

Avaliação da vulnerabilidade e risco biofísico em áreas litorais sob pressão antrópica. Contributo metodológico para uma gestão ambiental

José Carlos Ferreira

Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional
Faculdade de Ciências Sociais e Humanas
Av. de Berna, 26C, 1069-061 LISBOA (PORTUGAL)
Tel.: +351.217933519 Fax: +351.217977759 e-mail: jcf@aml.pt

Maria Manuela Laranjeira

Secção de Geografia e Planeamento
Universidade do Minho
Campus de Azurém
4810 GUIMARÃES
Tel.: +351.253510128 Fax: +351.253510129 e-mail: mlaranjeira@eng.uminho.pt

Resumo

O Arco Litoral Caparica - Espichel, na costa ocidental da Península de Setúbal, cuja evolução está estreitamente relacionada com os processos territoriais ocorridos na Área Metropolitana de Lisboa (AML), constitui um exemplo particularmente representativo dos problemas e conflitos resultantes da pressão antrópica sobre uma área litoral rica em valores naturais, na ausência de um ordenamento e planeamento do território eficaz.

Neste trabalho é apresentado um modelo conceptual para a definição de estratégias e medidas de gestão ambiental do território litoral, em especial aquele sujeito a forte pressão antrópica, com base na identificação e caracterização de áreas com elevada vulnerabilidade e risco biofísico. As metodologias para a avaliação da vulnerabilidade e risco, no que respeita a erosão marinha (e continental), desenvolvidas e aplicadas na área do Arco Litoral Caparica – Espichel, baseadas em SIG, levantamento de campo e monitorização entre 1996 e 1998, nomeadamente através da utilização de uma checklist, são caracterizadas e os resultados obtidos discutidos.

Verificou-se que a vulnerabilidade à erosão marinha na área de estudo está fortemente relacionada, entre outros factores, com o estado de degradação do

sistema dunar frontal devida ao uso (em resultado da abertura de acessos à praia). Quanto ao risco de erosão marinha (e continental), determinado pelo cruzamento da vulnerabilidade biofísica e dos usos do solo, regista-se uma maior extensão de áreas de risco face à das áreas vulneráveis identificadas, uma vez que áreas anteriormente classificadas com baixa vulnerabilidade apresentam actualmente um risco elevado de erosão, nomeadamente as áreas urbanas.

Palavras-chave: vulnerabilidade biofísica, risco biofísico, resiliência, litoral, metodologias

Abstract

This article focus on the Caparica - Espichel coastal arc, on the west coast of the Setúbal Peninsula, whose development is closely linked to territorial processes taking place in the Lisbon Metropolitan Area (AML). This is a highly representative example of the problems and conflicts that emerge from population pressure on a coastal area rich in natural resources, when coastal planning is not effective.

This study presents a conceptual model for establishing environmental management strategies and measures for coastal areas, especially those under significant population pressures. It is based on identifying and categorising highly vulnerable areas and those facing major biophysical risks. The methods used to assess vulnerability and risk linked to marine and continental erosion developed and implemented in the Caparica – Espichel coastal arc area, based on GIS, field surveys and monitoring between 1996 and 1998, and in particular the use of a checklist, are detailed and the results discussed. It was noted that vulnerability to marine erosion in the study area is closely linked to the level of degradation of the coastal dune system, amongst other factors. This is the result of usage, as a consequence of the opening of access routes to the beach. As regards marine (and continental) erosion, ascertained by cross-referencing biophysical vulnerability and land use, it was found that areas at risk are more extensive than the areas identified as being vulnerable. This is because areas previously identified as being of low vulnerability are currently facing a high risk of erosion, particularly in urban areas.

Keywords: biophysical vulnerability, biophysical risks, coastal areas, methodology

Résumé

L'Arc littoral Caparica – Espichel, sur la côte occidentale de la Péninsule de Setúbal, est un exemple particulièrement représentatif des problèmes et conflits causés par la pression anthropique sur la zone littorale, féconde en richesses naturelles. L'évolution de cette zone est étroitement liée aux transformations du territoire intervenues dans l'Área Metropolitana de Lisboa (A.M.L.), en l'absence d'un plan efficace d'aménagement du territoire.

Le travail que nous présentons comprend un modèle conceptuel permettant de définir les stratégies et les mesures à mettre en œuvre en matière de gestion environnementale du territoire littoral, et s'applique en particulier aux zones subissant une forte pression anthropique. Le modèle se fonde sur l'identification et la caractérisation des zones très vulnérables et sur le risque biophysique. Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité et du risque d'érosion marine (et continentale), développées et appliquées dans la zone de l'Arc Littoral Caparica – Espichel, sont fondées sur le SIG, sur les relevés de terrain et sur la surveillance effectuée entre 1996 et 1998, avec notamment la constitution d'une liste de contrôle. Elles sont définies et les résultats obtenus sont commentés.

Il apparaît que la vulnérabilité de la zone à l'érosion marine dépend grandement, entre autres facteurs, de l'état de dégradation de la dune frontale, causé par l'usage qui en est fait (et par le tracé des accès à la plage). Le risque d'érosion marine (et continentale) est, quant à lui, défini grâce au recoupement des données sur la vulnérabilité biophysique et sur l'utilisation des sols. Il en ressort que les zones à risque s'étendent au-delà des zones vulnérables identifiées auparavant. En effet, les zones, identifiées et classées dans le passé comme faiblement vulnérables, présentent désormais un risque d'érosion élevé et menacent, notamment, les zones urbaines.

Mots-clé: vulnérabilité biophysique, risque biophysique, zone littorale, méthodologie

1. Áreas litorais sob pressão antrópica. O exemplo do Arco Litoral Caparica - Espichel

O Arco Litoral Caparica - Espichel, na costa ocidental da Península de Setúbal, designa a ampla enseada que se desenvolve desde a Trafaria (Cova do Vapor) até ao Cabo Espichel. A evolução e ocupação desta área está estreitamente relacionada com

os processos territoriais ocorridos na Área Metropolitana de Lisboa (AML), da qual é parte integrante (figura 1).

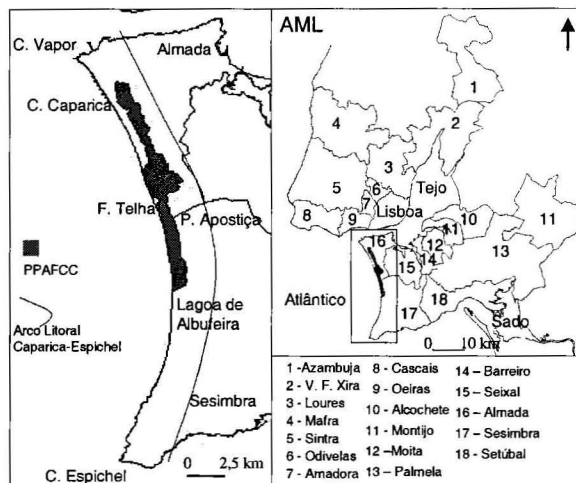


Figura 1 – Localização da Área de Paisagem Protegida da Arriba Fóssil da Costa da Caprica (PPAFCC) e do Arco Litoral Caparica - Espichel na Área Metropolitana de Lisboa (AML).

O modelo de desenvolvimento da AML é um excelente exemplo ilustrativo do fenómeno da litoralização, que basicamente corresponde à concentração populacional, económica e política nas áreas litorais do país. A AML tem-se revelado um pólo dinamizador da economia nacional e detém mais de 60% do total do emprego do Continente, nos sectores secundário e terciário. No entanto, a conseqüente concentração da população e crescimento exponencial das áreas urbanas constitui um fenómeno territorial complexo. A urbanização ocorreu, na AML, de forma casuística, provocando graves desequilíbrios cuja principal causa, de ordem estrutural e funcional, deve-se ao facto da evolução da economia não ter sido acompanhada pelas necessárias medidas de ordenamento do território (MACHADO, 2000). O resultado é evidente, traduzindo-se em graves problemas ambientais, com claras repercussões na degradação da qualidade de vida dos cidadãos:

- ocupação e perda de áreas de interesse geomorfológico, faunístico, florístico e paisagístico (que incluem o próprio Arco Litoral Caparica – Espichel);
- aumento exponencial da utilização e consumo de recursos biofísicos e da produção de desperdícios, resíduos e emissões poluentes (mais e novos tipos de poluição, poluição cumulativa);

- baixo grau de infraestruturação, nomeadamente sanitária, e do tratamento de efluentes e resíduos sólidos urbanos; carência de espaços verdes e de lazer.

Deste modo, a área do Arco Litoral Caparica - Espichel é representativa dos problemas e conflitos resultantes da pressão antrópica sobre uma área litoral rica em valores naturais, da ausência de um ordenamento e planeamento do território eficaz e da inexistência de uma gestão ambiental capaz de proporcionar um desenvolvimento sustentável do litoral, com claras repercussões para a economia da região.

2. Gestão ambiental das áreas litorais fundamentada na avaliação da vulnerabilidade e do risco biofísico

No contexto da gestão ambiental do território, o conceito que exprime uma intensidade de uso, e estabelece a dimensão de uma população (indivíduos, edifícios) ou grau de desenvolvimento de uma actividade humana, que um determinado sistema biofísico pode sustentar, sem que experimente uma degradação irreversível, é o conceito de capacidade de carga (LARANJEIRA, 1997). Contudo, a aplicação deste conceito não pode ser determinista. Não existe um único valor, simples e absoluto, que defina a capacidade de carga de um sistema biofísico. Esta pode ser extremamente variável no tempo e no espaço, o que decorre da própria noção de sistema, como uma estrutura complexa com um comportamento dinâmico - características estas que constituem a essência particular dos sistemas biofísicos litorais. Por outro lado, a definição de capacidade de carga depende da decisão quanto aos objectivos do planeamento e à qualidade de uso dos recursos.

A capacidade de carga enfatiza a perspectiva segundo a qual os sistemas biofísicos são avaliados como recursos necessários ao desenvolvimento das actividades humanas. Este conceito é, no entanto, intrinsecamente dependente da capacidade de resiliência (autoregulação) dos sistemas biofísicos, que, por sua vez, privilegia a avaliação dos efeitos da intensidade do uso sobre os elementos e a dinâmica do sistema (PEREIRA *et al*, 2000).

Na sequência destas ideias, define-se como vulnerabilidade biofísica o grau de susceptibilidade dos sistemas biofísicos a uma degradação irreversível, se ultrapassada a sua capacidade de resiliência (LARANJEIRA, 1997). Assume-se, então, que as evidências generalizadas e persistentes de degradação exibidas por um sistema biofísico constituem sinais de que este se tornou incapaz de se autoregular naturalmente.

Esta concepção de vulnerabilidade, baseada na capacidade de resiliência dos sistemas biofísicos, vem completar significativamente o conceito de vulnerabilidade

do território (*vulnerability*), entendida, segundo a aceção de VARNES (1984), PANIZZA (1990) ou ZÊZERE (1997), como o grau de susceptibilidade à perda de um dado elemento ou conjunto de elementos do território - nomeadamente populações, bens e actividades económicas -, quando exposto a um perigo natural ou induzido pelo Homem (*hazard*), introduzindo-lhe a componente biofísica. Por sua vez, considera-se perigo, ou perigosidade, a probabilidade de ocorrência de fenómenos potencialmente destruidores, num determinado período de tempo e numa dada área, tal como a definem os autores acima citados (FERREIRA e PEREIRA, 2000).

Neste sentido, um determinado risco (*risk*) de origem biofísica, ou risco biofísico, corresponde a uma probabilidade e é determinado pelo produto da perigosidade (natural ou induzida) pelo grau de vulnerabilidade do território, incluindo a vulnerabilidade dos sistemas biofísicos. A perigosidade determina a probabilidade da manifestação do risco (com determinada magnitude), enquanto a vulnerabilidade constitui uma condicionante do grau do risco. Vale a pena acentuar que a noção de risco implica sempre a ocorrência de danos e perdas materiais e humanos (quantificáveis) numa determinada área, para um período de tempo definido. Daí que uma área com elevada vulnerabilidade possa não corresponder necessariamente a uma área de risco elevado.

Áreas caracterizadas como vulneráveis são aquelas susceptíveis a uma degradação, em último caso irreversível, uma vez que se encontram submetidas a pressões antrópicas ou naturais, internas ou externas. Áreas de risco (biofísico) – actual ou potencial – identificam *apenas* aquelas susceptíveis a danos e perdas materiais e humanos resultantes do processo de degradação desencadeado pela manifestação de fenómenos potencialmente destruidores naquelas áreas.

O modelo apresentado no esquema da figura seguinte (figura 2) procura sintetizar as variáveis fundamentais para a avaliação da vulnerabilidade e do risco biofísico em áreas litorais. Como seria de esperar, esta avaliação exige o conhecimento da interacção de um elevado número de variáveis biofísicas e socioeconómicas, a que se acrescentam os instrumentos de ordenamento, que permitem caracterizar, respectivamente, as dinâmicas biofísica¹ e antrópica litorais. O cruzamento entre a dinâmi-

¹ O ambiente litoral desenvolve-se numa faixa do território de dimensões variáveis onde o mar exerce ou exerceu a sua acção, directa e indirecta, a que se combina, de uma forma complexa e gradual, a acção dos factores continentais.

A condição de ambiente de contacto e as várias dinâmicas inerentes ao litoral, determinadas por uma série de fenómenos com uma frequência e um ritmo muito distintos (agitação marítima, marés, temporais, variação do nível médio do mar), potenciam um aumento local da diversidade de nichos ecológicos e, por consequência, uma enorme variedade de recursos biofísicos. No entanto, a esta singular riqueza, corresponde a elevada intolerância das comunidades litorais, altamente adaptadas, à mudança das condições físicas. A mobilidade morfológica dos sistemas biofísicos litorais, como forma de adaptação às dinâmicas do meio e de evolução sob a acção do mar e do vento, é outra característica fundamental deste ambiente particular, de que depende a sua integridade.

ca biofísica litoral e a dinâmica antrópica litoral permite definir, de forma integrada, a dinâmica do ambiente litoral. A partir daqui, é possível identificar e caracterizar as áreas vulneráveis a diversos tipos de perigosidade, e avaliar os riscos envolvidos, já existentes ou potenciais (FERREIRA, 1999; FERREIRA e PEREIRA, 2000). A identificação e caracterização de áreas com elevada vulnerabilidade e risco biofísico constitui, assim, a base fundamental - e imprescindível- para a definição de estratégias e medidas de gestão ambiental, correctamente aplicáveis e aplicadas a um determinado território litoral.

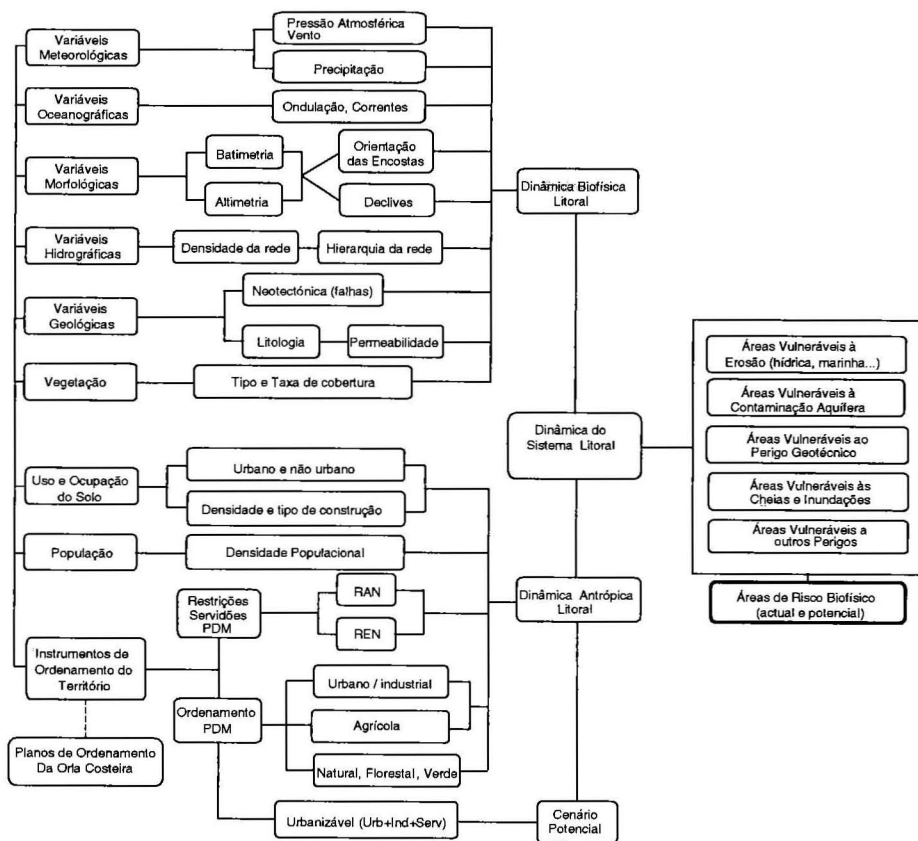


Figura 2 – Modelo Conceptual de Avaliação de Vulnerabilidade e Risco em Área Costeiras (Modificado de FERREIRA, 1999)

3. Caracterização biofísica do Arco Litoral Caparica - Espichel

O Arco Litoral Caparica - Espichel possui uma diversidade de sistemas biofísicos e diferentes formas de ocupação humana, que resultam em dinâmicas de evolução, vulnerabilidades e riscos muito distintos. Nas tabelas I e II, sintetizam-se as características das principais unidades biofísicas da área de estudo, em particular as características geomorfológicas (figura 3), a dinâmica e a pressão humanas.

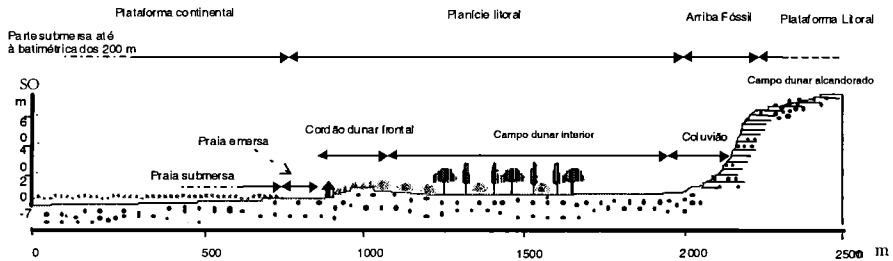


Figura 3 - Esquema das unidades e sistemas biofísicos litorais do Arco Caparica – Espichel (modificado de FERREIRA, 1999).

De entre os sistemas biofísicos litorais da área de estudo, salienta-se o cordão dunar frontal, sem dúvida um dos mais dinâmicos e vulneráveis, quer por razões naturais quer de forma induzida pela acção antrópica. Constituídos por areia fixada pela vegetação, que promove a acumulação e crescimento dunar (*retentive dune systems*; RUST e ILLENGERGER, 1996), estes sistemas estão na dependência da taxa de alimentação em areia e da taxa de cobertura vegetal. Por outras palavras, a degradação das dunas frontais ocorre por défice de areias de praia e/ou na sequência da danificação da vegetação dunar. Mesmo impactes de baixa intensidade como o pisoteio assíduo causam a destruição da vegetação, que pode levar anos a recuperar naturalmente (VOGT, 1979). Nestas condições, o sistema frontal apresenta uma elevada transformação morfológica e ecológica e uma reduzida capacidade de autoregulação, ou de resiliência.

O *input* de areias e a importância da cobertura vegetal dunar, embora dependentes das condições naturais, são fortemente condicionados pelas acções humanas. Com efeito, a destruição das dunas frontais está quase sempre associada ao tipo e à intensidade de uso que delas se faz. A utilização da duna frontal no Arco Litoral Caparica – Espichel como passagem de acesso à praia (quer de forma ordenada quer através do pisoteio desregrado), como local de implantação de apoios de praia e de construção permanente, urbana e turística, determina a sua elevada vulnerabilidade biofísica.

Tabela I – Hierarquia dos sistemas biofísicos litorais do Arco Caparica – Espichel (FERREIRA, 1999)

SISTEMAS BIOFÍSICOS LITORAIS DO ARCO CAPARICA-ESPICHEL			
HIERARQUIA SUPERIOR	HIERARQUIA INTERMÉDIA		ELEMENTARES
Planície Litoral	N: praia-duna frontal e campo dunar interior	S: praia – arriba	praia, duna frontal, duna interior
Arribas	N: arriba fóssil	S: arriba viva (praia encastrada)	vertente costeira, arriba viva, praia
Plataforma Litoral	campo dunar alcandorado		duna alcandorada
Plataforma Continental			praia imersa

N – Norte; S – Sul

Tabela II – Características das unidades biofísicas litorais do Arco Caparica-Espichel (FERREIRA, 1999)

CARACTERÍSTICAS DAS PRINCIPAIS UNIDADES BIOFÍSICAS				
UNIDADE	SISTEMAS COSTEIROIS	FORMAS ELEMENTARES	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	DINÂMICA E PRESSÃO HUMANA
Planície Litoral	Praia-duna e campo dunar interior, a Norte e a Sul	Praia, duna frontal e duna interior.	Desenvolve-se de Sul para Norte, entre o mar e a arriba fóssil. Aumenta progressivamente para Norte. Possui uma grande espessura de areias eólicas.	Apesar de fixada pela vegetação, tem regredido muito por erosão costeira e pela destruição dos sistemas dunares. Pressão urbanística, turística e de recreio muito importantes.
Arriba	Arriba fóssil, a Norte, e arriba viva (praia encastrada), a Sul	Vertente costeira, arriba viva	Delimita a planície da plataforma. O comando diminui para S (89m a N, 50m a S). Arriba fóssil de perfil abrupto, com dois sectores: o somital, de declive acentuado (>40%) e o talude basal, de declives mais suaves (10-30%). Constituída por materiais cada vez mais recentes (Mio-cénico, Pliocénico e Quaternário), desde rochas carbonatadas às detríticas, entre Trafaria e Lagoa de Albufeira. Série arenosa Pliocénica e Quaternária aflorando no topo, desde a Rib. da Foz do Rego. Arriba viva, S da Lagoa de Albufeira (Praia das Bicas), constituída essencialmente por calcários, grés e margas (Cretácico e Jurássico).	Entre Trafaria e C. Caparica, a arriba fóssil evoluiu por queda de blocos (nos calcários e margas miocénicas). Para S, é sobretudo por abarrancamento generalizado, e por alguns deslizamentos, que evoluiu. A S da Lagoa de Albufeira, a arriba viva evoluiu por desabamento e queda de blocos, devidos ao sapamento basal. Fortes pressões sobre o alto da arriba a N, em Raposo, e entre a Rib. Foz do Rego e Vale Cavala. Construções junto à base da arriba fóssil, na Costa da Caparica.
Plataforma Litoral	Campo dunar alcandorado	Duna alcandorada	Superfície relativamente plana, com altitudes que raramente excedem os 100m. Apresenta uma importante cobertura arenosa até à Lagoa de Albufeira. Constituída pelo mesmo material que a arriba fóssil até Lagoa de Albufeira, a partir da qual afloram os materiais do Cretácico e do Jurássico.	Devido à elevada permeabilidade dos materiais, a rede hidrográfica disseca pouco a superfície, que apenas apresenta algum entalhe nas áreas mais impermeáveis. É a área onde predominam a construção (a N) e a agricultura (a S).

Ao integrar a Área de Paisagem Protegida da Arriba Fóssil da Costa da Caparica (APPAFCC)², pese embora o facto de o estatuto de protecção ser inferior ao de um Parque ou Reserva, a área de estudo tem beneficiado de medidas de conservação, concretamente no que respeita a reabilitação parcial dos sistemas dunares (cordão dunar frontal e dunas alcandoradas), o ordenamento do acesso às praias (parques de estacionamento e passagens sobre-elevadas), a protecção e valorização da arriba fóssil e o ordenamento e vigilância para a prevenção de incêndios na área florestal abrangida.

4. Metodologias de avaliação da vulnerabilidade e risco biofísico no Arco Litoral Caparica - Espichel

A metodologia proposta para a avaliação da vulnerabilidade e do risco biofísico em áreas litorais incorpora, como ficou explícito anteriormente, um número elevado de componentes e variáveis. Aqui, será apenas abordada a avaliação da vulnerabilidade e do risco relacionados com os fenómenos de erosão. Na realidade, a erosão, de origem quer marinha quer continental, é um dos principais processos responsáveis pela degradação ambiental e consequente perda de biodiversidade na área de estudo. O esquema da figura 4 ilustra a base conceptual a partir da qual se estruturou a metodologia desenvolvida.



Figura 4 - Enquadramento conceptual para a determinação da vulnerabilidade e risco biofísico no Arco Litoral Caparica - Espichel (adaptado de FERREIRA, 1999)

² Abrange uma faixa de aproximadamente 15Km de comprimento e 1Km de largura, desde a Costa da Caparica até às proximidades da Lagoa de Albufeira.

Procedeu-se à caracterização das variáveis consideradas fundamentais para a avaliação da vulnerabilidade à erosão hídrica (continental) e à erosão marinha, através de dois métodos distintos:

1. para as variáveis continentais: a *avaliação multicritério*³, tendo em consideração os dados a tratar e a extensão da área, que permitiu ordenar informação de diferentes tipos e proveniências, com base numa avaliação, expressa em valores e ponderações, de acordo com a intensidade e grau de importância das variáveis;
2. para as variáveis marinhas: a *análise dos efeitos morfogenéticos de uma série de episódios de temporal, ocorridos durante o período de Dezembro 1995 a Janeiro de 1996*⁴, devido à carência de dados e de estudos detalhados sobre a dinâmica litoral da área estudada. Para caracterizar os episódios de temporal e as respectivas consequências, procedeu-se ao estudo das condições meteorológicas e de ondulação correspondentes e ao levantamento de campo dos efeitos erosivos registados na área.

A partir da classificação e do cruzamento das variáveis seleccionadas, segundo os critérios descritos em FERREIRA (1999), distinguiram-se níveis de vulnerabilidade biofísica.

A determinação de diferentes classes de risco teve por base o *uso do solo*, entendido no sentido da existência e distinção de parcelas do território socialmente referenciáveis (TENEDÓRIO, 2000)⁵. Deste modo, introduzem-se na análise, por via indirecta, os factores socioeconómicos (com expressão territorial) que podem acentuar ou atenuar os danos e perdas materiais e humanos.

Assumindo-se que diferentes níveis de vulnerabilidade biofísica correspondem necessariamente a diferenças da capacidade de resiliência dos sistemas biofísicos, a análise deve ter em consideração um período de tempo relativamente abrangente, de forma a monitorizar e avaliar a regeneração dos sistemas.

³ Para J. BARREDO (1996) a avaliação multicritério pode definir-se como um conjunto de técnicas orientadas para o apoio à tomada de decisão. Permite a simulação de diversas alternativas.

⁴ Os temporais constituem uma oportunidade única para compreender a hidrodinâmica litoral e respectivas consequências sobre os sistemas litorais presentes, nomeadamente no que respeita à vulnerabilidade e ao risco associados à erosão marinha. Os episódios de temporal de Dezembro de 1995 – Janeiro de 1996 tiveram como repercussão imediata uma intensa e generalizada erosão no litoral português, nomeadamente na área de estudo.

⁵ Segundo J. A. TENEDÓRIO (2000), "... o conceito de uso do solo integra, no plano teórico, um conjunto de texturas, formas e cores («retórica plástica»), que dão unidade às parcelas do território socialmente referenciáveis. Entendemos por parcelas de território socialmente referenciáveis as que, do ponto de vista «natural» e humano são portadoras de signos resultantes da apropriação, da exploração e da gestão de recursos (no sentido ecológico do termo)".

A partir de uma lista de controlo (*checklist*) para a avaliação da vulnerabilidade das dunas frontais, baseada na resiliência destes sistemas, cuja metodologia foi já aplicada a outras áreas da costa ocidental portuguesa e documentada em diversos trabalhos anteriores (LARANJEIRA, 1997; LARANJEIRA *et al.*, 1999; PEREIRA *et al.*, 2000), monitorizou-se a evolução do cordão dunar frontal entre 1996 (após a ocorrência dos episódios de tempestade) e 1998.

O interesse da lista de controlo consiste em permitir:

1. estabelecer o nível de pressão que cada uso exerce sobre o sistema frontal, relacionando-o com o limiar de resiliência;
2. identificar as componentes do sistema mais vulneráveis e indicar os ajustamentos necessários, ao nível das medidas de ordenamento e gestão dunar, tendo em vista prevenir ou minimizar os efeitos da pressão (LARANJEIRA, 1997).

A lista de controlo baseia-se na distinção de três níveis de vulnerabilidade biofísica, tal como se sintetizam na tabela III.

Tabela III – Níveis de vulnerabilidade dunar definidos na lista de controlo (adaptado de PEREIRA *et al.*, 2000)

Níveis de vulnerabilidade	Definição
Nível 0 – sensibilidade baixa e limiar de resiliência não ultrapassado	o grau de transformação da duna não põe em risco a sua autoregulação; uma maior pressão do uso só poderá ser suportada com medidas gerais de ordenamento e gestão
Nível 1 – sensibilidade variável e sobre o limiar de resiliência	sinais de degradação localizada que ainda não coloca em risco a autoregulação da duna; restrição parcial a uma maior pressão do uso, podendo ser necessárias medidas específicas de ordenamento e gestão
Nível 2 – sensibilidade elevada e limiar de resiliência ultrapassado	degradação severa e generalizada, sem sinais de autoregulação da duna; total restrição a uma maior pressão do uso e necessidade de medidas específicas e restritivas de ordenamento e gestão

No sentido de avaliar a sensibilidade (grau de transformação) e a resiliência (autoregulação) das dunas frontais, consideraram-se fundamentais componentes da vulnerabilidade biofísica como a erosão dunar, a alimentação em areia (acumulação dunar), a fixação das areias pela vegetação dunar, a degradação pelo uso e o ordenamento e gestão. Para caracterizar cada uma das componentes de vulnerabilidade, seleccionaram-se variáveis que descrevem *sinais observáveis* de degradação e de regeneração do sistema, além do tipo e modo de implementação das medidas de con-

servação dunar (Tabela IV). Todas as variáveis dizem respeito a elementos do sistema frontal *susceptíveis de ser objecto de intervenção*, ou seja, têm interesse directo para o ordenamento e gestão ambiental.

Tabela IV – Componentes e variáveis da vulnerabilidade dunar consideradas na lista de controlo (adaptado de LARANJEIRA, 1997)

Componentes da vulnerabilidade dunar	Variáveis
Erosão dunar	arriba talhada em duna, galgamentos oceânicos, brechas, <i>blowouts</i> (em % do comprimento da frente dunar ou da área do sistema); areia soprada para o interior
Alimentação em areia	dunas embrionárias (em % do comprimento da frente dunar), colmatação de brechas, <i>blowouts</i> e galgamentos (em %)
Fixação das areias pela vegetação dunar	taxa de cobertura vegetal do sistema dunar, taxa de cobertura vegetal da frente dunar, danificação das plantas (em %)
Degradação dunar pelo uso	rede de caminhos e trilhos pedestres, de veículos motorizados e de equitação, parque de campismo, construção, extracção de inertes, actividades ligadas à pesca tradicional, campos desportivos (em % da área do sistema)
Ordenamento e gestão (conservação)	presença e eficácia de: ordenamento dos caminhos, painéis de informação, vigilância e controlo da pressão do uso (medidas gerais); armadilhas de areia, plantação de vegetação, alimentação artificial da praia ou da duna (medidas específicas), restrição do acesso (medidas restritivas), obras costeiras

Na lista de controlo, consideraram-se ainda factores de risco específicos das dunas frontais, como a atractividade recreativa e turística associada ao sistema dunar, que se traduz no nível da pressão dos visitantes, e os obstáculos à livre movimentação das dunas para o interior, tendo em conta os usos do solo de uma faixa marginal, cuja largura depende em cada caso da taxa de recuo da linha de costa. Desta forma, é possível avaliar, de forma indirecta, os custos socioeconómicos associados, respectivamente, à necessidade de implementação de estratégias e medidas para a conservação das dunas, e à opção por uma estratégia de fixação da posição actual do sistema frontal ou por uma estratégia para a livre transgressão dunar.

5. Apresentação e discussão de resultados

Do estudo da série de episódios consecutivos de temporal que ocorreram no período de Dezembro de 1995 – Janeiro de 1996, concluiu-se que a totalidade da

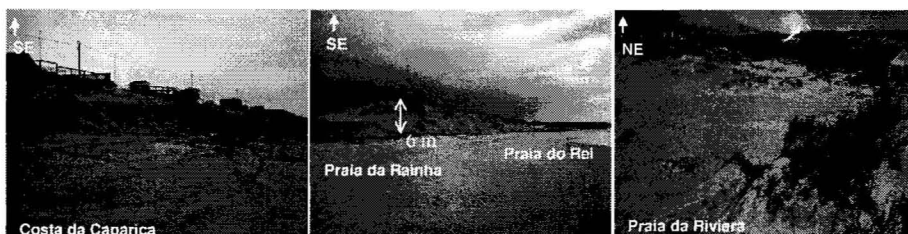
área do Arco Litoral Caparica – Espichel, foi afectada, de forma idêntica, por uma ondulação caracterizada por elevados valores de altura significativa e de energia total (chegando a atingir alturas significativas de 9m). Tal deveu-se, em determinados períodos de tempo, ao efeito de *storm surge* (sobreelevação do nível das águas do mar de origem meteorológica) sentido, o que resultou na importante acção morfogenética associada a estes episódios de temporal (FERREIRA, 1999).

As condições meteorológicas verificadas desencadearam igualmente uma forte tempestade em terra (precipitações abundantes), com severas repercussões no litoral.

No entanto, o levantamento de campo dos efeitos do temporal e da tempestade pôs em evidência o facto de que não só os diferentes sistemas biofísicos litorais em presença registam respostas diferentes, como aliás seria de esperar, como também um mesmo sistema se comporta de modo significativamente distinto, perante o mesmo fenómeno.

Tendo apenas em conta os sistemas de praia – duna frontal (planície litoral) e de arribas, nomeadamente a arriba fóssil, podemos distinguir quatro grandes tipos de processos erosivos despoletados pelos episódios de temporal e tempestade estudados:

- *erosão marinha por sapamento*, que afectou fortemente o cordão dunar frontal, talhando perfis de arriba ao longo da frente dunar do sistema (figuras 5 e 6 com alturas que atingiram os 6m (até à crista da duna), e provocou severa erosão da praia no sector de Olhos de Água. A Sul da Fonte da Telha, a força da ondulação instabilizou, por sapamento basal, grande parte do coluvião que fossiliza a vertente costeira e da arriba viva, provocando grande erosão em resultado de movimentos de vertente;
- *erosão marinha por galgamentos oceânicos*, registados em todos os principais acessos pela duna frontal até à praia, e que evidenciam bem a vulnerabilidade do sistema, uma vez que aproveitam todas as descontinuidades do cordão dunar de origem antrópica (figura 7);
- *erosão hídrica*, responsável por fenómenos de ravinamento no sistema de arriba, fóssil ou viva;
- *erosão mista* (de origem simultaneamente marinha e hídrica), que ocorre essencialmente na desembocadura dos organismos fluviais e no sopé da vertente costeira, onde as torrentes de água e materiais provenientes dos barrancos da arriba concorrem significativamente para a destruição dos coluviões e dunas. A título de exemplo, refira-se que a Ribeira da Foz do Rego destruiu uma grande parte da duna.



Figuras 5, 6 e 7 – Efeitos do Temporal de Janeiro de 1996 no cordão dunar frontal.

Através da análise dos efeitos morfogenéticos do conjunto de episódios de temporal estudado foi possível constatar quais os sistemas litorais mais vulneráveis à erosão marinha. Assim, apresenta maior vulnerabilidade o cordão dunar frontal, no sector localizado a Sul dos esporões da Costa da Caparica até à Lagoa de Albufeira. Em segundo lugar, os sistemas mais atingidos correspondem à arriba fósil e à arriba viva, no sector a Sul da Fonte da Telha até à Lagoa de Albufeira (figura 8, adiante).

O comportamento dos sistemas referidos revelam que a vulnerabilidade à erosão marinha está fortemente dependente da litologia (areias soltas do cordão dunar frontal e materiais pouco consolidados das arribas), da localização no Arco (tudo leva a crer que, numa tempestade de Oeste, a energia da ondulação se concentra tendencialmente no interior das enseadas, provocado um “efeito de funil”) e do estado de degradação devido ao uso (áreas de interrupção da duna frontal em resultado da abertura de acessos à praia). Com efeito, verificou-se que, entre 1996 e 1998, a regeneração natural da duna frontal foi consideravelmente superior onde a pressão humana não determina grande transformação do sistema, como em Praia do Rei (figura 9), relativamente aos sectores em que o cordão dunar se encontra parcialmente destruído pelo uso, nomeadamente devido aos apoios de praia ao longo da frente dunar e à urbanização, como em Fonte da Telha (figura 10).

Quanto ao risco de erosão, determinado pelo cruzamento da vulnerabilidade biofísica e dos usos do solo, regista-se uma maior extensão de áreas de risco face às áreas vulneráveis identificadas, uma vez que áreas anteriormente classificadas com baixa vulnerabilidade apresentam actualmente um risco elevado de erosão (marinha e continental), nomeadamente as áreas urbanas (figura 8).

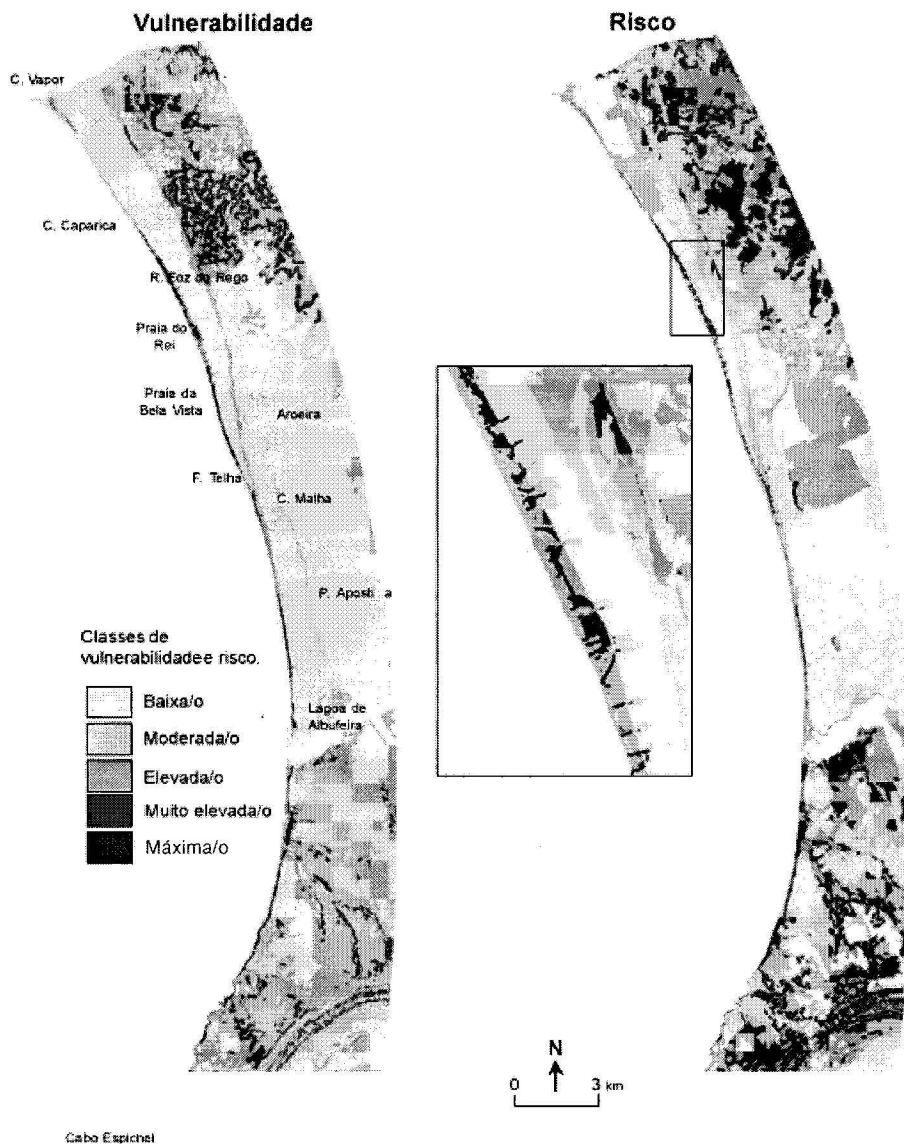


Figura 8 – Vulnerabilidade e Risco Biofísico no Arco Caparica – Espichel (FERREIRA, 1999)

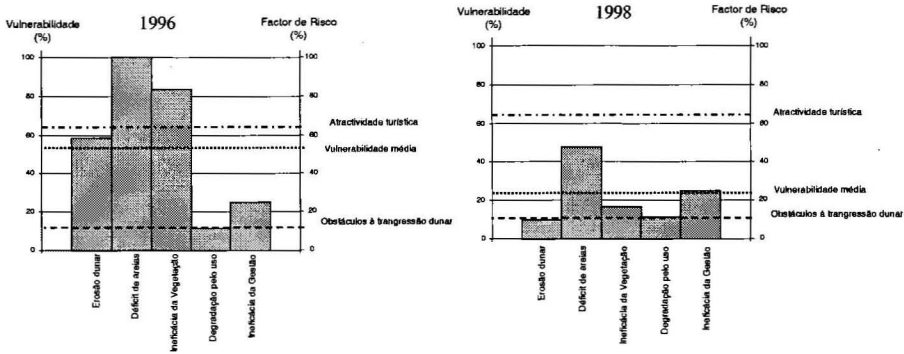


Figura 9 – Resultados da checklist na Praia do Rei, em 1996 e 1998

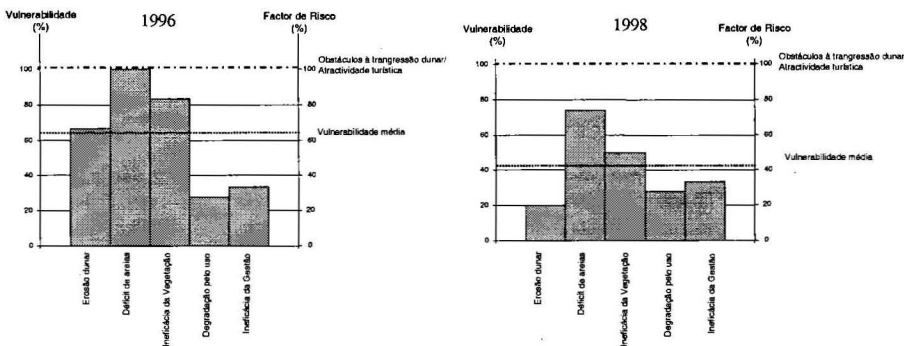


Figura 10 – Resultados da checklist na Praia da Fonte da Telha, em 1996 e 1998

Remate

Este trabalho foi desenvolvido tendo por base a convicção de que o território litoral, quando planeado, bem ordenado e gerido numa perspectiva ambiental é um território “económico”, ou seja, que necessita de menos recursos financeiros a médio e longo prazo. Uma gestão ambiental eficaz, definida com base na avaliação de áreas vulneráveis e de risco biofísico, evita a degradação e perda irreversíveis dos recursos ambientais, de valores paisagísticos e culturais únicos, cuja valorização económica nem sempre pode ser expressa em termos monetários. A gestão que se tem vindo a fazer do litoral português tem-se revelado predadora de recursos e valores, e sobretudo muito dispendiosa ao erário público. A questão dos custos e dos benefícios económicos, sociais, políticos e ambientais das políticas e estratégias de conservação é sempre um assunto controverso, pois há que ponderar entre os objectivos de curto e longo prazos. REES (1990) frisa claramente as consequências distributivas

destes custos: “*the avoidance of depletion and pollution damage is not a costless procedure. Someone has to pay the costs involved and the type of avoidance mechanisms chosen will crucially affect who this will be. Ultimately choices have to be made about which environmental goods and services to provide, who should receive them and who pays; inevitably these are subjective, political, social and moral choices. They will not, and cannot, be made by rational analysis* (pp5-6)”.

Bibliografia

- Ferreira, J.C.; Pereira A R (2000) – SIG: Potencialidades na Avaliação de Riscos Litorais. O Exemplo no Arco Litoral Caparica – Espiche, 3º *Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica*, DISEPLA, Universidade do Algarve, Faro.
- Ferreira, J.C. (1999) – *Vulnerabilidade e risco biofísico em áreas costeiras. O arco litoral Caparica-Espichel*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa, 160p+anexos.
- Laranjeira, M.; Pereira, A. R.; Williams A. T. (1999) – Comparison o Two Checklist Methods for Assessment of Coastal Dune Vulnerability, *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 15 (1-4), pp 259-268, Madrid.
- Laranjeira, M. (1997) - *Vulnerabilidade e Gestão dos Sistemas Dunares. O Caso das Dunas de Mira*. Dissertação de Mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, 104p+anexos.
- Machado, J. R. (2000) – *A Emergência dos Sistemas de Informação Geográfica na Análise e Organização do Espaço*, Fundação Calouste Gulbenkian /FCT-MCT, Lisboa, 540p.
- Panizza, M. (1990) – *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla pianificazione territoriale e alla valutazione d'impatto ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Pereira, A. R.; Laranjeira M. M; Neves M. (2000) – A Resilience Checklist to Evaluate Coastal Dune Vulnerability, in: *Periodicum Biologorum - Littoral 2000*, A. Pozar-Domac (ed), 102, sup.1, pp 309- 318
- Rees, J. (1990) – *Natural Resources: Allocation, Economics and Policy*, Routledge, London, 499 p.
- Rust, I. C.; Illenberger, W. K. (1996) – Coastal dunes: Sensitive or not?, *Landscape and Urban Planning*, 34, pp165-169.
- Tenedório, J. A. (2000) – *Téledétection, Systèmes d'Information Géographique et Suivi des L'Étalement Périurbain dans L'Aire Métropolitaine de Lisbonne*, Géographies, AGF/CNRS, 2000-1 Mars, Paris (no prelo).
- Varnes, D.J. (1984) – *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris.
- Vogt, G. (1979), Adverse effects of recreation on sand dunes: a problem for coastal zone management, *Coastal Zone Management Journal*, 6 (2), pp37-68
- Zêzere, J.L. (1997) – *Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na região a norte de Lisboa*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Universidade de Lisboa, 575p.