

CONTRIBUTOS PARA A GESTÃO DE SEDIMENTOS ASSOCIÁVEIS A INFRA- -ESTRUTURAS E ACTIVIDADES PORTUÁRIAS

JOÃO ANTÓNIO VELOSO GOMES ALVES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DE MINAS E GEOAMBIENTE

Orientador: Professor Doutor Fernando Francisco Machado Veloso Gomes

Co-orientador: Professor Dr. Eurico de Sousa Pereira

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DE MINAS E GEO-AMBIENTE 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

Tel. +351-22-508 1960

Fax +351-22-508 1448

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia de Minas e Geoambiente - 2008/2009 - Departamento de Engenharia de Minas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus pais, irmãos, sobrinho, namorada e tio
pelo sorriso diário que me proporcionam genuína e gratuitamente
e à restante família pelos ensinamentos evolutivos que me levaram a
ser quem eu hoje sou.

“A Saudade é a memória do coração.”

Coelho Neto

AGRADECIMENTOS

Quero deixar registados especiais agradecimentos a pessoas que, directa ou indirectamente, contribuíram para a construção do presente trabalho.

Desde já começando, naturalmente, pela família, agradeço aos meus pais e irmãos pelos princípios educacionais que me proporciona(ra)m, pela dedicação e incentivo, pela força e coragem. Ao meu tio Xico, sobrinho, cunhado e namorada por estarem, também eles, presentes no meu dia-a-dia. À restante família pela forma de ver a vida que fazem com que eu seja uma fatia de cada um.

Aos orientadores, Professor Dr. Eurico de Sousa Pereira e Professor Doutor Fernando Francisco Machado Veloso Gomes pela consideração, responsabilidade e tempo despendido. Fica aqui patente a minha gratidão e profundo reconhecimento pelo respeito e pelas suas especiais capacidades laborais.

A todos os *meus* professores do departamento, sem excepção, pela forma simplista, embora aprofundada, como leccionam cada tema, tornando a aprendizagem, quanto ao seu grau de dificuldade, uma mera raiz cúbica em vez de uma potência infinita. Os laços familiares existentes no DEM ficam, também, registados.

As funcionárias do departamento Sandra Costa e Olinda Oliveira merecem os meus agradecimentos, bem como Isabel Coutinho, do Serviço de Documentação e Informação, da Biblioteca, pela simpatia, amizade e profissionalismo ao longo destes anos.

Obviamente que os colegas de curso, meus grandes amigos, não poderão deixar de ser mencionados. Evoluímos durante o curso juntos, desde o ano zero até hoje. Obrigado a Jorge Ribeiro, Miguel Maia, Nuno Silva e Ricardo Lopes.

O meu muito obrigado.

RESUMO

O presente estudo tem como principal objectivo contribuir para a gestão de sedimentos associáveis a infra-estruturas e a actividades portuárias. Cada vez mais, a erosão é um problema costeiro, não apenas vivido em Portugal, mas um pouco por todo o mundo e, embora não possa ser resolvido definitivamente, poderá ser mitigado, mesmo que temporariamente. O deficit de sedimentos tão elevado não poderá ser compensado por razões quantitativas (falta de sedimentos a jusante) mas, também, por factores técnicos.

A erosão costeira é um problema presente, nos dias que correm e, pelo que se verifica na costa portuguesa, a linha de costa está a recuar, genericamente, podendo ser explicada por vários motivos: a subida no nível médio do mar, o enfraquecimento das fontes aluvionares, a ocupação desregrada da faixa litoral, as obras de protecção costeira e as alterações meteorológicas. O transporte litoral é feito, predominantemente, de Norte para Sul. As estruturas marítimas artificiais que mais contribuem para a retenção de sedimentos a barlar são os esporões, com a função de protecção costeira, e os quebra-mares, em que estes asseguram a navegabilidade em condições de segurança nos canais de acesso aos portos comerciais. Tais obras, embora necessárias, têm impactes naturais na dinâmica costeira. De referir, ainda, que os esporões têm o objectivo de defenderem troços costeiros a barlar, promovendo o crescimento da praia devido à sua retenção, contudo, devido ao seu efeito *barreira*, a erosão a sotamar é antecipada. As barragens, a montante, são os principais retentores de sedimentos, impossibilitando o seu percurso natural. Serão objecto de estudo os casos de Matosinhos, Costa Nova ou Costa da Caparica.

De modo a mitigar as perdas de areia nas praias e, por conseguinte, a retardar a regressão da linha de costa, são estudadas medidas neste trabalho de modo a perceber o que será mais benéfico para diferentes situações em zonas protegidas, muito urbanizadas ou intermédias. A alimentação artificial com areias está presente na maioria das propostas apresentadas. A implementação desta medida está fortemente condicionada pela disponibilidade de areias, que poderão ser provenientes dos portos, junto da costa ou off-shore.

Nem todos os sedimentos poderão ser utilizados. A contaminação de sedimentos ocorre frequentemente não só por acções antrópicas mas, também, por acções naturais, o que torna a sua utilização impraticável. Deverão ser objecto de análise qualitativa biológica, granulométrica, ecológica e biológica, sendo que serão classificados numa escala de 1 a 5, segundo a *Portaria n.º 1450/2007 de 12 de Novembro*, em que os das classes 1 e 2 estarão em condições de serem utilizados nas operações de alimentação artificial. Serão, igualmente, objecto de estudo as operações de dragagem, as quais poderão ser de vários tipos, consoante o seu objectivo: dragagem de primeiro estabelecimento, dragagem de manutenção, dragagem de emergência, dragagem de saneamento ou dragagem arqueológica.

Palavras-chave: alimentação artificial com areias, dragagem, erosão costeira, obras de defesa costeira.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iii
SIMBOLOGIA E ACRÓNIMOS.....	xvii
ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS.....	1
1. MOVIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS POR MEIOS MECÂNICOS.....	7
1.1. ENQUADRAMENTO.....	7
1.2. EXTRACÇÃO DE INERTES.....	7
1.3. DRAGAGENS DE MANUTENÇÃO E DRAGAGENS DE PRIMEIRO ESTABELECIMENTO.....	8
1.3.1. PLANEAMENTO DAS DRAGAGENS.....	9
1.4. CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS.....	9
1.5. IMERSÃO DE DRAGADOS.....	10
1.6. MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL.....	10
1.7. TIPIFICAÇÃO DE SITUAÇÕES.....	11
1.7.1. FIGUEIRA DA FOZ.....	11
1.7.1.1. Enquadramento.....	11
1.7.1.2. Dragagens no Porto da Figueira da Foz.....	11
1.7.2. VIANA DO CASTELO.....	13
1.7.2.2. Enquadramento.....	13
1.7.2.3. Obras executadas.....	13
2. DINÂMICA NATURAL DE SEDIMENTOS.....	15
2.1. VULNERABILIDADE E RISCO.....	17

2.2. CAUSAS DOS DÉFICES SEDIMENTARES	18
2.2.1. SUBIDA DO NÍVEL MÉDIO DO MAR.....	19
2.2.2. O ENFRAQUECIMENTO DAS FONTES ALUVIONARES	19
2.2.3. A OCUPAÇÃO DESREGRADA DA FAIXA LITORAL	20
2.2.4. AS INTERVENÇÕES DE PROTECÇÃO COSTEIRA	21
2.3. IMPACTES	22
2.4. MINIMIZAÇÕES	24
3. UTILIZAÇÃO DE SEDIMENTOS NA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS E DUNAS	29
3.1. FONTE DOS SEDIMENTOS	29
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS	30
3.2.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA	30
3.2.2. CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA	31
3.2.3. CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E ECOLÓGICA	31
3.2.3.1. Impactes.....	31
3.2.3.2. Monitorização	31
3.3. TÉCNICAS DE ALIMENTAÇÃO	31
3.3.1. SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO ARTIFICIAL DE SEDIMENTOS.....	31
3.3.1.1. Sistemas fixos.....	32
3.3.1.2. Sistemas Móveis/Semi-Móveis.....	32
3.3.2. TIPO DE DRAGAS	32
3.3.2.1. Dragas Hidráulicas.....	32
3.3.2.2. Dragas Mecânicas	36
3.3.3. TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO DOS SEDIMENTOS.....	37
3.3.3.1. Descarga através da abertura de porões.....	37
3.3.3.2. Descarga por tubagens flutuantes e/ou imersas	38
3.3.3.3. Descarga em arco-íris.....	38

3.3.3.4. Descarga em zonas submersas e bombagem – Soluções mistas	38
3.3.3.5. Descarga por via terrestre	39
3.3.3.6. Descarregadores instalados em quebramares.....	39
3.3.4. EXEMPLOS DE DRAGAS.....	41
3.3.5. REPERFILAMENTO DA PRAIA	42
3.4. MONITORIZAÇÃO	42
3.4.1. MONITORIZAÇÃO DE DRAGAGENS EM PRAIAS.....	42
3.4.2. MONITORIZAÇÃO DE DRAGAGENS EM PORTOS	43
3.4.2.1. Controlo da qualidade da água.....	43
3.4.2.2. Controlo da qualidade dos sedimentos.....	43
3.4.2.3. Ruído.....	44
3.5. CASOS DE ESTUDO	44
3.5.1. COSTA DA CAPARICA.....	44
3.5.1.1. Enquadramento	44
3.5.1.2. Opção implementada	46
3.5.1.3. Alimentação artificial com areias	47
3.5.2. COSTA NOVA	47
3.5.2.1. Enquadramento	47
3.5.2.2. Planos em vigor	50
3.5.2.3. Considerações.....	50
3.5.2. MATOSINHOS.....	51
3.5.2.1. Enquadramento	51
3.5.2.2. Caracterização da circulação aluvionar	51
3.5.2.3. Alimentação artificial – Volumes envolvidos.....	52
3.5.2.4. Considerações.....	53
4. DESTINO FINAL DE SEDIMENTOS CONTAMINADOS.....	55
4.1. PROCEDIMENTO QUANTO À TOMADA DE DECISÃO	55

4.1.1. PRINCIPAIS PASSOS.....	55
4.2. DEPOSIÇÃO EM MASSAS DE ÁGUA.....	58
4.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL ONDE DEPOSITAR O MATERIAL DRAGADO	58
4.2.2. COMPORTAMENTO SUB-AQUÁTICO DO MATERIAL DRAGADO DURANTE E APÓS A DESCARGA.....	58
4.2.1.1. Comportamento a curto prazo.....	59
4.2.1.2. Comportamento a longo prazo	59
4.2.3. AVALIAÇÃO DO IMPACTE DOS CONTAMINANTES.....	60
4.3. DEPOSIÇÃO CONFINADA.....	60
4.3.1. COMPORTAMENTO DO MATERIAL DRAGADO EM LOCAL DE CONFINAMENTO ..	61
4.3.1.1. Comportamento físico	61
4.3.1.2. Comportamento físico-químico e bio-químico.....	62
4.3.2. OPÇÕES DE ISOLAMENTO	62
4.4. TRATAMENTO	63
4.4.1. MÉTODOS DE PRÉ-TRATAMENTO	63
4.4.1.1. Bacias de separação	63
4.4.1.2. Hidrociclones	63
4.4.1.3. Flutuação	63
4.4.1.4. Desidratação.....	64
4.4.1.5. Separação magnética	64
4.4.2. MÉTODO DE TRATAMENTO – FÍSICO-QUÍMICO	64
4.4.2.1. Técnicas de extracção	64
4.4.2.2. Técnicas de imobilização.....	64
4.4.2.3. Oxidação do ar húmido	64
4.4.2.4. Decomposição da base catalisada.....	64
4.4.2.5. Permuta iónica	65
4.4.3. MÉTODO DE TRATAMENTO – BIOLÓGICO	65
4.4.4. MÉTODO DE TRATAMENTO – TÉRMICO	65
4.4.4.1. Dessorção térmica.....	65

4.4.4.2. Incineração.....	65
4.4.4.3. Imobilização termal.....	65
4.4.5. MÉTODO DE TRATAMENTO – ELECTROCINÉTICO.....	65
4.5. CLASSIFICAÇÃO DA DRAGAGEM E PROJECTOS PARA ATERRO.....	66
4.5.1. POSSÍVEIS EFEITOS DAS DRAGAGENS E DE PROJECTOS PARA ATERRO	68
5. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.....	73
5.1. DESCRIÇÃO E OBJECTIVOS	73
5.2. INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS NA AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÕES COSTEIRAS	74
5.3. ENQUADRAMENTO.....	74
5.4. CARACTERIZAÇÃO GERAL GEOMORFOLÓGICA E DA DINÂMICA SEDIMENTAR DA COSTA CONTINENTAL PORTUGUESA.....	75
5.5. RETORNO ECONÓMICO PARA A ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DAS PRAIAS.....	76
5.6. CENÁRIOS.....	78
5.6.1. EFEITOS A QUANTIFICAR E QUALIFICAR E EXTERNALIDADES.....	79
5.6.2. PARAMETRIZAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	79
5.6.3. COMPONENTES ANALISADAS.....	80
5.6.4. CONTRIBUTOS PARA O ESTUDO DOS CENÁRIOS.....	81
5.6.4.1. Componente económica.....	81
5.6.4.2. Componente ambiental	82
5.6.4.2.1. Cenário 1.....	83
5.6.4.2.2. Cenário 2.....	85
5.6.4.2.3. Cenário 3.....	87
5.6.4.2.4. Cenário 4.....	89
5.6.4.2.5. Cenário 5.....	91
5.6.4.2.6. Análise comparativa da componente ambiental	93
5.6.4.3. Componente social.....	96
5.6.4.4. Avaliação dos encargos estatais	97

5.7. CASOS DE ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL COM AREIAS, EM PORTUGAL	97
5.8. FACTORES DE VALORIZAÇÃO BALNEAR	98
5.8.1. PERMANÊNCIA POTENCIAL DOS SEDIMENTOS NUM LOCAL	98
5.8.2. CUSTOS ENVOLVIDOS.....	99
5.8.3. CAPACIDADE DE CARGA	101
5.8.3.1. Capacidade de carga das praias	101
5.8.3.2. Capacidade de carga das praias portuguesas	103
5.8.4. PERCEPÇÃO PAISAGÍSTICA.....	105
5.8.4.1. Percepção paisagística aplicada às praias	105
5.8.4.2. Classificação das paisagens costeiras	105
RECOMENDAÇÕES E DESENVOLVIMENTOS	
FUTUROS.....	109
CONCLUSÕES.....	111
BIBLIOGRAFIA.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. – Localização da área em estudo.....	11
Figura 1.2. – Planeamento para a melhoria das condições de acesso e abrigo no Porto da Figueira da Foz	12
Figura 1.3. – Localização da área em estudo.....	13
Figura 2.1. – Planos de Ordenamento da Orla Costeira.....	16
Figura 2.2. – Vista aérea sobre a restinga a Sul do Porto de Aveiro. Os sedimentos transportados pela corrente de deriva litoral são parcialmente retidos a Norte, no quebramar Norte do Porto de Aveiro, o que resulta num balanço sedimentar deficitário a Sul.....	20
Figura 2.3. – Protecção das dunas com paliçadas, vedações e passadiços, Aguda	21
Figura 2.4. – A – Presença de quebramares com função de protecção das embarcações que percorrem o porto; B – Esporões com deriva litoral evidenciada de barlamar para sotamar; C – Quebramar construído com função de evitar o efeito abrasivo sobre a linha de costa	22
Figura 2.5. – Embocadura do rio Mondego na Figueira da Foz, cujo quebramar Norte retém caudal sólido sedimentar engordando a praia adjacente.....	23
Figura 2.6. – Vagueira, a Sul do porto de Aveiro. Construção de esporão para protecção do trecho a barlamar	26
Figura 2.7. – Extracção de areias no Rio Douro a cerca de 10 km da costa	27
Figura 3.1. – Draga hidráulica a operar sedimentos	33
Figura 3.2. – Draga hidráulica, para pequenas profundidades, com colunas telescópicas de modo a estabelecer o seu posicionamento	33
Figura 3.3. – Dimensões das diferentes dragas	35
Figura 3.4. – Dragas em 1993 e 2000, comparação por unidades e por capacidade do porão.	35
Figura 3.5. – Exemplo de draga mecânica.....	37
Figura 3.6. – Draga mecânica assente numa barcaça auxiliada por uma pequena embarcação.....	37
Figura 3.7. – Draga a efectuar o descarregamento de areias em forma de arco-íris.....	38
Figura 3.8. – Draga de sucção não estacionária – “trailing suction hopper dredge”	39
Figura 3.9. – Descarregador instalado num quebramar.....	40
Figura 3.10. – Descarregador instalado num quebramar com deriva de Sul para Norte em Rudee Inlet, VA.....	40
Figura 3.11. – Draga auto-transportadora de porões Lelystad.....	41
Figura 3.12. – Localização da área em estudo.....	44

Figura 3.13. – Cova do Vapor – Costa da Caparica.....	45
Figura 3.14. – Comprimento dos esporões.....	46
Figura 3.15. – Localização da área em estudo	47
Figura 3.16. – Praia da Barra-Costa Nova (Aveiro). Durante as marés vivas de Março/Abril de 1994, os edifícios foram “protegidos” com montes de areia.....	48
Figura 3.17. – Recuo da linha de costa a sul da barra de Aveiro entre 1947 e 1978	49
Figura 3.18. – Localização da área em estudo	51
Figura 3.19. – Alimentação da zona emersa, por repulsão, na praia Internacional	53
Figura 3.20. – Situação, da praia Internacional, em Matosinhos, após enchimento	54
Figura 4.1. – Fluxograma de procedimentos quanto à tomada de decisão de operações de dragagem.....	58
Figura 4.2. – Comportamento do material em função do método da descarga.....	59
Figura 4.3. – Opções de deposição confinada.....	61
Figura 4.4. – Instalação de deposição confinada	62
Figura 4.5. – Escala temporal dos possíveis efeitos, das dragagens e aterros	69
Figura 4.6. – Taxas horizontais dos possíveis efeitos, positivos e negativos, das dragagens e aterros.....	70
Figura 5.1. – Indicador de custos médios por m ³ de areia para alimentação artificial com intervalo de incerteza associada	101
Figura 5.2. – Praia de Durbin, África do Sul.....	103

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro A – Apresentação dos cenários a estudar	4
Quadro 1.1. – Categorias de dragagem.....	9
Quadro 2.1. – Classificação de vulnerabilidade dos parâmetros seleccionados quantificáveis	17
Quadro 2.2. – Exemplo de classificação de vulnerabilidade de parâmetros segundo critérios qualitativos	18
Quadro 3.1. – Classificação de materiais de acordo com o grau de contaminação.....	30
Quadro 3.2. – Número de dragas existentes e respectivos volumes, em 1993, na indústria dragueira	34
Quadro 3.3. – Características das diferentes dragas.....	34
Quadro 3.4. – Tipos de draga da empresa Ballast Nedam Dredging	41
Quadro 3.5. – Tipos de draga da empresa Rohde Nielsen A/S	42
Quadro 3.6. – Volumes das areias dragadas e locais de depósito, 1993-99.....	52
Quadro 4.1. – Classificação da Dragagem e Projectos para Aterro	67
Quadro 4.2. – Classificação dos diversos efeitos relacionados com aterros e dragagens.....	68
Quadro 5.1. – Apresentação dos cenários estudados	79
Quadro 5.2. – Componente económica dos diferentes cenários (1-5) com respectivas incertezas temporais.....	82
Quadro 5.3. – Quadro exemplificativo de parâmetros ponderados para diferentes situações	83
Quadro 5.4. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 1.....	85
Quadro 5.5. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 1	85
Quadro 5.6. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 1	85
Quadro 5.7. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 2.....	87
Quadro 5.8. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 2	87
Quadro 5.9. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 2	87

Quadro 5.10. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 3	89
Quadro 5.11. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 3	89
Quadro 5.12. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 3	89
Quadro 5.13. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 4	91
Quadro 5.14. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 4	91
Quadro 5.15. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 4	91
Quadro 5.16. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 5	93
Quadro 5.17. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 5	93
Quadro 5.18. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 5	93
Quadro 5.19. – Síntese comparativa dos cenários segundo os diferentes prazos e zonas	94
Quadro 5.20. – Comparação dos impactes registados na componente ambiental nos cinco cenários.....	97
Quadro 5.21. – Principais casos, em Portugal Continental, de alimentação artificial com areias.....	99
Quadro 5.22. – Permanência potencial das areias nos diferentes tipos de praias	100
Quadro 5.23. – Estudo sobre índices de utilização de praias	103
Quadro 5.24. – Critérios base para o cálculo da capacidade de carga bruta utilizados pelos POOC's.....	104
Quadro 5.25. – Definição de capacidades de carga de alguns POOC's, de acordo com o DL 309/93.....	105
Quadro 5.26. – Enquadramento dos casos de estudo nos POOC's, segundo o DL 309/93	106
Quadro 5.27. – Componentes de avaliação paisagística.....	108
Quadro 5.28. – Critérios de classificação para os grupos de elementos paisagísticos costeiros	108
Quadro 5.29. – Critério de classificação paisagística costeira, segundo classes	109

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1. – Dragas de grande porte e Jumbo, em 2000.....	36
--	-----------

SIMBOLOGIA E ACRÓNIMOS

ABREVIATURAS

AIA – Avaliação de Impacte Ambiental

ACB – Análise Custo-Benefício

AMC – Análise Multicritério

ACE – Análise Custo-Eficácia

dB – Decibel

d₅₀ – Diâmetro intermédio dos sedimentos

NW – Noroeste

PAH – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

PCB – Policloretos de Bifenilo

P.M.O.T. – Plano Municipal de Ordenamento do Território

P.O.O.C. – Plano de Ordenamento da Orla Costeira

Z.H. – Zero Hidrográfico

INSTITUIÇÕES

APL – Administração do Porto de Lisboa

DRAOT-CENTRO – Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território do Centro

HP/IHRH – Hidrotécnica Portuguesa/Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos

IADC/CEDA – International Association of Dredging Companies/Central Dredging Association

ICN – Instituto da Conservação da Natureza

IHRH/FEUP – Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

INAG – Instituto da Água

IPTM – Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos

WTO – World Tourism Organization

MADRP – Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas

ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS

O estudo proposto e apresentado para a dissertação da tese em Engenharia de Minas e Geoambiente vai ao encontro de problemas actuais da costa litoral portuguesa, procurando contribuir para a gestão de sedimentos associáveis a infra-estruturas e actividades económicas.

A tese está dividida em duas partes: a primeira irá abordar os principais conceitos relacionados com a alimentação artificial de areias em praias, ao passo que na segunda serão analisados os métodos de avaliação para uma possível concretização no que ao tema principal do trabalho diz respeito.

Assim, o primeiro capítulo, da **primeira parte**, incidirá sobre a **movimentação dos sedimentos por meios mecânicos**. Para tal, serão analisados os diferentes tipos de dragagens: dragagem de primeiro estabelecimento; dragagens de manutenção; dragagens de remediação (ou de emergência); dragagens de saneamento; dragagens arqueológicas.

Existem vários problemas que podem suscitar a realização de dragagens – erosão, assoreamento e poluição –, que não podem ser ignorados sob pena de serem, com o passar dos anos, amplificados.

Os impactes ambientais associados às operações de dragagem terão, obrigatoriamente, de ser levados em conta de modo a não prejudicar o habitat existente nem contaminar a área, os sedimentos e a área envolvente.

Os impactes associados às dragagens de saneamento são positivos na medida em que estas irão ser realizadas quando existirem materiais potencialmente contaminantes. Logo, para actuar é porque a situação pré-existente à operação é ambientalmente inaceitável e terão de ser tomadas medidas de modo a minimizar os impactes negativos existentes. Contudo, ocorrem, também, impactes ambientalmente negativos quando se recorre a operações de remoção ou de deposição dos materiais dragados, principalmente, contaminados.

Existem restrições ambientais para a imersão de dragados. Há a necessidade de realizar estudos prévios às operações antecipando, assim, os impactes sobre a vida biótica e as componentes química e física do local. A deposição de dragados no mar pode ser realizada por lançamento na coluna de água, por confinamento entre diques submersos, com recobrimento, entre diques para a construção de ilhas artificiais ou usando fossas, depressões artificiais ou escavadoras.

São apresentados os exemplos relacionados com os portos da Figueira da Foz e de Viana do Castelo.

O capítulo 2 terá uma abordagem introdutória sobre a **dinâmica natural de sedimentos**. Os *agentes* existentes nos processos litorais da costa portuguesa continental são a acção das ondas, as marés, o vento, as correntes, as sobrelevações meteorológicas, as ondas sísmicas e a variação do nível médio do mar.

Cada vez mais se fala em *vulnerabilidade e risco* nas zonas costeiras, sendo que estes termos estão intrinsecamente associados à erosão da costa. É cada vez mais uma realidade visto que tem havido, ao longo das últimas décadas, a litoralização populacional, ou seja, hoje em dia, as pessoas procuram os distritos litorais, devido ao seu bem-estar mas também devido à terciarização cada vez mais litoral e presente junto dos grandes centros urbanos.

Os rios e a própria erosão da costa são os principais contribuintes da quantidade de sedimentos que circulam e interagem ao longo do litoral (fontes aluvionares). Os rios contribuem cada vez menos com

sedimentos devido às alterações de artificialização das suas bacias hidrográficas, incluindo as barragens e albufeiras.

Como tal, se as quantidades existentes de sedimentos a circular na costa portuguesa são insuficientes, poder-se-á promover artificialmente a alimentação dos principais troços em risco de erosão. É aqui que se insere o epicentro do trabalho.

Existem várias *causas associadas à erosão costeira* para além do já mencionado enfraquecimento das fontes aluvionares, o principal factor de erosão. As causas são apresentadas e estão associadas à subida no nível médio do mar, ao enfraquecimento das fontes aluvionares com impactes directos na erosão de troços, à ocupação desregrada da faixa litoral, ao impacte a sotamar de estruturas portuárias (quebramares e canais de navegação), às obras de protecção costeira e às alterações climáticas.

O capítulo 3 é referente à **utilização de sedimentos na alimentação artificial de praias e dunas**. Existem requisitos exigidos antes de se efectuarem as operações de dragagem. As areias dragadas têm de ter qualidade compatível com a legislação em vigor (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – *Portaria n.º 1450/2007 de 12 de Novembro*). A portaria determina que apenas os sedimentos das classes 1 e 2, material dragado limpo e materiais dragados com contaminação vestigiária, respectivamente, estão em condições de serem utilizados na alimentação artificial de praias.

São referidas *técnicas de alimentação ou enchimento de praias com areias*. Os sistemas de transposição artificial de sedimentos podem ser fixos (relacionados aos sistemas contínuos) ou móveis/semi-móveis (sistemas periódicos). Os sistemas fixos são estacionários e efectuam transferências sedimentares contínuas. Os sistemas móveis e semi-móveis são sistemas não-estacionários e têm uma utilização intermitente, ao contrário dos anteriores. Relativamente às dragas, estas poderão ser hidráulicas ou mecânicas. Estas últimas são menos utilizadas que as primeiras, visto serem possuidoras de limitações. A sua vantagem é a sua aplicabilidade, principalmente, em solos rígidos. Devido às tubagens implicadas nas dragas hidráulicas, ao contrário das dragas mecânicas, há uma grande quantidade de água absorvida.

São descritas as técnicas de descarga ou de repulso das areias: descarga através da abertura de porões, descarga por tubagens flutuantes e/ou imersas, descarga em arco-íris, descarga em zonas submersas e bombagem (Soluções mistas), descarga por via terrestre, descarregadores instalados em quebramares.

A *monitorização* é uma parte do processo bastante importante na medida em que irá permitir observar o comportamento das areias repulsadas mas também das obras de defesa costeira a fim de otimizar a sua utilização, aperfeiçoando métodos e processos.

Não são apenas as praias que deverão ser monitorizadas. Os portos também o deverão ser visto que são limitados a barlar e a sotamar por praias e as suas actividades irão ter uma relevância bastante significativa na zona envolvente. Como tal, todas as acções levadas a cabo pelos portos terão de levar em linha de conta as praias e zonas envolventes de modo a minimizar possíveis impactes gerados (nomeadamente, nos sedimentos, na água e ruído) pelas suas operações, durante e após a sua realização.

São três os *casos de estudo* incluídos neste capítulo: Matosinhos, Costa Nova e Costa da Caparica.

O capítulo 4 é referente ao **destino final dos sedimentos contaminados**. Existem normas para que o material dragado seja depositado em condições de segurança e que sejam consideradas alternativas,

ponderando-as em termos de aceitabilidade ambiental e viabilidade técnica e sócio-económica. Os passos na tomada de decisão são: justificação da necessidade da dragagem; caracterização do material dragado; avaliação dos impactes das opções; triagem preliminar das alternativas potenciais de deposição; avaliação detalhada das alternativas de deposição; selecção da concepção final e implementação; autorização da aplicação e do processamento; monitorização da concepção do programa. É estudada a deposição em massas de água em lagos, rios, oceanos e estuários, bem como o seu comportamento, durante e após a descarga, a curto e longo prazos.

A deposição confinada é abordada. O seu objectivo passa pela retenção e controlo dos sólidos dragados e pela permissão da descarga de água da área contaminada.

São descritas técnicas de tratamento dos sedimentos. Nenhuma delas poderá tratar de forma isolada a contaminação dos sedimentos. Estas podem ser anteriores ao tratamento (pré-tratamento) ou classificadas como físico-químicas, biológicas, térmicas ou electrocinéticas.

Alguns exemplos, maioritariamente, nacionais são apresentados para as dragagens de primeiro estabelecimento, de manutenção e de remediação.

O quinto capítulo, relativo à **segunda parte da dissertação** está relacionado com os **métodos de avaliação**. São consideradas as *análises custo-benefício* (em que o seu objectivo passa pela determinação quanto à viabilidade de um projecto, sob o ponto de vista do bem-estar social, através da soma algébrica dos seus custos e benefícios, descontados ao longo do tempo), *custo-eficácia* (com o objectivo de determinar as medidas necessárias de modo a minimizar o custo do projecto) e *multicritério* (aplicada na análise comparativa de projectos alternativos ou medidas heterogéneas).

Em todos os distritos portugueses continentais litorais verificam-se problemas de erosão da linha costeira que induzem o seu recuo. Contudo, há extensões de zonas costeiras mais problemáticas que outras e que foram, são ou serão objecto de análise para operações de alimentação artificial. Exemplos disso, são os casos a sul de Viana do Castelo, a sul da Póvoa do Varzim, Matosinhos, Costa Nova, Costa da Caparica, e no Algarve, na praia da Rocha e Três Castelos, Vilamoura e Vale do Lobo.

É referido um exemplo nos E.U.A. em que o valor económico das zonas balneares é muito relevante e justifica a alimentação das praias com areias, visto que o seu retorno é bastante superior. A sua vocação para o turismo é o principal motivo para a implementação destas medidas. O mesmo se passa no Japão, Alemanha e Espanha.

São apresentados cinco *cenários* genéricos – Quadro A – de modo a estudá-los e analisar qual será o mais provável a implementar numa situação de extrema erosão em zonas balneares. Para todos eles serão considerados três horizontes: 5 anos, 15 anos e 30 anos.

Quadro A – Apresentação dos cenários a estudar

Cenários	Intervenções
1	Atitude passiva, permitindo à costa evoluir naturalmente sabendo da inevitabilidade do mar atingir a curto/médio prazo as zonas edificadas, não realizando qualquer intervenção de defesa costeira
2	Manutenção das actuais estruturas de defesa costeira e edificações em que estas últimas, a curto/médio prazo, serão “visitadas” frequentemente pelo mar + alimentação com areias
3	Manutenção das actuais estruturas de defesa costeira e remoção das edificações que a curto/médio prazo serão “visitadas” frequentemente pelo mar + alimentação com areias. Possível renaturalização da área em questão
4	Opção “protecção” – Manutenção do presente com reforço de novas ou das actuais obras de protecção costeira + alimentação com areias
5	Remover as estruturas de defesa + alimentação com areias

Serão objecto de análise as componentes ambiental, social e económica; as mais importantes, quando se tentam estudar as zonas balneares e a sua possível alimentação artificial. A *componente ambiental* irá estudar os impactes gerados nos parâmetros: fauna e flora, dinâmica costeira, ambiente sonoro, paisagem, hidrogeologia, gestão de resíduos, qualidade da água e uso do solo e ordenamento territorial. Será realizada uma análise custo-benefício e multicritério para a componente ambiental. Para a última análise serão elaborados três hipóteses: zona protegida, zona intermédia e zona muito urbanizada. Para tal, serão atribuídos valores aos parâmetros de modo a perceber e explicar certas diferenças para situações diferentes. A *componente económica* distingue a actividade económica gerada em cada cenário hipotético (impostos, comércio, turismo, rendimentos, etc.) e a situação patrimonial posterior à implementação de cada cenário (terrenos, edifícios, etc.). Os parâmetros analisados na *componente social* são: a resistência às demolições do edificado, a repercussão nos postos de trabalho, os bens e meios materiais, a mobilização do meio social envolvente, a atractividade turística local, as indemnizações implicadas às demolições e a própria qualidade de vida local.

Posteriormente, serão indicados os factores que poderão valorizar uma zona balnear, mais especificamente uma praia. Um deles é a *permanência potencial dos sedimentos num local*. Está dependente do clima de agitação, da obliquidade da agitação, de protecções naturais e/ou artificiais existentes.

Um segundo factor é o *preço relativo ao m³ de areia*. Consoante o seu local de dragagem, os volumes em jazigo e a técnica de deposição, o preço unitário irá variar.

A *capacidade de carga* de uma praia será, também, objecto de estudo. O seu conceito pode ser subdividido em quatro categorias: capacidade de carga *física, económica, ecológica e social*.

O último factor é a *percepção paisagística* em que é feita uma possível classificação das paisagens costeiras.

Os **objectivos** da presente dissertação são:

- Proceder a uma síntese das possibilidades de movimentação de sedimentos por meios mecânicos e das potenciais consequências ambientais, ilustrando alguns casos nacionais;

- Elaborar uma síntese de questões relevantes com a dinâmica natural de sedimentos, enquadrando-as na problemática de vulnerabilidades e riscos, apresentando as causas das erosões, as possibilidades de intervenções de defesa costeira mas também os seus impactes e minimizações;
- Evidenciar a utilização de sedimentos na alimentação artificial de praias e dunas, destacando as potenciais fontes, as características dos sedimentos, as técnicas de alimentação e a monitorização, ilustrando com alguns casos de estudo.
- Tratar de uma forma específica a gestão dos sedimentos contaminados, nomeadamente do seu destino final;
- Apresentar métodos de avaliação no apoio à decisão, contemplando cenários de intervenção e tentando quantificações que mostrem as potencialidades e limitações dos métodos.

1

MOVIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS POR MEIOS MECÂNICOS

1.1. ENQUADRAMENTO

Os materiais transportados por suspensão ou em suspensão através de agentes naturais (vento e escoamentos superficiais) depositam-se em locais onde o escoamento é mais lento, tais como, nas planícies, portos e seus acessos. A contaminação dos sedimentos ocorre frequentemente não só por acções antrópicas mas, também, por acções naturais, o que poderá tornar a sua utilização impraticável. A percentagem anual de dragados contaminados é da ordem dos 5-10%, em Portugal (Cardoso da Silva, M. & Abecasis, F., 1998). Os restantes apresentam diversas opções para a sua utilização na construção civil, na formação de ilhas artificiais, na alimentação artificial de praias e na agricultura. A natureza e a intensidade da dispersão dos dragados à volta da zona de deposição dependem das suas características, tais como a concentração e composição dos sólidos, a granulometria, o tipo de equipamento de dragagem, o procedimento operacional, o desagregador e as condições hidrológicas e hidrodinâmicas locais (Cardoso da Silva, M. & Abecasis, F., 1998).

Existem vários problemas relacionados com as dragagens – erosão, assoreamento e poluição –, que não podem ser ignorados sob pena de serem, com o passar dos anos, amplificados.

1.2. EXTRACÇÃO DE INERTES

Entende-se por extracção de sedimentos a intervenção de desassoreamento das zonas de escoamento e de expansão das águas de superfície, quer correntes, quer fechadas, bem como da faixa costeira, da qual resulte a retirada de materiais aluvionares granulares depositados ou transportados pelo escoamento nas massas de água de superfície, em suspensão ou por arrastamento, independentemente da granulometria e da composição química, nomeadamente siltes, areia, areão, burgau, godo, cascalho, terras arenosas e lodos diversos (INAG, 2008). *“A extracção de sedimentos, em águas públicas, só é permitida quando se encontre prevista em plano específico de gestão das águas ou enquanto medida de conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas ou medida de conservação e reabilitação de zonas costeiras e de transição, ou ainda como medida necessária à criação ou manutenção de condições de navegação em segurança e da operacionalidade do porto, nos termos do disposto no n.º 2 do artigo 38.º Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio”*. De referir que na legislação citada são referidos, de forma incorrecta, inertes em lugar de sedimentos. Os inertes são sedimentos aproveitados em obras de construção civil (agregados dos betões, pavimentos, aterros).

A intensificação da extracção de areias e seixos tem como principal função a comercialização em actividades económicas, nomeadamente o ramo da construção civil. Para além destes produtos, ainda se obtém produtos secundários, também eles comercializáveis. Devido à falta de controlo existente no passado, não se sabe ao certo o volume de sedimentos extraídos nas últimas décadas. Contudo, sabe-se que nessas últimas décadas a tendência tem vindo a aumentar se bem que, nalguns locais, esta já foi mesmo proibida devido às consequências negativas geradas a jusante. É de salientar que a extracção é mais intensa a norte do país. Muitas das receitas portuárias estão intrinsecamente relacionadas com a venda de dragados. A título exemplificativo, a entidade gestora da barra do Porto de Aveiro, de forma a combater os constantes assoreamentos, é obrigada a realizar dragagens de manutenção frequentemente, sendo que muita da areia é vendida. As receitas relacionadas com a venda de dragados chegaram a ser superiores a 30% (Paixão, G., 1998).

1.3. DRAGAGENS DE MANUTENÇÃO E DRAGAGENS DE PRIMEIRO ESTABELECIMENTO

A dragagem, que não é mais que a extracção de sedimentos através de equipamentos flutuantes designados por *dragas*, pode ter vários objectivos e consoante os mesmos, possui designações diferentes. Assim, a *dragagem de primeiro estabelecimento* consiste na ampliação e/ou aprofundamento dos canais ou bacias portuárias. A realização de *dragagens de manutenção* é necessária sempre que for imperioso manter determinadas profundidades pré-estabelecidas de modo a que esteja assegurada a segurança da navegação nos canais. As *dragagens de saneamento* têm como objectivo combater a poluição ao passo que a *dragagem de empréstimo* passa pela obtenção, em zonas específicas dentro da embocadura, de sedimentos passíveis de serem utilizados na alimentação artificial de praias (Cardoso da Silva, M. & Abecasis, F., 1998).

De modo a garantir a navegabilidade em segurança nos canais e nas bacias de manobra, é necessário recorrer a dragagens para a manutenção ou aprofundamento de canais. Estas últimas correspondem a acções que têm lugar em locais bem definidos e cuja ocorrência se apresenta isolada no tempo, ao contrário das dragagens de manutenção. Outro tipo de dragagens é efectuado dependendo da necessidade propriamente dita (Paixão, G., 1998).

Maioritariamente, os volumes dragados através de acções de primeiro estabelecimento são muito superiores aos verificados nas dragagens de manutenção, como facilmente se percebe. Ao invés, os maiores registos de contaminação sedimentar verificam-se, em geral, nas dragagens de manutenção.

No quadro 1.1. estão descritas, resumidamente, os diferentes tipos de dragagem.

Quadro 1.1. – Categorias de dragagem (Gilberto Paixão, 1998, In Eurocoast)

Grau de Prioridade de Execução	Categoria	Observação
1	DRAGAGEM DE EMERGÊNCIA OU DE REMEDIAÇÃO	A efectuar quando devido a uma ocorrência extraordinária se originou um assoreamento crítico que constitui um comprovado perigo para a navegação ou uma acumulação de substâncias de elevada toxicidade
2	DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO	A realizar de modo mais ou menos sistemático de maneira a garantir as condições habituais de navegabilidade em áreas portuárias
3	DRAGAGEM DE PRIMEIRO ESTABELECIMENTO	A sua execução está dependente de um novo projecto e tem em vista a construção de novas acessibilidades ou reformulação substancial das condições pré-existent
4	DRAGAGEM DE SANEAMENTO	Remoção de materiais potencialmente contaminantes e intervenções de protecção ambiental
5	DRAGAGEM ARQUEOLÓGICA	Recuperação de lugares e objectos de interesse histórico

Por cada operação de dragagem deve existir um relatório com as datas inicial e final da operação, da metodologia utilizada assim como do destino final dos produtos dragados e dos volumes e qualidade de cada tipo de sedimento dragado, considerando uma amostragem representativa da respectiva localização geográfica e em profundidade.

1.3.1. PLANEAMENTO DAS DRAGAGENS

A programação de uma dragagem portuária deverá ser realizada com a antecedência devida de modo a que a monitorização ambiental seja previamente preparada antes de executada. A realização das dragagens deverá ser feita periódica mas espaçadamente, de preferência nas vazantes entre Novembro e Janeiro, caso a agitação assim o permita, de modo a dar tempo a que os ecossistemas consigam recuperar do impacte. É necessário o conhecimento prévio do possível grau de toxicidade dos sedimentos a fim de determinar o risco associado à matéria orgânica (Proença Cunha, P. *et al.*, 1998).

1.4. CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS

Os impactes a nível ambiental podem ser negativos, por interferirem com ecossistemas, – associados a operações de remoção ou deposição dos materiais dragados, principalmente, quando contaminados – ou positivos, por visarem a constituição de praias ou dunas (ou o seu reforço), a realização de aterros, a utilização de sedimentos como inertes na construção civil e em aterros portuários e a constituição ou aprofundamento de canais de navegação. Os impactes relacionados com a deposição ou repulsão de

dragados são de natureza meramente física, quando não contaminados provocando turvação temporária, modificações da salinidade e recobrimento de bancos de seres vivos. A recolonização torna-se mais difícil quando os dragados diferem da composição pré-existente à deposição. Deve ser dada especial atenção aos dragados contaminados, cerca de 10% no total, em Portugal (Cardoso da Silva, M. & Abecasis, F., 1998), sobretudo os por cádmio, mercúrio e alguns hidrocarbonetos halogenados e policíclicos. Sedimentos ricos em azoto e fósforo, manganês e ferro dão origem a problemas ambientais menores. Sedimentos que contenham chumbo, cobre, níquel, zinco, crómio, arsénio e hidrocarbonetos podem ser classificados numa categoria intermédia (Cardoso da Silva, M. & Abecasis, F., 1998).

A maioria de dragados em operações de manutenção é composta por sedimentos finos, com uma fracção elevada de argila, ricos em matéria orgânica e enxofre e anóxidos. A imobilização dos poluentes é conseguida através desta conjugação de condições. Para que tal deixe de suceder, é necessário que os dragados não sejam sujeitos a acções de mistura de suspensão ou de transporte induzido pela agitação ou pelas correntes. Já os sedimentos mais grosseiros não retêm tanto os poluentes, libertando, de grosso modo, mais facilmente a possível contaminação transportada (Cardoso da Silva, M. & Abecasis, F., 1998).

Deverão ser realizados estudos prévios sobre os locais onde imergir os dragados a fim de antecipar os impactes sobre a vida biótica mas também sobre as componentes química e física *in situ*.

As consequências também se reflectem a nível da agricultura e dos aquíferos na medida em que o aumento da penetração salina para montante, pelo aprofundamento dos canais, poderá ser uma realidade caso não sejam tomadas as devidas precauções.

1.5. IMERSÃO DE DRAGADOS

Consoante os objectivos da operação e do impacte potencialmente gerado sobre a vida e o ambiente envolvente ao local desejado para imergir os dragados, a escolha acerca do método a utilizar, assim como a sua eficácia, é variável. Cada caso é um caso e deve ser analisado isoladamente, consoante as condições e características do terreno para a possível realização da imersão. O lançamento de dragados e o seu acondicionamento em depósito implica a elaboração de estudos de viabilidade, o estabelecimento de esquemas de execução que procurem integrar o critério de selecção e amostragem do material dragado na origem do processo, o dispositivo de transporte, o lançamento, deposição e acondicionamento do material nos seus destinos (Paixão, G., 1998).

A deposição de dragados no mar pode ser realizada por lançamento na coluna de água, por confinamento entre diques submersos, com recobrimento, entre diques para a construção de ilhas artificiais ou usando fossas, depressões artificiais ou escavadoras (Cardoso da Silva, M. & Abecasis, F., 1998).

1.6. MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL

Durante e depois da realização das operações de dragagem para a remoção dos sedimentos deve ocorrer uma monitorização a nível ambiental de modo a que (e, segundo, Proença Cunha, P. *et al.*, 1998):

- Seja feita uma análise das modificações ecológicas;
- Se proceda a uma caracterização sedimentológica de amostragem representativa dos sedimentos dragados;

- Se estabeleça uma análise dos diversos impactes, muitos deles, interligados, de modo a que uma mitigação dos problemas seja seguida.
- Se determinem as concentrações e os volumes estuarinos que foram afectados pelo material em suspensão.

1.7. TIPIFICAÇÃO DE SITUAÇÕES

1.7.1. FIGUEIRA DA FOZ

1.7.1.1. Enquadramento



Figura 1.1. – Localização da área em estudo

No sector do estuário do Mondego, cujo comprimento é de aproximadamente 26 km, encontra-se o porto da Figueira da Foz. Entre os anos de 1962 e 1965 foram construídos os molhes exteriores no Porto da Figueira da Foz, o que permitiu o seu desenvolvimento e optimização, e realizadas dragagens nos canais estuarinos do Mondego. Tanto a barra (de 1984 a 1991) como a embocadura tinham a tendência de assorear, com alguma assiduidade, com areias de origens marinha e fluvial, respectivamente.

1.7.1.2. Dragagens no Porto da Figueira da Foz

Com os objectivos bem vinculados de manter a navegabilidade, o acesso de embarcações de maior calado e o desenvolvimento de actividades portuárias houve a necessidade de recorrer a dragagens no Porto. Com a construção dos molhes exteriores a partir de 1962, as praias a sotamar do Porto começaram a sofrer processos erosivos cada vez mais intensos. Com as obras para o Porto de pesca concretizadas entre 1973 e 1976, os sedimentos dragados – 294 000 m³ (Proença Cunha, P. *et al.*, 1998) – foram colocados em zonas da praia da Cova de forma a mitigar os problemas gerados.

De modo a antecipar a ocupação antrópica, foram depositados os dragados, relativos ao aprofundamento do canal de navegação, nas margens estuarinas - cerca de 2 500 000 m³ (Proença Cunha, P. *et al.*, 1998) – e, entre 1991 e 1995, foram efectuadas dragagens de manutenção removendo mais de 870 mil metros cúbicos de sedimentos. Estes foram, aliás, os anos em que as maiores extracções de areia nas praias ocorreram.



Figura 1.2. – Planeamento para a melhoria das condições de acesso e abrigo no Porto da Figueira da Foz (Google Earth, adaptado do IPTM)

Passados 20 anos após a construção do molhe norte, a praia a barlar atingiu a capacidade máxima de retenção (Vicente, C. e Pereira, M., 1986). Com o aprofundamento das áreas portuárias, a extracção periódica na barra tornou-se obrigatória, a partir de 1992, de forma a evitar o assoreamento, visto que as areias continuavam a assentar no anteporto. A intensa extracção de areias na praia da Figueira da Foz com utilização para a construção civil está suspensa há cerca de uma década. Grandes volumes de areias dragadas no canal de navegação foram utilizados na construção civil e, portanto, retiradas do sistema hidromorfológico. Está prestes a ser concluído o prolongamento do molhe norte, em 400m (figura.1.2) e o aprofundamento do canal de navegação. Segundo o projecto e o EIA, é de prever, de modo a restabelecer o equilíbrio dinâmico, que o aprofundamento dos canais de acesso e do anteporto gere um redireccionamento no sentido do interior da embocadura, oriundas da praia a barlar. Uma percentagem de dragados no estuário é areias (e lodos) que, posteriormente, serão colocados no mar em frente à praia da Cova-Gala, mas os fenómenos erosivos a sul estão efectivamente a agravar-se.

As dragagens portuárias e a extracção de areias tão intensa diminuem os volumes potenciais na dinâmica sedimentar o que indicia a sobre-exploração em que, por sua vez, esta se propaga por deriva litoral, principalmente, para sul, como tem sido evidente nas praias deste troço (Cunha, P. *et al.*, 1997).

1.7.2. VIANA DO CASTELO

1.7.2.2. Enquadramento



Figura 1.3. – Localização da área em estudo

Até ao ano de 1973, o porto de Viana do Castelo era constituído por um ante-porto com cota -4.0 m, com dois planos inclinados e por duas docas secas dos Estaleiros Navais. Teve lugar, nesse ano, uma prospecção geológica com 118 sondagens, com profundidades compreendidas entre 1.8 e 25.0 m, na parte terminal do estuário do rio Lima e em mar aberto com o objectivo de expandir o porto. As sondagens transmitiram a presença no mar e na barra de quartzitos e xistos andaluzíticos e de granito no estuário. A nova barra ficou, então, dragada a -6.5 m (ZH). Em 1996, com a finalidade de aprofundar 2.5 m (ZH) a barra e o canal de acesso à cota de -7.0 m (ZH), houve a necessidade de se reparar o canal em 120 m para sul devido a formações rochosas no local previamente destinado (Sousa Veloso, E., 1998).

1.7.2.3. Obras executadas

As obras, tanto interiores como exteriores, foram realizadas entre 1977 e 1982. O molhe exterior norte foi construído com um comprimento de 2 170 m e o molhe sul, inicialmente, com 380 m, foi expandido em 340 m de forma a evitar a deposição de areias no canal de acesso ao porto. Quanto às obras interiores, estas geraram uma nova embocadura com um canal de navegação dragado à cota -6.5 m (ZH). No segundo ano de obras, deu-se lugar à remoção de 500 000 m³ de aluviões e ao quebramento de 7 000 m³ de rocha, ambos por dragagem. Antes das operações, os vazadouros foram alterados para 400 000 m³ das areias repulsadas para as praias a sotamar com o objectivo de fortalecer o cordão dunar e para 100.000 m³ das areias e os materiais pétreos, no mar (Sousa Veloso, E., 1998). O vazadouro do material dragado estava previsto para o mar, a 2.5 milhas para sul da cabeça do molhe de abrigo exterior, para a margem sul, as zonas adjacentes ao Cais Comercial, e em locais a indicar, dentro do porto ou no mar (Sousa Veloso, E., 1998). O maior problema estava relacionado com a entrada na embocadura dos sedimentos provenientes de sul, que contornavam o molhe e depositavam-se em zonas onde outrora se efectuaram dragagens. Em 1992, deu-se uma dragagem de manutenção com o objectivo de retirar as aluviões. As areias removidas eram de pouca qualidade, sendo maioritariamente de grão fino e médio. Quatro anos depois, foram dragados 1 480 000 m³ com a finalidade de rebaixar a cota a -7.0 m (ZH) da barra e do canal de acesso ao porto. Foram analisados os dragados de forma a saber o seu estado qualitativo e de que forma seria possível a sua utilização para a alimentação artificial das praias. A análise determinou a fraca qualidade dos sedimentos e a alternativa mais vantajosa, em termos de impacte e financeiro, passou pela sua imersão no mar.

Em 1998, foram quebrados e dragados 18 300 m³ de rocha – na barra até -9.0 m (ZH) – e dragados 116.500 m³ de aluviões (imersos no mesmo local que em 1996), de forma a permitir a segura navegação de embarcações até 7 m de calado. As análises realizadas às consequências para estes sedimentos determinaram que os impactes relativos ao rebentamento do xisto são negativos, porém controlados física e geologicamente, e os relativos à vida marinha são insignificantes devido à inexistência de flora e fauna marinha fixa (Sousa Veloso, E., 1998).

Presentemente, está a ser equacionada a possibilidade de colocação de produtos sedimentares dragados, a sul do porto, de forma a mitigar, ligeiramente, a grave situação erosiva que se verifica na Amorosa.

DINÂMICA NATURAL DE SEDIMENTOS 2

A costa noroeste portuguesa tem orientação N21°E. O agente dominante nos processos litorais da costa oeste portuguesa continental é a acção das ondas, com orientação de noroeste, cuja altura média é de 2m e cujo período médio é de 12s (Coelho, C. *et al.*, 2006). É de referir outros agentes influentes, tais como as marés, o vento, as correntes e as sobrelevações meteorológicas.

Relativamente aos temporais, estes ocorrem em grande parte no Inverno e é nesta altura que a erosão costeira se faz mais sentir visto que a acção das marés e da agitação é maior. Esta agitação irá provocar uma subtracção de sedimentos tanto nas zonas imersas como nas zonas emersas da praia e das dunas porque a capacidade de refluxo das ondas é maior que a de transporte no espraiamento. A reposição destes sedimentos pela agitação será feita em situações menos energéticas, caso exista areia em quantidades razoáveis, na zona imersa da praia. Quanto às dunas, estas serão, pelo menos parcialmente, repostas, lentamente pela acção do vento.

Este processo, de ano para ano, e devido a um deficit sedimentar (o volume de sedimentos que sai de uma área em observação é maior do que o volume que entra nessa área), vai gerando o recuo generalizado da linha de costa portuguesa, o que faz com que venham à superfície, essencialmente em períodos mais tempestuosos, problemas inevitáveis e (in)adiáveis resultantes desses fenómenos mas também da má planificação e gestão da costa, em termos de edificabilidade. Tais problemas não teriam consequências assinaláveis, caso, um pouco por todo o mundo, e Portugal não fogue a esta situação, não existisse uma litoralização populacional. Isto traz como consequência a implementação e construção de cada vez maiores núcleos urbanos na zona litoral, expandindo-se na proximidade ou ao longo das praias. Crescendo o interesse por estas áreas, o valor do edificado por m² dispara, pelo seu valor paisagístico e acesso ao lazer, o que implica a que, nos dias de hoje, se verifiquem situações de risco muito elevado devido a construções próximas de zonas de praias e dunas. Na actualidade, existe já alguma consciência dos problemas acarretáveis às construções em ecossistemas dunares, em espaços naturais florestados e em zonas (em risco) de erosão. Desde há, pelo menos, dez anos, com a aprovação dos P.O.O.C., a construção em zonas de risco está minimamente controlada.

Os P.M.O.T. – Decretos-Lei nº 69/70 de 2 de Maio e nº211/92 de 8 de Outubro – que estão em fase de revisão, deverão ser ajustados aos P.O.O.C., mas também estes se encontram em fase de revisão, a fim de evitarem futuras construções em zonas de elevada vulnerabilidade.

Os P.O.O.C. – Decretos-Lei nº 309/93 de 2 Agosto e nº 218/94 de 20 de Agosto – têm uma visão mais orientada para as questões de risco e de salvaguarda dos ecossistemas costeiros. Os P.O.O.C. são instrumentos de natureza regulamentar da competência da administração central cujos objectivos são:

- ordenar os usos e actividades da orla costeira;
- classificar as praias e regulamentar o uso balnear;
- valorizar e qualificar as praias consideradas estratégicas por motivos ambientais ou turísticos;
- orientar o desenvolvimento de actividades específicas da orla costeira; e
- assegurar a defesa e conservação da natureza.

A área de intervenção dos POOC abrange uma largura máxima de 500 m contados a partir do limite das águas do mar para terra e uma faixa marítima de protecção até à batimétrica dos 30 m – ICN.



Figura 2.1. – Planos de Ordenamento da Orla Costeira (ICN)

O transporte litoral dependendo do clima de agitação (rumos e intensidade das ondas), sendo também condicionado pela existência de fontes aluvionares assim como pela geomorfologia costeira. Os rios e a própria erosão da costa são os principais contribuintes da quantidade de sedimentos que circulam e interagem ao longo do litoral (fontes aluvionares). É verificável que hoje os rios não dão a contribuição de outros tempos devido à presença de artificializações nas bacias hidrográficas,

incluindo barragens que, através das suas albufeiras, são limitadores do caudal sedimentológico, mas também de zonas de deposição nos seus troços terminais.

2.1. VULNERABILIDADE E RISCO

Os conceitos de vulnerabilidade e risco são importantes mas distintos um do outro. A vulnerabilidade está relacionada com o grau de sensibilidade das zonas costeiras à acção energética do mar, ao passo que, o risco indica o grau de perda associado a um fenómeno natural. Como tal, é possível verificar algumas zonas sem risco elevado mas com grande vulnerabilidade às acções energéticas do mar, bastando para tal que não existam valores patrimoniais ou ambientais ou centros habitacionais.

Para o estudo da vulnerabilidade à acção energética do mar é necessário o conhecimento prévio de vários factores envolvidos, assim como o seu cruzamento, devido às interacções.

Os *factores qualitativos*, respeitantes às características naturais da costa à acção do homem, são, segundo Coelho (2005):

- Geologia (GL);
- Geomorfologia (GM);
- Revestimento do Solo (RS);
- Acções Antropogénicas (AA).

Já os *factores quantificáveis*, de classificação numérica, são, também segundo o mesmo autor:

- Cota Topográfica (CT);
- Distância à Linha de Costa do local em estudo (DC);
- Máxima Amplitude de Maré (AM);
- Máxima Altura de Onda Significativa (AO);
- Taxa de Erosão/Acreção (EA).

Tais factores poderão ser ponderados, com valores compreendidos entre 1 (vulnerabilidade muito baixa) e 5 (vulnerabilidade muito alta) – quadros 2.1. e 2.2.

Quadro 2.1. – Classificação de vulnerabilidade dos parâmetros seleccionados quantificáveis (Coelho, 2005)

	MUITO BAIXA 1	BAIXA 2	MODERADA 3	ALTA 4	MUITO ALTA 5
CT (ZH,m)	CT>30	20<CT≤30	10<CT≤20	5<CT≤10	CT≤5
DC (m)	DC>1000	200<DC≤1000	50<DC≤200	20<C≤50	DC≤20
AM (m)	AM<1.0	1.0≤AM<2.0	2.0≤AM<4.0	4.0≤AM<6.0	AM>6.0
AO (m)	AO<3.0	3.0≤AO<5.0	5.0≤AO<6.0	6.0≤AO<6.9	AO≥6.9
EA (m/ANO)	EA>0 acreção	-1<EA≤0	-3<EA≤-1	-5<EA≤-3	≤-5 erosão

A cota topográfica (CT) distingue zonas planas de elevadas e, como tal, quanto maior for a altitude, menor será a vulnerabilidade. A taxa média de erosão/acrecção (EA) é o recuo/progresso linear por unidade de tempo e é de salientar a sua importância na medida em que, à medida que tende para valores negativos, isto é, que não se verificam fenómenos de acreção, passando a fenómenos de

erosão, significa que a vulnerabilidade será mais elevada. Outro parâmetro relevante é a distância à linha de costa (DC) pois para valores elevados, a vulnerabilidade torna-se relativa; à medida que nos aproximamos da linha do mar a vulnerabilidade tende a aumentar (Coelho, C. *et al.*, 2006).

Quadro 2.2. – Exemplo de classificação de vulnerabilidade de parâmetros segundo critérios qualitativos (Coelho, 2005)

	MUITO BAIXA 1	BAIXA 2	MODERADA 3	ALTA 4	MUITO ALTA 5
GL	Rochas Magmáticas	Rochas Metamórficas	Rochas sedimentares	Rochas sedimentares	Pequenos sedimentos
GM	Montanhas	Arribas rochosas	Arribas erodíveis, praias abrigadas	Praias expostas, planícies	Dunas, restingas, estuários, etc.
RS	Floresta	Vegetação rasteira, solo cultivado	Solo não revestido	Urbanizado rural	Urbanizado ou industrial
AA	Intervenções de manutenção da posição	Intervenções sem redução nas fontes sedimentares	Intervenções com redução nas fontes sedimentares	Sem intervenções e sem redução nas fontes sedimentares	Sem intervenções com redução nas fontes sedimentares

Verifica-se, portanto, que ao contrário das rochas sedimentares, as rochas magmáticas apresentam um grau de dureza superior, apresentando, por conseguinte, uma vulnerabilidade inferior. Analogamente, verifica-se que a vulnerabilidade em montanhas ou florestas é bastante inferior à verificada em praias expostas ou a zonas rurais urbanizadas. Para além destes parâmetros, existem acções humanas, com grande impacte na zona costeira, quem sabe, os mais importantes, na medida em que estas acções aceleram, muitas vezes, o processo erosivo. Exemplos disso são a construção de quebramares em portos, a utilização indevida de zonas dunares e as dragagens realizadas em canais de navegação ou, por outra, a tentativa de reposição da linha de costa com a construção de obras de defesa costeira, por exemplo, de esporões ou obras longitudinais aderentes. É possível identificar orlas costeiras com um elevado grau de vulnerabilidade mas sem um risco tão acentuado, ou à mesma escala, pelo facto de não haver ocupação humana ou, caso haja, pela sua distância ser significativa.

A análise de vulnerabilidade de uma dada zona costeira é fundamental, servindo de base para uma estratégia de ordenamento do território.

2.2. CAUSAS DOS DÉFICES SEDIMENTARES

Os sedimentos necessários para alimentar a capacidade potencial de transporte das ondas têm como principais fontes os rios e a erosão costeira. Por exemplo, em média anual, o rio Douro que, no passado, debitava cerca de 1.8 milhões de m³, nos últimos anos tem tido um decréscimo desse valor, para números na ordem dos 0.25 * 10⁶ m³/ano, após a conclusão de barragens e da extrusão de sedimentos. Esta tendência tem como consequência directa um aumento do ritmo de erosão costeira.

A erosão costeira com resultado directo de um défice sedimentar, é um problema dinâmico, crescente e, quiçá, inevitável, face às suas variadíssimas causas. Tais como:

- a subida no nível médio do mar;

- o enfraquecimento das fontes aluvionares;
- a ocupação desregrada da faixa litoral;
- as estruturas portuárias (quebramares e canais de navegação);
- as obras de protecção costeira;
- a alterações climáticas.

2.2.1. SUBIDA DO NÍVEL MÉDIO DO MAR

É inegável a existência deste fenómeno no conjunto das acções no processo erosivo, em relação aos últimos decénios. Contudo, não é preponderante, ao contrário do que diversos autores tentam impor, havendo causas de maior relevo que esta na costa portuguesa, em especial na costa oeste onde a acção energética das ondas é mais rigorosa e intensa comparativamente à costa sul.

A uma escala temporal mais alargada (da ordem de séculos), a acumulação dos sedimentos nos estuários poderá estar relacionada com a subida generalizada do nível médio do mar.

2.2.2. O ENFRAQUECIMENTO DAS FONTES ALUVIONARES

São várias as causas relacionadas com este fenómeno (o mais importante de todos), tais como, a construção de barragens e respectivas albufeiras, as dragagens, o acesso a portos através de canais de navegação, a construção de quebramares servindo de protecção a estes portos e a extracção de sedimentos nos estuários.

A diminuição de caudais sedimentares não é um problema dos dias de hoje. A construção de grandes barragens, em Portugal e Espanha, com fins de aproveitamento hidroeléctrico para reservas de água para uso doméstico ou para irrigação e/ou para produção de energia, verificaram-se nos últimos 50 anos. Muito se tem discutido sobre os problemas, necessidades e condicionamentos das barragens em execução previstas para os próximos anos que, indubitavelmente, irão reter ainda mais areias embora numa escala muito inferior. Contudo, o problema maior é real desde há muitos anos e com consequências irreversíveis, bastando, para tal, referir que o rio Douro é a principal fonte sedimentar da costa oeste portuguesa. A presença de barragens, servindo, no fundo, como “barreira” ao corredor sedimentológico, tem efeitos ao nível da alteração do regime hidrológico dos cursos de água a jusante - devido ao efeito de regularização dos caudais - e ao nível da acumulação sedimentar nas albufeiras. Apenas os sedimentos mais finos são hidrotransportados deslocando-se em suspensão, ao contrário das areias que se deslocam por arrastamento, devido à sua baixa velocidade de sedimentação. Só em situações de cheias, em que ocorrem velocidades elevadas nas colunas de água das albufeiras, é que poderá haver capacidade de transporte das areias para jusante. É de notar que a fracção granulométrica típica dos ambientes de praia da costa oeste portuguesa é $d_{50} \geq 0,2\text{mm}$.

Sem a presença da barragem, os sedimentos seguiriam o seu trilho normal para jusante do local onde a mesma fora construída. A cascata de barragens sequenciais que ocupam o curso principal dos rios faz com que haja, portanto, uma retenção aluvionar impeditiva à alimentação natural sedimentar da costa oeste portuguesa.

É inegável a importância dos estuários quanto ao estabelecimento de portos comerciais, na medida em que apresentam boas condições de “abrigo” perante a agitação verificada a jusante e a acessibilidade fluvial a montante. Contudo, a dinâmica sedimentar tem feito com que, globalmente, tanto os estuários como os portos tendam para o assoreamento. Daí a necessidade de dragar essas areias de forma a permitir o equilíbrio e segurança a embarcações que por lá possam passar. As dragagens servem para melhorar a navegabilidade, fazendo com que as profundidades pretendidas, para que exista máxima

segurança para os navios, sejam cumpridas, diminuindo também a meandrização do canal. Ao ser analisada qualquer embocadura, verifica-se que as dragas desempenham papel fundamental na sua manutenção, possibilitando que o volume acumulado e em excesso nos canais de acesso seja retirado e restituído para as praias com a qualidade exigida fazendo, por conseguinte, com que a profundidade admitida seja obtida.

Verificou-se, no passado, que a extracção de sedimentos nos estuários e nos cursos fluviais, os quais foram, maioritariamente, vendidos para a construção civil e utilizados em aterros portuários, seria prejudicial na medida em que provocaria o enfraquecimento das fontes aluvionares no sistema.

As obras exteriores aos portos (quebramares e canais de navegação) que possibilitam o acesso a estes são bloqueadoras da dinâmica natural sedimentológica, apesar de necessárias por motivos de segurança. Não alimentando os troços a sotamar da embocadura, devido a dragagens dos canais de acesso marítimo, sem se fazer a reposição devida a sotamar e a extracções de areias nas praias a barlar, as praias a sotamar continuam, naturalmente, a ser solicitadas por ondas e marés, o que faz com que haja um desequilíbrio sedimentar provocando a erosão dessas praias.



Figura 2.2. – Vista aérea sobre a restinga a Sul do Porto de Aveiro. Os sedimentos transportados pela corrente de deriva litoral são parcialmente retidos a Norte, no quebramar Norte do Porto de Aveiro, o que resulta num balanço sedimentar deficitário a Sul. (Foto: Eng. Mota Lopes, DRAOT-CENTRO) – EUROSION

2.2.3. A OCUPAÇÃO DESREGRADA DA FAIXA LITORAL

É um dos fenómenos que afecta e sofre as consequências do processo erosivo da costa oeste portuguesa. Com a ocupação populacional no litoral que se vem verificando ao longo dos anos, edificaram-se espaços, até então livres, de forma inconsciente e aliterante. Hoje em dia, já existe uma maior consciencialização por parte da população dos riscos associados à construção na faixa litoral, existindo também Planos e leis de forma a combater a proliferação das construções até então realizadas em zonas de elevada vulnerabilidade.

Os sistemas dunares, com importância no equilíbrio da costa oeste portuguesa, vão registando o seu enfraquecimento/destruição com a ocupação do litoral mas também com os próprios fenómenos de erosão costeira. Em períodos de tempestades rigorosas e severas, a duna serve de escudo e amortecedor da erosão. As suas perdas, mesmo que sejam estruturas robustas são muito grandes

comparativamente com o ritmo de reposição em períodos menos energéticos, admitindo uma reconstituição natural. Actualmente, os ambientes costeiros têm sido objecto de medidas de preservação e valorização – figura 2.3. A ocupação desregrada nas dunas leva à sua degradação através da destruição da cobertura vegetal a partir de acções como o pisoteio, os arruamentos marginais, a ocupação de espaços para estacionamento público automóvel, a diminuição de espaços florestais e a abertura de acessos.



Figura 2.3. – Protecção das dunas com paliçadas, vedações e passadiços, Aguda (www2.ufp.pt)

Mesmo que estas acções fossem eliminadas na totalidade, o benefício, em termos de erosão, seria reduzido visto que o grande problema reside no enfraquecimento das fontes aluvionares. Contudo, nada justifica os comportamentos activos perante os pensamentos passivos e há valores naturais a defender e a reabilitar.

2.2.4. AS INTERVENÇÕES DE PROTECÇÃO COSTEIRA

Estas intervenções são essenciais para reduzir ou adiar os efeitos da erosão que se fazem sentir um pouco por toda a costa, mantendo, em termos médios, a linha de costa actual. Quanto mais tarde as intervenções forem feitas mais penalizadoras ficarão em termos de custos já que será mais “difícil” impedir a progressão, de ano para ano, a zonas vulneráveis e/ou de risco, admitindo a sua evolução para terra. As intervenções de defesa costeira podem ser de três tipos: esporões, protecções longitudinais aderentes e quebramares destacados. Os esporões têm, principalmente, a capacidade de retenção do caudal sólido litoral. São identificadas, na figura 2.4., três situações de protecção costeira, no caso dos esporões e quebramares (B e C, respectivamente) e de protecção à navegabilidade em portos e canais de navegação, protagonizado por quebramares (A).

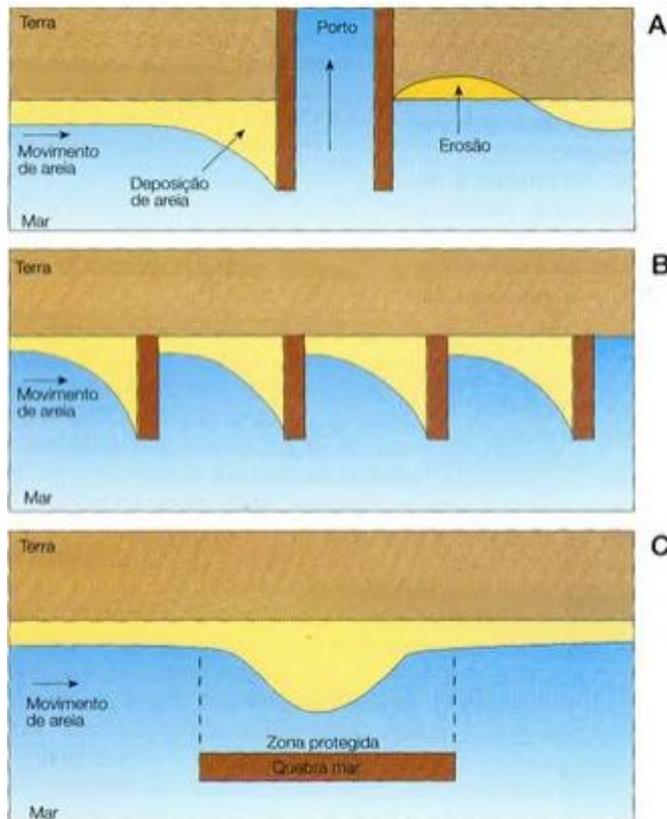


Figura 2.4. – **A** – Presença de quebra-mares com função de protecção das embarcações que percorrem o porto; **B** – Esporões com deriva litoral evidenciada de barlamar para sotamar; **C** – Quebra-mar construído com função de evitar o efeito abrasivo sobre a linha de costa

Pode-se discutir a sua eficácia na medida em que se, por um lado, a barlamar mantém a linha litoral numa posição estável, por outro, a obra irá provocar a antecipação dos fenómenos erosivos, mesmo que inevitáveis a médio prazo, a sotamar. Um esporão se tem como função defender o troço ou parte deste da erosão verificada, também é verdade que tem um efeito “tampão” à livre circulação de sedimentos no litoral, visto ser esse o seu objectivo, o que terá implicações ao nível da erosão local. É necessário prever as consequências da construção da obra, sendo que uma das alternativas passa pela construção de mais do que um esporão ou obra longitudinal aderente, dependendo do caso, de forma a precaver situações descontroláveis e de desequilíbrio costeiro a sotamar. A combinação destas intervenções com alimentações artificiais de areia poderá mitigar alguns dos problemas.

2.3. IMPACTES

Quando não existe um défice sedimentar (costa em equilíbrio “dinâmico”), existe um certo equilíbrio entre a deposição e a remoção das areias dos habitats costeiros. O deficit existente no balanço sedimentar pode provocar alterações na linha de costa, muitas vezes induzidas pela retenção de sedimentos provocada pelas obras de engenharia – figura 2.5. –, pela modificação do clima de ondas e pela readaptação do perfil de equilíbrio a uma elevação do nível do mar, que isolados ou em conjunto provocam a redução das fontes sedimentares.



Figura 2.5. – Embocadura do rio Mondego na Figueira da Foz, cujo quebramar Norte retém caudal sólido sedimentar engordando a praia adjacente. A praia a Sul da embocadura é extremamente reduzida comparativamente (Google Earth)

A subida generalizada do nível do mar pode modificar a estrutura de uma praia – devido a marés, a temporais, ao vento e a acções antropogénicas (por exemplo, artificialização da praia ou construções nas imediações) –, visto haver tendência de migração por parte desta para o interior.

Os impactes mais relevantes do défice sedimentar, em Portugal, em que 2/3 do litoral são alvo de maior erosão, são o aumento do risco de inundação, a deslocação de zonas húmidas e a aceleração da erosão da zona costeira colocando em risco os aglomerados edificados. Contudo, existem outros potenciais impactes associados às alterações climáticas incluindo subida do nível médio do mar, tais como: aumentos da vulnerabilidade à erosão costeira e da contaminação salina em aquíferos costeiros (intrusão salina); degradação dos ecossistemas fluviais dependentes das águas subterrâneas; alterações na direcção média da incidência das ondas, no sentido dos ponteiros do relógio - o que irá provocar aumento da erosão costeira -, e do regime de agitação marítima; aumentos na frequência e intensidade de tempestades. O aumento previsto é de 15-25% na taxa média erosiva durante este século (Ferreira *et al.*, 2005).

As zonas onde as consequências do aumento do nível médio do mar serão mais significativas são as regiões de Aveiro, Costa da Caparica e Ria Formosa (Ferreira *et al.*, 2005), visto encontrarem-se separadas do oceano por cordões arenosos e/ou terem baixa altitude, que poderão potenciar o desaparecimento ou estreitamento, tornando-se assim necessária uma avaliação da vulnerabilidade à subida do nível do mar destas regiões.

As intervenções de protecção costeira ajudam a retardar o avanço inevitável do mar e defendem o trecho para o qual foram construídas, isto é, a barlar. Contudo, o impacte a sotamar pode ser significativo, acumulando-se à evolução negativa que existiria na ausência da intervenção. Por vezes, é referido o facto de estas obras terem capacidade para induzir correntes do tipo “de retorno” com a

intensidade suficiente para arrastar os sedimentos até zonas de uma determinada profundidade que a onda deixaria de ter capacidade para os reconduzir à praia por transporte transversal (M. Oliveira, 1997). Se assim fosse, o impacte destas obras a sotamar seria bastante negativo. Tratar-se-ia, então, de uma perda de caudal sólido litoral irreversível. Se assim fosse, no local terminal da obra existiria uma zona de acumulação tipo colina, não sendo isso que se verifica. Na verdade, uma obra longitudinal aderente não tem capacidade nem de retenção nem de desviar o caudal sólido, ao passo que o esporão apenas retém transitoriamente até se dar o esgotamento da sua capacidade para o fim que foi construído.

Acções como o pisoteio, o abate de zonas verdes, a abertura de acessos e a adaptação de parques de estacionamento em zonas dunares levam à sua degradação e enfraquecimento. A sua formação leva anos e anos; já a sua destruição, antrópica ou natural, é bastante mais rápida. O impacte destas acções sobre a dinâmica (ou sua alteração) natural de sedimentos pode não ser muito relevante mas as dunas constituem boas “reservas” sedimentares em relação à defesa costeira pelo que deverão ser protegidas.

A dragagem de bancos de areia ou de canais numa embocadura podem aumentar o seu potencial de acumulação sedimentar. Caso as areias dragadas não sejam colocadas nas praias adjacentes ou no sistema litoral, tal acção irá provocar um défice, originando a sua erosão. Necessário será, antes de dragar, analisar a qualidade dos sedimentos em causa, a fim de se saber se se encontram em condições de deposição, já que apenas os materiais de classe 1 (material dragado limpo) e os de classe 2 (material dragado com contaminação vestigiária) poderão ser utilizados em operações de alimentação artificial, segundo a Portaria nº 1450/2007 (Veloso Gomes, 2001). As dragagens podem, também, aumentar as velocidades de escoamento ou o volume de água que atravessa a embocadura, já que a área da secção transversal será, por conseguinte, maior e as perdas de energia (perdas de carga) menores.

Quanto maior o grau de vulnerabilidade maior desvalorização económica poderá sofrer o trecho associado. O avanço do mar, quando o risco existe, perante a presença de núcleos ou centros urbanos, implica por vezes a retirada de bens e pessoas, tornando assim a zona “apenas” vulnerável. A pressão da opinião pública, nestes casos, pode provocar o desinteresse na procura.

2.4. MINIMIZAÇÕES

Em oposição ao que alguns autores defendem, a erosão é precedente à construção de intervenções de defesa costeira. Estas apenas servem para minimizar o risco. Uma das possibilidades, perante o recuo da linha de costa, é a atitude passiva, deixando o mar avançar pela costa dentro. Tal possibilidade deixa de ser passiva a partir do momento em que uma possível consequência é a “retirada”. Outra solução para o processo erosivo seria o reforço dos ambientes dunares mas tal estratégia apenas serviria de atenuante àquele.

Problemas e soluções de sucesso de outros países podem não ser alternativa para Portugal, visto que cada caso é um caso e são vários os factores que devem ser levados em linha de conta tais como o clima de agitação severo que actua como agente praticamente exclusivo da morfodinâmica costeira, a que corresponde um caudal sólido litoral de valor potencial muito elevado e com um sentido claramente dominante, e a alimentação sedimentar abundante que, por factores antrópicos diversos, sofrera uma redução drástica num curto intervalo de tempo (dezenas de anos) (Oliveira, I.B.M., 1997).

Perspectivando modelos de expansão de núcleos populacionais com frente marítima (Veloso-Gomes e Taveira Pinto, 1994) realizaram-se *simulações* de cenários alternativos à expansão costeira. Estão sempre presentes as hipóteses extremistas: retirada Vs. expansão. A primeira, já anunciada, passaria

pela remoção das obras de protecção costeira da praia e pela proibição de construções dentro de uma faixa costeira previamente demarcada e relacionada com a taxa erosiva. A segunda seria a continuação de construções em zonas de elevada vulnerabilidade, estando o risco presente. Outras hipóteses seriam a expansão recuada para norte, caso a estabilidade a barlar da obra costeira estivesse assegurada; a “contenção” do perímetro do aglomerado urbano (aceitando a situação actual); a expansão da ocupação para o interior, em forma de cunha, equacionando a densidade de ocupação; a expansão rectangular para o interior com largura idêntica à da frente marítima; expansão a certa distância da linha de costa.

Uma das alternativas para lidar com o problema seria repor o que o homem retirou, isto é, recorrer à alimentação artificial. Tal efeito faria com que o défice existente entre o caudal sólido real e o caudal sólido potencial fosse anulado. Se tal acontecesse, a erosão costeira acentuada não se registaria. Esta variante tem, contudo, essencialmente, dois contras: o primeiro é o *custo* e o segundo é a *disponibilidade do jazigo dos sedimentos*.

De forma a “anular” o défice a sul do Douro seria necessário, no mínimo, 1 milhão de metros cúbicos anuais de sedimentos. Esta quantidade de areia provocaria a estabilização até S. Jacinto. O novo obstáculo seria na Barra de Aveiro, onde apenas, supondo-se, passam 200 000 m³/ano, ou seja, 4/5 ficam retidos. Como tal, mais 800 000 m³ seriam necessários para compensar a perda verificada. Então, a estabilização do litoral até à Figueira estaria assegurada (Oliveira, I.B.M., 1997). A Barra do Mondego seria o novo foco de resistência. Supondo que a Barra tem uma capacidade de transposição anual de 400 000 m³, seria necessário transportar artificialmente, por conseguinte, 600 000 m³, conseguir-se-ia a estabilização até Nazaré. Admitindo para uma primeira aproximação, um valor para o custo de areia de 5 €/m³, contas somadas, para manter o trecho Douro-Aveiro seriam necessários 2 500 000 €, entre o trecho Douro-Figueira 4 500 000 € e entre o Douro e Nazaré seriam dispendidos 6 000 000 € anualmente (Oliveira, I.B.M., 1997).

Quanto à disponibilidade do jazigo, por razões operacionais, seria necessário procurar jazigos o mais perto possível do trecho a alimentar. Caso contrário, o custo unitário (C) seria agravado. Por outro lado, o transporte também não poderia ser feito de supostos jazigos perpendicularmente à costa que estivessem situados muito perto, devido ao facto da exploração poder vir a provocar, a prazo, alterações morfodinâmicas nos trechos vizinhos, ou muito longe porque, para além do aumento de custos inerente, não haveria equipamento com capacidade de sucção a profundidades tão grandes. Restaria uma área com profundidades entre os 20 e os 40 m (ZH) que tivesse jazigos com possança tal para resistir durante largos anos a extracções anuais na ordem do milhão de m³.

Os estuários seriam uma alternativa complementar à faixa marítima. Porém, como referido anteriormente, as zonas estuarinas deixaram de ser alimentadas a montante, tal como sucedia no passado, devido à construção de barragens. Contudo, a extracção para alimentação artificial em grandes volumes levaria ao aprofundamento do leito e, nalguns casos, ao deslizamento das margens, embora afectando os ecossistemas de uma forma inaceitável.

Como tal, a alimentação artificial não pode ser olhada como uma solução única e viável; pode sim, ser vista como uma alternativa em conjugação com outras de forma a atenuar a erosão costeira verificada e acentuada nos últimos anos.

As alternativas, que poderão ser conjugadas com esta, poderão ser a não intervenção, a aceitação passiva do problema ou a construção de obras de protecção costeira. Ora, as duas primeiras estão postas de lado, pelo menos maioritariamente, pois isso seria admitir a perda irremediável de território; resta apenas a opção *obras transversais* de modo a não deixar evoluir o mar em direcção à terra. Tais obras, defensoras dos trechos a barlar, teriam de ter em atenção os trechos a sotamar de modo a que

o prejuízo não fosse maior. Estas construções permitiriam que, a médio/longo prazo, a linha de costa evoluísse para o alinhamento correspondente à alimentação sedimentar que lhe resta (Oliveira, I.B.M.; Martins, L.M.P., 1981).

Com o objectivo primordial de impedir que o mar avance lentamente sobre a costa portuguesa têm vindo a ser tomadas medidas, há dezenas de anos, de forma a impedir esse avanço, cada vez mais significativo e preocupante. Cronologicamente, a erosão era já uma realidade, em Espinho, há 130 anos. Há registos de avanços marítimos dessa altura. Esta é uma realidade, a qual deve continuar, cada vez mais, a ser enfrentada.

As defesas longitudinais aderentes não têm capacidade de retenção, o que permite que o défice a barlamar seja transportado para sotamar. Implicam, todavia, a alteração dos perfis das praias adjacentes. Diversas frentes urbanas edificadas não existiriam actualmente se as obras não tivessem sido construídas ou se tivessem sido removidas.



Figura 2.6. – Vagueira, a Sul do porto de Aveiro (Foto: Eng. Mota Lopes). EUROSION – construção de esporão para protecção do trecho a barlamar

O esporão, construído com os objectivos de proteger ou evitar – temporariamente - a exposição de frentes, essencialmente, urbanas às acções directas do mar ou de manter simplesmente uma praia com interesse balnear, “negligencia”, em certa medida, o trecho imediatamente a sul – figura 2.6. –, devido à retenção de caudal sólido a norte. Consequentemente, o défice alimentar “transmitido” ao trecho a sotamar será igual ao défice “recebido” à entrada da sua zona de influência acrescido do caudal sólido retido pela obra de defesa. A alimentação do trecho a sotamar é não nula (Oliveira, I.B.M., 1997).

As obras de protecção exigem manutenção periódica, constituem intrusões paisagísticas e podem transmitir uma falsa sensação de estabilidade a longo prazo que encoraja a ocupação em zonas de risco (Veloso Gomes, 2007).

Ao longo do tempo, a capacidade retenção da obra costeira transversal tende para zero, para a *capacidade limite* de acumulação sedimentar. Chegando a esse ponto, o défice alimentar transmitido a sotamar passa a ser igual ao défice alimentar recebido de barlamar, isto é, dá-se a transposição do material sólido para sotamar. Nestes termos, o esporão torna-se inútil com a reposição do percurso litoral antecedente à obra. O agravamento da erosão a sotamar é transitório, portanto. É de salientar, no entanto, que a erosão a sotamar, e conseqüente recuo da linha de costa, verificar-se-ia mesmo sem a construção do esporão; a diferença reside na capacidade da obra reter temporariamente um certo volume sedimentar a barlamar. A libertação deste volume para sotamar não seria solução. Seria difícil

prever com precisão qual seria a situação actual dos núcleos populacionais e quais as evoluções dinâmicas em toda a faixa costeira se não tivessem sido executadas essas estruturas de defesa.

Outro factor importante relacionado com a erosão costeira a sotamar tem a ver com a extracção de areias para a construção civil – figura 2.7. –, nomeadamente nos rios e estuários. As dragagens de areias nos portos e nos canais de navegação, por razões de segurança e operacionalidade, terão de proceder à reposição total ou parcial dos sedimentos no sistema dinâmico a sotamar mas tal nem sempre acontece (Veloso Gomes, 2007).



Figura 2.7. – Extracção de areias no Rio Douro a cerca de 10 km da costa (MCOTA, 2003)

3

UTILIZAÇÃO DE SEDIMENTOS NA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS E DUNAS

Foi exposta, anteriormente, a existência de uma situação generalizada do recuo da linha de costa. Esta regressão deve-se a diversas causas: a uma escala geológica, poderão ser apontadas vários factores, tais como, a subida generalizada do nível médio do mar, os movimentos neo-tectónicos e as alterações climáticas. Contudo, há factores mais relevantes e com maior impacto na erosão verificada: o enfraquecimento das fontes aluvionares por razões antrópicas (alterações nas bacias hidrográficas, albufeiras e barragens, extracção de areias nos rios e estuários, dragagens nos canais de navegação e nas docas), a fragilização de dunas (pisoteio, improviso de parques de estacionamento, acesso a praias), a construção de obras de protecção e de defesa costeira e de quebramares, assim como a sua ampliação (com impactes na erosão a sotamar), e a ocupação humana muito próxima do mar (em arribas, dunas e praias) (Velooso Gomes, 1992).

Na costa oeste portuguesa, o transporte litoral é predominantemente de norte para sul, de barlamar para sotamar. A construção de estruturas marítimas, funcionando como “barreira” ao transporte sólido litoral, gera conflitos com a natureza e consequente dinâmica natural de sedimentos, o que provoca erosão nas praias adjacentes às obras. O frequente assoreamento no interior de portos e embocaduras é causador de problemas de navegabilidade. De modo a manter as acessibilidades às zonas portuárias em condições de segurança, é necessária a dragagem de milhões de metros cúbicos de areias e a monitorização constante, sendo que tais sedimentos foram, no passado, maioritariamente, utilizados para a construção civil ou para aterros portuários, e numa pequena percentagem, colocada nas praias e dunas subjacentes.

Com o agravamento dos problemas, defende-se, não só, a alimentação urgente de praias e dunas com uma maior percentagem, que a até então utilizada, das areias dragadas, mas também a adopção de soluções de *by-pass* aos quebramares e embocaduras (Velooso Gomes, 1992).

3.1. FONTE DOS SEDIMENTOS

O maior problema técnico relacionado com a alimentação artificial de areias é o seu *custo*. Para além dos valores inerentes às operações de dragagem, há que contar ainda com os custos com o transporte de sedimentos associados, quer por via marítima ou por via terrestre. Este último apresenta grandes condicionantes, tais como o seu tráfego que é gerado, acessos limitados e quantidades limitadas transportáveis. Quanto mais próxima for a fonte sedimentar, menos custoso será o processo. As areias acumulam-se essencialmente à entrada das embocaduras e nas áreas a barlamar dos obstáculos à

deriva litoral. Relativamente às embocaduras com portos, o problema requer constante monitorização a fim de possibilitar a maior segurança possível a navios e, como tal, gera-se a necessidade de serem efectuadas dragagens de manutenção nos canais de navegação. Quanto à situação a barlamar, as areias acumulam-se nas praias e nos bancos de areia. Serão estas, portanto, as potenciais fontes sedimentares para as operações de transposição ou alimentação artificial. A alternativa passa pelos bancos submersos ao largo, com profundidades superiores a 20 m. É de referir que os custos de dragagem variam consoante a granulometria, a presença de conchas e de outros materiais fragmentados.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS

3.2.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

Para além das possíveis fontes sedimentares, por muito próximas que estejam, do local a alimentar artificialmente, torna-se necessário que as areias dragadas tenham *qualidade* compatível com a legislação em vigor – Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – *Portaria n.º 1450/2007 de 12 de Novembro* –, que estejam de acordo com os volumes mencionados no projecto, que as soluções técnicas, os custos de extracção e de transporte sejam exequíveis e que não estejam presentes em zonas sensíveis do ponto de vista da exploração de recursos vivos ou ecológico (Velooso Gomes, 2001).

Quadro 3.1. – Classificação de materiais de acordo com o grau de contaminação: metais (mg/kg), compostos orgânicos (ug/kg) (MADRP, 2010)

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Metais					
Arsénio	< 20	20 – 50	50 – 100	100 – 500	> 500
Cádmio	< 1	1 – 3	3 – 5	5 – 10	> 10
Crómio	< 50	50 – 100	100 – 400	400 – 1 000	> 1 000
Cobre	< 35	35 – 150	150 – 300	300 – 500	> 500
Mercúrio	< 0.5	0.5 – 1.5	1.5 – 3.0	3.0 – 10	> 10
Chumbo	< 50	50 – 150	150 – 500	500 – 1 000	> 1 000
Níquel	< 30	30 – 75	75 – 125	125 – 250	> 250
zinco	< 100	100 – 600	600 – 1 500	1 500 – 5 000	> 5 000
Compostos Orgânicos					
PCB (soma)	< 5	5 – 25	25 – 100	100 – 300	> 300
PAH (soma)	< 300	200 – 2 000	2 000 – 6 000	6 000 – 20 000	> 20 000
HCB	< 0.5	0.5 – 2.5	2.5 – 10	10 – 50	> 50

A classificação em vigor determina que apenas os sedimentos das **classes 1** (material dragado limpo) e **2** (materiais dragados com contaminação vestigiária) estarão aptos à utilização nas operações de alimentação artificial – *Portaria n.º 1450/2007 de 12 de Novembro*.

3.2.2 CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Outro factor (condicionante) a ter em conta é a *granulometria*. Os sedimentos a utilizar na alimentação deverão ser sensivelmente idênticos aos existentes na praia. Quanto maior a granulometria, menor será a facilidade com que os grãos se deslocam ou se deixam remover. Assim, uma praia será mais estável quanto mais grosseiros forem os sedimentos, porém serão mais declivosas. Em oposição, praias com material mais fino ($d_{50} < 0.2\text{mm}$) tenderão ao seu emagrecimento mais rapidamente. Estes sedimentos mais finos ($d_{50} < 0.2\text{mm}$), poderão ser colocados em zonas vulneráveis no reforço de cordões dunares ou como dunas/diques artificiais, visto que muito provavelmente terão um certo teor de matéria inerte (Veloso Gomes, 1992).

3.2.3. CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E ECOLÓGICA

3.2.3.1. Impactes

A extracção de sedimentos não pode ser encarada como uma extracção sem condicionantes. Os impactes podem ser elevados, sendo realizados planos de monitorização para que sejam, pelo menos, minorados. Os efeitos físicos da extracção de sedimentos por dragagem passam pelo aumento temporário de turbidez e por alterações na topografia nos fundos marinhos ou estuarinos que provocam alterações nos padrões de circulação da água e nas propriedades da coluna de água. O tipo e o volume de sedimento extraído, a frequência de extracção, as condições climáticas, os métodos usados e a dimensão da draga são outros factores que influenciam os impactes físicos da extracção de sedimentos (Maurer *et al.*, 1974). Tem-se verificado que nos locais onde ocorre a deposição de sedimentos a mortalidade, a diminuição da reprodução de peixes, a asfixia dos organismos marinhos devido à suspensão sedimentar e a redução da luz disponível para a realização da fotossíntese são frequentes, sendo estes considerados os maiores impactes negativos associados à movimentação de areias, por via mecânica, na vida marinha. Contudo, cada projecto de dragagem está dependente de vários factores e os impactes variam bastante entre si, sendo que num determinado local a mortalidade pode ser empolada, ao passo que noutra sítio a realizar a dragagem pode já não apresentar esse problema, pelo menos com consequências tão nefastas (Harvey *et al.*, 1998).

3.2.3.2. Monitorização

Deve ser realizado um plano de monitorização com três fases: uma antes da intervenção, uma durante e uma após a conclusão dos trabalhos. Em todas elas deverão ser recolhidas e identificadas amostras do material biológico presente de modo a proceder-se à elaboração de um relatório para cada uma das fases. Várias imagens deverão, também, ser recolhidas, nos locais a monitorizar (vazadoiro e referência), de forma a controlar e a observar a área em questão (Oliveira, M. & Felício, M., 2009).

3.3. TÉCNICAS DE ALIMENTAÇÃO

3.3.1. SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO ARTIFICIAL DE SEDIMENTOS

A transposição de sedimentos é a movimentação, por via mecânica, realizada, fundamentalmente, de barlamar para sotamar, designando-se por "*bypass*". Por vezes, raras vezes, o transporte litoral é invertido, isto é, dá-se de sul para norte, e a transposição, caso seja necessária, é feita de sotamar para barlamar. Este processo é apelidado de "*backpassing*". A transposição será apenas efectivada caso o sedimento introduzido no sistema possa ser recuperado; caso contrário, será considerado como perdido.

Os sistemas de transposição artificial de sedimentos podem ser fixos (relacionados aos sistemas contínuos) ou móveis/semi-móveis (sistemas periódicos).

3.3.1.1. Sistemas fixos

Os sistemas fixos são estacionários e efectuam transferências sedimentares contínuas. São sistemas em que os seus equipamentos responsáveis pela sucção estão instalados de forma fixa e imóvel ao longo de um quebramar, do lado a barlar. Estes equipamentos podem ser de vários tipos: bombas de jacto, bombas de sucção convencionais, bombas submersíveis e fluidificadores para aumentar a capacidade de sucção.

3.3.1.2. Sistemas Móveis/Semi-Móveis

Os sistemas móveis e semi-móveis são sistemas não-estacionários e têm uma utilização intermitente, ao contrário dos anteriores. Os seus principais componentes são, para além do equipamento de dragagem, as tubagens permanentes ou temporárias.

Os primeiros apresentam duas vertentes no que concerne aos equipamentos de dragagem: flutuantes ou posicionados em veículos em terra. A opção flutuante apresenta vantagens a nível da quantidade de transporte de sedimento, sendo maior, assim como a mobilidade. No entanto, requer condições de agitação favoráveis e boa acessibilidade. Já a segunda opção não está tão dependente da agitação marítima. No entanto, as quantidades de transferência de sedimentos é inferior e os acessos são as praias. Nos sistemas semi-móveis as bombas nunca estão estacionadas num só local, deslocando-se através de barbaças ou camiões.

3.3.2. TIPO DE DRAGAS

3.3.2.1. Dragas Hidráulicas

As dragas hidráulicas têm aplicação em todos os sistemas mencionados anteriormente. Devido às tubagens implicadas neste processo, ao contrário das dragas mecânicas, há uma grande quantidade de água que também é absorvida. As bombas existentes podem ser de sucção, de jacto ou submersíveis. Existem duas opções para o transporte de sedimentos: ou existe uma barcaça ou um contentor flutuante que são rebocados ou auto-propulsionados para o local de descarga, ou o transporte dá-se através de tubagens e os sedimentos são impelidos directamente para um ponto específico. Consoante, e só neste último caso, em função da distância existente entre o ponto de colecta e a zona de depósito, poderá ser necessária a implementação de bombas de reforço de modo a fortalecer a ligação intra-tubos. De forma a não colherem material inadequado (siltes e argilas) – desapropriado para a alimentação de praias –, este tipo de dragas, por vezes e consoante o tamanho das barbaças, não deverá operar em zonas limitadas espacialmente. Para dragas de pequeno porte, a altura máxima de onda admitida é 1.5 m, sendo que as respectivas embarcações variam entre os 45 m e os 60 m de comprimento e entre os 1 000 – 1 600 m³ de capacidade (Coastal Engineering Manual).



Figura 3.1. – Dragagem hidráulica a operar sedimentos (www.merrellbros.com)



Figura 3.2. – Dragagem hidráulica, para pequenas profundidades, com colunas telescópicas de modo a estabelecer o seu posicionamento (www.clearwater.org)

No entanto, existem dragas de maior porte, que poderão atingir profundidades até, sensivelmente, 100 m. É o caso da draga designada “Jumbo”, a maior de todas, que é uma draga de sucção não estacionária com capacidade de transporte, no porão, superior a 16 000 m³ (Terra et Aqua, 2001).

A chegada deste tipo de dragas de grande capacidade de carga deu-se em 1994. Até então, existiam 18 dragas de grande porte, 68 de médio porte e 136 com pequena capacidade de transporte de sedimentos (1 500 m³). Ao serem analisadas as capacidades totais, verifica-se que as dragas de média dimensão são as que contêm, no total, maior capacidade do porão. Adicionando os volumes dos porões pertencentes a cada grupo, obtém-se a capacidade total existente em cada grupo, em 1993 – Quadro 3.2.

Quadro 3.2. – Número de dragas existentes e respectivos volumes, em 1993, na indústria dragueira (Terra et Aqua, 2001)

Tipo de draga	Unidades	Taxa correspondente (%)	Volume total (m ³)	Taxa correspondente (%)
Pequena	136	61	215 800	31
Média	68	31	219 300	46
Grande	18	8	164 200	23

O quadro 3.3. apresenta as características das dragas pequenas, médias, grandes e jumbo. Há uma grande variedade de características individuais entre as diferentes dragas. A figura 3.3. contribui para a compreensão da tabela pela ilustração comparativa das dimensões, profundidades atingidas e calado em carga máxima.

Quadro 3.3. – Características das diferentes dragas (Terra et Aqua, 2001)

Grupo	Capacidade do porão (m ³)	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Dragagem (m)	Peso (t)	Potência total Instalada (HP)	Profundidade de Dragagem normal (m)	Profundidade da dragagem com braço extensor (m)
Pequena	1 500	75	13	5.5	4.5	1 700	4 500	-20	-25
Média	6 000	100	19	9.5	8.0	9 000	14 700	-25	-35
Grande	10 000	135	23	10.5	9.0	16 500	17 200	-35	-50
Jumbo	20 000	160	30	13.0	11.0	30 000	35 000	-60	-100

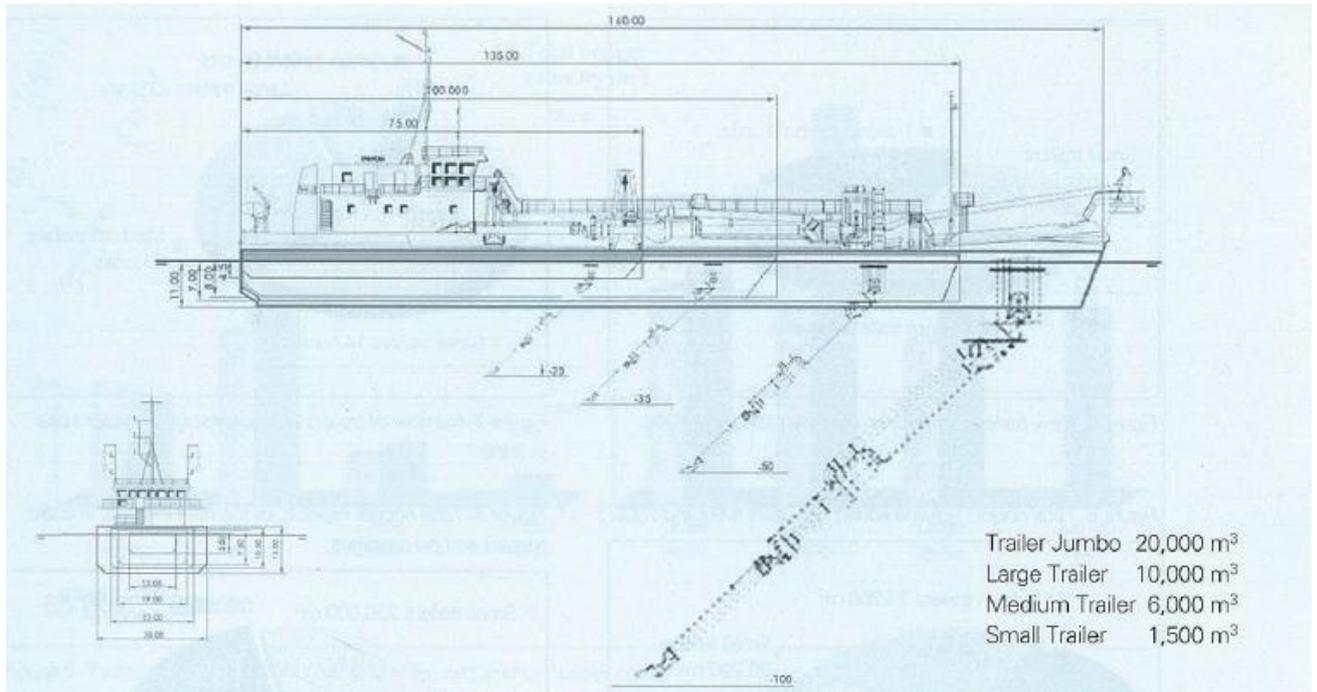


Figura 3.3. – Dimensões das diferentes dragas (Terra et Aqua, 2001)

A partir de 1994, apareceram as dragas Jumbo, cuja capacidade máxima de porão é 20 000 m³. Foram, também, construídas novas dragas referentes aos tamanhos já existentes. Construíram-se, a partir desse período e até ao ano de 2000, 11 novas dragas de pequeno porte, 17 médias, 4 grandes e 9 Jumbo – Fig. 3.4.

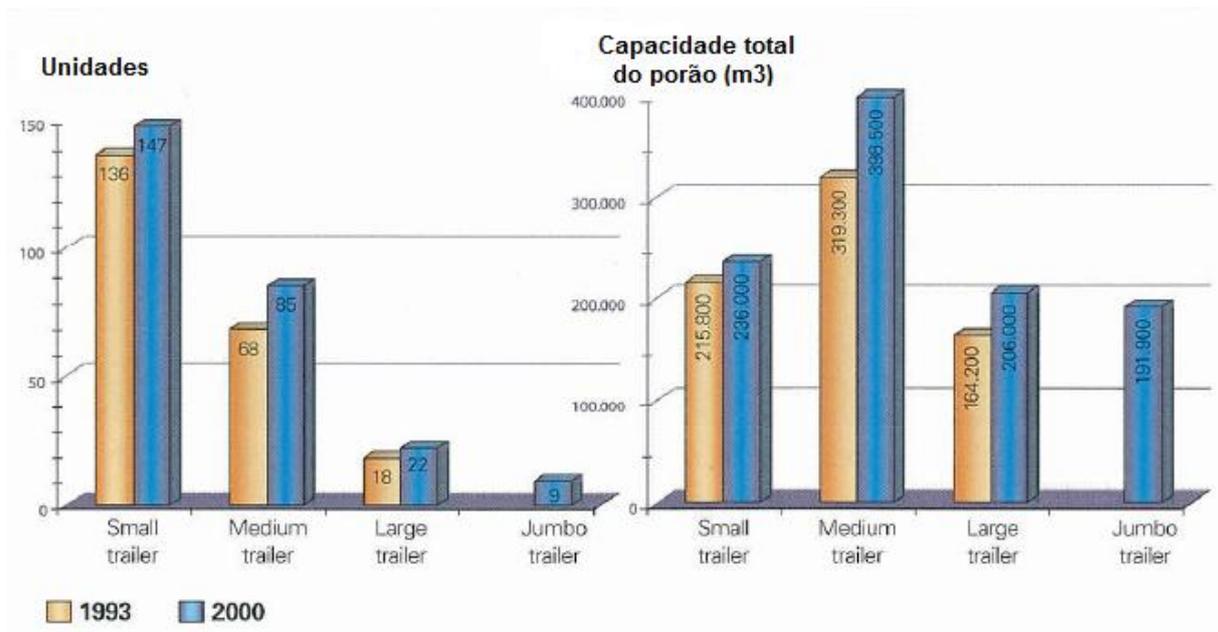
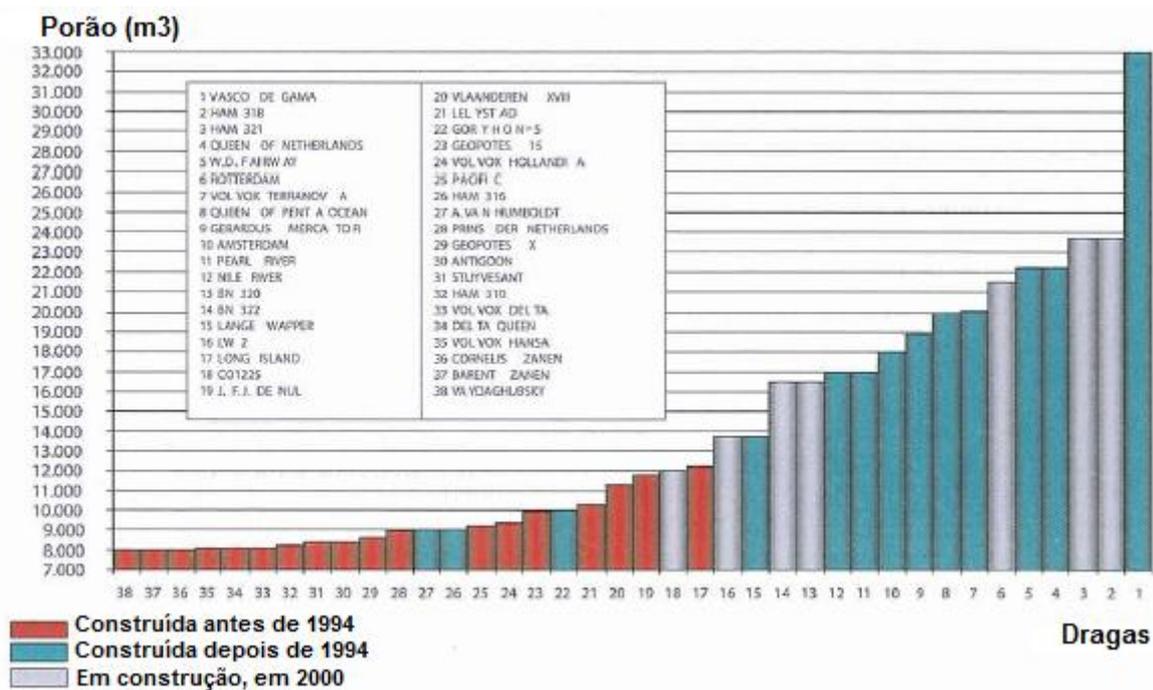


Figura 3.4. – Dragas em 1993 e 2000, comparação por unidades e por capacidade do porão – adaptado de Terra et Aqua, 2001.

A capacidade de frota para grandes projectos de dragagens para aterro, em que são exigidas dragas com capacidades superiores a 8 000 m³, cresceu exponencialmente durante os últimos cinco anos da década de 90. Ao serem analisadas as capacidades de porão existentes, verifica-se que se, em 1993, existiam apenas dragas de grande porte com uma capacidade total de 164 200 m³, à entrada do novo milénio, somando os 206 m³, respectivos às 22 unidades de grandes dragas (mais quatro que em 1993), e os 191 000 m³, correspondentes ao volume total dos Jumbo, esse valor ascendeu aos 397 900 m³. Um aumento de quase 60%, portanto (Terra et Aqua, 2001).

Gráfico 3.1. – Dragas de grande porte e Jumbo, em 2000 – adaptado de Terra et Aqua, 2001



O gráfico 3.1. demonstra a importância da chegada das dragas Jumbo ao mercado. O gráfico toma em consideração não só as dragas Jumbo e de grande porte mas, também, estão incluídas as que estavam em construção, na altura. A capacidade de cada uma das dragas está assinalada no eixo vertical.

A distinção entre construções antes e depois de 1994 está também evidenciada. Verifica-se o aumento entre a primeira draga jumbo, a número 11, designada “*Pearl River*”, e a 17 “*Long Island*”, correspondente a uma draga de grande porte. Observa-se, igualmente, o aumento exponencial a partir de 1994. Em 2000, foi construída a draga “*Vasco de Gama*” com uma capacidade de 33 000 m³.

3.3.2.2. Dragas Mecânicas

Este tipo de dragas é menos utilizado que as dragas hidráulicas, visto serem possuidoras de limitações. Podem ser usadas em sistemas fixos, móveis, contínuos e periódicos. A sua vantagem é o seu direccionamento para solos rígidos; contudo, para grandes volumes, as dragas mecânicas tornam-se desapropriadas. O material dragado é colocado num reservatório associado e anexo à embarcação, barça ou estrutura flutuante, dependendo do caso. Devido à mobilidade do equipamento –

constituído essencialmente por uma escavadora – e à capacidade de operar apenas a baixas profundidades, em alguns casos, a dragagem pode ser efectuada, também, a partir de terra.

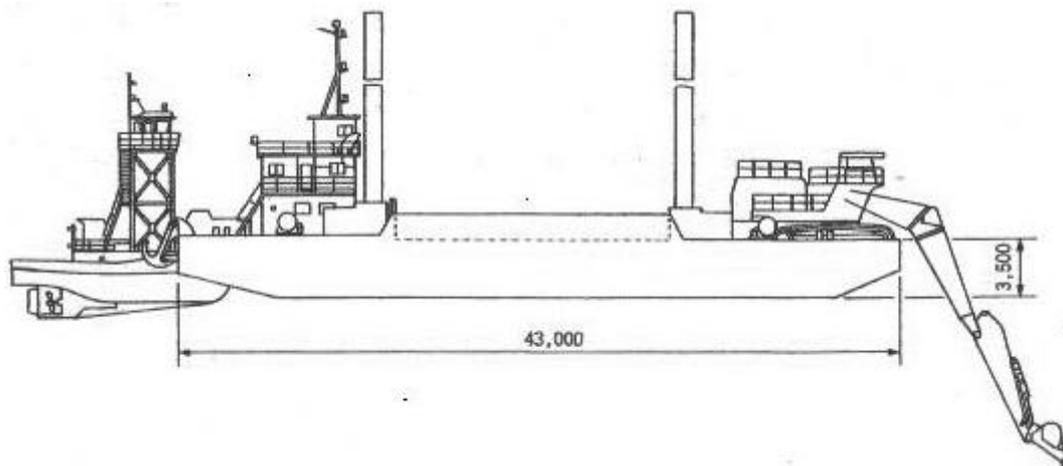


Figura 3.5. – Exemplo de draga mecânica (www.dredgebrokers.com)



Figura 3.6. – Dragagem mecânica assente numa barcaça auxiliada por uma pequena embarcação (www.dredgebrokers.com)

3.3.3. TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO DOS SEDIMENTOS

3.3.3.1. Descarga através da abertura de porões

A técnica *direct pumping* – descarga através da abertura de porões – é um processo com custos reduzidos. A sua eficiência real poderá ser bastante inferior à eficiência potencial caso o clima de agitação não seja favorável, fazendo com que a draga não se aproxime efectivamente das profundidades de projecto. Exigem cotas mínimas de -3.5 ao ZH (com restrições do estado da maré e da agitação) ou profundidades superiores (menores restrições) (Veloso Gomes, 2001). Esta técnica consiste na abertura dos porões em zonas submersas frontais às praias e dunas e consequente descarga directa dos sedimentos. A agitação marítima, em casos favoráveis, transportará parte dos sedimentos

para a praia. A grande percentagem remanescente poderá favorecer a pré-rebentação das ondas, funcionando como um “banco” submerso.

3.3.3.2. Descarga por tubagens flutuantes e/ou imersas

Uma outra opção de técnicas para a alimentação artificial das praias consiste na repulsão para terra com o emprego de tubagens hidráulicas, flutuantes e/ou imersas. Após a sucção de sedimentos, na zona de empréstimo, por parte das dragas, e após o enchimento dos seus porões, estas dirigir-se-ão o mais próximo possível da zona de praia e, devido à sua capacidade de bombagem, irão transferir as areias por repulsão através de tubagem. Se a extensão da repulsão for muito elevada – superior a cerca de 2km – (e/ou se a granulometria da areia também for elevada) poderá ser necessário instalar uma estação intermédia de bombagem (“booster”), a qual exige condições favoráveis de agitação (Veloso Gomes, 2001).

3.3.3.3. Descarga em arco-íris

A técnica agora mencionada requer, após a sucção de sedimentos por parte da draga e enchimento dos respectivos porões, a aproximação da embarcação até distâncias entre 25 - 100m da praia. Depois dessa aproximação efectuada, dá-se a repulsão por jacto – “rainbowing” – onde uma combinação de água e areia é lançada, em forma de arco, em direcção à praia. É uma técnica bastante utilizada para zonas rochosas e, portanto, que impossibilitam uma maior aproximação à praia.



Figura 3.7. – Draga a efectuar o descarregamento de areias em forma de arco-íris (www.gulfnews.com)

3.3.3.4. Descarga em zonas submersas e bombagem – Soluções mistas

As soluções mistas de descargas em zonas submersas e bombagem destas para os troços de praia ou duna a reperfilhar – “rehandling” –, poderão constituir outra alternativa. O material dragado de uma fonte bastante afastada (por uma draga de sucção não estacionária – “trailing suction hopper dredge”) é colocado em stock ou stocks submersos próximos dos troços a reperfilhar. Uma draga de sucção

estacionária – “*cutter suction dredge*” – repulsa o material para a praia ou duna. Poderá haver perda de parte do material (particularmente da fracção mais fina) e são necessárias condições de agitação e profundidades favoráveis (Veloso Gomes, 2001).



Figura 3.8. – Draga de sucção não estacionária – “trailing suction hopper dredge” (www.theartofdredging.com)

3.3.3.5. Descarga por via terrestre

O transporte dos sedimentos recolhidos na zona de empréstimo poderá ser realizado via terrestre – “*land-based discharge*”. Contudo, esta opção apresenta muitas condicionantes, impactes negativos e custos elevados. É uma alternativa geradora de intenso tráfego e a quantidade transportada em cada viagem (de ida) é mínima relativamente à quantidade total necessária. Para além disso, a passagem de dumpers irá danificar os pavimentos por onde passam. Seriam necessárias entre 50 000 e 100 000 viagens de camiões e “dumpers” para transportar 500 000 m³ de areia. Outra questão crítica prende-se com a autorização a obter dos proprietários dos terrenos para concretizar a deposição e/ou a passagem de veículos no acesso às dunas. A alternativa, se viável, seria realizar o transporte ao longo das praias (Veloso Gomes, 2001). Torna-se, portanto, inviável para grandes volumes devido aos impactes negativos nas estradas, trânsito, ruído, custos, etc.

3.3.3.6. Descarregadores instalados em quebramares

Os quebramares, não tendo essa função, funcionam como “barreiras” à deriva natural de sedimentos. De forma a minimizar os impactes por eles criados, poderá haver a necessidade de implementar descarregadores nos quebramares – *weir jetties* – com a função de acumular os sedimentos num local previamente definido no interior da embocadura, de modo, essencialmente, a não prejudicar a navegação marítima, nomeadamente no canal de navegação (assoreamento) e a não reter as areias em tão grandes volumes no quebramar norte. Os quebramares irão, assim, possuir uma secção de cota inferior ao resto da estrutura o que irá permitir que a agitação realize o transporte dos sedimentos sobre o descarregador para a embocadura. Consoante a largura da embocadura, o descarregador será instalado dentro ou fora desta.

Este tipo de sistemas está condicionado pela oscilação do nível da maré, sendo que para valores superiores a 3.6m, a eficácia é praticamente nula.

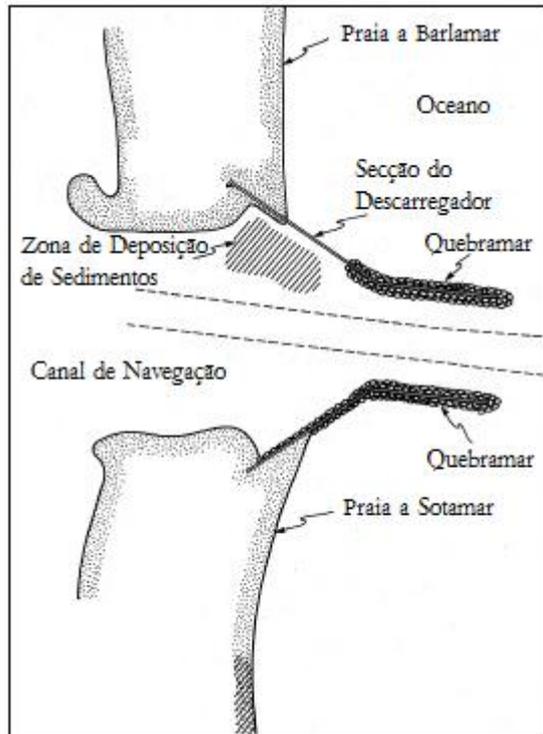


Figura 3.9. – Descarregador instalado num quebramar (<http://chl.erdc.usace.army.mil>)



Figura 3.10. – Descarregador instalado num quebramar com deriva de Sul para Norte em Rudee Inlet, VA (<http://chl.erdc.usace.army.mil>)

O sistema desejável com descarregador é aquele que minimiza a quantidade de sedimentos que necessita de ser transferido. No entanto, uma situação ideal nunca é atingida devido a factores como o transporte longitudinal não ser constante ano após ano e as condições de transporte numa determinada altura poderem ser diferentes em ambos os lados do porto (Weggel, 1981).

3.3.4. EXEMPLOS DE DRAGAS

São apresentados, no quadro 3.4. alguns exemplos de dragas da empresa Ballast Nedam Dredging, que opera no mercado internacional (Europa, Médio e Extremo-Oriente, África, Austrália, Ásia e continente Americano), desde a segunda metade do século XX. A sua unidade principal é a auto-propulsora Lelystad com uma capacidade de 10 330 m³.

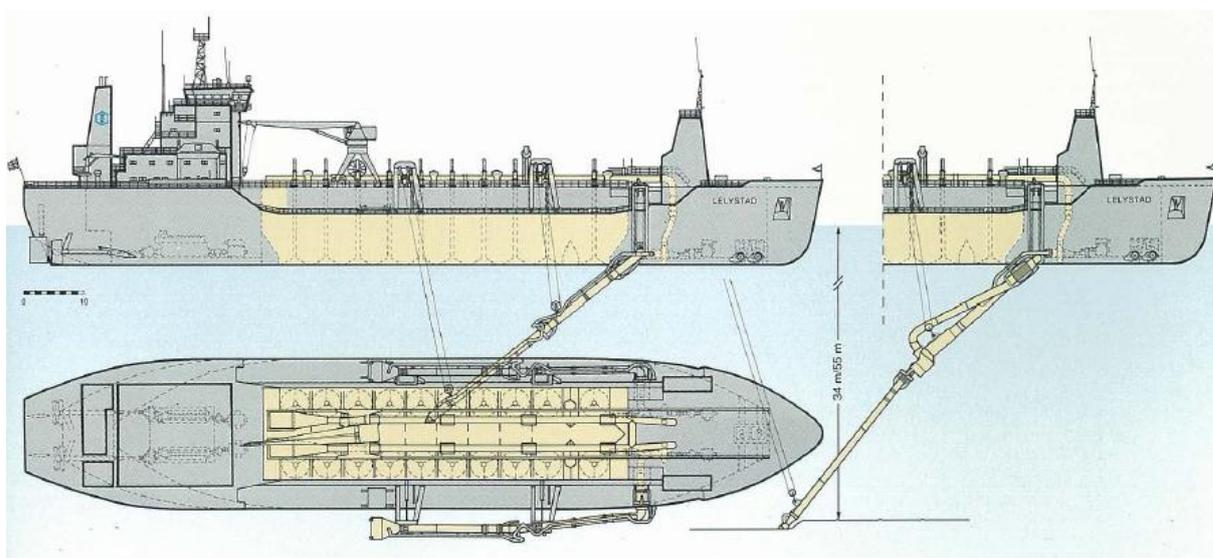


Figura 3.11. – Draga auto-transportadora de porões Lelystad (Ballast Nedam Dredging)

Quadro 3.4. – Tipos de draga da empresa Ballast Nedam Dredging

Nome	Tipo de Draga	Comprimento total (m)	Tonelagem (GT)	Profundidade de dragagem (m)	Propulsão (kW)	Capacidade porões (m ³)
Lelystad	Auto-transportadora de porões	137	12 116	55	10 370	10 330
Apolo	de porões	103,2	4 920	22	3 970	4 850
Zaanstad	Hidráulica auto-propulsada de tolva	80	1 574	24	1 400	2 150
Castor	de sucção com desagregador	104,5	---	25	---	---
Faunus	de sucção	59,5	---	50	---	---

A empresa Rohde Nielsen A/S, a operar desde 1988, apresenta, também, alguns tipos de dragas utilizadas para projectos para aterro – Quadro 3.5. Algumas delas foram utilizadas na alimentação da Costa da Caparica, nomeadamente, a Thor R, a Gefion R e a Viking R, todas elas dragas de porão.

Quadro 3.5. – Tipos de draga da empresa Rohde Nielsen A/S

Nome	Tipo de Draga	Comprimento total (m)	Tonelagem (GT)	Profundidade de dragagem (m)	Propulsão (hp)	Capacidade porões (m ³)
Thor R	de porão	79	---	25	2 * 1 175	2 130
Gefion R	de porão	80,5	---	30	2 * 1 500	1 565
Viking R	de porão	66,71	1102	22	2 * 600	1 000

3.3.5. REPERFILAMENTO DA PRAIA

Os sedimentos deverão ser descarregados na praia ou muito próximo desta, ou junto à costa, em águas superficiais. A escolha do local é fundamental para que a operação não se torne inconsequente. As operações de dragagens e de repulsão serão efectuadas até ao momento em que o volume “pedido” pela praia seja concretizado. Deverão ser realizados levantamentos topo-hidrográficos das praias alimentadas, antes e depois da concretização da operação de enchimento de areias. Durante o período de realização da alimentação artificial será feito o controlo de qualidade e da granulometria das areias (Veloso Gomes, 2001).

Após o fornecimento das areias, deverão ser realizadas operações de espalhamento e homogeneização ao longo da extensão da praia, através de tractores e/ou de pás carregadoras. Depois da actuação dos meios terrestres de reperfilamento inicial, o perfil final da praia será concretizado pelo mar ao longo do tempo, desenhando vários perfis que irão variar consoante as marés, a agitação e a movimentação de sedimentos – Veloso Gomes (2001). É de esperar que esse reperfilamento feito pelo mar implique perdas de areal ao longo do tempo, sendo necessária, porventura, a re-alimentação da praia passados uns anos, já que a erosão continuará a ser um processo activo e contínuo. A constante monitorização passa a ser uma “obrigação” visto que as mudanças de perfis submersos e de correntes poderão colocar em risco, principalmente e numa fase inicial, os banhistas. A comparação entre volumes antes e depois da alimentação e de perfis transversais nos locais de dragagem deve também ser uma realidade a fim de controlar os volumes depositados.

Um *ciclo completo de dragagem* contempla várias etapas: dragagem no canal de navegação; navegação até à bóia junto da praia, operações de acoplamento da tubagem e repulsão das areias para a praia e desacoplamento, viagem de retorno.

3.4. MONITORIZAÇÃO

3.4.1. MONITORIZAÇÃO DE DRAGAGENS EM PRAIAS

A fim de observar o comportamento dos esporões e da praia deve ser providenciado um programa de monitorização. Depois da sua realização podem ser implementadas medidas com o objectivo de introduzir melhorias no comportamento dos esporões. A monitorização poderá ser, de igual modo, importante no estudo sobre a alimentação artificial; porém, devido à dinâmica intensa com que os sedimentos são transportados é mais difícil a sua observação. Para que tal processo fosse exemplar,

ter-se-iam que fazer vários enchimentos periodicamente, a fim de avaliar o tempo de permanência e a relação custo - benefício, nomeadamente, da primeira alimentação artificial.

Caso o preenchimento artificial seja efectuado em costa aberta e bastante exposta à agitação, o tempo de permanência dos sedimentos, colocados artificialmente, é reduzido – cerca de cinco anos. Já quando a alimentação é realizada entre quebramares e esporões ou entre quebramares e cabos, o tempo de residência é maior (Veloso Gomes *et al.*, 2006). Em praias expostas a estados de agitação com grande variabilidade de ano para ano os resultados das intervenções de alimentação artificial de praias com areias são bastante sensíveis a: acontecimentos extremos (tempestades); acontecimentos persistentes; grandes movimentações tridimensionais dos fundos arenosos; granulometria das areias – dependente das fontes sedimentares disponíveis – (quanto maior a granulometria, maior a estabilidade); volumes de areias a colocar, assim como aos locais de deposição, perfis e aos períodos do ano em que se pratica a operação (Veloso Gomes *et al.*, 2007).

Um programa de monitorização implica vários levantamentos, tais como o levantamento das estruturas existentes, hidrográfico global, hidrográfico local e de fotografia aérea vertical. A capacidade de previsão a médio e longo termo da evolução das praias e dunas continua a ser bastante condicionada devido a limitações científicas, dados de campo inadequados ou insuficientes, nomeadamente dados topo-hidrográficos e de dragagem de canais de navegação. A adopção de medidas preventivas para os casos mais graves deverá ser tomada a fim de não prolongar e agravar as situações já existentes.

3.4.2. MONITORIZAÇÃO DE DRAGAGENS EM PORTOS

Não é só em praias que se faz a monitorização e controlo dos esporões e da alimentação artificial. Em portos, a monitorização ambiental associada a operações de dragagem também é uma realidade. Por vezes, os portos são limitados a norte e/ou a sul por zonas balneares e por zonas urbanas envolventes e as obras realizadas deverão requerer especial atenção a fim de minimizar alguns dos impactes ambientais durante e depois das obras. A Declaração de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) contribui desde logo com imposições e restrições, sendo que a gestão do próprio porto poderá, também ela, tomar medidas para além das obrigatórias pelo AIA com o objectivo, por exemplo, de controlar a qualidade da água, a qualidade dos sedimentos, o ruído, a actividade biótica (no local de deposição de dragados), entre outros (Guedes Lopes, H. *et al.*, 2007).

3.4.2.1. Controlo da qualidade da água

Para a análise da água deverão ser realizadas várias recolhas de amostras em vários locais, não só dentro como fora da área de influência do porto, servindo estes como pontos de controlo. As praias envolventes deverão, também elas, ser alvo de um controlo periódico. Devido à dinâmica fluvial induzida num porto, quando esta se localiza num estuário, o controlo qualitativo deverá também ser feito a diferentes profundidades porque em “camadas” distintas numa coluna de água poderão existir valores díspares e, de um modo geral, os valores obtidos à superfície são inferiores aos obtidos em profundidade.

3.4.2.2. Controlo da qualidade dos sedimentos

A qualidade dos sedimentos deve também ser tomado em conta e a sua contaminação surge, normalmente, associado, a poluições presentes na água. Pode ser controlada através de amostras de toda a coluna de material a dragar em vários pontos (Guedes Lopes, H. *et al.*, 2007). Depois de

analisados todos os parâmetros em estudo – metais e compostos orgânicos presentes na *Portaria n.º1450/2007 de 12 de Novembro* do Despacho do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – são classificadas todas as amostras. É de recordar, tal como referido neste capítulo, que apenas os sedimentos das classes 1 e 2, correspondentes aos materiais dragado limpo e dragados com contaminação vestigiária estarão aptos à utilização para operações de alimentação artificial – *Portaria n.º 1450/2007 de 12 de Novembro*.

3.4.2.3. Ruído

A actividade portuária pode gerar ruído, principalmente, por perfurações, dragagens ou quebramentos. De forma a efectivar o controlo gerado pelo ruído associado a operações de dragagens deve ser criada uma malha de pontos fixos estrategicamente definidos. À medida de cada operação vai evoluindo, mudando de local, os pontos a registar serão os que estarão mais próximos da frente de obra (Guedes Lopes, H. *et al.*, 2007). Após a instalação dos pontos, efectua-se um controlo com ruído nulo (para controlo), i.e., sem actividade portuária, com o objectivo de definir as zonas mais ou menos sensíveis e não ultrapassar os dB permitidos por lei aquando da realização das operações.

3.5. CASOS DE ESTUDO

3.5.1. COSTA DA CAPARICA

3.5.1.1. Enquadramento



Figura 3.12. – Localização da área em estudo

A Costa da Caparica, situada na margem sul da embocadura do rio Tejo, tem vindo a registar nos últimos 40 anos grandes transformações no que concerne ao recuo da linha de costa. É um ponto de grande atracção turística e urbana, especialmente nos meses de Verão. A partir do final dos anos 50, começaram a ser construídos vários esporões, o que provocou, após a conclusão das obras, a relativa estabilização da linha de costa, sem perdas tão significativas quanto as que se registaram na última década, embora com galgamentos pontuais. Devido aos Invernos rigorosos de 2002/2003, 2003/2004 e de 2006/2007 as praias e dunas entre a Cova do Vapor e a Costa da Caparica foram seriamente afectadas, levando a que fossem levadas a cabo obras de emergência de forma a minorar os efeitos provocados pelo avanço do mar. As estruturas de defesa ficaram, com o tempo, danificadas. O sector em questão, desde finais do séc. XIX, tem vindo a sofrer uma redução especialmente da restinga (cerca de 1.5km entre 1929 e 1957) que, até 1929, projectava-se no sentido do farol do

Bugio (Veloso-Gomes *et al.*, 2004). Entre 1957 e 1963, a duna recuou 100 m e a cota da crista da duna diminuiu sensivelmente 6m (Barceló, J.P., 1971). No Inverno de 2000/2001, um novo ciclo de recuo da linha de costa iniciou-se com a erosão e galgamento da praia de S. João e da duna frontal (Veloso-Gomes *et al.*, 2006).

A área em questão está extremamente dependente do estuário do Tejo, em termos sedimentares. A sua embocadura, por sua vez, depende maioritariamente de temporais e cheias.

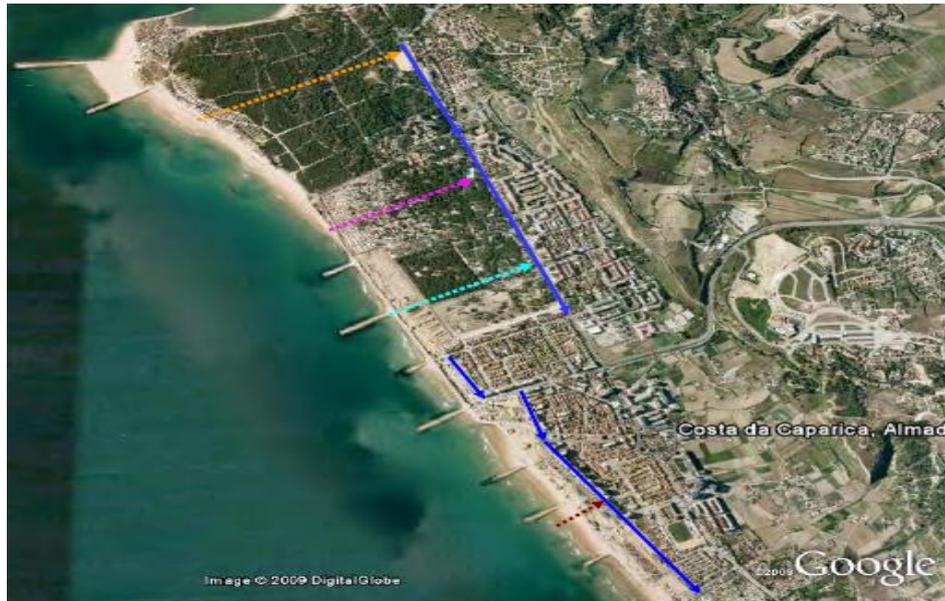


Figura 3.13. – Cova do Vapor – Costa da Caparica (GoogleEarth - www1.ci.uc.pt).
→ Frente Urbana; → Frente urbana a cerca de 1000 m da linha de costa; → Frente urbana a cerca de 750 m da linha de costa; → Frente urbana a cerca de 700 m da linha de costa; → Frente urbana a cerca de 200 m da linha de costa.



Figura 3.14. – Comprimento dos esporões: 1- 560m; 2- 360m; 3- 150m; 4- 300m; 5- 100m; 6- 270m; 7- 150m; 8- 225m; 9- 140m. Praias: A- Praia da Cova do Vapor; B- Praia de S. João; C- Praia de S. António; D- Praia do CDS (Norte); E- Praia do CDS (Sul); F- Praia do Tarquinio/Paraíso; G- Praia do Dragão Vermelho; H- Praia Nova; I- Nova Praia/Praia da Saúde. (www1.ci.uc.pt)

3.5.1.2. Opção implementada

A partir do ano de 2000, a praia e as dunas da praia de S. João emagreceram e migraram perigosa e inesperadamente para a baixa planície costeira. Houve necessidade de repensar o posicionamento e extensão do campo de esporões e várias opções foram estudadas pela FEUP/IHRH, em 2001. Todas elas tinham em comum a reabilitação das obras já existentes de modo a diminuir o risco existente de galgamentos para zonas urbanas de baixa elevação. A opção “retirada” foi pensada mas não equacionada visto que os custos sócio-económicos seriam bastante elevados.

Dos dez cenários alternativos de intervenção, ganhou a que defendia, numa primeira fase, o encurtamento de três esporões existentes e reabilitação dos restantes – cujo custo total foi de 8 200 000 € e o prazo de execução de 20 meses, obra realizada entre Outubro de 2004 e Maio de 2006 –, contemplando com uma alimentação artificial com areias – utilizados três milhões de metros cúbicos de areia – e, após um período de cinco anos de monitorização, a remoção de três esporões pequenos e o prolongamento dos restantes, equacionando a re-alimentação (Veloso-Gomes *et al.*, 2007).

3.5.1.3. Alimentação artificial com areias

A operação de enchimento artificial com areias – granulometrias finas e médias – entre os esporões EC4 da costa da Caparica e o esporão Sul da Costa do Vapor ocorreu entre 19 de Julho e 1 de Setembro de 2007, cujo volume total foi de 500 000 m³, com um custo total de 2 900 000€. Quanto à distribuição prevista de volumes de areia por troço, registam-se os 170 000 m³ para serem colocados na Praia de S. João (a norte do esporão EC7 na Caparica), a norte da estrutura aderente até ao esporão da Costa do Vapor; 120 000 m³ também para a praia de S. João mas em frente à obra aderente; 70 000 m³ para cada uma das praias entre os esporões EC4 e EC7 (Veloso-Gomes *et al.*, 2007).

A alimentação foi concretizada por duas dragas de sucção e arrasto – cujo ciclo de cada dragagem teve a duração de 4h –, cuja repulsão da emulsão areia (30%) + água do mar (70%) foi feita através de uma tubagem para a praia (cerca de 700m de comprimento, pousada no fundo marinho) (Veloso-Gomes *et al.*, 2007). Depois da alimentação das areias bombadas ter ocorrido, procedeu-se à distribuição e nivelamento com meios terrestres.

Nos verões de 2008 e 2009, foi dada continuidade à alimentação artificial, mas agora ao longo de uma maior extensão, entre a Nova Praia/praias da Saúde e a Cova do Vapor. Cada alimentação artificial foi de 1 000 000 m³ de sedimentos.

3.5.2. COSTA NOVA

3.5.2.1. Enquadramento



Figura 3.15. – Localização da área em estudo

Actualmente, devido a acções naturais e antrópicas, o recuo da linha de costa entre Aveiro e o Cabo Mondego assume contornos preocupantes. Genericamente, verifica-se a erosão e degradação do cordão litoral entre a Costa Nova e a praia do Areão, troço no qual existem dunas de fraca possança com desníveis entre 1 e 2 m – onde ocorrem galgamentos e novos eixos de ruptura – mas também dunas até 8 m de altura. As intervenções realizadas nos cordões dunares no sistema lagunar de Aveiro ocorreram perante situações emergentes de ruptura (na restinga arenosa a sul da Costa Nova) e situações de reabilitação com o objectivo de promover a estabilização do cordão dunar. Este funciona como limite interno da praia emersa. A ondulação predomina no sentido NW (Boto, A. *et al.*, 1997).

O recuo generalizado da linha de costa deve-se ao débito sedimentar provocado pela retenção do molhe da Barra de Aveiro e do banco exterior, estimulando a acumulação de cerca de 20 milhões de metros cúbicos (Boto, A. *et al.*, 1997). A maior migração da costa registou-se, entre a década de 60, entre a Costa Nova e a Vagueira. De modo a combater o recuo acelerado da linha litoral, após o prolongamento da Barra de Aveiro, foram construídos no troço Barra-Costa Nova, em 1972/1973, um

enrocamento longitudinal e um campo de onze esporões na Costa Nova. Verificou-se, então, que os problemas observados a barlamar dos esporões foram sendo atenuados, ao passo que a sotamar destes, o processo de recuo da linha de costa fora acelerado.

Entre 1983 e 1987, o quebramar a norte foi prolongado em cerca de 550 m de comprimento, o que promoveu ainda mais a erosão a sul. Em 1990, visto que o plano até então desenhado esgotara-se, houve necessidade de redefinir estratégias. Procedeu-se então à alimentação artificial da Costa Nova com areias dragadas da Barra e do canal de Mira. A acreção, neste período, foi uma realidade, porém, uma realidade transitória. O real problema fora simplesmente adiado.

Sumariamente, e de forma prática, poder-se-á dizer que a destruição do cordão dunar, os galgamentos pelas ondas e o acentuado recuo da linha de costa originaram o alagamento de terrenos agrícolas, o corte de estradas e, no futuro, aumentam a possibilidade de ocorrerem formações de uma ou mais embocaduras, nomeadamente a sul da Costa Nova e um pouco a sul da praia da Vagueira. Se tal viesse a ocorrer, a edificação das Gafanhas fica em risco, o braço de Mira tornar-se-ia salinizado e os solos agrícolas da restinga e das Gafanhas ficariam impraticáveis para a agricultura (Veloso Gomes, 2001).



Figura 3.16. – Praia da Barra-Costa Nova (Aveiro). Durante as marés vivas de Março/Abril de 1994, os edifícios foram “protegidos” com montes de areia (Foto: A. Dias)

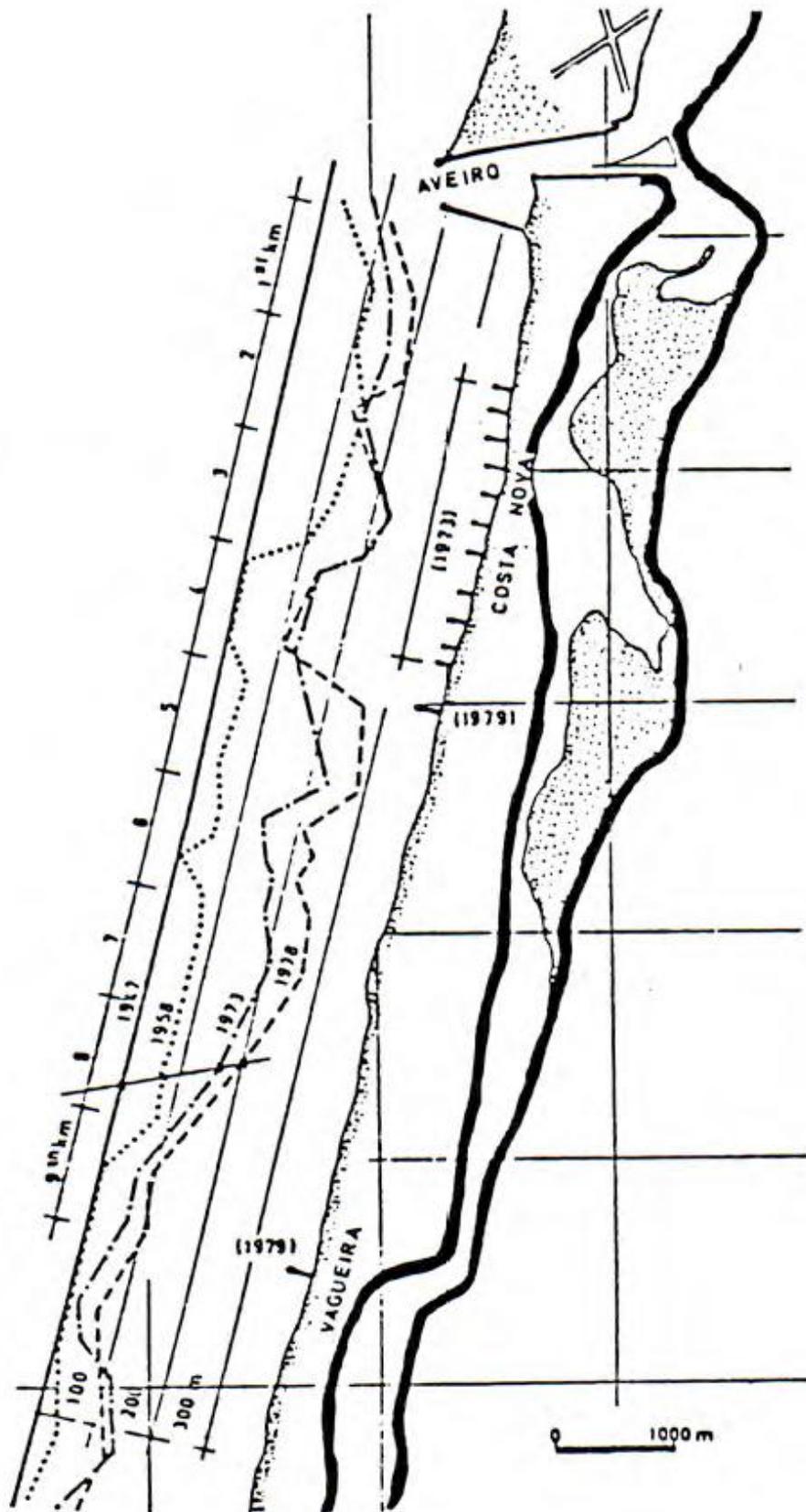


Figura 3.17. – Recuo da linha de costa a sul da barra de Aveiro entre 1947 e 1978 (Oliveira, O.)

3.5.2.2. Planos em vigor

O Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) Ovar – Marinha Grande, aprovado em 2000, considera que “a transposição, ao restabelecer a alimentação deste trecho costeiro, resolveria por muitos anos os problemas existentes”. No seu plano de intervenções estava previsto o Programa 6.2 – “Eliminação dos riscos de ruptura do cordão dunar” – com os projectos:

- 6.2.1. (*Reconstituição do sistema dunar entre a Costa Nova e a Praia da Vagueira*) em que se admitia a estabilização do processo evolutivo com a construção de um cordão dunar artificial paralelo ao que deveria existir em situação de “equilíbrio estático”, mesmo com a possível ruptura do cordão dunar natural;
- 6.2.2. (*Reconstituição do sistema dunar entre a Praia da Vagueira e a Praia de Mira*) em que a mesma estabilização é admitida – com a construção de um cordão artificial também ele “paralelo” e mais recuado – mas apenas depois da construção dos novos esporões E15a e E15b.
- 6.2.3. (*Esporão Norte entre a Praia da Vagueira e a Praia de Mira – E15a*) e 6.2.4. (*Esporão Sul entre a Praia da Vagueira e a Praia de Mira – E15b*) referentes à construção de esporões em “L” e de comprimento de 230m.

3.5.2.3. Considerações

O objectivo primordial da implantação da duna artificial seria a protecção de solos agrícolas e das zonas de baixa altitude das Gafanhas. Porém, muitos deles são privados e, para o sucesso da obra, teriam que ser tomadas medidas do fórum jurídico.

As areias com origem local não seriam suficientes para a implantação da obra, pelo que seriam necessárias operações de dragagem, realizadas na barra do porto de Aveiro, especialmente direccionadas para o enchimento de praias e dunas locais.

O transporte via terrestre, com areias dragadas de S. Jacinto ou de depósitos localizados nas instalações portuárias, seria muito penoso em termos de custos e impactes bastante negativos, tendo sempre em linha de conta os elevados volumes necessários para a alimentação artificial, o que tornaria a operação global bastante demorada. Esta operação está prevista no Programa Polis - Ria de Aveiro, utilizando um depósito superior a 3 milhões de m³ de areias finas depositadas num terraplano do porto de Aveiro.

Outra solução alternativa, com diversos condicionalismos, passaria pela transposição artificial da barra. É uma alternativa pensada desde 1967. Se tal se viesse a concretizar, uma das soluções passaria por implementar uma estação de bombagem móvel, no quebramar Norte e pela repulsão através de *boosters*, por conduta enterrada para diversos locais na Costa Nova. A outra solução passaria por utilizar escavadores do tipo *dragline* no quebramar Norte, sendo que o transporte para Sul seria efectuado por operações de bombagem (Veloso Gomes, 1992). Muito provavelmente será mais viável dragar areias nas zonas submersas de S. Jacinto e transportá-las para Sul.

3.5.2. MATOSINHOS

3.5.2.1. Enquadramento



Figura 3.18. – Localização da área em estudo

Constitui um facto que, após o início da construção do Porto de Leixões, em 1882, se começou a verificar um progressivo défice sedimentar nas suas imediações. Devido ao esgotamento da capacidade de acumulação sedimentar da Praia de Leça a Norte, as areias ultrapassam o quebramar exterior do Porto, chegando à zona adjacente do seu trecho terminal, chegando, por sua vez, à bacia do Posto “A”, contornando a extremidade do quebramar mas também por percolação através da própria infra-estrutura deste. Tal assoreamento obriga a dragagens de manutenção de cerca de 250 000m³ anualmente. Até antes de se proceder a estudos, realizados por parte da APDL/FEUP (Administração dos Portos do Douro e Leixões/Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto), todas as areias, eram lançadas, sem critério, ao largo da costa, a cerca de 2,5 milhas (Dias, B; Coutinho, A., 1998). Posteriormente, começaram a servir para alimentar as praias adjacentes ao Castelo do Queijo, caso estivessem dentro dos parâmetros obrigatórios na legislação em vigor – *Portaria n.º 1450/2007 de 12 de Novembro de 2007*.

O método de alimentação artificial adoptado pela APDL foi o da deposição na zona submersa contígua à praia, entre Março de 1993 e Dezembro do ano seguinte, sendo que o volume total depositado foi de 680 000 m³, exclusivamente na zona a norte do Castelo do Queijo (Oliveira, M.O. *et al.*, 1999). Segundo a planta de evolução morfológica, entre 21 de Outubro de 1993 e 8 de Setembro de 1994, o balanço erosão-acreção conduz a um saldo de + 460 000 m³, o que indicia que, praticamente, não há zonas em erosão. A colina da zona de depósito atingiu uma altura de 6 m (Oliveira, M.O. *et al.*, 1999).

3.5.2.2. Caracterização da circulação aluvionar

Foi realizado um programa constituído por três métodos distintos, entre Março de 1993 e Dezembro de 1994, com a finalidade de caracterizar a circulação aluvionar – HP/IHRH (1995):

- *Morfológico*, que estabelece comparações de levantamentos topo-hidrográficos consecutivos da zona afectada pela alimentação artificial de areias, com vista à avaliação de movimentos dos depósitos aluvionares;
- *Granulométrico*, que consiste na recolha e na análise granulométrica de amostras de areias dragadas e depositadas, com vista à detecção da estabilização do processo de alimentação artificial;

- *Areias marcadas*, que se baseia na marcação das areias depositadas com luminóforos de diferentes cores, conforme o local de lançamento.

Este último método não foi executado pelos custos envolvidos na operação e pela incerteza quanto à credibilidade dos resultados.

3.5.2.3. Alimentação artificial – Volumes envolvidos

Quadro 3.6. – Volumes das areias dragadas e locais de depósito, 1993-99 (Oliveira, M.O. *et al.*, 1999)

Ano	Volume dragado (m ³)	Volume colocado Zona submersa (m ³)	Volume colocado na praia (m ³)	Volume colocado a 2 milhas rumo W (m ³)
1993-95	1 890 574	1 030 794	69 235	790 545
1996	353 978	303 207	---	50 771
1997	276 501	184 287	---	92 214
1998	348 702	87 510	111 738	149 454
1999	243 449	32 015	80 800	130 634
Período 93-99	3 113 204	1 637 813	261 773	1 213 618
(Médias Anuais)	444 743	233 973	37 396	173 374

A APDL, em 1998 e 1999, decidiu alimentar a praia Internacional por deposição directa na sua zona emersa, aplicando, no total, 200 000 m³. Foi usada a técnica draga de porão que, em cada ciclo operativo, fazia a acoplagem a uma tubagem de repulsão assente no fundo. Com início numa bóia instalada em profundidades adequadas às características da draga, a tubagem atravessou a zona de rebentação e seguiu depois paralelamente à costa para distribuição longitudinal do material repulsado (Oliveira, M.O. *et al.*, 1999).

Foi possível verificar que, com a alimentação artificial da praia entre o Castelo do Queijo e a Circunvalação, a erosão e conseqüente desaparecimento desta praia, registada após o reforço e o alteamento do molhe exterior, foi “beneficiar” a praia de Matosinhos, isto é, a areia foi sendo transportada para norte. Portanto, qualquer tentativa de reconstrução daquela praia sem obras de retenção da areia de enchimento está condenada ao fracasso, visto que as causas que fizeram com que a praia natural desaparecesse são as mesmas que explicam o emagrecimento da praia artificial. Tal indicia que o mesmo terá sucedido com a alimentação, entre 1993 e 1994, ou seja, a areia migrou para a praia de Matosinhos, a Norte.

Nos anos seguintes, não foram realizadas novas alimentações artificiais, visto a praia de Matosinhos ter uma grande extensão e, caso se alimentasse, de novo, a praia Internacional, seria de esperar a migração das areias para norte, o que poderia levar a problemas de assoreamento no porto de Leixões.

3.5.2.4. Considerações

São vários os impactes positivos quando analisado o caso “Matosinhos”. Desde já a nível visual, o impacte paisagístico sobre o trecho litoral sofreu melhorias significativas, sendo que o enrocamento existente é recarregado periodicamente deixou de ser necessário. As praias, quase inexistentes, passaram a ter areais de grande extensão (cerca de 500 m), face à registada até então, servindo, em simultâneo, para a protecção natural da costa.

Contudo, os impactes negativos também estão presentes ao nível da possível alteração dos biótopos na zona de alimentação, na implicação com as saídas de drenagem de águas contaminadas e do possível assoreamento da embocadura do Porto de Leixões (Dias, B; Coutinho, A., 1998).

Foi possível verificar, segundo Dias, B; Coutinho, A. (1998), que:

- o assoreamento da bacia do Posto “A” se faz maioritariamente por percolação das areias através do molhe exterior e não pelo contornamento da sua cabeça (as areias que a ultrapassam tendem a acumular-se numa restinga submersa), como é normal em situações análogas;
- houve uma acreção da praia de Matosinhos – Castelo do Queijo;
- a movimentação do material em perfil transversal para menores profundidades é lenta, o que implica a repulsão das areias para a faixa emersa, caso se pretenda, a curto prazo, verificar o crescimento das praias.



Figura 3.19. – Alimentação da zona emersa, por repulsão, na praia Internacional (Oliveira, M.O. *et al.*, 1999)



Figura 3.20. – Situação, da praia Internacional, em Matosinhos, após enchimento (Oliveira, M.O. *et al.*, 1999)

4

DESTINO FINAL DE SEDIMENTOS CONTAMINADOS

4.1. PROCEDIMENTO QUANTO À TOMADA DE DECISÃO

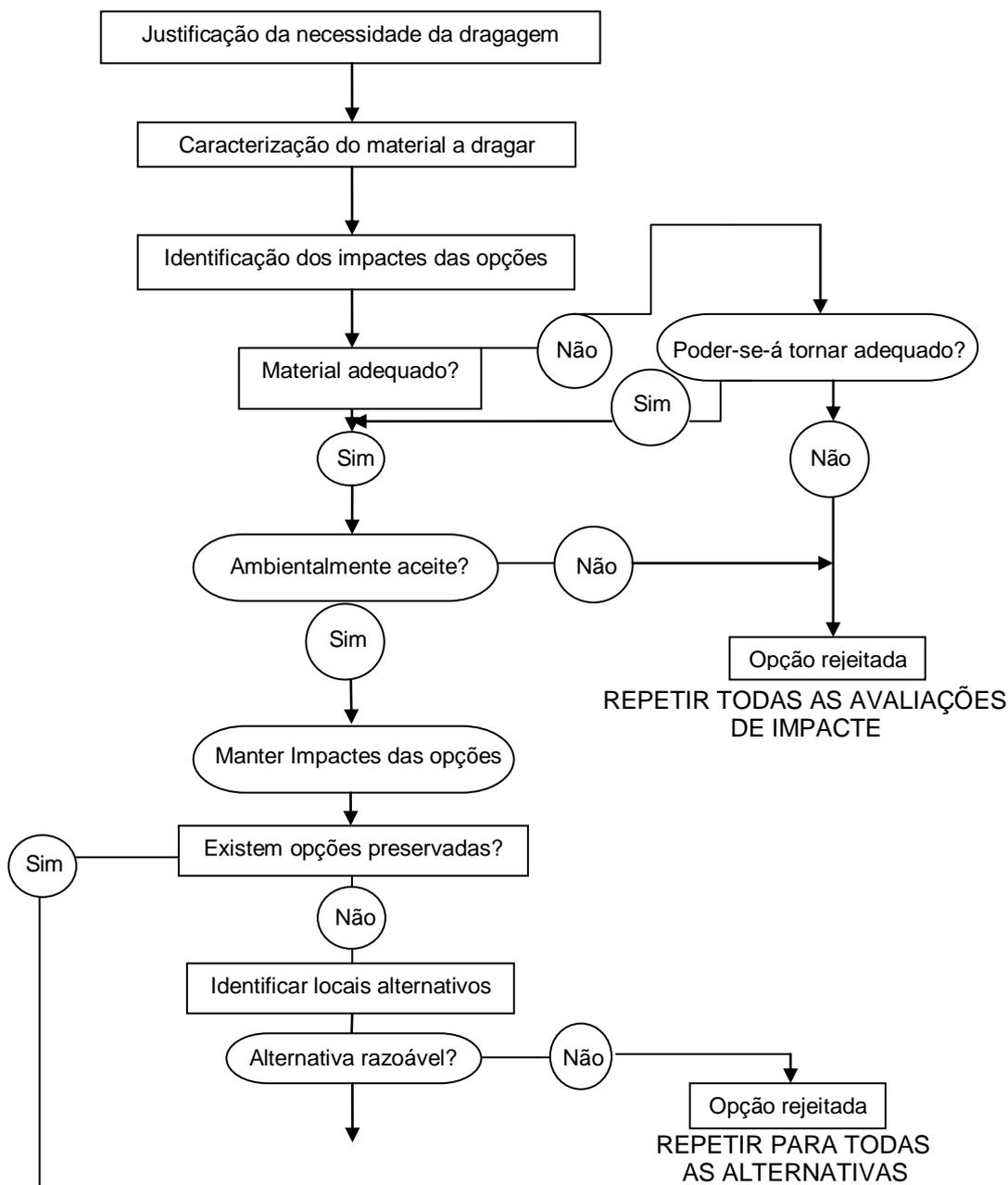
4.1.1. PRINCIPAIS PASSOS

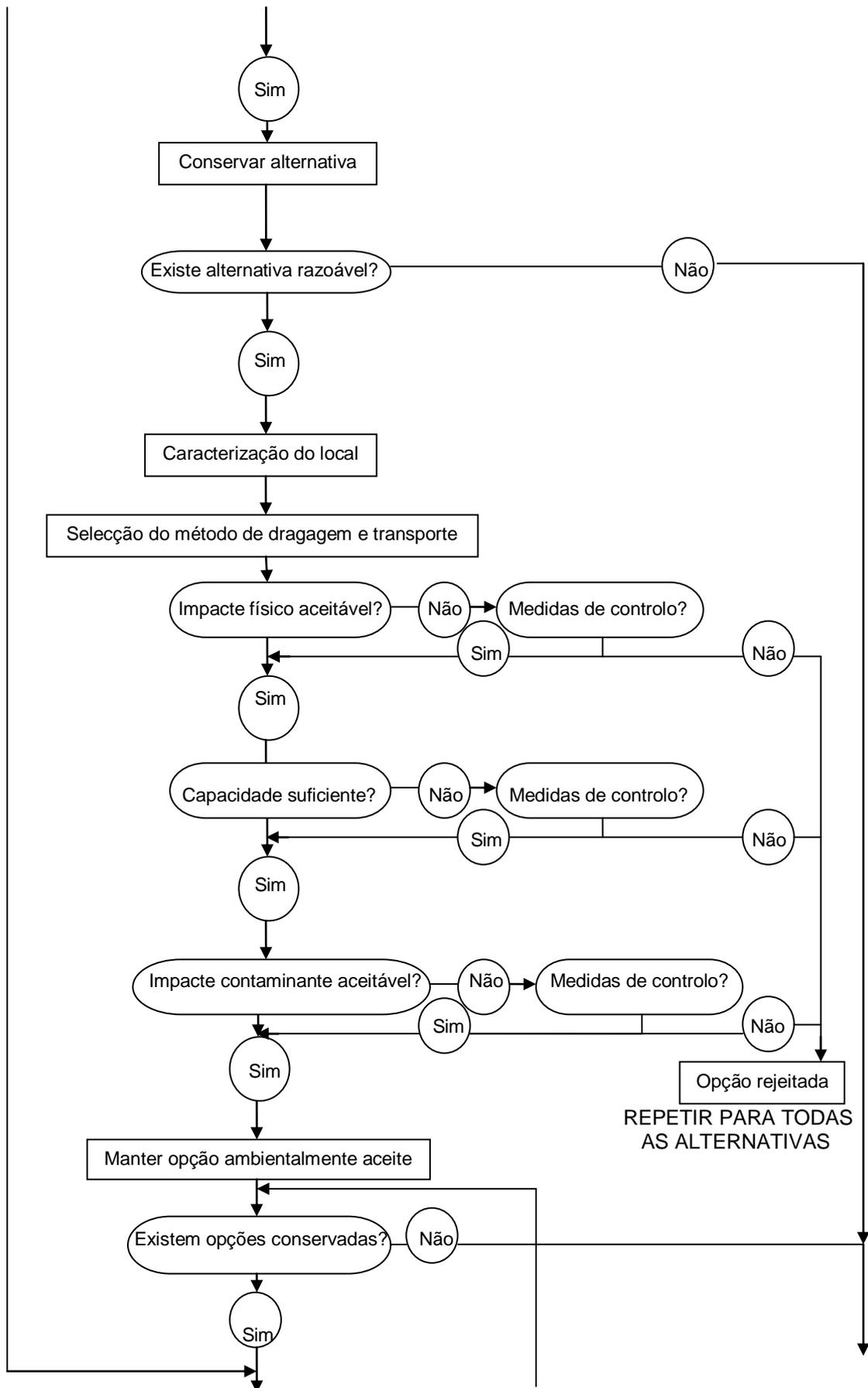
A existência de um quadro de gestão do material dragado nacional e internacional tem como principal objectivo assegurar que as alternativas são avaliadas em termos de aceitabilidade ambiental e viabilidade técnica e sócio-económica. O processo de tomada de decisão é realizado para qualquer tipo de material dragado, independentemente do grau de contaminação. Várias análises, tais como as que serão estudadas na segunda parte da tese, coadjuvam na tomada de decisão (IADC/CEDA, 1999).

Os principais passos numa tomada de decisão, segundo IADC/CEDA (1999), são os seguintes:

1. **Justificação da necessidade da dragagem** – a dragagem nem sempre é necessária ou obrigatória. As quantidades de sedimento a remover, por vezes, não podem ser concretizadas por necessidades imperiosas a nível da segurança;
2. **Caracterização do material dragado** – é necessária a recolha de dados físicos, biológicos e químicos do sedimento a dragar. A pormenorização poderá variar de caso para caso consoante o potencial benefício e as opções de deposição. Os contaminantes deverão, igualmente, ser identificados;
3. **Avaliação dos impactes das opções** – muitos dos países, incluindo Portugal, exigem que esta avaliação seja feita anteriormente à licença ser concedida. As actividades envolvidas no processo são a avaliação da adequação química do material e físico-engenheira, a avaliação da viabilidade operacional, a avaliação da aceitabilidade ambiental e os custos abrangidos;
4. **Triagem preliminar das alternativas potenciais de deposição** – tem o objectivo de reduzir o número de alternativas submetidas para avaliação detalhada;
5. **Avaliação detalhada das alternativas de deposição** – envolve as seguintes actividades: caracterização detalhada dos locais de deposição considerados; selecção de dragagem compatível e método de transporte para cada local potencial; avaliação dos potenciais impactes físicos directos; avaliação dos impactes dos potenciais contaminantes.
6. **Seleção da concepção final e implementação** – a selecção final é baseada no balanço de um conjunto amplo de factores específicos que poderão incluir aspectos adicionais ambientais, disponibilidade e implementação e exequibilidade, custos, segurança e aceitabilidade pública;

7. **Autorização da aplicação e do processamento** – as autorizações poderão ser publicadas e disponibilizadas para consulta pública. Caso as autorizações necessárias não estejam na sua totalidade garantidas, o critério de decisão e os requerimentos do projecto deverão ser reavaliados e parte do processo de tomada de decisão poderá ser repetido até a solução ser encontrada;
8. **Monitorização da concepção do programa** – a monitorização da situação prévia tem como principais objectivos fornecer informações para a escolha do local e o estabelecimento de uma estrutura base em termos das condições. É mais uma segurança para a garantia de licenciamento. O resultado de uma monitorização pode estabelecer a necessidade de modificar a concepção inicial e é essencial para conhecer o comportamento do sedimento e do contaminante.





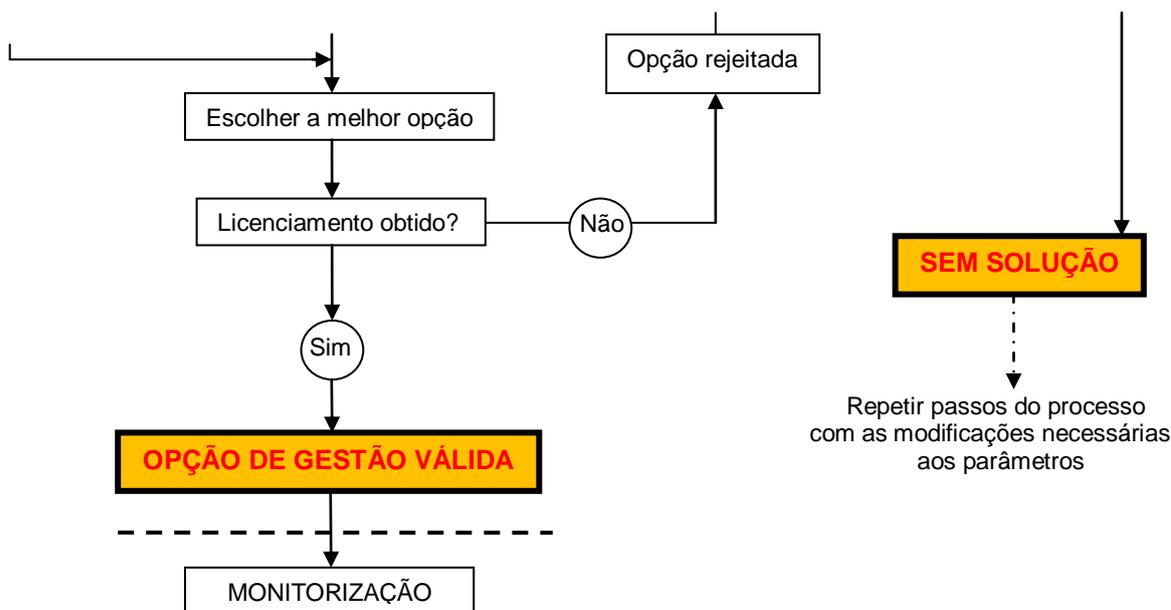


Figura 4.1. – Fluxograma de procedimentos quanto à tomada de decisão de operações de dragagem –
– adaptado de IADC/CEDA (1999)

4.2. DEPOSIÇÃO EM MASSAS DE ÁGUA

A deposição de sedimentos em massas de água poderá ser feita em lagos, rios, oceanos e estuários. Estes podem ser classificados como *dispersivos* ou *relativamente não dispersivos (retentores)*. A distinção está condicionada pelo tempo de transporte em que um sedimento abandona um determinado local ou permanece dentro de limites estabelecidos. A probabilidade do sedimento permanecer onde foi lançado depende da localização. São identificadas quatro zonas: águas profundas (superior a 200m), off-shore (entre 40 e 200m de profundidade), nearshore (entre a linha de rebentação e os 40m de profundidade) e zonas adjacentes a estuários, golfos e embocaduras.

No que concerne à deposição propriamente dita, esta poderá ser feita com sedimentos limpos ou pouco contaminados. Os sedimentos contaminados poderão também ser utilizados na operação, caso existam medidas apropriadas de controlo. Assim sendo, o material será, normalmente, depositado através de barcaças, de porões das dragas ou por projecções em jacto, tipo arco-íris, através de pipelines.

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL ONDE DEPOSITAR O MATERIAL DRAGADO

A deposição de material, em massas de água, não pode ser realizada, sem estudos prévios acerca das suas propriedades físicas (de modo a determinar a dispersão/propagação durante a operação, bem como as características da colina de deposição), químicas (para avaliar o comportamento dos contaminantes existentes) e biológicas (de forma a avaliar se há risco, e qual a sua natureza, para as espécies identificadas) do mesmo.

4.2.2. COMPORTAMENTO SUB-AQUÁTICO DO MATERIAL DRAGADO DURANTE E APÓS A DESCARGA

O comportamento físico após uma descarga de sedimentos pode ter efeitos apenas simultâneos/subsequentes à operação (primeiras horas) ou prolongados no tempo (meses ou anos). Os

processos relativos ao *curto prazo* são o fluxo convectivo descendente, as expansões radiais, as colinas de deposição e a dispersão passiva. Já os relacionados com o *médio/longo prazo* são aqueles afectos à estabilidade da colina de deposição, bem como o seu transporte e re-deposição do material erodido.

4.2.1.1. Comportamento a curto prazo

Grande parte do material, cerca de 80 a 95%, atinge o fundo marinho e forma uma colina com depósitos delgados em flanco que podem variar entre 10 a algumas centenas de metros. Caso os sedimentos contenham gás ou ar, a turbidez durante a operação será maior que o habitual. A figura 4.2. ilustra o comportamento do material consoante o método de descarga. O material projectado, via pipeline, apresenta uma tendência de dispersão maior relativamente aos outros dois métodos, não amontoando, como tal, tanto verticalmente. A deposição a partir do porão da draga (hopper dredger) é um composto de água e sólidos, sendo realizada em poucos minutos. Uma pequena porção do material poderá “fugir” radialmente da zona de impacto. Já uma deposição mecânica realizada através de uma barcaça é feita de forma mais rápida, compactando mais o material comparativamente com os dois processos anteriormente mencionados.

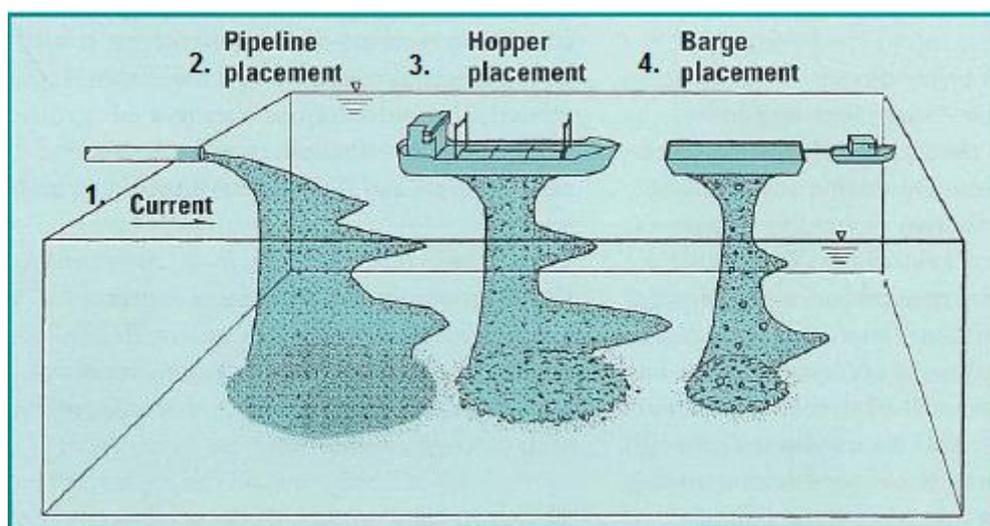


Figura 4.2. – Comportamento do material em função do método da descarga (USEPA/USACE, 1992)
Legenda: 1. – Corrente; 2. – repulsão por tubagem; 3. – descarga directa do porão da draga; 4. – descarga através de barcaças.

4.2.1.2. Comportamento a longo prazo

A consolidação – causada pelo próprio peso – e a erosão estão implicitamente ligados à estabilidade da colina. Para os sedimentos de grão fino, é comum uma redução de 50% da espessura do depósito inicial devido à compactação e consolidação do material. A re-suspensão e a erosão podem ser induzidas pelas correntes, gradientes de densidade, ondas, ventos, tráfego marítimo e tempestades. A dragagem hidráulica de sedimentos provoca um aumento da erosão potencial devido ao elevado fluxo de água.

A “bio-erosão” pode, também, ocorrer em colónias de caranguejos, de lagostas, peixe ou outro tipo de organismos que se refugiam na superfície da colina de deposição. A gaseificação pode também afectar a estabilidade da colina. Contudo, uma vez conseguido o equilíbrio, o depósito torna-se compactado,

suavizado e “blindado”, estando apenas sujeito a processos erosivos durante tempestades severas (IADC/CEDA, 1999).

4.2.3. AVALIAÇÃO DO IMPACTE DOS CONTAMINANTES

O material perigoso, oriundo da dragagem, apresenta um elevado potencial para ficar imediatamente, ou não, disponível para ser absorvido pelos organismos marinhos aquando do processo de descarga em mar aberto. A (inevitável) exposição tanto da flora como da fauna aos constituintes perigosos acontece através da dispersão da coluna descendente de sedimentos durante a deposição e da pluma de sedimentos suspensos durante e imediatamente após a deposição (IADC/CEDA, 1999).

A avaliação do material dragado, em termos do impacte no bentos, pode envolver ensaios bentónicos e de bio-acumulação. Se tais testes demonstrarem que os impactes excederem os níveis aceitáveis, o nivelamento, de forma a promover o isolamento físico do material dragado da colina do ambiente bentónico, deverá ser considerado.

O transporte de sedimentos depositados e contaminados nas águas sobrejacentes deve ser levado em linha de conta. Os processos transporte advectivo e difusão molecular assumem especial relevo no processo, ambos de natureza mais duradoura. Devido a este facto, a avaliação do fluxo de contaminantes deverá ser baseada em modelos. O impacte resultante na qualidade de água sobrejacente pode ser comparado com os critérios de qualidade de água da mesma forma que coluna de contaminantes presentes na água lançada durante o processo supra descrito (IADC/CEDA, 1999).

4.3. DEPOSIÇÃO CONFINADA

O objectivo principal deste tipo de deposição passa pela retenção e controlo dos sólidos dragados e pela permissão da descarga de água da área contaminada. O isolamento da área, quando presente um certo volume de dragados contaminados, é essencial, de modo a que a contaminação não se espalhe à área vizinha. As instalações de deposição confinada podem ser construídas imersa ou emersamente, podendo ser edificadas no mar, próximas à costa ou em terra. É grande a dificuldade em encontrar áreas aptas à deposição confinada, especialmente, em áreas costeiras, sendo que se os volumes contaminados dragados forem relevantes, a dificuldade tornar-se-á maior. Podem, ainda, ser utilizadas durante anos, até a sua capacidade total de enchimento ser atingida. Não se pretendem obter, a partir destas instalações, tratamentos aos contaminantes. As técnicas mais usuais para depositar o material a confinar são as hidráulicas (sendo que as mecânicas também são possíveis mas ocorrem com menor frequência), tais como, o pipeline, bombagem de uma draga com porão, ou por descarga através de barcaças. A concepção das instalações deverá ser levada em linha de conta de modo a estudar a periodicidade das operações; uma instalação junto à costa usada continuamente poderá não ser benéfica em termos ecológicos, sendo que uma análise quanto ao benefício do objectivo deverá ser realizada (IADC/CEDA, 1999). A figura 4.3. ilustra as várias opções da deposição confinada, em instalações terrestres ou marinhas.

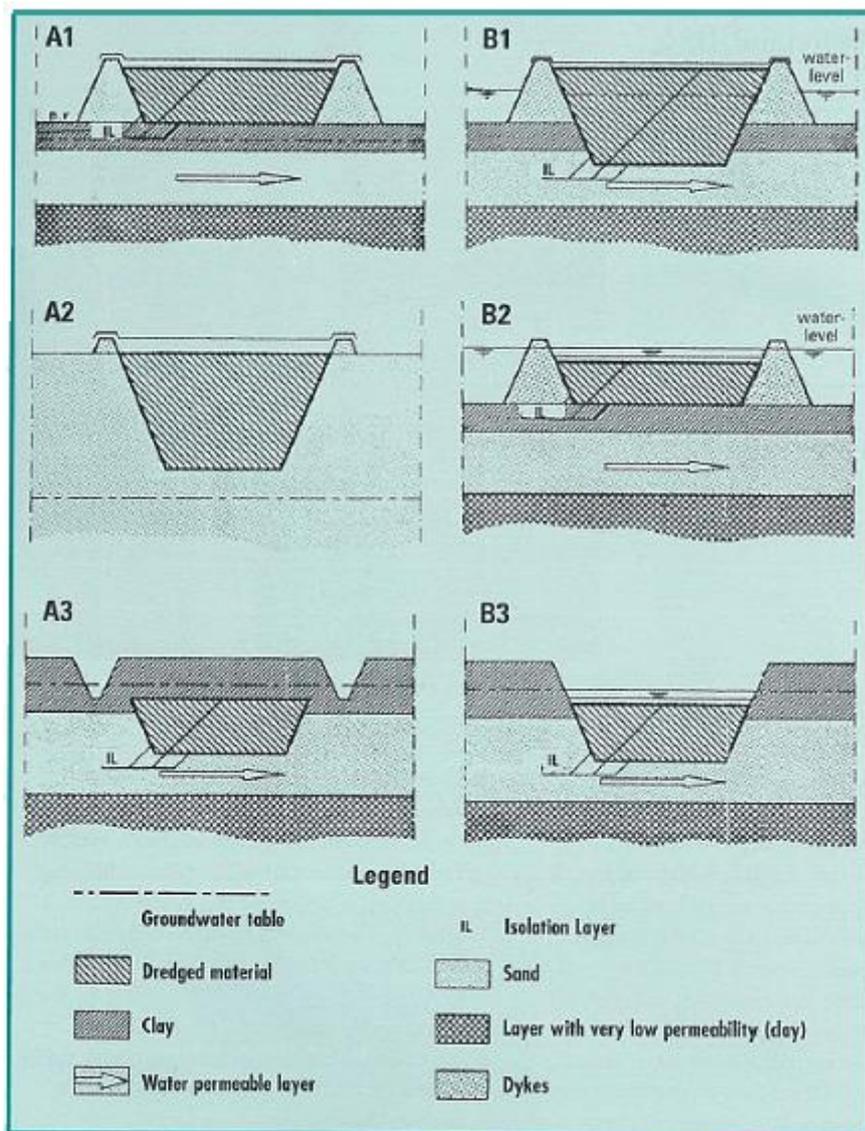


Figura 4.3. – Opções de deposição confinada: A – Instalações terrestres, variantes A1 e A2 estão totalmente acima do nível da água, ao contrário de A3; B – instalações em meio marinho, B1 e B2 são depósitos isolados e B3 corresponde à deposição numa depressão ou fosso (Rijkswaterstaat, 1992)

Contudo, os contaminantes podem abandonar a área confinada através dos seguintes mecanismos:

- Descarga efluente para a superfície de água durante o enchimento e subsequente desidratação;
- Escoamento superficial das águas pluviais;
- Emissões voláteis e gasosas para a atmosfera;
- Absorção directa por parte dos animais e das plantas.

4.3.1. COMPORTAMENTO DO MATERIAL DRAGADO EM LOCAL DE CONFINAMENTO

4.3.1.1. Comportamento físico

O material dragado é colocado nas instalações em forma de lama e, posteriormente, a fracção grosseira irá acumular-se junto da boca de entrada formando um aglomerado – figura 4.4. Já a matéria mais fina irá percorrer a “bacia” até à zona do efluente, acabando por sair. Analisando as taxas de fluxo de

entrada e saída, estas serão equivalentes para instalações de operação contínua. A superfície poderá começar a secar, caso não sejam tomadas medidas contrárias a esse efeito. Depois disso, o material irá começar a secar verticalmente. É de prevenir possíveis fracturas na superfície de modo a evitar vegetação, assim como a acumulação de sais nos seus bordos.

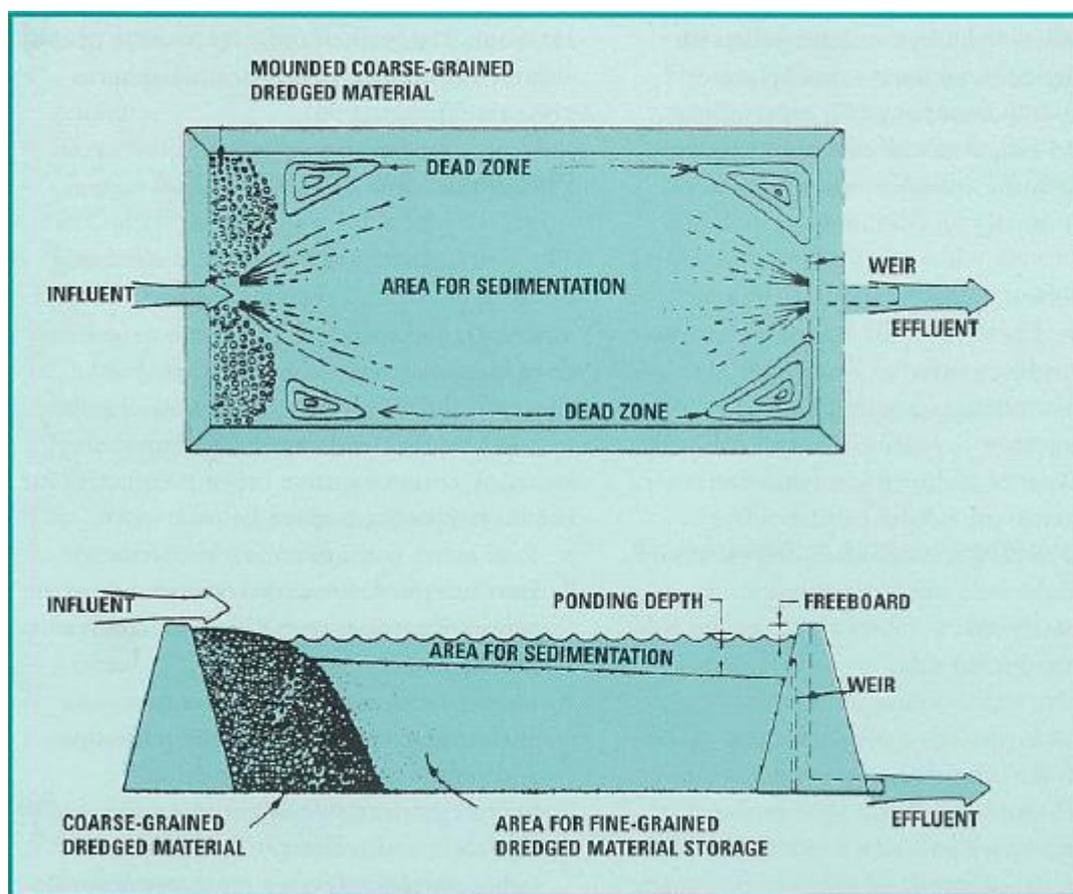


Figura 4.4. – Instalação de deposição confinada (USACE, 1987)

4.3.1.2. Comportamento físico-químico e bio-químico

Após a secagem do material dragado, a superfície fica exposta à atmosfera, dando início a processos de oxidação. A água lamacenta, inicialmente com um aspecto escuro, vai alterando para cinza claro e o castanho amarelado. A oxidação e a diminuição do pH poderão ter um grande impacto na mobilidade do contaminante. Caso o sedimento seja rico em enxofre, matéria orgânica e/ou pirite e pobre em carbonatos, a oxidação poderá resultar na formação de elevadas condições de acidificação. Em ambientes aquáticos, muitos dos contaminantes permanecem imobilizados quimicamente.

4.3.2. OPÇÕES DE ISOLAMENTO

A *escolha de locais* com baixa permeabilidade, que actuam como barreiras naturais ou com condições geohidrológicas favoráveis, poderá diminuir ou, até mesmo, eliminar a necessidade de mais medidas de isolamento. A construção e os custos associados à construção são reduzidos. O *revestimento* previne a lixiviação dos contaminantes e poderão ser usadas barreiras naturais ou artificiais. As

primeiras possuem grande capacidade de adsorção para muitos dos contaminantes, sendo financeira e tecnicamente atractivas. As últimas incluem massas de cimento e betuminosas, bentonite e membranas sintéticas e betuminosas. A variação das membranas betuminosas não é apenas química e física mas também ao nível de custos e da compatibilidade química com as águas contaminadas. A opção de instalar barreiras depende do tipo de subsolo, do nível das águas subterrâneas, da permeabilidade exigida e das resistências mecânica e física. O *revestimento/cobertura* é outra das opções de isolamento e consiste no revestimento da superfície do material consolidado com a camada de baixa permeabilidade limpa. O *isolamento geohidrológico* é o controlo das condições de fluxo natural das águas subterrâneas (IADC/CEDA, 1999).

4.4. TRATAMENTO

São várias as tecnologias utilizadas a fim de tratar a contaminação dos sedimentos, sendo que não existe uma única que trate a questão isoladamente. Os tratamentos podem ser classificados como: de pré-tratamento, físico-químicos, biológicos, térmicos, electrocinéticos e de imobilização. Algumas das técnicas requerem um manuseamento extremamente cuidadoso devido aos elevados graus de concentração presentes.

4.4.1. MÉTODOS DE PRÉ-TRATAMENTO

O pré-tratamento apresenta como função reduzir o volume dos mecanismos de desenvolvimento de limpeza que requeiram mais tratamentos ou deposição especial. Quando a proporção de material grosseiro for pequena, o valor será pouco significativo, senão mesmo nulo. A separação é um processo mecânico. A utilização de peneiros poderá também ser necessária, antes da separação, a fim de remover os sedimentos de grão grosseiro (IADC/CEDA, 1999).

4.4.1.1. Bacias de separação

A separação do material grosseiro do material fino é feita com rubor por jactos de água ou por correntes longitudinais.

4.4.1.2. Hidrociclones

A sua principal utilização é feita para separar diferentes densidades ou materiais pesados dentro de uma mistura lamacenta, através da força centrífuga e requer um baixo consumo de energia. Esta mistura é introduzida, sob pressão, na câmara de alimentação. A entrada tangencial faz com que a “pasta” se movimente a uma velocidade angular elevada, forçando as partículas grosseiras e mais pesadas a deslocarem-se para os flancos em direcção ao fundo com o aumento da velocidade para o fundo de secção cónica. O fluxo do ciclone gera um vórtex de baixa pressão, localizado no centro, fazendo com que as partículas de grão fino e a água subam até à saída, situada no topo (apex).

4.4.1.3. Flutuação

A flutuação é um método de separação de misturas, normalmente, óleos e sulfuretos. Através da mistura, fazem-se passar bolhas de ar, fazendo com que as partículas sólidas que se pretendem

recolher se liguem ao ar, deslocando-se para a superfície, onde se acumulam sob a forma de espuma e, assim, se separando a componente sólida da líquida.

4.4.1.4. Desidratação

Este é um método posterior ao tratamento de forma a melhorar a textura do material, facilitando o seu manuseamento, o que implica a sua redução de custos. O trabalho principal pode-se dar com sedimentos de granulometria fina, siltes e argilas. Podem ser utilizados agentes de espessamento. Por vezes, a própria água poderá estar contaminada o que irá exigir um tratamento ou manuseamento com especial atenção.

4.4.1.5. Separação magnética

São utilizados ímanes de forma a remover o material magnético dos solos contaminados proveniente das operações de remediação, podendo ser aplicados a alguns materiais dragados.

4.4.2. MÉTODO DE TRATAMENTO – FÍSICO-QUÍMICO

4.4.2.1. Técnicas de extracção

As técnicas de extracção utilizam, maioritariamente, solventes. Estes, não eliminam os contaminantes mas concentram-nos, diminuindo a área volúmica ocupada, transferindo-os para uma fase aquosa. A *extracção com ácidos* é aplicável a metais pesados, excepto ao cádmio. O arejamento provoca um aumento de custos mas reduz a matéria orgânica. A *extracção por complexação* utiliza químicos orgânicos que irão formar complexos com metais e que, por sua vez, irá extraí-los a partir da matriz do sedimento e colocá-los em solução. A *extracção por solventes* envolve a remoção dos contaminantes orgânicos de modo a formar uma matriz sólida ou líquida utilizando solventes adequados. A *extracção supercrítica* é uma tecnologia ainda pouco utilizada para materiais dragados (IADC/CEDA, 1999).

4.4.2.2. Técnicas de imobilização

O material é tratado de modo a que os contaminantes se fixem à matéria orgânica e se tornem imóveis. O facto de os contaminantes não serem destruídos implica um risco prolongado no tempo (IADC/CEDA, 1999).

4.4.2.3. Oxidação do ar húmido

Esta é uma técnica bastante utilizada no tratamento de resíduos de águas municipais e lamas de depuração. Requer elevadas pressões e temperaturas, o que tem implicações no custo final.

4.4.2.4. Decomposição da base catalisada

É uma técnica que destrói PCB's (bifenilos policlorados), hidrocarbonetos clorados, pesticidas cloretados e dioxinas.

4.4.2.5. Permuta iónica

A aplicação necessita de ser selectiva para determinados metais. É possível que ajustes de pH tenham de ser realizados.

4.4.3. MÉTODO DE TRATAMENTO – BIOLÓGICO

O tratamento biológico é um processo demoroso que exige um controlo ambiental contínuo para sedimentos altamente contaminados. Os microrganismos podem ser aplicados *ex-situ* por terrenos agrícolas ou utilizando um bio-reactor. A sua eficácia está dependente da temperatura, da humidade e dos nutrientes. Os metais tóxicos e substâncias não são afectados, visto serem recalcitrantes. Se forem presentes a elevadas concentrações, poderão causar a destruição da população microbiana. A utilização de oxigénio é exigida na aplicação de sedimentos (IADC/CEDA, 1999).

4.4.4. MÉTODO DE TRATAMENTO – TÉRMICO

Este tipo de tratamento promove a eliminação, imobilização ou destruição de certos contaminantes. Tal operação implica a secagem e desidratação primária do sedimento.

4.4.4.1. Dessorção térmica

O aquecimento é aplicado de forma a volatilizar e remover contaminantes orgânicos. A destruição de contaminantes não é aplicável a este método.

4.4.4.2. Incineração

A incineração em fornos de rotação está testada tecnologicamente. É um processo de elevado custo e não elimina metais pesados. Consoante o tipo de contaminante, as condições da operação poderão variar. De modo a remover PCB's e dioxinas, a incineração deve dar-se a 1200°C e a elevada pressão. Os gases libertados poderão exigir uma segunda combustão e lavagem de modo a evitar a poluição do ar.

4.4.4.3. Imobilização termal

A variedade de produtos usados pode ser obtida pelo controlo da taxa de arrefecimento. Será necessário o tratamento dos gases de combustão tal como na incineração. Os obstáculos à utilização deste método em grande escala poderão ser relativos aos elevados custos inerentes, bem como à resistência ao consumo dos materiais contaminados.

4.4.5. MÉTODO DE TRATAMENTO – ELECTROCINÉTICO

São quatro os mecanismos para o transporte iónico: advecção electro-osmótica, advecção sob diferentes potenciais hidráulicos, difusão devido aos gradientes de concentração e migração iónica como consequência do gradiente eléctrico. O método tem potencial atractivo para ser utilizado no próprio local de modo a remover os metais pesados, evitando assim a necessidade para um tratamento

especial e de confinamento. É, contudo, uma técnica pouco experimentada em sedimentos dos rios e estuários.

4.5. CLASSIFICAÇÃO DA DRAGAGEM E PROJECTOS PARA ATERRO

As dragagens e os projectos para construção de aterros são classificados consoante o objectivo pretendido. Os diferentes tipos de projectos estão listados na tabela 4.1., segundo a divisão em: dragagem de primeiro-estabelecimento, dragagem de manutenção e dragagem de remediação. São apresentados alguns exemplos, maioritariamente, nacionais.

Quadro 4.1. – Classificação da Dragagem e Projectos para Aterro (adaptado de IADC/CEDA, 2000)

Projecto	Finalidade	(Potenciais) Casos de Estudo
Dragagem de Primeiro-Estabelecimento	Envolve a criação de novas infra-estruturas com outras características	Aprofundamento das docas do porto de Leixões para cotas a -12 m
Canais de Navegação	Aumentar a profundidade em canais de navegação e em portos	Aprofundamento do canal de acesso ao porto de Aveiro
Dragagem para Aterros	Material escavado e recolocado no território aquático. Construção de aterros com objectivos industriais, residenciais e recreativos	Terraplenos do porto e cidade de Viana do Castelo, Jardim Cantareira/Sobreiras na Foz do Douro, terraplenos do porto de Aveiro, parte da zona Expo, em Lisboa, terraplenos no porto de Setúbal
Dragagem para Projectos de Grandes Infra-estruturas	Projectos complexos integrando, muitas das vezes, projectos singulares	Aeroporto de Macau (território ainda sob administração portuguesa – até 1999)
Exploração de Sedimentos ao Largo	Exploração de recursos minerais ou utilização de material de construção em aterros	Vários estudos em curso
Dragagem de Manutenção	Remoção de sedimentos de canais e bacias com a finalidade de manter a profundidade projectada	Vila Praia de Âncora, Porto de Viana do Castelo, Póvoa de Varzim, Leixões, Aveiro, Lisboa, Figueira da Foz, Setúbal, Portimão
Dragagem de Remediação (Saneamento/Conservação)	Remoção cuidadosa de sedimentos contaminados e/ou indesejados - maioritariamente ligados a outro tratamento, reutilização ou recolocação do sedimento	Situações em estudo: Barrinha de Esmoriz, ria de Aveiro Lagoa de Óbidos, Lagoa de Albufeira

4.5.1. POSSÍVEIS EFEITOS DAS DRAGAGENS E DE PROJECTOS PARA ATERRO

Várias são as consequências, positivas ou negativas, directas ou indirectas, das dragagens e aterros, não apenas no próprio local mas, também, como no ambiente envolvente. A decisão de realizar a obra está dependente de um estudo sobre o interesse económico e social, fazendo um balanço entre os benefícios para a mesma e os custos para a construção e manutenção da obra. Os tipos de efeitos estão relacionados com as possíveis alterações nas condições físico-químicas, bio-ecológicas, sócio-culturais, económicas e operacionais. No quadro 4.2. estão inscritos alguns exemplos sobre possíveis efeitos com a realização de tais obras. Efeitos esses que poderão ter prazos diferentes, sendo que a sedimentação e a turbidez são aspectos temporários, porém inevitáveis. Os efeitos podem ser divididos em dois grandes grupos; um relacionado com a componente *ambiental* e um segundo vocacionado para a *sociedade*. Ambos estão interligados e os subconjuntos podem interferir entre si.

Quadro 4.2. – Classificação dos diversos efeitos relacionados com aterros e dragagens (adaptado de IADC/CEDA, 2000)

	POSSÍVEIS EFEITOS	EXEMPLOS
AMBIENTE	Físico	Ondas, correntes, níveis da água, turbidez, sedimentação, morfologia costeira, geologia
	Ecológico	vegetação, peixes, mexilhões, corais, pássaros, mamíferos marinhos
SOCIEDADE	Económico	Infra-estruturas, indústria, pesca, turismo, agricultura
	Político e Social	Consciencialização ambiental, sensibilização, mudanças nas oportunidades laborais

Os possíveis *efeitos físicos* de projectos de dragagem e dragagens para aterros estão relacionados e encadeados em que o “epicentro” é a *batimetria*. Os efeitos causados pela alteração da batimetria dependem de vários factores: da existência de levantamentos batimétricos, da forma e posição da área dragada ou preenchida relativamente à direcção da corrente e da onda, das condições hidrográficas (ondas, correntes, marés) com pouca ou elevada energia e ainda do regime sedimentar (silte, areia, rocha), do transporte de sedimentos e da taxa de sedimentação (IADC/CEDA, 2000).

No que concerne ao *ecossistema*, os efeitos produzidos pelas operações de dragagem e de construção de aterros podem ser divididos em *efeitos directos* causados pelas actividades de construção (remoção ou “enterro” do habitat e turbidez que afecta especialmente os corais devido à sua vulnerabilidade) ou *efeitos indirectos* motivados pelo lançamento de substâncias químicas a partir de sedimentos dragados ou depositados (efeito ecológico mais austero caso o nível de contaminação seja severamente prejudicial à saúde humana e/ou aos organismos aquáticos) e pelas mudanças não só no regime hidrográfico mas, também, relacionadas com transformações marinhas (IADC/CEDA, 2000).

Os *efeitos económicos* de projectos de dragagem e relativos à construção de aterros podem ser *tangíveis* ou *intangíveis*. Os primeiros são aqueles facilmente quantificáveis. Estes incluem os portos, canais, navios, propriedades e maquinaria que beneficia dos projectos em causa. Em oposição estão os efeitos não quantificáveis (intangíveis) tais como o turismo, a conservação natural ou a estimulação do negócio local e o aumento da área comercial para um porto ou cidade. O que poderá ser um efeito positivo para um porto ou cidade poderá não ser para uma outra cidade ou porto. Portanto, a

consequência benéfica nem sempre está presente em todos os casos. No entanto, a competitividade interna entre portos, normalmente, está relacionada com a competitividade a nível internacional do país (IADC/CEDA, 2000).

Finalmente, os efeitos *sócio-políticos* são influenciados pela economia e pela situação política. Uma operação que vá dinamizar a economia de uma região em detrimento de uma outra irá encontrar oposições e resistências políticas a partir da área negligenciada. Uma eventual decisão, de modo a proceder à possível realização do projecto, deverá ser tomada a nível nacional ou, eventualmente, a nível internacional, com o objectivo de avaliar os benefícios sob uma análise de desenvolvimento global (IADC/CEDA, 2000).

A duração de efeitos específicos, quer positivos, quer negativos, dependem bastante do tipo de ambiente – figura 4.5. As variações horizontais variam consideravelmente dependendo do projecto, do ambiente físico e biológico local e das situações económicas e políticas – figura 4.6. De referir que o grau dos efeitos será normalmente proporcional com a quantidade de energia disponível no sistema.

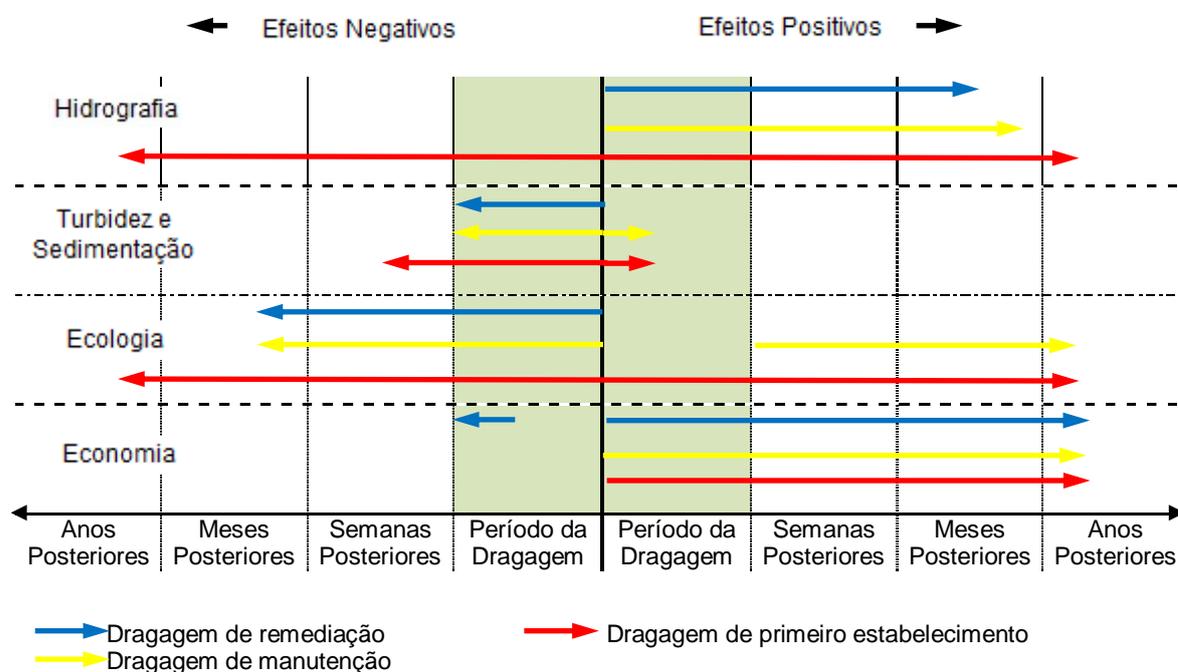


Figura 4.5. – Escala temporal dos possíveis efeitos, das dragagens e aterros (IADC/CEDA (2000))

Por exemplo, analisando o factor económico, da figura 4.5., verifica-se que qualquer que seja o tipo de dragagem, a longevidade relativa aos efeitos positivos será efectiva. Apenas a dragagem de remediação é que, possivelmente, poderá ter ligeiros efeitos negativos mas, apenas, durante a execução da obra devido ao facto desta ser uma obra emergente e de correcção.

A turbidez e a sedimentação são os factores que irão sofrer maiores efeitos negativos, contudo, apenas por um período escasso de tempo, maioritariamente, durante a execução da dragagem. Os efeitos positivos são bastante inferiores e apenas são relativos às dragagens de manutenção e à de primeiro estabelecimento. O aumento da secção transversal reduz a velocidade da corrente no local da área dragada, porém, normalmente, aumenta a capacidade de fluxo dessa mesma área. O aumento da profundidade reduz o impacto das ondas na área dragada comparativamente com a situação anterior. A ecologia, estando directamente ligada aos factores mencionados no parágrafo, sofre pelo seu

prolongamento no tempo, no que concerne aos efeitos negativos. Estes são mais expansivos relativamente à turbidez e à sedimentação visto que os ecossistemas poderão ser perturbados ou até mesmo modificados, por vezes, com as operações de dragagem, principalmente com a realização da primeira dragagem, a de primeiro estabelecimento.

Os efeitos relativos à hidrografia (ondas, fluxos, velocidade das correntes, salinidade) são, maioritariamente, positivos, excepção feita à dragagem de primeiro estabelecimento em que ocorre uma relação directa entre os efeitos, isto é, os efeitos negativos serão da mesma ordem de grandeza relativamente aos efeitos positivos. Os serviços hidrográficos portuários poderão ter vários objectivos. Por exemplo, o porto de Lisboa e de Leixões possuem serviços vocacionados para a produção de levantamentos, controlo da manutenção de fundos em áreas portuárias (dragagens), monitorização de erosão costeira ou de enchimentos artificiais e gestão da zona costeira.

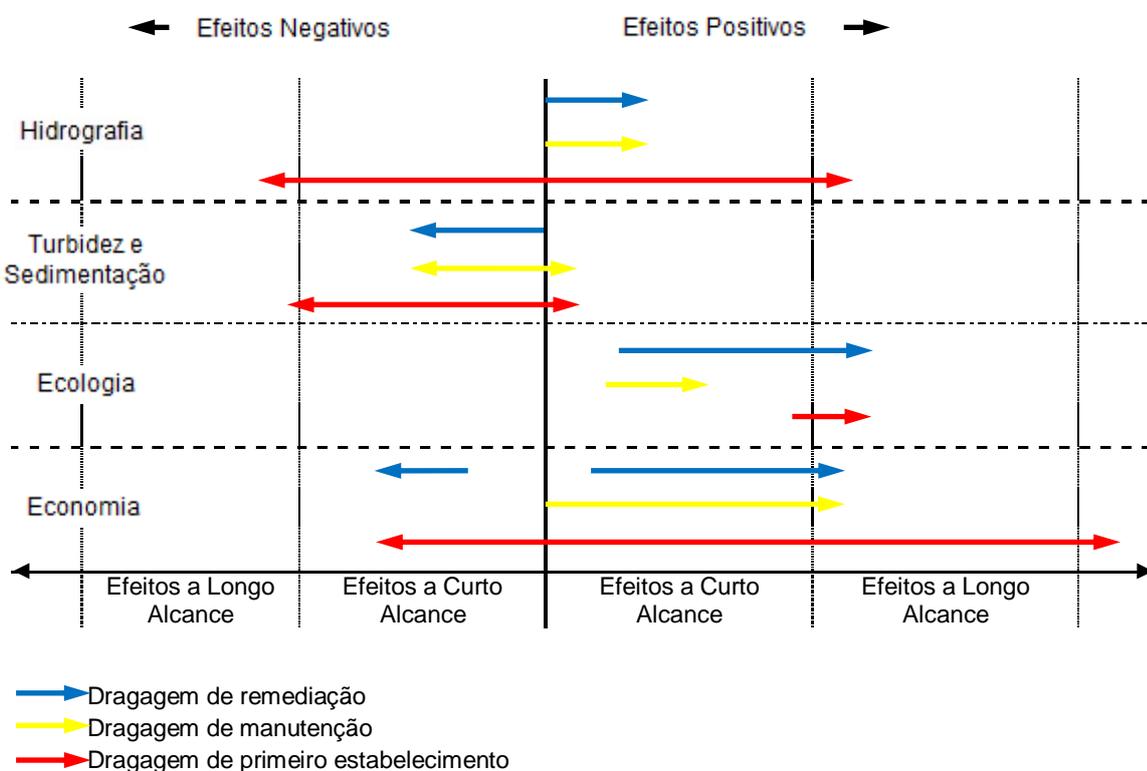


Figura 4.6. – Taxas horizontais dos possíveis efeitos, positivos e negativos, das dragagens e aterros (IADC/CEDA, 2000)

Da leitura da figura 4.6., é possível verificar que, relativamente aos efeitos provocados, directa ou indirectamente, no ambiente, eles são, em grande parte, positivos. O efeito que poderá ser mais negativo tem a ver com a dragagem de primeiro estabelecimento em termos hidrográficos. Esta dragagem, habitualmente a mais “dolorosa” por ser a primeira e a que irá desmobilizar um “terreno” apresenta repercussões positivas em todos os efeitos atingidos, sendo que na hidrografia, na ecologia e na economia os efeitos serão atingidos a longo alcance.

O factor económico é aquele que apresenta maiores vantagens, visto que a realização de uma dragagem irá ter efeitos bastante positivos não só no próprio local da obra, e para o seu principal objectivo da sua realização, mas, também, em zonas mais afastadas. Isto é, a realização de uma

dragagem terá implicações económicas indirectas, maioritariamente, positivas, tanto a curto como a longo alcance.

A dragagem de primeiro estabelecimento, uma vez mais, apresenta uma relação de efeitos directa quando analisado o factor hidrográfico. O efeito positivo será da mesma ordem de grandeza relativamente ao efeito negativo.

A dragagem de remediação é a única que irá apresentar efeitos não positivos na turbidez e sedimentação. De realçar que, numa escala horizontal agora analisada, a ecologia, quando realizada este tipo de dragagem, não apresenta efeitos negativos durante, na pior das hipóteses, meses. Os efeitos são apenas e só positivos podendo prolongar-se no alcance. Os ecossistemas locais e vizinhos, em qualquer tipo de operação, sairão sempre beneficiados. Já os efeitos sedimentológicos serão negativos, localmente, ou, na melhor das hipóteses, praticamente nulos.

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

5.1. DESCRIÇÃO E OBJECTIVOS

Os métodos que poderão ser utilizados com o objectivo de se proceder à avaliação de projectos de alimentação artificial são a *análise custo-benefício (ACB)*, *análise custo-eficácia (ACE)* e *análise multicritério (AMC)*.

A análise custo-benefício (ACB) consiste numa metodologia de avaliação geral de prós e contras respeitantes às alternativas em hipótese no projecto ou às medidas relativas ao bem-estar social. O seu objectivo passa pela determinação quanto à viabilidade de um projecto, sob o ponto de vista do bem-estar social, através da soma algébrica dos seus custos e benefícios, actualizados ao longo do tempo. O investimento no projecto está dependente da sua viabilidade, bem como do desempenho económico.

As vantagens e desvantagens são apresentadas num balanço custo-benefício em que os custos e os benefícios, por sua vez, são quantificados, sempre que possível, de modo a estabelecer um factor de comparação entre as diferentes alternativas. A aplicação de um método é o resultado prático da superação dos benefícios comparativamente aos custos. Se tal se verificar, isso significa um aumento do bem-estar e, como tal, o projecto poderá avançar sob o ponto de vista social. A avaliação das diferenças entre o cenário com o projecto concluído e o cenário sem a sua realização indica se o programa é socialmente desejável ou não (Messina, 2006)

A análise custo-eficácia (ACE) tem como principal objectivo determinar as medidas necessárias de modo a minimizar o custo do projecto. Pode, também, a partir de um orçamento, ser objecto de estudo a fim de examinar as melhores medidas a implementar na optimização do projecto. Com a análise C-E conseguir-se-á a fixação do objectivo através de uma noção mais precisa do custo final da implementação da obra ou das medidas (Manual Técnico II-a)

Para o objecto de estudo desta dissertação, torna-se difícil elaborar uma análise custo-eficácia visto o orçamento para a intervenção estar dependente das condições existentes para cada caso. Isto é, não se pode projectar um cenário sem saber as condições de enquadramento do trabalho (local de dragagem das areias, sítio de repulsão dos sedimentos, preços de mercado, quantidades necessárias, tempo de permanência das areias, existência de jazigos de areia próximos ao local, custos associados, clima de agitação local, existência de protecções artificiais ou naturais, etc.)

A análise multicritério (AMC) pode ser realizada com o intuito de promover uma conclusão sintética idónea no final da avaliação ou, pelo contrário, direccionar uma conclusão adaptada às preferências de diferentes parceiros. É um método semelhante à ACB, porém, não reduz os fenómenos díspares a uma base unitária (monetária) comum. É aplicada na análise comparativa de projectos alternativos ou de

medidas heterogéneas. Através desta técnica podem ser tidos em conta diversos critérios, em simultâneo, na análise de uma situação complexa (Manual Técnico II-c).

A ACB e a AMC incluem avaliação dos custos de investimento e efeitos económicos, ecológicos e sócio-culturais, ao passo que o ACE não inclui a avaliação de todos os efeitos. Nesta última análise, aos efeitos que forem mencionados, é atribuída uma pontuação consoante a sua relevância. O método multicritério torna-se num processo subjectivo relativamente aos restantes visto que pertence ao avaliador a classificação das variáveis. A componente ambiental, para um avaliador, poderá valer 30% e para um outro poderá ser classificada em 20 ou 40%, por exemplo. Os valores podem ser sempre discutidos quanto à sua subjectividade. Poderá ocorrer, portanto, nesta avaliação, uma perda de informação, em oposição às análises CB e CE, em que as variáveis são, maioritariamente e sempre que possível, quantificáveis monetariamente.

5.2. INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS NA AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÕES COSTEIRAS

O estudo apresentado está focado nas análises custo-benefício e multicritério (discutida sob o ponto de vista ambiental). Caso se pretenda avaliar um projecto específico, os dados referentes a esse local deverão ser levados em linha de conta na elaboração de uma análise custo-eficácia. Esta não será examinada neste trabalho, de forma directa, devido às dificuldades mencionadas anteriormente sobre a especificidade de informação qualitativa e quantitativa sobre determinado local. No entanto, e também na análise do vector ambiental, poderá ser vista sob o ponto de vista da eficácia a longo prazo.

Relativamente à ACB e de forma a otimizar os benefícios relativos ao investimento e às medidas futuras, deve ser realizada uma avaliação quanto às alternativas prevenção de riscos costeiros. O processo erosivo não pode estar dissociado de qualquer proposta ou decisão na gestão sustentável das zonas costeiras, visto ser uma realidade presente, dinâmica e contínua. É, portanto, fundamental uma avaliação sócio-económica qualquer que seja o projecto de intervenção costeira.

A erosão da linha de costa atinge, directa ou indirectamente, valores sociais, tais como, lugares, até então, seguros para viver e/ou lazer. As autoridades públicas têm, como tal, a responsabilidade de combater ou, pelo menos, de atenuar, os impactes negativos que, por sua vez, maioritariamente, implicam custos (Messina, 2006). A responsabilidade pública associada ao risco de erosão costeira deverá ser, no futuro, limitada, sendo que uma percentagem relativa aos riscos poderá ser endossada para os investidores e beneficiários directos.

5.3. ENQUADRAMENTO

A costa portuguesa desde sempre apresentou uma importância fulcral embora, ainda nos tempos de hoje, não optimizada mas com potencial para ser um dos principais alicerces de evolução nacional e da economia portuguesa. Proveitos através do turismo litoral, das trocas de mercadorias entre portos nacionais e internacionais e do aproveitamento energético não podem ser ignorados. Associado às construções, cada vez mais próximas do mar, está um processo natural erosivo com resultados anuais significativos tendo em conta a proximidade que o homem fez ao mar. O que outrora fora campos e dunas sem horizonte, hoje torna-se clara a perigosa vizinhança entre o homem e o mar. O processo erosivo não é apenas um problema nacional. Um pouco por todo o mundo registam-se problemas idênticos. Contudo, cada caso é um caso e cada caso deve ser analisado sem importações de resoluções técnicas. Devido à escassez de recursos financeiros, à complexidade dos fenómenos e das dinâmicas naturais, o problema erosivo não pode ser “solucionado” nem incorporado num só plano a realizar à escala nacional.

Torna-se necessário reflectir e ponderar diversos cenários e várias hipóteses para saber qual a opção mais benéfica a vários níveis.

5.4. CARACTERIZAÇÃO GERAL GEOMORFOLÓGICA E DA DINÂMICA SEDIMENTAR DA COSTA CONTINENTAL PORTUGUESA

São dez os distritos, de norte a sul de Portugal continental, banhados pelo mar (Viana do Castelo, Braga, Porto, Aveiro, Coimbra, Leiria, Lisboa, Santarém, Beja e Faro). Os concelhos de Caminha e Viana do Castelo são os únicos pertencentes ao distrito de Viana do Castelo, que são banhados pelo mar. Em Braga, apenas tal acontece em Esposende. No Grande Porto, são os concelhos da Póvoa do Varzim, Vila do Conde, Matosinhos, Porto e Vila Nova de Gaia. No distrito de Coimbra, os concelhos litorais são Cantanhede, Figueira da Foz e Mira. Em Leiria, a costa desenvolve-se ao longo dos concelhos de Pombal, Marinha Grande, Leiria, Alcobaça, Caldas da Rainha, Peniche, Nazaré, Lourinhã e Óbidos. Já em Lisboa, os concelhos costeiros são Torres Vedras, Cascais, Sintra e Mafra. Passando à margem Sul, o primeiro distrito é Setúbal, cujos concelhos banhados pelo mar são Almada, Sesimbra, Alcácer do Sal, Grândola, Santiago do Cacém e Sines. O único concelho em Beja, nestas condições é Odemira. Finalmente, no distrito de Faro, os concelhos são vários: Aljezur, Vila do Bispo, Lagos, Portimão, Lagoa, Silves, Albufeira, Loulé, Faro, Olhão da Restauração, Tavira, Vila Real de Santo António e Castro Marim.

Os sedimentos envolvidos nos processos litorais do território de Portugal continental, à excepção do que acontece nalgumas zonas limitadas dos troços terminais de alguns estuários, principalmente, do Estuário do Tejo, são exclusivamente areias (Abecasis, F., 1997). Ainda segundo o autor, com o objectivo de facilitar a caracterização geomorfológica e aluvionar da costa litoral, esta é apresentada com uma divisão em 10 troços.

As ondas são o principal agente nos processos litorais da costa portuguesa continental, sendo de menor relevância as marés, as correntes e o vento.

Relativamente à orientação geral dos troços, esta pode ser N-S (foz do Minho ao cabo Raso; foz do Tejo ao cabo Espichel; foz do Sado ao cabo de S. Vicente) ou W-E (cabo Raso à foz do Tejo; cabo Espichel à foz do Sado; cabo de S. Vicente à foz do Guadiana).

O transporte litoral real é sempre inferior ao transporte litoral potencial devido a uma série de condicionantes. O primeiro depende do clima de agitação. Contudo, está condicionado pelas fontes aluvionares e pela geomorfologia das formações rochosas costeiras. As principais fontes aluvionares são os rios, se bem que cada vez mais com menor preponderância, e a própria erosão dos troços costeiros.

Quanto ao **troço 1**, entre as embocaduras do Minho e Douro, o TLR é inferior ao TLP em consequência da escassez de fontes aluvionares e da existência de numerosos afloramentos rochosos que dificulta ou impossibilita o livre-trânsito por parte dos sedimentos. Não se registam processos erosivos de relevo, com excepção das extensões arenosas de baixa altitude (a Sul de Viana do Castelo, a Sul de Ancora, a Sul de Esposende e a Sul de Vila do Conde).

O **troço 2**, que compreende a foz do Douro e a Nazaré, é formado por duas praias contínuas, com uma extensão total de 160 km, e por dois portos (Aveiro e Figueira da Foz) que faz com que os seus molhes impeçam o transporte litoral sedimentar, ocorrendo assoreamentos periódicos nos canais de navegação. A quase totalidade desta extensão está sob acção dos fenómenos erosivos.

Os **troços 3** (Nazaré – cabo Raso) e **8** (cabo de Sines – cabo de S. Vicente) são apresentados em simultâneo devido às suas características bastante semelhantes entre si. O seu transporte litoral real é bastantes inferiores ao transporte litoral potencial. Em nenhum deles existe uma fonte aluvionar digna de registo e são caracterizados pelas imponentes formações rochosas que rasgam o mar e, como tal, provocam a retenção de sedimentos a barlar dessas estruturas naturais. De salientar a importância do canhão da Nazaré que faz com que os afluxos aluvionares a barlar se tornem praticamente nulos. O mesmo acontece com o cabo de Sines em que as profundidades de cerca de 50m da extremidade do molhe do porto, já consideráveis, impedem a passagem dos sedimentos.

Segundo Abecasis, os **troços 4** (cabo Raso – foz do Tejo) e **5** (foz do Tejo – cabo Espichel) são análogos aos **troços 6** (cabo Espichel – Outão) e **7** (Outão – cabo de Sines). Os troços 4 e 6, e relativamente aos caracterizados anteriormente (3 e 8), é constituído por formações rochosas muito menos exigentes e acentuadas, o que faz com que as praias de enseada e de retenção apresentem extensão moderada a modesta. Para além disso, a quantidade de aluviões é reduzida, o que implica a não saturação das estruturas naturais que funcionam como esporões. Exemplos disso são as praias de Cascais, de S. João, de S. Pedro e Carcavelos). Os troços 5 e 7 estão limitados a norte por troços terminais estuarinos – Tejo e Sado – e a sul por saliências acentuadas da costa – cabos Espichel e de Sines – em torno dos quais não se verifica transposição aluvionar significativa. Os troços agora analisados encontram-se em situação de equilíbrio quase estático, no que concerne aos movimentos aluvionares longitudinais, à excepção da zona da Cova do Vapor e da península de Tróia, em que o transporte aluvionar se dá de sul para norte devido ao regime de agitação (refracção e difracção). A perda de sedimentos verificada ao longo do seu percurso é atenuada, a uma pequena escala, pela existência de fontes aluvionares externas, tais como as formações margosas, gresosas pouco consolidadas e arenosas. A acção directa das chuvas tem influência directa na erosão das encostas, que por sua vez, os aluviões destacados irão alimentar as praias.

O **troço 9** que compreende o cabo de S. Vicente e Vilamoura é constituído por praias em equilíbrio com o transporte litoral a dar-se no sentido W-E, excepção feita às ocorrências de levante. O transporte litoral real é bastante inferior ao transporte litoral potencial. É de salientar a fraca transposição aluvionar que se verifica entre Sagres e o cabo de S. Vicente devido às elevadas profundidades, isto é, a costa ocidental pouco ou nada alimenta a costa sul de Portugal Continental.

O **troço 10** entre Vilamoura e a foz do Guadiana é formado por um areal extenso recortado apenas pelas embocaduras dos sistema lagunar da ria Formosa.

De modo a defender sectores costeiros vulneráveis ao avanço do mar, começaram a ser construídos a partir da década de 80 diversas estruturas de defesa costeira, nomeadamente esporões, cujo benefício é temporário até esgotada a sua capacidade de retenção. Este tipo de obras é criticado apesar de não existir uma alternativa mais viável/concretizável visto que o trecho imediatamente a sotamar é relativizado em prol da defesa costeira a norte do esporão. A verdade é que, quando planeados e construídos com tempo, o seu objectivo é atingido com resultados práticos visíveis e positivos.

5.5. RETORNO ECONÓMICO PARA A ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DAS PRAIAS

Os E.U.A. é um país bastante procurado devido a factores como o emprego e o turismo. O projecto de requalificação de Miami Beach com alimentação artificial de areias, com fundos federais, induziu um aumento de visitantes.

Em termos mundiais, a economia relativa a viagens e turismo é a que tem sofrido maiores aumentos nas últimas décadas, sendo que a partir de 1985 a sua taxa de crescimento tem-se situado nos 9% ao

ano (World Tourism Organization, 2001). A mesma componente económica contribui com 1.2 triliões de dólares para o PIB (World Travel and Tourism Council, 2001). Em todo o mundo, estima-se que estejam empregadas nas áreas do turismo e viagens cerca de 207 milhões de pessoas (World Travel and Tourism Council, 2001). No país, os turistas estrangeiros produzem cerca de \$7.5 mil milhões/ano em receitas sobre os impostos, sendo que cerca de 53% dessa quantia é distribuída pelo governo federal (só o Estado da Flórida recebe \$1.45 M milhões).

75% dos turistas em época balnear planeiam visitar as praias americanas, sendo que os Estados litorais recolhem a preferência dos visitantes (85%), devido à popularidade das praias americanas. Os números dos visitantes em Miami Beach rondam os 21 milhões de pessoas. Os números tornam-se ainda mais impressionantes quando analisadas somente as praias da Califórnia com 567 milhões de visitantes anuais, mais do que em todos os diversos serviços nacionais (National Park Service), incluindo os famosos monumentos Lincoln Memorial e de Washington (286 milhões) (Wiegel, 1992). Em 1992, segundo a administração americana de viagens e turismo, registou um contributo das praias de \$170 mil milhões para a economia (U.S. Travel and Tourism Administration, 1993), \$73 M milhões dos quais provenientes, directa ou indirectamente, da praia californiana (King, 1999).

Os americanos, contudo, não consideram o turismo como um grande motor da economia nacional visto que 98% dos negócios relacionados com o turismo são classificados como de pouca relevância, o que torna a indústria extremamente fragmentada (U.S. Travel and Tourism Administration, 1995).

A erosão costeira é uma das principais preocupações na economia nacional visto que 33 mil Km de costa estão a ser erodidos e 4,3 mil Km encontram-se em estado crítico (U.S. Army Corps of Engineers, 1994). Em 1989, 74% dos inquiridos referiu que a costa do Estado de Nova Jérсия estaria em declínio. Em 1998, apenas 27% tinha essa opinião (Zukin, 1998) e a diferença esteve no projecto de reabilitação das praias recorrendo à maior alimentação artificial do mundo, em volume, entre Sandy Hook e Barnegat Inlet (U.S. Army Corps of Engineers, 2001).

Em meados da década de 70, Miami não possuía, virtualmente, zona balnear. As instalações junto ao mar foram sendo destruídas e tornou-se num local a não visitar. Posteriormente, com a alimentação artificial a que a Miami Beach foi sujeita, a zona ficou restabelecida e o número de visitantes começou a intensificar-se até aos números e sucesso que hoje se conhece. Em cinco anos, entre 1978 e 1983 os turistas quase triplicaram, sendo que o de estrangeiros passou de 2.3 a 5.6 milhões entre 1980 e 2000 (Lang, 2001). Em termos de receitas provenientes dos turistas estrangeiros, verifica-se o sucesso alcançado: passados 20 anos da operação as receitas passaram de \$2.4 M milhões a \$52 M milhões, quase 50 vezes mais (Houston, 1996). A experiência de Miami foi bastante bem sucedida com a colocação em prática de um plano de 500:1, isto é, por cada \$500, os responsáveis políticos gastariam \$1 na alimentação artificial com areias.

Em termos de retorno do investimento da alimentação artificial, pode-se estudar o sucesso verificado no caso de Miami. Enquanto que o custo anual capitalizado com o projecto ronda os \$2.5 milhões, as receitas anuais federais andam à volta dos \$130 milhões, cerca de 50 vezes mais (U.S. Travel and Tourism Administration, 1994). Similarmente, a Califórnia recebia, entre 1995 e 1999 cerca de \$2 milhões anuais de fundos federais para a alimentação artificial (King, 1999), ao passo que as receitas dos turistas balneares eram de \$14 mil milhões. Cerca de 7 000 vezes mais, portanto.

Contudo, não são só os americanos a tomarem medidas nesse sentido. Países como a Alemanha, Espanha e o Japão também se preocuparam em proteger e desenvolver as suas costas litorais. Ambos os países chegaram a gastar mais dinheiro na requalificação que os E.U.A. (\$3.3 mil milhões, nos

últimos 40 anos no caso alemão para apenas o correspondente a 5% da costa americana) (Kelletat, 1992). O Japão chegou mesmo a despende \$1.5 mil milhões em apenas um ano (Marine Facilities Panel, 1991), valor superior ao gasto por americanos em 40 anos, entre a década de 50 e 90. O turismo balnear tem grande importância em Espanha e um programa de 5 anos foi levado a cabo de forma a promover a expansão dos principais areais. O turismo é a principal indústria espanhola, no entanto, é apenas 7% do turismo norte-americano.

5.6. CENÁRIOS

São considerados, neste capítulo, contributos para os métodos de avaliação aplicados à costa portuguesa, considerando cinco possíveis cenários de intervenção em situações de risco – quadro 5.1.:

Quadro 5.1. – Apresentação dos cenários estudados

Cenários	Intervenções	Consequências
1	Atitude passiva, permitindo à costa evoluir naturalmente sabendo da inevitabilidade do mar atingir a curto/médio prazo as zonas edificadas, não realizando qualquer intervenção de defesa costeira	Destruição do Edificado
2	Manutenção das actuais estruturas de defesa costeira e edificações em que estas últimas, a curto/médio prazo, serão cada vez mais solicitadas pelas acções do mar + alimentação com areias	Adiamento do problema
3	Manutenção das actuais estruturas de defesa costeira e remoção das edificações que a curto/médio prazo serão solicitadas frequentemente pelo mar + alimentação com areias. Possível renaturalização da área em questão	Possível mitigação do problema
4	Opção “protecção” – Manutenção do presente com reforço de novas ou das actuais obras de protecção costeira + alimentação com areias	Adiar o problema por um período superior ao do Cenário 2
5	Remover as estruturas de defesa costeira + alimentação com areias	Exige alimentação bastante frequente e elevado volume (1-2 milhões m ³ /ano). Em diversos casos, haverá destruição do edificado

Serão cinco os cenários estudados, de modo a tentar perceber qual das opções é a mais benéfica; a hipótese “nada fazer”, se reforçar as estruturas de defesa costeira e edificadas existentes, a opção “retirada”, a opção “reforço” e a hipótese alimentação artificial, removendo as estruturas de defesa

costeira compensa, sendo que à excepção do primeiro cenário, todos eles induzem a alimentação artificial com areias.

É de salientar que, tal como supra referido, cada país terá o seu critério e o seu funcionamento consoante as suas condições erosivas e hidromorfológicas. O problema português poderá ser analisado como um todo porém, considerar cada segmento, cada troço tem as suas especificidades. A interligação entre possíveis intervenções deve ser feita, porque mesmo que dois troços vizinhos tenham condições diferentes um do outro, o que se fizer num deles, poderá ter influência no contíguo. Daí a necessidade, ou até mesmo obrigatoriedade, de comunicação, de interligação, de um processo comum mas jamais planeado sem um “zoom” regional.

5.6.1. EFEITOS A QUANTIFICAR E QUALIFICAR E EXTERNALIDADES

Após a identificação dos efeitos de maior relevância, deve-se proceder à descrição e quantificação desses mesmos efeitos em todos os cenários plausíveis, incluindo a opção passiva de “não fazer nada”. No tema em análise, relativo à erosão costeira, caso esta coloque em risco zonas residenciais, devem ser quantificadas as áreas, as tipologias das edificações, o valor médio no mercado actual, bem como o número de cidadãos que, directa ou indirectamente, serão afectados.

Os efeitos a quantificar monetariamente poderão ser os custos de investimento, as perdas de produção e os custos de restauração caso ocorram danos. Os efeitos que não são possíveis de quantificação são incluídos em listagens com dados acerca, por exemplo, da perda da biodiversidade, dos habitats da vida selvagem e de valores culturais. Os custos de um projecto dizem respeito ao investimento (concepção, planeamento e construção, que, por sua vez, inclui o custo de trabalho, material, consultores, subempreiteiros, impostos, seguros, financiamento, etc.), às operações, à gestão (custos anuais como, por exemplo, inspecções de segurança e o uso de energia) e manutenção das intervenções de defesa (custos futuros para actualização e manutenção de instalações) (Messina, 2006).

As externalidades são actividades que envolvem a imposição involuntária de custos ou de benefícios, isto é, que têm efeitos positivos ou negativos sobre terceiros sem que estes tenham oportunidade de o impedir e sem que tenham a obrigação de os pagar ou o direito de ser indemnizados.

Quando os efeitos provocados pelas actividades são positivos, estas são designadas por *externalidades positivas*. Quando os efeitos são negativos, designam-se por *externalidades negativas*. Um exemplo de externalidade positiva é a investigação e desenvolvimento pois os seus efeitos sobre a sociedade são geralmente muito positivos. Exemplos de externalidades negativas são a poluição ambiental provocada pelas actividades económicas, a produção de bens não seguros, a interferência em aquíferos subterrâneos, entre outros.

Existem zonas em que, apesar das edificações junto ao mar apresentarem um risco associado, continuam, ainda hoje, a ser expandidas ou densificadas. Tais construções são, sem dúvida, uma mais-valia para a zona em causa, em termos económicos e patrimoniais. Contudo, a evolução fisiográfica faz com que, devido à presença de edificados em risco, o Estado tenha que construir obras de defesa costeira (cordão dunar artificial) de modo a defender interesses públicos e privados.

5.6.2. PARAMETRIZAÇÃO DOS CENÁRIOS

De modo a estabelecer previsões para os diferentes cenários, datando-os nas suas distintas modalidades, bem como prever a evolução costeira e seus efeitos, são considerados os seguintes horizontes:

- Curto prazo: 5 anos

- Médio prazo: 15 anos
- Longo prazo: 30 anos

A partir da classificação temporal, é possível dizer que para uma situação de emergência, no qual se verifique risco elevado para o património, devem-se tomar medidas rápidas, num período máximo de 5 anos, quer seja para demolições do edificado, quer para construção de obras de defesa costeira. Já quando a situação não é urgente, as intervenções poderão ser estipuladas para um período superior, a médio-longo prazo.

Para além da quantificação temporal, é necessária uma escala qualitativa numérica de impactes de forma a torná-los comparáveis para os diferentes cenários e parâmetros. Assim, adoptou-se uma escala de 1 a 5 como:

- 1: impacte positivo significativo
- 2: impacte positivo pouco significativo
- 3: impacte insignificante ou inexistente
- 4: impacte negativo pouco significativo
- 5: impacte negativo significativo

5.6.3. COMPONENTES ANALISADAS

As componentes analisadas, na análise custo-benefício, serão a ambiental, económica e social. Será sobre estas três que irá incidir o estudo do capítulo de forma a verificar se a económica não se sobrepõe, por exemplo, à social. A análise terá de ser vista sob o ponto de vista de benefício para a sociedade em geral ou local. As componentes poderão variar o seu peso, de caso para caso.

A *componente ambiental* irá estudar vários impactes gerados por cada um dos cenários previstos, cujos parâmetros a analisar poderão ser, entre outros, a fauna e flora, a dinâmica costeira, o ambiente sonoro, a paisagem, a hidrogeologia, a gestão de resíduos, a qualidade da água e o uso do solo e ordenamento territorial. Após a identificação dos parâmetros a analisar, deverão ser atribuídos pesos em relação a cada um deles, consoante a sua importância e impacte locais. Factores com um agravamento directo sobre o ambiente deverão acolher uma maior pontuação. Já os parâmetros temporários deverão ser pontuados por baixo.

Para uma praia a necessitar de areal, recorrendo à alimentação artificial, parâmetros como a paisagem e a dinâmica costeira deverão ter elevada relevância na possível realização da obra. Já os problemas sonoros serão transitórios e, como tal, de pouca importância para a concretização da mesma, isto é, na esmagadora maioria dos casos não será por este parâmetro que uma obra não será realizada.

A *componente económica* distingue a actividade económica gerada em cada cenário hipotético (impostos, comércio, turismo, rendimentos, etc.) e a situação patrimonial posterior à implementação de cada cenário (terrenos, edifícios, etc.).

Finalmente, a *componente social* apresenta um cariz bastante sensível na medida em que o risco de vida humana é uma realidade, sendo que esta não é quantificável, a não ser para as companhias de seguros. Consoante o cenário previsto, poderão estar associados parâmetros, tais como a resistência dos moradores às demolições do edificado, a repercussão nos postos de trabalho, os bens e meios materiais, a mobilização do meio social envolvente, a atractividade turística local, as indemnizações associadas às demolições e a própria qualidade de vida local. Dependendo da zona urbanística, mais ou menos desenvolvida e do preço da área/m², as indemnizações e terrenos a atribuir aos proprietários das edificações variam consoante estas variantes. Por exemplo, indemnizar os moradores de Vale do

Lobo não será o mesmo que indemnizar os proprietários dos lotes do parque de campismo da Costa da Caparica.

5.6.4. CONTRIBUTOS PARA O ESTUDO DOS CENÁRIOS

5.6.4.1. Componente económica

Na componente económica, apenas o curto prazo e o médio prazo poderão ser importantes ao nível dos rendimentos particulares, não se justificando o cálculo de parâmetros, em certos casos, a longo prazo visto que o mar, passados 30 anos, já terá, pelo menos parcialmente, ocupado o terreno. As indemnizações serão nulas, excepto no cenário 3 a curto prazo, visto que não haverá requalificação urbana e a responsabilidade pela localização de risco de cada edificação fica fora do âmbito estatal. O património que corra risco de destruição terá uma deflação anual quanto ao seu valor. À elaboração do quadro 5.2. está associado um grau de incerteza quanto à quantificação paramétrica relativa ao número de anos. Por exemplo, as rendas poderão já não ser uma realidade, num prazo de 20 anos numa determinada região. Se tal acontecer, é de esperar, por conseguinte, que os valores do turismo e comércio diminuam anualmente. Tais valores não são lineares, relativamente ao seu aumento ou diminuição, dependendo de vários factores a eles intrínsecos.

Quadro 5.2. – Componente económica dos diferentes cenários (1-5) com respectivas incertezas temporais (representadas por “?”)

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	INCIDÊNCIA		
	5 anos	15 anos	30 anos
A - Rendimento de particulares			
A1 – Rendas	1,2,3,4,5	1,2,4,5	1?,2?,4,5
A2 - Indemnizações	3	----	----
B – Turismo	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1?,2?,3,4,5
C – Comércio	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1?,2?,3,4,5
D - Manutenção das edificações	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1?,2?,3,4,5
E - Obras públicas			
E1 - Demolição e transporte a vazadouro	3	----	----
E2 – Estruturas de Defesa			
E2.1 - Construção	4	----	----
E2.2 – Alteração	4	4	4?
E2.3 - Manutenção	2,3,4	2,3,4	2,3,4?
E2.4 - Remoção	1?,5	1,5?	----
E3 - Enchimento de Praia			
E3.1 – Inicial	2,3,4,5	2,3,4,5	2,3,4,5
E3.2 - Recargas	2,3,4,5	2,3,4,5	2,3,4,5
E3.3 – Praia Adjacente	2,3,4,5	2,3,4,5	2,3,4,5
E4 - Renaturalização			
E4.1 - Inicial	3	3	3
E4.2 - Manutenção	3	3	3
F - Incidência Fiscal	1,2,4,5-Pos. 3-Neg.	1,2,4,5-Pos. 3-Neg.	1?,2?,4,5-Pos. 3-Neg.

5.6.4.2. Componente ambiental

É de salientar que qualquer que seja a atribuição introduzida, nos exemplos considerados, no quadro 5.3., esta irá sofrer variações consoante as condições envolventes e relacionadas com o caso a estudar. Todas as ponderações e atributos são a título sugestivo, como tal, discutíveis e exemplificativos, de modo a serem estudados, numa primeira aproximação, os diferentes cenários, realizando as análises custo-benefício e multicritério.

Por exemplo, num caso de estudo em que a dinâmica costeira e os valores paisagísticos fossem pouco relevantes, a ponderação destes parâmetros seria menor e, por conseguinte, o remanescente, seria distribuído por outros parâmetros que fossem considerados mais relevantes, por exemplo, numa zona protegida, Flora/Fauna.

O ambiente sonoro é outro parâmetro sensível. Como primeira proposta, o parâmetro pode ser discutido e objecto de uma análise de sensibilidade. Ao ser analisado o ambiente sonoro, este poderá existir apenas durante a demolição e remoção de edificado ou durante a alimentação artificial de areias ou até mesmo durante operações de renaturalização, tratando-se, portanto, de um parâmetro pontual. Após a conclusão das obras, os níveis de ruído poderão voltar aos valores anteriores, não sendo, portanto, um factor decisivo, em meio urbano. Caso não ocorram tais demolições ou operações, o ruído deixa de ser um factor de preocupação, mesmo que apenas ocasional. Caso se esteja perante um ambiente bastante urbanizado, o ruído será sempre uma realidade, não sendo apenas pontual. Há pessoas que escolhem viver em ambientes movimentados e daí o factor “ruído” poder não ser o problema mais crítico. Porém, caso se esteja na presença de um ambiente natural ou selvagem, tal parâmetro ganhará uma importância acrescida, sendo que o valor da sua ponderação deverá ser correspondente à sua relevância.

Saliente-se, ainda, a atribuição de valores, de 1 a 5, nos quadros 5.4. a 5.18. relativos a cada cenário, de modo a caracterizar, segundo um critério pessoal, cada tipo de zona, segundo a classificação de impactes mencionada anteriormente.

Quadro 5.3. – Quadro exemplificativo de parâmetros ponderados para diferentes situações

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Zona Intermédia	Zona Protegida	Zona Muito Urbanizada
Hidrogeologia	8	12	4
Flora/Fauna	8	28	5
Paisagem	20	28	7
Qualidade da Água	4	8	7
Gestão/Produção de Resíduos	10	4	5
Ambiente Sonoro	10	10	2
Dinâmica Costeira	30	6	50
Uso do Solo e Ordenamento do Território	10	4	20
Total	100	100	100

5.6.4.2.1. Cenário 1

Analisando os quadros 5.4., 5.5. e 5.6., verifica-se que o agravamento do *factor hidrogeológico*, a médio-longo prazo será uma realidade, cada vez mais intensa. O facto de se tomar uma atitude passiva faz com que as obras de defesa costeira sejam negligenciadas e, portanto, com o decorrer dos anos, tendem a ser destruídas ou ficar inoperacionais pelo avanço do mar. A penetração da cunha salina e os galgamentos oceânicos que colocam em risco as construções próximas poderão ser frequentes já a médio prazo, em muitas zonas do país e, caso existam aquíferos importantes junto à linha de costa, as águas subterrâneas poderão ser afectadas por esses factores.

Quanto aos impactes na *fauna e na flora*, estes poderão ser negativos com alguma significância devido às ameaças aos biótopos dunares e à ecologia local, muito por culpa da ineficácia das obras de defesa costeira, caso existam, por falta de manutenção.

O impacte negativo sobre a *paisagem* tende a aumentar a médio-longo prazo devido a possíveis derrocadas que ocorrerão devido ao avanço do mar.

Os impactes na *água*, em termos qualitativos, serão praticamente nulos devido ao facto de não ocorrerem, neste cenário, enchimentos de praias com areia, logo o problema inerente às dragagens não se coloca.

Continuando na avaliação dos quadros 5.4., 5.5. e 5.6., constata-se que os impactes sobre a *gestão e produção de resíduos* tendem a aumentar negativamente ao longo do tempo, devido ao desmembramento de possíveis esporões e de destruição do edificado, o que provoca um aumento de resíduos líquidos e sólidos, alguns deles, possivelmente, inertes.

Relativamente ao *impacte sonoro*, este não será de grande importância, podendo mesmo, a médio prazo revelar-se nulo ou praticamente nulo. Na pior das hipóteses, e a longo prazo, o impacte poderá ser negativo mas pouco significativo.

É de prever que a *dinâmica costeira* sofra impactes negativos bastante significativos, optando por este cenário. A falta de manutenção de possíveis esporões e o não enchimento artificial de praias com areias poderá antecipar os efeitos erosivos que se farão sentir fortemente em possíveis edificações próximas à linha de costa no ano zero.

O *ordenamento do território*, bem como o uso do solo, perante este cenário, sofrerão impactes negativos ao longo do tempo. O avanço do mar, sendo uma realidade, provocará a erosão da linha de costa e, como tal, isso implicará o recuo por parte do homem e novas formas do uso do solo.

Quadro 5.4. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 1

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	8	3	24	4	32	5	40
Flora/Fauna	8	5	40	5	40	5	40
Paisagem	20	3	60	4	80	4	80
Qualidade da Água	4	2	8	2	8	3	12
Gestão/Produção de Resíduos	10	4	40	5	50	5	50
Ambiente Sonoro	10	2	20	3	30	4	40
Dinâmica Costeira	30	3	90	5	150	5	150
Uso do Solo e Ordenamento do Território	10	3	30	4	40	5	50
Total	100		312		430		462

Quadro 5.5. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 1

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	12	3	36	4	48	5	60
Flora/Fauna	28	5	140	5	140	5	140
Paisagem	28	3	84	4	112	4	112
Qualidade da Água	8	2	16	2	16	3	24
Gestão/Produção de Resíduos	4	4	16	5	20	5	20
Ambiente Sonoro	10	2	20	3	30	4	40
Dinâmica Costeira	6	3	18	5	30	5	30
Uso do Solo e Ordenamento do Território	4	3	12	4	16	5	20
Total	100		342		412		446

Quadro 5.6. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 1

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	4	3	12	4	16	5	20
Flora/Fauna	5	5	25	5	25	5	25
Paisagem	7	3	21	4	28	4	28
Qualidade da Água	7	2	14	2	14	3	21
Gestão/Produção de Resíduos	5	4	20	5	25	5	25
Ambiente Sonoro	2	2	4	3	6	4	8
Dinâmica Costeira	50	3	150	5	250	5	250
Uso do Solo e Ordenamento do Território	20	3	60	4	80	5	100
Total	100		306		444		477

5.6.4.2.2. Cenário 2

Para os quadros 5.7., 5.8. e 5.9., verifica-se que o impacto sobre a *hidrologia* poderá passar de neutro a negativo com alguma significância ao longo do tempo devido ao inevitável avanço do mar, mesmo que com as manutenções em obras paralelas à linha de costa e a alimentações artificiais frequentes. Nomeadamente na costa oeste portuguesa, o processo erosivo, nalgumas zonas, é mais significativo, como na Costa Nova, por exemplo, e a construção de esporões e constantes alimentações com areias poderão não ser suficientes para impedir o recuo da linha de costa. Como tal, a médio-longo prazo, zonas aquíferas poderão ser “visitadas” pelas águas salgadas oceânicas.

O adiamento do problema provocado pela alimentação artificial com areias poderá provocar mudanças significativas tanto na *fauna* como na *flora*. Constantes dragagens estarão condicionadas pela sua necessidade de execução em portos e, em alternativa, poderão ser realizadas off-shore, caso existam jazigos de sedimentos. Se anualmente forem necessários um ou dois milhões de metros cúbicos para alimentar uma praia, a probabilidade destas quantidades tão significativas de areia existirem será cada vez menor ao longo do tempo.

A *paisagem* irá sofrer impactes positivos com a alimentação com areias mas neutros relativamente à presença de esporões, visto já terem sido construídos anteriormente. Apenas se irão realizar operações de manutenção. Com o adiamento do problema, os processos de derrocada que se poderão verificar no cenário 1, não se registarão com tanta assiduidade neste caso.

A *qualidade da água* será pouco afectada com a manutenção dos esporões mas poderá ser alterada com as operações de alimentação artificial, sofrendo assim impactes negativos relativamente significativos. Ao longo dos anos, as alimentações poderão ser mais espaçadas no tempo por falta de locais com as condições necessárias para dragar, daí os impactes serem neutros ou pouco significativos.

Com a realização de manutenções nos esporões e de alimentação artificial, a *produção de resíduos* poderá levar a uma interessante gestão dos mesmos, principalmente a curto-médio prazo.

O *ruído* gerado pelas operações mencionadas será, naturalmente, ocasional, decorrendo apenas durante as mesmas. Como tal, tais impactes serão insignificantes ou negativos pouco significativos.

A *dinâmica costeira* poderá vir a sofrer, com as medidas propostas para este cenário, impactes positivos ou irrelevantes, consoante o caso. Com a manutenção dos esporões, ocorre uma barreira na deriva litoral. Mas, com a introdução de areias no sistema, a dinâmica costeira sofrerá impactes positivos, adiando, pelo menos, a inevitável perda territorial.

Com o passar dos anos, a necessidade de alterações a nível do *ordenamento do território* será uma realidade cada vez mais significativa, visto que mesmo com as operações previstas de manutenção e enchimento, o mar irá avançar de forma gradual, um pouco por todo o país.

Quadro 5.7. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 2

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	8	3	24	4	32	5	40
Flora/Fauna	8	5	40	5	40	5	40
Paisagem	20	2	40	3	60	3	60
Qualidade da Água	4	4	16	3	12	3	12
Gestão/Produção de Resíduos	10	4	40	4	40	3	30
Ambiente Sonoro	10	4	40	3	30	3	30
Dinâmica Costeira	30	3	90	2	60	3	90
Uso do Solo e Ordenamento do Território	10	3	30	4	40	5	50
Total	100		320		314		352

Quadro 5.8. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 2

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	12	3	36	4	48	5	60
Flora/Fauna	28	5	140	5	140	5	140
Paisagem	28	2	56	3	84	3	84
Qualidade da Água	8	4	32	3	24	3	24
Gestão/Produção de Resíduos	4	4	16	4	16	3	12
Ambiente Sonoro	10	4	40	3	30	3	30
Dinâmica Costeira	6	3	18	2	12	3	18
Uso do Solo e Ordenamento do Território	4	3	12	4	16	5	20
Total	100		350		370		388

Quadro 5.9. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 2

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	4	3	12	4	16	5	20
Flora/Fauna	5	5	25	5	25	5	25
Paisagem	7	2	14	3	21	3	21
Qualidade da Água	7	4	28	3	21	3	21
Gestão/Produção de Resíduos	5	4	20	4	20	3	15
Ambiente Sonoro	2	4	8	3	6	3	6
Dinâmica Costeira	50	3	150	2	100	3	150
Uso do Solo e Ordenamento do Território	20	3	60	4	80	5	100
Total	100		317		289		358

5.6.4.2.3. Cenário 3

Analisando os quadros 5.10., 5.11. e 5.12. é possível constatar o seguinte sobre os parâmetros analisados:

Os impactes associados à *hidrogeologia* são insignificantes devido à sua localização espacial e temporal. Os resíduos inerentes às obras a realizar estarão temporariamente na superfície, sendo posteriormente eliminados ou retirados. As condições de drenagem e de infiltração poderão ser alteradas com as obras. Apenas no caso de permanência prolongada dos destroços ou resíduos, líquidos e/ou sólidos, é que as águas subterrâneas poderão vir a sofrer consequências gravosas devido à presença de contaminantes. É de dar preferência às demolições nos períodos de verão de modo a que não ocorram escorrências de contaminantes em direcção ao subsolo. O tempo de permanência no solo dos destroços deverá ser, portanto, o menor possível.

O impacte sobre a *flora e a fauna* resultante das demolições e da renaturalização da área será, numa fase inicial, negativo com alguma significância, sendo que, ao longo do tempo, a incidência será cada vez menor. A renaturalização, a longo prazo, do cordão dunar, por exemplo, trará benefícios para a vegetação. Por outro lado, a execução de dragagens e enchimento de praias com areias será, numa fase inicial, prejudicial para a vida marinha.

As demolições a ocorrerem, trarão, nos primeiros anos, consequências negativas a nível paisagístico, com a presença de camiões, destroços, guas, entre outros agentes envolvidos na remoção das edificações. Nos anos seguintes, observar-se-á a requalificação da zona, o que irá trazer impactes positivos com alguma significância na *paisagem*.

A *qualidade da água* poderá ser afectada com as operações de alimentação artificial com areias, sofrendo impactes negativos pouco significativos.

A *gestão e a produção de resíduos* poderá estar associada a uma incidência negativa muito significativa devido à requalificação da área e, como supra referido, o tempo de permanência dos destroços torna-se fundamental para a qualidade hidrogeológica não diminuir. Como tal, será necessária uma boa gestão de resíduos.

O ruído gerado pela destruição de edificações, pelo preenchimento das praias com areias e pela manutenção de esporões será pontual e enquanto decorrerem as operações. Numa primeira fase, poderá ter impactes negativos bastante significativos, diminuindo ao longo do tempo, a afectação do *ambiente sonoro*.

Estarão associados impactes positivos na *dinâmica costeira* com a requalificação das praias e com a manutenção das estruturas de defesa costeira, que terão tendência a atenuar-se ao longo dos anos.

O *uso do solo e o ordenamento territorial* não sofrerá grandes mudanças num curto espaço de anos, pelo facto de se dedicar tempo às demolições e remoção dos destroços, sendo apenas ligeiramente significativo a médio-longo prazo.

Quadro 5.10. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 3

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	8	3	24	3	24	3	24
Flora/Fauna	8	4	32	3	24	2	16
Paisagem	20	4	80	2	40	1	20
Qualidade da Água	4	4	16	4	16	3	12
Gestão/Produção de Resíduos	10	5	50	4	40	2	20
Ambiente Sonoro	10	5	50	4	40	3	30
Dinâmica Costeira	30	2	60	3	90	3	90
Uso do Solo e Ordenamento do Território	10	3	30	2	20	2	20
Total	100		342		294		232

Quadro 5.11. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 3

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	12	3	36	3	36	3	36
Flora/Fauna	28	4	112	3	84	2	56
Paisagem	28	4	112	2	56	1	28
Qualidade da Água	8	4	32	4	32	3	24
Gestão/Produção de Resíduos	4	5	20	4	16	2	8
Ambiente Sonoro	10	5	50	4	40	3	30
Dinâmica Costeira	6	2	12	3	18	3	18
Uso do Solo e Ordenamento do Território	4	3	12	2	8	2	8
Total	100		386		290		208

Quadro 5.12. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 3

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	4	3	12	3	12	3	12
Flora/Fauna	5	4	20	3	15	2	10
Paisagem	7	4	28	2	14	1	7
Qualidade da Água	7	4	28	4	28	3	21
Gestão/Produção de Resíduos	5	5	25	4	20	2	10
Ambiente Sonoro	2	5	10	4	8	3	6
Dinâmica Costeira	50	2	100	3	150	3	150
Uso do Solo e Ordenamento do Território	20	3	60	2	40	2	40
Total	100		283		287		256

5.6.4.2.4. Cenário 4

Os quadros 5.13., 5.14. e 5.15., relativos ao cenário 4, dão a seguinte análise paramétrica:

A incidência sobre a *hidrogeologia* será positiva, pelo menos, nos primeiros anos, devido à opção proposta neste cenário. A opção “protecção” irá resolver o problema, pelo menos temporariamente. Irá promover um “ganho” de tempo. Num prazo mais longínquo, os impactes poderão ser nulos ou insignificantes.

Tanto a *flora e a fauna* como a paisagem não sofrerão impactes significantes, podendo mesmo ser nulos. Apenas devido à alimentação artificial das praias é que poderão sofrer impactes negativos e positivos, respectivamente.

A *qualidade da água* poderá sofrer uma ligeira quebra com a deposição de areias, pelo menos, inicialmente. Ao longo dos anos, este factor tende à não afectação, caso não se promovam mais operações deste tipo.

Na presença de tal cenário não se irão gerar grandes quantidades de *resíduos*, sendo que a sua maior fatia poderá ser explicada pela construção de novas obras de defesa. Consequentemente, a sua gestão sairá, teoricamente, facilitada.

Quanto ao *ambiente sonoro*, pouco ou nada será afectado, sendo apenas criado um excesso de ruído, segundo os parâmetros normais, isto é, sem a execução de obras, durante o seu processamento.

A *dinâmica costeira*, o *uso do solo* e o *ordenamento territorial* sairão beneficiados com a opção tomada, a curto-médio prazo, sendo que a 30 anos, o seu impacte será insignificante.

Quadro 5.13. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 4

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	8	2	16	3	24	3	24
Flora/Fauna	8	3	24	3	24	3	24
Paisagem	20	3	60	3	60	3	60
Qualidade da Água	4	4	16	4	16	3	12
Gestão/Produção de Resíduos	10	3	30	3	30	2	20
Ambiente Sonoro	10	4	40	4	40	3	30
Dinâmica Costeira	30	2	60	2	60	3	90
Uso do Solo e Ordenamento do Território	10	2	20	2	20	3	30
Total	100		266		274		290

Quadro 5.14. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 4

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	12	2	24	3	36	3	36
Flora/Fauna	28	3	84	3	84	3	84
Paisagem	28	3	84	3	84	3	84
Qualidade da Água	8	4	32	4	32	3	24
Gestão/Produção de Resíduos	4	3	12	3	12	2	8
Ambiente Sonoro	10	4	40	4	40	3	30
Dinâmica Costeira	6	2	12	2	24	3	18
Uso do Solo e Ordenamento do Território	4	2	8	2	8	3	12
Total	100		296		308		296

Quadro 5.15. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 4

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	4	2	8	3	12	3	12
Flora/Fauna	5	3	15	3	15	3	15
Paisagem	7	3	21	3	21	3	21
Qualidade da Água	7	4	28	4	28	3	21
Gestão/Produção de Resíduos	5	3	15	3	15	2	10
Ambiente Sonoro	2	4	8	4	8	3	6
Dinâmica Costeira	50	2	100	2	100	3	150
Uso do Solo e Ordenamento do Território	20	2	40	2	40	3	60
Total	100		235		239		295

5.6.4.2.5. Cenário 5

Os quadros 5.16., 5.17. e 5.18. são relativos ao cenário 5 e deles se pode obter a seguinte análise:

O estudo da *hidrogeologia* torna-se uma incógnita perante tal cenário. A importação de soluções de sucesso provenientes de outros países pode não ser uma alternativa viável devido ao clima de agitação tão intenso como aquele que existe na costa oeste. A costa algarvia seria, em teoria, a mais forte hipótese a implementar em Portugal continental. Contudo, a costa sul não apresenta tantas obras de defesa como no litoral oeste. Possui, antes, protecções naturais que promovem a estabilidade a barlamar.

Os impactes na *fauna e na flora* seriam negativos perante tal cenário, uma vez mais, devido à alimentação artificial com areias.

A nível paisagístico, nada seria melhor que esta solução; remover-se-iam esporões e outras obras de defesa costeira e alimentavam-se as praias, aumentando o seu areal. O problema seria retê-la.

A *qualidade da água* sofreria naturalmente impactes negativos, ainda que temporários, devido aos imensos volumes exigidos para o êxito desta operação.

Seriam gerados bastantes resíduos, numa fase inicial, com a remoção das estruturas de defesa, sendo que posteriormente e ao longo dos anos, esses impactes deixariam de existir, tornando-se positivos por não existirem ou serem insignificantes.

Também o ambiente sonoro sofreria incidências negativas no momento das operações de remoção. Contudo, passariam a insignificantes depois destas operações, sofrendo de novo impactes com pouca relevância quando se procedesse à realimentação artificial com areias.

Finalmente, o território poderá sofrer grandes danos, mesmo que se realizem constantes alimentações. Espinho, a Costa Nova, Vagueira e Costa da Caparica são exemplos de que alimentações artificiais com areia não seriam suficientes para impedir o rápido avanço do mar, destruindo o edificado. Para além disso, e uma vez mais, colocar-se-ia o problema (maior, neste caso, pelas quantidades exigidas) da existência de jazigos de areias próprias para o enchimento. É um cenário bastante sensível e que merece especial atenção para que não ocorram erros inesperados relativos ao rápido avanço do mar, nalguns casos.

Quadro 5.16. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona intermédia, para o cenário 5

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	8	3	24	3	24	4	32
Flora/Fauna	8	4	32	4	32	4	32
Paisagem	20	1	20	1	20	1	20
Qualidade da Água	4	4	16	4	16	4	16
Gestão/Produção de Resíduos	10	5	50	2	20	1	10
Ambiente Sonoro	10	4	40	3	30	3	30
Dinâmica Costeira	30	4	120	4	120	3	90
Uso do Solo e Ordenamento do Território	10	5	50	5	50	5	50
Total	100		352		212		280

Quadro 5.17. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona protegida, para o cenário 5

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	12	3	36	3	36	4	48
Flora/Fauna	28	4	112	4	112	4	112
Paisagem	28	1	28	1	28	1	28
Qualidade da Água	8	4	32	4	32	4	32
Gestão/Produção de Resíduos	4	5	20	2	8	1	4
Ambiente Sonoro	10	4	40	3	30	3	30
Dinâmica Costeira	6	4	24	4	24	3	18
Uso do Solo e Ordenamento do Território	4	5	20	5	20	5	20
Total	100		312		290		292

Quadro 5.18. – Exemplo de componente ambiental, segundo a ponderação paramétrica de uma zona bastante urbanizada, para o cenário 5

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	Ponderação	INCIDÊNCIA					
		5 anos		15 anos		30 anos	
		Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.	Atrib.	Pond.
Hidrogeologia	4	3	12	3	12	4	16
Flora/Fauna	5	4	20	4	20	4	20
Paisagem	7	1	7	1	7	1	7
Qualidade da Água	7	4	28	4	28	4	28
Gestão/Produção de Resíduos	5	5	25	2	10	1	5
Ambiente Sonoro	2	4	8	3	6	3	6
Dinâmica Costeira	50	4	200	4	200	3	150
Uso do Solo e Ordenamento do Território	20	5	100	5	100	5	100
Total	100		400		383		322

5.6.4.2.6. Análise comparativa da componente ambiental

Para as hipóteses adoptadas e ponderações atribuídas, o quadro 5.19. é uma síntese dos resultados obtidos no ponto anterior, de forma a facilitar a comparação de resultados.

Quadro 5.19. – Síntese comparativa dos cenários segundo os diferentes prazos e zonas

Cenário	Zona	Prazo		
		5 anos	15 anos	30 anos
1	Intermédia	3,1	4,3	4,6
	Protegida	3,4	4,1	4,5
	Muito Urbanizada	3,1	4,4	4,8
2	Intermédia	3,2	3,1	3,5
	Protegida	3,5	3,7	3,9
	Muito Urbanizada	3,2	2,9	3,6
3	Intermédia	3,4	2,9	2,3
	Protegida	3,9	2,9	2,1
	Muito Urbanizada	2,8	2,9	2,6
4	Intermédia	2,7	2,7	2,9
	Protegida	3,0	3,1	3,0
	Muito Urbanizada	2,4	2,4	3,0
5	Intermédia	3,5	2,1	2,8
	Protegida	3,1	2,9	2,9
	Muito Urbanizada	4,0	3,8	3,2

Analisando as três situações, verifica-se que:

Para a zona intermédia:

Num curto prazo, o cenário 4 (opção protecção) apresenta vantagens por implicar menos impactes negativos. No entanto, com o decorrer dos anos constata-se que os seus impactes tendem a passar de positivos com pouca relevância a insignificantes ou nulos. Seria um cenário plausível se não se analisassem as restantes hipóteses. Não restarão dúvidas quanto aos impactes negativos relevantes que uma atitude passiva (cenário 1) acarretaria com o avançar dos anos. A consequente destruição do edificado seria prejudicial principalmente num prazo a 30 anos. Estaria colocado de lado, portanto, este cenário. Os cenários 2 e 4, manutenção + alimentação e protecção + alimentação, respectivamente apresentam impactes semelhantes nos primeiros cinco anos. Contudo, passados 15 anos do início do processo, verifica-se que a variação no cenário 2 é neutra, o que não se verifica nos 15 anos seguintes em que os impactes tendem a passar a negativos, por isso algumas cautelas deverão ser tomadas quanto a este cenário visto que apresentar uma incerteza quanto ao futuro. Muito dependerá da evolução do mar associada à erosão costeira. A alimentação artificial de areias poderá ser inglória com o decorrer dos anos. A opção pelo cenário 3 é o que apresenta num horizonte longínquo, melhores resultados teóricos. Os seus impactes serão positivos pouco relevantes. Teoricamente poderia ser um cenário pouco “apetecível” devido ao pagamento de indemnizações e consequente perda de postos de trabalho, rendas, impostos e turistas. Contudo, devido à reorganização territorial tais impactes na

economia local serão atenuados a médio/longo prazo. Quadro idêntico apresenta o cenário 5, em que se propõe a remoção das estruturas de defesa costeira e alimentação com areias. Teoricamente, este cenário é também um forte candidato à escolha final, desde que o edificado existente não seja afectado. Estará, naturalmente, condicionado pela existência de volumes suficientes que satisfaçam as necessidades de uma praia para alimentações periódicas que terão, obrigatoriamente, de ser realizadas. Se tal não for factor condicionante, é um cenário a levar em conta, a par do terceiro (com vantagem teórica) e quarto. Como tal, e devido à proximidade de valores, seria benéfico que, consoante a praia em questão, fosse concretizada uma comparação entre pontos fracos e pontos fortes de cada um destes três cenários;

Para a zona protegida:

Teoricamente, o cenário 4 é o que apresenta uma maior estabilidade a nível dos seus impactes por não sofrer grandes variações, sendo que os mesmos são irrelevantes ou mesmo nulos. Contudo, não é o que apresenta melhores resultados, olhando para um horizonte temporal longínquo. A longo prazo, o cenário que refere a manutenção das estruturas de defesa e remoção do edificado com elevado grau de vulnerabilidade com a posterior alimentação das praias com areias e renaturalização (cenário 3) é aquele que obtém os resultados mais baixos, o que significa que os seus impactes serão positivos com alguma relevância. Contudo, os impactes resultantes dos primeiros cinco anos de vida do projecto, deixam a desejar por serem negativos, mesmo que com pouca significância. Portanto, seria de prever que se optasse por outro cenário menos impactante, mesmo que com resultados a longo prazo que, contudo, estarão dependentes das condições que se irão viver daqui a 30 anos. É um prazo com uma dose de incerteza associada porque as condições esperadas são analisadas segundo as actuais situações (ano zero do cenário). Os cenários 1 e 2 apresentam impactes negativos com alguma ou muita significância, pelo que são hipóteses riscadas à partida, uma vez mais. Os seus valores não fogem muito aos atingidos para a situação anterior, de zona intermédia. Resta analisar o último cenário. As suas semelhanças, não em termos processuais, mas sim no que concerne aos resultados, são grandes, o que significa da sua análise que os seus impactes são nulos ou insignificantes no ambiente. Uma vez mais, sugere-se uma confrontação entre pontos fortes e fracos, desta feita para os cenários 4 e 5.

Para a zona bastante urbanizada:

Uma atitude passiva, sem a realização de qualquer intervenção de defesa costeira, deixando o mar evoluir naturalmente, não é solução para qualquer uma das situações. Qualquer que seja a zona, a tendência é prejudicial, ano após ano. A opção “nada fazer” tem, contudo, de ser analisada, tendo a função de “cenário controlo”. Os impactes negativos são, também eles, uma realidade no cenário 2 que defende a manutenção das actuais estruturas de defesa costeira e das edificações existentes, associada à alimentação artificial. Estes procedimentos apenas irão servir para adiar o problema durante algum tempo, sendo que o agravamento do mesmo durante o decorrer dos anos será uma realidade inevitável, resultando em impactes negativos cada vez mais significativos. O quinto cenário é um cenário pouco apetecível para os primeiros 15 anos por apresentar impactes negativos com alguma relevância. Apenas num período mais longínquo é que a opção se poderá tornar mais adequada e sem impactes ambientes relevantes, desde que o edificado não seja afectado. Caso contrário, os números relativos aos impactes negativos poderão disparar para grau 5. Analisando, ainda, os primeiros 15 anos, torna-se evidente que os impactes positivos associados ao ambiente do cenário 4 poderão ser decisivos na tomada de decisão final. Apresenta valores ligeiramente melhores que o cenário 3, se bem que tal não é factor de exclusão à cabeça. Aliás, analisando ambos os cenários a longo prazo, é de notar que os impactes no cenário que defende a manutenção das estruturas + remoção do edificado em risco a curto/médio prazo + alimentação artificial + renaturalização são mais positivos que os do cenário 4.

Uma análise entre pontos fracos Vs. pontos fortes ambientais dos cenários 3 e 4 será, uma vez mais, uma obrigatoriedade.

O quadro 5.20. é composto pela média aritmética dos impactes, isto é, pelos valores médios dos parâmetros avaliados para os diferentes períodos. Ora, a constituição do mesmo é independente da localização e, como tal, da ponderação paramétrica. Analisando, agora, de outra forma, os impactes registados nos cinco cenários mencionados, verifica-se, primeiramente, que os cenários 1 e 2, segundo um critério ambiental, são prejudiciais, isto é, os impactes verificados, segundo a sugestão realizada, são classificados como negativos pouco significativos, o que por si só, tornaria impeditiva a concretização de um projecto (caso fosse visto única e exclusivamente sob o ponto de vista ambiental). Ainda segundo esta componente, é de notar, em termos de média aritmética, dos impactes registados no cenário 3 serem praticamente nulos. Contudo, o seu resultado não torna inviável o projecto no processo de decisão. No cenário 3, verificam-se impactes positivos pouco significativos no que concerne ao uso do solo, ordenamento do território, à paisagem (devido à eliminação do edificado em risco) e à dinâmica costeira.

Na média aritmética dos impactes, segundo os cinco cenários e para os valores adoptados, o cenário 4 é aquele que estará melhor posicionado para ser o concretizado. Ainda sob o ponto de vista ambiental, visto o quadro 5.20. tratar disso mesmo, são de registar os impactes positivos na maioria dos parâmetros analisados, no cenário 4, excepto na paisagem (devendo-se à manutenção do edificado), na flora e fauna (impactes nulos ou insignificantes em ambos) e no ambiente sonoro (impacte negativo pouco significativo).

De modo a escolher o melhor cenário, sob a componente analisada, deve-se proceder ao estudo das externalidades, positivas e negativas, entre os cenários 3 e 4. O cenário 5 torna-se numa hipótese mais remota. Deverão ser estudadas as suas externalidades, caso a zona não apresente um risco elevado associado, com a eliminação das estruturas de defesa costeira. Estas não poderão ser descritas no trabalho, por se tratar de algo genérico e poderem ser de natureza diversa. As externalidades estarão, naturalmente associadas às condições locais. A partir desta análise comparativa, será mais fácil chegar a uma conclusão quanto ao melhor cenário a implementar.

Resultados tão próximos não podem estar vinculados nem ser vistos modularmente, isto é, pelo facto do cenário 4 apresentar o valor mais baixo, não significa que seja o melhor, segundo vários vectores, e mais fácil de concretizar. No entanto, é o único a apresentar melhorias, mesmo que praticamente insignificantes, relativamente ao panorama actual. Em termos ambientais, os dois primeiros cenários parecem não ser os mais favoráveis.

Quadro 5.20. – Comparação dos impactes registados na componente ambiental nos cinco cenários

Parâmetros Ambientais	Cenários				
	1	2	3	4	5
Hidrogeologia	4,0	4,0	3,0	2,7	3,3
Flora/Fauna	5,0	5,0	3,0	3,0	4,0
Paisagem	3,7	2,7	2,3	3,0	1,0
Qualidade da Água	2,3	3,3	3,7	3,7	4,0
Gestão/Produção de Resíduos	4,7	3,7	3,7	2,7	2,7
Ambiente Sonoro	3,0	3,3	4,0	3,7	3,3
Dinâmica Costeira	4,3	2,7	2,7	2,3	3,7
Uso do Solo e Ordenamento do Território	4,0	4,0	2,3	2,3	5,0
Total	3,88	3,58	3,08	2,92	3,38

5.6.4.3. Componente social

Poderão ser tratados alguns parâmetros relativos à componente social. É de prever que as reacções sejam diferentes de cenário para cenário. Por exemplo, no caso do **cenário 3** em que uma das alterações passa pela demolição das edificações com elevada vulnerabilidade ao processo erosivo, é de prever que a agitação social seja maior. Associada a esta turbulência social poderão estar os trabalhadores locais que poderão vir a ser prejudicados caso o cenário 3 seja o escolhido. A sua qualidade de vida, bem como a dos habitantes, apresentará, a curto prazo, um impacte negativo com alguma significância pelo transtorno provocado. O turismo sofrerá penalizações com as demolições e com as obras e, quanto mais eficaz for a execução das obras, mais rapidamente o turismo local irá recuperar. O impacte social positivo passa pelo processo indemnizatório, que poderão “acalmar” os habitantes ou proprietários locais. Por vezes, é um processo moroso e bastante exigente, com negociações duras e recurso a tribunais de ambas as partes. Por um lado, os proprietários das edificações exigem, no mínimo, as mesmas condições patrimoniais e, visto terem optado por viver junto à praia, torna-se difícil abrir mão desse pressuposto. Por outro lado, exigem indemnizações elevadas de modo a compensar as perdas a vários níveis associadas à mudança. A médio-longo prazo este factor deixa de ser relevante, visto o processo indemnizatório ocorrer, naturalmente, apenas numa fase inicial. Também, num período nunca inferior ao decorrente das obras, isto é, superior a 10-15 anos, a qualidade de vida e o turismo poderão sofrer impactes positivos significativos a muito significativos. A mobilização social contra as demolições já não se iria verificar a médio prazo, bem como os postos de trabalho que, consoante a situação, poderão aumentar ou diminuir, após a conclusão das obras.

Posições contrárias no tempo serão evidentes para os dois primeiros cenários. Devido à passividade registada no **primeiro cenário**, seria de prever que numa fase inicial não existiriam impactes ou, pelo menos, não seriam significativos. Apenas com o decorrer dos anos, e com o natural avanço do mar, é que a população local poderia começar a agitar-se de modo a tentar “proteger” os seus bens patrimoniais. As consequentes indemnizações e redução do número dos postos de trabalho sofreriam, certamente, impactes negativos relevantes. O **cenário 2**, apenas adiará o problema e os impactes resultantes seriam os mesmos, embora posteriores aos registados do cenário 1.

A **opção 4** seria vista como uma garantia e até como um balão de oxigénio para os residentes de uma determinada região. Seria um cenário bem acolhido visto que veriam os seus bens patrimoniais protegidos, quem sabe durante décadas. Não existiriam os problemas registados no cenário 3 devido às

demolições, as indemnizações não seriam, portanto, uma realidade, pelo menos, a curto prazo, e até a qualidade de vida não sofreria impactes negativos, antes pelo contrário, poderiam ser positivos ou, no mínimo, nulos a insignificantes. O turismo poderia, também, não sofrer grandes alterações, sendo que com esta opção, tanto os hotéis, como os parques de campismo ou os arrendamentos temporários a particulares não sofreriam diminuição.

Caso a opção recaísse no **cenário 5**, a componente social não seria, eventualmente, afectada e os impactes seriam nulos ou positivos, maioritariamente, caso o problema mencionado, anteriormente, relativo à existência de fontes capazes de alimentar com bastante frequência uma praia não se registasse e se a zona edificada não fosse afectada sem defesas costeiras. Parâmetros como a qualidade de vida dos habitantes, possíveis indemnizações, postos de trabalho e mobilização do meio contra demolições não se registariam, sendo o seu impacto nulo. Apenas em prazos mais distantes é que os problemas poderiam começar a surgir relativamente à qualidade de vida. Supondo a existência de um esporão a proteger uma zona urbana a barlar, a sua retirada a médio longo prazo, poderia significar a ruptura e devastação da zona devido aos efeitos erosivos que se poderiam registar. Consequentemente, poderia haver lugar a um processo indemnizatório e à afectação de postos de trabalho, turismo e qualidade de vida. A agitação social seria, igualmente, uma realidade e a pressão jornalística poderia fazer com que fossem tomadas medidas com cariz urgente, que por serem feitas em “cima do joelho”, por vezes, são temporárias e não apresentam uma solução real do problema.

5.6.4.4. Avaliação dos encargos estatais

Relativamente aos encargos estatais, o cenário 3 é aquele mais prejudicado, muito devido às compensações financeiras a atribuir aos donos dos edificados que serão destruídos.

A alimentação artificial com areias não será uma questão diferente para os 3 cenários visto estar prevista em todos eles, embora no último é admitida a hipótese de serem realizadas alimentações mais frequentes comparativamente com os cenários 3 e 4. Os custos envolvidos estarão, contudo, dependentes, na sua maioria, das condições em que as operações de dragagem são realizadas e do local onde se irão retirar as areias. É possível que a quantidade requerida na opção 4 seja menor, visto haver construção de novas estruturas de defesa, para além da manutenção equacionada para ambos os cenários. Já para o cenário 5, é de prever que os custos associados à alimentação artificial disparem consoante a periodicidade das operações. A remoção das actuais estruturas não terá na folha de custos um peso tão grande quanto as alimentações exigidas.

5.7. CASOS DE ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL COM AREIAS, EM PORTUGAL

Foi referido, na primeira parte do trabalho, que uma das principais causas relacionadas com a erosão costeira era a obstrução ao trânsito sedimentar feita por parte de obras de defesa costeira. Ao serem analisadas as praias que foram, ou serão, alimentadas artificialmente, verifica-se facilmente que a esmagadora maioria dos casos têm a norte um porto e, consequentemente, por motivos de segurança de navegabilidade, extensos quebramares e canais de navegação. Todos os casos estudados têm, também, um aglomerado urbano associado. Caso não houvesse, a probabilidade de se concretizar uma alimentação artificial, na costa portuguesa, seria extremamente reduzida ou mesmo nula, devido aos custos associados para defender temporariamente apenas um pedaço de costa que, mais cedo ou mais tarde, seria terreno do mar, ainda para mais com as condições de agitação existentes, principalmente, ao longo da costa oeste portuguesa. Ter-se-ia, portanto, uma atitude passiva, na hipótese de não existir património a defender, permitindo a evolução natural da costa, não realizando qualquer intervenção de

defesa costeira. A origem das areias é outro factor condicionante, devido às quantidades necessárias e à qualidade exigida. Estas poderão ser oriundas do interior dos portos, devido aos problemas de assoreamento e consequentes dragagens de remediação ou de manutenção, de zonas submersas próximas da costa ou off-shore. Quanto mais afastada da costa é a proveniência dos sedimentos, mais cara irá ficar a operação. A monitorização torna-se fundamental de modo a acompanhar a evolução comportamental dos sedimentos transpostos, bem como o crescimento, ou não, da praia. Um quadro-resumo – quadro 5.21. – é, de seguida, apresentado de modo a sintetizar os casos protagonizados em Portugal Continental.

Quadro 5.21. – Principais casos, em Portugal Continental, de alimentação artificial com areias

Casos de Estudo	Portos / Canais de Navegação	Aglomerado Urbano	Histórico de Intervenções	Origem das Areias	Monitorização
Viana do Castelo	Porto de Viana do Castelo (Amorosa)	Viana do Castelo	Previstas para 2010	Canal de Navegação	Prevista
Póvoa do Varzim	Porto de pesca da Póvoa de Varzim (Vila do Conde)	Vila do Conde	Previstas	Interior do Porto	Não
Matosinhos	Porto de Leixões (Matosinhos)	Matosinhos	1993-1999	Canal do Porto	Sim
Costa Nova	Porto de Aveiro (Costa Nova)	Costa Nova	2008 - 2010 (em curso)	Barra e Canal de Mira	Sim
Costa da Caparica	Estuário do Tejo (Costa da Caparica)	Costa da Caparica	2006 - 2009	Canal de Navegação	Sim
Praia da Rocha e Três Castelos	Porto de Portimão	Portimão	Desde a década de 70	Canal de navegação	Sim
Vilamoura	Marina e porto de pesca de Vilamoura	Vilamoura e Quarteira	2005	Off-shore	Sim
Vale do Lobo	Marina e porto de pesca de Vilamoura	Vale do Lobo	2002-2004/5 e 2009	Off-shore	Sim

5.8. FACTORES DE VALORIZAÇÃO BALNEAR

5.8.1. PERMANÊNCIA POTENCIAL DOS SEDIMENTOS NUM LOCAL

A permanência potencial de areia numa praia pode estar dependente ou ligada a vários factores:

- *Clima de agitação* em termos de intensidade. Este factor é maior na costa oeste que na costa sul. Apresenta uma tendência de decréscimo na costa ocidental, de norte para sul;
- *Obliquidade da agitação* – a deriva litoral está relacionada com a obliquidade da agitação. Quanto maior for a obliquidade da agitação em relação à linha de costa, maior será a deriva litoral;

- *Protecções naturais existentes* – a presença de protecções naturais ao longo das costas litorais oeste e sul portuguesas, tais como cabos naturais, favorece a estabilidade a barlamar. As zonas litorais em forma de baía são mais protegidas do que as zonas com alinhamentos rectilíneos;
- *Protecções artificiais* – a existência de campos de esporões e/ou de quebramares destacados promove a acumulação de areias a barlamar.

No quadro 5.22. é apresentada uma caracterização zonal relacionada com a permanência potencial das areias numa praia, incluindo exemplos existentes na costa portuguesa. Verifica-se que, independentemente do clima de agitação ser mais severo na costa oeste, este factor não está directamente relacionado com o tempo de permanência. Veja-se o caso da praia de Vale do Lobo em que o clima de agitação não é tão rigoroso e a permanência potencial é menor que a praia de Matosinhos (Norte), por exemplo. A sua exposição aliada à falta de protecções naturais ou artificiais ajudam a interpretar a situação.

Quadro 5.22. – Permanência potencial das areias nos diferentes tipos de praias

Nível	Caracterização	Permanência Potencial (anos)	Exemplos
1	Zona pouco exposta e com protecções naturais	15 - 30	Praia da Rocha
2	Zona pouco exposta e com protecções artificiais	10 - 15	Praia Matosinhos (Norte)
3	Zona pouco exposta sem protecções naturais ou artificiais	7 - 10	Praia dos Três Castelos
4	Zona linear e sem protecções artificiais ou naturais	3 - 6	Vale do Lobo
5	Zona muito exposta com protecções artificiais	1 - 6	Costa da Caparica
6	Zona muito exposta e sem protecções naturais ou artificiais	1 - 3	Praia do Castelo do Queijo

5.8.2. CUSTOS ENVOLVIDOS

Segundo Bray *et al.*, 1997, os custos relativos às operações de dragagem são relativos à mobilização dos equipamentos, ao combustível e lubrificantes, aos itens de consumo, à tripulação, ao planeamento e supervisão, à manutenção e aos reparos rotineiros, ao desgaste, ao seguro, às despesas gerais e às implicações financeiras (depreciação, amortização e taxas de juros sobre o capital empregado).

O preço do m³ de areia pode variar no tempo e consoante o seu local de origem. Quanto mais próxima for a fonte de sedimentos a dragar para alimentar artificialmente uma praia, menor será o custo/m².

Para a maioria das operações de dragagem, o custo total depende de do custo de mobilização e desmobilização dos equipamentos e mão-de-obra e do custo da realização do trabalho propriamente dito. Torna-se difícil, mesmo para a empreiteira, estimar os custos de mobilização muito antes da realização do trabalho, particularmente se este for realizado em locais distantes dos centros onde ocorrem actividades de dragagem regularmente.

A empresa contratada pode fornecer o serviço através do fretamento pelo tempo de execução ou de acordo com o volume a ser dragado. No caso do aluguer por tempo, o cliente pagará o serviço de acordo com o tempo despendido no processo, sendo supervisionado pelo mesmo, e estando a empresa contratada livre de riscos, pois a responsabilidade pelo projecto é do cliente. No caso do contrato que considere o volume dragado, o pagamento é feito de acordo com os volumes dragados ou alimentados, sendo mais atraente para o cliente, mas envolvendo um risco maior para a empresa contratada. A responsabilidade também está ligada ao cliente, o qual deve ter algum conhecimento para a escolha e correcto emprego do equipamento. O cliente fica responsável por fornecer à empreiteira algumas informações, tais como, o tipo de sedimentos, batimetria, dados do vento, correntes e ondas, visibilidade, movimentação de navios e embarcações na área, entre outras.

Os parâmetros económicos relativos ao manuseamento de resíduos sólidos (lixo e rejeição de produtos dragados) são um caso especial de custos de transporte (Broadus, 1990). Segundo este autor, os custos de transporte para sítios de despejo no oceano são menores que aqueles para o transporte em terra, sendo o primeiro o preferido na maioria dos casos. O grande problema ocorre na avaliação dos benefícios de cada um.

Em Nova Iorque, os resíduos costumavam ser transportados para um local de despejo a 106 milhas náuticas da costa, sendo que o custo deste transporte era cerca de 4 vezes mais elevado que o custo referente ao despejo noutra local a 12 milhas da costa. Contudo, as autoridades sanitárias afirmaram que o custo ambiental e social para este despejo a 106 milhas era muito menor que aquele realizado no local mais próximo à costa.

O norte do país apresenta condições operacionais bem mais complicadas que o sul do país, devido ao clima de agitação. No entanto, apresenta a vantagem de possuir maior número de portos e canais de navegação que poderão fornecer os sedimentos necessários para alimentar as praias a partir das dragagens de primeiro estabelecimento e de manutenção. As operações de dragagem, bem como a qualidade dos sedimentos, são, potencialmente, mais favoráveis no sul. Contudo, poderão apresentar restrições ambientais devido à menor hidrodinâmica existente.

O projecto de alimentação artificial das praias da Costa de Caparica e de São João, que começou em 2007 e deverá terminar em 2011, dependendo dos resultados dos levantamentos topohidrográficos, tem um custo previsto de 22 milhões de euros. A alimentação artificial das praias teve, durante o ano de 2008, um custo total de 5,6 milhões de euros, valor suportado pelo Instituto da Água e Administração do Porto de Lisboa. Prevê-se que sejam, ao todo, colocados três milhões e meio de metros cúbicos de areia na costa.

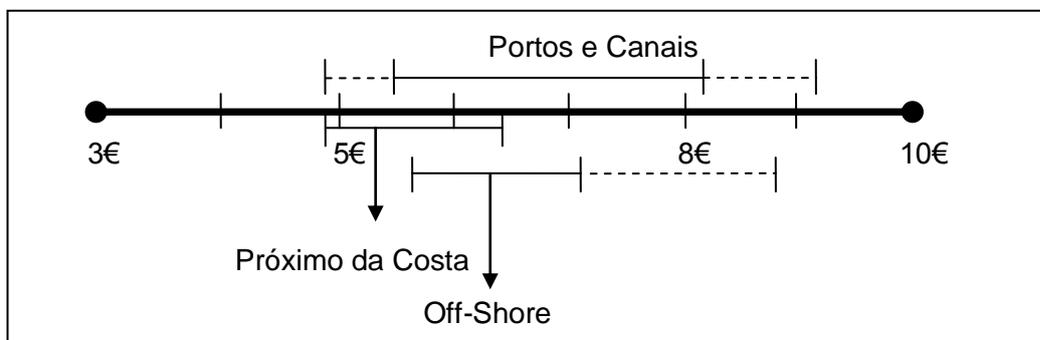


Figura 5.1. – Indicador de custos médios por m^3 de areia para alimentação artificial com intervalo de incerteza associada

Há factores que podem explicar os intervalos associados a incertezas. A dimensão das dragas é uma das razões pela qual pode variar o custo médio do m³ de areia. Teoricamente, uma draga Jumbo diminui os custos, visto que a capacidade do porão é muito superior a todas as outras, logo efectua menos viagens e, mesmo consumindo mais combustível, é de esperar que os custos diminuam. Contudo, está dependente das condições hidromorfológicas da zona costeira. Caso seja uma zona rochosa, terá que repulsar a areia pela técnica “rainbowing” (arco-íris) e isso implicará que o reperfilamento da praia possa fazer com que os custos aumentem consideravelmente. A distância à costa é outro ponto a associado às incertezas do preço final. Teoricamente, quanto mais próxima da costa for a fonte de sedimentos, a operação ficará menos dispendiosa. As profundidades são, também, um factor a ter em linha de conta; quanto maior for a profundidade, maior será o custo médio do m³ de areia.

5.8.3. CAPACIDADE DE CARGA

O conceito de capacidade de carga, quando relacionado com as actividades de recreio e lazer, torna-se subjectivo pelas suas dificuldades de quantificação e qualificação. A sua definição para um determinado objecto de estudo deve apenas ser obtida após a identificação dos seus objectivos de gestão, o que indicia que nenhum local possui uma capacidade de carga intrínseca. Caso os objectivos de gestão e ordenamento sejam múltiplos, tal facto indicará que existiram várias capacidades de carga para o mesmo local (Pereira da Silva, C. 2002). O seu conceito pode ser subdividido em quatro categorias: capacidade de carga física, económica, ecológica e social.

A *capacidade de carga física* refere-se ao número máximo de unidades que uma área ou actividade específica pode suportar de forma satisfatória. O conceito, quando aplicado a uma praia, pode ser calculado pelo número de lugares de estacionamento ou pela capacidade de acomodar pessoas num areal. Este conceito representa, em termos espaciais, a praia e zona de desenvolvimento turística litoral.

A *capacidade de carga ecológica* define-se como o limite máximo de utilizadores e actividades que uma determinada área ou ecossistema pode suportar, sem que haja uma inversão dos seus valores ecológicos. O conceito abrange, principalmente, o mar e as dunas.

A *capacidade de carga económica* é o valor mínimo que um determinado recurso necessita para que exista viabilidade económica. O conceito focaliza-se no *hinterland* (zona de desenvolvimento turística litoral).

A *capacidade de carga social* está relacionada com os utilizadores de um recurso turístico e a sua percepção relativamente ao seu grau de congestionamento, em termos de utilização. (zona da praia com função recreativa).

Poderá resultar a definição de *capacidade de carga recreativa* quando existe interacção entre os conceitos anteriores. É, então, o limite a partir do qual o recurso fica saturado (capacidade de carga física), as características ambientais se degradam (capacidade de carga ecológica) e a fruição por parte do utilizador diminui (capacidade de carga social).

5.8.3.1. Capacidade de carga das praias

Quanto às áreas litorais, para além das áreas de praia, há ainda a contabilizar os espaços adjacentes, tais como, os sistemas dunares, o mar ou as arribas. É de prever que a qualidade de fruição diminua quanto maior for a intensidade de utilização de uma praia (Pereira da Silva, C., 2002). A massificação

turística do litoral, iniciada nos anos 60, levou a cabo uma série de estudos relativos à capacidade de carga das praias, com propostas de índices de utilização – Quadro 5.23.

Quadro 5.23. – Estudo sobre índices de utilização de praias (De Ruyck, 1997, adaptado)

Estudos	m ² por utilizador
Andric <i>et al.</i> , 1962	5
ORCC, 1963	9,2
Foras Forbatha, 1973	10
Florida Recreation and Parks Association, 1975	9,2
Baud, Bovy & Lawson, 1977	8
Urban Land Institute, 1981	14
Sowan, 1987	15
Ruyck <i>et al.</i> , 1997	6,3 - 25
Yepes, 1999	5

Yepes, com os estudos protagonizados em 1999, considerou que, numa praia, existem zonas distintas: uma zona activa de 10 m acima da linha de água e uma zona de repouso com uma largura máxima de 35 m (utilização menos intensiva relativamente à anterior).

A capacidade de carga de uma praia não pode ser calculada por uma simples fórmula matemática devido à envolvimento de factores como a praia (acessos, frente de mar, segurança, condições de mar, profundidade, estacionamento), a envolvente (estruturas de apoio, capacidade de alojamento da área onde se insere, estacionamento e acessibilidade) e factores exteriores (clima, hora, expectativa dos utilizadores, altura do ano, dia). A conjugação destes factores permitirá calcular a capacidade de carga de uma praia. (Pereira da Silva, C., 2002).

A validade dos índices de utilização das praias é apenas um valor indicativo, tornando-os, de certa forma, relativos. Há casos em que 4m²/utilizador não são sinónimo de grande congestionamento. Note-se o caso da praia de Durban – Figura 5.2. –, na África do Sul, em que nem sequer se consegue estabelecer um critério de classificação devido à presença massificada de pessoas, no dia de ano novo.



Figura 5.2. – Praia de Durban, África do Sul (2.bp.blogspot.com)

5.8.3.2. Capacidade de carga das praias portuguesas

A diferença de critérios para o cálculo da capacidade de carga das praias verificada nos POOC's usados pelas equipas responsáveis seja diferente, o que implica uma dispersão de resultados.

Quadro 5.24. – Critérios base para o cálculo da capacidade de carga bruta utilizados pelos POOC's

POOC	Índice de ocupação máxima	Distância cómoda	Profundidade de utilização
Caminha - Espinho	7.5 m ² /utente	Não designada	Não definida
Ovar - Marinha Grande	7.5 m ² /utente	250 m	40 m
Alcobaça-Mafra	7.5 m ² /utente	200 m	Não definida
Cidadela - Forte S. João da Barra	10 m ² /utente	100 m	50 m
Sintra - Sado	7-30 m ² /utente	500 m	50 m
Sado - Sines	10 m ² /utente	500 m	25 m
Sines - Burgau	7 m ² /utente	250 m	50 m
Burgau - Vilamoura	7 m ² /utente	250 m	50 m
Vilamoura - Vila Real de St. António	10 m ² /utente	250 m	15-20 m

A subjectividade evidenciada no quadro 5.24., faz com que não se consiga definir para uma determinada praia um índice de ocupação máxima específica devido à sua variação entre 5.5 e 10 m² por utente entre diferentes POOC'S. Por outro lado, O POOC de Caminha – Espinho implica dezenas de praias e, por conseguinte, praias vizinhas, dentro do mesmo plano, poderão ter dados distintos, por exemplo, quanto à distância cómoda (distancia máxima a percorrer na praia entre o ponto do acesso ao areal e a área de praia onde se distribuem os utilizadores. A atribuição de uma capacidade de carga às praias torna-se, portanto, pouco consistente.

As discrepâncias poderão ser dissipadas no recurso à análise do quadro 5.25. Há casos em que se considera apenas a área útil de praia e outros em que, para além da distância cómoda e da área de praia, também se tem em conta os aspectos exteriores à praia. O quadro 5.26. integra os casos de estudo nos respectivos POOC.

De forma a obter uma capacidade de carga mais rigorosa, a avaliação paisagística e os estudos de percepção são importantes e necessitam de ser mais aprofundados e integrados no estudo sobre a capacidade de carga das praias portuguesas.

Quadro 5.25. – Definição de capacidades de carga de alguns POOC's, de acordo com o DL 309/93 – Planos de Ordenamento da Orla Costeira (m²/utente) (Pereira da Silva, C., 2002)

POOC	Praia Tipo I	Praia Tipo II	Praia Tipo III	Praia Tipo IV
Caminha - Espinho	7.5 m ² área útil concessionada	15 m ² área útil	15 m ² área útil não concessionada	30 m ² área útil não concessionada
	15 m ² área útil não concessionada		30 m ² área útil não concessionada	
Sado - Sines	10 m ² Extensão máxima de frente de mar até 1000 metros a partir do ponto de acesso com uma profundidade máxima de 25 metros. O valor resultante é posteriormente ponderado por um índice resultante da avaliação de vários aspectos de cada praia (sensibilidade, acessos, acessibilidade, infra-estruturas e actual procura)			
Sines - Burgau e Burgau - Vilamoura	7 m ² área de areia seca que se encontra à distância cómoda de acesso de 250 m e com uma profundidade máxima de 50 m	15 m ² área de areia seca que se encontra à distância cómoda de acesso de 250 m e com uma profundidade máxima de 50 m	15 m ² área de areia seca que se encontra à distância cómoda de acesso e com uma profundidade máxima de 50 m	30 m ² considerando uma distância cómoda de 200 metros e profundidade de 40 metros
	15 m ² área de areia seca a distância superior à distância cómoda de acesso e com profundidade máxima de 50 m	30 m ² área de areia seca a distância superior à distância cómoda de acesso e com profundidade máxima de 50 m	30 m ² área de areia seca a distância superior à distância cómoda de acesso e com profundidade máxima de 50 m	
	15 m ² área sujeita ao espraio das vagas	30 m ² área sujeita ao espraio das vagas	30 m ² área sujeita ao espraio das vagas	
Ovar - Marinha Grande	7.5 m ² considerando uma distância cómoda de 200 m e profundidade de 40 m	15 m ² considerando uma distância cómoda de 200 m e profundidade de 40 m	30 m ² considerando uma distância cómoda de 200 m e profundidade de 40 m	
Alcobaça - Mafra	7.5 m ² área equipada	10 m ² área equipada	15 m ² área equipada	
	15m ² área adjacente até à distância cómoda de 200 m	20m ² área adjacente até à distância cómoda de 200 m	30m ² área adjacente até à distância cómoda de 200 m	

I – Praia urbana com uso intensivo (“praia urbana”)

II – Praia não urbana com uso intensivo (“praia peri-urbana”)

III – Praia equipada com uso condicionado (“praia semi-natural”)

IV – Praia não equipada com uso condicionado (“praia natural”)

V – Praia com uso restrito (“litoral de protecção”)

VI – Praia de uso interdito (“litoral de protecção”)

Quadro 5.26. – Enquadramento dos casos de estudo nos POOC's, segundo o DL 309/93

Casos de Estudo	POOC	Índice de Ocupação Máxima	Praia Tipo
Viana do Castelo	Caminha-Espinho	7.5 m ² /utente	I
Póvoa do Varzim	Caminha-Espinho	7.5 m ² /utente	I
Matosinhos	Caminha-Espinho	7.5 m ² /utente	I
Costa Nova	Ovar - Marinha Grande	7.5 m ² /utente	I
Costa da Caparica	Sado - Sines	10 m ² /utente	I
Praia da Rocha e Três Castelos	Burgau - Vilamoura	7 m ² /utente	I e III
Vilamoura	Burgau - Vilamoura	7 m ² /utente	I
Vale do Lobo	Vilamoura – Vila Real de Santo António	7 m ² /utente	II

5.8.4. PERCEPÇÃO PAISAGÍSTICA

Os estudos sobre a percepção da paisagem por parte dos indivíduos que com ela interagem avaliam os elementos influentes em cada utente. O enquadramento dos estudos é uma questão de fundo na medida em que sem eles, os trabalhos tornam-se desarticulados e subjectivos. A melhor forma de aumentar o leque de visão, numa perspectiva paisagística, passa pela auscultação da população residente no local em estudo mas também de turistas e visitantes. As características intrínsecas e pessoais a cada indivíduo (religião, cultura, educação, idade, etc.) poderão ser influenciadores na decisão final. A valorização paisagística é consequência de factores históricos, inatos, estéticos, modais e artísticos.

É possível identificar cinco períodos distintos na evolução do conceito e do estudo sobre a percepção paisagística. Entre finais dos anos 60 e inícios da década seguinte surgiram os métodos intuitivos. Entre 71 e 76 estudaram-se as análises estatísticas complexas. Posteriormente e até 1983, o público começou a ser auscultado acerca das suas preferências. Entre 1983 e até 1990, utilizaram-se análises psicológicas e integraram-se influências anteriores. Na década de 90, surgiram as tecnologias de informação geográfica (Pereira da Silva, C., 2002).

5.8.4.1. Percepção paisagística aplicada às praias

Até há poucos anos atrás, a gestão das praias era direccionada para o estudo da capacidade de carga. Tais estudos faziam com que, consoante a procura existente, os equipamentos e infraestruturas fossem construídos de modo a otimizar e gerir recursos. As características das praias são, naturalmente, distintas de país para país e, como tal, a percepção paisagística será, também ela, diferente.

Segundo Pereira da Silva, C. (2002), *“A importância económica que as praias têm hoje em dia, implica considerá-las como um importante factor produtivo, não deixando porém, de estar limitadas a uma determinada capacidade que, por sua vez, também é condicionante do crescimento turístico de um determinado local.”*

5.8.4.2. Classificação das paisagens costeiras

A paisagem é um termo existente em diversas disciplinas ou ciências, como a geológica, a biológica, a geoquímica, a arquitectónica e o ordenamento territorial. Uma aproximação linear à paisagem costeira

é necessária, visto que a zona costeira é uma faixa relativamente estreita. O principal objectivo é criar critérios comuns para diferentes zonas costeiras.

O critério de classificação tem por base a selecção de diversos elementos paisagísticos bem como a sua influência na percepção estética. A classificação é feita a dois níveis: avaliação dos elementos naturais e avaliação dos impactes humanos. De uma forma geral, os primeiros estão associados a impactes positivos no valor paisagístico, ao passo que os segundos, maioritariamente, implicam impactes negativos, excepto a presença de faróis, ruínas históricas, miradouros, pequenas embarcações pesqueiras na praia e construções perpendiculares à costa para lazer e recreio. Estes elementos têm um impacto positivo na paisagem.

Será ajustada uma classificação inspirada nos estudos protagonizados por Kazimierz Furmanczyk *et al*, em 2002, para as costas italiana e polaca.

A cada elemento, no quadro 5.27. é atribuída uma classificação por pontos (de -3 a 3) e a sua soma ditará a classe na qual se insere. Relativamente aos elementos antropogénicos, existe uma variação na maioria dos impactes negativos. A variação representada na área junto à beira-mar tem a ver com o desenvolvimento verificado: caso existam meia dúzia de casas próximas da praia (-1); no caso de existir uma vila ou uma cidade longe da zona dunar (-2); se uma cidade ou uma vila se localizar sobre as dunas ou arribas (-3). A classificação do número de travessias também varia consoante o número de estruturas existentes. No caso de serem 3 ou 4 por quilómetro, a classificação será de -1. Se o número for superior a 5/Km, terá uma classificação de -2.

Quanto às estruturas aderentes, a avaliação estará dependente do seu tamanho: pequenas estruturas (-1) e grandes estruturas (-2). No caso de existirem 2 a 3 esporões por Km a sua pontuação será -1. Se forem mais ou se tiverem formato em T serão classificados com -2. Os quebramares existentes na foz de um rio serão classificados com -2.

As estruturas turísticas existentes numa praia se forem temporárias terão classificação -1. Se forem permanentes, será -2. As áreas militares ou industriais junto à costa terão a classificação única de -2.

Quadro 5.27. – Componentes de avaliação paisagística

Elementos Naturais	Classificação	Elementos Antropogénicos	Classificação
Praia	1	Desenvolvimento da área junto à beira-mar	-1; -2; -3
Arriba	2	Quantidade de travessias para a praia	-1; -2
Praia encaixada	2	Estruturas aderentes	-1; -2
Sem vegetação no declive da arriba	1	Esporões	-1; -2
Arriba natural ou vegetação dunar	1	Quebramares	-2
Altura da costa ≥ 15 m	1	Infraestrutura turística na praia	-1; -2
Amplitude da altura costeira ≥ 20 m	1	Área militar, área industrial	-2
Área protegida	2	Cultivo em dunas ou arribas	-1
Foz do rio não artificializada	1	Molhe para lazer e recreio	+1
Σ_N		Farol	+1
		Miradouro	+1
		Monumentos, castelos e ruínas	+1
		Embarcações pesqueiras de pequeno porte na praia	+1
		Σ_A	

Identificado o local de estudo, devem ser somados os valores para intervalos (ou secções) de 1km, isto é, cada quilómetro da área a classificar deverá ser classificado separadamente para o vector natural e para os impactes humanos, segundo os elementos mencionados.

As virtudes naturais da paisagem costeira serão divididas em 3 classes, consoante a classificação obtida: poucas virtudes (1-3), virtudes intermédias (4-6) e grandes virtudes (7-9). Os impactes antropogénicos serão, também, divididos em três categorias: pouco impacte (entre 0 e -3), impacte médio (entre -4 e -7) e grandes impactes (-8 a -11) – Quadro 5.28.

Quadro 5.28. – Critérios de classificação para os grupos de elementos paisagísticos costeiros

Nível das Virtudes Naturais		Nível do Impacte Humano	
Σ_A		Σ_N	
1 - 3	poucas	0 a -3	pouco
4 - 6	intermédias	-4 a -7	médio
7 - 9	grandes	-8 a -11	grande

Depois de classificadas as virtudes e os impactes, dever-se-á atingir a soma total $\Sigma_T (= \Sigma_A + \Sigma_N)$ que será, posteriormente, subdividida em 6 classes – Quadro 5.29.

A partir dos resultados obtidos será possível obter um diagrama com as secções de 1Km, cuja imagem será a realidade costeira mas com uma perspectiva vista do mar. A diferenciação entre impactes

humanos e virtudes naturais, faz com que seja possível estabelecer a comparação entre diferentes tipos de costa.

Quadro 5.29. – Critério de classificação paisagística costeira, segundo classes

Classe Paisagística	Valor $\Sigma_A + \Sigma_N$	Virtudes
I	6 - 10	elevadas
II	3 - 5	grandes
III	0 - 2	consideráveis
IV	-1 a -3	intermédias
V	-4 a -6	poucas
VI	-7 a -9	muito poucas

A alimentação artificial de praias pode contribuir para um aumento da capacidade de carga total e, por conseguinte, para uma melhoria da qualidade paisagística. Como se verificou, nos E.U.A., a aposta no turismo passa pela requalificação das praias e, para tal, a alimentação artificial deve ser admitida sempre que tal se justificar. Quanto menor a classe paisagística, mais virtudes irão existir e, como tal, para o utilizador esse é um factor, muitas vezes, decisivo na opção por uma praia. Associado a este factor, está a capacidade de carga total numa praia. O retorno económico para a alimentação artificial das praias será, potencialmente, tanto maior, quanto maior for a capacidade de carga.

RECOMENDAÇÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Depois de concluído este trabalho, é possível sugerir algumas recomendações, bem como desenvolvimentos futuros.

- Foram desenvolvidos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) geridos pela Administração Central com objectivo bem vincados, entre os quais, o ordenamento dos usos e actividades da orla costeira e assegurar a defesa e conservação da natureza. Como tal, as autarquias, de um modo geral, deveriam ter alguma autonomia, que na verdade já a possuem, mas responsabilizando-as, directamente, a si e aos autarcas, por possíveis actos danosos e políticas inadequadas em termos de edificabilidade em zonas vulneráveis. A não cedência a pressões para novas construções em zonas definidas com elevado grau de vulnerabilidade ou até mesmo de risco (fiscalização mais rígida e severa), seria visto como um passo em frente na boa gestão autárquica e um compromisso com os planos de ordenamento existentes. A fiscalização deveria, também, ser mais acentuada para acções como o pisoteio e o de estacionamento em zonas improvisadas com multas para os prevaricadores;
- Deverá ser alterada a atitude das entidades gestoras de alguns dos portos no sentido de incorporarem nos seus Planos e projectos medidas mitigadoras em relação à erosão, as quais passam pela alimentação artificial de praias com areias e pela transposição artificial de areias (quebramares e canais de navegação);
- Os quebramares são estruturas com grande capacidade de retenção de sedimentos. Como tal, sem deixar que a navegabilidade fosse colocada em causa nas embocaduras, canais de acesso e interior dos portos, deveriam ser aprofundados os estudos sobre a possibilidade de se instalarem *weir jetties*, como já acontece noutros países, que fazem retenção dos sedimentos, canalizam-nos para uma estrutura transversal à praia, direccionando-os e depositando-os nas praias a sotamar. Por outras palavras, seria realizada a transposição artificial, também designada por *by-pass*. Dessa forma, os problemas de navegabilidade e de erosões antecipadas das praias a sotamar dos portos não existiriam;
- O estudo aprofundado sobre bancos ou jazigos de areia em “off-shore” ou a divulgação de levantamentos já realizados seria benéfico para situações não apenas emergentes, mas para saber as potenciais quantidades e qualidades dos sedimentos longe da costa de modo a criar um plano pluri-anual para a alimentação artificial de praias sem que tal seja apenas concretizada em situações de necessidade iminente. Assim, aumentar-se-ia a capacidade de carga de praias previamente planeadas, sendo uma aposta, a médio prazo, no turismo nacional e na mitigação dos problemas de erosão costeira;
- Em termos de análise custo-benefício, o estudo de outros cenários plausíveis seria desejável. Foram mencionados aqueles considerados pelo autor como os mais importantes e válidos, no entanto, existem outros que, num futuro, talvez próximo, sejam possíveis de implementar, tais como, e a título exemplificativo, um cenário incluindo estruturas de quebramar *weir jetties* que promovam a transposição artificial das areias;

- O aprofundamento das simulações efectuadas para vários cenários passa pela eleição de um ou mais casos concretos e pela recolha de informação quanto a preços e custos específicos. O estudo foi protagonizado para uma situação geral.

CONCLUSÕES

- Com o agravamento dos problemas costeiros relacionados com a erosão, é oportuna e necessária a alimentação urgente e em maior quantidade de praias e dunas com areias dragadas, mas também a adopção de soluções *by-pass* aos quebramares e embocaduras;
- Os cinco cenários apresentados são representativos de estratégias de intervenção para mitigar problemas de erosão e aumentar a capacidade de carga e o valor paisagístico das praias;
- Verifica-se que os métodos de avaliação mencionados podem ser um auxiliar importante no apoio à decisão antes da possível implementação de um projecto. Só perante um caso específico será possível conseguir obter as informações mais realistas para uma avaliação fiável;
- As operações de alimentação artificial, tanto a centro como a sul do país, são potencialmente mais favoráveis, principalmente na costa algarvia devido ao seu clima de agitação menos energético;
- As praias alimentadas artificialmente poderão apresentar um valor económico significativo para o país com o respectivo retorno financeiro. Na maioria dos troços litorais não está a ser feito o suficiente para que, em Portugal, se consigam otimizar as zonas balneares admitindo uma taxa de utilização, a ser estudada com análises custo-benefício e multicritério. Por outro lado, a alimentação artificial conjugada com outras técnicas de defesa costeira poderá constituir uma alternativa mais favorável;
- Nem sempre é possível quantificar ou qualificar parâmetros ou externalidades existentes. Tais incertezas tornam o estudo mais subjectivo, nomeadamente, e neste caso particular, na componente ambiental. Quanto maior for o horizonte de estudo, maior será a incerteza associada; se o médio prazo torna relativas certas quantificações, os 30 anos propostos fazem com que o grau de incerteza seja ainda maior. Tal pode ser explicado pelas elevadas dinâmicas na zona costeira que se podem alterar e na dificuldade em prevêê-las, assim como as suas consequências.

BIBLIOGRAFIA

ABECASIS, F. (1997) – *Caracterização Geral Morfológica e Aluvionar da Costa Continental Portuguesa*. In “Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal”, Associação Eurocoast – Portugal (Ed.), pp. 9-24.

BARCELÓ, J.P. (1971) – *Experimental Study of the Hydraulic Behaviour of Declined Groyne Systems*, LNEC, Ministério das Obras Públicas, Lisboa.

BOTO, A.; BERNARDES, C.A.; ALVEIRINHO DIAS, J.M. (1997) – In *Erosão Litoral e Recuo De Linha De Costa Entre A Costa Nova E A Praia Do Areão*, Portugal.

BRAY, R.N. *et al.* (1997) – *Dredging; a Handbook for Engineers*. Arnold Publishing. London, UK.

BROADUS, J.G. (1990) – Greenhouse effects, sea level rise and land use. *Land use policy*, 7, 138-53.

CARDOSO DA SILVA, M. & ABECASIS, F. (1998) – *Problemas Ambientais das Dragagens e da Deposição de Dragados*. In *Seminário sobre Dragagens, Dragados e Ambientes Costeiros*. Associação EUROCOAST – Portugal, pp. 169-183.

COELHO, C.; SILVA, R.; VELOSO GOMES, F.; TAVEIRA PINTO, F. (2006) – *Avaliação de Riscos. Modelos de Previsão da Evolução da Configuração Costeira*. In 1^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. IHRH/FEUP, pp.17-25.

CUNHA, P. PROENÇA; SILVA, A. FREIRE da; ANDRÉ, J. NUNES & CABRAL, M. CRISTINA (1997) – *Considerações Sobre a Evolução Actual do Litoral entre a Figueira da Foz e Nazaré*. Volume especial In “Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal”, Associação Eurocoast – Portugal (Ed.) , pp. 503-524.

DIAS, B & COUTINHO, A. (1998) – *Dragagens no Porto de Leixões e Barra do Douro – Década de 90. Alimentação Artificial da Faixa Costeira Adjacente*. In *Seminário sobre Dragagens, Dragados e Ambientes Costeiros*. Associação EUROCOAST – Portugal, pp. 123-133.

FURMANCZYK, K.; PIENKOS, M. & DUDZINSKA, J. (2002) – *Coastal Landscape Classification – Polish and Calabrian Coast Comparison*. In *The Changing Coast*. EUROCOAST/EUCC, Porto – Portugal.

GUEDES LOPES, H.; BOAVENTURA, R.; GOMES, A.; VELOSO-GOMES, F.; TAVEIRA-PINTO, F.; CALEJO RODRIGUES, R. – *Monitorização Ambiental no Porto de Leixões*. In 2^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. IHRH/FEUP, pp.147-155.

HARVEY, M.; GAUTHIER, D.; MUNRO, J. (1998) – *Temporal changes in the composition and abundance of the macro-benthic invertebrate communities at dredged material disposal sites in the Anse à Beaufils, Baie des Charleux, Eastern Canada*. Marine Pollution Bulletin, pp. 41-55.

HOUSTON, J.R. (1996) – *International Tourism & U.S. Beaches*, Shore and Beach 64(2), April, 3-4.

IHRH/FEUP (Setembro de 1993 – Outubro de 1995) – “Caracterização da Circulação Aluvionar no Porto de Leixões”.

IADC/CEDA (1999) – *Environmental Aspects of Dredging*. Guide 5. Reuse, Recycle or Recolocate. The Netherlands.

IADC/CEDA (1999) – *Environmental Aspects of Dredging*. Guide 5. Effects, Ecology and Economy.

INAG (2008) – *Utilizações dos Recursos Hídricos*. Guias Interpretativos do Quadro Legal em Vigor Guia N.º28 – Utilizações Tituladas Por Licença (RH Públicos e Particulares) – Extracção de inertes.

KELLETTAT, D. (1992) – *Coastal Erosion and Protection Measures at the German North Sea Coast*. In Journal of Coastal Research 8 (3), 699-711.

KING, P. (1999) – *The Fiscal Impact of Beaches in California*. In Public Research Institute, San Francisco State University
(<http://online.sfsu.edu/~pgking/handouts/thefiscalimpactofbeaches.pdf> 18-06-2010)

LANG, JONES (2001) – *Overview of the Miami Lodging Market*, 23 August 2001
(<http://www.hospitalitynet.org/index.html> 18-06-2010)

MANUAL TÉCNICO II-a – *A Avaliação do Desenvolvimento Socioeconómico*. Métodos e Técnicas. Instrumentos de Enquadramento das Conclusões da Avaliação: Análise Custo-Benefício. Pp. 1-14.

(www.observatorio.pt/download.php?id=218, em 15-05-2010)

MANUAL TÉCNICO II-b – *A Avaliação do Desenvolvimento Socioeconómico. Métodos e Técnicas. Instrumentos de Enquadramento das Conclusões da Avaliação: Análise Custo-Eficácia.* Pp. 1-10.

(www.observatorio.pt/download.php?id=220, em 15-05-2010)

MANUAL TÉCNICO II-c – *A Avaliação do Desenvolvimento Socioeconómico. Métodos e Técnicas. Instrumentos de Enquadramento das Conclusões da Avaliação: Análise Multicritério.* Pp. 1-15.

(www.observatorio.pt/download.php?id=224, em 15-05-2010)

MARINE FACILITIES PANEL (1991) – Japan Wind and Seismic Effects Panel, 17th Meeting of the Marine Facilities Panel of the United States-Japan Cooperative Program in Natural Resources (UJNR), J-(4), 1-9, Tokyo, Japan.

MAURER, D.; R. BIGGS; W. LEATHEM; P. KINNER; W. TREASURE; M. OTLEY; L. WATLING; V. KLEMAS (1974) – *Effect of spoil disposal on benthic communities near the mouth of Delaware Bay.* College Mar. Stud., Univ. Delaware, Lewes and Newark. Pp. 231.

MESSINA (Managing European Shorelines and Sharing Information on Nearshore Areas) (2006) – *Valuing The Shoreline – Guideline for Socio-Economic Analyses.* INTERREG IIIC, pp. 1-72.

(<http://www.interreg-messina.org/documents/CoastalToolkit/MESSINA%20-%20Practical%20Guide%20-%20Valuing%20the%20Shoreline.pdf>, em 16-05-2010)

NATIONAL PARK SERVICE (2001) – *Visitation Statistics; 2000 Visitation* (<http://www2.nature.nps.gov/stats/> 18-08-2010)

OLIVEIRA, I.B.M. (1997) – *Proteger ou não proteger ou sobre a viabilidade de diferentes opções face à erosão da costa oeste portuguesa.* In Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal, Associação Eurocoast - Portugal, pp. 205-227.

OLIVEIRA, I.B.M.& MARTINS, L.M.P. (1981) – *Obras de Defesa e de Reconstrução das Praias de Espinho.* Recursos Hídricos, Revista da APRH, Vol. 12, N° 1 e 2, Maio 1981, pp.71-88.

OLIVEIRA, M. & FELÍCIO, M. (2009) – *Programa de Monitorização dos Factores Biológicos e Ecológicos do Local de Imersão dos Dragados da Empreitada de Construção do Terminal de Cruzeiros de Leixões.* IHRH, pp. 1-12.

OLIVEIRA, I.M.; VELOSO-GOMES, F.; DIAS, E.B.; COUTINHO, M.J.A. (1999) – *Dragagens à Entrada do Porto de Leixões. Aproveitamento das Areias na Alimentação das Praias a Sul*. In Associação Internacional de Navegação AIPCN/PIANC, Primeiras Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, pp. 269-289.

PAIXÃO, G. (1998) – *Planeamento e Gestão de Dragagens Portuárias (Um breve Estudo no Âmbito da DGPNTM – Portugal)*. In Seminário sobre Dragagens, Dragados e Ambientes Costeiros. Associação EUROCOAST – Portugal, pp. 7-20.

PEREIRA DA SILVA, C. (2002) – *Gestão Litoral. Integração de Estudos de Percepção da Paisagem e Imagens Digitais na Definição da Capacidade de Carga de Praias. O troço Litoral S. Torpes – Ilha do Pessegueiro*. In Dissertação de Doutoramento no ramo de Geografia e Planeamento Regional, Especialidade de Novas Tecnologias em Geologia, UNL, pp. 59-118.

(http://e-geo.fcsh.unl.pt/pdf/linhamtig_carlos_pereira_da_silva_tese_doc02.pdf 16-06-2010)

PROENÇA CUNHA, P.; DINIS, J. & NUNES ANDRÉ, J. (1998) – *Interacção entre as Operações de Dragagem no Porto da Figueira da Foz e a Dinâmica Sedimentar no Estuário do Mondego e Costa Adjacente (Portugal Central)*. In Seminário sobre Dragagens, Dragados e Ambientes Costeiros. Associação EUROCOAST – Portugal, pp. 27-45.

RIJKSWATERSTAAT (1992) – *Milieu-effectrapport berbing baggerspecie*. Hoofdrapport (Environmental Impact Assessment of dredger material disposal)

ROBERTO VIDAL (2001) – *Irruption of the Trailer Jumbo in the Dredging Industry*. In Terra et Aqua n° 83, IADC, pp. 3-12.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (1994) – *Shoreline Protection and Beach Erosion Control Study*. Phase I: Cost Comparison of Shoreline Protection Projects of the U.S. Army Corps of Engineers, Water resources Support Center, Washington, DC.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (2001) – *Sandy Hook to Barnegat Inlet, New Jersey Beach Erosion Control Project*
(<http://www.nan.usace.army.mil/business/prjlinks/coastal/> 18-06-2010)

U.S. TRAVEL AND TOURISM ADMINISTRATION (1993) – *World Tourism at the Millennium*, U.S. Department of Commerce, April 1993, 97 pp.

U.S. TRAVEL AND TOURISM ADMINISTRATION (1994) – *Impact of International Visitor Spending on State Economies*, U.S. Department of Commerce, December 1994.

U.S. TRAVEL AND TOURISM ADMINISTRATION (1995) – Travel Outlook forum, Forging New Strategies in Tourism Research, U.S. Department of Commerce, 17 October 1995.

SOUSA VELOSO, E. (1998) – *Dragagens na Parte Terminal do Estuário do Rio Lima*. In Seminário sobre Dragagens, Dragados e Ambientes Costeiros. Associação EUROCOAST – Portugal, pp. 135-149.

VELOSO-GOMES, F. (1992) – *A Evolução Fisiográfica da Faixa Costeira da Região Centro. Que Estratégias de Gestão?* Ed. CCRC no âmbito do PROT CL.

VELOSO-GOMES, F. (2001) – *Situação da Zona Costeira da Costa Nova/Vagueira, Alimentação Artificial e Duna Artificial*. In Relatório no Âmbito do Protocolo FEUP, INAG.

VELOSO GOMES, F. (2007) – *A Gestão da Zona Costeira Portuguesa*. In Revista da Gestão Costeira Integrada, pp. 83-95.

VELOSO-GOMES & TAVEIRA PINTO, F. (1994) – *Urban Expansion in High Risk Northwest Coastal Areas of Portugal*. Em co-autoria com Taveira Pinto. Proceedings LITTORAL 94. European Coastal Zone Association for Science and Technology. Second International Symposium. Associação EUROCOAST – Portugal. II Volume, pp. 980 a 996.

VELOSO-GOMES, F.; TAVEIRA-PINTO, F. e PAIS-BARBOSA, J. (2004) – *Rehabilitation Study of Coastal Defense Works and Artificial Sand Nourishment at Costa da Caparica, Portugal*. In Proceedings of 29th International Conference of Coastal Engineering, ASCE, 3429-3440.

VELOSO-GOMES, F.; TAVEIRA-PINTO, F.; PAIS-BARBOSA, J.; COSTA, J.; RODRIGUES, A. (2006) – *Estudo das Intervenções na Costa da Caparica*. In 1^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. IHRH/FEUP, pp.27-35.

VELOSO-GOMES, F.; TAVEIRA-PINTO, F.; PAIS-BARBOSA, J.; COSTA, J.; RODRIGUES, A. (2007) – *As Obras de Defesa Costeira na Costa da Caparica. Na Crista das Ondas e da Comunicação Social*. In 2^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. IHRH/FEUP, pp.23-32.

VICENTE, C. & PEREIRA, M. (1986) – *Análise da Evolução da Praia da Figueira da Foz*. In LNEC. Rel. 106/86, Lisboa, 51p.

WEGGEL, J. RICHARD (1981) – *Weir Sand-Bypassing Systems, Special Report No.8*. U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center.

WIEGEL, R.L. (1992) – Dade County, Florida, Beach Nourishment and Hurricane Surge Study, *Shore and Beach* 60(4), 2-26.

WORLD TOURISM ORGANIZATION (2001) – Lending the World's Largest Industry
(<http://www.world-tourism.org/aboutwto/aboutwto.html> 18-06-2010)

WORLD TRAVEL AND TOURISM COUNCIL (2001) – Year 2001, United States, TSA Research Summary and Highlights.
(<http://www.wttc.org/> 18-06-2010)

ZUKIN, C. (1998) – *The Shore – Looking Up (Save the Beach Passes)*. The Star/Ledger/Eagleton-Rutgers Poll
(<http://slerp.rutgers.edu/retrieve.php?id=119-3> 18-06-2010)

NETGRAFIA

- http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/EsaminAveiro/5_ErosCost.pdf (20-03-2010)
- <http://esporoes.no.sapo.pt/paginas/funcionamento.htm> (29-03-2010)
- http://www.eurosion.org/project/eurosion_pt.pdf (31-03-2010)
- http://www.aprh.pt/rgci/pdf/revista8f1_2.pdf (05-04-2010)
- <http://www.dre.pt/pdf1sdip/2007/11/21700/0837208382.PDF> (08-04-2010)
- <http://www.usace.army.mil/Pages/default.aspx> (09-04-2010)
- http://www.dredgebrokers.com/Dredges_Mech.html (09-04-2010)
- <http://www.clearwater.org/news/dredging.html> (09-04-2010)
- <http://www.theartofdredging.com> (12-04-2010)
- <http://gulfnews.com> (12-04-2010)
- <http://chl.erdc.usace.army.mil/library/publications/chetn/pdf/chetn-iv-53.pdf> (12-04-2010)
- <http://chl.erdc.usace.army.mil/library/publications/chetn/pdf/chetn-iv-54a.pdf> (12-04-2010)
- <http://www2.ufp.pt/units/geonucleo/parques/rndsjs/RNDSJ.htm> (14-04-2010)
- http://www1.ci.uc.pt/nicif/riscos/congresso/downloads/apresentacoes/29%20Maio/3%20Painel%20Riscos%20e%20catrastofes%20Mistas-Reitoria/35-JoseNunesAndre_Recuo%20da%20Linha%20de%20Costa.pdf (15-04-2010)
- http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/EsaminAveiro/4_VarLCCostaF2.pdf (15-04-2010)
- http://www.inag.pt/sniturh_guias/DOCS/PUBLICO/28%20Extrac%C3%A7%C3%A3o%20de%20Interes.pdf (21-04-2010)
- <http://www.slideshare.net/portofigueiradafoz/porto-da-figueira-da-foz-apresentao-setembro-2005-presentation> (22-04-2010)
- <http://www.ine.pt> (19-05-2010)
- <http://www.mapadeportugal.net/indicedistritos.asp> (19-05-2010)
- http://www.saudepublica.web.pt/02-Epidemiologia/021-Demografia/censos_2001_distrito_idade.htm (20-05-2010)
- http://www.portodelisboa.pt/portal/page/portal/PORTAL_PORTO_LISBOA (26-05-2010)
- <http://www.freguesias.pt/> (01-06-2010)
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/Externalidades> (04-06-2010)
- <http://www.portogente.com.br/portopedia/> (09-06-2010)
- <http://portal.icnb.pt/ICNBPortal/vPT/Medidas/Ordenamento+do+Territ%C3%B3rio/PLANOS+DE+ORDENAMENTO+DA+ORLA+COSTEIRA+%28POOC%29.htm> (23-06-2010)
- http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pooc/pooc.html (26-06-2010)
- <http://portal.min-agricultura.pt/portal/page/portal/MADRP/PT> (26-06-2010)