

ANTÓNIO CAMPAR DE ALMEIDA

AMBIENTES LITORAIS

PROGRAMA, CONTEÚDOS E MÉTODOS DE ENSINO

Relatório elaborado de acordo com o artigo 5.º, alínea b, do Decreto-Lei n.º 239/2007, de 19 de Junho, para provas de agregação em Geografia na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra

2009

Índice

1. Introdução	2
2. Contexto da disciplina no curso	6
3. Competências e objectivos	9
4. Programa	11
4.1. Plano de estudos	12
4.2. Organização das aulas	14
5. Metodologia	15
6. Avaliação	17
7. Bibliografia básica	17
Desenvolvimento dos conteúdos.	
A – Conteúdos teóricos	19
1. Conceitos fundamentais	19
2. Principais componentes em jogo	20
3. Dinâmica marinha nas costas arenosas	23
4. As arribas	26
5. Estuários	28
6. Deltas	31
7. Lagunas	33
8. Sapais e mangais	35
9. Dunas litorais	38
10. A costa portuguesa: sectores e as suas formas e dinâmicas mais típicas	43
11. Acções antrópicas	45
B – Conteúdos práticos	49
C – Viagem de estudo pela costa	53

1. Introdução

Apesar de ter sido proposta, por um estudante, uma disciplina de Geografia do Litoral para um novo *curriculum* do curso de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, no período pós-revolução de Abril de 1974, em que tudo era discutido por todos em assembleias constituídas por docentes e alunos e a ânsia de mudança e corte com o passado era a tônica dominante, a abordagem monodisciplinar do litoral só bem mais tarde viria a ser instituída. Não estavam ainda criadas as condições para tal aparecimento, mesmo que houvesse já consciência de desequilíbrios verificados na nossa costa em função principalmente da construção de obras de protecção das barras de entrada de portos, nomeadamente de Aveiro e da Figueira da Foz. Os estudos existentes eram quase da exclusiva competência dos engenheiros civis (e.g. CASTANHO & SIMÕES, 1978).

Poucos anos depois, o mar, na sequência de anos mais húmidos e dias com agitação mais forte, desencadeia acções erosivas intensas sobre a costa ocidental portuguesa, nomeadamente na Região Centro, de que resultou o galgamento do cordão litoral, com corte da estrada marginal à Ria, na área da Costa Nova, assim como na costa alentejana com a destruição parcial do molhe do porto de Sines. Os geógrafos vêem nisto motivos para estudo e surgem então alguns trabalhos inovadores, pelo menos na nossa disciplina, como os de F. REBELO (1978), M. FEIO (1978), M. FEIO e G. ALMEIDA (1980). Pela mesma altura têm início projectos de investigação sobre o litoral, com destaque para uma geógrafa, Maria Eugénia Moreira, da Universidade de Lisboa, de onde irão ser produzidos diversos relatórios e artigos focalizados sobre a dinâmica e as paisagens do litoral português e de Moçambique (e.g., MOREIRA, 1979). O Centro de Estudos Geográficos de Lisboa viria a prosseguir nos estudos sobre o litoral, na senda do entendimento dos respectivos processos, depósitos e formas, com destaque, a partir dos finais de 80, para Ana Ramos Pereira (e.g., PEREIRA, 1987). Preocupada mais com a evolução quaternária dos depósitos e formas litorais, Maria Assunção Araújo, geógrafa da Universidade do Porto, acaba por se interessar também pela dinâmica

recente da faixa de costa no norte do país (e.g. ARAÚJO, 1991).

A década de oitenta vai receber um contributo importante de um geólogo, entretanto regressado das antigas colónias de África, Gaspar Soares de Carvalho que, a norte do país, retoma os seus estudos sobre o litoral, quer só (e.g. CARVALHO, 1980), quer em colaboração com Helena Granja (e.g. CARVALHO & GRANJA, 1986), preocupando-se quer com o estabelecimento da cronologia dos depósitos recentes costeiros, quer com o problema da erosão daquela costa a norte do Cabo Mondego. Por esse tempo, outros geólogos em Coimbra desenvolverão um projecto, que terá seguimento por outros colegas, sobre o estuário do Mondego e a sua dinâmica actual (REIS & DUARTE, 1990). Entretanto, estudando em paralelo e, por vezes, em conjunto, alguns geólogos de Lisboa e, mais tarde do Algarve, dedicam-se também às temáticas do litoral, em particular à evolução das suas formas, à sedimentação e à sua dinâmica: são exemplos César ANDRADE (1990), Maria Conceição FREITAS (1995), J. M. Alveirinho DIAS (1987), Óscar FERREIRA (1993) e Fernando MARQUES (1997), entre outros.

Em Coimbra, para além de pequenos trabalhos escolares levados a cabo por alunos nos seminários de fim de curso, foi necessário esperar pela segunda metade da década de oitenta e pela primeira de noventa para surgirem trabalhos de investigação dedicados ao litoral, agora de modo mais sistematizado, já que se destinavam à elaboração de uma tese de doutoramento, neste caso a do autor deste programa. A focagem incidiu, em especial, sobre as dunas litorais, ambiente mais propício a estudos ecológicos da paisagem do que propriamente o das praias (ALMEIDA, 1990 e 1991). Só um pouco mais tarde a forte erosão causada pelo mar, mais uma vez e agora nas protecções da praia de Buarcos, viria a motivar a análise da dinâmica sazonal da respectiva praia (ALMEIDA e AMARAL, 1996). Após a conclusão e defesa daquela dissertação (ALMEIDA, 1995), estavam criadas as condições para o arranque de uma disciplina centralizada sobre a problemática do litoral. Assim, em 1996/1997 é lançada a cadeira de *Geomorfologia Litoral*, que passa a ser leccionada no 1.º semestre do 4.º ano da licenciatura de Geografia, sendo obrigatória para os alunos da área de Estudos Ambientais e opcional para os alunos do 3.º ou 4.º anos das outras duas áreas de especialização: Ensino ou

Ordenamento do Território e Desenvolvimento.

No ano lectivo de 2003/2004 muda de nome por proposta da Comissão Científica de Geografia, passando a denominar-se *Dinâmicas e Ambientes Litorais*, por se considerar estar mais de acordo com o programa e objectivos da disciplina. O mesmo se irá passar no ano lectivo de 2006/2007 onde adquire o nome que agora apresenta, *Ambientes Litorais*, por se considerar mais abrangente e poder deixar maior liberdade de escolha dos conteúdos ao docente encarregado da sua docência e que tem sido sempre o autor deste programa¹. No entanto, o respectivo programa, a despeito das mudanças de nome, poucas alterações tem sofrido, pelas razões que adiante serão explicadas.

Referências bibliográficas:

- ALMEIDA, A. Campar (1990) - "Os solos na paisagem das dunas de Quiaios". *Cadernos de Geografia*, Coimbra, nº 9, pp. 151-162.
- ALMEIDA, A. Campar (1991) - "A morfologia das dunas de Quiaios". *Cadernos de Geografia*, Coimbra, nº 10, pp. 233-251.
- ALMEIDA, A. Campar (1991) - "Dunas de Quiaios: conjugação de morfologias e de gerações". *Conferências e Comunicações do Seminário "A Zona Costeira e os Problemas Ambientais"*, Universidade de Aveiro, pp. 65-73.
- ALMEIDA, A. Campar (1995) - *Dunas de Quiaios, Gândara e Serra da Boa Viagem. Uma abordagem ecológica da paisagem*. Coimbra, 305 p. (Tese de doutoramento, policopiada).
- ALMEIDA, A. C. e AMARAL, V. (1996) - "A acção do Inverno de 1995/96 sobre as praias da Figueira da Foz". *Cadernos de Geografia*, Coimbra, nº 15, pp. 55-60.
- ANDRADE, C. (1990) – *O ambiente de barreira da Ria Formosa (Algarve – Portugal)*. (Tese de doutoramento), Univ. Lisboa.
- ARAÚJO, M. Assunção (1991) – "Depósitos Eólicos e Lagunares Fósseis na Região de Esmoriz". *Revista da Faculdade de Letras – Geografia*, I Série, 1, pp. 53-62.

¹ Apenas foi excepção o ano de 2004/2005 por o docente estar de licença sabática, sendo então leccionada por um colega (Albano Figueiredo Rodrigues).

- CARVALHO, G. S. (1982) – “Notícia sobre a eolização durante o Quaternário no litoral minhoto (Portugal)”. *Cadernos de Arqueologia*, 2, Braga.
- CARVALHO, G.S., ALVES, A.C. & GRANJA, H.M. (1986) – “A evolução e o ordenamento do litoral do Minho”, Comunicação apresentada no *II Congresso Nacional de Geologia*, Lisboa.
- CASTANHO, J. P. & SIMÕES, J. A. M. P. (1978) - Estudo da erosão Litoral a Sul da Embocadura do Rio Mondego. *LNEC*, 69 p. (não publicado). Lisboa.
- DIAS, J.M. Alveirinho (1987) – *Dinâmica Sedimentar e Evolução Recente da Plataforma Continental Portuguesa Setentrional*. (Tese de doutoramento), Lisboa
- FEIO, Mariano (1980) – “O porto de Sines: prejuízos dos temporais e reparações”. *Finisterra*, XV, 29, pp. 79-84.
- FEIO, M. & ALMEIDA, G. (1978) – Estragos no litoral Sul. *Finisterra*, XIII, 26, pp. 256-260.
- FERREIRA, Óscar (1993) – *Caracterização dos Principais Factores Condicionantes do Balanço Sedimentar e da Evolução da Linha de Costa entre Aveiro e o Cabo Mondego*. (Tese de Mestrado), Lisboa.
- FREITAS, M. Conceição (1995) – *A Laguna de Albufeira (Península de Setúbal) – Sedimentologia, Morfologia e Morfodinâmica*. (Tese de doutoramento), Lisboa.
- MARQUES, F. M. S. F. (1997) – *As arribas do litoral do Algarve: dinâmica, processos e mecanismos*. FCUL, (Tese de doutoramento).
- MOREIRA, M. Eugénia (1979) – *O estuário do Sado. Paisagem e Dinâmica*. CEG, UL, 70 p.
- PEREIRA, A. Ramos (1987) – *Acumulações arenosas eólicas consolidadas do litoral do Alentejo e Algarve ocidental*. CEG, UL, 113 p.
- REBELO, Fernando (1978). “Os temporais de 25/26 de Fev. de 1978 no Centro de Portugal”, *Finisterra*, XIII, 26, pp. 244-253.
- REIS, R.P. & DUARTE, D.N.R. (1990) – “Les mécanismes prédominants dans le transfert des sédiments dans l’estuaire du Mondego”. *Littoral 1990*, Symp. Inter. Assoc. EUROCOAST, pp. 141-144.

2. Contexto da disciplina no Curso

Para além do substrato científico trazido pelos alunos, adquirido em outros níveis de ensino, assim como de alguns conhecimentos transmitidos *ad latere* pelos docentes de outras disciplinas do Curso, em 1996/1997, quando foi criada a disciplina, os conhecimentos dos alunos acerca das matérias que, directa ou indirectamente, respeitavam a morfodinâmica litoral estavam limitados a breves abordagens levadas a cabo em disciplinas de Geomorfologia do 2.º ano e de Geografia Física de Portugal e de Riscos Naturais e Protecção do Ambiente, do 3.º ano. Em Geomorfologia era introduzido o conceito de *abrasão* ao serem tratados os “processos erosivos elementares”, assim como era abordado o transporte eólico e a formação de dunas no subtema dos “grandes agentes de transporte”.

Na Geografia Física de Portugal o litoral era referido essencialmente na componente geohistórica, neste caso, na sua evolução nos tempos wurmianos, com a explicação da descida acentuada do nível do mar e da transferência da linha de costa para ocidente e as suas consequências morfológicas no continente. Sobre as grandes formas litorais era dada importância particular à Ria de Aveiro e áreas vizinhas.

Já na disciplina de Riscos Naturais e Protecção do Ambiente, opção do 3º ano, apenas se tratava a problemática das inundações marinhas.

Todo este conjunto de abordagens fragmentadas e insuficientes da problemática associada a uma realidade que cada vez mais se impunha perante as geociências, fez despoletar a necessidade da criação de uma disciplina onde pudesse ser centralizada a apresentação e discussão do conhecimento cada vez maior que ia sendo produzido sobre a dinâmica costeira e sobre a sua evolução e morfologias particulares. Daí o aparecimento da disciplina de Geomorfologia Litoral.

As razões que estavam subjacentes ao lançamento da disciplina em 1996/1997, mais prementes se tornam no presente contexto curricular, já que foram diminuídas as disciplinas onde temas sobre o litoral poderão ser abordados. Em Hidrologia, disciplina do 2.º ano, 1.º semestre, apenas um tema poderá estar directamente relacionado com a costa e que é o que trata dos

“movimentos das águas marinhas: vagas, marés e correntes”. Com Geografia Física de Portugal, agora no 2.º ano, 2.º semestre, mantém-se o que foi dito acima. Numa opção condicionada do 2.º ou 3.º ano, Riscos e Catástrofes Naturais, aliás em situação semelhante à disciplina aqui apresentada, uma única referência é feita aos ambientes litorais quando são analisadas as consequências das invasões de água do mar sobre o continente. É de salientar que qualquer destas disciplinas pode funcionar em simultâneo com Ambientes Litorais, pelo menos para parte dos alunos, ou seja, os conhecimentos aí ministrados ou discutidos não poderão ser considerados como bases adquiridas.

Face a esta realidade, é de toda a conveniência que o programa da disciplina de Ambientes Litorais inclua temas que proporcionem os conhecimentos básicos sobre a morfodinâmica costeira, tendo em conta o contexto continental em geral, assim como as condições que são induzidas pelo mar ou oceano que directamente contacta cada linha de costa em particular e, ainda, as características físicas e humanas do lado terrestre dessa costa.

A faixa costeira é uma realidade geográfica com um peso de tão grande monta, especialmente em Portugal, que não pôde deixar de ser um objecto de estudo da Geografia Física, tal a importância que a sua dinâmica foi adquirindo nas últimas décadas. A velocidade de alteração da sua fisionomia impôs-se perante os cientistas das geociências, de tal maneira que os estudos a esse respeito dispararam a partir da década de oitenta do séc. XX. Mas mesmo sem esse fenómeno, o próprio facto de cerca de metade da nossa fronteira ser estabelecida com o mar, pouco mais de 800 km no continente (2476 km no total do país), inspira razões mais do que suficientes para justificar uma atenção particular ao conhecimento desta realidade.

Em simultâneo, a pressão humana sobre o litoral tem sido sempre crescente desde há várias décadas, não só como manifestação de um usufruto sazonal de mar, sol e praia, mas mesmo de ocupação residencial permanente por uma população cada vez mais litoralizada. Enquanto em 1981, nos municípios confinantes com o mar (não incluído o de Lisboa), viviam cerca de 2 milhões de pessoas, em 1991 já viviam cerca de 3 milhões e em 2001 vivam

3337000, ou seja, já mais de um terço da população do país (continente). Mesmo considerando que desta população apenas uma parte vive face ao mar e que a sua presença não é contínua ao longo da linha de costa, não deixa de ser preocupante o seu papel perturbador do sistema litoral, pela sua fragilização e correspondente potenciação das acções marinhas sobre a costa, com o aumento da sua erosividade, assim como da sua vulnerabilidade. Esta fragilização do sistema costeiro leva à ampliação da acção de fenómenos marinhos que em condições naturais pouco efeito teriam, mas que agora podem pôr em risco a segurança e mesmo a vida da população costeira: é o caso dos galgamentos, da sobre-elevação do nível do mar por razões meteorológicas, dos tsunamis, ou em sentido mais geral, da erosão e recuo da linha de costa. Estes temas são particularmente caros à Geomorfologia Dinâmica, numa perspectiva de percepção e análise de riscos.

A existência de determinados equipamentos que são mais próprios do litoral como os portuários e, de certo modo, os turísticos, levam à criação de infra-estruturas de apoio que, em regra, desestabilizam e desequilibram a dinâmica litoral. Por norma, estas acções têm manifestações morfológicas na linha de costa que se distanciam daquelas que seriam naturais. É o caso dos efeitos provocados por molhes, quebra-mares, esporões, enrocamentos aderentes, avenidas marginais, dragagens dos estuários, entre outros.

Em síntese, pode dizer-se que quanto mais humanizada estiver uma costa maior necessidade há em conhecer as relações entre os dois meios em contacto, como se processam as respectivas dinâmicas, e quais os eventuais efeitos perniciosos daquele uso humano do espaço quer marinho quer continental. Tudo isto com a finalidade, em última instância, de serem feitas propostas de gestão equilibrada desse espaço tão apetecível por parte de uma população crescente, no sentido de minimizar aqueles efeitos e os riscos inerentes à proximidade de uma interface tão mutável e por vezes imprevisível.

3. Competências e objetivos

A disciplina de Ambientes Litorais, não obstante apresentar uma denominação que sugere uma abordagem biofísica ou mesmo ecológica dos espaços costeiros, ou até dos modos de vida e inter-relações das populações humanas com esse espaço, não pode afastar-se das reais necessidades dos alunos de Geografia no contexto actual do 1º Ciclo do Curso. Aqueles aspectos sócio-económicos são, por norma, tratados por algumas das disciplinas de Geografia Humana, tal a relevância que, por exemplo, a urbanização, a instalação de equipamentos e infra-estruturas industriais e portuárias, de vias de comunicação, de actividades turísticas e de lazer, assumem nesta faixa de território. O que se torna necessário entender e explicar é a morfodinâmica desta mesma faixa que é condicionada por um agente tão energético e por vezes tão caprichoso, mas ao mesmo tempo tão previsível e óbvio, quando é entendido, como é o mar. É esse conhecimento prévio desta morfodinâmica, que os futuros geógrafos, potenciais intervenientes em gabinetes ou instituições com responsabilidade em produzir material científico ou técnico utilizável pelas entidades gestoras desta parte do território, os habilita a poderem propor soluções a ter em conta no equilibrado ordenamento daquele território. Com esta formação e se ouvidos, poderão contribuir para que tantos desperdícios e despesas sejam evitados, por desaconselharem, por exemplo, instalações, de vária ordem e finalidade, junto do litoral em sítios desadequados.

Assim, no final da leccionação da disciplina pretende-se que os alunos tenham adquirido as seguintes competências:

- Saber usar a terminologia científica adequada à problemática costeira;
- Conhecer o conjunto de fenómenos e processos que têm lugar na faixa litoral;
- Compreender a distribuição e variação, espacial e temporal, desses fenómenos e processos e o seu papel na dinâmica das formas costeiras;
- Identificar os riscos inerentes à ocupação da faixa costeira por parte da população e suas actividades e equipamentos;

- Saber usar fontes documentais fornecedoras de informação actual ou diacrónica sobre a costa;

- Ser capaz de escolher os métodos e técnicas mais adequados de recolha de dados no terreno a fim de dar resposta aos problemas surgidos;

- Saber representar gráfica e cartograficamente elementos de base territorial;

- Ser capaz de apresentar propostas de intervenção pontual e de ordenamento do território em causa.

Para que estas competências sejam adquiridas pelos alunos, para além dos objectivos específicos que têm a ver com a compreensão e discussão dos temas tratados em cada capítulo, é fundamental que a disciplina persiga os seguintes objectivos gerais:

a) Dar a conhecer as diferentes morfologias da costa, as suas causas e a sua evolução;

b) Proporcionar o entendimento da dinâmica marinha junto à costa e das suas consequências sobre esta;

c) Levar a perceber as alterações introduzidas pelas actividades humanas que directa ou indirectamente afectam a costa;

d) Motivar o estudo de campo por parte dos alunos, num meio tão instável e mutável, pelo menos a nível sazonal, passível de permitir o uso de instrumentos científicos dos mais simples aos mais sofisticados;

e) Contribuir para a formação científica e humanista dos alunos, incentivando-os a serem cidadãos mais interventores na sociedade dita civil, em especial em temas que são actuais e numa área que diz respeito a todos, como é o caso do litoral.

4. Programa

Esta disciplina aborda uma temática relativamente específica referente a uma estreita faixa de território marginal aos continentes e ilhas. No entanto, pelo facto de ter como objecto de estudo ambientes onde se verificam, porventura, as maiores movimentações e acumulações de sedimentos, assim como das mais importantes e constantes dinâmicas erosivas do Globo, capazes de criar plataformas extensas e marcantes na paisagem, acaba por se situar entre as disciplinas com uma componente importante de transmissão de conhecimentos básicos em Geografia Física, em particular em Geomorfologia Dinâmica. Passa, em grande parte, pelo conhecimento destas dinâmicas litorais actuais, o entendimento da composição sedimentar e das formas associadas às plataformas litorais pliocénicas, por exemplo, tão comuns no litoral português.

A apresentação dos conteúdos do programa seguirá uma estratégia de abordagem que se iniciará pelos aspectos gerais, por norma globais, para passar para os mais particulares, ou seja regionais ou mesmo locais. Pretende-se, assim, que os alunos sejam confrontados com os aspectos e fenómenos com incidência no litoral já abordados em outras disciplinas da Geografia Física (e.g. tectónica de placas, marés, factores climáticos globais), passando em seguida para os regionais que exigem, por norma, tratamento mais específico (e.g. formas litorais, acção humana).

Outra estratégia poderá ser uma abordagem inicial da acção dos factores (ou forçadores ou componentes em jogo) sobre o litoral, passando para a análise das formas (cuja explicação não pode abdicar do apelo àqueles factores gerais e uso de outros factores específicos), para terminar com a análise das consequências das acções humanas sobre esse mesmo litoral.

Tentar-se-á dar maior relevo aos processos e às formas mais frequentes em Portugal, por serem os mais facilmente observáveis pelos alunos, mas também por serem os que no presente ou no futuro nos afectam e que urge conhecer melhor (e.g. estuários, lagunas, sapais, dunas). No entanto, como esta disciplina entra dentro do leque das que proporcionam conhecimentos básicos, não deixarão de ser apresentadas, com a profundidade possível, as

situações não ocorrentes no nosso país.

Esta unidade curricular que é semestral, como foi acima referido, tem afectas 4 horas semanais divididas por duas aulas de 2 horas, o que lhe conferirá 60 horas no final das 15 semanas disponíveis para a sua leccionação. Dentro dos modelos de aulas previstos no Regulamento de Avaliação da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, as suas aulas são consideradas teórico-práticas. Esta modalidade, que não é seguida à risca, pelo menos segundo o conceito que lhe está subjacente, é a única que permite ao docente distribuir os conteúdos teóricos e práticos da maneira que entender mais ajustada ao fluir do programa, de modo a poderem acontecer algumas aulas seguidas essencialmente teóricas ou algumas aulas seguidas práticas, consoante o tema a tratar no momento. No caso desta disciplina, como pode ser visto no quadro de organização das aulas, estas serão maioritariamente teóricas, sendo intercaladas, quando necessário, por aulas, ou partes de aulas, práticas, assim como por trabalho de campo. A diversidade dos temas relacionados com a dinâmica e as formas litorais é tão vasta (*vide* Plano de Estudos) que a isso obriga. Para além disso, a alternativa das práticas que passa pelas saídas de campo não é comportável dentro do tempo limitado (2h) que está destinado a cada aula, face à distância a que a linha de costa está de Coimbra (40 km). A alternativa será concentrar as saídas de campo em uma tarde, para praticar os métodos de medição, e num dia inteiro, para observação das temáticas nas aulas teóricas.

O plano de estudos que agora se apresenta tem sido testado ao longo de mais de dez anos de leccionação, por parte do docente que o propõe. A percentagem de alunos que escolhe esta disciplina tem vindo a aumentar, sinal de uma crescente adesão às temáticas abordadas, não obstante tratar-se de uma disciplina de opção.

4.1. Plano de estudos

1. Conceitos fundamentais

2. Principais componentes em jogo

2.1. Factores físicos continentais: Tectónica de placas, Clima, Nível do mar

- 2.2. Factores físicos marinhos: Marés, *Storm surge*, *Tsunamis*,
- 3. Dinâmica marinha nas costas arenosas
 - 3.1. Génese e propagação das ondas: zonas de ondulação
 - 3.2. Tipos de aproximação da onda do largo e seus efeitos morfo-sedimentares.
- 4. As arribas
 - 4.1. Classificação
 - 4.2. Formação e evolução
 - 4.3. Morfologia das arribas
- 5. Estuários
 - 5.1. Classificação dos estuários
 - 5.2. Dinâmica e hidrologia estuarinas
 - 5.3. Fenómenos sedimentares nos estuários
- 6. Deltas
 - 6.1. Deltas simples e compostos
 - 6.2. Formação e morfometria dos deltas
 - 6.3. Morfologia dos deltas
 - 6.4. Classificação dos deltas
- 7. Lagunas
 - 7.1. Definições e tipos
 - 7.2. Forças em jogo e morfologias
 - 7.3. Caracteres zonais
- 8. Sapais e mangais
 - 8.1. Plataformas dos sapais: morfologia e composição florística
 - 8.2. Sedimentação nos sapais
 - 8.3. Os mangais: composição e sedimentação
- 9. Dunas litorais
 - 9.1. Origem e movimentação das areias
 - 9.2. Classificação das dunas
 - 9.3. Dinâmica dunar
 - 9.4. Factores influentes na morfologia, ripples eólicos e dunas litificadas

10. A costa portuguesa: sectores e as suas formas e dinâmicas mais típicas

11. Acções antrópicas

10.1. No aumento da vulnerabilidade da costa

10.2. Na tentativa de solução dos problemas costeiros.

Intercalados nestes conteúdos teóricos e sempre que as matérias justifiquem uma ilustração suplementar, serão dados a analisar documentos cartográficos ou fotográficos, serão apresentadas metodologias de trabalho de campo e será feito trabalho laboratorial, em aulas de componente essencialmente prática. Haverá, de igual modo, uma saída de campo de um dia, tendo os alunos oportunidade de observar e problematizar a realidade da costa centro norte, uma das mais dinâmicas, vulneráveis e intervencionadas do nosso país.

4.2. Organização das aulas

Aula	Conteúdo teórico	Conteúdo prático
1	Noções fundamentais Principais componentes em jogo Factores físicos continentais	
2	Principais componentes em jogo Factores físicos marinhos	
3	Dinâmica marinha junto à costa Aproximação da onda e seus efeitos morfo-sedimentares: na prépraia	
4		Observação de fotografias aéreas, de imagens de satélite e de trabalhos elaborados por técnicos ou cientistas, para detectar e perceber as alterações na aproximação da onda e a sua dinâmica junto à linha de costa
5	Aproximação da onda e seus efeitos morfo-sedimentares: na praia	
6		Métodos de levantamento de terreno da morfologia da praia e cálculo do volume de areia perdida ou acumulada
7	As arribas Classificação Processos Morfologia das arribas e das plataformas de praia	
8	Os estuários Definições e algumas classificações	
9	Os estuários (cont.) Dinâmica estuarina	
10		Observação de mapas e fotografias

		aéreas de estuários e suas embocaduras
11	Os deltas Definições e sectores	
12	Classificação dos deltas	
13	As lagunas Definições, dinâmica e formas associadas	
14		Observação de mapas e outras imagens de lagunas portuguesas para entendimento das suas formas e dinâmicas
15	Os sapais Morfologias e dinâmica do ecossistema	
16	Os mangais Composição e dinâmica	
17	Dunas costeiras Definições Movimentação da areia	
18	Classificações das dunas	
19		Saída de campo para realizar medições de praia e de dunas
20	Dinâmica dunar	
21		Viagem de estudo pela costa*
22		Viagem de estudo pela costa*
23		Viagem de estudo pela costa*
24		Viagem de estudo pela costa*
25		Análise em laboratório da granulometria de areias de praia e de duna
26		
27	Observação de um vídeo sobre erosão e recuperação de dunas e discussão	
28	A costa portuguesa Formas e dinâmicas particulares	
29	Acções antrópicas No aumento da vulnerabilidade da costa Na tentativa de solução dos problemas costeiros	
30	Avaliação	

* Apesar de figurar nos conteúdos práticos, a viagem de estudo incidirá essencialmente sobre os temas abordados nas aulas teóricas.

5. Metodologia

A metodologia a seguir estará sempre enquadrada pelos princípios e objectivos estabelecidos no Processo de Bolonha, a que o nosso país e a Universidade de Coimbra aderiram. Neste sentido, haverá consciência de que o ensino deverá estar orientado para uma formação dos alunos adaptada às necessidades da sociedade assim como aos avanços que o conhecimento

científico vai operando. Como já foi referido, as costas em geral e a portuguesa em particular são dos sistemas geomorfológicos simultaneamente mais dinâmicos e mais ocupados e procurados pela população, portanto a necessitarem de um conhecimento actualizado e aprofundado. Daí a necessidade de haver um razoável protagonismo por parte do docente, durante os períodos lectivos.

Muitas das aulas teóricas, pelo facto de serem abordados temas novos para os alunos, serão de tipo expositivo por parte do docente; no entanto e por feitiço próprio, este interpelará, com frequência, os alunos a fazerem apelo a conhecimentos de que são possuidores ou a reflectirem sobre algo cuja resposta ou problematização é possível com os elementos entretanto fornecidos, sempre na tentativa de tornar as aulas interactivas.

Nas aulas práticas, os alunos serão postos em contacto com cartas, já eventualmente usadas mas para outros fins, e serão confrontados com cartografia temática relacionada com o litoral, melhorando a sua destreza de manuseamento, interpretação e aproveitamento. De igual modo, os alunos serão solicitados a praticar medições de terreno, pelo uso de instrumentos ou de técnicas específicas, assim como a escolher as melhores localizações para a realização dessas medições, durante a saída de campo.

Pela análise laboratorial de sedimentos recolhidos no terreno e cuja escolha dos pontos de recolha já pressupõe uma intenção interpretativa, os alunos serão levados, pelo método dedutivo, a tirar conclusões sobre os ambientes energéticos e sedimentares em causa.

A viagem de estudo proporcionará ao docente a oportunidade de mostrar *in situ* as explicações dadas nas aulas teóricas, levando os alunos a confrontarem a realidade com os modelos e os quadros teóricos apreendidos naquelas aulas e, desejavelmente, a interrogarem o docente sobre dúvidas suscitadas pela observação, ou mesmo a proporem outra interpretação diferente da ouvida, sobre alguma problemática entretanto surgida. Ser-lhes-á chamada a atenção para a observação de pormenores que muitas vezes são importantes para a interpretação geomorfológica do sítio onde estão. Serão incentivados, sempre que surja oportunidade, a inquirir pessoas conhecedoras da realidade costeira

ou marítima, a fim de tirar partido dos seus conhecimentos empíricos.

Aproveitando a plataforma WOC da Universidade, onde são introduzidos o programa, a bibliografia e os sumários, além de outros elementos, serão fornecidos textos de apoio aos alunos, que não possam ser acedidos de outro modo fácil, assim como elementos estatísticos passíveis de tratamento gráfico ou cartográfico, ou então notícias pertinentes respeitantes ao litoral.

6. Avaliação

A avaliação da disciplina será efectuada essencialmente com a prestação de uma prova escrita de duas horas no final do semestre. No entanto, serão tidos em conta a participação dos alunos nas aulas, nas saídas de campo e na elaboração de algum relatório a pedido do docente ou por iniciativa própria desde que seja pertinente para alguma problemática tratada. Neste caso haverá uma ponderação cujo peso na nota final não deverá ser superior a 25%.

7. Bibliografia básica

BIRD, Eric C. F. (1993) - *Submerging Coasts. The Effects of a Rising Sea Level on Coastal Environments*. John Wiley & Sons, London.

CARTER, R.W.G. (1988) - *Coastal Environments. An introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. Academic Press, London, 617 p.

DAVIES, J. L. (1980) - *Geographical Variation in Coastal Development*. Longman, London.

DYER, Keith R. (1997) – *Estuaries. A Physical Introduction*. Chichester, Wiley, 195 p.

KOMAR, Paul D. (1998) – *Beach Processes and Sedimentation*, 2d Ed., N. Jersey, Prentice-Hall, 544 p.

MASSELINK, G. & HUGHES, M.G. (2003) – *Introduction to Coastal Processes & Geomorphology*. Arnold, London, 354 p.

MOREIRA, M^a Eugénia S. A. (1984) - *Glossário de termos usados em*

- Geomorfologia Litoral*. Lisboa, C.E.G., Est. Geog. Reg. Tropicais, 15 (policopiado).
- PASKOFF, Roland (1985) - *Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution*. Paris, Masson.
- PASKOFF, Roland (1993) - *Côtes en danger*. Masson, Paris.
- PASKOFF, Roland (1989) - "Les dunes du littoral". *La Recherche*, 212, pp. 888-895.
- SHORT, A.D. (ed.) (1999), *Handbook of Beach and Shoreface Dynamics*, Wiley and Sons, Chichester.
- SUNAMURA, Tsuguo (1992) – *Geomorphology of Rocky Coasts*. Chichester, Wiley, 302 p.
- VERGER, F. (1991) – "Les deltas et leur aménagement", *Annales de Géographie*, n° 561-562, pp. 730-769.
- VILES, Heather & SPENCER, Tom (1995) - *Coastal Problems. Geomorphology, Ecology and Society at the Coast*. Edward Arnold, London.
- ZENKOVICH, Vsevolod Pavlovich (1967) - *Processes of Coastal Development*. Olivier & Boyd, Edinburg.

DESENVOLVIMENTO DOS CONTEÚDOS

A – CONTEÚDOS TEÓRICOS

1. Conceitos fundamentais

Como é natural, o programa terá de começar pela definição do objecto de estudo da disciplina, o que significa, quase sempre, em uma disciplina de Geografia, a indicação e caracterização do espaço sobre o qual incidirá a análise de determinada problemática. Neste caso, o espaço será em faixa, mais larga ou mais estreita consoante a concepção que cada autor ou disposição legal apresentam de litoral. É um dos objectivos mostrar como pode ser variável a definição de uma unidade geográfica aparentemente tão unanimemente percebida e aceite. Ela pode ser tão estreita como a faixa entre marés, ou tão extensa como dezenas ou até centenas de quilómetros para o interior do continente ou para o largo do mar, consoante os interesses são, respectivamente, do foro morfoclimático, ou são do foro dos recursos ou condições físicas marinhas. Quando se trata de finalidades de ordenamento do território, por norma há posturas legais que determinam esses limites, os quais raramente ultrapassam algumas centenas de metros, quer para a área submersa quer para a emersa e a partir da linha de máxima preia-mar viva.

No caso da morfodinâmica litoral, focagem preferencial desta disciplina, a faixa deve deslizar-se entre a linha submersa onde há efeito das ondas sobre o fundo (linha de fecho), portanto passível de movimentar sedimentos, e o limite interior emerso até onde há, ou houve em tempo histórico recente, influências hidro-morfo-sedimentares directas ou indirectas do mar. Geralmente pauta-se por distâncias compreendidas entre as batimétricas dos 10 a 30 m e uma distância de alguns quilómetros para o continente (que podem ser muitos no caso de alguns estuários). Seja como for, é importante focar a grande mobilidade dos limites apontados, pelo facto de depender de vários factores como, por exemplo, da agitação marítima (a batimétrica considerada), da condição de recuo ou de avanço da linha de costa, do tempo considerado para os depósitos continentais (início do séc. XX, início da Pequena Idade do Gelo, outros episódios históricos mais afastados...).

Bibliografia específica

- REGNAUD, H. & PLANCHON, O. (2002) – « La notion de limite et les objets morpho-climatiques littoraux : un enjeu théorique ? », *L'Information Géographique*, 27, 3, pp. 60-74.
- KAY, R. & ALDER, J. (1999) – *Coastal Planning and Management*, E & FN Spon, London.

2. Principais componentes em jogo

- 2.1. Factores físicos continentais: Tectónica de placas, Clima, Nível do mar
2.2. Factores físicos marinhos: *Storm surge*, *Tsunamis*, Marés

Este tema incidirá sobre os factores globais que afectam as costas a escalas temporais ou espaciais muito amplas ou que podem ser esporádicas e imprevisíveis, mas também de acção alargada.

A *tectónica de placas* actua sobre as costas pela posição que estas ocupam relativamente aos bordos das placas (convergentes ou divergentes) ou pelo facto de estarem em posição passiva no meio delas. Assim distinguem-se as *costas de colisão*, em elevação, altas e plataformas continentais curtas. As *costas de arraste*, de que há dois tipos, as *neo-afastadas*, ainda próximas de bordos divergentes, escarpadas e sem plataforma continental; as *paleo-afastadas*, já no interior das placas mas cujas características dependem do continente que bordejam, por exemplo, costas atlânticas da América do Sul, com largas plataformas pela grande quantidade de sedimentos fornecidos pelos rios, enquanto as costas atlânticas de África recebem poucos sedimentos e as plataformas são mais estreitas. *Costas de mar marginal*, casos especiais como os mares da China, do E da Austrália e do México, cada um com as suas especificidades. *Zonas de abertura ou dorsais oceânicas*, com as ilhas a terem comportamentos diferentes no Pacífico e no Atlântico pelas maiores e menores velocidades de afastamento, respectivamente.

O *clima* tem influências a nível zonal, por exemplo pela natureza e proporção de sedimentos que gera, para serem fornecidos às praias e pelas direcções dos ventos dominantes, para além de aspectos peculiares.

A oscilação do *nível do mar* é fundamental para entender as fases de

transgressão e de regressão marinhas. Ela pode dever-se a subidas ou descidas reais do seu nível, o *eustatismo*, ou a movimentos relativos continentais, a *isostasia*.

Vários tipos de processos eustáticos serão apresentados, como seja o do *eustatismo diastrófico* em que acreções ou levantamentos nos fundos oceânicos vão ocupar volume antes ocupado por água, fazendo subir o seu nível; do *glacio-eustatismo*, o mais conhecido, cuja oscilação do nível é devida às transferências de água entre as calotes de gelo e glaciares e os oceanos; do *termo-eustatismo*, cuja subida ou descida da água do mar é devida ao seu aquecimento ou arrefecimento, respectivamente; e do *eustatismo geoidal*, que explica a atracção da água oceânica por massas continentais como função da Lei da Atracção Universal de Newton, resultando uma certa deformação da superfície oceânica.

A subida ou descida de blocos da crosta continental, ou isostasia, também pode ser devida a várias razões, como a *glacio-isostasia*, em que a acumulação de gelo ou o degelo sobre um bloco fá-lo-á descer ou subir, respectivamente, com compensações nos blocos adjacentes; a *hidro-isostasia* que tem a ver com as compensações exercidas pelo peso da água líquida sobre parte do bloco continental em subida; a *isostasia de erosão* ou seja a compensação por subida, pelo desgaste superficial de um bloco pela erosão; a *retenção ou consumo de água no continente*, pode ser exemplificado pela construção de barragens que aumenta o seu peso no continente enquanto o consumo de água em geral faz diminuir o seu peso nos níveis freáticos.

Quanto aos factores físicos marinhos serão referidos três dos mais importantes que agem à escala humana, sendo um mesmo mensal e diário. A *sobreelevação de origem meteorológica ou storm surge* que consiste numa subida exagerada do nível do mar em determinada região, graças às baixas pressões sinópticas e aos ventos fortes do lado do mar e que podem afectar as áreas costeiras mais baixas com galgamentos ou mesmo invasões marinhas. O mesmo se pode dizer do fenómeno mais raro, mas mais violento que é o *tsunami*, onda enorme que se descarrega sobre a costa invadindo o interior e que pode ser devida a um sismo, a uma explosão vulcânica ou a um grande deslizamento de terras no oceano. As *marés* que são ondas de enorme

comprimento de onda, cuja periodicidade e amplitude são influenciadas pela disposição do oceano ou mar onde se propagam; podem ser semidiurnas, diurnas ou mistas quanto à periodicidade e micromarés, mesomarés, macromarés e hipermarés quanto à magnitude, com os limites em 2, 4 e 6 m, respectivamente. As correntes de maré decorrentes têm importância em áreas confinadas, como os estuários, deltas, lagunas, etc.

Bibliografia específica

- DAVIES, J.L. (1980). *Geographical Variation in Coastal Development*, 2nd ed., Longman, London.
- GAMA, C., TABORDA, R. & DIAS, J.M.A. (1997) – “Sobreelevação do nível do mar de origem meteorológica (“storm surge”), em Portugal Continental”. In Associação EUROCOAST-PORTUGAL – *Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*, Porto, pp. 131-149.
- BAO, R., FREITAS, M.C. and ANDRATE, C. 1999: Separating eustatic from local environmental effects: a late Holocene record of coastal change in Albufeira Lagoon, Portugal. *The Holocene* 9, 341- 52.
- DIAS, J. M. Alveirinho & TABORDA, Rui P. M. (1988) - Evolução recente do nível médio do mar em Portugal. *Anais do Instituto Hidrográfico*, 9: 83-97. Lisboa.
- DIAS, J. M. Alveirinho & TABORDA, Rui P. M. (1992) - Tidal Gauge Data in Deducing Secular Trends of Relative Sea Level and Crustal Movements in Portugal. *Journal of Coastal Research*, 8(3): 655-659. Fort Lauderdale.
- FORTUNATO, A.B., FERREIRA, J.S. & OLIVEIRA, A. (2000) – “A tidal model of the iberian Atlantic Shelf: first results”. *Thalassas*, 16, pp. 41-47.
- JELGERSMA, S., STIVE, M.J.F. and VAN DER VALK, L. 1995: Holocene storm surge signatures in the coastal dunes of the western Netherlands. *Marine Geology*, 125, 95-110.
- MORAIS, C. Campos & ABECASIS, Fernando (1978) - Storm Surge Effects at Leixões. *Memória LNEC*, 503. Lisboa.
- PASKOFF, Roland (1993). *Côtes en danger*. Masson, Paris.
- TABORDA, R. P. M. & DIAS, J. M. Alveirinho (1989) – Recent sea-level rise in Portugal (based on tide-gauge data). *Gaia*, 1: 11-12, Lisboa.

TABORDA, R. P. M. & DIAS, J. M. Alveirinho (1992) - Análise da sobrelevação do mar de origem meteorológica durante os temporais de Fevereiro/Março de 1978 e Dezembro de 1981. *Geonovas*, nº esp. 1 (A Geologia e o Ambiente):89-97, Lisboa.

TULLOT, I. F. (1986) - Cambios climaticos en la Peninsula Ibérica durante el ultimo milénio, con especial referencia a la "Pequeña Edad Glacial". *Quaternary Climate in Western Mediterranean*, ed. F. Lopez-Vera, Univ. Auton. Madrid: 273-348.

3. Dinâmica marinha nas costas arenosas

3.1. Génese e propagação das ondas: zonas de ondulação

3.2. Tipos de aproximação da onda do largo e seus efeitos morfo-sedimentares.

Alguns conceitos da teoria ondulatória começarão por ser dados como sejam os de *onda* e dos seus parâmetros: *período*, *frequência*, *comprimento*, *altura* e *velocidade de propagação* ou *celeridade*. Do mesmo modo, como as relações existentes entre alguns destes parâmetros: frequência inversa do período, comprimento, período e celeridade em relação directa.

Quanto à génese da onda do largo importa saber os factores que a determinam, como a velocidade do vento, o tempo de actuação deste e o comprimento da superfície de actuação dos impulsos eólicos ou *fetch*. Importância da depressão da Islândia como um dos principais centros de acção meteorológica originadores da ondulação do largo que atinge a costa atlântica europeia. Uma ideia aproximada das características que a onda adquire pode ser visionada através do *Ábaco para a Previsão da Agitação*, onde são cruzados aqueles três parâmetros.

A propagação das ondas em águas profundas vai sendo feita em grupos seleccionados pelo seu período, graças à velocidade relacionada, processo denominado por *dispersão da onda*, e que explica uma certa regularidade nas características das ondas quando atingem a costa.

Entrada da onda na zona de ondulação intermédia quando a profundidade da água atinge cerca $\frac{1}{2}$ do comprimento da onda. A partir deste momento a agitação atinge o fundo e interfere com os sedimentos que passam a

movimentar-se. De igual modo, a onda começa a transformar-se para a forma trocoidal, que facilita o movimento dos sedimentos para a costa.

Quando a onda rebenta, por a velocidade das partículas de água ser superior à velocidade de deslocação da onda, facto ocorrido quando a profundidade é igual a 1/20 do comprimento de onda, ou cerca de 4/3 da altura da onda, ela entra na zona de águas baixas. É a zona mais dinâmica, em termos sedimentares, da área submersa, onde é libertada grande parte da energia da onda e onde esta passa a translacional. As trocas de sedimentos com a praia são muito importantes. A inclinação da plataforma nesta zona, tem efeitos no tipo de rebentação da onda: *efervescente*, *encapelada*, *ejectada*.

A interferência do fundo da prépraia na onda e a modificação do seu rumo: *refracção* da onda. O contorno de obstáculos e a *difracção* da onda.

O ângulo de aproximação da onda relativamente à linha de costa tem efeitos díspares no transporte de sedimentos e nas formas emersas e submersas da praia. Com uma aproximação perpendicular ou próxima, criam-se *crescentes de praia* que ajudam a concentrar a água nos alvéolos, podendo regressar ao mar em correntes de retorno ou *agueiros*. Estes transportam areia para lá dos *bancos* ou *coroas* de areia onde se verifica, em regra, a rebentação da onda. A areia destes bancos, depositada em mar mais agitado, acaba por regressar à praia com o mar mais calmo, originando uma praia mais reflectiva.

Com a aproximação oblíqua da onda, a resultante de circulação da água junto à praia é paralela a esta, tal como o movimento dos sedimentos pela *deriva longitudinal* ou *corredoura*. O mesmo se passa com o espraiar oblíquo da onda pela praia e o refluxo perpendicular da água, de que resulta a *deriva de praia*. Daqui se podem desenvolver línguas arenosas que progridem para sotamar e cujo alinhamento está dependente quer da deriva litoral quer das saliências da costa quer, em última instância, da orientação média da ondulação.

Com mar calmo, a tendência é para as ondas depositarem areia na parte superior da face de espalho ou de ressaca construindo um patamar, ou mais, de acordo com as marés, denominado de *berma*. A sua altura está dependente da altura da onda incidente e do tamanho dos sedimentos, enquanto a sua

largura depende da quantidade de sedimentos que as ondas movimentam.

Bibliografia específica

CARVALHO, J. J. Reis de (1971) - Características das ondas na rebentação (caso de batimetria paralela). Sua aplicação ao transporte sólido litoral. *3ª Jornadas Luso-Brasileiras de Eng. Civil*, p. III-2-1 a III-2-15, Lisboa.

CARVALHO, J. J. Reis de & BARCELÓ, J. P. (1966) - Agitação marítima na costa Oeste de Portugal Metropolitano - Contribuição para o seu estudo. *LNEC, Memória 290*, 34 p., Lisboa.

OPEN UNIVERSITY (1989) - *Waves, Tides and Shallow-Water Processes*. Pergamon Press.

PIRES, H. N. de Oliveira & PESSANHA, L. E. de V. (1982) - Características Direccionais da Agitação Marítima na Região de Sines. *Revista do INMG*. Lisboa.

PIRES, H. N. de Oliveira & PESSANHA, L. E. de V. (1986) - Wave Power Climate of Portugal. *In: Evans, D. & Falcão, A.F. de O. (eds.) Hydrodynamics of the Ocean Wave-Energy Utilization*, p.157-167, Springer, Berlin-Heidelberg.

PIRES, H. Oliveira (1989) - "Alguns aspectos do clima de agitação marítima de interesse para a navegação na costa de Portugal". *O Clima de Portugal*, Fasc. XXXVII, vol. 2, Inst. Nac. Meteo. Geofísica, Lisboa, 34 p.

PITA, C. & SANTOS, J. (1989) – Análise dos temporais da costa oeste de Portugal continental (1956 a 1988). *Rel. IH/LNEC*, 29 p., Lisboa, (não publicado).

SHORT, A.D. and HESP, P.A. 1982: Wave, beach and dune interactions in southeast Australia. *Marine Geology* 48, 259- 84.

SHORT, A.D. (1985) – "Rip-current type, spacing and persistence, Narrabeen Beach, Australia". *Marine Geology*, 65, pp. 47-71.

TEIXEIRA, S.B; J.S. ALVES; C.F. ANDRADE; C. ROMARIZ (1989) – "Dinâmica morfológica das praias das ilhas barreira da "Ria Formosa" (Algarve – Portugal). *Geolís*, v. III, f. 1 e 2, pp. 238-254.

VIDINHA, J. M.; ANDRADE, C.; TEIXEIRA, S. B. (1997) – "Análise morfológica do cordão dunar entre Espinho e Cabo Mondego (Portugal). *In Associação EUROCOAST-PORTUGAL – Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*, Porto, pp. 391-416.

WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. (1984) – "Morphodynamic variability of surf zones and

beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56, pp. 93-118.

4. As arribas

- 4.1. Classificação
- 4.2. Formação e evolução
- 4,3. Morfologia das arribas

Será feita uma abordagem necessariamente sumária das arribas, suficiente para os alunos entenderem a sua origem e evolução e os principais factores e processos implicados nessa evolução, tomando consciência que se está perante uma costa sujeita a erosão, portanto em recuo, porventura lento.

Na introdução do tema serão apresentados os tipos de arribas de acordo com a sua evolução: *vivas*, *estabilizadas*, *mortas*, *fósseis* e *exumadas*. Na saída de campo poderão ser observados quase todos estes tipos no Cabo Mondego.

Como condicionantes topográficas e estruturais à evolução e morfologia das arribas são apontadas a existência de vertente continental e a morfogénese a que está sujeita (dependente do domínio morfoclimático onde se insere e a predisposição dos materiais), a geodinâmica interna como o vulcanismo e os movimentos tectónicos, a natureza das rochas constituintes (formações coerentes ou móveis) e a disposição dessas formações. É já clássica a apresentação dos perfis das arribas pelo jogo entre factores como a relação entre acção marinha *versus* acção subaérea e a constituição rochosa homogénea ou rocha mais resistente sobreposta a rocha menos resistente e *vice-versa*.

Importância fundamental é dada à acção marinha sobre as arribas em especial quanto ao modo como a onda a ataca e ao processo de meteorização aí exercido.

Sunamura (1982) divide as ondas incidentes às arribas em *estacionárias*, *em rebentação* e *rebetadas*, de acordo com a energia que descarregam sobre aquelas. O autor joga com a relação entre a profundidade da água junto à base da arriba e a profundidade de rebentação da onda. Nas estacionárias a

primeira é superior à segunda, nas em rebentação ambas coincidem e nas rebentadas a primeira é inferior à segunda. É nas ondas em rebentação que é descarregada maior energia sobre a parede da arriba e a sua acção mais intensa.

Quanto aos processos de meteorização marinha há a distinção entre o *destacamento*, como arranque de material previamente preparado por outro agente ou processo; a *abrasão*, como o desgaste pelo mar com a ajuda de sedimentos grosseiros; a *meteorização na camada de água*, motivada pela alternância de humectação-exsicação; a *dissolução*, ligada a rochas mais atacáveis quimicamente e à disponibilidade de CO₂ na água do mar; a *meteorização pelo gelo*, actuante nas elevadas latitudes e dependente da maior ou menor gelivação das rochas; e a *erosão biológica*, pelas algas e pelos animais que habitam as arribas ou as plataformas de erosão.

Pode estabelecer-se uma relação entre estes tipos de meteorização e as plataformas de erosão: destacamento e abrasão dão plataformas inclinadas para o mar, meteorização na camada de água dá origem a plataformas sub-horizontais ao nível da preia-mar, dissolução e erosão biológica também sub-horizontais mas ao nível da baixa-mar.

Condições para o desenvolvimento do *solapo* e as consequências na evolução das arribas.

Bibliografia específica

- CHAO, Ramon B. (2001) – “Procesos de Erosión en Costas Rocosas”, *Xeográfica*, 1, pp. 39-59.
- CORREIA, F., DIAS, J.A. & BOSKI, T. (1994) – “The retreat of Eastern Quarteira cliffed coast and its possible causes (preliminary results)”. *Gaia, Revista de Geociências*, Lisboa, 1.º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, pp. 3-5.
- MARQUES, F. M. S. F. & C. ROMARIZ (1989) – “Susceptibilidade à erosão do litoral da Península de Peniche (Estremadura – Portugal). *Geolis*, v. III, f. 1 e 2, pp. 212-222.
- MARQUES, F. M. S. F. (1997) – *As arribas do litoral do Algarve: dinâmica, processos e mecanismos*. FCUL, (Tese de doutoramento).

MARQUES, Fernando (2000) – “Evolução das Arribas e da Linha de Costa no Arco Litoral Tróia-Sines (Portugal)”. In Carvalho, G.S., Gomes, F.V. e Pinto, F.T. (eds). *A zona costeira do Alentejo*, Assoc. Eurocoast-Portugal, pp. 27-44.

MARQUES, F. M. S. F. (2001) – “The deep-seated landslide of “Praia da Telheira” (SW coast of Portugal), *Com. Inst. Geol. Mineiro*, 88, pp. 185-197.

MARQUES, F. M. S. F. (2008) – “Magnitude-frequency of sea cliff instabilities”. *Natural Hazards Earth Syst. Sci.*, 8, pp. 1161-1171.

SUNAMURA, Tsuguo (1992) – *Geomorphology of Rocky Coasts*. Chichester, Wiley, 302 p.

5. Estuários

- 5.1. Classificação dos estuários
- 5.2. Dinâmica e hidrologia estuarinas
- 5.3. Fenómenos sedimentares nos estuários

Os estuários são formas terminais de organismos fluviais que têm recebido variadas definições mas das quais se podem destacar denominadores comuns: secção mais a jusante de um rio com dupla influência da água do mar e do rio, das marés e de sedimentos de ambas as proveniências. A abertura para o mar mais ampla ou mais apertada depende da dinâmica sedimentar deste.

Originados com a transgressão holocénica, mantêm-se onde se conjugam factores como, por exemplo, uma ampla maré e pouca carga sedimentar fluvial. As regiões temperadas são mais favoráveis à sua manutenção.

Tem havido um número alargado de classificações dos estuários seguindo os mais variados critérios. Serão apresentadas algumas dessas classificações, consideradas mais significativas e que ajudam, pela explicação das suas distinções a apresentar a dinâmica hidrológica e sedimentar dos estuários assim como das suas particularidades morfológicas.

Assim, pela actuação das diferentes amplitudes de maré (micromarés, mesomarés, macromarés e hipermarés) e o atrito exercido sobre a sua propagação no estuário estes são subdivididos em *hipersíncronos*, *síncronos* e *hipossíncronos*, se aumenta, se é mantida ou se diminui a amplitude de maré para montante, respectivamente. Pela topografia preexistente podem ser classificados em *vales fluviais inundados* (Rias), em *fiordes* (vales glaciários

inundados) e *estuários barrados* (associados a costas deposicionais).

Dalrymple *et al.* (1992) apresenta duas classificações interessantes de estuários tendo em atenção sempre a conjugação dos três factores fundamentais: rio, maré e onda. Na classificação evolutiva mostram como as formas litorais evoluem ao longo do tempo para estuários, deltas ou planícies costeiras consoante domina o processo de transgressão ou de progradação, respectivamente. Na outra classificação dividem os estuários em *dominados pelas ondas* e *dominados pelas marés*, com distribuições diferenciadas dos sedimentos pelo estuário assim como da sua abertura para o oceano, ou seja, com barreira no primeiro caso e aberto no segundo.

A classificação pela estrutura salina permite um bom entendimento do jogo entre a água doce fluvial e a água salgada marinha trazida pela maré e os modos particulares de circulação destas águas. Num *estuário altamente estratificado tipo cunha salina* pode ver-se a boa separação entre as duas águas, graças à fraca maré, assim como a disposição da haloclina, com débeis misturas de águas. No *estuário altamente estratificado tipo fiorde* há uma relação entre as águas semelhante à anterior diferindo apenas na existência de fundos por vezes muito irregulares, com soleiras que podem interferir na circulação das águas e com possíveis estagnações inferiores. No *estuário parcialmente misturado* já se verifica turbulência, com alguma mistura de águas e circulações de vazante e enchente a começarem a escolher margens, pela força de Coriolis. Nos *estuários verticalmente homogéneos*, há o *lateralmente não-homogéneo* em que a largura ampla permite uma separação horizontal nítida dos fluxos vazante e enchente e o *lateralmente homogéneo* onde a estreiteza do canal obriga à boa mistura das águas; em ambos a salinidade varia progressivamente de montante para jusante.

Estas relações de salinidade nos estuários ajudam a entender as noções hidrológicas de *maré de salinidade* e de *maré dinâmica*, com a qual se determina o limite montante do estuário.

Os fenómenos sedimentares nos estuários estão dependentes da quantidade de energia existente no sistema em cada ponto e assim o tipo de sedimento que se vai depositando ou entra em movimento no fundo ou nas margens, mas o *corpo lodoso* e o conseqüente *creme de vasa* estarão

associados aos electrólitos trazidos pela água salgada e que permitem a suspensão e posterior floculação de vasas e argilas no seio da água do estuário.

Uma referência será feita também ao desenvolvimento de bancos de areia na boca dos estuários assim como às dunas hidráulicas, tão perigosos para a navegação.

Bibliografia específica

- DINIS, J. & PROENÇA, P. (1999). "Sedimentologia e hidrodinâmica dos subsistemas estuarinos do Mondego (Portugal Central)". *Recursos Hídricos. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos*, v. 20, nº 1, pp. 37-49.
- DRAGO, T., FREITAS, C., ROCHA, F., CACHÃO, M., MORENO, J., NAUGHTON, F., FRADIQUE, C., SILVEIRA, T., OLIVEIRA, A., CASCALHO, J. & FATELA, F. (2006) – "Paleoenvironmental evolution of estuarine systems during the last 14,000 years – the case of Douro estuary (NW Portugal)". *Journal of Coastal Research*, 39: 186-192.
- DUARTE, D. N. & REIS, R. P. (1991) - Distribuição actual dos sedimentos no estuário do rio Mondego. *Gaia*, 3: 7, Lisboa.
- DYER, Keith R. (1997) – *Estuaries. A Physical Introduction*. Chichester, Wiley, 195 p.
- HENRIQUES, M.V. & GAMA, C.P. (2000) – "Evolução Histórica e Recente dos Estuários do Sudoeste Alentejano (Rio Mira, Ribeiras de Seixe e Aljezur)", *In* Carvalho, G.S., Gomes, F.V. e Pinto, F.T. (eds). *A zona costeira do Alentejo*, Assoc. Eurocoast-Portugal, pp. 27-44.
- NORDSTROM, K. & ROMAN, C.T. (1996) – *Estuarine Shores. Evolution, Environments and Human Alterations*. J. Wiley & Sons, Chichester, 486 p.
- VARELA, M., PREGO, R., CANLE, M. & LORENZO, J. (1994) – "The Ria de la Coruña, is hydrologically a Ria?". *Gaia. Revista de Geociências*, Lisboa, 1.º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, pp. 3-5.

6. Deltas

- 6.1. Deltas simples e compostos
- 6.2. Formação e morfometria dos deltas
- 6.3. Morfologia dos deltas
- 6.4. Classificação dos deltas

Os deltas costeiros são avanços mais ou menos marcados de terra sobre o mar à custa de acumulações de sedimentos terrígenos onde os rios entram no oceano. Em regra correspondem à secção terminal de organismos fluviais importantes, com grande capacidade de transporte e de acumulação de sedimentos, o qual se verifica de modo mais ou menos contínuo (*deltas compostos*), mas também podem corresponder a acumulações episódicas de cones de dejectão de torrentes montanhosas (*deltas simples*). Serão tratados os deltas compostos.

Não sendo uma geoforma generalizada², convém entender as condições que são mais favoráveis à sua existência: rio com grande capacidade de transporte, grande quantidade de sedimentos disponíveis para serem transportados, fortes contrastes sazonais de pluviosidade; assim como as características marinhas: ondulação pouco enérgica, fraca amplitude de maré, plataforma continental de pouco declive e extensa, nível do mar estável ou em regressão e mares fechados.

Quanto à morfometria dos deltas são dadas as noções dos seus principais parâmetros: *ápice*, *ponto distal*, *comprimento*, *desnível*, *declive*, *largura* e *índice de protuberância*.

Na morfologia dos deltas são apresentadas e explicadas as suas várias secções às quais correspondem dinâmicas e morfologias gerais e de pormenor variadas.

A *planície deltaica* é a forma mais evidente do delta. É constituída por sedimentos médios a finos, de fraco declive e por onde, em regra, os rios meandrizam. Os sedimentos mais grosseiros (areias) distribuem-se pelos leitos dos distributários, onde há mais energia no sistema, como também pelas suas margens (*cristas de margem*) que se elevam acima da superfície interbistributária. A maior circulação e acumulação de sedimentos nos canais

² Em Portugal não há verdadeiros deltas, apenas se poderão considerar como deltas interiores os do rio Vouga quando entra na Laguna de Aveiro e do rio Tejo na entrada do “Mar da Palha”.

fá-los elevar e a serem abandonados quando há extravasamentos e o distributário toma outro rumo sobre a planície (*defluição*). Os subdeltas abandonados, quer pelo abatimento, motivado pela compactação dos sedimentos, quer pelo ataque por parte do mar na sua margem, tendem a recuar significativamente. O fraco declive geral da planície favorece o aparecimento de depressões com água onde se depositam sedimentos finos e cresce vegetação própria.

A *margem deltaica* estabelece a transição entre a planície deltaica e o mar. Aqui já a influência marinha é notória ao redistribuir os sedimentos trazidos pelo rio, formam-se praias, restingas, dunas frontais e até interiores. As restingas e, por vezes, as dunas favorecem a constituição de lagunas.

A *frente deltaica* é o prolongamento submerso da planície deltaica e onde se depositam sedimentos arenosos e finos que cobrem os finos depositados em águas mais profundas.

O *talude prodeltaico* inclina bem mais do que as outras secções do delta e recebe apenas sedimentos finos, por norma argilas que podem entrar em movimento em massa rápido, mas extenso, quando ultrapassa um determinado limiar crítico de declive (em regra 2°). As argilas chegam a ejectar-se através dos sedimentos superiores mais grosseiros da frente deltaica, podendo mesmo alcançar a superfície da água, por um fenómeno denominado *diapiro de vasa*.

Um aspecto importante na abordagem dos deltas é o da sua classificação. Serão apresentados dois tipos de classificação pelos critérios da morfologia e da zonalidade. No primeiro caso, mais conhecido, distinguem-se os deltas *digitados*, os *lobados*, os *arqueados* e os *triangulares*. Quanto ao papel das condições morfoclimáticas distinguem-se os deltas das regiões frias das elevadas latitudes, dos deltas das regiões secas, dos deltas das regiões tropicais húmidas.

Bibliografia específica

COLEMAN, J.N. & WRIGHT, L.D. (1971) – *Analysis of major river systems and their deltas: procedures and rationale: with two examples*. Louisiana State University Press, 125 p.

VERGER, F. (1991) – “Les deltas et leur aménagement”, *Annales de*

7. Lagunas

- 7.1. Definições e tipos
- 7.2. Forças em jogo e morfologias
- 7.3. Caracteres zonais

As lagunas são formas litorais que interessam sobremaneira a Portugal porque aqui existem várias e de diversos tipos. A sua definição não é consensual já que podem ser vistas como planos de água separados do mar aberto, com o qual contactam efémera ou permanentemente, por cordões móveis arenosos ou por qualquer tipo de rocha. A este segundo caso, Paskoff (1985) denomina de *pseudo-lagunas*.

As lagunas têm sido classificadas principalmente com base em dois critérios, o da sua inserção no espaço costeiro e o do jogo ou confronto entre as transferências litorais e as marés. No primeiro caso, destacam-se as *lagunas associadas a ilhas-barreira* (caso da Ria Formosa), as *lagunas sobre a frente de deltas*, os *fundos de baías barrados pelas restingas*, as *embocaduras de rios fechadas por restingas* (caso das lagunas do litoral alentejano) e as *das Ilhas da Madalena*, Canadá. No segundo caso, distinguem-se as lagunas *estuarianas*, as lagunas *abertas*, as lagunas *semifechadas* e as lagunas *fechadas*.

Para entender a formação das lagunas é fundamental explicar a acção das forças em jogo como é o caso da *ondulação*, em especial se for oblíqua por causa da deriva, mas também pela sua acção nos galgamentos; da *maré*, pela sua amplitude e pelo prisma de maré e a sua influência no transporte de sedimentos e na manutenção das ligações entre o mar e a laguna; dos *rios*, com o seu contributo sedimentar e de caudal doce; do *vento*, pelo transporte arenoso para a restinga mas também para a laguna e pela agitação que causa na água.

Os elementos morfológicos mais destacáveis das lagunas estão relacionados, como não podia deixar de ser, com a actuação das forças referidas. É o caso das *aberturas ou barras*, mais largas e em maior número

quando a maré é mais forte e que pode migrar em função da deriva litoral; dos *deltas ou leques de maré* de um lado e do outro das barras e com formas ligeiramente diferentes em função da maior hidrodinâmica do lado do mar; das *restingas*, as verdadeiras construtoras das lagunas; dos *leques de galgamentos*, quando se verifica a sua ocorrência; dos *deltas* dos rios afluentes; dos *sapais*, sob climas temperados ou *mangais* sob clima tropical.

Tal como acontece com outras formas litorais as lagunas também apresentam diferenciações zonais, de que se destacam as mais importantes. Nas elevadas latitudes a deriva actua muito pouco tempo, embora disponha de grande quantidade de sedimentos. Nas latitudes temperadas são sujeitas a marés elevadas e há grande desenvolvimento de sapais pela quantidade de finos carreados pelos rios. Nas regiões áridas e semiáridas são geralmente fechadas pela inexistência de rios, tornam-se hipersalinas, as suas águas estão abaixo do nível médio do mar e são frequentes precipitações de sais nas suas margens. Na zona tropical húmida há deltas frequentes nas embocaduras dos rios, os mangais retêm grandes quantidades de finos.

Bibliografia específica:

- ABECASIS, Carlos Krus (1955) - The history of a tidal lagoon inlet and its improvement (the case of Aveiro, Portugal). *Proceedings of the Fifth Conference on Coastal Engineering*, p.329-363.
- AMORIM, A. de (1980) - Alguns problemas históricos a respeito da Barrinha de Esmoriz. *Espinho - Boletim Cultural*, II(8):319-385. Espinho.
- ANDRADE, César Freire de (1990) - *O ambiente de barreira da Ria Formosa (Algarve - Portugal)*. Tese de Doutoramento. 654 p.. Lisboa.
- ARAÚJO, Maria da Assunção (1991) - Depósitos Eólicos e Lagunares Fósseis na Região de Esmoriz. *Rev. Fac. Letras - Geografia*, I Série, 1: 53-62, Porto.
- BARROSA, João de Oliveira (1985) - Breve Caracterização da Ria de Aveiro. *Jornadas da Ria de Aveiro: Ordenamento da Ria de Aveiro*: vol. II, Câmara Mun. Aveiro.
- DA SILVA, J.F. AND DUCK, R.W. 2001: Historical changes of bottom topography and tidal amplitude in the Ria de Aveiro Portugal - trends for future evolution. *Climate Research* 18, 17- 24.

- DAVEAU, Suzanne (1988) – “A história do Haff-Delta de Aveiro ou... As fraquezas do nosso ensino da Geografia”, *Finisterra*, XXIII, 46, pp. 327-335.
- DIAS, J.M., LOPES, J.F. AND DEKEYSER, I. 2000b: Tidal propagation in the Ria de Aveiro Lagoon, Portugal. *Physics and Chemistry of the Earth (B)* 25, 369- 74.
- FREITAS, M.C., CRUCES, A. e ANDRADE, C. (2000). “As lagunas de Melides e de Santo André: evolução e comportamento morfodinâmico”. In Carvalho, G.S., Gomes, F.V. e Pinto, F.T. (eds). *A zona costeira do Alentejo*, Assoc. Eurocoast-Portugal, pp. 27-44.
- GIRÃO, A. de Amorim (1951) - Evolução morfológica da região do Baixo Vouga. *Boletim do Centro de Estudos Geográficos*, nº273:75-85, Coimbra.
- GOMES, Celso S.F. (1992) – “Conhecer o passado e o presente da Ria de Aveiro para perspectivar o seu futuro”. *Geociências, Rev. Univ. Aveiro*, 7, (1-2), pp. 141-149.
- MATOS, J., ANDRADE, C. & ROMARIZ, C. (1992) – “Evolução Histórica da Laguna de Sto André”, *Geolis*, VI, 1-2, pp. 1-18.
- OLIVEIRA, O. O. (1983) - *Origens da Ria de Aveiro*. Ed. Câmara Municipal de Aveiro, Aveiro.
- PRATES, Silvério & ROMARIZ, C. (1989) - Caracterização e evolução da laguna de Esmoriz. *Geolis*, III(1/2):231-237, Lisboa.
- VICENTE, C.M. (1985) - Caracterização Hidráulica e Aluvionar da Ria de Aveiro. Utilização de Modelos Hidráulicos no Estudo de Problemas da Ria. *Jornadas da Ria de Aveiro Ordenamento da Ria de Aveiro*. Vol. III, Aveiro.
- VICENTE, Claudino M. (1991) - Evolução maregráfica e morfológica do canal de Mira da Ria de Aveiro. *Actas do 2º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, p.68-85, Porto.

8. Sapais e mangais

- 8.1. Plataformas dos sapais: morfologia e composição florística
- 8.2. Sedimentação nos sapais
- 8.3. Os mangais: composição e sedimentação

Os sapais são ecossistemas anfíbios desenvolvidos em plataformas entremarés, com sedimentos pelíticos ou areno-pelíticos e em áreas abrigadas da agitação marítima. Este abrigo é conseguido, em regra, em bordos de

estuários e de deltas, atrás de restingas e de ilhas-barreira ou nas margens de lagunas.

Morfologicamente os sapais são constituídos por três plataformas, em relação directa com as marés e com coberturas diferentes de vegetação.

A plataforma inferior, *lodaçal ou atoleiro* (internacionalmente conhecida por *slikke* ou *baixa slikke*), é submersa em todas as marés-altas e por isso não tem vegetação superior. Tem sedimentos lodosos, mas também cristas ou bancos arenosos e conquíferos, e é cortada por canais em que uns são percorridos mais pela vazante e outros mais pela enchente. O declive é muito fraco, 1 a 3‰.

Em posição intermédia, a *plataforma de preia-mar morta* (ou *alta slikke*), que pode ser substituída por uma micro-arriba, é mais inclinada do que a anterior, 1 a 2%, e é onde se verifica a maior sedimentação nas marés-cheias. Aí surge a primeira vegetação superior do sapal, em regra dos géneros *Spartina* e *Salicornia*.

A *plataforma de preia-mar viva* (*schorre*), mais alta, apenas é inundada nas marés vivas e é praticamente plana (declive <1‰). Está coberta por vegetação baixa com alguma tolerância ao sal e embora varie consoante a região do mundo, é dominada por Chenopodiaceae, a que se juntam algumas Gramineae e Compositae, entre outras. Contribuem para a intercepção e retenção dos sedimentos finos e apenas faltam nos esteiros ou canais de maré que cortam a plataforma e nas poças de maré onde se concentra sal.

O processo de sedimentação dos finos nestas plataformas de sapal será explicado através da actuação dos vários factores influentes, como seja, a importância da diferente velocidade da água nos canais e nas superfícies e a separação espacial dos sedimentos por tamanhos, a relação entre a velocidade mínima de suspensão dos finos e as correntes de maré, a floculação das argilas facilitada pela água salgada e pela actividade da fauna bentónica, finalmente o papel primordial da vegetação. A sedimentação no Inverno é menor do que no Verão porque faltam algumas espécies de plantas, as anuais, e a água está mais agitada.

Nas regiões frias os sapais têm algumas particularidades que lhes advêm

da acção do gelo no Inverno: depressões pelo arranque de vegetação, blocos e calhaus espalhados pelas plataformas e sulcos causados pela deslocação daqueles blocos.

Os mangais são ecossistemas florestais dos lodaçais entremarés das regiões tropicais. Apesar de haver algumas dezenas de espécies de mangues, três deles são os mais vulgares: o Manguê vermelho (*Rhizophora*), o Manguê preto (*Avicennia*) e o Manguê branco (*Laguncularia*). Os seus sistemas radiculares são próprios para meios anaeróbios, como *Rhizophora* que emite raízes aéreas a partir do tronco e *Avicennia* e *Laguncularia* que emitem a partir do chão para o ar (pneumatóforos).

É normal verificar-se um zonamento das espécies com *Rhizophora* do lado do mar e depois *Avicennia*, mas também pode acontecer o contrário. A salinidade parece ser um factor determinante desta sequência, *Avicennia* é mais tolerante ao sal. Outro factor é o substrato, com *Rhizophora* a preferir os mais orgânicos e finos, *Avicennia* os mais arenosos e com taxa de sedimentação mais rápida e *Laguncularia* os sítios interiores mais secos e abrigados. Nos estuários ou deltas desenvolvem-se mais altos nas margens dos canais ou distributários. Para o interior dos mangais as plantas tornam-se mais pequenas, podendo mesmo adquirir formas anãs, supõe-se que seja pelo aumento da salinidade, pela sua forte evapotranspiração.

Bibliografia específica

- CARTER, R.W.G. (1988) - *Coastal Environments. An introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. Academic Press, London, 617 p.
- CHAPMAN, V.J. (1974) – “Salt marshes and salt deserts of the world”, in R.J. Reinold & W.H. Queen (eds) – *Ecology of Halophytes*, Academic Press Inc., N.Y., pp. 3-19.
- MOREIRA, M. Eugénia (1987) - Estudo fitogeográfico do ecossistema de sapal do estuário do Sado. *Finisterra*, 22(44): 247-303. Lisboa.
- GOELDNER-GIANELLA, et al. (2003) – “Les marais endigués de la Ria Formosa (Algarve) face à un siècle de développement économique. Le cas de la réserve naturelle de Ludo”. *Annales de Géographie*, 629, pp. 3-22.

9. Dunas litorais

- 9.1. Origem e movimentação das areias
- 9.2. Classificação das dunas
- 9.3. Dinâmica dunar
- 9.4. Factores influentes na morfologia, ripples eólicos e dunas litificadas

As dunas eólicas, não obstante serem das geoformas mais típicas e conhecidas das regiões áridas são, em simultâneo, um dos sistemas morfológicos mais representativos das regiões litorais, mesmo sob clima húmido. Tentar-se-á aqui explicar as razões dessa existência, mas também como funcionam e que formas adquirem.

Os factores intervenientes na existência de dunas litorais são essencialmente o *vento*, pela sua velocidade e pelo regime e direcção dominante (mais favorável quando sopra do lado do mar); o *clima*, pela produção de sedimentos transportáveis pelo vento e pela vegetação que suporta; o *afluxo de sedimentos arenosos às praias*, pela possibilidade de formar praias largas (no norte de Portugal as dunas são mais frequentes junto a embocaduras de rios); e a *topografia*, por facilitar ou dificultar a progressão das areias para o interior.

Como entram as areias em movimento? Serão explicadas as condições-limite para as areias iniciarem o seu movimento, ou seja, a *velocidade limiar de arranque ou velocidade tangencial crítica*, pela fórmula de Bagnold (1941), em que o factor diâmetro prevalece, com o desajuste dos sedimentos abaixo de 60 µm. O factor *humidade* também interfere no arranque, o que pode ser traduzido pela fórmula de Johnson, assim como o *declive*, cujo comportamento a subir ou a descer é bastante diferente.

Os modos de transporte dos sedimentos: siltes e argilas por suspensão, areias por saltação e reptação. A trajectória parabólica das areias em saltação e efeito das forças actuantes: aceleração da gravidade, arraste aerodinâmico, efeito Magnus e sustentação aerodinâmica.

A altura e comprimento da trajectória varia consoante a velocidade do vento, distendendo-se a forma com maior velocidade, e considera-se que a relação é de cerca de 1 de altura para 13 de comprimento sob a velocidade tangencial crítica. Quanto ao ângulo de levantamento das areias há opiniões

divergentes, que podem ir de 75° a 90° (Bagnold) até 50° (White e Schultz, 1977), o que não acontece com o ângulo de chegada, cujos valores são mais convergentes, 10° a 16° para o primeiro e 4° a 28° para os segundos.

Das inúmeras classificações de dunas (quase uma por cada autor que se dedica ao seu estudo) destacar-se-ão algumas das mais diferenciadas e, eventualmente, com melhor aplicação à nossa realidade.

A classificação *ecológico-dinâmica*, muito usada pelos biólogos e que

distingue as dunas brancas, das cinzentas e das verdes, pela cobertura vegetal. A classificação *dinâmica* separa as dunas longitudinais, das oblíquas e das transversais pelo seu alinhamento face aos ventos dominantes. A classificação *morfo-dinâmica* de Kenneth Pye (1983) que divide as dunas em dois grandes grupos, as imóveis e as transgressivas. A classificação *topo-dinâmica* de German Flor (1998) a qual dá importância não só à morfologia, mas também à inserção na topografia pré-existente e à dinâmica.

A duna frontal também foi classificada por alguns autores que tiveram em atenção os seus estádios evolutivos e as formas adquiridas, casos das classificações de Patrick. Hesp (1988) e de Vidinha, Andrade e Teixeira (1998).

Para haver uma familiarização com as principais formas de dunas serão apresentadas as características mais salientes das dunas sombra, eco, frontal, blowout, parabólicas, barkanes, transversas, lineares e em estrela.

Seguir-se-á uma análise da dinâmica dunar, quando em movimento, o modo como o vento incidente actua, como se modifica, como se dá o transporte de sedimentos e que formas dunares resultam.

Na vertente barlavento é dada importância ao *ratio* de aumento de velocidade do vento incidente ou factor amplificador e aos factores intervenientes como a altura da duna, o *ratio* de exposição e o ângulo de ataque. Será referida a variação do transporte em função da velocidade do vento.

Na vertente sotavento começa-se por analisar o tipo de fluxo aí ocorrente e que pode ser, em relação à superfície, separado, ligado e ligado e deflectido. Os factores que controlam esse fluxo, um pouco à semelhança da vertente barlavento são o *ratio* de exposição, o ângulo de ataque e a estabilidade da atmosfera. No geral, as velocidades serão mais altas a sotavento quando há

uma baixa *ratio* de exposição e os ventos são oblíquos. Empiricamente considera-se o ângulo de 40°, da crista relativamente ao rumo do vento incidente, como a separação entre transporte e deposição a sotavento.

Quanto aos padrões de erosão e deposição nas dunas considera-se que a primeira se verifica com ventos em aceleração ou deflectidos, enquanto a deposição pode ser rápida em faces de avalanche e vento separado, e será lenta com convergência de fluxo ou expansão local do fluxo.

Os factores influentes na morfologia das dunas podem ser variados, salientaremos o regime dos ventos, em que ventos unidireccionais favorecem as dunas em crescente e as transversas; os bimodais, menos de 180°, na origem, alongamento e manutenção de dunas lineares. Também as características dos sedimentos influem já que as areias grosseiras induzem grandes diferenças nas taxas de transporte entre a crista e a base. A vegetação é fundamental na origem das dunas sombra, blowouts e parabólicas.

A orientação do alinhamento das dunas parece ser uma função da maximização do transporte através da crista.

O caso particular das dunas consolidadas será abordado pelo facto de ser um fenómeno geológico frequente no nosso país, especialmente na metade sul. Climas com alternância estação húmida/estação seca e relativamente quentes serão os mais favoráveis, embora a quantidade de carbonatos nas areias constituintes pareça ser muito determinante.

Bibliografia específica

ARAÚJO, M.A. (1998) – “Sistemas dunares fósseis no litoral da região do Porto”. *Actas do Seminário Dunas da Zona Costeira de Portugal*, EUROCOAST-Portugal, pp. 65-89.

BAGNOLD, R.A. (1941) – *The Physics of Blown Sands and Desert Dunes*. Methuen, London, 256 p.

CARTER, R.W.G. (1990) – “Geomorphology of the Irish coastal dunes”. *Catena Suppl.* 18, 31-39.

CARTER, R.W.G., PATRICK A. HESP E KARL F. NORDSTROM (1990) – “Erosional landforms in coastal dunes”. In K. F. Nordstrom, N. Psuty e B. Carter (ed.) – *Coastal*

- Dunes. Form and Process*, Wiley, pp. 217-250.
- CARVALHO, G. S.; GOMES, F. V.; PINTO, F. T. (eds) (1998) – *Dunas da Zona costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal, Actas do Seminário de Leiria, Junho, 1998, 285 p. (Várias comunicações sobre a classificação das dunas e sobre as dunas em Portugal).
- CLARKE, M.L., RENDELL, H.M., PYE, K., TASTET, J-P., PONTEE, N.I. AND MASSÉ, L. 1999: Evidence for the timing of dune development on the Aquitaine Coast, southwest France. *Zeitschrift fur Geomorphologie* Supplement Band 116, 147- 63.
- CLARKE, M.L., RENDELL, H.M. TASTET, J-P., CLAVÉ, B. AND MASSÉ, L. 2002: Late Holocene sand invasion and North Atlantic storminess along the Aquitaine coast, southwest France. *The Holocene* 12, 231- 38.
- FLOR, German (1998) – “Classification and characterization of eolian dunes in temperate rocky coast. The Spanish Peninsular Aeolian Fields”. In G. S. Carvalho, F. V. Gomes & F. T. Pinto – *Dunas da zona costeira de Portugal*, EUROCOAST-PORTUGAL, pp. 29-42.
- GARCIA NOVO, F., RAMIREZ DIAZ, L. e TORRES MARTINEZ, A. (1975) – *El sistema de dunas de Doñana*. Publ. nº 5 ICONA, Ministerio de Agricultura, Madrid.
- HESP, Patrick (1988) – “Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in Southeast Australia”. *Sedimentary Geology*, 55, 17-41.
- HESP, P. 2002: Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology* 48, 245- 68.
- HUNTER, R.E., RICHMOND, B.M. AND ALPHA, T.R. (1983) – “Storm-controlled oblique dunes of the Oregon coast”. *Bulletin of the Geological Society of America* 94, 1450-1465.
- JUNGERIUS, P.D. e van der MEULEN, F. (1988) – Erosion processes in a dune landscape along the Dutch coast. *Catena*, 15, 217-228.
- KLIJN, J.A. (1990) – “Dune forming factors in a geographical context”. In T.W.M. Bakker, P.D. Jungerius & J.A. Klijn (eds) – *Dunes of the European Coasts*, Catena Supplement, 18, pp. 1-14.
- LANCASTER, N. 1980: The formation of seif dunes from barchans - supporting evidence for Bagnold's model from the Namib Desert. *Zeitschrift für Geomorphologie* NF 24, 160- 67.
- LANCASTER, Nicholas (1995) – *Geomorphology of Desert Dunes*. Routledge, London.

- LEATHERMAN, S.P. (1979) – “Barrier dunes – a reassessment”. *Sediment. Geol.*, 24, 1-16.
- NORDSTROM, K.F. (2000) – *Beaches and dunes of developed coasts*, Cambridge University Press, Cambridge, 338 p.
- NORDSTROM, K.F., PSUTY, N. e CARTER, B. (eds) (1990) – *Coastal Dunes. Form and Process*, J.Wiley, 392 p.
- PEREIRA, A. R. (1987) – Acumulações arenosas eólicas no litoral do Alentejo e Algarve ocidental. *CEG, LAGF*, 27, Lisboa.
- PEREIRA, A.R. & ANGELUCCI, D.E. (2004) – “Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos”, in Tavares, A.A., Tavares, M.J.F. e Cardoso, J.L. (eds). *Evolução Geohistórica do Litoral Português e Fenómenos Correlativos*. Univ. Aberta, Lisboa, pp. 221-256.
- PYE, Kenneth (1983) – “Coastal dunes”. *Progress in Physical Geography*, 7, 4, 531-557.
- PYE, K. 1993: Late Quaternary development of coastal parabolic megadunes in northeastern Australia. In Pye, K. and Lancaster, N., editors, *Aeolian sediments: ancient and modern. Special Publication 16, International Association of Sedimentologists*, Blackwell, 123- 44.
- SHERMAN, Douglas J. e SHINTARO Hotta (1990) – “Aeolian sediment transport: theory and measurement”. In K. F. Nordstrom, N. Psuty e B. Carter (ed.) – *Coastal Dunes. Form and Process*, Wiley, pp. 17-37.
- TASTET, J.-P. AND PONTEE, N.I. 1998: Morpho-chronology of coastal dunes in Médoc. A new interpretation of Holocene dunes in southwestern France. *Geomorphology* 25, 93- 109. 354 *The Holocene* 16 (2006)
- TSOAR, H., BLUMBERG, D.G. AND STOLER, Y. 2004: Elongation and migration of sand dunes. *Geomorphology* 57, 293- 302.
- VIDINHA, J. M.; ANDRADE, C.; TEIXEIRA, S. B. (1997) – “Análise morfológica do cordão dunar entre Espinho e Cabo Mondego (Portugal)”. Associação Eurocoast-Portugal, *Associação de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*, 391-416.
- VORTISCH, W. e LINDSTROM, M. (1980) – “Surface structures formed by wind activity on a sandy beach”. *Geol. Mag.*, 117, 491-496.

10. A costa portuguesa: sectores e as suas formas e dinâmicas mais típicas.

A distribuição dos afloramentos rochosos junto à costa, tal como a actuação mais ou menos recente da tectónica, a orientação da linha de costa, as hidrodinâmicas costeiras associadas à regularidade ou irregularidade dessa linha, assim como aos organismos fluviais alimentadores das praias, permitem fazer uma divisão da costa de Portugal continental em sete tipos de troços.

Troço *rio Minho – rio Douro*: com fracas afluências sedimentares, é dominado por praias de enseada ou crenuladas, a alternarem com saliências, em regra, graníticas. Desenvolveram-se pequenos campos dunares, por norma a sul da foz dos rios.

Troço *rio Douro – Nazaré*: caracterizado pelas mais extensas costas arenosas de praias lineares, pelos maiores campos dunares e lagunas importantes. Apresenta tramos com forte erosão costeira pelo défice sedimentar.

Troços *Nazaré – Cabo Raso* e *Sines – Cabo de S. Vicente*: de costa alta, maioritariamente calcária no primeiro e xistenta no segundo. Muito fracas afluxos e circulação de sedimentos que alimentam praias de enseada. Poucos campos dunares. Alguns tómbolos formados ou em formação e dunas consolidadas.

Troços *Cabo Raso – S. Julião da Barra* e *Cabo Espichel – Outão*: costas altas viradas a Sul, calcárias e com muito poucos sedimentos os quais alimentam apenas algumas praias de enseada.

Troços *foz do Tejo – Cabo Espichel* e *foz do Sado – Cabo de Sines*: as fortes saliências costeiras a Norte fazem difractar as ondas, o que divide as derivas para N e para S, criando praias em arco de círculo. Contêm lagunas pequenas e, no segundo, campos dunares extensos.

Troço *Cabo de S. Vicente – Vilamoura*: deriva para E, com poucos sedimentos, costa geralmente alta, em regra calcária e praias de enseada ou crenuladas.

Troço *Vilamoura – foz do Guadiana*: costa baixa arenosa, com as ilhas-

barreira da Ria Formosa e um pequeno campo dunar.

Bibliografia específica

- ABECASIS, Fernando (1987) - O regime aluvionar da costa portuguesa entre Peniche e a foz do Mira. *Yngenium*, 8:4-18, Lisboa.
- ABECASIS, Fernando (1997) – “Caracterização geral geomorfológica e aluvionar da costa continental portuguesa”. In Associação EUROCOAST-PORTUGAL – *Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*, Porto, pp. 9-24.
- ANDRADE, C. & FREITAS, M.C. (2001) – “Transformação litoral e equilíbrios perturbados: exemplos do litoral português”, in M.E.A. Moreira, A.C. Moura, H.M. Granja & F. Noronha (eds). *Homenagem (in honorium) Professor Doutor Gaspar Soares de Carvalho*, pp. 195-212.
- ANDRÉ, J. Nunes (1999) – *Evolução histórica da faixa costeira da região de Leiria*. Câmara Municipal de Leiria.
- ÂNGELO, Carlos (1991) - Taxas de variação do litoral oeste: uma avaliação temporal e espacial. *Proceedings do seminário A Zona Costeira e os Problemas Ambientais*, Com. Nac. EUROCOAST, p.109-120, Aveiro.
- ARAÚJO, M. Assunção (2000) – “A evolução do litoral em tempos históricos: a contribuição da Geografia Física”. In *O litoral em perspectiva histórica (séc. XVI-XVIII)*, FLUP.
- BETTENCOURT, P. & ÂNGELO, C. (1992) - Faixa costeira Centro Oeste (Espinho - Nazaré): enquadramento geomorfológico e evolução recente. *Geonovas*, nº especial 1 (A Geologia e o Ambiente): 7-30. Lisboa.
- BOLÉO, J. Oliveira (1943) – *Ensaio sobre morfologia litoral (em especial a secção entre o pontal de Peniche e a foz do Tejo)*. Lisboa, 121 p.
- DIAS, J. M. Alveirinho (1985) - Registos da migração da linha de costa nos últimos 18 000 anos na plataforma continental portuguesa setentrional. *Actas da 1ª Reun. Quatern. Ibérico*, 1:281-295, Lisboa.
- DIAS, J. M. Alveirinho (1990) - A Evolução Actual do Litoral Português. *Geonovas*, 11:15-29 e *Protecção Civil*, vol.III, n.10:2-15, Lisboa.
- DIAS, J.M., BOSKI, T., RODRIGUES, A. & MAGALHAES, F. (2000a) – Coastline evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until present - a synthesis. *Marine*

Geology 170, 177- 86.

- DUARTE, D. N. & REIS, R. P. (1992) - Estudo preliminar da evolução da linha de costa adjacente à embocadura do estuário do Mondego entre 1801 e 1989. Estimacões das taxas de acreção e erosão costeiras. *III Congr. Geol. España e VIII Congr. Latinoamericano de Geologia*, 2: 146-150, Salamanca.
- FERREIRA, Óscar & DIAS, J. M. Alveirinho (1992) - Dune erosion and shoreline retreat between Aveiro and Cape Mondego (Portugal): prediction of future evolution. *Proceedings Intern. Coastal Congress, ICC - Kiel'92*,
- GRANJA, H.M., CARVALHO, G.S., DE GROOT, T., SOARES A.M. & PARISH, R. (1996) – “Geochronology and the Recent Geomorphological Evolution of the Northwest Coastal Zone of Portugal”, in J. Taussik & J. Mitchell (eds) – *Partnership in Coastal Zone Management*, Samara Publ. Ltd, pp. 297-311.
- NEVES, Mário (2006) – *Os sistemas litorais da Estremadura Norte. Classificação e Caracterização Geomorfológica*, CEG, Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial, Rel. N.º 4, U. Lisboa.
- RIBEIRO, Carlos (1872) - Descrição da costa marítima compreendida entre o cabo de S. Vicente e a foz do rio Douro. *Rev. Obras Publicas e Minas*, III(35/36):373-399, Lisboa.
- TEIXEIRA, Abel (1980a) - As Invasões do Mar em Espinho Através dos Tempos. *Espinho - Boletim Cultural*, II(7): 209-248, C.M. Espinho.
- TEIXEIRA, Abel (1980b) - As Invasões do Mar em Espinho Através dos Tempos (continuação). *Espinho - Boletim Cultural*, II(8): 387-407, C.M. Espinho.

11. Acções antrópicas

- 10.1. No aumento da vulnerabilidade da costa
- 10.2. Na tentativa de solução dos problemas costeiros

Serão analisadas as consequências do uso e ocupação cada vez maior do litoral por parte das pessoas, tanto para fins lúdicos, como para mera habitação ou para as suas actividades económicas. O resultado tem sido uma pressão muito forte sobre estes sistemas litorais frágeis, quando se trata dos arenosos, que conduz à sua maior fragilização e instabilização, assim como ao aumento

da vulnerabilidade aos riscos naturais, pela presença de mais pessoas. Para além das acções directas sobre a costa com os trabalhos e construções portuários, construções de imóveis e avenidas marginais, o pisoteio humano, a bombagem exagerada de água da toalha freática, a exploração de areias das dunas e praias para a construção civil; também não se podem esquecer as acções indirectas como as obras realizadas na rede hidrográfica interior que afecta a alimentação sedimentar, como é o caso das barragens. Uma referência também será feita à alteração da qualidade da água litoral, quer do mar quer dos estuários, lagunas e deltas, pelas emissões de poluentes industriais, agrícolas ou domésticos, e nas consequências que podem ter sobre a vida desses meios com modificações ao nível do recurso pesca e da circulação sedimentar.

As várias tentativas de resolução destes problemas serão abordadas, especialmente as que respeitam aos diferentes tipos de obras de engenharia como os esporões, os enrocamentos aderentes, os quebra-mares, os molhes das barras portuárias, assim como o da alimentação artificial das praias, o da construção de dunas frontais artificiais e o da protecção e recuperação da duna frontal.

Num cenário de recuo forte da costa ou de aumento anormal de galgamentos sobre habitações questiona-se a estratégia a escolher: retirada, acomodação ou protecção. Em Portugal tem sido seguida a protecção, mas tem que se questionar a que custos ela é mantida.

Bibliografia específica

ABECASIS, Fernando (1989) - A utilização da alimentação artificial nas técnicas de beneficiação ou criação de praias. *Geolis*, III(1/2):14-26, Lisboa.

ALVEIRINHO-DIAS, J.M.,; CURR, R.C.F.; DAVIES, P.; PEREIRA, A.R. & WILLIAMS, A.T. (1994) – “Dune vulnerability and management: Portugal and North West Europe”. *Littoral 94*, Lisboa, pp. 837-848.

CASTANHO, J. P. (1977) - Obras longilitorais aderentes como meio de defesa costeira. *Memória do LNEC 210*, Lisboa.

CASTANHO, J. P. & SIMÕES, J. A. M. P. (1978) - Estudo da erosão Litoral a Sul da

- Embocadura do Rio Mondego. *LNEC*, 69p. (não publicado). Lisboa.
- CASTANHO, J. P., GOMES, N., OLIVEIRA, I. B. M. & SIMÕES, J. P. (1981) – Coastal Erosion by Harbour Works on the Portuguese Coast and Corrective Measures. *24th International Navigation Congress*, P.I.A.N.C., Edinburgh.
- CHARLIER, R. H. & MEYER, C.P. (1997) – *Coastal Erosion: Response and Management*, Springer Verlag, Berlin, 343 p.
- CUNHA, P.P., PINTO, J. & DINIS, J. (1997) – “Evolução da fisiografia e ocupação antrópica na área estuarina do Rio Mondego e região envolvente (Portugal centro-oeste), desde 1947”. *Territorium*, Coimbra, 4, pp. 99-124.
- CUNHA, P.P. & MENDES, J.A. (2002). Análise das Dragagens no Porto da Figueira da Foz (Estuário do Mondego). In F.V. Gomes, J.A. Carmo & F.T. Pinto (eds). *Perspectivas de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros*, Assoc. Eurocoast-Portugal, pp. 197-214.
- DINIS, Jorge (2002). “O Ordenamento da Orla Costeira do Centro de Portugal, os Riscos Erosivos e a Elevação do Nível do Mar”. In F.V. Gomes, J.A. Carmo & F.T. Pinto (eds). *Perspectivas de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros*, Assoc. Eurocoast-Portugal, pp. 161-174.
- DUARTE, C., MATIAS, A., DIAS, J.A. & FERREIRA, Ó. (1999). “Vulnerabilidade dos corpos dunares do Algarve”. *Actas do 10º Congresso do Algarve*, Portimão, pp. 477-490.
- FABBRI, P. (ed.) (1990) – *Recreational Uses of Coastal Areas*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht.
- FERREIRA, Ó., ALVEIRINHO-DIAS, J. & TABORDA, R. (1990) – “Importância relativa das acções antrópicas e naturais no recuo da linha de costa a Sul da Vagueira”. *1.º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*. *Actas*, Porto, pp. 157-163.
- GOMES, V. & PINTO, F.T. (1997) – “A opção “protecção” para a costa oeste portuguesa”. In Associação EUROCOAST-PORTUGAL – *Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*, Porto, pp. 163-190.
- GOMES, F. Veloso (2007) – “A Gestão da Zona Costeira Portuguesa”. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 7 (2), pp. 83-95.
- GRANJA, M.H., CORREIA, A.M.C., LOUREIRO, E., CARVALHO, G.S. & GOMES, P.T. (2002). “A Estabilidade e Instabilidade da Faixa Costeira (Sistema Praia-Duna) Revelada pelas Mudanças nas Geoformas e sua Ligação às Associações Vegetais (A

- experiência na zona costeira do NO de Portugal). In F.V. Gomes, J.A. Carmo & F.T. Pinto (eds). *Perspectivas de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros*, Assoc. Eurocoast-Portugal, pp. 1-24.
- KAY, R. & ALDER, J. (1999) – *Coastal Planning and Management*. E & FN Spon, London.
- MC DOWELL, A.J., CARTER, R.W.G. & POLLARD, H.J. (1993) – “The impact of man on the shoreline environment of the Costa del Sol, Southern Spain”, in P.P. WONG (ed.) – *Tourism vs Environment: the Case of Coastal Areas*, Kluwer Academic Publishers, pp. 189-209.
- MEUR, C., HALLÉGOUËT, B. AND BODÉRE, J-C. (1992) – Coastal dune management policies in France: the example of Brittany. In R.W.G. Carter, T.G. Curtis, and M.J. Sheehy-Skeffington, (eds) - *Coastal dunes: geomorphology, ecology and management for conservation*. Balkema, 419-427.
- OLIVEIRA, I.B.M. (1997) – “Proteger ou não proteger ou sobre a viabilidade de diferentes opções face à erosão da costa oeste portuguesa”. In Associação EUROCOAST-PORTUGAL – *Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*, Porto, pp. 205-227.
- OLIVEIRA, I. B. Mota, VALLE, A. J. S. F. & MIRANDA, F. C. C. (1982) - Littoral Problems in the Portuguese West Coast. *Coastal Engineering*, 3: 1950-1969.
- OLIVEIRA, I. B. M. & MARTINS, L. M. P. (1991) - Obras de defesa e reconstrução das praias de Espinho. *Rev. Ass. Port. Recursos Hídricos*, 12:71-88, Lisboa.
- PASKOFF, Roland (1985) - *Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution*. Paris, Masson.
- PASKOFF, Roland (1993) - *Côtes en danger*. Masson, Paris.
- PEREIRA, Ana Ramos (1996). “Recent Evolution of the Bay of Lagos after a Heavy Anthropogenic Intervention”. In A.B. Ferreira & G.T. Vieira (eds). *Fifth European Intensive Course on Applied Geomorphology – Mediterranean and Urban Areas*. Depart. Geografia, Univ. Lisboa, pp. 223-228.
- PEREIRA, A.R. & LARANJEIRA, M.M. (2001). “Vulnerabilidade dunar avaliada por uma lista de controlo”. In M.E.A. Moreira, A.C. Moura, H.M. Granja & F. Noronha (eds). *Homenagem (in honorium) Professor Doutor Gaspar Soares de Carvalho*, pp. 161-175.
- PILKEY, Orrin H. (1991) - Beaches or buildings: can they coexist in Portugal?

- Proceedings do seminário A Zona Costeira e os Problemas Ambientais*, Com. Nac. EUROCOAST, p.29-36, Aveiro.
- REIS, C.S. & FREITAS, H. (2002). “Projecto de Recuperação do Sistema Dunar da Leirosa”. In F.V. Gomes, J.A. Carmo & F.T. Pinto (eds). *Perspectivas de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros*, Assoc. Eurocoast-Portugal, pp. 25-31.
- RIBEIRO, José Luís (2000) – “Ordenamento territorial do Estuário do Mondego. Conflitos, riscos ambientais e estratégias de gestão integrada”. In F.V. Gomes, J.A. Carmo & F.T. Pinto (eds). *Perspectivas de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros*, Coimbra, EUROCOAST-Portugal, pp. 185-195
- RIBEIRO, José Luís (2006) – *Centralidade geo-ambiental do estuário do Mondego no ordenamento da zona costeira da Figueira da Foz*, Fac. Letras, Univ. Coimbra (Tese de doutoramento).
- VICENTE, C. M. (1990) - Evolução costeira devida a obras portuárias: casos da praia da Figueira da Foz e da embocadura da Ria de Aveiro. *Actas do 1º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, p.164-177, Porto.
- VITTE, António C. (2003) – “O litoral brasileiro: a valorização do espaço e os riscos socioambientais”. *Territorium*, 10, pp. 61-67.
- WONG, P.P. (ed.) (1994) – *Tourism vs Environment: the Case of Coastal Areas*, Kluwer Academic Publishers.

B – Conteúdos práticos

Nas aulas práticas pretende-se que os alunos se familiarizem com os métodos e as técnicas básicas de recolha e tratamento de dados, quer em sala de aula, quer em laboratório quer no campo, de modo a adquirirem capacidades e automatismos que os possam ajudar no futuro a desenvolverem um trabalho de investigação sobre as áreas litorais. Como já foi referido acima, os meios materiais e de tempo disponível durante o período lectivo, não são muito abundantes nem sofisticados, mas usa-se o melhor possível os que existem e procura-se incentivar a criatividade dos alunos.

1 - Seguindo o modelo de distribuição de aulas mostrado acima no subcapítulo *Organização das aulas* e a fim de detectar e perceber as

alterações na aproximação da onda, a sua dinâmica junto à linha de costa e eventuais modificações desta ao longo do tempo, a primeira aula prática será dedicada a:

- Observação de fotografias aéreas, de vários voos disponíveis como os de 1958 e de 1979 (esc. 1/25000), de 1982 e de 1990 (esc. 1/15000), sobre alguns tramos da costa da Região Centro;
- Observação de imagens de satélite com data mais recente (2005 ou posterior), sobre os mesmos tramos anteriores;
- Observação de trabalhos cartográficos com representação da aproximação das ondas, elaborados por técnicos ou cientistas, sobre locais específicos da nossa costa, como por exemplo a do porto de Leixões, da embocadura do Mondego, etc.

2 - Outra aula será dedicada aos métodos de levantamento de terreno para caracterizar a morfologia da praia e o cálculo do volume de areia perdida ou acumulada. Aconselha-se que os levantamentos sejam feitos em plena baixa-mar de maré viva, para se poder alcançar o máximo de superfície de praia emersa.

Serão apresentados métodos expeditos, embora não muito rigorosos, de levantamento de perfis transversais da praia, como:

- O da *mira ao horizonte visual no mar* (apenas é viável onde se vê o horizonte sobre o mar), em que o plano de observação do horizonte corresponde à horizontal, referência para as medições das alturas dos sucessivos pontos, e as distâncias entre estes, medidas com fita métrica.
- Uso de *clinómetro* manual, em que as diferenças de altura entre os pontos são medidas pelo ângulo e respectiva distância, sendo esta medida com fita métrica.
- Uso de *teodolito* para cálculo das alturas e distâncias relativas de cada um dos pontos do perfil previamente escolhido.
- Uso de aparelho *DGPS (Differential Global Positioning System)*, uni-

antena ou multi-antena, que permite o levantamento rápido de perfis de praia ou de dunas e que podem ser cruzados, o que facilita a construção de Modelos Digitais de Terreno, pelo recurso a instrumentos SIG.

Levantados vários perfis transversais da praia a distâncias regulares entre eles e depois de construídos os respectivos gráficos em Excel, por exemplo, calcular-se-á o volume de areia movimentado entre dois períodos de levantamento, multiplicando a distância entre cada perfil com a secção resultante do balanço entre a erosão e a acumulação para os dois períodos.

3 – Duas aulas serão utilizadas para observação de mapas e fotografias aéreas de estuários e suas embocaduras, assim como de lagunas portuguesas para entendimento das suas formas e dinâmicas.

Com o recurso a mapas antigos, por exemplo da década de 1930 (sempre que possível mais antigos) e a mapas mais recentes, e fazendo-os sobrepor através de ferramentas SIG, é possível determinar as áreas que se alteraram, assim como as perdas ou ganhos em superfície das respectivas formas litorais. Algumas formas de pormenor estuarinas ou lagunares poderão ser discerníveis por meio destes instrumentos cartográficos. Cartas publicadas pelo Instituto Hidrográfico de Portugal, da Série Aproximação (esc. 1/50000, 1/75000 e 1/350000), da Série Portuária (1/15000) e da Série Costeira (1/75000 e 1/150000) permitem a observação das batimétricas, especialmente das embocaduras dos estuários, e das suas formas de fundo produto das transferências sedimentares.

Pelo uso de fotografias aéreas diacrónicas, por exemplo com as datas apontadas acima, no nº 1, comparando-as também com imagens de satélite mais recentes, podem analisar-se formas de pormenor não visíveis nas cartas, como galgamentos, bancos arenosos, sapais, deltas de enchente e de vazante, etc.

4 – Uma aula é dedicada aos métodos de levantamento de terreno das dunas e das suas formas erosivas.

Para o levantamento de perfis transversais nas dunas, elementos de apoio à sua classificação, usa-se um dos métodos apresentados no nº 2, com excepção do da mira ao horizonte no mar por este, em regra, não se ver.

Quanto à análise de campo das formas de erosão nas dunas (corredores eólicos e blowouts, p/ ex.), especialmente sobre a duna frontal, onde são mais frequentes, e da sua evolução, ela pode ser feita através do levantamento de vários perfis transversais (3 ou 4) a partir de paus espetados para lá do rebordo da forma oca e que serão mantidos sempre na mesma posição. Um cordão esticado entre cada par de paus servirá de referência para medição regular das distâncias daquele até ao fundo. Medições periódicas (15 em 15 dias ou mês a mês) propiciarão a oportunidade de calcular as quantidades de sedimento em movimento na forma, assim como os sítios onde se acumula ou onde regride.

5 – Depois de realizada a viagem de estudo ou uma outra saída mais pequena entretanto proporcionada, em que se fez a recolha de amostras de areias na praia e nas dunas, dedicar-se-á uma aula e, eventualmente, parte de outra, a fazer no laboratório de geomorfologia a determinação das respectivas granulometrias, assim como da observação da superfície de algumas areias.

Bibliografia:

- ABECASIS, F.; MATIAS, M. F.; CARVALHO, J. J. REIS DE & VERA-CRUZ, D. (1962) - Methods of determining Sand-and-silt movement along the coast, in estuaries and in maritime rivers. *LNEC Technical Paper* Nº 186, 25p., Lisboa.
- ALVES, A.M. Caetano (1992) – “A agitação marítima na costa noroeste de Portugal e a formação duma praia em ponta e assoreamento da barra do rio Minho por efeito da Ínsua de Caminha”. *Geonovas. A Geologia e o Ambiente*, nº Especial, 1, pp. 65-79.
- BAPTISTA, P., BASTOS, L., CUNHA, T., BERNARDES, C. & DIAS, J.A. (2008) – “Aplicação de metodologias de monitorização GPS em litorais arenosos: Geração de modelos de elevação do terreno”. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8 (1), pp. 9-23.
- CHRISTIANSEN, M.B. & DAVIDSON-ARNOTT, R. (2004) – “Rates of Landward Sand Transport over the Foredune at Skallingen, Denmark and the Role of Dune Ramps”. *Geografisk Tidsskrift*, 104 (1), pp. 31-43.

- CHRISTIANSEN, C.; AAGAARD, T.; BARTHOLDY, J.; CHRISTIANSEN, M.B.; NIELSEN, J.; NIELSEN, N.; PEDERSEN, J.B.T. & VINTHER, N. (2004) – “Total sediment budget of a transgressive barrier-spit, Skallingen, SW Denmark: A review”. *Geografisk Tidsskrift*, 104 (1), pp. 107-126.
- MARQUES, F.M. (2006) – “A simple method for the measurement of cliff retreat from aerial photographs”. *Zeitschrift für Geomorphologie – Supplementbänd*, 144: 39-59.
- MARTINS, J.T., FERREIRA, Ó., CIAVOLA, P. & DIAS, J.M.A. (1996) – “Monitoring of Profile Changes at Praia de Faro, Algarve: A Tool to Predict and Solve Problems”, in J. Taussik & J. Mitchell (eds) – *Partnership in Coastal Zone Management*, Samara Publ. Ltd, Cardigan, pp. 615-622.
- VALLE, A. Sanches DO, ABECASIS, F. & OLIVEIRA, I. Mota (1990) – Unités physiographiques de grande extension. Methodologie pour leur caracterisation et programmation des interventions de génie côtier. *Littoral 1990* (Symp. Intern. Assoc. EUROCOAST), p.570-576, Marselha.

C – VIAGEM DE ESTUDO PELA COSTA

O percurso escolhido está de acordo com a possibilidade de observação, por parte dos alunos, do máximo de formas, processos e ecossistemas litorais no período e distância permitidos por um dia de Inverno. Próximo de Coimbra só o trajecto Figueira da Foz – Praia de Esmoriz o permite.

Horário – saída às 8 h de Coimbra, chegada entre as 18 e as 18:30 h.

Tempo útil da viagem: 8 h.

Percurso – Coimbra, Figueira da Foz, Quaios, Praia de Mira, Praia do Areão, Costa Nova, Barra, Aveiro, Estarreja, Furadouro, Praia de S. Pedro de Maceda, Praia de Cortegaça, Praia de Esmoriz e Coimbra.

Aspectos a destacar durante o percurso:

- Imediatamente antes da Figueira da Foz, observação em andamento do estuário do Mondego e da sua Ilha da Morraceira, muito antropizada embora mantenha alguns sapais. Na foz do rio o conjunto de paredões laterais e dos

molhes na tentativa de melhorarem a acessibilidade do porto da Figueira da Foz.

- Antes da subida para a Serra da Boa Viagem, uma paragem para observação da plataforma de abrasão e dos sistemas aderentes de defesa da praia.



- No Cabo Mondego, paragem para observação de arribas: vivas, fósseis e exumadas e de vertentes sobre arribas.
- Na Praia de Quiaios, paragem para explicação das formas e cobertura vegetal da duna frontal e das formas e processos a ocorrerem na praia.



- Nas dunas de Quiaios, uma paragem para observação de uma duna transversa e da vegetação das dunas interiores.
- Na lagoa das Braças, paragem para identificação de algumas espécies ripícolas e para explicação da origem das lagoas interdunares. De seguida, observação em andamento da Lagoa da Vela, a maior deste conjunto.



- Na Praia de Mira, observação em andamento da Barrinha, uma lagoa de origem lagunar e paragem para ver e entender a origem e evolução de um blowout, na duna frontal.
- Na Praia do Areão, observação de uma duna frontal em desaparecimento e sinais da ocorrência de galgamentos, assim como de obras na tentativa de mitigação do processo erosivo generalizado.



- No trajecto para a Costa Nova observação em andamento de sapais e da restinga que aqui é particularmente estreita.
- Na Costa Nova, observação de um sistema de defesa da povoação por meio de dois diques paralelos e de esporões.



- Na Barra, junto à barra da Ria de Aveiro, explicação da evolução desta e dos acrescentos introduzidos.
- No percurso para o Furadouro, observação de extensos sapais com esteiros largos a seguir à Murtosa, do braço de Ovar, da laguna e das suas praias lagunares.



- Praia do Furadouro com forte pressão sobre a praia e sistemas de defesa e tentativa de preservação da duna.
- Em S. Pedro de Maceda, paragem para constatar que o mar já se alimenta à custa das dunas interiores e depósitos mais finos inferiores, mantendo uma arriba nestes materiais, para onde caem pinheiros mortos pela salsugem.
- Na Praia de Cortegaça, paragem para observar uma saliência sobre o mar através de uma pequena arriba mantida por enrocamentos aderentes e sem areia, assim como um dique que liga à Praia de Esmoriz.



- Finalmente a Praia de Esmoriz onde reaparece uma extensa praia arenosa, cortada apenas um pouco a Norte pela ligação da Barrinha de Esmoriz ao mar, mas a mostrar já sinais de algum recuo.

- Regresso a Coimbra.