres de construções e outras estruturas antrópicas, conscientes das opções políticas que a gestão costeira exige face à previsível subida do nível do mar. O que não impede, de qualquer modo, a opção concomitante por acções restauracionistas, como a reconstrução de dunas eólicas litorais que, como sabemos, são a melhor protecção contra as investidas do mar, para além da sua importância ecológica.

6.2. Monitorização, informação e quadro institucional

Constatámos que em pouco mais de duas décadas se registaram na orla costeira portuguesa grandes transformações, devidas a efeitos directos e indirectos das regularizações e barragens fluviais e a um conjunto vasto de obras que incluem intervenções portuárias, construção de defesas

costeiras, operações de dragagem e expansão e densificação de núcleos urbanos e pólos industriais no litoral. Também começou a ser criada uma rede de áreas litorais classificadas com diversos estatutos de protecção (P. Bettencourt, 1997) que permitem consolidar ideias sobre o estado e evolução condicionada dos sistemas, em unidades isoladas mas espacialmente interactivas e fortemente interdependentes.

Vimos ainda que a entrada em vigor do POOC Ovar-Marinha Grande não irá provavelmente resolver grande parte dos problemas mais sérios da zona costeira que integra o estuário do Mondego, sendo necessário, para além das medidas já apontadas, a existência de uma estrutura integrada com capacidade executiva local e regional, capaz de tomar decisões fundamentadas, uma vez que haveria o conhecimento permanente dos processos, suportado em três aspectos primordiais (P. Figueira, 1997):

- Constituição de um corpo técnico multidisciplinar;
- Implementação de um sistema de observação/monitorização da zona costeira;
- Construção de um Sistema de Informação.

A monitorização deve processar-se de forma a contemplar vários parâmetros (G. Carvalho & H. Granja, 1997), apoiando a construção, por exemplo, de cartografias geomorfológicas, de sedimentos, meteorológicas, de correntes, de ondulação, de qualidade da água, de comportamento dunar e do estado dos ecossistemas. Só assim poderão ser concebidos e calibrados modelos que integram a previsão dos fenómenos, uma vez que, como referem P. Cunha *et al.* (1997), "são raras as situações em que o sistema se encontra exactamente nas mesmas condições", afirmação válida para o estuário onde os registos devem cruzar os dados de variáveis como a amplitude das marés, o caudal fluvial, a ondulação ao largo e sua penetração no estuário, a ondulação e as correntes de superfície induzidas pelo vento, a actividade biofísica e bioquímica, a morfologia do estuário e a introdução de efluentes de origem antrópica.

O acompanhamento das cargas de poluentes e da capacidade depuradora dos sistemas estuarino e costeiro pode realizar-se através de indicadores como o "Tempo de Residência" (TR) que serve para comparar a importância relativa de diferentes processos. Ao mesmo tempo, é possível eleger diversos biomonitores, atendendo à sua distribuição, abundância, acessibilidade e sedentarismo, um método que é importante na avaliação dos

graus de toxicidade de certos componentes como os metais pesados, particularmente do chumbo que tem sido quantificado (R. Prego et al., 1998):

- a) Em dissolução (*Enteromorpha* sp. e *Fucus ceranoides*);
- b) Dissolvido e no sedimento (*Zostera noltii*);
- c) Apenas no sedimento (*Nereis diversicolor* e *Scrobicularia plana*);
- d) Em partículas suspensas (*Mytilus galloprovincialis*).

Da maior importância é a monitorização da água subterrânea que constitui a reserva principal de água potável e a fonte mais importante no uso doméstico rural, havendo hoje sistemas muito desenvolvidos, como acontece na Holanda com o EGIS (Evaluation of Groundwater resources Information System) que é um sistema geohidrológico que tira partido da tecnologia SIG (Sistema de Informação Geográfica) para manter uma caracterização actualizada de parâmetros essenciais das águas subterrâneas (F. Lobo & L. Barruncho, 1995).

Os problemas da qualidade da água são, aliás, os que mais justificam o investimento em informação detalhada, constituindo os SIG sistemas capazes de integrar enormes quantidades de informação alfanumérica, gráfica e cartográfica, e que pode responder na íntegra aos mais complexos problemas de análise espacial e à realização de todas as tarefas de recolha, organização e armazenagem, bem como às de relação de dados e sua manipulação (J. Mendes, 1994) que levem à construção dos modelos de organização espacial que melhor respondem às necessidades de preservação ambiental, nomeadamente dos recursos hídricos (Fig. A-4). Também as condições de organização política aconselham a que a monitorização seja acompanhada por um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), tecnologia preparada para processar a análise de dados, a investigação operacional e modelos, com expedição de valores óptimos e contributos para a decisão.

Nesta perspectiva, é possível descrever um quadro conceptual de síntese sobre a gestão integrada do território estuarino (Fig. 64), onde a modelação cartográfica (processamento geométrico dos dados) adquire logicamente um valor inestimável, uma vez que, entre outros, facilita e generaliza o acesso à informação e promove o cumprimento das normas e disposições contidas nos planos em vigor. Por isso, é necessário adoptar um conjunto de medidas para o acompanhamento contínuo do sistema, das quais se salientam (M. Ramalho, 1997; J. Ribeiro, 1998):

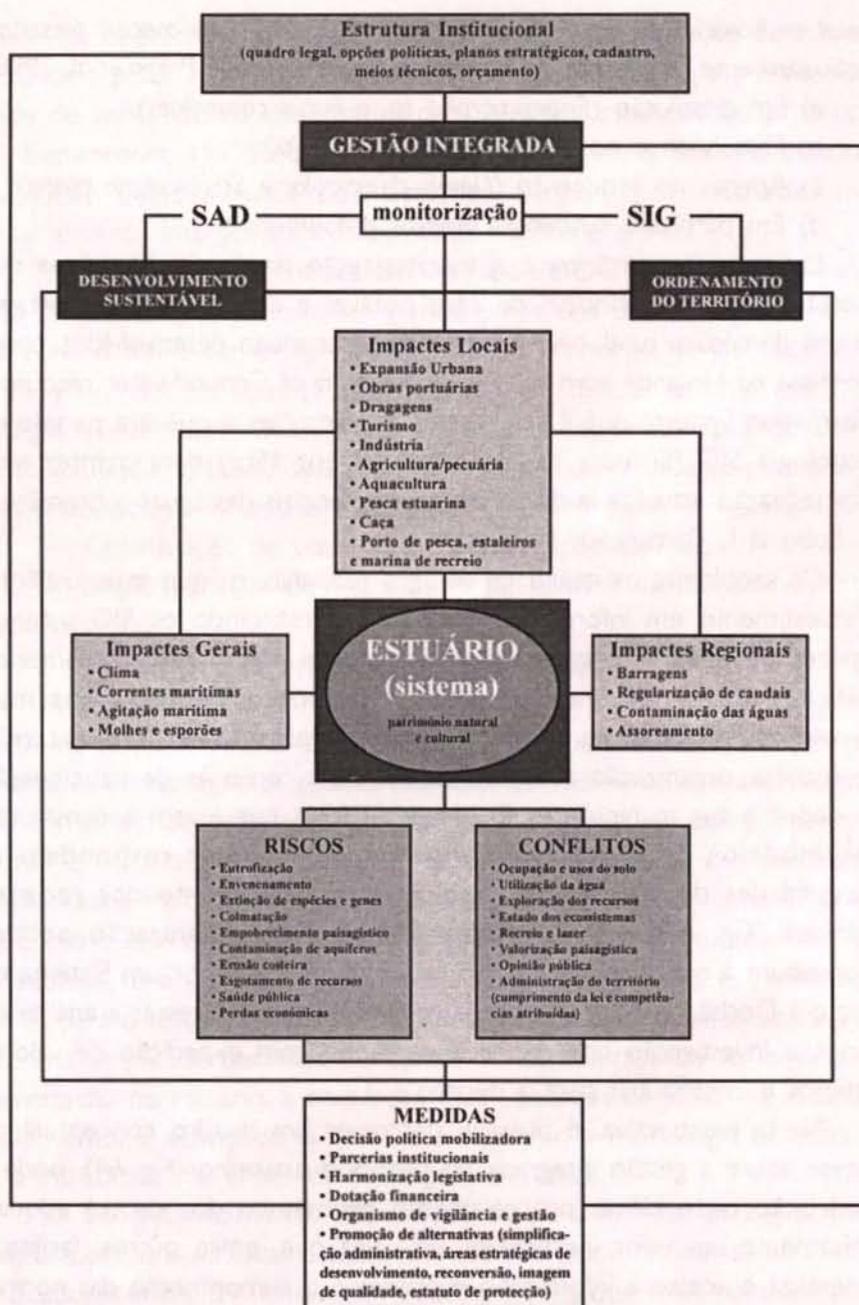


Figura 64 - Quadro conceptual da gestão do sistema estuarino, suportado no conhecimento actualizado das plataformas SAD (Sistema de Apoio à Decisão) e SIG (Sistema de Informação Geográfica).

a) Preparação de um corpo multidisciplinar, técnico e científico, de base local e regional, capaz de acompanhar a aplicação das políticas de ordenamento e de construir cenários de estabilidade ou de mudança a médio e longo prazos;

b) Criação de um banco de dados com a informação já existente;

c) Inventariação e caracterização detalhadas dos valores florísticos, faunísticos, hidrológicos, sedimentares, geológicos, paisagísticos, arquitectónicos, arqueológicos e outros, da faixa costeira;

d) Inventariação e caracterização das agressões e disfunções (actuais e potenciais) da zona costeira, nomeadamente os relativos à evolução das actividades sócio-económicas;

e) Criação de um sistema de fiscalização permanente da faixa costeira;

f) Constituição de um fundo para a aquisição pública de áreas ecologicamente importantes e ameaçadas;

g) Criação de um regime de incentivos e compensações aos proprietários prejudicados, através de:

— Isenção de impostos;

— Regime de mecenato ambiental;

— Trocas de terrenos;

— Outros.

h) Implementação de programas de iniciação e reforço da educação ambiental da população, sensibilizando para a dinâmica, a protecção e a conservação do estuário e da zona costeira;

i) Criação de um organismo municipal de vigilância e gestão das áreas litorais, com conexões intra-regional e inter-regional, orientado para defender e promover os recursos naturais, fazer respeitar as regras de ocupação e usos dos solos e difundir a informação correcta sobre os ecossistemas e as acções necessárias de protecção do estuário e zona costeira adjacente.

Relativamente à hipótese de ser criado um organismo com estas características, refira-se que ele deve resultar da parceria institucional entre o município e o ICN (Instituto de Conservação da Natureza), vindo a incluir, também, universidades, escolas, organizações ambientalistas e outros, na construção de uma estrutura com vocação científica e pedagógica que dinamizaria um leque variado de acções, das quais se destacam:

— Produção de manuais, guias de aconselhamento e outros materiais de desenvolvimento de campanhas de sensibilização, dirigidos à população residente e sazonal;

— Realização de cursos de formação para autarcas, técnicos das autarquias e outros agentes da comunidade;

— Realização de estágios e apoio a cursos especializados de alunos e investigadores das universidades e outras instituições científicas;

— Programação anual de acções junto das escolas do concelho da Figueira da Foz e dos concelhos limítrofes;

— Apoio na monitorização dos sistemas costeiros, no desenvolvimento de novas tecnologias de informação e na produção de planos de ordenamento.

Seria vantajoso que o referido organismo ficasse instalado na ilha da Morraceira, uma localização geoestratégica que permitiria a construção de um Ecomuseu multifuncional (J. Ribeiro, 1998), organizado em departamentos (apoio documental, hidrologia, ornitologia, botânica e zoologia aquáticas, ecoturismo, etc.), capaz de exercer vigilância sobre a "Reserva Natural" do estuário e as suas funcionalidades, de aproveitar o potencial de recursos técnicos e humanos existentes e de gerar importantes fontes de receitas próprias.

Evidentemente que estas medidas serão muito mais eficazes se houver planeamento integrado em termos regionais, principalmente no que respeita aos recursos hídricos. Será aconselhável a celebração de protocolos intermunicipais ao nível da Bacia Hidrográfica do Mondego e, para isso, é necessário que haja a capacidade autárquica de pensar, planear e executar numa perspectiva abrangente (C. Borrego, 1991), particularmente em relação a tudo o que possa influir no ordenamento do território e na gestão e preservação dos recursos associados à zona costeira.

7. CONCLUSÕES

Na extrema complexidade que caracteriza os ambientes costeiros, cruzam-se fenómenos de natureza muito variada e ocorrem interacções espaciais que condicionam a evolução fisiográfica, paisagística e ecológica dos territórios marginais do oceano. Os estuários, muito particularmente, como zonas húmidas de influência mareal e fluvial, representam um expoente nessa variedade, constituindo áreas fundamentais para o equilíbrio ambiental, quer das regiões onde se localizam quer de todo o planeta.

Ancestralmente, soube o homem aproveitar os recursos que o estuário lhe proporcionava, através do desenvolvimento de actividades integradas nos ecossistemas litorais, chegando mesmo a beneficiá-los, como acontece com a salicultura. Mas, num ápice, tudo mudou de forma drástica e globalmente negativa, sendo agora imprescindível a concertação de políticas entre todos os países e regiões do mundo, por forma a proteger os estuários da "extinção", com todas as repercussões graves que isso teria para as zonas costeiras e para a vida nos oceanos.

No caso concreto do estuário do Mondego, o rio impõe condições específicas derivadas do regime torrencial, associado a características da ocupação antrópica da parte superior da bacia hidrográfica, levando a que cedo se verificassem intervenções regularizadoras no sentido de combater o intenso assoreamento do seu perfil inferior e de modo a permitir a instalação e o crescimento de comunidades ribeirinhas e a viabilidade do comércio marítimo e fluvial. E é ainda a necessidade de garantir condições de navegabilidade que justificam todo um conjunto de obras de engenharia

pesada que têm impactes profundos no meio ambiente do estuário e da zona costeira adjacente.

Dado que são generalizadas as intervenções de regularização fluvial, retenção de sedimentos em barragens e construção de estruturas de protecção costeira às barras portuárias, os territórios situados a sotamar destas, relativamente à deriva litoral dominante, vêm sofrendo processos erosivos intensos das suas praias, o que leva à construção de aderentes (muros marítimos) e esporões de retenção de areias, eles próprios capazes de acentuarem os problemas de défice sedimentar. Aí, os aglomerados urbanos próximos do mar vão requerendo sucessivamente novas estruturas de protecção, face ao risco de inundação, não havendo, na maior parte dos casos, regras correctas de ordenamento que os impeçam de crescer sobre os sectores mais sensíveis da costa, como é o exemplo do cordão de dunas litorais que se encontra fortemente ameaçado e, nalgumas zonas, já muito degradado.

Por seu lado, a subida do nível do mar, devida a mudanças climáticas gerais, de origem antrópica, e acentuada talvez por uma possível deformação tectónica holocénica (H. Granja & G. Carvalho, 1994), lança o alerta para o perigo iminente que atinge a zona costeira do centro-oeste de Portugal (com alguns sinais evidentes de progressão), relevando o interesse em serem adoptadas medidas urgentes de combate à erosão e à degradação ambiental, aqui com destaque para os sistemas hídricos superficiais e subterrâneos, muito afectados pela conjugação dos impactes antrópicos e de resposta natural. Nesse sentido, é também primordial promover a recuperação de ecossistemas e biótopos litorais, garantindo as articulações naturais que permitem a melhor adaptação às mudanças actuais e futuras, como acontece com as áreas de sapal que, além de propiciarem níveis elevados de produtividade da biomassa e de biodiversidade, funcionam como defesa adaptativa contra essa previsível subida do nível do mar.

Comprova-se, assim, que os problemas da zona costeira, quer do estuário quer adjacentes à foz do Mondego, não se confinam à "questão portuária" que se arrasta desde há mais de dois séculos, sem que haja uma solução eficaz para as sucessivas retroacções que vêm contrariando as obras humanas. De facto, a complexidade é ainda maior quando se consideram os impactes antrópicos cruzados, incluindo a evolução quanto às novas formas

de ocupação e uso do solo que estão a acelerar o esgotamento dos recursos naturais e a degradar o meio ambiente, impondo a adopção de outras políticas que contemplem acções de recuperação e o estabelecimento de normas regulamentares de preservação, harmonizadas e espacialmente abrangentes. Como aspectos mais importantes de uma visão alternativa do planeamento e ordenamento do território estuarino do Mondego salientam-se os seguintes:

1. Todas as iniciativas para resolver os problemas costeiros devem procurar "trabalhar com a natureza", compatibilizando a tecnologia com os factores naturais em jogo, nomeadamente no que respeita à hidrodinâmica, meteorologia e sedimentologia litoral;

2. Deve haver uma procura constante de soluções equilibradas para o desenvolvimento local e regional em bases sustentadas, condicionando o crescimento urbano e industrial e de actividades económicas que criem riscos ambientais e de delapidação irreversível dos recursos naturais;

3. Só a gestão integrada do território e dos seus recursos permitirá agir coerentemente, tendo em conta todas as componentes dos sistemas e uma visão global que facilite as articulações que existem entre as diversas áreas de interesse natural (Fig. A-5), o que reforça a utilidade de elaboração de planos especiais (Plano de Bacia Hidrográfica, por exemplo) que podem beneficiar a definição de "contínuos naturais";

4. A formação técnico-científica ao nível dos agentes autárquicos é essencial, bem como a participação nos processos de planeamento, acompanhamento e avaliação das políticas ambientais por parte de equipas multidisciplinares que possam garantir a análise multi e interdisciplinar e decisões fundamentadas no multicritério das opções;

5. O conhecimento profundo e actualizado dos sistemas interactuantes apenas é possível com a monitorização especializada dos factores que condicionam a evolução do estuário e da zona costeira, havendo conexão permanente a um Sistema de Informação Geográfica que possibilite a pronta integração da informação alfanumérica, gráfica e cartográfica;

6. É imprescindível envolver as comunidades local e regional nos processos de planeamento e ordenamento territorial, através de acções de informação/sensibilização para os problemas ambientais da zona costeira, valorizando as potencialidades da diversidade paisagística e dos recursos;

7. A criação de um organismo municipal de vigilância e gestão da zona costeira do concelho da Figueira da Foz deve resultar de parcerias

institucionais que incluam universidades, escolas e associações profissionais e ambientalistas, permitindo a constituição de um corpo técnico de elevada qualidade e a realização de acções que preservem o património natural e, ao mesmo tempo, realizem receitas próprias mobilizadoras, como pode vir a acontecer com a organização de um Ecomuseu multifuncional instalado na ilha da Morraceira;

8. Faz todo o sentido a proposta de avançar para a classificação do estuário do Mondego como "área de Reserva Natural", um estatuto de protecção que impõe a participação do Instituto de Conservação da Natureza (ICN), não só no estabelecimento das normas reguladoras mas também no financiamento das acções imprescindíveis e das indemnizações devidas às expropriações inevitáveis.

Fica a certeza de o assunto não ter sido esgotado nas suas diversas escalas de abordagem, quer no que respeita às intervenções de cidadania quer no aprofundamento da investigação temática, mais ou menos especializada, capaz de complementar a análise e as propostas aqui expressas. De qualquer forma, será de sublinhar duas das ideias centrais que nortearam esta realização e que, porventura, poderão atingir alguma eficácia: a afirmação da interdisciplinaridade como método e atitude essenciais na completa caracterização das problemáticas costeiras; e a valorização da acção pedagógica, capaz de alargar a informação e a educação ambiental a toda a comunidade, constituindo ambas garantias de haver competência e capacidade para se encontrarem, permanentemente, as melhores soluções para um desenvolvimento com futuro.

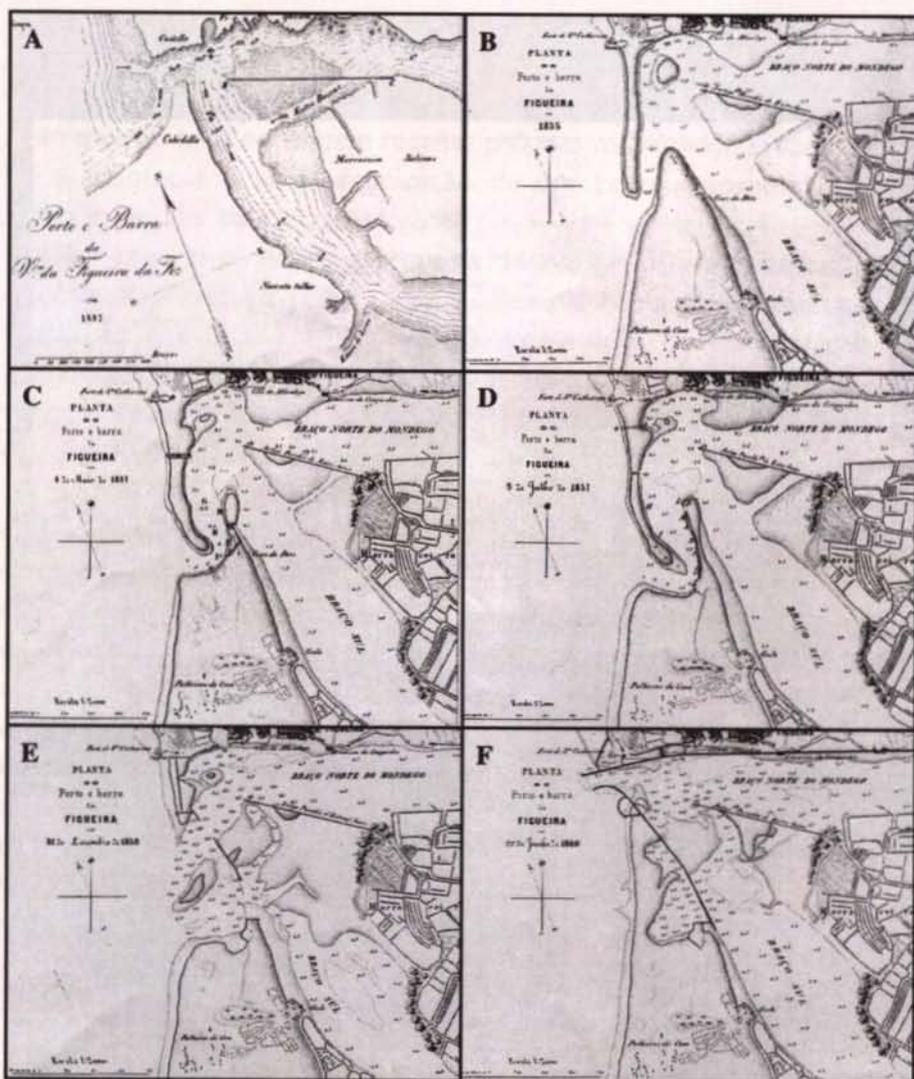


"Num mundo de recursos limitados não vai ser possível prosseguir indefinidamente um ciclo permanente e desregrado de aquisição - consumo - lixo - insatisfação humana - destruição do ambiente."

(Simões Lopes, 1979)



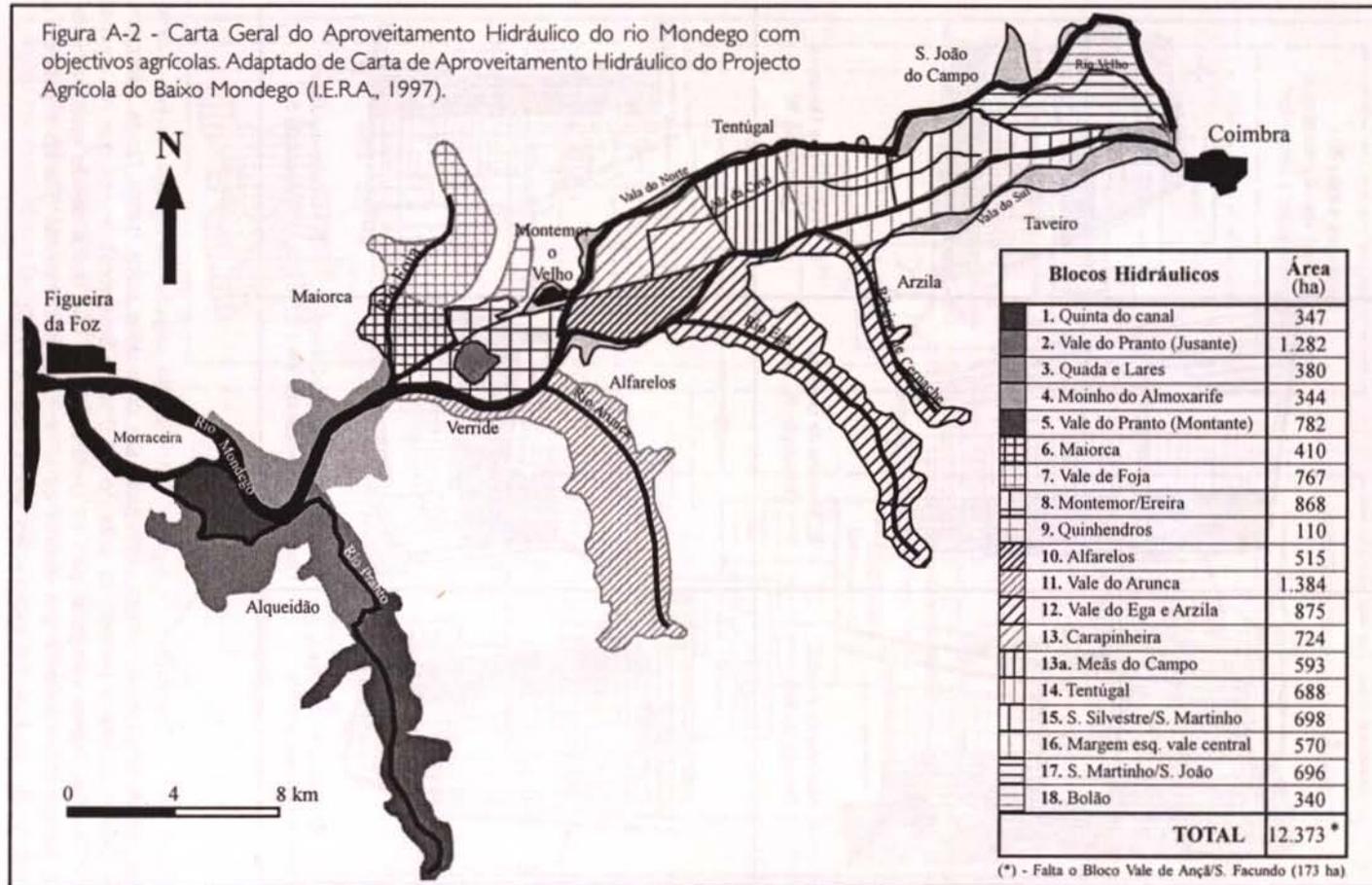
A N E X O S



A - 1837; B - 1855;
C - 1857 (6 de Maio); D - 1857 (9 de Julho);
E - 1858 (31 de Dezembro); F - 1860 (22 de Julho)

Figura A-1 - Algumas das plantas que fazem parte do relatório de 1861 e que exemplificam a grande instabilidade da barra e embocadura portuárias, acompanhadas pela previsão de obras necessárias para enfrentar o problema. Realce-se que o projecto de 1860 continha muitas das soluções hidráulicas que vieram a ser adoptadas mais de um século depois.

Figura A-2 - Carta Geral do Aproveitamento Hidráulico do rio Mondego com objectivos agrícolas. Adaptado de Carta de Aproveitamento Hidráulico do Projecto Agrícola do Baixo Mondego (I.E.R.A., 1997).



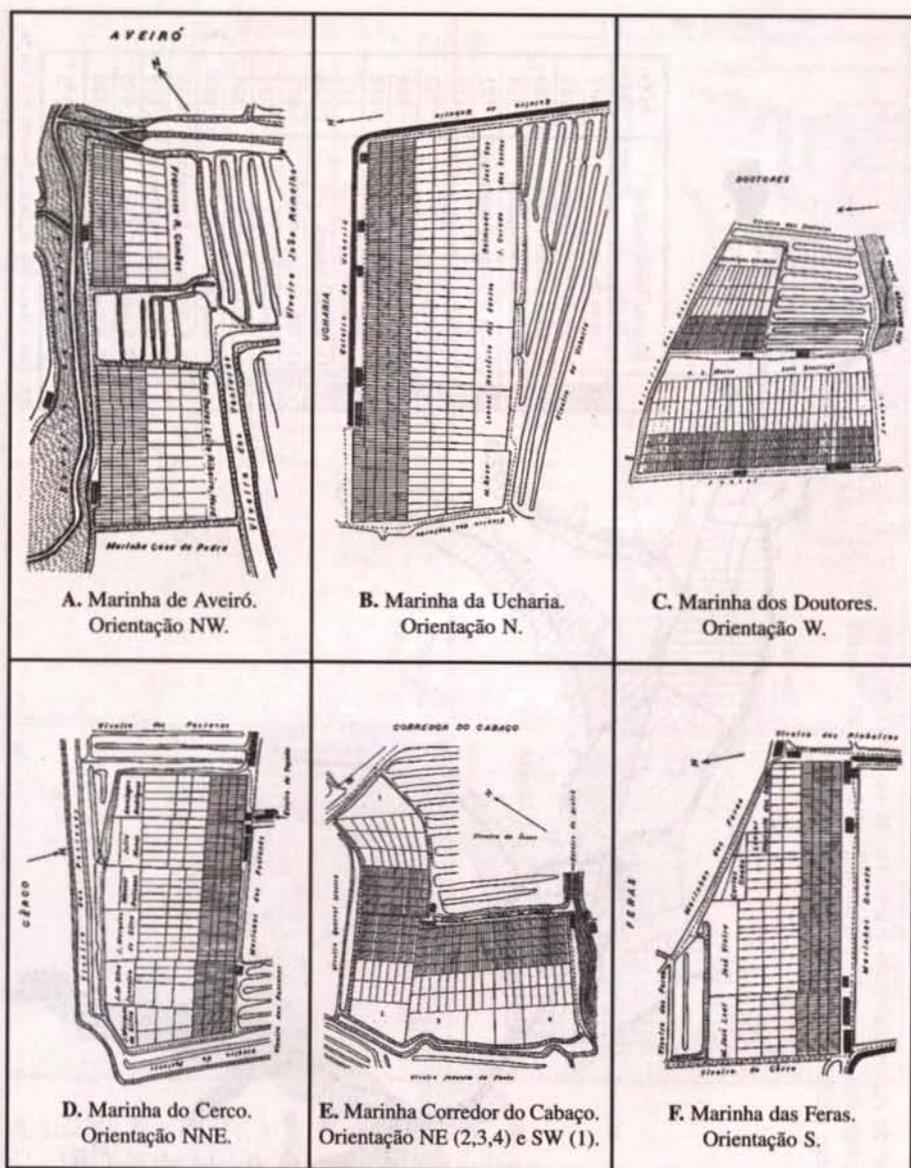


Figura A-3 - Orientações de algumas marinhas do salgado da Figueira da Foz. Como os ventos nesta zona costeira portuguesa são dominados pelos rumos Norte, Noroeste e Oeste, durante o período da safra do sal (Maio a Setembro), vemos que há algumas orientações menos vantajosas para os cristalizadores e que isso é devido essencialmente à posição dos esteiros e dos viveiros de alimentação das marinhas (plantas registando a distribuição espacial das explorações, por L. Lopes, 1955).

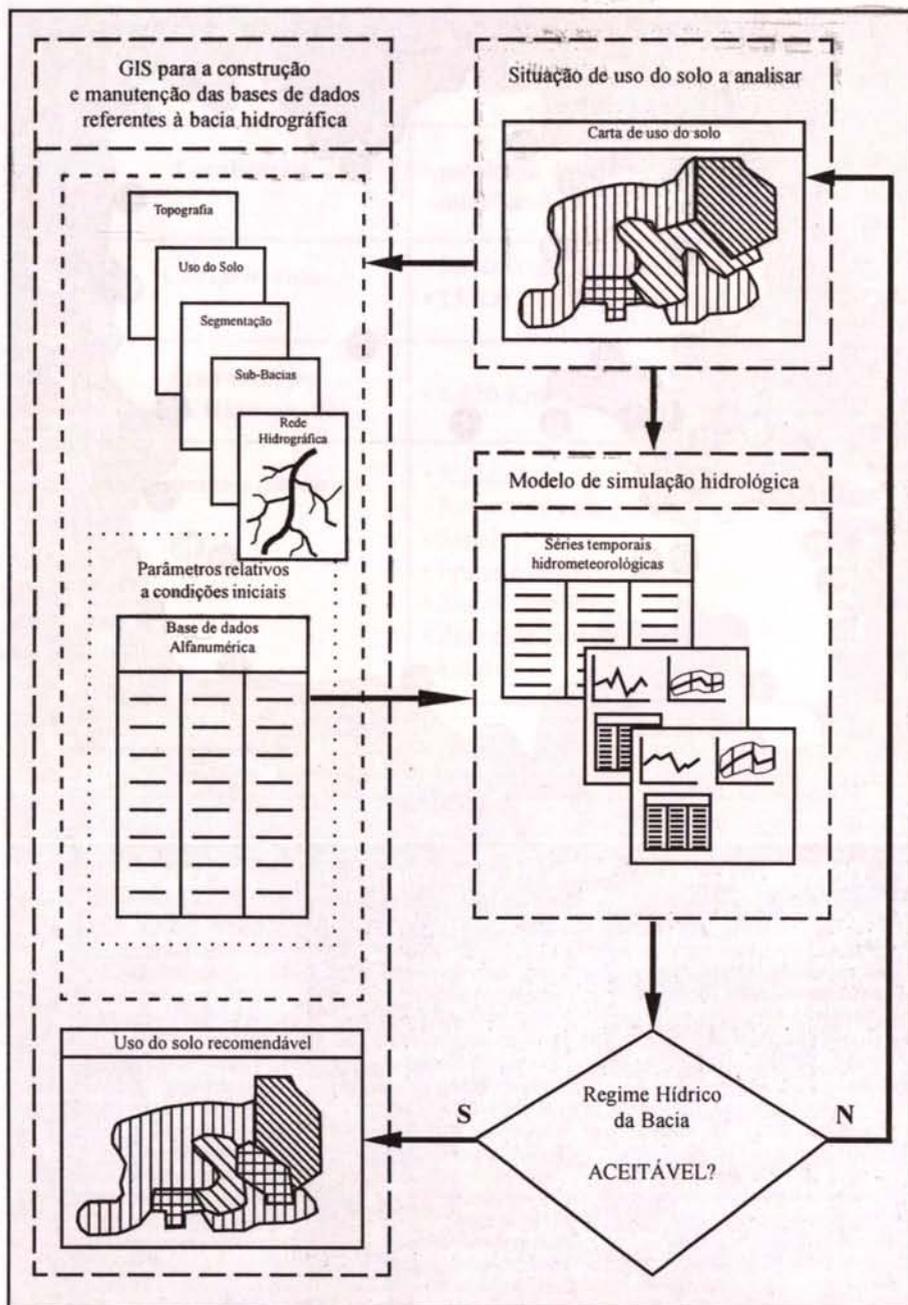
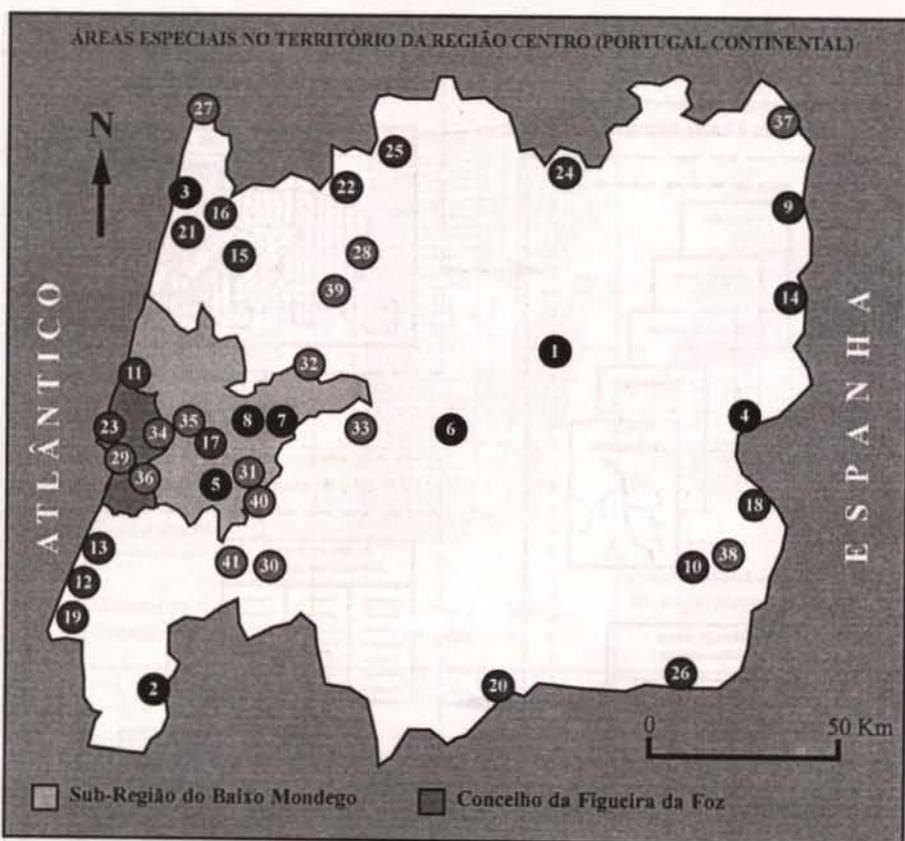


Figura A-4 - A integração de HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran) e de um GIS (Geographic Information System) num modelo de análise do impacte da urbanização e uso do solo nos recursos hídricos (adaptado de C. Ribeiro, 1995).



ÁREAS PROTEGIDAS

1. Parque Natural da S. da Estrela
2. Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros
3. Reserva Natural das Dunas de S. Jacinto
4. Reserva Natural da Serra da Malcata
5. Reserva Natural do Paúl de Arzila
6. Paisagem Protegida da Serra do Açor
7. Mata Nacional de Vale de Canas
8. Mata Nacional do Choupal

BIÓTOPOS CORINE

9. Almeida
10. Barragem de Idanha-a-Nova
11. Costa Quiaios-Mira
12. Lagoa da Ervideira
13. Mata Nacional do Urso
14. Nave de Haver-Aldeia da Ponte
15. Pateira de Fermentelos
16. Pateira de Frossos
17. Paúl da Madriz
18. Penha Garcia
19. Pinhal de Leiria
20. Portas do Ródão
21. Ria de Aveiro
22. Rio Paiva
23. Serra da Boa Viagem
24. Serra da Lapa
25. Serra de Montemuro
26. Tejo Internacional

OUTRAS ÁREAS

27. Barrinha de Esmoriz
28. Cambarinho
29. Estuário do Mondego
30. Maquis de Vale Soeiro
31. Mata da Abufarda
32. Mata do Bussaco
33. Mata do Sobral
34. Montes de S. Olaia e Ferrestelo
35. Paúl da Quinta do Talpal
36. Quinta do Canal
37. Rio Águeda
38. S. Pedro de Vir-a-Corça
39. Serra do Caramulo
40. Serra de Jeaneanes
41. Serra de Sico

Figura A-5 - Inventário das Áreas de interesse natural da Região Centro, segundo a CCRC e a DROT (adaptado de J. Rebelo & S. Faria, 1991).

Quadro A-1 - Ficha de caracterização sumária do estatuto ambiental do estuário do Mondego (adaptação ao estuário do Mondego das características de V. Guerreiro *et al.*, 1998).

Localização	<ul style="list-style-type: none"> • paralelos: 40° 06' N a 40° 09' N • meridianos: 8° 41' W a 8° 52' W
Comprimento	<ul style="list-style-type: none"> • 26 Km (influência mareal) • 15 Km (limite de salinidade)
Área total da Bacia Hidrográfica	<ul style="list-style-type: none"> • 6.670 Km²
Principais <i>habitats</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ripícola • Bancos de vasa e areia • Sapal • Praias e dunas costeiras • Zonas intertidais • Zonas de <i>Zostera</i> • Salinas
Valores faunísticos	<ul style="list-style-type: none"> • Aves • Mamíferos • Répteis • Anfíbios • Ictiofauna • Peixes migradores • Espécies bentónicas
Valor conservacionista	<ul style="list-style-type: none"> • Tem espécies protegidas e é importante nas rotas internacionais das aves migradoras, mas não é reconhecido nem nacional nem internacionalmente: <ul style="list-style-type: none"> — Não é Biótopo Corine; — Não integra a R. Natura 2000; — Não é área protegida
Outro estatuto de preservação	<ul style="list-style-type: none"> • Não tem

Quadro A-2 - Síntese da avaliação prévia dos impactes das obras do Mondego (regularização do troço terminal e obras portuárias complementares) sobre o biota e áreas protegidas (adaptado de Consulmar et al., 1991).

BIOTA E ÁREAS PROTEGIDAS	MAGNITUDE DOS IMPACTES	INCIDÊNCIAS NO TEMPO	NATUREZA DAS INCIDÊNCIAS
BENTOS			
Fitobentos	-3	Tp	Rv
Macrófitos	-2	Tp	Rv
Zoobentos	-3	Tp	Rv
Moluscos (bivalves)	-3	Pm/Tp	Ir/Rv
Crustáceos (decápodes)	-2	Tp	Rv
Peixes bentónicos	-3	Tp	Rv
PELAGOS			
Fitoplâncton	-2	Tp	Rv
Zooplâncton	-2	Tp	Rv
Peixes pelágicos	-2	Tp	Rv
VERTEBRADOS TERRESTRES			
Anfibios	-1	Tp	Rv
Mamíferos	-3	Tp	Rv
Aves Limícolas	-3	Tp	Rv
Aves Aquáticas	-2	Tp/Pm	Tp/Ir
Raridades	-3	Tp	Rv
HABITAT e COMUNIDADES			
Estuário	-1	Tp	Rv
Vasa e Areia	-1	Pm	Ir
Sapais	-1	Tp/Pm	Ir
Ilhotas	-1	Pm	Ir
Lagunas	-1	Pm	Ir
Paúis	-1	Pm	Ir
Caniçais	0	—	—
Arrozais	-1	Pm	Ir
ÁREAS CLASSIFICADAS OU PROTEGIDAS			
REN	-1	Pm	Ir
RAN	-1	Pm	Ir
ZCC	-1	Tp	Rv
LEGENDA:			
Magnitude do Impacte: é classificada com os graus de 0 (nulo); e 1 (diminuto) a 5 (elevado).			
Incidências no tempo: são classificadas como Pm (permanentes) e Tp (temporárias).			
Natureza das incidências: é classificada como Rv (reversível) ou Ir (irreversível).			

Quadro A-3 - A grande complexidade de tarefas que são necessárias para manter uma salina em boas condições de exploração (adaptado de S. Nogueira, 1935). A terminologia nem sempre coincide com a utilizada nas diversas áreas de salicultura no território português.

AMANHAÇÃO DA SALINA					
Trabalhos preparatórios	<ul style="list-style-type: none"> • Escoar as comedorias e o mandamento. • Travejar o viveiro e o algibé. • Barachar ou aparelhar o mandamento. • Dar sol à comedoria e ao mandamento. • Botar ou tirar o entraval. • Escoar a marinha propriamente dita. • Aparelhar a marinha. • Amanhar ou regar o mandamento. 				
	<ul style="list-style-type: none"> • Estranger <ul style="list-style-type: none"> • Cortar a lama. • Almanjarrar a lama. • Bimbar os marachos, as barachas e as canejas. • Tirar as bimbadoras. • Apancar a marinha. 				
	<ul style="list-style-type: none"> • Curar <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Curar as cabeceiras </td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Meter água. • Dar grade com a almanjarra. </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Curar a marinha propriamente dita </td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Encanar a praia podre. • Dar sol de estranjedura. • Meter água. • Dar molhaduras. • Circiar. • Desmanar a marinha de baixo para a de cima. • Sustentar a marinha. </td> </tr> </table> 	<ul style="list-style-type: none"> • Curar as cabeceiras 	<ul style="list-style-type: none"> • Meter água. • Dar grade com a almanjarra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Curar a marinha propriamente dita 	<ul style="list-style-type: none"> • Encanar a praia podre. • Dar sol de estranjedura. • Meter água. • Dar molhaduras. • Circiar. • Desmanar a marinha de baixo para a de cima. • Sustentar a marinha.
<ul style="list-style-type: none"> • Curar as cabeceiras 	<ul style="list-style-type: none"> • Meter água. • Dar grade com a almanjarra. 				
<ul style="list-style-type: none"> • Curar a marinha propriamente dita 	<ul style="list-style-type: none"> • Encanar a praia podre. • Dar sol de estranjedura. • Meter água. • Dar molhaduras. • Circiar. • Desmanar a marinha de baixo para a de cima. • Sustentar a marinha. 				
	<ul style="list-style-type: none"> • Botar <ul style="list-style-type: none"> • Immoirar a andaina de cima e as cabeceiras. • Andoar ou embarrar. • Vaçulhar. • Arear. • Immoirar os cristalizadores. 				
Trabalhos de colheita	<ul style="list-style-type: none"> • Escoar as encanas. • Amanhar a comedoria e o mandamento. • Arear os passadoiros, machos e eiras. • Bulir. • Quebrar. • Rer. • Abrir o tabuleiro. • Immoirar os meios de cima e as cabeceiras. • Tirar o sal. 				
Trabalhos de conservação	<ul style="list-style-type: none"> • Compor os montes. • Apagar os montes. • Cobrir os montes. • Chapear os montes. 				

Quadro A-4 - Alguns riscos associados à actividade contínua da unidade de reprodução Fozáqua, na Ilha da Morradeira (Figueira da Foz).

RISCOS CLÁSSICOS	PONTOS CRÍTICOS DO DESENVOLVIMENTO LARVAR	DOENÇAS	PROBLEMAS NO EQUIPAMENTO
	<ul style="list-style-type: none"> • Esgotamento das reservas vitelinas - 1ª alimentação. • Formação da bexiga. • Passagem de alimentação viva (Artémia) a alimentação inerte (microencapsulados). • Últimas fases de metamorfoses e alevim (deformações e anemias). 	<ul style="list-style-type: none"> • Recirculação excessiva da água. • Desinfecção insuficiente. • Parâmetros físico-químicos longe dos óptimos para a espécie. • Poluição das águas (no caso, as do rio Mondego). • Stress provocado pelos transportes e calibragens. 	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de areias no equipamento básico: <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de arejamento/turbinas. - Bombagem. - Arrefecimento e aquecimento.
RISCOS DE LOCALIZAÇÃO	DISTÂNCIA AO MAR	CONFINANTE COM O BRAÇO NORTE	SISTEMA DE BOMBAGEM
	<ul style="list-style-type: none"> • Épocas de baixa salinidade estuarina. • Imprescindível transporte de água do mar (a 3 km). • Renovação insuficiente e escassez de água, sobretudo para as necessidades vitais de: <ul style="list-style-type: none"> - desova - primeiros dias dos ovos e das larvas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte influência de barragens (altera circuitos e mistura das águas estuarinas) que influi na salinidade e turbidez (composição de sedimentos), juntamente com as obras portuárias. • Drenagem de campos agrícolas (pesticidas, matéria orgânica, metais pesados, fosfatos, nitratos e nitritos). • Resíduos urbanos e industriais (com toxicidade variável). 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentação geral por um Esteiro (entrada e saída de água). • Reservatório situado em terra, o que origina: <ul style="list-style-type: none"> - substrato de terra e lamas. - parâmetros físico-químicos distintos dos do mar, o que não permite condições naturais para a desova. • Exposto a contaminação superficial e subterrânea.

Quadro A-5 - Comparação entre padrões de qualidade e amostragens realizadas pelo Centro de Serviços do Ambiente de Coimbra (CESAB). Valores em mg/l.

P	Md	VM	Amostragens realizadas em 23/02/95			Amostragens realizadas em 31/08/95		
			circuito fechado	furo (poço)	Rio Mondego	Rio Mondego	Reservatório	Descarga
Fe	-	0,05	0,117	0,622	0,220	0,01	0,02	-
Mn	0,01	0,02	0,027	0,074	0,136	0,014	0,019	-
Cu	0,03	0,1	0,17	0,25	0,21	0,01	0,01	-
Zn	0,005	0,1	0,68	0,70	0,35	0,04	0,05	-
Ag	0,003	0,01	0,002	0,002	0,002	0,05	0,02	-
Pb	-	0,05	0,010	0,010	0,010	0,021	0,015	-
Cd	0,005	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,005	0,004	-
Cr	-	0,05	0,020	0,020	0,020	0,009	0,007	-
Hg	0,02	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0007	0,0006	-
Ni	0,1	0,05	0,002	0,002	0,002	0,032	0,012	-
PO ₄	-	-	2,1	2,0	0,7	0,25	0,21	0,29
NO ₃	-	-	150	82	59	-	-	-
Det	-	-	0,1	0,08	0,06	-	-	-
Cian	-	-	0,007	0,01	0,006	-	-	-

LEGENDA:

P - Parâmetros; **Md** - Padrão de Qualidade de Meade (1989);
VM - Valor Máximo (Recomendado para Fe, Mn, Cu e Zn; Aceitável para Ag, Pb, Cd, Cr, Hg e Ni).

Fe - Ferro; **Mn** - Manganês; **Cu** - Cobre; **Zn** - Zinco; **Ag** - Prata;
Pb - Chumbo; **Cd** - Cádmio; **Cr** - Crómio; **Hg** - Mercúrio; **Ni** - Níquel.

PO₄ - Fosfatos; **NO₃** - Nitratos; **Det** - Detergentes; **Cian** - Cianetos

Quadro A-6 - Técnicas de ordenamento de dunas costeiras. Modificado de H. Viles & T. Spencer (1995), da compilação de Ranwell & Boar (1986) e de Doody (1993).

OBJECTIVO	TÉCNICAS
<p>1. Estabilização</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muros marítimos. • Abastecimento da praia. • Protecção litoral com geoestruturas. • Esporões. • Pilares. • Cercamento por matagal ou paliçada. • Colmatagem com mato. • Contornamento. • Ligação com aglutinantes químicos. • Adubação com matéria vegetal em decomposição e cobertura das plantas para manter humidade. • Quebra-ventos. • Passagens aéreas para peões.
<p>2. Desenvolvimento da vegetação</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plantação anual da orla marítima com gramineas construtoras de dunas, turfas dunares perenes e arborização permanente.
<p>3. Ordenamento da vegetação</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de fertilizantes. • Controlo de <i>Stocks</i> e da quantidade das plantas consumidas por pisoteio animal (ainda que selvagem). • Controlo arbustivo. • Apoio ao desenvolvimento das espécies endémicas e equilíbrio na distribuição espacial.
<p>4. Desestabilização</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pisoteio controlado. • Desastres controlados — distúrbios sedimentares artificiais (para prevenir estabilização exagerada).

GLOSSÁRIO DE TERMOS

ÁCIDA (água)

Substância (água) com pH inferior a 7, ou seja, com elevada concentração de hidrogeniões livres, aptos a ligarem-se aos catiões metálicos (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+).

ACUMULAÇÃO (ou Acreção)

Abandono de materiais sólidos transportados por qualquer agente da geodinâmica, incluindo a gravidade. O termo ACREÇÃO é utilizado quando ocorre a justaposição de materiais, ou quando se pretende exprimir o balanço erosivo de uma forma de relevo pela relação acreção/degradação (ou acumulação/erosão).

ALCALINA (água)

Substância (água) com pH superior a 8 ou 8,5. No caso da água do mar — que tem dissolvidos carbonatos de cálcio e magnésio, cloretos e sulfatos, brometos e iodetos de sódio e/ou potássio, o pH médio é 8,5.

ALGAS

Plantas criptogâmicas, talófitas, que vivem nas águas doces ou salgadas, fixas no fundo ou livres. Podem ser unicelulares ou atingirem mais de 200 metros de comprimento. Taxonomicamente, dividem-se em Clorofíceas (verdes), Cianofíceas (azuis), Feofíceas (castanhas) e Rodofíceas (vermelhas).

ALIMENTAÇÃO (da costa)

Quantidade de materiais trazidos para a costa pelos agentes morfogénicos marinhos, eólicos e continentais, e que contribuem para a manutenção ou para o crescimento das formas litorais.

ALÓCTONE (Aloctígeno ou Alógeno)

Materiais que não tiveram origem no lugar onde se encontram.

ALTERAÇÃO

Desgaste das rochas por decomposição química ou bioquímica. A alteração das rochas por acção dos agentes marinhos ou CORROSÃO, consiste no processo de dissolução das rochas.

ALUVIÃO

Conjunto de detritos transportados e depositados por um curso de água.

ANFIDRÓMICO

Ponto onde a amplitude da maré é igual a zero. À volta deste ponto gera-se a região anfidrómica, de onde partem as linhas isocotidais (unem pontos com igual amplitude de maré).

ANSA (ou Enseada)

Pequena reentrância no traçado da linha da costa, em forma de arco.

ANTRÓPICO (Antropogénico ou Antropógeno)

Qualquer fenómeno ou mecanismo desencadeado directa ou indirectamente pelo homem.

ARGILA SALÍFERA

Argila característica dos depósitos lagunares e deltaicos, rica em cloreto de sódio e potássio, sendo, por esse facto, muito plástica.

ARRIBA (ou Falésia)

Forma particular de vertente costeira, abrupta ou com declive forte (15° a 90°), em regra talhada em rochas coerentes pela acção dos agentes marinhos (ondas e correntes), ou pela acção conjunta de agentes morfogénicos marinhos, continentais e biológicos.

ASSOREAMENTO

Acumulação de aluviões no fundo dos vales ou nas embocaduras, diminuindo a profundidade. É um fenómeno frequente nos deltas e nas lagunas.

ATERRO

Pode ser de origem natural (por colmatação dos fundos ou por barragens naturais) mas o termo é mais aplicado à acumulação artificial de materiais para construir um dique ou conquistar uma área alagada.

AUTÓCTONE

Material que se encontra no sítio onde se formou.

BAÍA

Reentrância do traçado da linha da costa, com forma arqueada e superfície entre os 200 Km² (Enseada) e os 500 Km² (Golfo).

BANCO

Relevo submarino, normalmente originado por acumulação de areias ou de conchas, é frequente nos estuários e deltas.

BARLAMAR

Direcção de onde provem a carga sedimentar transportada pela deriva litoral e pela ondulação dominantes.

BARRA

É geralmente o resultado da migração para terra de cordões litorais, com o auxílio da subida do nível do mar. Também é a passagem estreita que dá acesso a um porto e que é dragada para evitar o assoreamento.

BENTOS

Conjunto de organismos aquáticos que vivem sobre o fundo, fixos ou móveis. O Bentos marinho constitui o Halobentos.

BIÓTOPO

Pequena área com condições ambientais uniformes (clima, solo) e uma distribuição característica de populações animais.

BIOTURBAÇÃO

Processo de construção de estruturas sedimentares de origem biológica.

CARGA (sólida)

Quantidade de materiais sólidos transportados por um fluido, em dissolução, suspensão, saltação e arrasto.

CORDÃO DUNAR

Alinhamento de dunas, paralela, perpendicular e/ou obliquamente à direcção do vento.

CORPO LODOSO (Bouchon Vaseux)

Núcleo de sedimentos vasosos, floculados, que se deslocam em suspensão nos turbilhões das correntes estuarinas (fluvial e de maré).

COSTA

Faixa da superfície terrestre que se encontra no contacto entre as terras emersas e o mar ou o oceano. A Linha de Costa é a linha que marca o limite entre o mar e a terra, coincidente com o nível atingido pela maré mais alta em período de calma.

CUNHA SALINA

Frente de penetração das águas marinhas, na parte terminal de um curso de água, devido à maré. A água salgada, mais densa que a fluvial, desloca-se junto ao fundo.

DENDRÍTICA (rede de drenagem)

Rede de drenagem (cursos de água ou canais de maré) hierarquizada, com ramificação arborescente.

DISTAL

Localizado mais longe do ponto de ligação à estrutura principal (na extremidade final).

DUNA

Forma resultante da acumulação de materiais arenosos transportados pelo vento. O depósito dunar é constituído por areias finas (0,125 a 0,250 mm de diâmetro),

bem ou relativamente bem calibradas (desvio padrão entre 0,1 e 0,7).

FAIXA ENTREMARÉS

Espaço litoral compreendido entre os níveis da maré mais alta e da maré mais baixa. É frequentemente chamado de "zona intertidal" (zona intermareal).

ESTEIRO

Canal de maré ou braço de estuário, em que a navegação depende da maré. Pode ser natural ou artificial, de modo a possibilitar a maior penetração da água salgada e o melhor acesso às marinhas.

ESTUÁRIO

parte terminal de um curso de água penetrada pelas correntes de maré. O limite interior do estuário é o ponto mais a montante atingido pela cunha salina (Ápice do Estuário). O estuário caracteriza-se por um ou vários canais por entre os quais se desenvolvem bancos de areia e conchas partidas (mouchões). Junto às margens dos canais e dos mouchões, na faixa entremarés, desenvolvem-se plataformas argilo-limosas, por vezes areno-limosas.

EUSTATISMO

Teoria que analisa e pretende explicar as modificações do nível médio do mar, em várias escalas de tempo e de espaço, partindo do princípio que as terras emersas são estáticas.

EUTROFISMO

Carácter arejado das águas litorais pouco profundas e agitadas, ricas em oxigénio e elementos nutritivos (azoto, fósforo, cálcio).

EUTROFICAÇÃO (ou EUTROFIZAÇÃO)

Processo pelo qual um corpo de água adquire uma alta concentração de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos. Estes promovem o crescimento excessivo de algas e, à medida que estas morrem e se decompõem, altos níveis de matéria orgânica e organismos em decomposição esgotam o oxigénio disponível na água, provocando a morte a outros organismos, como os peixes.

FÁCIES

Conjunto de características petrográficas, sedimentológicas e paleontológicas que definem um depósito (ou uma rocha) e caracterizam o seu ambiente de formação.

FLOCULAÇÃO

Processo de sedimentação das partículas coloidais e pré-coloidais suspensas num líquido, por atracção electroquímica, quando varia o pH da mistura.

GRANULOMETRIA

Estudo da dimensão do grão dos materiais que constituem uma rocha, móvel ou coerente. As escalas mais utilizadas são as de Atterberg (determinação da textura e análise mecânica dos solos) e de Wentworth (estudo de sedimentos) e incluem as seguintes fracções granulométricas: Balastro, Bloco, Calhau, Cascalho, Areão, Areia, Limo e argila.

HALÓFITO

Ser que vive em ambiente (ou em solo) salgado. Vive nos sapais, nos mangais, nas praias e dunas litorais e nas Sebkhhas das regiões desérticas.

HELÓFITO

Ser que vive enraizado ou enterrado no lodo.

HIDROLOGIA

Ciência que estuda a natureza, as propriedades físicas e químicas e os movimentos das águas da hidrosfera.

ISÓBARA

Linha que une pontos com igual valor de pressão atmosférica (considerada ao nível do mar).

ISÓBATA (ou Isobatimétrica)

Linha que une pontos com igual valor de profundidade.

ISOHALINA

Linha que une pontos com igual valor de salinidade.

ISOIETA

Linha que une pontos com igual valor de precipitação atmosférica.

ISOSTASIA

Teoria do equilíbrio estável do globo, obtido por compensação e ajustamento da pressão dos blocos de crosta superficial (SIAL) sobre o manto de SIMA.

ISOTÉRMICA

Linha que une pontos com igual valor de temperatura.

LAGUNA

Extensão de água salgada ou salobra, de origem marinha ou fluvio-marinha, isolada do mar por cordões litorais ou restingas, completa ou parcialmente, mas sujeita ao regime de marés, mesmo quando não comunica directamente com o mar.

LENÇOL FREÁTICO

Limite superior de água subterrânea num aquífero não confinado de solo ou leito de rocha. O lençol freático forma o limite entre a zona de saturação e a zona de aeração ou zona vadosa.

LÊNTO

Ambiente que se refere a água parada ou a organismo que vive em água parada.

LÓTICO

Relativo a água corrente ou a organismo que nela habita.

LITORAL

Designação dada à faixa do continente que está em contacto com o mar, ou a fenómenos características dessa área. Normalmente, é restringido à faixa entremarés (mesolitoral), podendo incluir a zona Supralitoral (sempre emerso) e Infralitoral (sempre imerso).

LODO

Mistura de argila e/ou limo com água. O lodo litoral é a vasa mole.

MACARÉU

Onda que se forma nos estuários ou nas baías e golfos profundos devido ao encontro de duas correntes com sentidos opostos: a corrente de enchente com a corrente fluvial, ou a corrente de enchente com a de vazante (quando há atraso da maré). Toma o aspecto de uma crista de onda em rebentação permanente.

MARÉ

Onda de oscilação com fraca amplitude e grande comprimento que se forma no alto mar devido à atracção luni-solar sobre a superfície das águas. Junto à costa essa onda modifica-se, prolongando-se por ondas de translacção que dão origem a duas correntes (correntes de maré): a Enchente, cujo máximo é chamado de Preia-Mar ou Maré Cheia; e a Vazante que escoia a água acumulada junto à costa pela Preia-Mar e que atinge o nível mais baixo na Baixa-Mar ou Maré Vazia.

Por ser uma onda, a Maré caracteriza-se por alguns parâmetros:

— Amplitude da Maré: semidiferença dos níveis atingidos entre a Preia-Mar e a Baixa-Mar que se lhe segue.

— Coeficientes da Maré: razão entre a amplitude da maré num dado momento, e num dado local, e a amplitude média da maré nesse local.

— Período de Maré: tempo decorrido entre duas Preia-mares ou duas Baixa-Mares sucessivas, no mesmo lugar. Diz-se Diurno quando é de 24 horas; Semi-Diurno quando dura 12 horas; e Misto quando, em alguns momentos é de 24 horas e noutros de 12 horas.

— Maré Morta: ocorre durante as quadrantes lunares e caracteriza-se, para cada local, pelas amplitudes mínimas.

— Maré Viva: ocorre durante as Sízígias e caracteriza-se, para cada local, pelas amplitudes mais elevadas.

MASSA DE ÁGUA

Determinado volume de água que se individualiza da água circundante pelas suas características físicas (temperatura e salinidade) que lhe conferem densidade diferente.

NÉCTON

Grupo de animais marinhos que nadam movendo-se sob a sua própria força.

NÍVEL MÉDIO DAS ÁGUAS DO MAR

Nível correspondente, num dado lugar, à altura média da maré, em função do tempo, obtida a partir dos registos do marégrafo durante um longo

período de tempo. É o nível de referência utilizado para o cálculo da altitude.

ONDULAÇÃO

Deformação da superfície da água dos mares, oceanos, ou grandes lagos, devido à propagação das ondas.

PÂNTANOS MARINHOS (Salt Marshes)

Planície litoral que se desenvolve nas costas de acumulação argilo-limosa, apenas marinha ou fluvio-marinha, com depressões correspondentes a canais de maré abandonados e pequenas bossas com aspecto de domas. Desenvolvem-se ao nível das Preia-Mares de tempestade (ou um pouco acima) e são colonizados por vegetação de prado halófito.

PELÁGICO

Relativo à coluna de água. Uma espécie pelágica desloca-se na coluna de água (normalmente, desde as águas superficiais até profundidades médias).

PELITE

Rocha detrítica, solta ou coerente, formada por partículas de limo e argila.

pH

É a concentração de hidrogeniões de uma solução. Exprime-se numericamente pelo inverso do logaritmo da concentração de hidrogeniões (H^+) e varia entre 0 e 14 (as soluções com valores de pH entre 0 e 6 dizem-se ácidas; igual a 7 são neutras; e entre 8 e 14 são alcalinas).

PLÂNCTON

Conjunto de organismos de muito pequenas dimensões, aquáticos e passivamente flutuantes (ou com sistemas de deslocação com fraca capacidade). Distingue-se o Zooplâncton (animal) do Fitoplâncton (vegetal).

PRAIA

Tipo de costa baixa com estrão constituído por materiais detríticos terrígenos, arenosos, areno-siltosos e grosseiros (calhaus e blocos). As praias arenosas são as mais frequentes.

PROXIMAL

Localizado mais próximo do ponto ao qual se liga (na extremidade inicial).

PSAMÓFILA (ou Psamófito)

Vegetação (ou qualquer ser vivo) que vive num solo ou num ambiente arenoso.

QUATERNÁRIO

Última era da história geocronológica, iniciada há 1,6 milhões de anos. Divide-se em dois sistemas geológicos: o Plistocénico e o Holocénico (actual).

QUEBRA-MAR

Obra de engenharia costeira que consiste na construção de um molhe para proteger a costa dos efeitos da ondulação e das correntes litorais (pode estar submerso).

RIA

Reentrância do traçado da costa, longa, estreita e ramificada. A ria resultou da submersão do sector terminal da rede hidrográfica de uma bacia fluvial.

SALINA

Reservatório artificial com diques e pequenas comportas (greiros) construídos no espraído (Schorre) para produção de sal marinho.

SAPAL (ou Salgado)

Ecosistema característico da parte mais alta do espraído, ocupando o espaço entre os níveis da Baixa-Mar de águas mortas e da Preia-Mar de águas vivas. É um ecossistema anfíbio, com solos vasosos ou siltosos, salgados, colonizados por vegetação herbácea halo-helófito.

SCHORRE (Salgadiço ou Plataforma de Preia-Mar)

Parte do espraído pelítico que fica a descoberto nas Preia-Mares mortas e coberta durante as Preia-Mares vivas e as tempestades, apresentando-se como uma plataforma de vasa consolidada revestida por um solo halo-hidromorfo.

SIZÍGIA

Oposição ou conjunção da Lua com o Sol.

SLIKKE

Parte mais baixa do espriado pelítico, inundada em todas as Preia-mares mortas e descoberta nas Baixa-Mares. É uma plataforma muito pouco inclinada, construída por vasa mole, onde se inserem os canais de maré que, por vezes, têm material arenoso no fundo.

SOBREELEVAÇÃO METEOROLÓGICA (Storm Surge)

Elevação do nível do mar devido à existência de Baixa Pressão meteorológica. Em média, cada milibar (mb) que a pressão diminui possibilita a subida de 1 centímetro (cm) no nível do mar, o que releva a importância que as tempestades oceânicas têm para as zonas litorais e costeiras, sobretudo quando ocorrem em situações de marés vivas equinociais.

SOTAMAR

Direcção para onde segue a carga sedimentar transportada pela deriva litoral e pela ondulação dominantes.

SUBSIDÊNCIA

Abaixamento lento do fundo das bacias sedimentares.

TURVAÇÃO

Quantidade de materiais em suspensão na água, expressa em g/m^3 .

VASA

Sedimento muito fino, formado por partículas pelíticas de materiais argilosos, ferro, manganésio, carbonato de cálcio e matéria orgânica. Formam-se nos estuários, deltas e pântanos marinhos.

ZERO HIDROGRÁFICO (ZH)

É a superfície de referência das cartas hidrográficas. É referido ao nível médio do mar, ficando abaixo do nível da maré mais baixa. Em Portugal, fica 2 metros abaixo do nível médio do mar (referência a Cascais).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABECASIS, Fernando (1997) - Caracterização geral geomorfológica e aluvionar da costa continental portuguesa. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 9-24.
- ACABADO, Gabriela (1998) - Aproveitamento hidráulico do Mondego. Situação actual. Impactes ambientais. Modelos de gestão. Revista Sociedade e Território, nº 27, pp. 106-121.
- ALMEIDA, A. C.; SOARES, A. F.; CUNHA, L. & MARQUES, J. F. (1990) - Proémio ao estudo do Baixo Mondego. Biblos, Vol. LXVI, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 47 p.
- ALMEIDA, A. Campar de (1991) - Dunas de Quiaios: conjugação de morfologias e de gerações. In: A zona costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 65-73.
- ALMEIDA, A. Campar de (1995) - Dunas de Quiaios, Gândara e Serra da Boa Viagem - uma abordagem ecológica da paisagem (Tese de Doutoramento). Coimbra, 305 p.
- ALMEIDA, A. Campar de (1996) - As dunas de Quiaios e o risco de incêndio. Uma breve reflexão. In: Revista territorium nº 3, Minerva, Coimbra, pp. 11-14.
- ALMEIDA, A. Campar de (1997). As dunas de Quiaios: estado e perspectivas. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 469-472.

- ALMEIDA, A. Campar de (1997) - Geomorfologia das Serras da Boa Viagem e Alhadas. In: Seminário O Baixo Mondego. FCTUC, FLUC, Coimbra, pp. 51-60.
- ALMEIDA, P. A. Paraíso de (1998) - Atractividade industrial entre o Douro e o Tejo. In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Universidade Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 14 p.
- ALVES, J. M.; ESPÍRITO SANTO, M. D.; COSTA, J. C.; GONÇALVES, J. H. & LOUSÃ, M. F. (1998) - Habitats naturais e seminaturais de Portugal Continental. ICN - Instituto de Conservação da Natureza, 167 p.
- AMADO, Ana (1997) - Contributos para uma discussão sobre o litoral. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 97-112.
- ANDRADE, C. (1996) - Barreiras Litorais. In: Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast-Portugal/Unversidade de Aveiro (Resumo), 1 p.
- ANDRÉ, J. N.; REBELO, F. & CUNHA, P. P. (1997) - Evolução da morfologia dunar entre o rio Mondego e S. Pedro de Moel. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 503-523.
- ÂNGELO, Carlos (1991) - Taxas de variação do litoral oeste: uma avaliação temporal e espacial. In: A Zona Costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 109-120.
- ANTUNES, P.; SANTOS, R.; JORDÃO, L.; MARTINHO, S.; VIDEIRA, N. & PIRES, P. (1997) - Métodos de avaliação espacial e económica de impactes e de decisão multicritério para gestão integrada de zonas costeiras: conceptualização e aplicação a um caso de estudo da costa sudoeste. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Eng. da Univers. do Porto, pp. 247-264.
- BAETEMAN, Cecile (1998) - Factors Controlling the depositional history of estuarine infill during the Holocene. In: 1º Simpósio

- Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, 2 p.
- BARNABÉ, Gilbert (1996) - Bases fisiologiques et écologiques de l'aquaculture. Technique et Documentation - Lavoisier, Paris, 507 p.
- BARROCO, A.; COUTINHO, M.; GUEDES, A. & ROQUE, F. (1999) - Plano de ordenamento da orla costeira Ovar/Marinha Grande. In: 3º Seminário sobre a zona costeira de Portugal (os Planos de Ordenamento da Orla Costeira). Eurocoast, Porto, 12 p.
- BARROS, J. da Cunha (1998) - A redescoberta do prazer através do turismo. A sustentabilidade turística na Bacia do Mondego. In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Univers. Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 9 p.
- BARROSA, Rui P. C. (1995) - O planeamento e as novas tecnologias de informação. In: Ambiente, Ordenamento, Gestão do Território e Sistemas de Informação Geográfica (Seminário). PROGEO. Lisboa, pp. 103-113.
- BETTENCOURT, Pedro (1997) - Notas para uma estratégia de gestão da orla costeira. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 265-283.
- BETTENCOURT, P.; VASCONCELOS, P. & VILLA, H. (1996) - Revitalização e recuperação ambiental de lagunas costeiras e barreiras litorais. In: Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast-Portugal/ Universidade de Aveiro (Resumo), 3 p.
- BIBLIOTECA Municipal da Figueira da Foz (1986) - O porto da Figueira da Foz: ontem, hoje, amanhã (colectânea de textos). Figueira da Foz, pp. 3-52.
- BLANC, J. Joseph (1982) - Sédimentation des marges continentales. Masson, Paris, pp. 48-60.
- BORGES, J. P. Aboim (1991) - Figueira da Foz. Ed. Presença, Lisboa, 86 p.
- BORREGO, Carlos (1994) - Sustainable development of coastal zones: Why is it important?. In: Litoral 94, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal, Lisbon, pp. 11-23.
- BORREGO, Carlos (1996) - Desenvolvimento sustentável da Ria de Aveiro: necessidade de uma abordagem quantitativa. In:

- Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast-Portugal/Universidade de Aveiro (Resumo), 5 p.
- BURDLOFF, D.; GASPARINI, S.; VILLATE, F.; ETCHEBER, H. & CASTEL, J. (1998) - Reponses biologiques du mesozooplankton au potentiel nutritif des particules en milieu estuarien: cas d'*Acartia biflosa*. In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre Processos Estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, pp. 6-9.
- BURROUGHS, Richard H. (1996) - A policy orientation toward estuarine shores. In: *Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations*. Wiley, England, pp. 435-448.
- CABRAL, Natércia R. (1990) - Faixa litoral e Domínio Público Marítimo: normativa e intervenções. In: *Revista de Estudos Urbanos e Regionais*, nº 12, Porto, pp. 50-59.
- CAÇÃO, Idalécio (1998) - Património histórico-cultural da Bacia do Mondego: os moinhos, passado e presente. In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Universidade Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 9 p.
- CARMO, J. S. Antunes do (1998) - Princípios orientadores da política do ambiente e dos recursos hídricos. In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Universidade Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 9 p.
- CARVALHO, Armando de (1992) - Património Natural do Baixo Mondego: Situação e Perspectiva. In: *Baixo Mondego, Região e Património* (1º congresso do Baixo Mondego). Coimbra, pp. 123-127.
- CARVALHO, G. Soares de (1991) - Cooperação interdisciplinar, uma necessidade para o futuro da zona costeira e dos seus recursos naturais. In: *A Zona Costeira e os problemas ambientais*, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 18-28.
- CARVALHO, G. S. & GRANJA, H. M. (1997) - Realismo e pragmatismo: uma necessidade para o aproveitamento dos recursos naturais da zona costeira (o exemplo da zona costeira do noroeste de Portugal). In: *Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal*. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 25-66.
- CARVALHO, R.; PRIOR, V. & LAMELAS, M. H. (1991) - Vento forte nas regiões costeiras de Portugal: frequência, duração e suas causas.

- In: A zona costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 184-210.
- CASTRO, A. M. Simões de (1879) - Notícia sobre a Ilha da Morraceira. In: Almanach da Praia da Figueira. Figueira da Foz, p. 68.
- CASTRO, P. & FREITAS, M. H. (1998) - *Spartina maritima* contribution to the nitrogen cycle in the Mondego estuary (Portugal). In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre Processos Estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, p. 11.
- CEDRU/Associação de Municípios do Baixo Mondego e Gândaras (1993) - Programa de Desenvolvimento Turístico do Baixo Mondego e Gândaras. Relatório Final, Volume 2, Território e Recursos Turísticos, 143 p.
- COELHO, Maria H. da C. (1983) - O Baixo Mondego nos finais da Idade Média (Tese de Doutoramento), Volume I. Coimbra, pp. 255-269.
- COIMBRA, Armando (1935) - A barra da Figueira. Influência do homem na Geografia Física. In: Album Figueirense (junho), pp. 16-19.
- CONDESSA, Beatriz (1995) - Os sistemas de Informação geográfica na Gestão de PDM. In: Ambiente, Ordenamento, Gestão do Território e Sistemas de Informação Geográfica (Seminário). PROGEO. Lisboa, pp. 15-23.
- CONSULMAR, Hidroprojecto, Hidroquatro (1991) - Regularização da Zona Estuarina de Transição entre o Porto da Figueira da Foz e o troço terminal de regularização do Baixo Mondego (Estudo de Impacte Ambiental). Direcção Geral de Portos, Lisboa.
- CORNEILLE, Serge (1997) - La Piscicultura Marina en Europa. Revista Trouw Informa, Outono de 1997, Burgos, pp. 4-5.
- COSTA, A. F. Rodrigues (1998) - O Turismo na Bacia do Mondego. Uma experiência, um contributo. In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Universidade Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 8 p.
- COSTA, Carrington da (1945) - Notícia Histórica e Geológica e Notícia Geológica. In: Guia de Portugal, III Volume-Beira Litoral. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, pp. 100-101 e 102-103.
- CRISTO, F. Peixinho (1998) - Águas subterrâneas no Baixo Mondego. Revista Sociedade e Território, nº 27, pp. 36-46.

- CUNHA, Lúcio (1997) - Recursos turísticos no espaço do Baixo Mondego. In: Seminário O Baixo Mondego. FCTUC, FLUC, Coimbra, pp. 85-103.
- CUNHA, M. A.; ALMEIDA, M. A. & ALCÂNTARA, F. (1998) - Processos microbianos de degradação e reciclagem de matéria orgânica na Ria de Aveiro. In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, pp. 139-142.
- CUNHA, P. P.; FREITAS, H.; MARQUES, J. C.; DINIS, J. & CAETANO, P. (1997) - A protecção e gestão de áreas estuarinas - importância da ilha da Morraceira e do sub-sistema estuarino do Pranto (Estuário do Mondego, Portugal). In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 473-488.
- CUNHA, P. P.; PINTO, J. & DINIS, J. L. (1995) - Unidades Fisográficas e modificações recentes no estuário do Mondego, por análise de cobertura de fotografia aérea. In: Memórias nº 4 (4º congresso Nacional de Geologia), Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pp. 405-409.
- CUNHA, P. P.; DINIS, J. L. (1995) - Evolução holocénica do estuário do rio Mondego (Portugal) - Controlos naturais e antrópicos. In: Reunión monográfica sobre el cambio de la costa (los sistemas de rias), Universidade de Vigo, pp. 39-43.
- CUNHA, P. P.; PINTO, J. & DINIS, J. L. (1996) - Evolução da Fisografia e ocupação antrópica na área estuarina do rio Mondego e região envolvente (Portugal centro-oeste), desde 1947. In: Territorium, Revista de Geografia Física, Minerva, Coimbra, pp. 99-124.
- CUNHA, P. Proença (1997) - Evolução recente e riscos geológicos costeiros da área estuarina do rio Mondego e região envolvente. In: IV Encontro sobre riscos naturais urbanos, Instituto de Estudos Geográficos da F.L.U.C., Coimbra, pp. 1-4.
- CUNHA, P. P.; DINIS, J. L. & REIS, R. P. (1997) - Avaliação das modificações antrópicas actuais nos sub-ambientes sedimentares do Estuário do Mondego (Projecto PEAM/C/243/93). Instituto do Mar e Departamento de Ciências da Terra da F.C.T.U.C., Coimbra, 152 p.

- CUNHA, P. P.; SILVA, A. F.; ANDRÉ, J. N. & CABRAL, M. C. (1997) - Considerações sobre a evolução actual do litoral entre a Figueira da Foz e a Nazaré. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 489-502.
- DAVEAU, Suzanne (1976) - O ambiente geográfico natural. I.N.C.M., Lisboa, pp. 92-101.
- DAVIES, J. L. (1980) - Geographical Variation in Coastal Development. Second Edition, Longman, London, 212 p.
- DINIS, Jorge L. & CUNHA, P. P. (1997) - Impactes antrópicos recentes no sistema sedimentar do Estuário do Mondego (Portugal Central). Revista Sociedade e Território, nº 27, pp. 47-61.
- DIONÍSIO, Sant'Anna (1945) - A Morraceira. In: Guia de Portugal, III Volume-Beira Litoral. Fundação Cal. Gulbenkian, Lisboa, pp. 108-112.
- DIONÍSIO, Sant'Anna (1945) - O Mondego e os Campos de Coimbra e Montemor. In: Guia de Portugal, III Volume-Beira Litoral. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, pp. 152-155.
- DOODY, J. P. (1996) - Management and use of dynamic estuarine shorelines. In: Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations. Wiley, England, pp. 421-434.
- DUARTE, D. N. R.; BOSKI, T.; REIS, R. P. & DIAS, J. M. (1998) - Resultados preliminares relativos ao transporte sedimentar de fundo no estuário do Rio Mondego, no sector próximo da estação elevatória do Rio Foja (Portugal). In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Univers. do Algarve, Faro, pp. 110-111.
- DUARTE, D. N.; REIS, R. P. & DINIS, J. M. L. (1991) - Distribuição dos minerais de argila em sedimentos actuais do estuário do Mondego. In: A Zona Costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast (policopiado), 2 p.
- DUVIGNEAUD, Paul (1974) - La Synthèse Écologique. Doin Éd., Paris, 339 p.
- FERREIRA, A. de Brum (1993) - Geomorfologia e Ambiente. Contributo metodológico. In: Estudos de Geografia Física e Ambiente, Relatório nº 32, C.E.G., Lisboa, pp. 3-10.
- FIDALGO, M. Leonor (1996) - Biocaracterização e conservação das lagunas costeiras. In: Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas

- barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast-Portugal/Unvers. de Aveiro (Resumo), 2 p.
- FIGUEIRA, P. M. Leal (1991) - A gestão da zona costeira. In: A Zona Costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 211-219.
- FIGUEIRA, P. M. Leal (1997) - Como vai ser gerida a zona costeira portuguesa?. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Eng. da Univ. do Porto, pp. 285-294.
- FONSECA, J. Ribeiro da (1998) - Impactes ambientais do aproveitamento do Baixo Mondego. Recuperação ambiental da rede hidrográfica. Revista Sociedade e Território, nº 27, pp. 71-77.
- FONSECA, Mark S. (1996) - The role of seagrasses in nearshore sedimentary processes: a review. In: Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations. Wiley, England, pp. 261-286.
- FONTOURA, A. Paulo (1991) - Proposta de valorização dos recursos zoológicos da faixa costeira de Mira a Quaias. In: A Zona Costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 121-132.
- GAMA, C. M.; TABORDA, R. & DIAS, J. M. (1997) - Sobreelevação do nível do mar de origem meteorológica ("Storm Surge"), em Portugal continental. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 131-150.
- GAMITO, S.; LOCK, K. & PIRES, A. (1998) - Produção da macrofauna bentónica de reservatórios de água de salinas e de uma piscicultura da Ria Formosa (Portugal). In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre Processos Estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, p. 20.
- GARNIEL, Annick & MIERWALD, Ulrich (1996) - Changes in the morphology and vegetation along the human-altered shoreline of the Lower Elbe. In: Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations. Wiley, England, pp. 375-396.
- GOMES, F. Veloso (1996) - Alterações na zona costeira e impactes nas lagunas costeiras. In: Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast-Portugal/Unvers. de Aveiro (Resumo), 3 p.

- GOMES, F. Veloso & PINTO, F. Taveira (1994) - Urban expansion in high risk northwest coastal areas of Portugal. In: *Litoral 94*, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal, Lisbon, pp. 981-996.
- GOMES, F. Veloso & PINTO, F. Taveira (CCRC-PROT-CL, 1995) - Evolução fisiográfica da Faixa Costeira da Região Centro. Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro Litoral, 98 p.
- GOMES, F. Veloso & PINTO, F. Taveira (1997) - A opção "Protecção" para a costa oeste portuguesa. In: *Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal*. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 163-190.
- G.F.A.N.C. (German Federal Agency for Nature Conservation, 1997) - Biodiversity and Tourism. Conflicts on the World's Seacosts and Strategies for Their solution. Springer, Berlin-Heidelberg, 343 p.
- GRANJA, Helena M. & CARVALHO, G. Soares (1993) - As datações pelo radiocarbono e o Pleistocénico-Holocénico da zona costeira do NW de Portugal. In: *3ª Reunião do Quaternário Ibérico (Separata)*, Coimbra, pp. 383-393.
- GRANJA, Helena M.; GOMES, Pedro & CARVALHO, G. Soares (1995) - Coastal conservation and protection in NW Portugal. In: *4th EUCC Congress, Marathon*, 1993, 14 p.
- GRANJA, Helena M. & CARVALHO, G. Soares (1995) - Is the Coastline "protection" of Portugal by hard engineering structures effective?. In: *Journal of Coastal Research, Florida*, pp. 1229-1241.
- GRANJA, Helena M. & CARVALHO, G. Soares (1995) - Sea-level changes during the Pleistocene-Holocene in the NW coastal zone of Portugal. In: *Terra Research, Blackwell Science, Terra Nova*, pp. 60-67.
- GUERREIRO, V.; BETTENCOURT, P. & SANTOS, A. (1998) - Avaliação de impactes ambientais em sistemas estuarinos: revisão de estudos de caso nos estuários do Sado, Mira e Ria Formosa. In: *1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES)*, Universidade do Algarve, Faro, pp. 151-156.
- HESPANHA, Pedro (1998) - Dinâmicas sócio-económicas e utilização dos recursos no Baixo-Mondego. *Revista Sociedade e Território*, nº 27, pp. 78-89.
- HOWES, B. L.; WEISKEL, P. K.; GOEHRINGER, D. D. & TEAL, M.T. (1996) - Interception of freshwater and nitrogen transport from upland

- to coastal waters: the role of saltmarshes. In: *Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations*. Wiley, England, pp. 287-310.
- J.A.P.F.F. (Junta Autónoma do Porto da Figueira da Foz, 1997) - Porto da Figueira da Foz (caracterização). Figueira da Foz, 52 p.
- LAPA, M. R. & MENDES, D. P. (1997) - Os recursos naturais não metálicos da região do Baixo Mondego. In: *Seminário O Baixo Mondego*. FCTUC, FLUC, Coimbra, pp. 61-84.
- LIMA, J. L. Pedroso de (1998) - Rede de enxugo do Baixo Mondego. In: *1º Congresso da Bacia do Mondego, Univers. Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação)*, 8 p.
- LOBO, Fernando G.; BARRUNCHO, Luis M. F. (1995) - Os SIG na gestão de recursos Ambientais: sistemas de gestão de águas subterrâneas. In: *Ambiente, Ordenamento, Gestão do Território e Sistemas de Informação Geográfica (Seminário)*. PROGEO, Lisboa, pp. 25-31.
- LOPES, A. Simões (1979) - *Desenvolvimento Regional. Problemática, Teoria, Modelos*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, pp. 139-153.
- LOPES, Luis A. Dias (1955) - *Inquérito à Indústria do Sal. Volume III: O Salgado da Figueira da Foz*. Comissão Reguladora dos Produtos Químicos e Farmacêuticos, Lisboa.
- LOURENÇO, L.; NUNES, A. & REBELO, F. (1994) - Os grandes incêndios florestais registados em 1993 na fachada costeira ocidental de Portugal Continental. In: *Revista Territorium nº 1*, Minerva, Coimbra, pp. 43-61.
- MAGALHÃES, I.; SANTOS, J.; ANDRADE, S. & ESTEVES, R. (1998) - Sistemas Culturais para o Baixo Mondego. Estudo e comparação de novos sistemas alternativos aos tradicionais. *Revista Sociedade e Território*, nº 27, pp. 90-97.
- MALTEZ, A. C. Santos & COELHO, C. O. Alves (1991) - A revalorização turística dos recursos naturais do litoral - um caso de estudo. In: *A Zona Costeira e os problemas ambientais*, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 133-148.
- MARIANO, Emília; SILVA, M. Dias (1992) - O Encanamento do Mondego num documento de 1800. In: *Baixo Mondego, Região e Património (1º Congresso do Baixo Mondego)*. Coimbra, pp. 131-141.

- MARQUES, J. F. (1997) - O significado dos depósitos quaternários do Baixo Mondego. Uma retrospectiva. In: Seminário O Baixo Mondego. FCTUC, FLUC, Coimbra, pp. 21-39.
- MARQUES, R.; VALÉRIO, P. & ARAÚJO, F. (1998) - Avaliação da contaminação por cobre, zinco e chumbo em sedimentos dos rios Minho, Lima, Cávado, Ave e Douro. In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Univ. do Algarve, Faro, pp. 159-162.
- MARSON, Anna (1994) - Planning the coastal zone: a case study of special programs in Italy. In: Litoral 94, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal, Lisbon, pp. 743-752.
- MARTINS, Alfredo F. (1940) - O esforço do homem na bacia do Mondego. Universidade de Coimbra, 299 p.
- MARTINS, F. & ALVES, F. (1996) - Voltar ao tempo do meu avô: o sal, o moliço, os esteiros. In: Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast/Univ. de Aveiro, 4 p.
- MATHEWS, C. K. & HOLDE, K. E. van (1990) - Biochemistry. Benjamin/Cummings, Redwood, California, pp. 670-675.
- MENDES, José F. G. (1994) - Sistemas de Informação para o Planeamento Urbanístico. Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, 189 p.
- M.E.P.A.T. (Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território, 1997) - Política marítimo-portuária rumo ao século XXI. Livro Branco. Lisboa, 279 p.
- M.E.P.A.T. (1997) - Porto da Figueira da Foz, Projecto multimodal Lisboa, 9 p.
- M.E.P.A.T./C.C.R.C. (1997) - Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro Litoral (PROT-CL).
- MEUR-FEREC, Catherine (1994) - Les politiques de protection des espaces naturels littoraux en France et en Angleterre-Pays de Galles. In: Litoral 94, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal, Lisbon, pp. 765-779.
- MOREIRA, M. E. Albergaria (1984) - Glossário dos termos usados em geomorfologia litoral. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 166 p.
- MOREIRA, M. E. Albergaria (1987) - Estudo fitogeográfico do ecossistema de sapal do estuário do Sado. Finisterra, XXII, 44, CEG, Lisboa, pp. 247-296.

- MOREIRA, M. E. Albergaria (1991) - A dinâmica dos Estuários na Faixa entre-marés (o exemplo do estuário do Sado). In: A Zona Costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast (policop.), 1 p.
- MOREIRA, M. Helena (1996) - Um olhar sobre as lagunas costeiras portuguesas: usos e recursos. In: Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast-Portugal/Universidade de Aveiro (Resumo), 4 p.
- MOUSSIS, Nicolas (1985) - As políticas da Comunidade Económica Europeia. Almedina, Coimbra, pp. 279-345.
- M.P.A.T. (Ministério do Planeamento e da Admin. do Território, 1988) - Relatório do Estado do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 203 p.
- M.P.A.T. (Ministério do Planeamento e da Administração do Território, 1995) - Sistema de transportes: esboço de propostas. Plano Regional de Ordenamento do território do Centro Litoral, 39 p.
- M.P.A.T. (Ministério do Planeamento e da Administração do Território, 1995) - Sistema de transportes: síntese de caracterização. Plano Regional de Ordenamento do território do Centro Litoral, 45 p.
- M.P.A.T. (Ministério do Planeamento e da Administração do Território, 1995) - Transportes marítimos e portos. Plano Reg. de Ordenamento do território do Centro Litoral, 29 p.
- MUCHA, A. P.; BORDALO, A. A. & VASCONCELOS, T. V. (1998) - Dinâmica zoobentónica no estuário do Rio Douro - relação com gradientes de contaminação. In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre Processos Estuarinos (SIPRES), Univers. do Algarve, Faro, pp. 30-32.
- NEVES, R. & RUFINO, R. (1995) - Importância ornitológica das salinas; o caso particular do Estuário do Sado. Instituto de Conservação da Natureza.
- 304 NOGUEIRA, M.; CABEÇADAS, G. & BROGUEIRA, M. J. (1998) - Changes in sedimentary structure of Alcacer channel (Sado Estuary) - indications of eutrophication. In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, pp. 163-164.
- NOGUEIRA, R. de Sá (1935) - Subsídios para o Estudo da Linguagem das Salinas. Separata de A Língua Portuguesa, Vol. IV. Lisboa.

- NORDSTROM, K. F. & ROMAN, C. T. (1996) - Environments, processes and interactions of estuarine shores. In: *Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations*. Wiley, England, pp. 1-12.
- NORDSTROM, K. F. & ROMAN, C. T. (1996) - Emerging research needs related to interactions on estuarine shores. In: *Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations*. Wiley, England, pp. 469-479.
- NOWELL, David (1994) - Aquaculture and coastal zone management: environmental impacts and pollution control. In: *Litoral 94, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal*, Lisbon, pp. 781-788.
- OAKES, T. A. (1994) - The role of regional coastal groups in planning coastal defence. In: *Litoral 94, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal*, Lisbon, pp. 63-76.
- O.C.D.E. (Organisation de Coopération et Développement Économiques, 1993) - *Gestion des Zones Côtières. Politiques Intégrées* Paris, 147p.
- OLIVEIRA, A.; BAPTISTA, A. M. & FORTUNATO, A. B. (1996) - Análise diagnóstica de tempos de residência em estuários. In: *Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast-Portugal/Universidade de Aveiro (Resumo)*, 2 p.
- OLIVEIRA, I. B. Mota (1997) - Proteger ou não proteger ou sobre a viabilidade de diferentes opções face à erosão da costa oeste portuguesa. In: *Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, pp. 205-228.
- OLIVEIRA, J. P.; GARCIA, F. & PEREIRA, M. L. (1998) - Impacto da poluição da Ria de Aveiro na histologia das brânquias do Robalo (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) proveniente de meio natural e de aquacultura. In: *1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES)*, Universidade do Algarve, Faro, pp. 165-167.
- PARDAL, M. A. & MARQUES, J. C. (1998) - Impacto das actividades humanas na qualidade ecológica do Estuário do Mondego. Possíveis soluções para o futuro. *Revista Sociedade e Território*, nº 27, pp. 62-70.

- PASKOFF, Roland (1985) - Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution. Collection Géographie, Masson, Paris, 189 p.
- PASKOFF, R. (1993) - Côtes en Danger. Pratiques de la Géographie, Masson, Paris, 250 p.
- PEREIRA, A. R.; BENTO, J.; GOMES, M. & CEREJEIRA, N. (1995) - Metodologias de avaliação da Reserva Ecológica Nacional (MAREN). In: Ambiente, Ordenamento, Gestão do Território e Sist. de Inf. Geográfica (Seminário). PROGEO. Lisboa, pp. 33-41.
- PESSOA, A. de Amorim (1879) - O salgado da Figueira. In: Almanach da Praia da Figueira. Figueira da Foz, pp. 256-258.
- PETTHICK, John S. (1996) - The geomorphology of mudflats. In: Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations. Wiley, England, pp. 185-211.
- PHILLIPS, Jonathan D. (1996) - Natural and legal shoreline buffers. In: Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations. Wiley, England, pp. 449-465.
- PILKEY, H. Orrin (1991) - Beaches or buildings: can they coexist in Portugal?. In: A Zona Costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 29-36.
- PIMENTEL, C. & COSTA, M. H. (1998) - Contaminação por metais pesados em salinas do estuário do Sado. In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, pp. 168-170.
- PINTO, J. M. Soares (1997) - Contributo para a recuperação ambiental das pedreiras norte e sul do Cabo Mondego. Tese de Mestrado, FCTUC, Centro de Geociências, Coimbra, 205 p.
- PINTO, Maurício & ESTEVES, Raimundo (1945) - Aspectos da Figueira da Foz. Comissão Municipal de Turismo da Figueira da Foz, 225 p.
- PREGO, R.; HERBELLO, P. & BARCIELA, M. C. (1998) - El plomo en las costas gallegas (NW de España): estado actual del tema. In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, pp. 171-174.
- QUIVY, R. & CAMPENHOUDT, L. V. (1988) - Manual de Investigação em Ciências Sociais. Gradiva (1992), Lisboa, 274 p.
- RAMALHO, M. de Magalhães (1997) - Contribuição para uma política de salvaguarda da faixa costeira portuguesa. In: Colectânea de

- Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 239-246.
- RAMOS, Carlos A. M. (1998) - Obra hidráulica e agrícola do Baixo Mondego. Obras de controlo de cheias extremas. Revista Sociedade e Território, nº 27, pp. 21-27.
- RAMOS, F. Silveira (1997) - Uma estratégia de intervenção na Linha de Costa. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Eng. da Univers. do Porto, pp. 151-162.
- RÉ, M.; CRUZ, M.; QUINTANEIRO, I.; RUA, J. & BORREGO, C. (1991) - Gestão de zonas costeiras numa perspectiva ambiental. In: A Zona Costeira e os problemas ambientais, Seminário. Universidade de Aveiro, Eurocoast, pp. 249-261.
- REBELO, Fernando (1995) - Hommes et érosion dans le centre et le nord du Portugal. Le cas du bassin du Mondego. In: Revista territorium nº 2, Minerva, Coimbra, pp. 5-10.
- REBELO, Fernando (1996) - Florestas e grandes incêndios florestais no mundo. In: Revista territorium nº 3, Minerva, Coimbra, pp. 5-10.
- REBELO, J. & FARIA, S. (1991) - Planeamento e Gestão do Território no Centro Litoral. In: A Zona Costeira e os problemas ambientais, Seminário. Univers. de Aveiro, Eurocoast, pp. 220-248.
- REIS, Idílio R. F. (1998) - A obra de fomento hidroagrícola. A implicação da estrutura fundiária na concepção e planeamento de redes secundárias. Revista Sociedade e Território, nº 27, pp. 28-35.
- RELVÃO, A. M. (1998) - A água na Bacia do Mondego: potencialidades e condicionantes. In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Universidade Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 16 p.
- RIBEIRO, Carlos T. (1995) - Análise do impacte da urbanização e uso do solo nos recursos hídricos por integração de um modelo hidrológico e GIS. In: Ambiente, Ordenamento, Gestão do Território e Sistemas de Informação Geográfica (Seminário). PROGEO. Lisboa, pp. 51-63.
- RIBEIRO, José Luis (1998) - Contributos para o ordenamento sustentável da ilha da Morraceira e áreas adjacentes (Estuário do Mondego). In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Universidade Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 7 p.

- RIBEIRO, José Luis (1998) - Um ordenamento que preserve a ilha da Morraceira (estuário do Mondego). In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Universidade do Algarve, Faro, pp. 179-182.
- RIBEIRO, José Luis (1998) - Que fazer da Morraceira? - Conhecer o território e intervir de forma integrada. In: 3º Ciclo de Colóquios da Assembleia Figueirense, Figueira da Foz (p/ publicação), 9 p.
- RIBEIRO, José Luis (1999) - Uma perspectiva sobre a problemática do ordenamento territorial do estuário do Mondego (estratégias de desenvolvimento integrado). Universidade de Coimbra, 329 p.
- RIBEIRO, José Luis (2000) - Ordenamento territorial do estuário do Mondego. Conflitos, riscos ambientais e estratégias de gestão integrada. In: Seminário "Perspectivas de gestão integrada de ambientes costeiros", Eurocoast/Dep. de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, 8 p.
- RISCO (1993) - Plano Director Municipal da Figueira da Foz.
- ROCHA, F. Tavares (1996) - A importância das argilas na análise das bacias sedimentares. In: Seminário sobre lagunas costeiras e ilhas barreira da zona costeira de Portugal. Eurocoast-Portugal/ Universidade de Aveiro (Resumo), 6 p.
- ROCHA, F. T.; DELGADO, H. & GOMES, C. (1997) - Evolução morfoclimática, durante o Quaternário, do litoral onde se situa a "Ria de Aveiro". In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Fac. de Eng. da Univ. do Porto, pp. 417-427.
- ROCHA, João S. (1998) - Reflexões sobre a regularização fluvial do rio Mondego. Intervenção do LNEC. Revista Sociedade e Território, nº 27, pp. 8-20.
- ROCHA, Rogério; MANUPPELLA, G.; MOUTERDE, R.; RUGET, C.; ZBYSZEWSKI, G. (1981) - Carta Geológica de Portugal. Notícia Explicativa da Folha 19-C (Figueira da Foz). D.G.G.M., Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- ROCHA, Romana & COSTA, J. Ribeiro (1995) - Aplicação dos SIG ao estudo sócio-económico e populacional da bacia do Guadiana In: Ambiente, Ordenamento, Gestão do Território e Sistemas de Informação Geográfica (Seminário). PROGEO. Lisboa, pp. 115-125.

- RODRIGUES, A. Carmona (1997) - A bacia do Rio Mondego - a caminho de uma gestão integrada. In: Seminário O Baixo Mondego. FCTUC, FLUC, Coimbra, pp. 125-129.
- SANTOS, Lusitano dos (1997) - Planeamento Regional e Urbano. Fac. de Ciências e Tecnologia da Univ. de Coimbra (policop.).
- SANTOS, M. J. Moreira dos (1998) - A Figueira da Foz e o Estuário do Mondego. Uma retrospectiva histórico-cultural. In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Universidade Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 15 p.
- SILVA, E. P.; COSTA, L. T.; FARINHA, J. C. & BRUXELAS, A. (1998) - A habitat description system for wetlands inventory and monitoring the estuarine system. In: 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES), Univ. do Algarve, Faro, pp. 183-185.
- SILVA, Francisco M. P. (1865) - Obras Públicas para o Melhoramento da Barra e Porto da Figueira (conjunto de plantas e projectos de obras do Séc. XIX). Imprensa Nacional, Lisboa.
- SILVA, Margarida C. (1997) - Caracterização ambiental de zonas costeiras e estuários. In: Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal. Eurocoast/Faculdade de Eng. da Univ. do Porto, pp. 87-96.
- SILVA, Maria C. V. R. (1968) - A actividade marítima do pescador de Buarcos. Tese de Licenciatura, Fac. de Letras da Univ. de Coimbra, 142 p.
- SIMÃO, A. J. Veiga (1997) - Centro de Informação e Divulgação do Baixo Mondego. In: Jornadas Baixo Mondego. Que futuro?. DRAC, IA, SERN, Coimbra (Resumos), 5 p.
- SIRGADO, Carlos (1993) - A Geografia Física nos Planos Directores Municipais. In: Estudos de Geografia Física e Ambiente, Relatório nº 32, C.E.G., Lisboa, pp. 47-55.
- SOARES, A. F. & GOMES, C. R. (1997) - A geologia do Baixo Mondego (organização do Mesozóico). In: Seminário O Baixo Mondego. FCTUC, FLUC, Coimbra, pp. 5-20.
- SOARES, A. F.; ALMEIDA, A. C. & DINIS, P. A. (1997) - A margem direita do Mondego e a geomorfologia da Serra da Boa Viagem (guia de visita). In: Seminário O Baixo Mondego. FCTUC, FLUC, Coimbra, pp. A1-A20.
- SOUSA, Rui M. S. & PINTO, José M. S. (1998) - O Cabo Mondego e a Serra da Boa Viagem. Locais privilegiados para a educação

- ambiental. In: 1º Congresso da Bacia do Mondego, Universidade Internacional da Figueira da Foz/CCRC (em publicação), 10 p.
- STEVENSON, J. C. & KEARNEY, M. S. (1996) - Shoreline dynamics on the windward and leeward shores of a large temperate estuary. In: *Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations*. Wiley, England, pp. 233-259.
- TEIXEIRA, António T. (1997) - A protecção do litoral. In: *Colectânea de ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*. Eurocoast/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 113-124.
- TOWNEND, I. H. & FLEMING, C. A. (1994) - Classification techniques for coastal interpretation. In: *Litoral 94, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal, Lisbon*, pp. 965-979.
- VELOSO, Fernando A. C. (1992) - O Baixo Mondego, seu Património Hídrico Subterrâneo. Preservação e protecção dos seus aquíferos e da água subterrânea que neles circula. In: *Baixo Mondego, Região e Património (1º Congresso do Baixo Mondego)*. Coimbra, pp. 67-98.
- VELOSO, Santos (1998) - Projecto do Baixo Mondego: um modelo participativo para o aproveitamento e gestão do empreendimento. *Revista Sociedade e Território*, nº 27, pp. 98-105.
- VICENTE, C. M. & PEREIRA, M. C. (1997) - Considerações sobre uma estratégia de defesa contra a erosão costeira em Portugal. In: *Colectânea de Ideias sobre a zona costeira de Portugal*. Eurocoast/Faculdade de Eng. da Univ. do Porto, pp. 125-134.
- VILA, A.; DIAS, J.; FERREIRA, Ó.; MATIAS, A. & LUÍS, J. (1998) - Evolução de uma barra artificial. In: *1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos (SIPRES)*, Univ. do Algarve, Faro, pp. 85-87.
- VILES, Heather & SPENCER, Tom (1995) - *Coastal Problems. geomorphology, Ecology and Society at the coast*. London, 350 p.
- YOUNG, Stephen W. & WEST, Martin S. (1994) - The development of strategic coastal management plans based on the use of numerical models in the appraisal of the physical processes. In: *Litoral 94, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal, Lisbon*, pp. 997-1010.
- ZENKOVICH, V. P. (1967) - *Processes of Coastal Development*. Oliver & Boyd, London, 738 p.

CARTOGRAFIA DE REFERÊNCIA
(apresentação por ordem cronológica):

- Planta da Figueira da Foz nos finais do Séc. XVII e princípios do Séc. VIII. Escala: 1/2.500 (reconstituição do Museu Municipal Dr. Santos Rocha).
- *Regna Portugaliae e Algarbiae cum adjacentibus Hispaniae Provincis*. G. Friderich L., 1762.
- Plantas do estado da Barra e Porto da Figueira e das obras para o seu melhoramento, de 1801 a 1860 (17 Plantas). Escala: 1/20.000. F. M. Pereira da Silva, 1861.
- Planta do Porto e Barra da Figueira da Foz. Escala: 1/10.000. F. M. Pereira da Silva, 1862.
- Plantas da Villa da Figueira da Foz, de 1865 e de 1871. Escala: 1/2.500 (Oferta de E. de Fernandes Thomaz à Câmara Municipal da Figueira).
- Planta Geral do Porto e Barra da Figueira da Foz. Escala: 1/25.000 (com indicação das obras projectadas para seu melhoramento). F. M. Pereira da Silva, 1881.
- Planta do Porto e Barra da Figueira da Foz. Escala: 1/10.000 (com indicação das obras projectadas para o seu melhoramento). F. M. Pereira da Silva, 1888.
- Carta Topográfica, Corográfica e Geológica das Serras de Buarcos e Verride - Pl I. Escala: 1/100.000. Paul Choffat, 1896 (impressão de 1914).
- Carta Geológica das Serras de Buarcos e Verride - Pl II. Escala: 1/25.000. Paul Choffat, 1896 (impressão de 1914).

- Carta do Plano Hidrográfico da Barra e Porto da Figueira da Foz. Escala: 1/10.000. Missão Hidrográfica da Costa de Portugal, 1915.
- Carta Corográfica de Portugal. Figueira da Foz (Folha 19-C, 1ª Prancheta). Escala: 1/50.000. Instituto Geográfico e Cadastral (revista em 1935).
- Carta Corográfica de Portugal. Figueira da Foz (Folha 19-C). Escala: 1/50.000. Instituto Geográfico e Cadastral, 1957.
- Carta de Portugal. Coimbra (Folha 19). Escala: 1/100.000. Instituto Geográfico e Cadastral, 1969.
- Carta Hidrogeológica de Portugal. Escala: 1/1.000.000. Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos. Instituto Geográfico e Cadastral, 1970.
- Carta Hidrográfica de Espinho ao Cabo Mondego. Escala: 1/150.000 (levantamentos efectuados pela Missão Hidrográfica da Costa de Portugal, 1914). Instituto Hidrográfico-Ministério da Marinha, 1970 (6ª Edição).
- Carta Hidrográfica do Cabo Mondego ao Cabo Carvoeiro. Escala: 1/150.000 (levantamentos efectuados pela Missão Hidrográfica da Costa de Portugal, 1915). Instituto Hidrográfico-Ministério da Marinha, 1970 (6ª Edição).
- Carta Geológica de Portugal. Figueira da Foz (Folha 19-C). Escala: 1/50.000. Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, 1976.
- Mapa Rodoviário do Concelho da Figueira da Foz. Escala: 1/25.000. Câmara Municipal da Figueira da Foz, 1982.
- Carta Militar de Portugal (Folha 239). Escala: 1/25.000. Serviços Cartográficos do Exército, 1983.
- Planta do Salgado da Figueira da Foz. Escala: 1/5.000. Junta Autónoma do Porto da Figueira da Foz (actualização de 1992).
- Planta de Enquadramento do PDM da Figueira da Foz. Escala: 1/400.000. Risco/Projectistas e Consultores de Design, SA, 1993.
- Planta de Ordenamento do PDM da Figueira da Foz. Escala: 1/25.000. Risco/Projectistas e Consultores de Design, SA, 1993.
- Plantas de Condicionantes do PDM da Figueira da Foz (Serviços Administrativos e Restrições de Utilidade Pública). Escala: 1/25.000. Risco/Projectistas e Consultores de Design, SA, 1993.
- Plantas de Condicionantes do PDM da Figueira da Foz (Reserva Ecológica Nacional e Reserva Agrícola nacional). Escala: 1/25.000. Risco/Projectistas e Consultores de Design, SA, 1993.
- Planta dos espaços periurbanos do PDM da Figueira da Foz. Escala: 1/5.000. Risco/Projectistas e Consultores de Design, SA, 1993.

- Carta de Ocupação Cultural do Solo Baixo Mondego, em 1987. Escala: 1/120.000. Instituto de Engenharia Rural e Ambiente, 1997.
- Carta de Aproveitamento Hidráulico do Baixo Mondego. Escala: 1/120.000. Instituto de Engenharia Rural e Ambiente, 1997.
- Cartas Agrícolas de S. Silvestre e de Alfarelos - ocupação cultural. Escala: 1/16.000. Instituto de Engenharia Rural e Ambiente, 1997.
- Carta de Ordenamento do Plano Regional de Ordenamento do Território Centro Litoral. Escala: 1/100.000. Comissão de Coordenação da Região Centro, 1997.
- Cartas do Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro Litoral. Escala: 1/500.000 (Cartas de Ordenamento, Rede Rodoviária, Saneamento Básico, Infraestruturas, Altimetria e Hidrografia, Património Arquitectónico, Regimes Florestais e Áreas Naturais, Carta Geológica, Áreas Urbanas, Urbanizáveis e Industriais e Reserva Agrícola Nacional). Comissão de Coordenação da Região Centro, 1997.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Factores cujas acções, interacções e retroacções se manifestam nos meios costeiros (de acordo com O. Pilkey, 1989, in R. Paskoff, 1993).....	11
Figura 2: Abordagem sistémica da gestão integrada do território (análise multi e interdisciplinar) na definição de objectivos e estratégias de desenvolvimento e de ordenamento.....	11
Figura 3: Fronteiras submarinas entre o continente emerso e a bacia oceânica: margem continental, plataforma continental e zona costeira (adaptado de J. Blanc, 1982).....	13
Figura 4: Absorção de diferentes radiações solares nas águas oceânicas (adaptado de G. Barnabé, 1996).....	18
Figura 5: Taxas de saturação de oxigénio, em função da salinidade e da temperatura (de acordo com G. Barnabé, 1996).....	19
Figura 6: Fenómenos em jogo nas variações a longo prazo do nível do mar (adaptado de R. Paskoff, 1985).....	20
Figura 7: Ilustração do "Princípio de Bruun": elevação do nível do mar, erosão de uma praia e deposição proporcional na ante-praia (adaptado de R. Paskoff, 1985).....	23
Figura 8: Interacções com maior impacto na dinâmica costeira. Condicionantes a ter em conta na ocupação e uso do território.....	24
Figura 9: Alguns dos principais factores a considerar na variação do nível do mar holocénico.....	27
Figura 10: Variações comparativas do nível do mar (adaptado de R. Paskoff, 1993).....	31

Figura 11: Resposta do sapal a uma elevação do nível do mar (adaptado de R. Paskoff, 1993).....	35
Figura 12: Exemplo de sistema mareal e variação mareal costeira associada, na costa Este do Reino Unido (adaptado de H. Viles & T. Spencer, 1995).....	41
Figura 13: Dissimetria da onda de maré, localização do ponto nodal e do corpo vasoso e circulação residual num estuário de cunha salina. Adaptado de Castaing & Allen (1981), in R. Paskoff (1985).....	43
Figura 14: Evolução do corpo vasoso, intrusão salina, circulação residual e creme de vasa. Adaptado de R. Paskoff (1985), de acordo com Allen (1973 e 1980).....	49
Figura 15: Modelo conceptual das zonas de dispersão e percursos num estuário hipotético (adaptado de H. Viles & T. Spencer, 1995).....	51
Figura 16: As principais unidades do sapal (adaptado de M. Moreira, 1984).....	52
Figura 17: Algumas características de <i>habitat</i> dos sistemas de terras húmidas (modificado de E. Silva et al., 1998).....	59
Figura 18: Esboço da morfologia dunar e da vegetação típica na costa centro-oeste de Portugal.....	60
Figura 19: Interações físico-químicas num ecossistema aquático, segundo Meade (1989), in G. Barnabé (1996).....	64
Figura 20: Relações entre o metabolismo inorgânico (preto) e orgânico (cinzento) do nitrogénio. A interconversão de azoto, nitrato e amónia está limitada na biosfera, mas têm-se mantido os seus níveis de equilíbrio (adaptado de C. Mathews & K. Holde, 1990).....	65
Figura 21: Efeitos de uma construção à beira-mar sobre a conservação da praia (adaptado de R. Paskoff, 1985).....	74
Figura 22: Sector da carta " <i>Regna Portugaliae e Algarbiae cum Adjacentibus Hispaniae Provinciae</i> " (1762). Apesar do exagero normal da cartografia da época, o estuário do Mondego surge como um "vasto mar interior" que se prolonga até Montemor-o-Velho.....	81
Figura 23: Rede hidrográfica fundamental do Baixo Mondego.....	85
Figura 24: Esboço litostratigráfico adaptado da carta Geológica de Portugal, Folha 19-C (escala de 1:50.000), da Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos (1976) e de A. Campar de Almeida et al. (1990).....	88
Figura 25: Reconstituições paleogeográficas em tempos relativos aos depósitos de Ameal-Santo Varão (A) e Tentúgal-Gabrielos (B), de acordo com A. Soares et al. (1989).....	93

Figura 26: Hidrodinâmica e sedimentação nos sub-sistemas do Mondego, de acordo com Duarte <i>et al.</i> (1991) e P. Cunha <i>et al.</i> (1997), em sectores definidos por estes últimos.....	99
Figura 27: Gráfico termo-pluviométrico da Figueira da Foz sobrepondo dados de três fontes temporais distintas (A. Martins, 1940; INMG, 1988; DRARNC, 1997).....	103
Figura 28: Curva de duração dos caudais médios diários fluviais. De acordo com Consulmar <i>et al.</i> (1991).....	104
Figura 29: Esboço de situações meteorológicas características em Portugal Continental (quatro cartas com influências barométricas predominantes).....	106
Figura 30: Velocidade média e frequência para cada rumo de vento, considerando as médias dos registos efectuados entre 1954 e 1980, na estação da Barra do Mondego. A cores, os rumos de vento correspondentes às direcções da agitação marítima.....	108
Figura 31: Projecção das variáveis segundo o Factor 1 (meteorologia local), o Factor 2 (agitação marítima) e o Factor 3 (maré). Adaptado de C. Gama <i>et al.</i> (1997).....	109
Figura 32: A obliquidade da agitação marítima (de Noroeste na costa Centro Atlântica portuguesa) origina correntes de deriva longitudinal (norte-sul). Adaptado de F. Gomes & F. Pinto, 1995.....	112
Figura 33: Rumos e alturas da agitação marítima na faixa litoral da Figueira da Foz (considerando os dados divulgados por F. Abecasis, 1997).....	114
Figura 34: Salinidade e cunha salina em Preia-Mar, no Braço Norte: A - Maré Morta; B - Maré Viva. De acordo com P. Cunha <i>et al.</i> (1997).....	117
Figura 35: Graus de salinidade à superfície em troços do Braço Norte e do Braço Sul do Mondego, em período de estio (valores de salinidade medidos por P. Cunha <i>et al.</i> , 1997).....	118
Figura 36: Influência do estuário do Mondego na salinização dos solos agrícolas. Adaptado da Carta de Aproveitamento Hidráulico do Projecto Agrícola do Baixo Mondego (I.E.R.A., 1997).....	120
Figura 37: Aproveitamento hidrológico de águas subterrâneas. Adaptação com base em elementos recolhidos na Carta Hidrogeológica de Portugal (escala de 1:1.000.000), dos Serviços Geológicas da Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos (1970) e na Carta Geológica de Portugal (Folha 19-C, escala de 1:50.000) e Notícia Explicativa, da Direcção Geral de Geologia e Minas (1981).....	123

Figura 38: Efeitos da pressão humana sobre o litoral, nomeadamente pela intensificação da extracção de águas subterrâneas (adaptado de GFANC, 1997)...	126
Figura 39: Esboço da distribuição das áreas de sapal e de salinas no estuário do Mondego, segundo a carta de distribuição de biótopos de Marques <i>et al.</i> , 1984 (adaptado de P. Cunha <i>et al.</i> , 1997), hoje profundamente alterada pela redução drástica das áreas de sapal, bem como pela transformação e degradação das salinas.....	134
Figura 40: Processos dominantes e relações entre ambientes estuarinos litorais, as terras interiores e as partes mais profundas do estuário. Estão descritas as interacções entre sedimentos, nutrientes e biotas e as alterações introduzidas com a transformação de parte da superfície do estuário com objectivos agrícolas (adaptado de C. Roman & K. Nordstrom, 1996).....	142
Figura 41: Praia da Fonte (actual Jardim Municipal), Praia da Ribeira (actual "Praça Velha") e Praia da Reboleira (actual "Praça Nova"), antes das obras do Séc. XIX (segundo planta da Figueira da Foz, de autor desconhecido, propriedade do Museu Municipal Dr. Santos Rocha).....	145
Figura 42: O efeito da construção de esporões sobre o litoral, em situação de défice de alimentação sedimentar. Adaptado de O. Pilkey <i>et al.</i> (1978) à costa centro de Portugal.....	147
Figura 43: Caudal sólido (Qs) na secção de implantação de uma obra transversal (simplificado de I. Oliveira, 1997).....	149
Figura 44: Evolução da faixa de praia adjacente à embocadura do rio Mondego, entre 1958 e 1990, medida a partir de um sistema de eixos de referência com origem no forte de Santa Catarina (adaptado de P. Cunha <i>et al.</i> , 1997).....	150
Figura 45: Esboço de parte das obras projectadas em 1888 para resolver o problema do assoreamento da barra (adaptado de cartografia da autoridade portuária, sem identificação do autor).....	156
Figura 46: Síntese da evolução entre 1984 e 1994 no Braço Norte (adaptado de P. Cunha <i>et al.</i> , 1997).....	160
Figura 47: Carta Geral das possibilidades de Reconversão Cultural. Adaptado da Carta de Aproveitamento Hidráulico do Projecto Agrícola do Baixo Mondego (I.E.R.A., 1997).....	168
Figura 48: Carta Geral de Ocupação do Arroz. Adaptado da Carta de Aproveitamento Hidráulico do Projecto Agrícola do Baixo Mondego (I.E.R.A., 1997).....	172

Figura 49: Movimento do pescado no porto da Figueira da Foz, em peso e valor económico (com base nos dados do PROT-CL, CCRC, 1995).....	179
Figura 50: Localização das marinhas de Sal (incluindo Viveiros) e principais esteiros, tendo em conta o registo cadastral de 1954 (adaptado de L. Lopes, 1955).....	182
Figura 51: Esquema geral das principais relações entre os compartimentos das marinhas de sal no Estuário do Mondego (em Portugal, a terminologia varia consoante a região).....	185
Figura 52: Esboço da ocupação espacial das explorações piscícolas intensivas e semi-intensivas (com obras realizadas ou pedidas na JAPFF) no território do "Salgado".....	190
Figura 53: Principais áreas de ocupação e intervenção portuárias, segundo o plano da JAPFF (1996).....	201
Figura 54: A biodiversidade e a pressão turística na Europa. Adaptado de GFANC (1997).....	206
Figura 55: Faixa Litoral Costeira e Margem do D.P.M. (adaptado de N. Cabral, 1990).....	217
Figura 56: Esboço da distribuição espacial das principais ocupações e usos do solo (e previsões de usos) nas áreas adjacentes da ilha da Morraceira e do restante território do "Salgado" (zona natural de protecção I, no estuário do Mondego), tendo por base a Planta de Ordenamento do PDM da Figueira da Foz (Risco, 1993) e a Carta de Ordenamento do PROT-Centro Litoral (CCRC, 1997).....	219
Figura 57: Investimento para a gestão sustentável das zonas costeiras (adaptado de C. Borrego, 1996).....	225
Figura 58: Investigação das interrelações entre processos biológicos, químicos e físicos, essenciais à compreensão das transformações globais, no intervalo de uma década a uma século. Adaptado de S. Carvalho (1991), sobre o Relatório nº 12 - "Global Change" - IGBP.....	239
Figura 59: Esboço de áreas das Reservas Ecológica e Agrícola do sector distal do estuário do Mondego, delimitadas no PDM da Figueira da Foz. Adaptado das Plantas de Condicionantes números 3 e 4 (Risco, 1993).....	245
Figura 60: Esboço de ordenamento territorial de uma futura "Reserva Natural do Estuário do Mondego" e da obra hidráulica complementar, capazes de atingirem objectivos de protecção e recuperação ambiental e preservação dos recursos naturais.....	247

Figura 61: Situação base admitida para simulações de expansão urbana (1) e alternativas às obras do tipo esporão (2). Adaptado de F. Gomes & F. Pinto, in PROT-CL, CCRC (1995).....	253
Figura 62: Perda sedimentar em esporão sujeito a ataque bi-direccional da ondulação (1), em condições semelhantes às da costa noroeste portuguesa; e uma possível solução (2), compatível com essas condições (adaptado de H. Viles & T. Spencer, 1995, segundo a proposta de Silvester, 1974).....	255
Figura 63: Esboço de proposta de obras para a modificação dos molhes exteriores norte e sul e molhe interior sul, com simulação dos movimentos sedimentares e correntes dominantes, considerando montantes equivalentes aos previstos por P. Cunha et al. (1997) quanto aos caudais sólidos que alimentam o sistema.....	257
Figura 64: Quadro conceptual da gestão do sistema estuarino, suportado no conhecimento actualizado das plataformas SAD (Sistema de Apoio à Decisão) e SIG (Sistema de Informação Geográfica).....	262
Figura A-1: Algumas das plantas que fazem parte do relatório de 1861 e que exemplificam a grande instabilidade da barra e embocadura portuárias, acompanhadas pela previsão de obras necessárias para enfrentar o problema. Realce-se que o projecto de 1860 continha muitas das soluções hidráulicas que vieram a ser adoptadas mais de um século depois.....	270
Figura A-2: Carta Geral do Aproveitamento Hidráulico do rio Mondego com objectivos agrícolas. Adaptado da Carta de Aproveitamento Hidráulico do Projecto Agrícola do Baixo Mondego (I.E.R.A., 1997).....	271
Figura A-3: Orientações de algumas marinhas do salgado da Figueira da Foz. Como os ventos nesta zona costeira portuguesa são dominados pelos rumos de Norte, Noroeste e Oeste, durante o período da safra do sal (Maio a Setembro), vemos que há algumas orientações menos vantajosas para os cristalizadores e que isso é devido essencialmente à posição dos esteiros e dos viveiros de alimentação das marinhas (plantas registando a distribuição espacial das explorações, por L. Lopes, 1955).....	272
Figura A-4: A integração de HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortan) e de um GIS (Geographic Information System) num modelo de análise do impacte da urbanização e uso do solo nos recursos hídricos (adaptado de C. Ribeiro, 1995).....	273
Figura A-5: Inventário das áreas de interesse natural da Região Centro, segundo a CCRC e a DROT (adaptado de J. Rebelo & S. Faria, 1991).....	274

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro I: Classificação da água segundo o grau de salinidade.....	17
Quadro II: Actividades em terra e no mar que afectam as águas litorais (adaptado de OCDE, 1993).....	70
Quadro III: Formas de combate à erosão costeira (adptado de O. Pilkey, 1991)....	73
Quadro IV: Usos das dunas e seus impactes morfodinâmicos. Modificado de H. Viles & T. Spencer (1995), da compilação de Ranwell & Boar (1986).....	77
Quadro V: Síntese das características dos rios em função do número de ordem. Adaptação de Rzhanitzyn, de acordo com J. Rocha (1998).....	83
Quadro VI: Comprimento de rede e área das principais bacias hidrográficas que drenam para o estuário do rio Mondego. Adaptado de Consulmar et al., 1991.....	84
Quadro VII: Síntese das características litostratigráficas, morfológicas e de permeabilidade da região em estudo. Adaptado de Risco (1993).....	91
Quadro VIII: Distribuição anual da hierarquia dos rumos do vento com frequência média mais elevada (dados do INMG, estação da Barra do Mondego, no período de 1954-1980).....	102
Quadro IX: Balanço climatológico da água no solo, de acordo com Consulmar et al. (1991).....	103
Quadro X: Regime de agitação ao largo da costa ocidental portuguesa - frequências (%) de alturas significativas (HS) e de rumos (adaptado de F. Abecasis, 1997).....	113
Quadro XI: Caudais máximos e mínimos num ciclo de maré, na secção do canal (de acordo com Consulmar et al., 1991).....	119

Quadro XII: Evolução percentual da área ocupada por cada unidade em várias coberturas de fotografia aérea — área de estudo com 19 Km de comprimento (entre os meridianos do Cabo Mondego e de Montemor-o-Velho) por 9 Km de largura (entre os paralelos do Cabo Mondego e do Alqueidão) — de acordo com P. Cunha <i>et al.</i> (1997).....	140
Quadro XIII: Produção de Dourada e Robalo no Mediterrâneo, em milhares de toneladas (Corneille, 1997).....	189
Quadro XIV: Síntese de processos numa unidade de reprodução piscícola (exemplo da Fozáqua).....	196
Quadro XV: Movimento do porto da Figueira da Foz (S. Capão, 1999).....	199
Quadro XVI: Número de estabelecimentos turísticos e sua utilização no Baixo Mondego (de acordo com L. Cunha, 1997).....	207
Quadro XVII: Principais factores de ameaça, de gestão e de aplicação de AIAs no estuário do Mondego (modificado de V. Guerreiro <i>et al.</i> , 1998).....	224
Quadro XVIII: Indicadores ambientais para águas costeiras e estuários (adaptado de M. Silva, 1997).....	228
Quadro A-1: Ficha de caracterização sumária do estatuto ambiental do estuário do Mondego (adaptação ao estuário das características de V. Guerreiro <i>et al.</i> , 1998).....	275
Quadro A-2: Síntese da avaliação prévia dos impactes das obras do Mondego (regularização do troço terminal e obras portuárias complementares) sobre o biota e áreas protegidas (adaptado de Consulmar <i>et al.</i> , 1991).....	276
Quadro A-3: A grande complexidade de tarefas que são necessárias para manter uma salina em boas condições de exploração (adaptado de S. Nogueira, 1935). A terminologia nem sempre coincide com a utilizada nas diversas áreas de salicultura no território português.....	277
Quadro A-4: Alguns riscos associados à actividade contínua da unidade de reprodução Fozáqua, na ilha da Morraceira (Figueira da Foz).....	278
Quadro A-5: Comparação entre padrões de qualidade e amostragens realizadas pelo Centro de Serviços do Ambiente de Coimbra (CESAB). Valores em mg/l.....	279
Quadro A-6: Técnicas de ordenamento de dunas costeiras. Modificado de H. Viles & T. Spencer (1995), da compilação de Ranwell & Boar (1986) e de Doody (1993).....	280

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Declives provocados por canais na zona intermareal da margem direita do Braço Sul do rio Mondego. Na Planície lodosa, o sapal baixo começa a ser colonizado por <i>Spartina maritima</i> (05/03/1998).....	53
Foto 2: Poder destrutivo das vagas sobre o muro da "marginal oceânica" da Figueira da Foz (Outubro de 1996).....	75
Foto 3. Vista aérea (de WNW para ESE) da ilha da Morraceira, vendo-se em primeiro plano os Estaleiros Navais junto à confluência dos Braços Norte e Sul do rio Mondego (19/05/1981).....	83
Foto 4: A passagem de um sistema frontal, com vento forte e sobreelevação de origem meteorológica, produziu vagas de tempestade com orientação de SW (sobredimensionadas por preia-mar de Maré Viva), que galgaram o molhe sul e atingiram o parque de campismo do Cabedelo (06/09/1998).....	110
Foto 5: Esporão transversal para retenção do areal de praia na povoação da Costa de Lavos. A erosão acentuada a sotamar desta estrutura obrigou à implantação de enrocamento aderente para evitar o recuo da duna primária (17/09/1994).....	143
Foto 6: Para além dos limites do razoável em termos de pressão sobre o litoral e ignorando as deliberações do Ministério do Ambiente e o próprio Domínio Público Marítimo, inicia-se, em 1998, a construção de um grande aldeamento turístico no troço costeiro que tem estado sujeito a grande erosão (12/04/1998).....	146
Foto 7: Exemplo dos sucessivos erros que têm vindo a cometer-se na designada marginal oceânica da Figueira da Foz (Buarcos-Cabo Mondego)	

— desde a sua construção e alargamento até à expansão urbana referida na foto anterior — levando, invariavelmente, ao reforço da protecção pesada longilitoral. Esta, ao encurtar a praia, reflecte a energia da ondulação, acentuando a retirada de areia.....	146
Fotos 8a e 8b: Um exemplo bem elucidativo do actual período de erosão acentuada desta costa: evolução verificada na enseada de Buarcos (à esquerda, 27 de Agosto de 1995; e, à direita, 5 de Dezembro de 1997).....	148
Fotos 9a a 9f: Alguns registos que mostram a evolução da deposição sedimentar a barlamar do molhe norte (tendo em conta a deriva dominante). Regista-se aqui uma lenta mas progressiva acumulação de areia (o único sítio de verdadeira retenção nesta costa) que fica também a dever-se à estabilidade atmosférica que marcou a maior parte do período.....	151
Foto 10: Arriba de erosão em duna litoral, na praia contígua ao molhe sul (23/04/2000).....	152
Foto 11: Parte final do troço regularizado do Braço Norte (e aterro de margens), situado entre a ponte e a bifurcação dos braços (29/03/1998).....	158
Foto 12: Delta sedimentar de enchente, em baixa-mar, no troço intermédio do Braço Sul, junto à ponte da Gala (10/02/1997).....	162
Foto 13: Aterro de regularização da margem norte da ilha da Morraceira, com destruição do sapal original e enrocamento confinante com o Braço Norte (05/11/1994).....	165
Foto 14: Crescimento anormal de algas num tanque de aquacultura da margem esquerda do Braço Sul, situação criada pela captação de água doce saturada de nutrientes agrícolas (nitratos) provenientes das comportas do Alvo (rio Pranto). O rápido consumo de oxigénio e a libertação de amónia por morte das algas e outros seres, provoca também a morte a muitos peixes (22/06/1998).....	166
Foto 15: As comportas do Alvo, no rio Pranto, foram construídas em 1944 para proteger as terras de montante da influência directa da água salgada mareal. Hoje, levanta-se um problema bem diferente que é o de não estarem acautelados os impactes das suas descargas (08/04/1998).....	171
Foto 16: Em plena área urbana densamente povoada e de grande utilização balnear, impõe-se a chamada Vala de Buarcos (escoamento da antiga Ribeira de Buarcos), esgoto que contamina as areias e as águas oceânicas adjacentes (04/05/2000).....	174
Foto 17: No esteiro dos Armazéns, uma pequena unidade de conservas de pescado derrama os seus efluentes em baixa-mar, os quais vão	

desaguar ao Braço Sul. À esquerda, podem também observar-se os "fósseis" de antigas embarcações de transporte de sal (23/06/1998).....	176
Foto 18: A margem esquerda do Braço Sul do Mondego, junto à povoação da Gala, serve de abrigo às embarcações da pesca artesanal estuarina (05/03/1998).....	180
Foto 19: Trabalho especializado do marnoto numa salina da margem esquerda do Braço Sul (27/07/96).....	184
Foto 20: Um aspecto da sinuosidade e ambiente natural que caracterizam um viveiro (05/11/1997).....	186
Foto 21: Vista parcial da unidade de cristalização de sal-gema, junto à foz do rio Pranto (05/07/1998).....	187
Foto 22: Vista parcial de uma unidade de piscicultura intensiva, na ilha da Morraceira (05/11/1997).....	191
Fotos 23a e 23b: Níveis de água nas comportas das marinhas de aquacultura. As melhores condições, quer para tomar água quer para escoá-la, ocorrem em marés vivas de Lua (Morraceira, 29 de Março de 1998).....	192
Foto 24: Arejador em funcionamento numa unidade de piscicultura intensiva da ilha da Morraceira. A turbidez e a densidade de peixes no tanque obrigam à utilização de meios artificiais de oxigenação (05/11/97).....	194
Foto 25: Transformação de marinhas da ínsua D. José em tanques de aquacultura (Julho de 1998).....	197
Foto 26: Alargamento do porto comercial com a construção do novo cais de graneis sólidos (29/03/98).....	200
Foto 27: Draga em actividade na confluência dos Braços Norte e Sul do Mondego (07/04/1998).....	203
Foto 28: Na frente marítima da Gala tem-se investido no reforço do muro de protecção, quer para a defesa de equipamentos colectivos quer para a defesa de habitação privada. Entretanto, a praia vai encurtando e deixa de haver zona supramareal (30/10/1999).....	215
Foto 29: Em situação de elevado risco e de incompatibilidade com o DPM, o restaurante instalou-se sobre a praia na Av. Marg. de Buarcos. Esta estrutura fixa contribui também ela agora para o desequilíbrio do ambiente costeiro, numa zona onde se têm feito sentir fortemente os efeitos da erosão marinha (12/04/1998)...	216
Foto 30: Registo do "momento" em que a designada "Mata Sotto Mayor" — onde se encontra um monumento nacional classificado (o Fortim de Palheiros) — foi completamente destruída, apesar de constar na Planta de Ordenamento do PDM da Figueira da Foz como "Espaço Natural de Protecção" (28/04/1996).....	220

Fotos 31a a 31d: Exemplos de medidas tomadas pelo município da Figueira da Foz de protecção aos equipamentos de praia, as quais, além de pouco eficazes, produzem um empobrecimento paisagístico evidente: "dunas" erguidas respectivamente para protecção de restaurantes pré-fabricados (a e b), do "oásis" artificial (c) e dos campos de jogos junto à marginal da cidade (d).....	222
Foto 32: Pegadas de dinossáurio nos calcários margosos do Cabo Mondego (29/01/1996).....	232
Foto 33: Exemplo de passadeira sobreelevada em duna primária numa praia da Cova-Gala. Observa-se, também, a fixação da duna com "chorão" (29/07/98).....	242
Foto 34: Numa das zonas nobres da cidade, junto à marina de recreio, a degradação paisagística é confrangedora, havendo um forte contributo para esse empobrecimento por parte da JAPFF que construiu aí dois edifícios de proporções e formas agressivas (à esquerda), isolando mais a população do usufruto do ambiente ribeirinho (12/11/1999).....	250
Foto 35: Junto à foz do rio Pranto (margem direita) o moinho de 12 pedras necessita de obras profundas de recuperação, podendo vir a ser uma estrutura de grande interesse turístico e pedagógico, sobretudo no que respeita à educação ambiental (Julho de 1998).....	251
Foto 36: Dois exemplares de "palheiros" na povoação da Gala, abandonados e em muito mau estado de conservação. Grande parte deles foram abatidos, ou descaracterizados irremediavelmente (07/04/1998)...	251
Fotos 37a e 37b: Vista aérea sobre a barra e a embocadura do porto da Figueira da Foz: a) situação actual (foto de 27/08/95); b) simulação com esboço das obras propostas para os molhes exteriores e molhe interior sul, havendo também transferência sedimentar artificial de barlar do molhe norte e do cabedelo para sotamar do molhe sul.....	258
Foto 38: O recuo da praia e a destruição da duna litoral, devidos à forte erosão que se faz sentir a sotamar do molhe sul têm conduzido ao crescente reforço da protecção pesada que acentua o processo erosivo. De notar a marcada arriba de erosão da estreita duna marginal (à direita) que separa a praia da estrada (7/11/1999).....	259

Série
Investigação

•

Coimbra
Imprensa da Universidade

2001