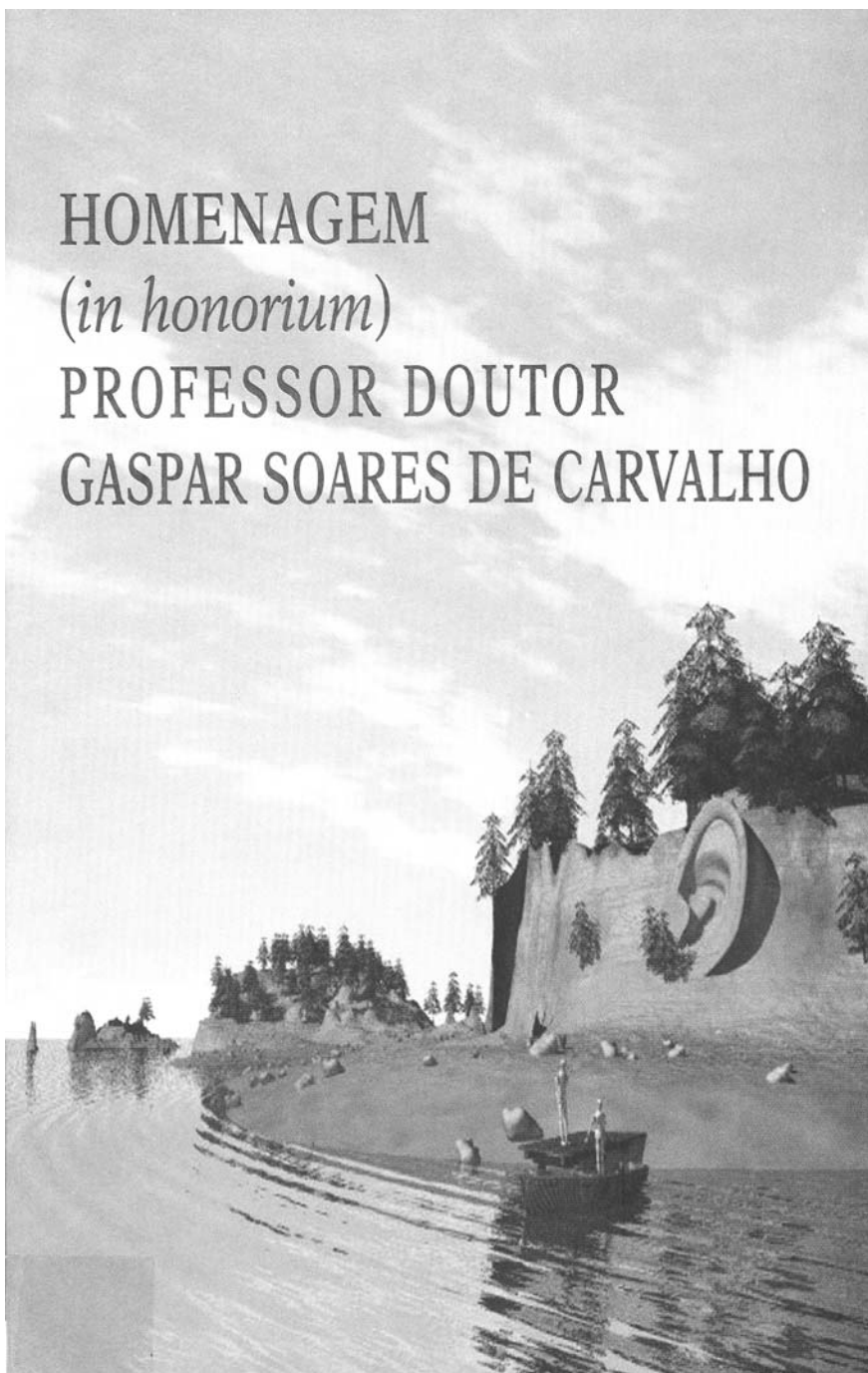


HOMENAGEM
(in honorium)
PROFESSOR DOUTOR
GASPAR SOARES DE CARVALHO



VULNERABILIDADE DUNAR AVALIADA POR UMA LISTA DE CONTROLO*

ANA RAMOS PEREIRA**
MARIA MANUELA LARANJEIRA**

Resumo

As listas de controlo (*checklists*) constituem um instrumento de grande interesse, por permitirem efectuar uma recolha criteriosa de dados e organizá-los de forma estruturada em função do objectivo. Foram utilizadas em Portugal para a avaliação da vulnerabilidade dos sistemas dunares, tendo em vista a sua aplicação ao ordenamento e gestão sustentável do território. A sua aplicação em condições geográficas e especialmente biofísicas diferentes daquelas para as quais a lista de controlo tinha sido elaborada (País de Gales e Bretanha) mostrou a necessidade de proceder a ajustamentos e à elaboração de uma lista de controlo alternativa. Esta última baseia-se na capacidade de resiliência dos sistemas dunares e foi aplicada aos frontais (*foredunes*) por estes apresentarem maior mobilidade morfológica natural e induzida pela acção antrópica.

No litoral português, à semelhança doutros, a degradação da duna frontal está quase sempre associada ao tipo e à intensidade de uso que dela se faz. Constitui local de passagem (acesso à praia), local de lazer, local de implantação de apoios de praia, de construção permanente, urbana e turística, ou, ainda, local de extracção de inertes.

O interesse de uma lista de controlo, baseada na capacidade de resiliência, para a avaliação da vulnerabilidade das dunas frontais, com aplicação ao ordenamento e gestão do território, consiste em permitir estabelecer o nível de pressão que cada uso exerce sobre o sistema, relacionando-o com o limiar de resiliência, identificar as componentes do sistema mais vulneráveis e indicar os ajustamentos necessários, tendo em vista prevenir ou minimizar os efeitos da pressão.

* Contribuição DISEPLA (Dinâmica Sedimentar da Plataforma Continental), n.º A 142.

** Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa, faculdade de Letras, Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa.

Para ilustrar a metodologia de aquisição e organização da informação colhida no campo ou baseada na análise de fotografia aérea, utiliza-se o exemplo da duna frontal da Praia de Mira – sector Sul, onde se iniciou em 1997 um processo de ordenamento e gestão, baseado na colocação de armadilhas de areia e no ordenamento dos caminhos.

Palavras-chave: dunas litorais, listas de controlo, resiliência, capacidade de carga, vulnerabilidade.

1. As listas de controlo como instrumento de avaliação ambiental

As listas de controlo (*checklists*) constituem um instrumento de grande interesse, por permitirem efectuar uma recolha criteriosa de dados e organizá-los de forma estruturada em função do objectivo da lista, facilitando a sua análise comparativa no tempo e no espaço. Têm sido utilizadas com diversos objectivos, nomeadamente na avaliação de impactes ambientais (WATHERN *et al*, 1984; WATHERN, 1986 e 1988; BARROW, 1997), na avaliação da qualidade cénica dos espaços ribeirinhos (LEOPOLD, 1969), na avaliação da estabilidade de vertentes (COOKE & DOORNKAMP, 1990), na avaliação de riscos litorais e, mais concretamente, na avaliação da vulnerabilidade dos sistemas dunares litorais.

No que respeita às dunas litorais, foi elaborada, testada e aperfeiçoada uma lista de controlo de avaliação da vulnerabilidade destes sistemas, tendo em vista a sua aplicação ao ordenamento e gestão sustentável do território. Primeiramente desenvolvida e ensaiada nas dunas do sul do País de Gales e da Bretanha ocidental (BODÉRE *et al*, 1991 e 1994; WILLIAMS *et al*, 1993), a sua aplicabilidade a outros domínios morfoclimáticos foi testada nas dunas do sudoeste e sul português (DIAS *et al*, 1994). Os estudos até então concretizados mostraram a necessidade de proceder a ajustamentos na lista de controlo original, com a finalidade de criar um instrumento de ordenamento e gestão aplicável a sistemas dunares litorais inseridos em contextos geográficos diferenciados (WILLIAMS *et al*, 1994). A investigação desenvolvida inseriu-se no Projecto *European Land – Ocean Interaction Studies "Dynamics and Integrated Management Methods for Coastal Dune Ecosystems"* – ELOISE/DUNES (Environment and Climate Program, European Commission DGXII MAST - Marine Science and Technology), coordenado por A. Williams, da Universidade de Bath, em que participaram investigadores da Universidade do Algarve (Unidade de Ciências e Tecnologia dos Recursos Aquáticos - UCTRA) e da Universidade de Lisboa (Centro de Estudos Geográficos - CEG).

Na sequência do trabalho desenvolvido em Portugal, desde 1994 e no âmbito do referido projecto, pelos investigadores do Grupo

Dinâmicas Litoral e Fluvial – DILIF do CEG, nomeadamente a aplicação da lista de controlo ELOISE/DUNES à costa ocidental portuguesa, verificou-se a necessidade de elaboração de uma lista alternativa, baseada no conceito de resiliência dos sistemas dunares litorais (LARANJEIRA, 1997; LARANJEIRA *et al*, *in press*).

2. Uma lista de controlo baseada na resiliência dos sistemas dunares litorais

De entre os sistemas biofísicos litorais, os dunares frontais (*foredunes*) são dos que apresentam maior mobilidade morfológica natural e induzida pela acção antrópica. Constituídos por areia solta, cuja acumulação é promovida pela vegetação (*retentive dune systems*, RUST & ILLENBERGERW, 1996), estes sistemas estão na dependência da alimentação em areias e da taxa de cobertura da vegetação. A alimentação varia naturalmente em função da morfodinâmica da praia, consequência da variação sazonal do clima de agitação marítima, e é fortemente dependente das fontes da areia de praia, as quais podem modificar-se como resultado do ordenamento das bacias hidrográficas e do litoral a barlar. Por seu lado, a fixação de areias e o crescimento dunar promovido pela vegetação, apesar de dependentes das condições físicas naturais (afluxo de areias, variabilidade climática, embora com humidade sempre presente), são fortemente condicionados pelas acções antrópicas. Mesmo impactes de baixa intensidade, como o pisoteio, danificam a vegetação, que pode levar anos a recuperar naturalmente (VOGT, 1979).

O balanço sedimentar dunar negativo, que pode conduzir à destruição da duna frontal, ocorre por défice de areias de praia e/ou por destruição da vegetação dunar, que tendo como consequência a diminuição da rugosidade da superfície de deflação, torna preponderante a erosão eólica. Nestas condições, a duna frontal é muito sensível e pouco resiliente ou, por outras palavras, experimenta uma elevada transformação e apresenta uma baixa capacidade de autoregulação (VILES & SPENCER, 1995).

No litoral português, à semelhança doutros, a degradação da duna frontal está quase sempre associada ao tipo e à intensidade de uso que dela se faz. Constitui local de passagem (acesso à praia), local de lazer, local de implantação de apoios de praia, de construção permanente, urbana e turística, ou, ainda, local de extracção de inertes.

No contexto do ordenamento e da gestão sustentável, 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.

A grande dificuldade na aplicação deste conceito reside no facto de não existir um único valor, simples e absoluto, que defina a capacidade de carga de um determinado sistema biofísico, num determinado momento. Em primeiro lugar, como estabelecer e avaliar a situação de referência? Não é correcto fixar apenas a situação observável num dado momento como a "situação de partida", uma vez que ela se enquadra num processo evolutivo, cuja tendência é necessário conhecer. Em segundo lugar, a definição de capacidade de carga depende da decisão quanto aos objectivos de ordenamento e à qualidade de uso.

O conceito de capacidade de carga é intrinsecamente dependente do de resiliência dos sistemas biofísicos, podendo identificar-se limiares críticos a partir dos quais os usos de um sistema desencadeiam uma ruptura da sua capacidade de autoregulação. A capacidade de carga privilegia a perspectiva dos sistemas biofísicos como recursos necessários ao desenvolvimento de uma determinada actividade. A capacidade de resiliência, por sua vez, ao enquadrar a tendência evolutiva dos sistemas biofísicos, privilegia os efeitos que os usos têm sobre essa tendência.

Nesta concepção, considera-se ultrapassada a capacidade de resiliência ou o limiar de resiliência, quando o sistema biofísico exhibe marcas generalizadas e persistentes de degradação, sinal de que é incapaz de se autoregular.

No caso das dunas frontais, deve salientar-se que, dada a sua variabilidade morfodinâmica, a avaliação da resiliência só deve ser efectuada após um período nunca inferior a dois anos, devendo ser preferencialmente de dez anos.

O interesse de uma lista de controlo, baseada na capacidade de resiliência, para a avaliação da vulnerabilidade das dunas frontais, com aplicação ao ordenamento e gestão do território, consiste em permitir estabelecer o nível de pressão que cada uso exerce sobre o sistema, relacionando-o com o limiar de resiliência, identificar as componentes do sistema mais vulneráveis e indicar os ajustamentos necessários, tendo em vista prevenir ou minimizar os efeitos da pressão (LARANJEIRA, 1997).

A lista de controlo que agora se apresenta baseou-se na distinção de três níveis de vulnerabilidade biofísica, tal como se sintetizam no quadro 1.

QUADRO 1

Níveis de vulnerabilidade dunar definidos na lista de controlo

Nível de vulnerabilidade dunar	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 de 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 de 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 de uso e necessidade de medidas específicas e restritivas de ordenamento e gestão

No sentido de avaliar a sensibilidade e a resiliência da duna frontal, consideraram-se fundamentais as seguintes componentes de vulnerabilidade biofísica: erosão dunar; alimentação em areia; fixação das areias pela vegetação dunar; pressão de uso; ordenamento e gestão.

Para cada uma das componentes de vulnerabilidade das dunas frontais, seleccionaram-se variáveis que descrevem sinais observáveis de degradação e de regeneração do sistema e estão relacionadas com elementos do sistema dunar susceptíveis de ser objecto de intervenção, ou seja, têm interesse directo para o ordenamento e gestão (quadro 2 e Anexo). Esta selecção de variáveis, consideradas significativas para a avaliação em causa, procurou evidenciar, de forma simples e clara, a dinâmica e a complexidade dos sistemas biofísicos estudados, permitindo a sua utilização pelos agentes de ordenamento e gestão.

Na lista de controlo em anexo, cada componente é decomposta num conjunto de variáveis. Para estas, definiram-se até três possibilidades de caracterização, em função dos níveis de vulnerabilidade anteriormente referidos. Por exemplo, para a componente "Erosão dunar" e para a variável "arriba talhada em duna (em % do comprimento da duna frontal)", as três possibilidades definidas foram: 1) ausente; 2) presente em <50%; 3) presente em >50% (Anexo). A cada uma das alternativas possíveis fez-se corresponder um valor numérico igual ao respectivo nível de vulnerabilidade (o valor de 0 para o nível de vulnerabilidade 0, o valor 1 para o nível 1 e o valor 2 para o nível 2). Desta forma, para a

QUADRO 2

Variáveis das componentes de vulnerabilidade seleccionadas.

Componentes da vulnerabilidade biofísica dunar	Variáveis
Erosão dunar	Arriba em duna; galgamentos oceânicos; brechas; <i>blowouts</i> ; areia soprada para o interior
Alimentação em areia	Dunas embrionárias; colmatação de brechas, <i>blowouts</i> e galgamentos oceânicos
Fixação das areias pela vegetação dunar	Taxa de cobertura do sistema dunar; taxa de cobertura da frente dunar; danificação das plantas
Pressão de uso na duna/Degradação dunar	Rede de caminhos pedestre, de veículos motorizados e de equitação; parque de campismo; construção, extracção de inertes; actividades ligadas à pesca; campos desportivos
Ordenamento e gestão	Ordenamento dos caminhos; painéis de informação; vigilância e controlo da pressão de uso; armadilhas de areia; plantação de vegetação; alimentação artificial da praia ou da duna; restrição de acesso; obras costeiras

componente "Erosão dunar", a vulnerabilidade mínima corresponde a zero e a máxima ao valor 12 (2X6 variáveis), o qual se faz corresponder a 100%. A vulnerabilidade para cada caso concreto obtém-se pelo somatório dos valores de cada variável, o qual deve depois ser convertido em percentagem.

Para cada componente da lista de controlo, efectuam-se somatórios idênticos, posteriormente convertidos em percentagem. No caso das variáveis dependentes, como por exemplo, "altura da arriba em duna", no caso em que não exista arriba talhada em duna, esta variável não deve ser considerada para a contabilização da vulnerabilidade desta componente. Assim, o total máximo (Σ) seria de 10 (2X5 variáveis), correspondendo a 100%. O mesmo raciocínio se aplica às variáveis da componente "Alimentação em areia", que dizem respeito à colmatação de brechas, *blowouts* e galgamentos oceânicos, sempre que cada um destes não exista.

Na lista de controlo, consideraram-se ainda factores de vulnerabilidade do sistema dunar, nomeadamente os obstáculos à livre dinâmica transgressiva da duna em função do tipo de uso do solo da faixa marginal, cuja largura dependerá em cada caso da taxa de recuo da linha de costa, e a atractividade recreativa e turística associada ao sistema dunar que se traduz na pressão dos visitantes. Tratam-se, por isso, de condicionantes da vulnerabilidade do sistema dunar, mas exteriores a ele. A contabilização de cada um destes factores efectua-se

da mesma maneira que no cálculo da vulnerabilidade associada a cada componente.

3. Exemplo de aplicação

Para ilustrar a aplicação da lista de controlo baseada na resiliência, decidiu-se escolher o sistema dunar frontal de Mira (entre a Praia do Areão e a Praia de Mira), na costa ocidental portuguesa. Este sistema é parte integrante de uma extensa acumulação arenosa que se estende de Aveiro à Serra da Boa Viagem, ao longo de cerca de 50km. Trata-se de um litoral caracterizado por um clima de agitação marítima de elevada energia, com uma deriva litoral dominante N-S. A construção de diversas obras de engenharia costeira a barlar de Mira têm vindo a tornar este sistema dunar cada vez mais vulnerável à erosão marinha.

O concelho de Mira, onde se integra o troço litoral estudado, tem boas condições biofísicas (PEREIRA, A.; RAMOS, C., 1998) e uma pressão humana muito variável no tempo e no espaço, fundamentalmente determinada pelos visitantes e turistas que, durante o Verão, se dirigem, sobretudo, à faixa litoral, em particular para a Praia de Mira.

Este litoral tem vindo a tornar-se mais atractivo para recreação e turismo à escala regional, o que se traduziu na formação de uma rede desordenada de caminhos de acesso à praia e conduziu à degradação da duna frontal na proximidade das áreas urbanizadas. Esta situação levou a um esforço de ordenamento e gestão deste troço litoral, por parte das autoridades, no sentido de obviar a esse problema.

A duna frontal, bem desenvolvida, ultrapassa 5m de altura, encontra-se talhada em arriba nos sectores mais a norte (Praia do Areão) e evidencia uma elevada densidade de brechas e *blowouts* devidos ao pisoteio (Praia de Poço da Cruz e Praia de Mira - sector Sul). Localmente, a duna foi destruída por urbanização e actividades relacionadas com a pesca tradicional (Praia de Mira - sector Norte). As condições naturais e as acções antrópicas, quer ao longo da linha de costa a barlar, quer relativas ao sistema dunar, levaram A. BOTO (1997) a considerar este litoral como "de risco elevado", atendendo às marés vivas extremas, ao *storm surge* e aos temporais com período de retorno de dez anos.

No caso seleccionado – Praia de Mira – sector Sul, foram acompanhadas 3 fases de ordenamento e gestão, entre 1996 e 1998.

- a) 1ª fase, antes de 1997: O balanço sedimentar da praia estava aproximadamente estabilizado desde a construção dos esporões a sotamar, na década de 1970, permitindo a formação/manutenção de dunas embrionárias na praia alta.

Todavia, o balanço sedimentar da duna foi perturbado pela instabilização da duna, causada pelo pisoteio desordenado e pela abertura de caminhos de acesso à praia com um intervalo de 50m, o que originou a formação de numerosas áreas de areias móveis, com dinâmica transgressiva e perda de areia do sistema para o interior. Nesta fase, foram instaladas armadilhas de areia, de tipo paliçada, num *blowout* que promoveram uma regeneração dunar muito rápida.

- b) 2ª fase, de 1997 a 1998: Foram instaladas diversas armadilhas de areia na frente dunar, que, para além de proporcionarem um rápido crescimento das dunas embrionárias, restringiram o acesso à duna pela praia.
- c) 3ª fase, no Verão de 1998: Foram instaladas novas armadilhas de areia nas dunas entretanto formadas ou em crescimento, bem como nas faces a sotavento. Em simultâneo foram construídas passagens sobrelevadas, apesar de não se ter aplicado ainda um programa de revegetação dunar.

Foi aplicada a lista de controlo proposta para as três fases consideradas (fig.1).

Nas duas primeiras fases as condições naturais físicas mantiveram-se ("Erosão dunar" e "Alimentação em areia"), mas a vegetação foi sendo progressivamente degradada pela acção antrópica ("Degradação pelo uso"), sem medidas adequadas de ordenamento e gestão. Estas só surgem claramente em 1998, embora numa primeira fase de implantação dessas medidas se possa assistir a uma degradação da frente dunar, por se aprofundarem as brechas para implantação das fundações das passadeiras sobrelevadas. Contudo, no ano seguinte, é já notória, nestas condições biofísicas, a regeneração da duna frontal.

Os dados expressos na matriz da figura 1 podem também ser representados em gráfico, correlacionando todas as variáveis utilizadas com o grau médio de vulnerabilidade (valor médio percentual de todas as componentes), com o grau dos factores de risco (atractividade turística do sistema dunar e obstáculos à livre transgressão das areias), permitindo ilustrar de forma simples quais as componentes do sistema sobre que devem incidir as medidas de ordenamento e gestão (fig.2).

Dos gráficos da figura 2, ressalta a clara diminuição da vulnerabilidade da duna frontal do sector Sul de Praia de Mira associada às componentes da alimentação de areia e do ordenamento e gestão.

PRAIA DE MIRA – Sector Sul

	1970-1996				1996/1997				1998					
	N0	N1	N2	Σ	N0	N1	N2	Σ	N0	N1	N2	Σ		
				%				%				%		
Erosão dunar	█			2	█			2	█			2		
	█				█				█					
	█				█				█					
	█				█				█					
Alimentação em areia		█		3		█		3		█		2		
		█				█				█				
		█				█				█				
Fixação das areias pela vegetação		█		2		█		2		█		2		
		█				█				█				
Degradação pelo uso		█		3		█		2		█		3		
		█				█				█				
		█				█				█				
		█				█				█				
Ordenamento e gestão		█		17		█		10		█		6		
		█				█				█				
		█				█				█				
		█				█				█				
	█		70,8		█		41,7		█		25			
	█				█				█					
				Σm =43,7%					Σm=36,2%					Σm=29%

	G0	G1	G2	
Uso do solo como obstáculo	█			Σ=3⇒42,8%
	█			
	█			
	█			

	P0	P1	P2	
Atractividade recreativa e turística			█	Σ=6⇒75%
			█	
			█	
			█	

Fig.1 – Aplicação da lista de controlo para a Praia de Mira – sector Sul, nas três fases consideradas. Σm corresponde ao valor médio percentual das cinco componentes consideradas

Na realidade, as intervenções que tiveram lugar (armadilhas de areia e restrição do acesso) promoveram essencialmente a fixação das areias e o crescimento das dunas embrionárias da praia alta, determinando uma significativa redução do défice da alimentação dunar (de 75% para 50%), sem que, no entanto, a eficácia do papel da vegetação se tenha alterado. Com efeito, o facto de não se ter implementado, até 1998, um programa adequado de revegetação dunar traduziu-se na manutenção do grau de vulnerabilidade associado a esta componente ao longo do período de observação.

Este tipo de organização da informação permite para um mesmo local verificar, ao longo do tempo, a eficácia das medidas de ordenamento e gestão da duna frontal. Aplicada a diversos locais permite igualmente avaliar as áreas onde a intervenção é mais necessária e urgente.

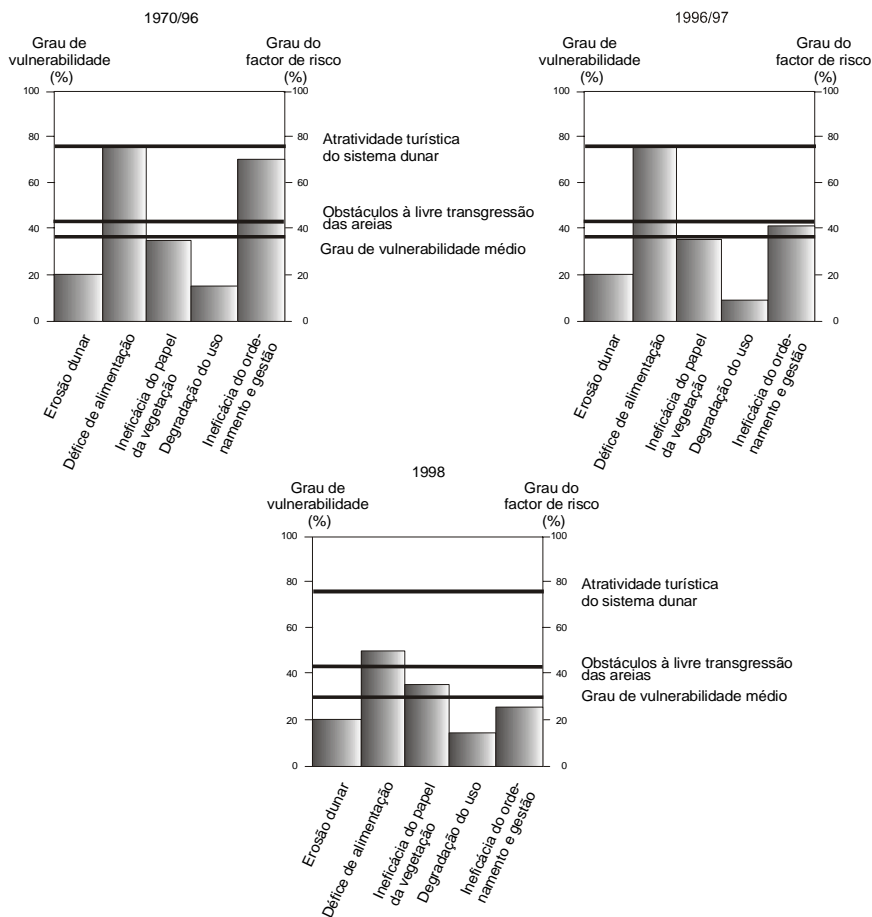


Fig.2 – A vulnerabilidade média e de cada uma das componentes em relação aos factores de risco, para as três fases consideradas, na Praia de Mira - sector Sul.

BIBLIOGRAFIA

- BARROW, C. J., 1997 - *Environmental and Social Impact Assessment. An Introduction*. Arnold, London.
- BODERE, J. C. ; CRIBB, R.; CURR, R. H. F.; DAVIES, P. ; HALLEGOUET, B. ; MEUR, C.; PIROU, N. ; WILLIAMS, A. T.; YONI, C., 1991 - La gestion des milieux dunaires littoraux. Evaluation de leur vulnérabilité à partir d'une liste de contrôle. Etude de cas dans le sud du Pays de Galles et en Bretagne occidentale. *Noröis*, 38: 279-298.
- BODERE, J. C. ; CRIBB, R.; CURR, R. H. F.; DAVIES, P. ; HALLEGOUET, B. ; MEUR, C.; PIROU, N. ; WILLIAMS, A. T.; YONI, C., 1994 - Vulnerabilité des dunes littorales. Mise au point d'une méthode d'évaluation. *Cahiers Nantais*, 41-42: 197-203.
- BOTO, A., 1997 - *Evolução da Zona Costeira entre a Costa Nova do Prado e o Areão*. Dissertação de Mestrado em Ciências das Zonas Costeiras, Universidade de Aveiro.
- COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C., 1990 - *Geomorphology in Environmental Management. A New Introduction*. Clarendon Press, Oxford.
- DIAS, J. A.; CURR, R. H. F.; PEREIRA, A. R.; WILLIAMS, A. T., 1994 - Dune management vulnerability assessment: Portugal and northwest Europe. In SOARES DE CARVALHO, G.; VELOSO GOMES, F. eds., *LITTORAL 94*, Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Univ. do Porto, Portugal: 837-848.
- LARANJEIRA, M. M., 1997 - *Vulnerabilidade e Gestão dos Sistemas Dunares. O Caso das Dunas de Mira*. Dissertação de Mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental, Univ. Nova de Lisboa.
- PEREIRA, A. R.; WILLIAMS, A. T, M. M.; PEREIRA, A. R.; WILLIAMS, A. T., *in press* - Comparison of two checklist methods for assessment of coastal dune vulnerability. *Publicación Especial del Instituto Español de Oceanografía (Proceedings of the 2nd Symposium on the Atlantic Iberian Continental Margin, Cádiz, 1997)*.
- LEOPOLD, L. B., 1969 - Quantitative comparison of some aesthetic factors among rivers. *US Geologic Survey Circular*, 620.
- PEREIRA, A. R.; RAMOS, C., 1998 - Avaliação da diversidade biofísica do território (base administrativa). *Infogeo*, 12-13: 47-55.
- RUST, I. C.; ILLENBERGERW, K., 1996 - Coastal dunes: sensitive or not?. *Landscape and Urban Planning*, 34: 165-169.
- VOGT, G., 1979 - Adverse effects of recreation on sand dunes: a problem for coastal zone management. *Coastal Zone Management Journal*, 6 (2): 37-68.
- WATHERN, P., 1984 - Methods for assessing indirect impacts. In: CLARK, B. D.; GILAD, A.; BISSE, R.; TOMLINSON, P., eds., *Perspectives on Environmental Impact Assessment*, Dordrecht, Reidel: 213-231.
- WATHERN, P.; YOUNG, S. N.; BROWN, I. W.; ROBERTS, D. A., 1986 - Ecological evaluation techniques. *Landscape Planning*, 12: 403-420.
- WATHERN, P. (Ed), 1988 - *Environmental Impact Assessment. Theory and Practice*. Routledge, Londres.
- WILLIAMS, A. T.; DAVIES, P.; CURR, R. H. F.; BODÉRE, J. C., 1993 - An approach to coastal dune management: the north and west coastline of France. In E. OZHÄN ed. *Medcoast '93*, METU, Ankara, Turkey: 186-197.
- WILLIAMS, A. T.; DAVIES, P.; DIAS, J. A.; PEREIRA, A. R.; GARCÍA-MORA, M. R.; TEJADA, M., 1994 - A Re-evaluation of dune vulnerability checklist parameters. *Gaia*, 8: 179-182.

WILLIAMS, A. T.; BENNETT, R., 1996 - Dune vulnerability and management in England, UK. In TAUSSIK, J. & MITCHELL J., eds., *Partnership in Coastal Zone Management*, Samara Publishing, Cardigan: 337 - 384.

ANEXO

Lista de controlo da vulnerabilidade biofísica dos sistemas dunares

A – ausência; P – presença; D – desnecessário; N – necessário.

Componente da vulnerabilidade biofísica e variáveis utilizadas			Nível de vulnerabilidade		
			0	1	2
Erosão dunar	pelo mar	arriba talhada em duna, em % do comprimento da duna frontal	A	P em <50%	P em >50%
		altura da arriba em duna, em % da altura da duna	P em <25%	em 25% - 50%	em >50%
	pelo vento e pelo homem	galgamento(s) oceânico(s) recentes	A		P
		brechas (b) activas em % do sistema dunar	A ou brechas pouco incisas (<1m) em <50%	P brechas pouco incisas (<1m) em >50% ou P de brechas profundas (>1m) em <50%	P de brechas profundas (>1m) e /ou largas (>2m) em >50%
		blowouts activos, em área do sistema dunar	A	P de blowouts incipientes em <1/3 ou P de blowout bem formado, amplo, em <1/3	P de blowouts incipientes em >1/3 ou P de blowout(s) bem formado(s), amplo(s), em >1/3
		Areia soprada para fora do sistema dunar	A de vestígios	formam-se pequenas acumulações de areia	acumulação de areia causa danos e justifica uma intervenção
Alimentação em areia	dunas embrionárias a barlavento em % do sistema dunar	P em >50%	P em < 50%	A	
	colmatação de brechas com dunas embrionárias	em >50% das brechas	em <50% das brechas	A	
	colmatação de blowouts com dunas embrionárias	em >50% de blowouts incipientes ou amplos	em <50% de blowouts incipientes ou amplos	A	
	colmatação de galgamentos oceânicos com dunas embrionárias	com reconstituição parcial do cordão dunar	com formação de dunas embrionárias isoladas	A	
Fixação das areias pela vegetação	superfície do sistema dunar não vegetada	em <25%	em 25% - 75%	em >75%	
	frente dunar vegetada	em >50%	em 10% 50%	em <10%	
	estado de danificação da vegetação (remoção ou plantas com raízes expostas) em % da superfície dunar vegetada	em <25%	em 25% - 75%	em >75%	

Componente da vulnerabilidade biofísica e variáveis utilizadas		Nível de vulnerabilidade			
		0	1	2	
Pressão de uso na duna /Degradação da duna	rede de caminhos de acesso à praia pela duna (F - frequência de caminhos por 100m de frente dunar)	pouco densa e aberta em pontos específicos ($F \leq 1$)	muito densa, aberta em pontos específicos ou pouco densa e difusa ($1 \leq F \leq 4$)	muito densa e difusa ($F \geq 4$)	
	incisão de caminhos	pequena (<1m)	moderada (1-2m)	profunda (>2m)	
	viaturas motorizadas	Nenhuma	algumas, trilhos localizados	muitas, trilhos difusos	
	equitação	Nenhuma	alguma, trilhos localizados	muita, trilhos difusos	
	parque de campismo em área da duna	Nenhum	ocupando <1/4	ocupando >1/4	
	construção em área da duna	Nenhuma	isolada ou dispersa em <1/4	dispersa em >1/4 ou concentrada	
	extracção de inertes em área da duna	Nenhuma	causando destruição de <1/4	causando destruição de >1/4	
	actividades ligadas à pesca	A ou P sem afectar a duna	causando destruição de <1/4 da duna	causando destruição de >1/4 da duna	
	campo de golfe, de vólei, outros	Nenhum	ocupando parcialmente a duna	ocupando totalmente a duna	
Ordenamento e gestão	Medidas gerais	ordenamento dos caminhos	total, passagens sobrelevadas	parcial, passadeiras	A
		painéis de informação	P, bem concebidos e em pontos estratégicos	P, degradados e mal colocados	A
		vigilância e controlo de viaturas	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
		vigilância e controlo de equitação	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
		vigilância e controlo de construção	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
		vigilância e controlo de extracção de inertes	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
		vigilância e controlo das actividades ligadas à pesca	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
	Medidas específicas	armadilhas de areia	A e D ou P em todas as áreas de deflação	A ou insuficiente, mas necessário em <25% da duna	A ou insuficiente, mas necessário em >25% da duna
		plantação nas áreas com areias móveis	A e D ou P em áreas estratégicas ⁽²⁾	A ou insuficiente, mas necessário em <25% da duna	A ou insuficiente, mas necessário em >25% da duna
		alimentação da praia ou duna	D	P, com resultados duradouros	N ou P, sem resultados duradouros
		restrição do acesso	A e D ou P em áreas estratégicas	A ou insuficiente, mas necessário em <25% da duna	A ou insuficiente, mas necessário em >25% da duna
		obras costeiras	A	P, perpendiculares à linha de costa (LC), a sotamar	P, longitudinais, aderentes e/ou P, perpendiculares à LC, a barlamar

⁽¹⁾ Degradação visível e/ou protecção pela legislação não eficientemente aplicada.

⁽²⁾ Áreas onde a colonização vegetal deverá promover a fixação das areias e o crescimento da duna, obedecendo a um programa de revegetação dunar.

Factor da vulnerabilidade biofísica dunar variáveis utilizadas		Grau de limitação à transgressão dunar		
		0 (não influencia a vulnerabilidade dunar)	1 (condiciona a vulnerabilidade dunar)	2 (determina elevada vulnerabilidade dunar)
Uso do solo marginal à duna ⁽¹⁾ como obstáculo à transgressão dunar	solo não urbanizado	>75% de área de mato	>75% de área florestada	A ou >50% de área agricultada
	solo urbanizado	A	>50% de área urbana dispersa	>50% de área urbana concentrada
	outros espaços ordenados	A	>50% com campos desportivos, parques de campismo, outros	
	vias de comunicação	caminhos florestais	estradas municipais, com pouco tráfego	estradas nacionais; vias rápidas; estradas municipais, com muito tráfego; caminho de ferro

Factor da vulnerabilidade biofísica dunar variáveis utilizadas		Pressão estimada de visitantes		
		0 (não influencia a vulnerabilidade dunar)	1 (condiciona a vulnerabilidade dunar)	2 (determina elevada vulnerabilidade dunar)
Atractividade recreativa e turística da duna	Capacidade de alojamento na área enquadrante	A ou alojamento limitado em meio rural	Moderada em meio rural e/ou urbano (parque de campismo/ aldeamento turístico, residências, aluguer de quartos e casas individuais, residência secundária)	Elevada em meio rural e/ou urbano (vários parques de campismo/ aldeamentos turísticos, residências, hotéis, aluguer de quartos e casas individuais, residência secundária)
	condições de acesso e estacionamento	A ou más	razoáveis	boas
	espaços de lazer (parque de merendas, outros)	A	P, mal conservados	P, em bom estado de conservação
	nível de desenvolvimento da actividade banhar	praia em meio rural, sem vigilância, nem estruturas de apoio	praia em meio rural, com vigilância e estruturas de apoio (bares)	praia em meio urbano, com vigilância, estruturas de apoio (bares, sanitários, áreas de barracas) e área destinada a jogos

⁽¹⁾ largura da faixa considerada em função das taxas de recuo da linha de costa em 50 anos.