



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE
Núcleo de Estuários e Zonas Costeiras

Proc. 0604/11/16262

HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA COSTEIRA

Relatório de Progresso 1

Estudo integrado no Projecto Morfodinâmica de Praias
do Plano de Investigação Programada (PIP) do LNEC para
2005-2008

Lisboa • Maio de 2007

OAC&T HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 199/2007 – NEC

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio prestado pelos técnicos Luís Simões Pedro e Vitor Pisco no tratamento de dados de campo e desenvolvimento de sistemas georeferenciados com informação topo-hidrográfica.

**HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA
COSTEIRA. RELATÓRIO DE PROGRESSO 1.**

**HYDRODYNAMICS AND SEDIMENT DYNAMICS OF THE
COASTAL ZONE. PROGRESS REPORT 1.**

**HYDRODYNAMIQUE ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DU
BORD COTIER. RAPPORT DE PROGRES 1.**

HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA COSTEIRA. RELATÓRIO DE PROGRESSO 1.

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 OBJECTIVOS	1
1.3 PROCESSOS ASSOCIADOS	1
1.4 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	2
2. MOTIVAÇÃO E OBJECTIVOS DO ESTUDO	4
3. ESTRUTURA E GESTÃO DO ESTUDO	5
3.1 EQUIPA DE TRABALHO	5
3.2 COOPERAÇÃO EXTERNA	5
3.3 FINANCIAMENTO EXTERNO	7
4. ACTIVIDADE DESENVOLVIDA	8
4.1 ACTIVIDADE CIENTÍFICA	8
4.1.1 <i>Modelação da acção conjunta onda-maré no perfil de praia a curto prazo</i>	8
4.1.2 <i>Aquisição de parâmetros de dinâmica costeira de fotografias aéreas e sua integração com parâmetros numéricos</i>	11
4.1.3 <i>Modelação matemática da forma plana de praias</i>	12
4.1.4 <i>Análise da evolução histórica da linha de costa e avaliação dos efeitos da ocupação antrópica</i>	14
4.1.5 <i>Análise da evolução morfo-sedimentar de praias através de dados recolhidos in situ</i>	14
4.1.6 <i>Determinação de cotas de inundação tendo em conta as marés astronómica e meteorológica, o setup e o run-up</i>	14
4.1.7 <i>Refinação da modelação matemática do estado do mar e do seu impacto no transporte sedimentar longitudinal</i>	17
4.1.8 <i>Modelação física da evolução do perfil de praia na presença de estruturas reflectivas paralelas à linha de costa e sua combinação com modelação numérica</i>	19
4.1.9 <i>Desenvolvimento e validação de modelos matemáticos para estimativa do transporte sedimentar</i>	21
4.1.10 <i>Alterações e melhorias do modelo matemático bi- (em planta) e tri-dimensional M-SHORECIRC. Introdução de várias formulações de transporte de sedimentos</i>	22

4.1.11	<i>Evolução da linha de costa a médio e longo prazo. Impacto de estruturas de protecção costeira, alterações climáticas e intervenções antrópicas</i>	25
4.1.12	<i>Análise da variabilidade sedimentar em praias. Estudo da influência de parâmetros sedimentares na previsão da evolução de praias, a diferentes escalas temporais</i>	26
4.1.13	<i>Análise da vulnerabilidade de zonas costeiras à acção de tsunamis</i>	28
4.1.14	<i>Determinação de regimes simplificados de agitação marítima, com transporte sedimentar equivalente ao regime observado</i>	29
4.2	FORMAÇÃO AVANÇADA	29
4.3	CANDIDATURAS A NOVOS FINANCIAMENTOS DE INVESTIGAÇÃO	30
4.3.1	<i>Modelação numérica da evolução da morfologia litoral, para apoio à gestão costeira (CoastEvolution)</i>	30
4.3.2	<i>Extracção de areias na plataforma continental portuguesa: impactos e evolução morfodinâmica (Sandex)</i>	31
4.3.3	<i>Sistema de monitorização costeira através de técnicas de vídeo (BeMovie)</i>	31
4.3.4	<i>Post-storm beach recovery morphodynamics and geomorphology (BERM)</i>	32
4.3.5	<i>Variabilidade textural e composicional da areia de praia como indicador da dinâmica sedimentar (Beach Sand Code)</i>	33
4.3.6	<i>Interacção entre a rebentação das ondas e o transporte de areias (BRISA)</i>	34
4.3.7	<i>Composite modelling of the interactions between beaches and structures (CoMIBBS)</i>	35
4.3.8	<i>Vulnerability to tsunami hazard (VITA)</i>	35
4.4	OUTRAS ACTIVIDADES	35
5.	INDICADORES DE REALIZAÇÃO	37
5.1	PUBLICAÇÕES	37
5.1.1	<i>Artigos com arbitragem científica</i>	37
5.1.1.1	<i>Em revistas de qualidade reconhecida pelo Institute of Scientific Information (ISI) – ISI Web of knowledge</i>	37
5.1.1.2	<i>Em livros com arbitragem científica</i>	38
5.1.1.3	<i>Noutras revistas com arbitragem científica</i>	38
5.1.2	<i>Artigos de conferência</i>	38
5.1.3	<i>Teses</i>	39
5.1.4	<i>Relatórios técnico-científicos</i>	40
5.2	ORGANIZAÇÃO DE CURSOS E REUNIÕES TÉCNICAS E CIENTÍFICAS	40
5.3	PARTICIPAÇÃO EM REUNIÕES CIENTÍFICAS E TÉCNICAS	40
6.	APRECIÇÃO	42
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	ANEXO 1: FICHA DO ESTUDO	47
	ANEXO 2: SUMÁRIOS DAS PUBLICAÇÕES	55
	ANEXO 3: FOLHETO DE DIVULGAÇÃO DE CURSO	71

HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA COSTEIRA. RELATÓRIO DE PROGRESSO 1.

Índice de Figuras

Figura 1 – Metodologia aplicada para análise da evolução morfológica a curto prazo.....	8
Figura 2 – Evolução do perfil de praia durante um ciclo de maré.....	9
Figura 3 – Transporte sedimentar para o largo após um ciclo de maré.	10
Figura 4 – Resultados após um ciclo de maré: a) declive da face da barra virada para a praia; b) largura da barra.	10
Figura 5 – Extracção de parâmetros de dinâmica costeira de fotografias aéreas.....	11
Figura 6 – Resultados numéricos: distribuição do transporte longitudinal anual médio ao longo de um perfil de praia do tipo barra-fossa.....	12
Figura 7 – Modelação da forma plana da praia de S. Martinho do Porto: a) Modelo de espiral logarítmica; b) Modelo parabólico; e c) Modelo hiperbólico tangencial.....	13
Figura 8 – Definição da cota de inundação C_I e das suas parcelas individuais.....	14
Figura 9 - Zona de aplicação da metodologia e localização dos instrumentos: • bóia de Leixões; • marégrafo de Cascais; • bóia de Cascais.....	16
Figura 10 - Regime médio da cota de inundação numa praia A) dissipativa (declive inferior a 1:10) e B) reflectiva (declive igual a 1:5). Cada linha representa uma das direcções de agitação simuladas.....	16
Figura 11 - Regime de extremos da cota de inundação numa praia dissipativa orientada a WSW. Linhas a cheio correspondem aos valores médios obtidos, a tracejado estão os intervalos de 95% de confiança.....	17
Figura 12 – Propagação de ondas: refacção e difracção combinadas.....	18
Figura 13 – Propagação de ondas: difracção.	18
Figura 14 – Esquema da metodologia proposta.	19
Figura 15 – Vista geral do COI1.....	20
Figura 16 - Vistas gerais do batador (à esquerda) e do canal (à direita) da infraestrutura experimental COI2.....	20
Figura 17 – Esquema da configuração a testar no COI2 e no COI1.	21

Figura 18 – Transporte longitudinal ao longo de um perfil de praia: a) resultados e b) validação do modelo matemático de transporte sedimentar em desenvolvimento.	22
Figura 19 – Comparação de resultados numéricos e experimentais, em 4 estádios de evolução de um perfil de praia.	22
Figura 20 - Perspectiva da zona entre Peniche e Figueira da Foz, com duas imagens ASAR em Precision Image Mode, (30/08/2004). Identificam-se, nesta imagem várias rip-currents.	23
Figura 21 – Geometria e campo de ondas (resultados numéricos) para 3 casos de estudo: a) quebra-mar destacado; b) abertura entre quebra-mares e c) quebra-mar segmentado.	25
Figura 22 – Aplicações do módulo de quebra-mares destacados do modelo Litmod.	26
Figura 23 – Variabilidade temporal das características dos sedimentos ao longo da praia de Buarcos. A- diâmetro mediano; B – grau de selecção, parâmetros calculados para amostras compósitas ao longo de perfis transversais.....	27
Figura 24 – Variação do transporte longitudinal total com o diâmetro mediano dos sedimentos.	28

HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA COSTEIRA. RELATÓRIO DE PROGRESSO 1.

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Tempo alocado (real e previsto) pela equipa do estudo durante o primeiro biénio.....	5
Tabela 2 – Formação avançada realizada durante o primeiro biénio.....	29
Tabela 3 - Resumo das publicações.....	37

HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA COSTEIRA. RELATÓRIO DE PROGRESSO 1.

1. Introdução

1.1 Apresentação

O presente relatório refere-se ao estudo de investigação **Hidrodinâmica e Dinâmica Sedimentar da Orla Costeira** do projecto de investigação **Morfodinâmica de Praias**, enquadrado na área temática do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) **Hidrodinâmica e Dinâmica Sedimentar em Sistemas de Águas Superficiais** e na área temática do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) **Ambiente e Sustentabilidade**, do Plano de Investigação Programada (PIP) do LNEC para 2005-2008.

1.2 Objectivos

O objectivo deste relatório é descrever o estado do estudo no que refere às actividades desenvolvidas e aos aspectos administrativos relativos ao primeiro biénio (2005-2006) do PIP do LNEC para o quadriénio 2005-2008. A descrição tem como finalidade a auto-apreciação/verificação do cumprimento dos objectivos. Pretende-se que as conclusões deste relatório sejam orientadoras para um dos seguintes fins: i) prosseguimento da concretização das actividades definidas no plano de trabalhos inicial, caso as actividades do primeiro biénio propostas tenham sido executadas com sucesso; ou ii) revisão da prioridade das actividades propostas para segundo biénio, caso contrário.

Este relatório também servirá como documento base para a elaboração da ficha técnica a apresentar publicamente no âmbito das reuniões de avaliação intercalar do PIP 2005-2008 do DHA, a realizar nos dias 16, 17 e 18 de Maio de 2007.

1.3 Processos associados

O processo **Hidrodinâmica e Dinâmica Sedimentar da Orla Costeira** (Processo 0604/11/16262) relaciona-se com os seguintes processos:

- **Video-monitorização da Dinâmica da Orla Costeira**, do projecto de investigação **Morfodinâmica de Praias**, enquadrado na área temática do DHA **Hidrodinâmica e Dinâmica Sedimentar em Sistemas de Águas Superficiais** e na área temática do LNEC **Observação e Instrumentação**, do Plano de Investigação Programada do LNEC para 2005-2008.

Relacionamento: os estudos têm a mesma motivação, que é o insuficiente conhecimento da actual evolução da costa portuguesa, mas o último trata especificamente de uma técnica de monitorização (pelo que se encontra em desenvolvimento no âmbito de uma tese de doutoramento).

- **Evolução de Margens Estuarinas**, do projecto de investigação **Dinâmica de Estuários e Lagunas**, enquadrado na área temática do DHA **Hidrodinâmica e Dinâmica Sedimentar em Sistemas de Águas Superficiais** e na área temática do LNEC **Ambiente e Sustentabilidade**, do PIP do LNEC para 2005-2008.

Relacionamento: os estudos abordam os mesmos processos costeiros, mas, pelo facto de ocorrerem em ambientes costeiros com diferentes características geomorfológicas, praias arenosas oceânicas, o primeiro, e praias arenosas estuarinas, o último, requerem metodologias de abordagem diferentes.

- **Evolução de Praias em Zonas de Fetch Restrito: Análise Experimental e Numérica** (BERNA), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) (contrato POCTI/CTA/45431/2002), iniciado em 1 de Abril de 2005 e com duração de 3 anos.

Relacionamento: do mesmo tipo que o estudo **Evolução de Margens Estuarinas**; apenas este projecto tem financiamento exclusivamente da FCT.

- **Transporte de Areias em Zonas Costeiras: uma Análise de Incerteza** (SATUrN), financiado pela FCT (contrato POCTI/ECM/60133/2004), desenvolvendo-se de 2005 a 2007.

Relacionamento: em ambos os estudos é fundamental compreender as implicações da incerteza associada ao cálculo do fluxo sedimentar quando se fazem simulações da evolução da zona costeira.

- **HYDRALAB III – Integrated Infrastructure Initiative** (contrato nº 022441 - *Sixth Framework Program*), iniciado em 1 de Abril 2006 e com a duração de 4 anos. A participação do Núcleo de Estuários e Zonas Costeiras neste projecto centra-se na *Joint Research Activity* CoMIBBS – *Composite Modelling of the Interaction between Beaches and Structures*.

Relacionamento: este último estudo, o CoMIBBS, que tem como objectivo o desenvolvimento de técnicas e metodologias de uso integrado de modelos físicos e numéricos, na modelação de interações entre praias e estruturas, é parte integrante do estudo a que o relatório se refere.

1.4 Organização do relatório

Este relatório está estruturado em sete secções principais e três Anexos. Na presente secção introdutória faz-se a apresentação do estudo, descrevem-se os objectivos do relatório, identificam-se outros estudos, a decorrer no Núcleo de Estuários e Zonas Costeiras (NEC), com estreita relação com este e descreve-se a organização do relatório. Na secção seguinte, secção 2, descrevem-se a motivação e os objectivos do estudo. Na secção 3, descrevem-se aspectos administrativos, relativos à estrutura e

gestão do estudo, nomeadamente: a equipa, na secção 3.1; a cooperação externa estabelecida no âmbito do estudo, na secção 3.2; e o financiamento exterior ao LNEC, na secção 3.3. Na secção 4, descreve-se a actividade desenvolvida: actividade científica, na secção 4.1, onde se identificam as principais acções desenvolvidas (em conformidade com a ficha do estudo elaborada no início do quadriénio); actividade de formação avançada realizada pelos membros da equipa, na secção 4.2; candidaturas a novos financiamentos de investigação (propostas de projectos cuja temática e objectivos estiveram em conformidade com as acções e objectivos definidos na ficha do estudo elaborada no início do quadriénio), na secção 4.3; e outras actividades relevantes para o cumprimento dos objectivos do estudo, na secção 4.4. Na secção 5, listam-se indicadores de realização: as publicações (por tipo de publicação) elaboradas no âmbito do estudo, na secção 5.1; os cursos e reuniões técnicas e científicas organizados pelos membros da equipa no âmbito do estudo, na secção 5.2; e as missões de participação em reuniões científicas e técnicas realizadas pelos membros da equipa no âmbito do estudo, na secção 5.3. Finalmente, na secção 6, é feita uma apreciação global sobre o estado do estudo, visando verificar o cumprimento dos objectivos estabelecidos na ficha do estudo realizada no início do quadriénio. Na última secção, secção 7, listam-se as referências mencionadas no texto do relatório. Complementarmente, nos Anexos 1, 2 e 3, apresentam-se a ficha do estudo, os sumários das publicações e um folheto de divulgação de curso, respectivamente.

2. Motivação e objectivos do estudo

As motivações deste estudo, i.e., as razões que levaram à definição dos objectivos e ao planeamento das actividades propostas para os alcançar, foram:

- i) o insuficiente conhecimento sobre os processos de dinâmica sedimentar costeira, apesar do esforço internacional realizado para o seu melhoramento, através do desenvolvimento de um crescente número de técnicas, e mais aperfeiçoadas, de observação e medição, e de metodologias de cálculo;
- ii) a inexactidão dos resultados dos instrumentos actualmente existentes de análise e previsão, a curto, médio e principalmente longo prazo, da evolução da morfologia costeira;
- iii) a insuficiente exploração da capacidade de análise de diferentes metodologias aplicadas de uma forma integrada;
- iv) o facto da área **ciências e tecnologias do mar** ser prioritária na estratégia política definida para o desenvolvimento de Portugal; e por último,
- v) a necessidade de actualização científica e técnica permanente dos investigadores e técnicos (equipa com experiência acumulada e multidisciplinar) e de aperfeiçoamento dos instrumentos e metodologias usados em estudos por contrato, onde se aplicam os resultados da investigação desenvolvida.

Os principais objectivos do estudo são:

- i) melhorar o conhecimento sobre a interacção de processos físicos determinantes na hidrodinâmica e dinâmica sedimentar marítimas;
- ii) melhorar metodologias de modelação matemática da hidrodinâmica e morfodinâmica costeiras, a curto, médio e longo prazo;
- iii) recuperar e melhorar as metodologias de modelação física aplicadas pelo NEC na área da dinâmica sedimentar de praias;
- iv) melhorar a integração das diferentes metodologias actualmente aplicadas para estudo do efeito de alterações climáticas e intervenções antrópicas na orla costeira e para estudo de soluções de protecção costeira; e por último,
- v) melhorar o conhecimento das praias Portuguesas (características sedimentológicas, processos de transporte e tendências evolutivas).

3. Estrutura e gestão do estudo

3.1 Equipa de trabalho

A equipa do estudo é constituída pelos autores deste relatório. A investigadora responsável é a Doutora Filipa S. B. F. Oliveira. A gestão das actividades desenvolvidas realiza-se de forma transversal pelos elementos da equipa. O esforço individual dedicado ao estudo, medido em função do tempo alocado, foi o constante na Tabela 1. Note-se que as diferenças entre tempo alocado real e previsto são consequência da prática de dois princípios orientadores na gestão corrente de prioridades: i) estudos por contrato são prioritários, porque em geral a sua imediata execução é uma das solicitações dos clientes; e ii) actividades a desenvolver no âmbito de projectos de investigação com financiamento externo são prioritárias, simplesmente porque são financiadas.

Tabela 1 – Tempo alocado (real e previsto) pela equipa do estudo durante o primeiro biénio.

Nome	Gr Prf	Tempo alocado real (previsto) [meses]		
		2005*	2006	Total
Filipa Oliveira	G1	5.5 (3.5)	1.0 (3.0)	6.5 (6.5)
Paula Freire	G1	0.5 (1)	1 (1)	1.5 (2)
Francisco Sancho	G1	1 (0.5)	1 (1)	2 (1.5)
Lourival Trovisco	G2	1 (1)	0 (0)	1 (1)
Manuel Clímaco	G1	0.25 (0.25)	0.25 (0.25)	0.5 (0.5)

* considerou-se todo o ano de 2005

3.2 Cooperação externa

Foi estabelecida cooperação externa com instituições académicas (universidades) e de investigação, nacionais e internacionais. Esta cooperação foi concretizada através da elaboração conjunta de propostas de investigação apresentadas à FCT e à Comissão Europeia, conforme se descreve mais detalhadamente na secção 4.3, e através da orientação científica, por elementos da equipa, de estagiários e bolseiros destas instituições.

As instituições nacionais com quem se estabeleceu cooperação no âmbito deste estudo são:

- Instituto Hidrográfico;
- Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa;

- Universidade de Aveiro;
- Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação;
- Instituto da Água;
- Universidade do Algarve, CIACOMAR;
- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, IHRH.

As instituições internacionais com quem se estabeleceu cooperação no âmbito deste estudo são:

- Stichting Waterloopkundig Laboratorium, Delft, The Netherlands;
- Canal de Experiencias Hidrodinamicas de El Pardo, Madrid, Spain;
- Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France;
- DHI Water & Environment, Horsholm, Denmark;
- Technical University of Denmark, MEK, Coastal and River Engineering Section, Lyngby, Denmark;
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland;
- HR Wallingford Ltd, Wallingford, Oxon, United Kingdom;
- Hamburgische Schiffbau - Versuchsanstalt GmbH, Hamburg, Germany;
- University of Hull, Total Environmental Simulator;
- Météo-France, Toulouse, France;
- Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway;
- Proudman Oceanographic Laboratory, United Kingdom;
- Samui Design & Management Ltd;
- University of Catania, Catania, Italy;
- Forschungszentrum Küste der Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig, Hannover, Germany;
- Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain;
- University of Twente, Enschede, The Netherlands;
- University Utrecht, Utrecht, The Netherlands;
- Water Resources Research Plc., Budapest, Hungary.

3.3 Financiamento externo

No início do presente estudo, previu-se um financiamento externo, conforme ficha do estudo (Anexo 1), proveniente de três propostas de projectos de investigação, duas a financiar pela FCT e uma a financiar pela Comissão Europeia no âmbito do *6th Framework Programme on Research, Technological Development and Demonstration*. Relativamente às propostas apresentadas à FCT, uma (Proc. 0604/14/15748 - Impactos das alterações climáticas na zona costeira: aplicação ao troço entre Pedrógão e o Cabo Carvoeiro) não obteve aprovação e outra (Proc.0604/14/15755 - Evolução morfodinâmica dos fundos arenosos da Plataforma Continental resultante da extracção de inertes) ainda aguarda avaliação, uma vez que o painel de avaliadores concluiu não possuir capacidade para avaliação da proposta e transferiu a candidatura da área de Ciências e Tecnologias do Mar para uma área não indicada, Ciências e Tecnologias do Ambiente. A proposta apresentada à Comissão Europeia, que no início do estudo se encontrava em elaboração, foi aprovada com alterações orçamentais relativamente à proposta inicial e só se iniciou em 1 de Abril de 2007.

No decorrer do estudo, especificamente em Setembro de 2006, a FCT abriu novo concurso para financiamento de projectos de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (I&DT) e, neste âmbito, os elementos da equipa apresentaram seis novas propostas de projectos, que se descrevem na secção 4.3. Para além destas, também se apresentou recentemente uma nova proposta à Comissão Europeia no âmbito do *7th Framework Programme*, que também se descreve na secção 4.3. Os objectivos dos projectos propostos enquadram-se, como seria de esperar, no âmbito dos objectivos do estudo. No que respeita às actividades propostas, na maioria dos casos estas extravasam as actividades (acções) propostas na ficha do estudo (Anexo 1), uma vez que, trabalhando em cooperação com entidades externas, é necessário proceder à sua adaptação visando a integração num conjunto de temas mais alargado.

Em conformidade com o financiamento externo, previsto e garantido, descrito de forma discriminada na secção 4.3, o financiamento externo garantido até à data é 54 477 € (proveniente da Comissão Europeia) e o que aguarda decisão é 458 043 € (408 043 € proveniente da FCT e 50 000 € proveniente da Comissão Europeia).

4. Actividade desenvolvida

4.1 Actividade científica

Desenvolveram-se as “acções propostas” que tinham sido exaustivamente definidas pela equipa na “programação dos trabalhos” da ficha do estudo, no Anexo 1. Seguidamente listam-se, de forma sucinta, as principais actividades (ou acções) realizadas, sem a preocupação de apresentar os respectivos resultados e conclusões, uma vez que na secção 5.1 e no Anexo 2 se listam as publicações elaboradas e os respectivos sumários.

4.1.1 Modelação da acção conjunta onda-maré no perfil de praia a curto prazo

Estudou-se o efeito combinado de ondas e maré na evolução morfológica do perfil de praia, durante um ciclo de maré (Oliveira, 2005). Testou-se a acção conjunta onda-maré sobre praias arenosas, considerando diferentes regimes de maré, micro-, meso- e macro-tidal, e séries de onda correspondentes a diferentes níveis energéticos. Aplicou-se o modelo matemático mais adequado para o estudo em causa, i.e., um modelo morfodinâmico baseado em processos físicos de hidrodinâmica e transporte sedimentar, 2D-vertical (Figura 1). O modelo foi calibrado e verificado com resultados de um caso teste experimentado em laboratório. A boa concordância entre os resultados numéricos e os resultados experimentais garantiu a confiança depositada na aplicação do modelo para investigar o assunto de interesse.

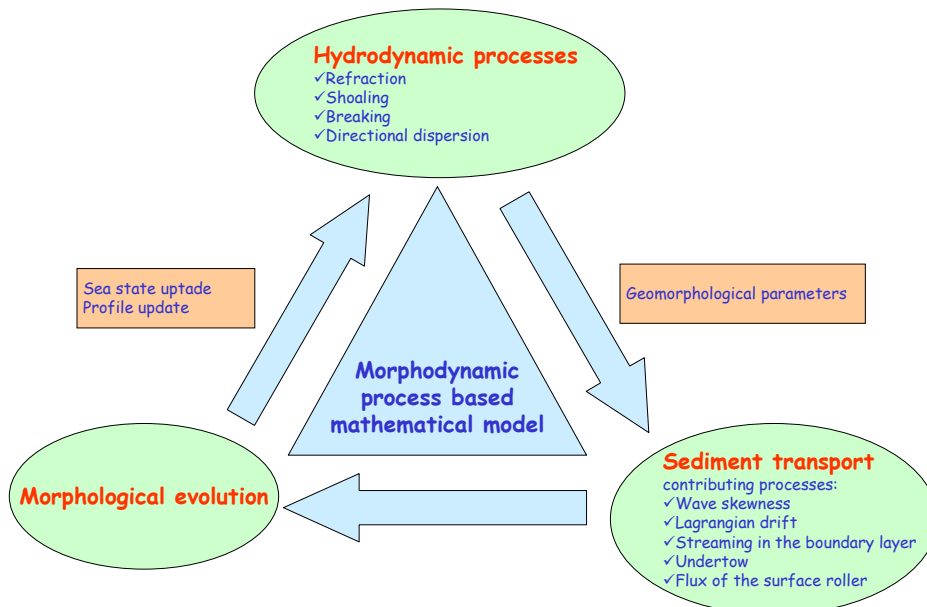


Figura 1 – Metodologia aplicada para análise da evolução morfológica a curto prazo.

Os resultados mostraram que a maré tem o efeito de suavizar o perfil de praia (Figura 2). O volume de areia erodida da face da praia e transportada em direcção ao largo decresce ligeiramente com o aumento da amplitude da maré, independentemente das características do campo de ondas (Figura 3).

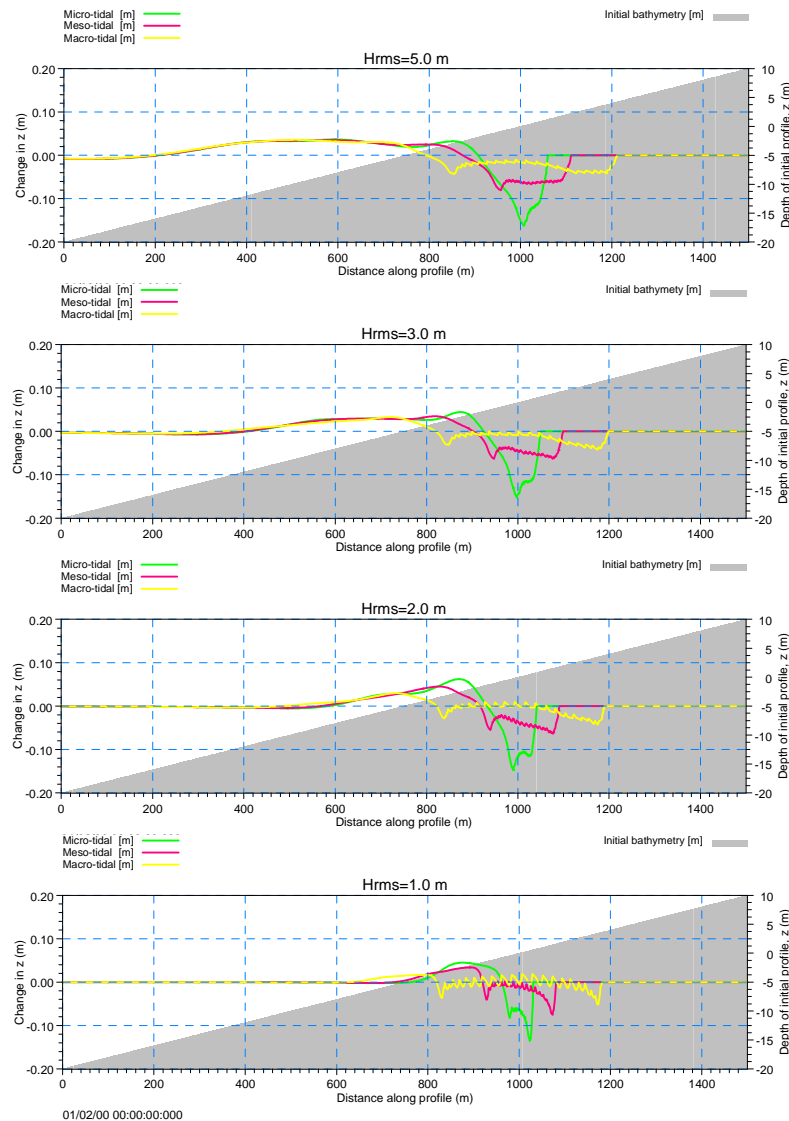


Figura 2 – Evolução do perfil de praia durante um ciclo de maré.

A análise da relação entre as formas da barra e da escarpa e a acção combinada das ondas e da maré permitiu concluir que a amplitude de maré tem maior impacto na morfologia da praia quando na presença de campos de onda pouco energéticos. O declive da face da barra virada para a praia diminui com o aumento da altura de onda actuante, e, para cada campo de ondas, diminui com o aumento da amplitude de maré (Figura 4.a). A extensão da barra aumenta significativamente com o aumento da energia incidente, conforme já sabido de outros estudos (Figura 4.b). Contudo, os resultados obtidos mostram

que a maré tem o efeito de diminuir ligeiramente a extensão total da barra, em particular sob acção das ondas mais energéticas, empurrando para o largo a face virada para a praia.

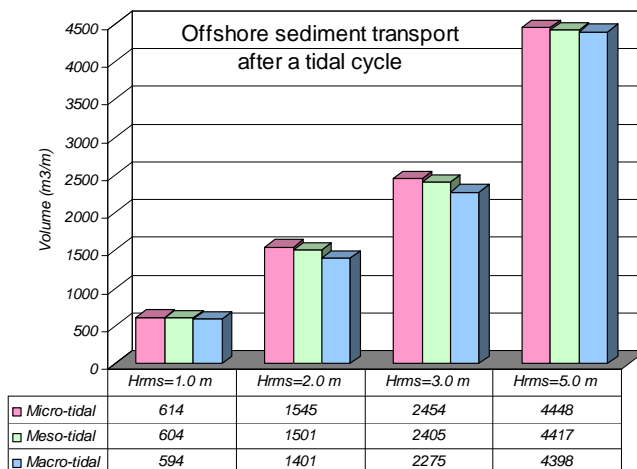


Figura 3 – Transporte sedimentar para o largo após um ciclo de maré.

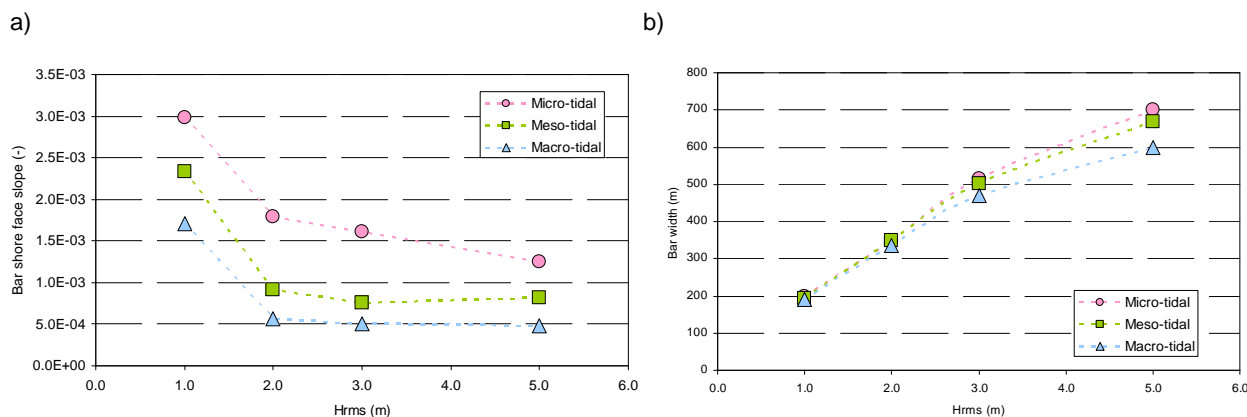


Figura 4 – Resultados após um ciclo de maré: a) declive da face da barra virada para a praia; b) largura da barra.

Também se analisou a variação do perfil de praia durante o período de enchente e de vazante. Em situação de enchente o declive da escarpa mostrou-se maior, no entanto, uma vez que os mecanismos da zona de espreadimento (*uprush* e *downrush*) foram negligenciados, estes resultados foram postos em causa.

Pretende-se preencher esta lacuna do conhecimento num futuro próximo. Para tal, está a ser elaborado um programa de trabalhos de doutoramento, a decorrer no NEC, que levará ao desenvolvimento de um modelo matemático do tipo do modelo aplicado nesta análise, mas em que os processos predominantes da zona de espreadimento (e que são fundamentalmente 3D) são incluídos de forma aproximada.

4.1.2 Aquisição de parâmetros de dinâmica costeira de fotografias aéreas e sua integração com parâmetros numéricos

A integração de diferentes metodologias de análise e previsão de características de sistemas costeiros permite complementar e validar informação se essa informação estiver devidamente georeferenciada. Com base neste requisito, desenvolveu-se uma metodologia que integra parâmetros de dinâmica costeira (linha de rebentação, linha de costa e linha de vegetação) extraídos de fotografias aéreas (exemplo de caso de estudo na Figura 5), com parâmetros (linha de rebentação) resultantes de modelação matemática (exemplo de caso de estudo na Figura 6) para classificar tendências de evolução de trechos costeiros (Oliveira *et al.*, 2005). Aplicou-se esta metodologia ao trecho da costa oeste Portuguesa entre a Praia da Vieira e a Praia Velha e concluiu-se que se deu um recuo médio da linha de costa e da linha de vegetação de 4.31 e 3.28 m.ano⁻¹, respectivamente, entre 1995 e 2003.

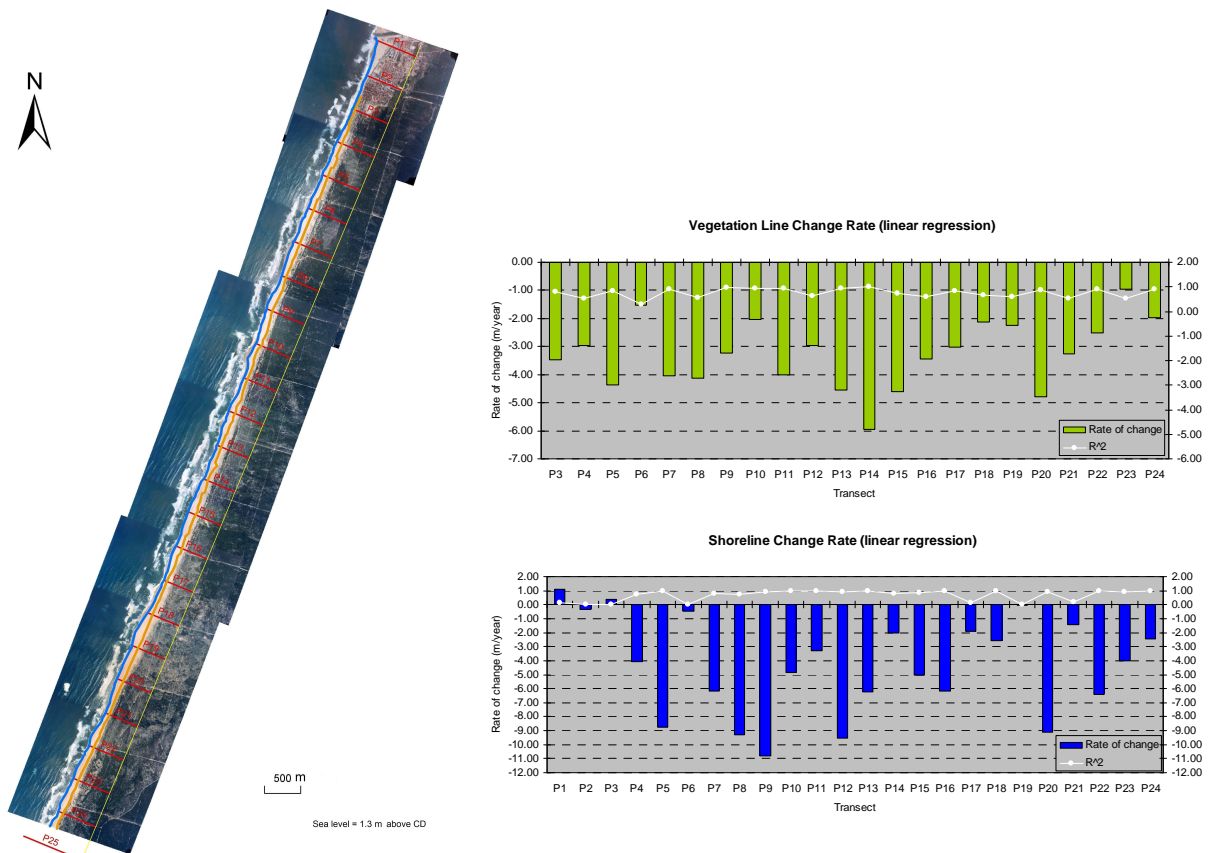


Figura 5 – Extração de parâmetros de dinâmica costeira de fotografias aéreas.

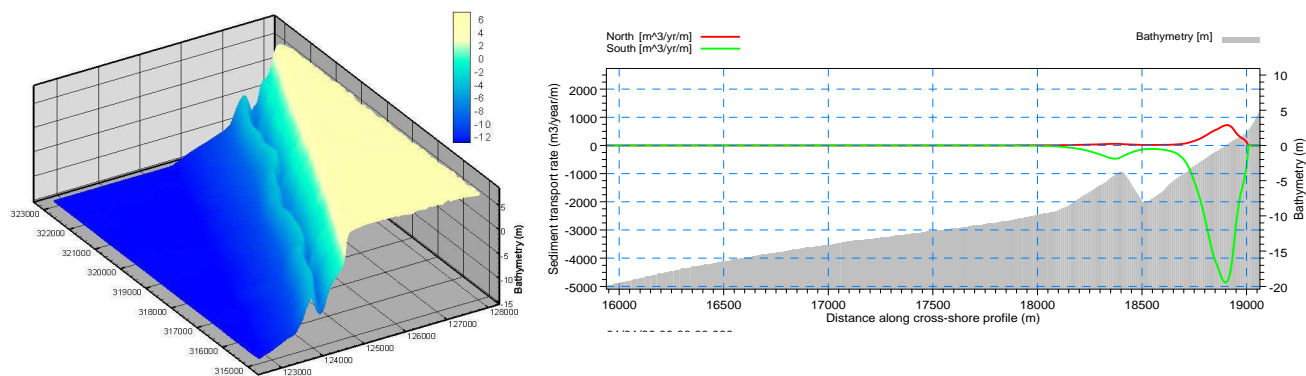


Figura 6 – Resultados numéricos: distribuição do transporte longitudinal anual médio ao longo de um perfil de praia do tipo barra-fossa.

4.1.3 Modelação matemática da forma plana de praias

Iniciou-se esta actividade com uma revisão do estado da arte relativo à modelação matemática da forma plana das praias encaixadas e semi-encaixadas. Foram descritas e analisadas as formulações governantes propostas assim como as hipóteses assumidas na sua derivação, isto é, as condições de ambiente costeiro em que são válidas as suas aplicações. Foram também pesquisados e estudados trabalhos de investigação que divulgam aplicações destes modelos, em praias Australianas, Espanholas, dos Estados Unidos da América e Brasileiras.

Desenvolveram-se três modelos baseados em formulações de tipo espiral logarítmica, parabólica e hiperbólica tangencial, utilizando a linguagem de programação Visual Basic aplicada a Excel (Barreiro e Oliveira, 2005).

A aplicação dos três modelos baseou-se no mesmo procedimento: recolha e processamento de dados; determinação dos parâmetros dependentes de dados locais; execução do modelo, ou seja, resolução da equação governante; e processamento dos resultados. Uma vez processados os resultados, o programa desenha a curva de forma automática.

Os três modelos foram aplicados a quarenta e duas praias da costa oeste e sul portuguesa, limitadas por um ou dois promontórios, ou em certos casos por obras de engenharia costeira, que lhes conferem uma forma plana governada por um ponto de difracção, e para além disso, satisfazem o requisito de transporte longitudinal nulo e ausência de fontes sedimentares, como por exemplo ribeiras. Os resultados obtidos foram validados contra a forma plana real das praias, obtida através de fotografias aéreas rectificadas.

Os três modelos prevêem diferentes geometrias da forma plana da praia (ver exemplo de aplicação à praia de S. Martinho do Porto na Figura 7). O modelo de espiral logarítmica simula configurações cuja adaptação à forma plana das praias é melhor na zona curva do que na zona rectilínea, ou seja, resolve melhor casos com dois pontos de controle, dois promontórios, do que casos com apenas um promontório. Os modelos parabólico e hiperbólico tangencial, pelo contrário, apresentam melhores

soluções para as praias semi-encaixadas e soluções que se ajustam pior às praias encaixadas. Entre estes dois últimos, o parabólico é o mais intuitivo porque está baseado em parâmetros directamente ligados às características das ondas. Embora o modelo hiperbólico tangencial forneça boas soluções (bastante aproximadas), o facto de se basear numa formulação menos intuitiva faz com que o processo iterativo de aproximação da solução que melhor se ajusta seja mais exaustivo.

Como trabalho futuro, dependente da obtenção, análise e esquematização do regime de agitação marítima em frente a cada praia, seria de grande utilidade para a melhoria do conhecimento das praias portuguesas a aplicação do Método de González no Modelo Parabólico para avaliação da forma plana de praias encaixadas e semi-encaixadas.

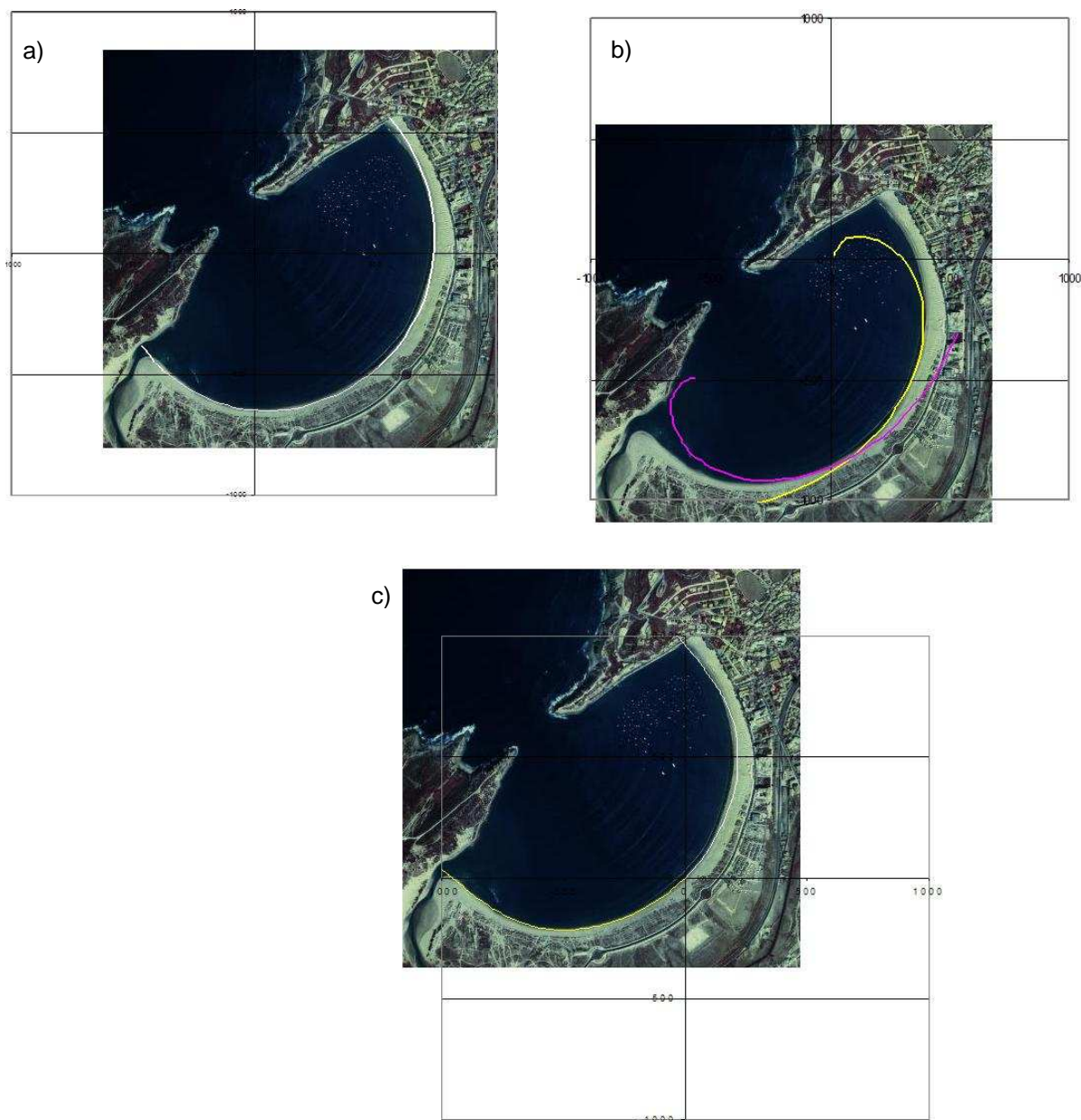


Figura 7 – Modelação da forma plana da praia de S. Martinho do Porto: a) Modelo de espiral logarítmica; b) Modelo parabólico; e c) Modelo hiperbólico tangencial.

4.1.4 Análise da evolução histórica da linha de costa e avaliação dos efeitos da ocupação antrópica

No âmbito desta actividade foi elaborada e submetida à FCT a proposta de projecto de investigação *BERM - Post-storm beach recovery morphodynamics and geomorphology*, apresentada na secção 4.3.4.

4.1.5 Análise da evolução morfo-sedimentar de praias através de dados recolhidos in situ

No âmbito desta actividade foram elaboradas e submetidas à FCT as propostas de projectos de investigação *BERM - Post-storm beach recovery morphodynamics and geomorphology* e *Beach Sand Code – Sand beach textural and compositional variability as indicator of sedimentary dynamics*, apresentadas nas secções 4.3.4 e 4.3.5, respectivamente.

4.1.6 Determinação de cotas de inundação tendo em conta as marés astronómica e meteorológica, o setup e o run-up

No âmbito desta tarefa, foi desenvolvida uma metodologia de cálculo do nível do mar (ou cota de inundação) em zonas costeiras, em regime médio e em regime de extremos. Este trabalho está descrito em detalhe em Viegas (2005) e foi também apresentado num congresso nacional (Viegas *et al.*, 2005).

Nesse trabalho, assume-se que o nível do mar resulta da contribuição independente da maré, S_{MA} , da sobrelevação meteorológica (*setup*), S_{SM} , e do espraiamento (*run-up*) das ondas de vento, R_u (Figura 8):

$$CI = S_{MA} + S_{SM} + Ru$$

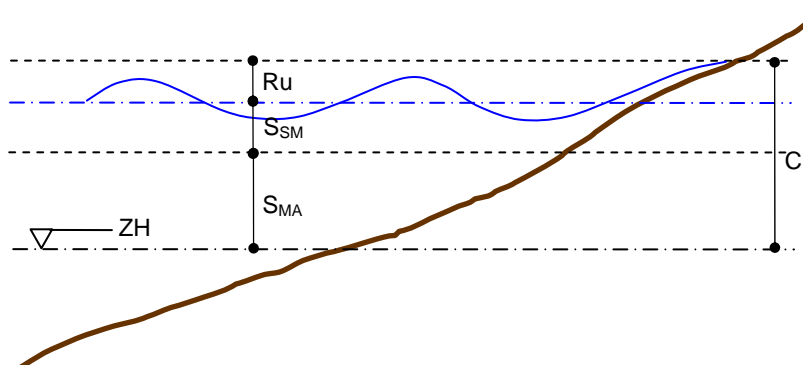


Figura 8 – Definição da cota de inundação CI e das suas parcelas individuais.

Estas três contribuições foram analisadas separada e independentemente, com base nos registos de maré e da agitação marítima nas estações com dados disponíveis.

Com vista à validação da hipótese de independência, analisou-se a dependência entre a sobrelevação e a altura significativa de onda, H_s , bem como entre esta e o período (de pico e médio) da onda. Concluiu-se que a sobrelevação meteorológica observada, com base nos registos do marégrafo de Cascais entre 1981 e 1984, é independente da altura significativa de onda.

A contribuição da maré foi estimada a partir do conhecimento das constantes harmónicas para o local desejado. Para este fim, utilizaram-se os dados do marégrafo de Cascais, entre 1960 e 1990.

As séries de altura significativa ao largo, por sua vez, são geradas sinteticamente. Para tal, em primeiro lugar, determinam-se os regimes (médio e de extremos) a partir de dados de H_s , obtidos nas bóias-ondógrafo disponíveis na costa portuguesa. Para o presente trabalho foi utilizada a série de 5 anos de dados de agitação marítima na bóia de Leixões, entre Julho de 1996 e Setembro de 2001. Os dados na bóia são primeiro “propagados” para o largo (através da aplicação da teoria linear e da Lei de Snell), e aí ajustam-se funções de distribuição adequadas aos valores observados. A partir dos dados ao largo, faz-se então a propagação dos estados de mar (representados por uma única onda monocromática) em direcção à praia, calculando os coeficientes de empolamento e de refacção através da teoria linear de onda e da aplicação da Lei de Snell, até à profundidade do ponto de rebentação ($H/h=0.78$). Admite-se, assim, que as batimétricas são rectilíneas e paralelas à linha de costa, em cada zona de aplicação deste procedimento.

Para o regime médio usam-se todos os dados observados, enquanto que para o regime de extremos usam-se apenas os dados correspondentes à altura significativa máxima em cada temporal, da série de 5 anos. Como é de esperar que em cada ano existam vários temporais, independentes entre si, este procedimento permite obter uma maior amostra que aquela que se obteria se se utilizassem apenas os máximos anuais de altura de onda. Adopta-se ainda a definição de temporal de mar proposta por Oliveira Pires (1999).

Simulou-se, com base num procedimento de Monte Carlo, séries temporais da cota de inundação, a partir de funções de distribuição de H_s . Determinam-se os regimes médio e de extremos da cota de inundação, a partir das séries sintéticas calculadas. Apresentam-se resultados da aplicação para uma linha de costa orientada NNW-SSE e ondas provenientes dos sectores SSW a NNW, em praias do tipo dissipativo ou reflectivo (Figura 9).

Para o regime médio (Figura 10), obtiveram-se valores da cota de inundação coerentes com os estimados por outros autores, sem a contribuição do espraiamento.

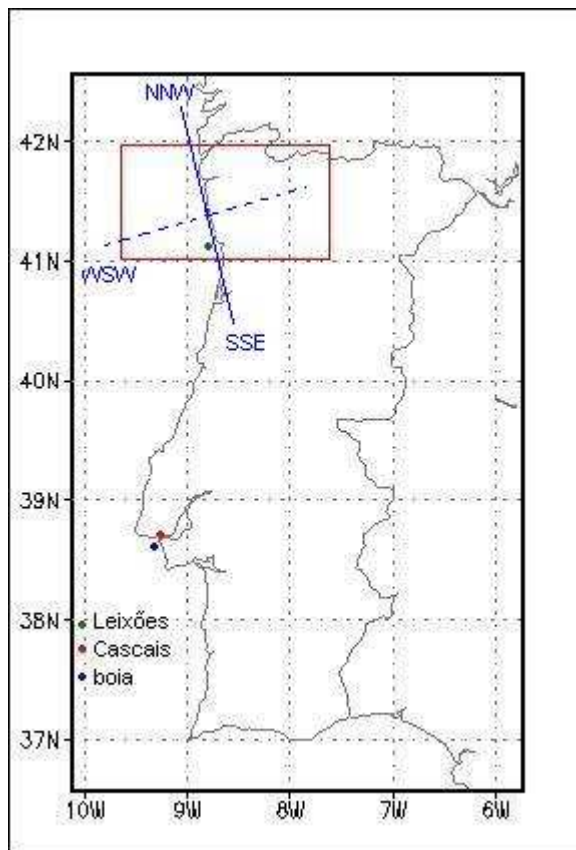


Figura 9 - Zona de aplicação da metodologia e localização dos instrumentos: • bóia de Leixões; • marégrafo de Cascais; • bóia de Cascais.

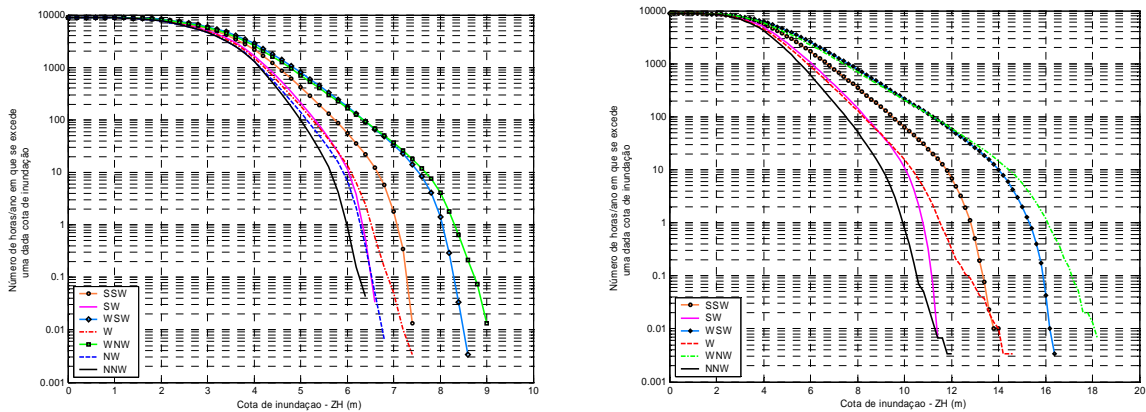


Figura 10 - Regime médio da cota de inundação numa praia A) dissipativa (declive inferior a 1:10) e B) reflectiva (declive igual a 1:5). Cada linha representa uma das direc es de agita o simuladas.

Relativamente ao regime de extremos, obtiveram-se valores para as cotas de inunda o entre 5.8 e 8.8 m (ZH), aproximadamente, com probabilidade de ocorrência correspondente, respectivamente, a períodos de retorno entre 1 e 30 anos (Figura 11).

Este trabalho permitiu ainda concluir que para o regime médio de cota de inundação, o factor mais importante é a maré. Para o regime de extremos, o factor mais importante passa a ser o espraçamento, com valores que superam a maré mais elevada.

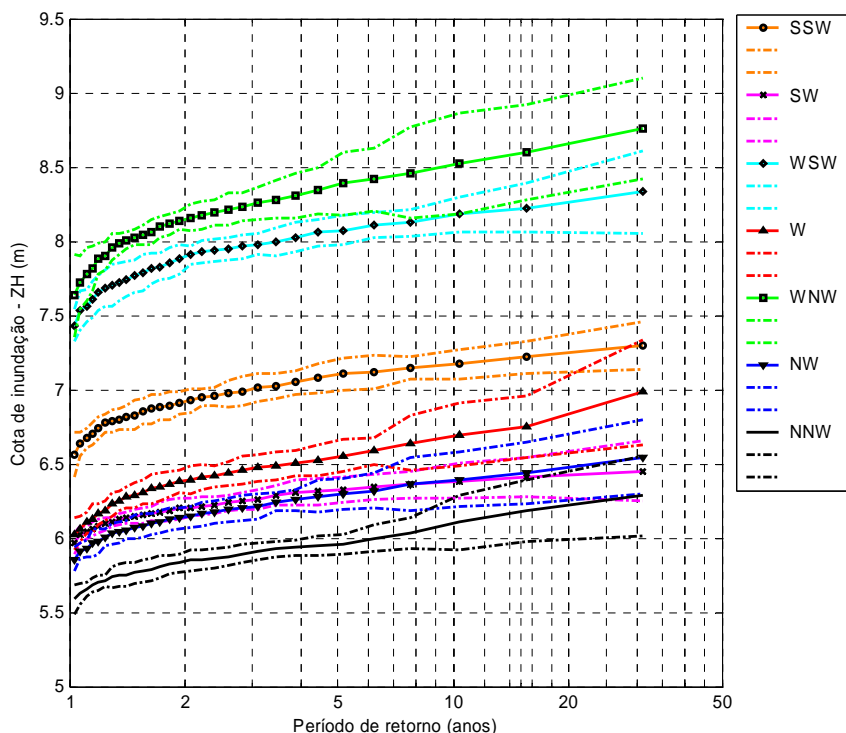


Figura 11 - Regime de extremos da cota de inundação numa praia dissipativa orientada a WSW. Linhas a cheio correspondem aos valores médios obtidos, a tracejado estão os intervalos de 95% de confiança.

Esta tarefa considera-se parcialmente concluída, antecipando-se contudo que a metodologia desenvolvida possa vir a ser melhorada ou aplicada a outros casos de estudo.

4.1.7 Refinação da modelação matemática do estado do mar e do seu impacto no transporte sedimentar longitudinal

No âmbito desta actividade divulgaram-se, em revistas de qualidade reconhecida pelo *Institute of Scientific Information (ISI) – ISI Web of knowledge*, dois modelos matemáticos avançados de propagação de ondas produzidos por um dos elementos da equipa no seu programa de doutoramento (Oliveira, 1997). Ambos os modelos, um para ondas irregulares e outro para ondas regulares, ainda hoje se situam no limiar mais avançado do conhecimento no que respeita ao estado da arte.

A aplicação destes modelos permite obter uma solução mais precisa e de forma mais eficiente do estado do mar (Figura 12 e Figura 13). Uma vez que os modelos de transporte litoral requerem como *input*

informação sobre a hidrodinâmica, a aplicação destes modelos de forma integrada com modelos de transporte sedimentar e de evolução do fundo arenoso é obviamente vantajosa. Pretende-se, no futuro próximo, integrar um dos modelos num sistema de morfodinâmica.

Regular Non-Breaking Waves Propagating over Berkhoff et al. (1982) Bathymetry

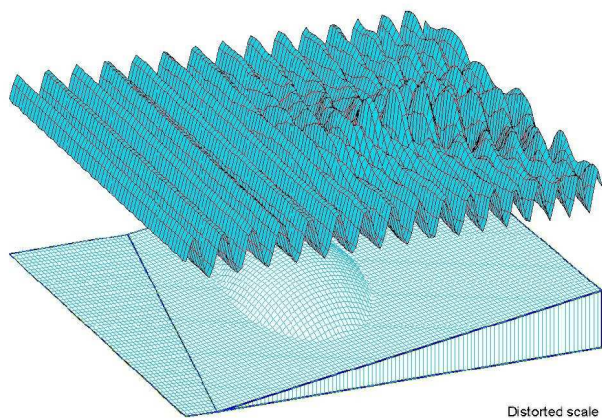
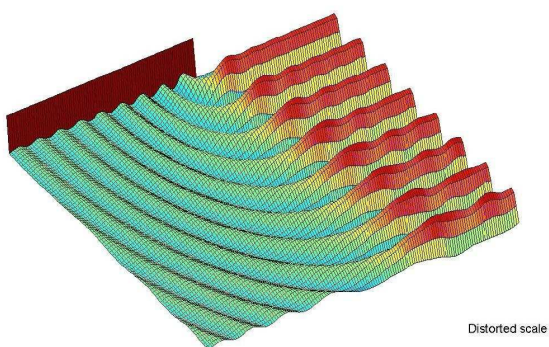
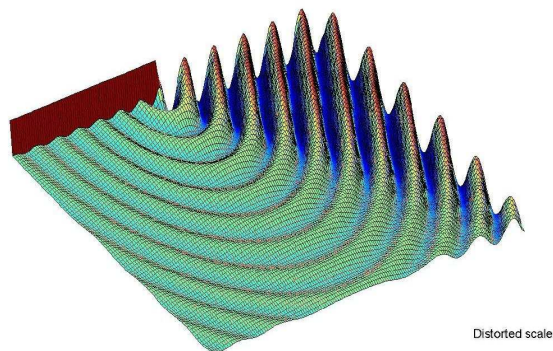


Figura 12 – Propagação de ondas: refração e difracção combinadas.

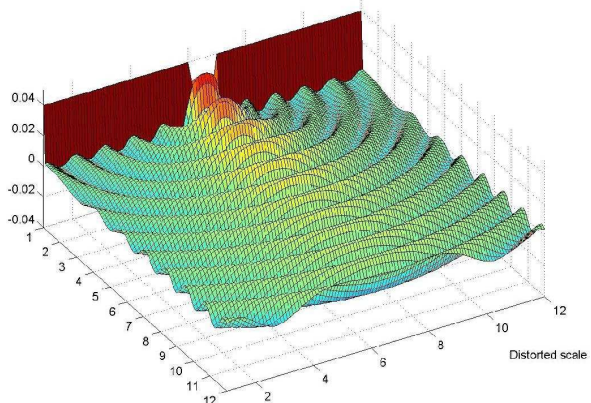
Diffraction of Regular Waves Behind a Semi-Infinite Breakwater at Normal Wave Incidence



Diffraction of Regular Waves Behind a Semi-Infinite Breakwater at 45° Wave Incidence



Diffraction of Regular Waves Behind a Breakwater Gap Configuration at Normal Wave Incidence, Gap Width = L



Diffraction of Regular Waves Behind a Breakwater Gap Configuration at 45° Wave Incidence, Gap Width = L

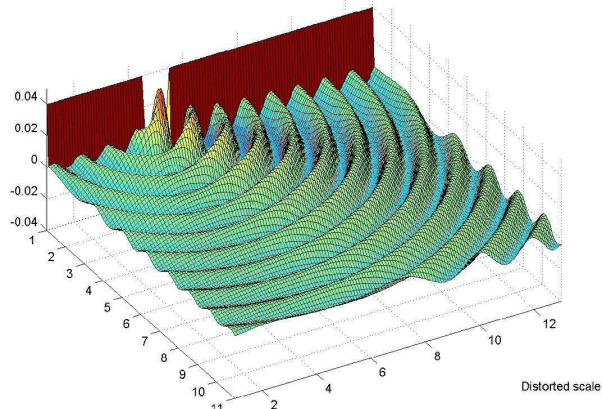


Figura 13 – Propagação de ondas: difracção.

4.1.8 Modelação física da evolução do perfil de praia na presença de estruturas reflectivas paralelas à linha de costa e sua combinação com modelação numérica

No âmbito do presente estudo elaborou-se a proposta para a *Joint Research Activity Composite Modelling of the Interactions Between Beaches and Structures (CoMIBBS)*, que se submeteu à *European Commission* no âmbito da proposta HYDRALAB III, apresentada ao *6th Framework Programme on Research, Technological Development and Demonstration* para obtenção de financiamento, conforme se descreve na secção 4.3.7. A proposta teve como motivação a necessidade de definir uma lei de escalas de sedimentos arenosos em modelação física. O objectivo foi estabelecer uma metodologia, baseada na aplicação combinada de modelação física e numérica, com vista a otimizar a lei de escalas para modelação física da dinâmica sedimentar de praias na presença de estruturas reflectivas paralelas à linha de costa. A metodologia proposta descreve-se no fluxograma da Figura 14.

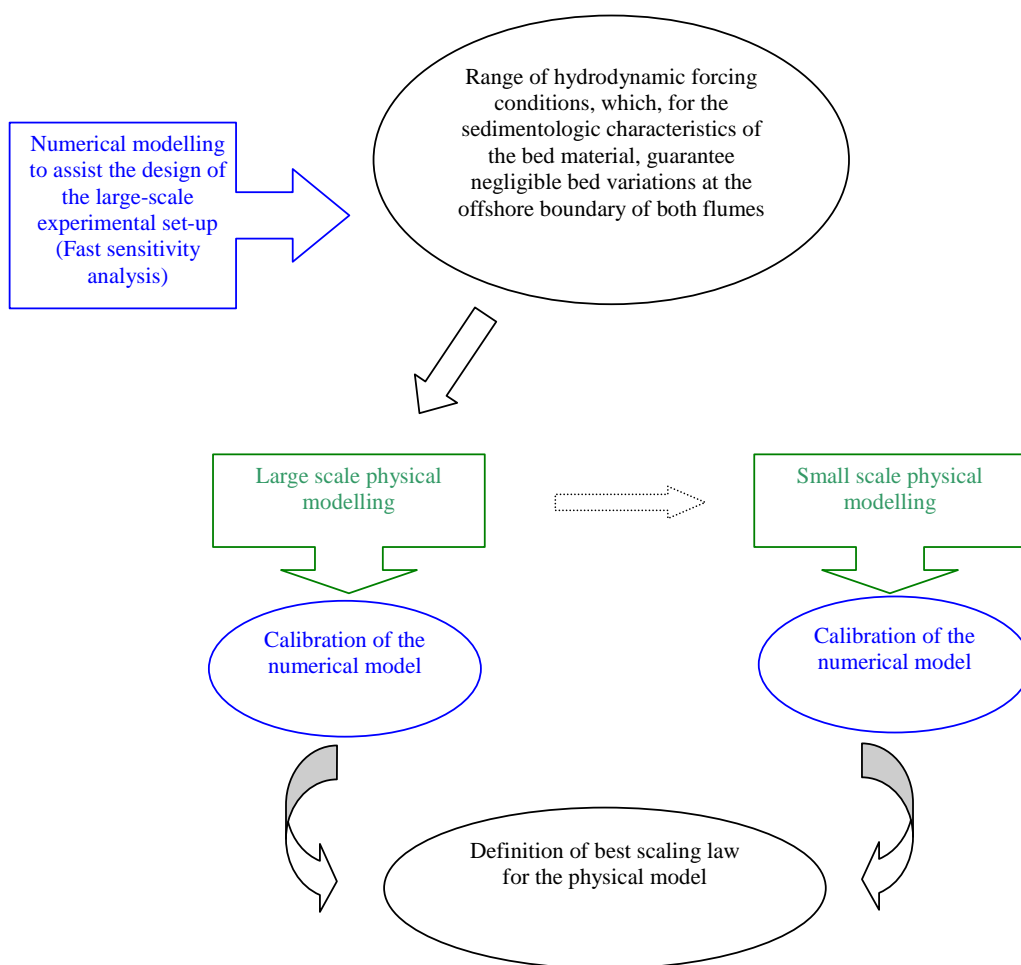


Figura 14 – Esquema da metodologia proposta.

A aplicação da metodologia encontra-se actualmente em fase inicial. Na modelação física serão medidos a evolução do perfil de praia e os parâmetros de onda. Serão realizados testes em dois canais distintos, o COI1, canal de menor escala (Figura 15), e o COI2, canal de maior escala (Figura 16). Conforme o

fluxograma da Figura 14, as experiências começarão no COI2, para a configuração esquematizada na Figura 17, considerando o fundo móvel constituído por sedimentos de granulometria correspondente a areia. A mesma configuração experimental será construída no COI1, onde serão realizados testes para várias leis de escala da hidrodinâmica e dos sedimentos. Para além desta configuração, será ainda testada outra, apenas no COI1, visando avaliar a dinâmica sedimentar em praias na presença quebra-mares submersos.



Figura 15 – Vista geral do COI1.



Figura 16 - Vistas gerais do batedor (à esquerda) e do canal (à direita) da infraestrutura experimental COI2.

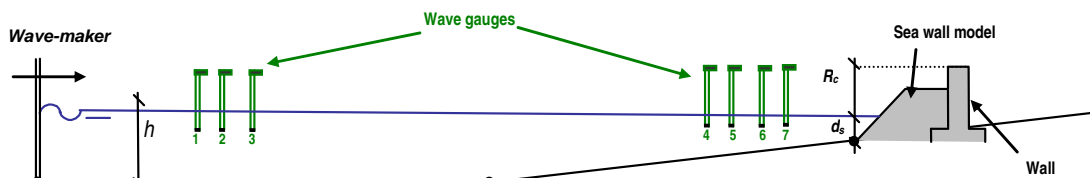


Figura 17 – Esquema da configuração a testar no COI2 e no COI1.

Na modelação numérica serão calculados: o campo de ondas ao longo do perfil; as taxas de transporte ao longo do perfil; as alterações do perfil; a erosão em frente à estrutura; e o volume de sedimento que transpõe o quebra-mar submerso. Conforme o fluxograma da Figura 14, o modelo numérico será utilizado para: apoiar o dimensionamento da configuração da Figura 17, a construir no canal de maior escala, COI2; apoiar a calibração da modelação física, com base na comparação entre os resultados numéricos e experimentais, em ambas as escalas físicas, COI1 e COI2; e avaliar efeitos de escala.

A realização destes trabalhos permitirá definir:

- uma metodologia integrada, que acopla modelos físicos e numéricos, para simular a evolução morfológica do perfil de praia; e
- um conjunto de linhas de orientação para a escolha da melhor escala a ser utilizada na modelação física dos processos morfodinâmicos na praia.

4.1.9 Desenvolvimento e validação de modelos matemáticos para estimativa do transporte sedimentar

No âmbito do presente estudo desenvolveu-se e validou-se um modelo de transporte sedimentar baseado em processos físicos (Larangeiro *et al.*, 2005). Trata-se de um modelo numérico unidimensional vertical que determina a magnitude e direcção das taxas médias, referidas ao período da onda, do transporte sedimentar de fundo e em suspensão e, através da soma vectorial destas componentes, do transporte sedimentar total, resultante da acção combinada dos mecanismos hidrodinâmicos forçadores, ondas e correntes, sobre um fundo de partículas sedimentares, com inclinação variável, que pode ser plano ou estar coberto por formas de fundo. O modelo foi aplicado num conjunto de pontos ao longo de um perfil de praia da costa oeste portuguesa. A sua validação realizou-se através da comparação dos resultados obtidos com os resultados calculados através de dois outros modelos matemáticos de reconhecida fiabilidade (Figura 18).

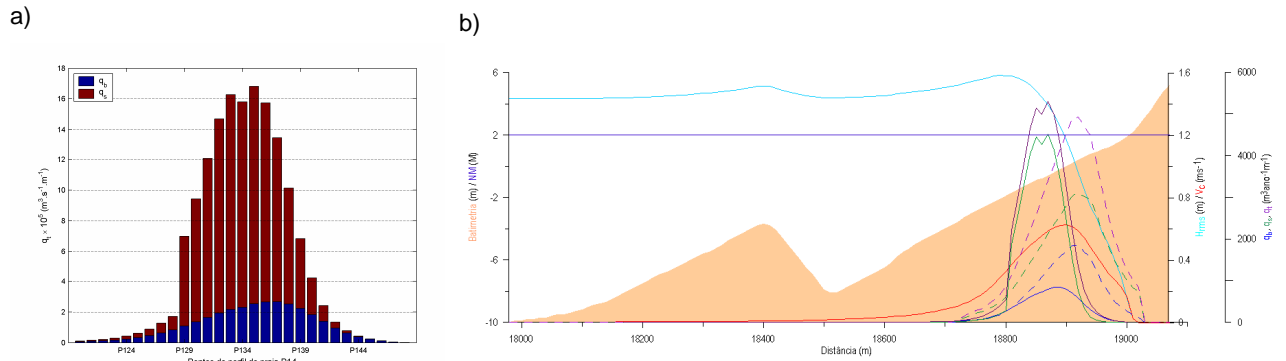


Figura 18 – Transporte longitudinal ao longo de um perfil de praia: a) resultados e b) validação do modelo matemático de transporte sedimentar em desenvolvimento.

Ainda no âmbito desta actividade validou-se um modelo de morfodinâmica do perfil de praia baseado em processos físicos (Figura 19) e realizaram análises de sensibilidade a diversos parâmetros de dinâmica sedimentar (Oliveira, 2005).

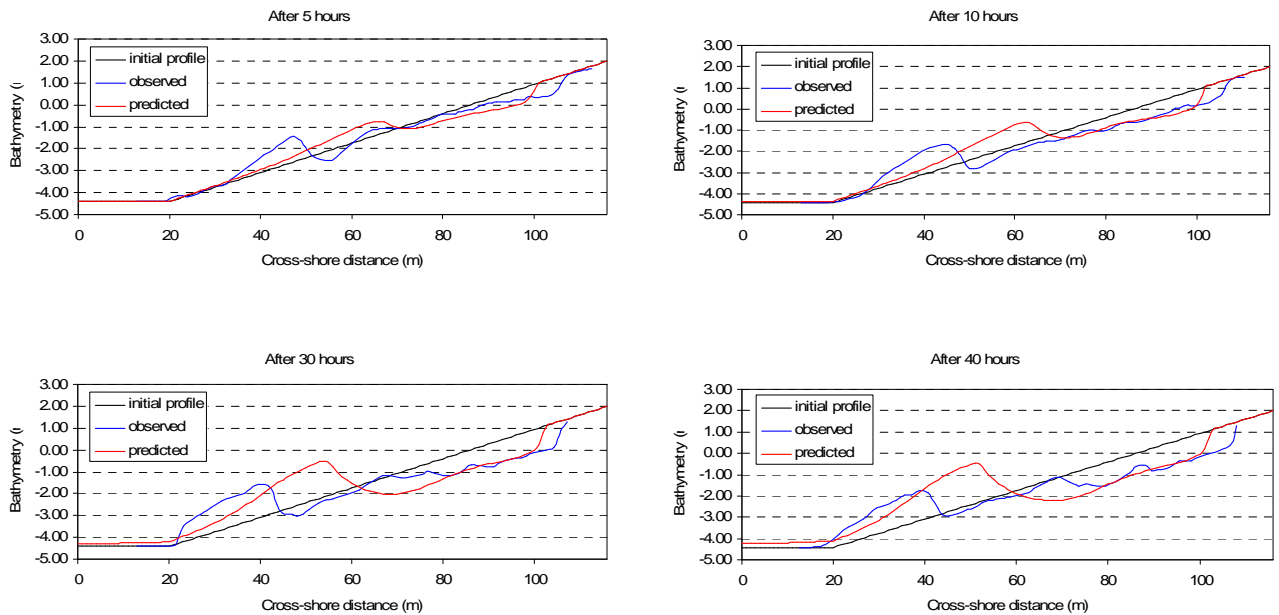


Figura 19 – Comparação de resultados numéricos e experimentais, em 4 estádios de evolução de um perfil de praia.

4.1.10 Alterações e melhorias do modelo matemático bi- (em planta) e tri-dimensional M-SHORECIRC. Introdução de várias formulações de transporte de sedimentos

No âmbito desta tarefa, ou relacionada com ela, desenvolveram-se actividades em duas sub-áreas:

1. Melhoria do conhecimento e limitações de aplicação do modelo SHORECIRC – aplicação ao trecho da Praia da Vieira;
2. Melhoria de uma fórmula de transporte de sedimentos, para ondas com assimetrias verticais significativas.

A primeira actividade resultou da investigação sobre ocorrências de agueiros na costa ocidental Portuguesa. Desenvolveu-se, no trabalho efectuado (Silva *et al.*, 2006a; Silva, 2006), uma metodologia de identificação de agueiros (*rip-currents*) por imagens satélite (Figura 20). Dada a ubiquidade destas correntes na grande maioria dos casos, a identificação de *rips* através desta metodologia, contudo, carece de confirmação, só possível de realizar através de ensaios de campo.

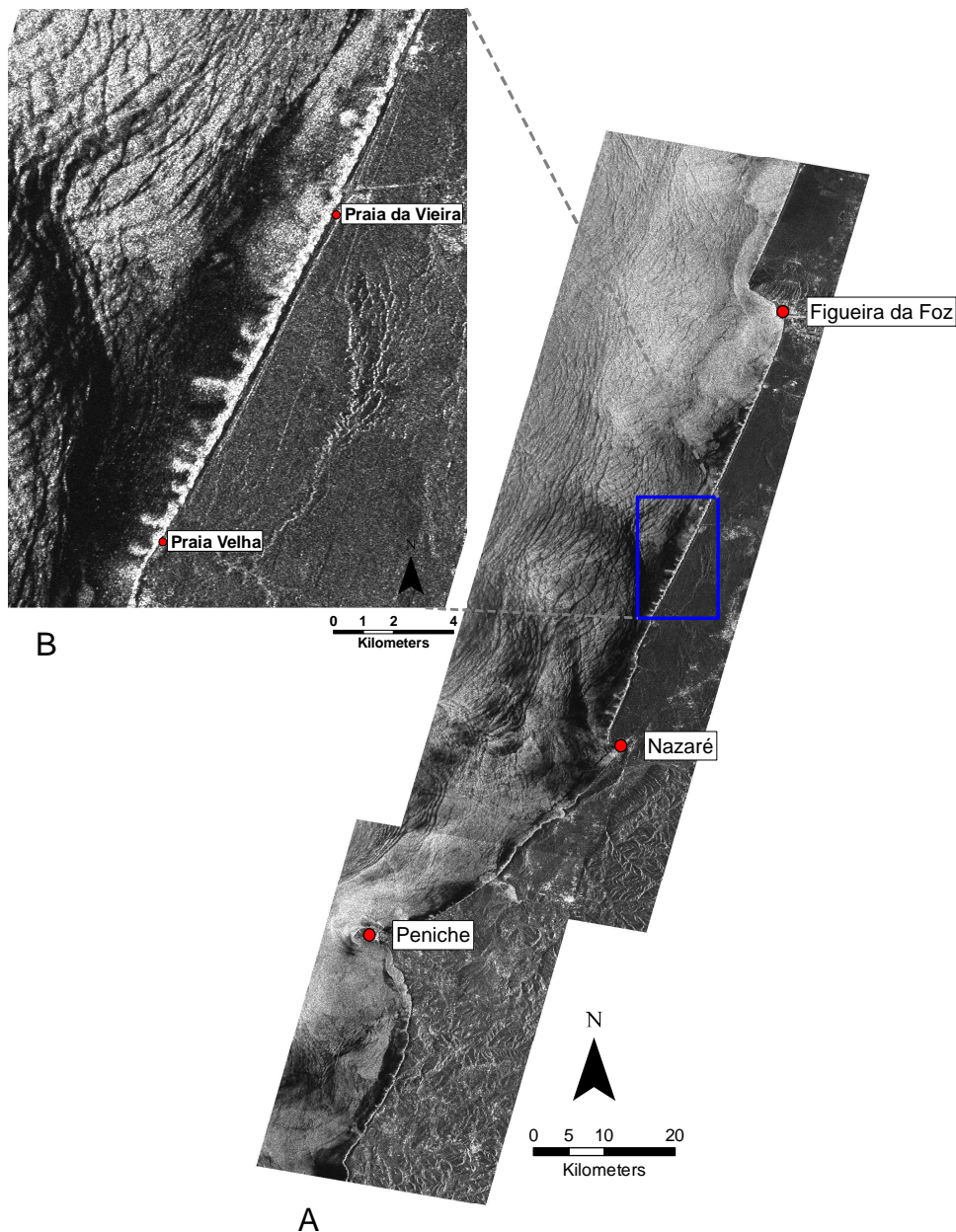


Figura 20 - Perspectiva da zona entre Peniche e Figueira da Foz, com duas imagens ASAR em Precision Image Mode, (30/08/2004). Identificam-se, nesta imagem várias *rip-currents*.

Paralelamente, Abreu *et al.* (2006) estimaram momentos estatísticos da superfície livre e da velocidade orbital das partículas, relevantes para o transporte de sedimentos. A extensão deste trabalho para a aceleração do movimento das partículas resultou na tese de Mestrado Abreu (2006). Em particular, propuseram-se várias parametrizações do desvio padrão (σ), assimetria (μ_3) e curtose (μ_4) das velocidades e acelerações do movimento sob ondas não lineares, nas zonas de pré-, durante e pós-rebentação. Os principais passos e conclusões foram:

- Evidenciou-se o paralelismo da relação entre os parâmetros μ_3 e μ_4 da superfície livre com os da velocidade orbital e propôs-se uma nova expressão empírica, mais genérica, que relaciona a curtose da onda, μ_4 , com a sua assimetria, μ_3 .
- Propuseram-se parametrizações para o desvio padrão da componente horizontal da velocidade e da aceleração orbital junto ao fundo, bem como expressões para as componentes da velocidade e aceleração associadas à crista e cava. Tanto a parametrização do desvio padrão da velocidade, σ_u , como a do desvio padrão da aceleração, σ_a , são função do desvio padrão da elevação da superfície livre, σ_η , e da altura de onda relativa H/h . As relações propostas mostraram ter um melhor ajuste aos dados que as resultantes da Teoria Linear.
- Relativamente às parametrizações da assimetria da velocidade e da aceleração, foram apresentadas algumas formulações empíricas baseadas em métodos distintos. Das várias formulações analisadas, conclui-se que uma boa caracterização de parâmetros locais associados à elevação da superfície livre conduz a bons resultados na obtenção de parâmetros da velocidade e aceleração orbital junto ao fundo. Isso constitui uma mais valia, pois a aquisição de dados à superfície é mais simples de se obter. Contudo, seria desejável que as parametrizações fossem função de características ao largo (λ_0 , T , H_0) e de características locais de fácil determinação como, por exemplo, profundidade (h) e declive do fundo (β). No entanto, as formulações que indicaram melhores resultados carecem de algum detalhe local à superfície (p. e. H_s , $\mu_{3,\eta}$, $A_{rms\ máx}$ ou $A_{rms\ mín}$). Caso não haja registo de dados à superfície, tais parâmetros poderão ser adquiridos utilizando teorias de ondas adequadas para o efeito. Neste âmbito, verificou-se que a Teoria de Stokes de 2ª ordem se revelou útil no fornecimento de determinadas relações e resultados.

Assim, como resultado final deste trabalho, dispõem-se de fórmulas de parametrização de momentos estatísticos que intervêm em várias fórmulas do transporte de sedimentos.

Complementarmente, melhorou-se uma fórmula de transporte de sedimentos, para ondas com assimetrias verticais significativas. Assim, recentemente, Silva *et al.* (2007) efectuaram uma análise de sensibilidade da fórmula de cálculo de transporte de sedimentos de Silva *et al.* (2006b) para ondas com fortes assimetrias da aceleração, utilizando resultados das parametrizações acima descritas. Este trabalho permitirá ter maior confiança na fórmula de transporte de Silva *et al.* (2006b), desenvolvida para escoamentos com ondas e correntes em zonas marítimas.

Na sequência deste trabalho, foi apresentada (e aprovada) uma proposta de investigação baseada em trabalho experimental, em que irão ser efectuados ensaios em modelo físico no “oscillating water tunnel” do Delft Hydraulics, no final do presente ano. Estes permitirão estender a gama de aplicações da fórmula de transporte.

4.1.11 Evolução da linha de costa a médio e longo prazo. Impacto de estruturas de protecção costeira, alterações climáticas e intervenções antrópicas

Foram elaboradas e submetidas à FCT as propostas de projectos de investigação “Modelação numérica da evolução da morfologia litoral, para apoio à gestão costeira (CoastEvolution)” e “Extracção de areias na plataforma continental portuguesa: impactos e evolução morfodinâmica (Sandex)”, descritas nas secções 4.3.1 e 4.3.2, que abordam esta temática. As propostas aguardam avaliação.

Oliveira (2006) aplicou um modelo matemático de propagação de ondas lineares em águas intermédias, baseado na equação de Berkhoff, capaz de simular os fenómenos físicos de refacção, difracção, reflexão e rebentação das ondas na sua aproximação à costa, com o objectivo de analisar o efeito de estruturas de protecção costeira permeáveis (reflexão e transmissão parciais) no campo de ondas e consequentemente o efeito de protecção da linha de costa relativamente à energia incidente (Figura 21).

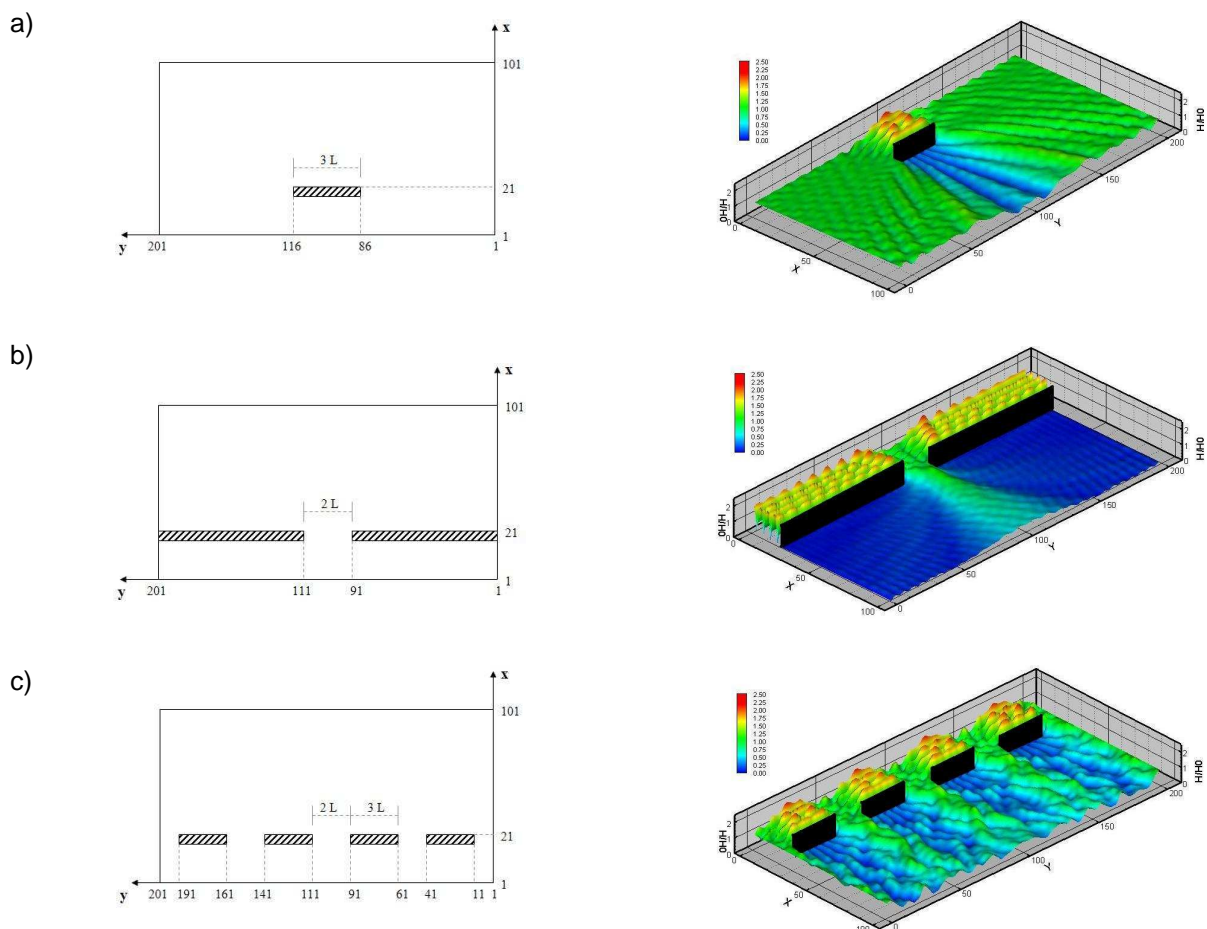


Figura 21 – Geometria e campo de ondas (resultados numéricos) para 3 casos de estudo: a) quebra-mar destacado; b) abertura entre quebra-mares e c) quebra-mar segmentado.

Desenvolveu-se um módulo para inclusão de quebra-mares destacados no modelo matemático de evolução de linha de costa Litmod (Vicente e Clímaco, 2003). Este novo módulo permite a simulação da evolução da linha de costa na presença de quebra-mares destacados, tendo sido já aplicado a um estudo concreto de avaliação dos impactos na costa da construção de uma ilha artificial na costa do Algarve (Figura 22).

Analisou-se, de forma metódica, utilizando um modelo de evolução de linhas de costa, o funcionamento de um esporão isolado e de um campo de esporões, abordando os seguintes aspectos: posicionamento eficaz das obras, de forma a garantir uma adequada protecção da zona a defender; comprimento necessário para os esporões; caracterização da estabilização e evolução morfológica induzida pelas obras; volumes de acumulação e de erosão envolvidos na adaptação da praia; e oscilações da linha de água devido à ocorrência de temporais e à variabilidade inter-anual do regime de agitação marítima.

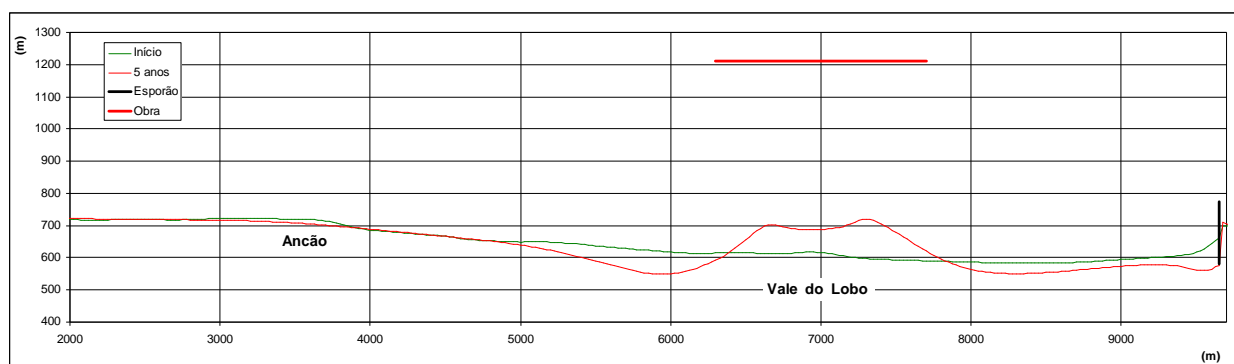


Figura 22 – Aplicações do módulo de quebra-mares destacados do modelo Litmod.

4.1.12 Análise da variabilidade sedimentar em praias. Estudo da influência de parâmetros sedimentares na previsão da evolução de praias, a diferentes escalas temporais

O conteúdo sedimentar de uma praia pode apresentar grande variabilidade textural, quer no espaço quer no tempo, o que dificulta a definição de uma metodologia de amostragem que faça um bom compromisso entre a representatividade das amostras e o esforço de amostragem. Na Figura 23 apresenta-se a variabilidade do diâmetro mediano e do grau de selecção dos sedimentos ao longo da praia de Buarcos.

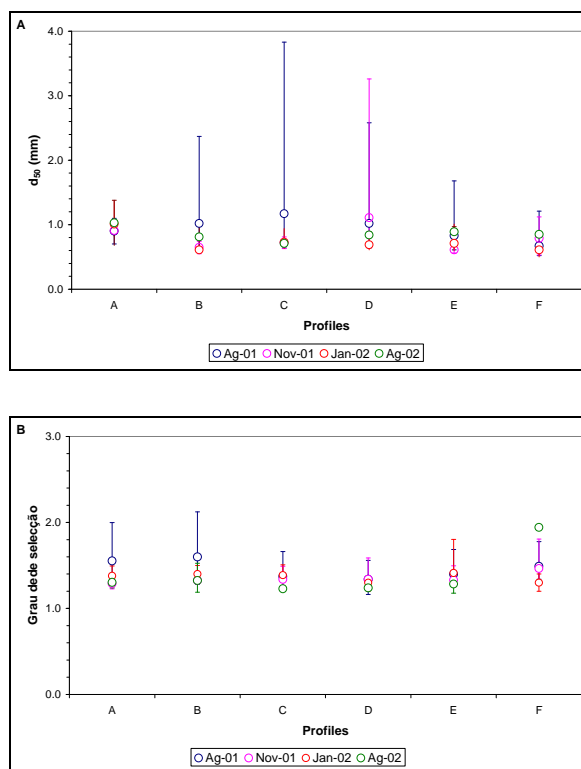


Figura 23 – Variabilidade temporal das características dos sedimentos ao longo da praia de Buarcos. A- diâmetro mediano; B – grau de selecção, parâmetros calculados para amostras compósitas ao longo de perfis transversais.

Por outro lado, os estudos de dinâmica e protecção costeira utilizam com frequência modelos numéricos para a avaliação do transporte sedimentar litoral cuja incerteza dos resultados depende da incerteza dos parâmetros de entrada, incluindo, os parâmetros físicos que caracterizam os sedimentos.

Com o objectivo de adquirir sensibilidade à incerteza introduzida nas estimativas de transporte litoral produzidas por modelos numéricos, resultantes da parametrização das características dimensionais dos sedimentos, e à forma como essas características são discretizadas no domínio de cálculo, investigou-se a influência do diâmetro mediano, grau de selecção, densidade dos sedimentos e da forma do fundo na avaliação do transporte sedimentar litoral (Oliveira *et al.*, 2006; Freire *et al.*, 2007). Esta análise foi realizada através do modelo matemático de evolução da linha de costa, LITPACK, para o caso da praia de Buarcos.

Apresenta-se uma síntese dos principais resultados obtidos (Figura 24):

- O modelo numérico simula de um modo realístico o transporte de sedimentos relativo às diferentes classes granulométricas: o transporte total diminui com o aumento do diâmetro, na gama de areias finas, e aumenta na gama das areias grosseiras (Figura 24-A).
- Na gama das areias finas ($d_{50} < 0.3\text{mm}$) o modelo é mais sensível aos parâmetros grau de selecção (Figura 24-B) e densidade dos sedimentos (Figura 24-C). O aumento do grau de selecção num factor de 1.3 implica erros no resultado do transporte anual total de 80%, no caso de sedimentos com $d_{50} = 0.1\text{mm}$, e de 50% para sedimentos com $d_{50} = 0.2\text{mm}$. A variação da

massa volumétrica dos sedimentos de 2650 para 3000 kg m⁻³ implica um erro no resultado do transporte de 40 a 50%.

- Para sedimentos com diâmetro mediano superior a 0.4mm, o transporte é praticamente independente da variação do diâmetro mediano e da densidade. No entanto, se o parâmetro grau de selecção for considerado nas simulações, este deve ser cuidadosamente determinado.

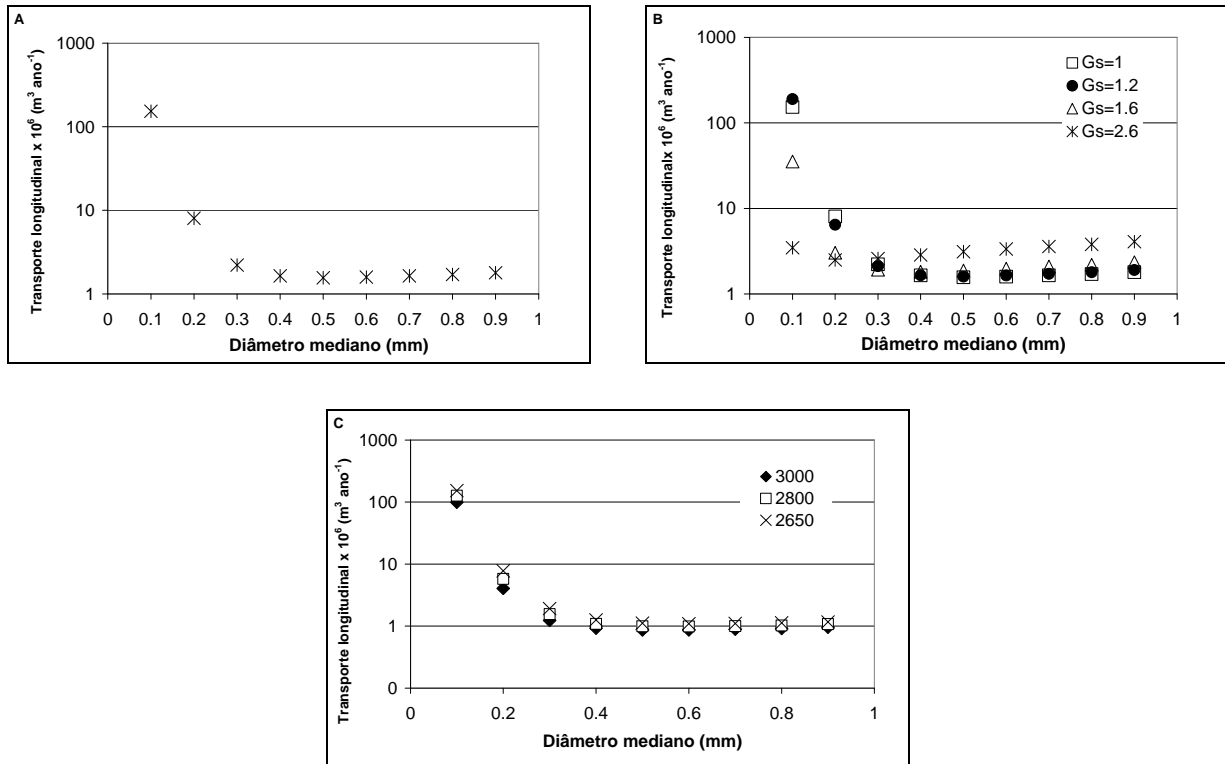


Figura 24 – Variação do transporte longitudinal total com o diâmetro mediano dos sedimentos.

4.1.13 Análise da vulnerabilidade de zonas costeiras à acção de tsunamis

No âmbito desta actividade (que não foi prevista inicialmente, conforme ficha do estudo) foi elaborada e submetida à Comissão Europeia, no âmbito do *7th Framework Programme on Research* a proposta de investigação “Vulnerability to Tsunami Hazard”, descrita na secção 4.3.8. Esta proposta envolve as seguintes acções relacionadas com o presente estudo:

- Teste e melhoria do modelo de transporte de sedimentos de Silva *et al.* (2006b) para escoamentos gerados por tsunamis. Estima-se que o transporte de sedimentos nestas circunstâncias seja em regime de “fundo móvel plano”.
- Identificação e estimativa de alterações morfológicas (resultantes de um evento de tsunami) na determinação do grau de ameaça de um tsunami.
- Selecção de um caso de estudo na Costa Sul do Algarve e aplicação da metodologia integrada resultante do projecto para o cálculo da vulnerabilidade da zona costeira à acção de um tsunami

(em conjunto com outros parceiros). Esta tarefa envolve fundamentalmente a recolha de informação (topo-hidrografia, registos históricos, morfologia da costa, estruturas de protecção costeiras, etc.) e a aplicação de ferramentas emergentes do projecto.

4.1.14 Determinação de regimes simplificados de agitação marítima, com transporte sedimentar equivalente ao regime observado

No âmbito deste estudo, desenvolveu-se uma metodologia de cálculo de um regime de agitação marítima simplificado, com efeito no transporte sedimentar equivalente ao regime observado.

4.2 Formação avançada

Realizou-se a formação avançada de alunos finalistas de licenciatura, estagiários e mestres, que executaram programas de trabalho final de curso, estágios e de mestrados enquadrados no âmbito do plano de actividades deste estudo. Alguns destes trabalhos foram realizados em cooperação com outras instituições, académicas e de investigação, outros foram desenvolvidos exclusivamente no LNEC, conforme Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Formação avançada realizada durante o primeiro biénio.

Nome	Tipo de formação	Título do programa de formação	Orientador
Olalla Mosquera Barreiro	Estágio profissional. Bolseira projecto ARGO	Mathematical modelling of headlands-bay beaches	Filipa Oliveira
Francisco Sansana da Silva	Estágio de fim de curso. Lic. Oceanografia, Univ. Algarve	Rip currents identification with synthetic aperture radar	Francisco Sancho
Tânia Viegas	Estágio de fim de curso. Lic. Oceanografia, Fac. Ciências, Univ. Lisboa	Níveis de inundação em zonas costeiras: metodologia de cálculo	Francisco Sancho
Sérgio H. Camacho Duarte Larangeiro	Mestrado. Bolseiro IH	Modelação matemática do transporte sedimentar*	Filipa Oliveira
Tiago Abreu	Mestrado	Transporte de sedimentos em zonas costeiras – parametrização de momentos estatísticos de hidrodinâmica	Francisco Sancho
Paulo Gaspar	Mestrado	Transporte de sedimentos: análise da velocidade orbital representativa e do undertow sobre um sistema barra-fossa	Francisco Sancho

* Título provisório

Está actualmente a ser elaborada pela Eng^a Catarina Vargas uma proposta de programa de doutoramento, na área da modelação matemática da evolução do perfil de praia, para submeter à FCT para financiamento. Prevê-se que a instituição de acolhimento seja o LNEC e que a Doutora Filipa Oliveira seja co-orientadora.

No âmbito das propostas de projectos de I&DT desenvolvidas, descritas na secção 4.3, está prevista a formação avançada de bolsiros de investigação licenciados e doutorados.

4.3 Candidaturas a novos financiamentos de investigação

No âmbito do presente estudo foram realizadas e submetidas propostas de projectos de investigação, seis à FCT e duas à Comissão Europeia, uma no âmbito do *6th Framework Programme on Research* e outra no âmbito do *7th Framework Programme on Research*, com vista à obtenção de financiamento para a sua execução. Destas candidaturas, uma, a que foi submetida à Comissão Europeia no âmbito do *6th Framework Programme on Research*, foi aprovada, e as restantes sete aguardam avaliação. Faz-se seguidamente uma breve descrição das propostas mencionadas.

4.3.1 Modelação numérica da evolução da morfologia litoral, para apoio à gestão costeira (CoastEvolution)

Proc. 604/14/16534, projecto de I&DT (PTDC/MAR/72915/2006) proposto para financiamento à FCT.

Duração prevista: 3 anos (2007-2009).

Participantes: LNEC (NEC do DHA), IHRH-FEUP e Univ. Aveiro.

Descrição: Este projecto consiste na realização de avanços numéricos em três modelos de previsão da evolução de médio e longo termo da morfologia costeira, com vista à melhoria da sua robustez e da confiança técnica na sua aplicação. Para atingir este objectivo recorrer-se-á, também, à modelação física da evolução do perfil de praia. Três modelos numéricos serão analisados (com base na identificação das hipóteses e princípios admitidos nas formulações governantes), comparados (com base na previsão dos resultados obtidos e verificação dos processos hidro-sedimentares costeiros incluídos) e desenvolvidos. Os modelos são: um modelo híbrido de evolução da linha de costa, um modelo de evolução da linha de costa de 1-linha, e um modelo baseado nos processos físicos envolvidos na zona activa da praia, com uma abordagem por perfil. Serão definidas as gamas de valores para alguns parâmetros morfodinâmicos de calibração dos modelos de evolução da configuração costeira, contribuindo para o aumento da confiança na aplicação destes modelos. As zonas costeiras de estudo serão Aveiro, Costa da Caparica, Figueira da Foz, Praia da Aguda e Barra do Douro. Obter-se-ão ferramentas de apoio à tomada de decisão para a gestão e o planeamento da zona costeira, permitindo a realização de estudos de zonas costeiras altamente vulneráveis e em situação de risco, o que será demonstrado através da aplicação dos modelos à zona costeira de Aveiro.

Financiamento externo previsto: 45 067 €.

4.3.2 Extracção de areias na plataforma continental portuguesa: impactos e evolução morfodinâmica (Sandex)

Proc. 604/14/16564, projecto de I&DT (PTDC/ECM/70428/2006) proposto para financiamento à FCT.

Duração prevista: 3 anos (2007-2010).

Participantes: LNEC (NEC e NPE do DHA), Univ. Aveiro e INETI.

Descrição: Este projecto tem como principal objectivo avaliar os impactos físicos decorrentes da extracção de areias e de cascalhos no balanço sedimentar costeiro e na evolução da linha de costa. Para tal é necessário analisar os processos hidrodinâmicos que os determinam. O estudo será feito com base no modelo numérico bidimensional morfodinâmico MORSYS2D e num modelo numérico de evolução da linha de costa de uma linha. Duas áreas, localizadas na costa ocidental e na costa sul de Portugal, caracterizadas por regimes de ondulação distintos, são estabelecidas como locais potencialmente interessantes para a extracção de inertes. Uma caracterização da sedimentologia das áreas de estudo será efectuada, o que permitirá mapear em detalhe a estrutura geológica e a distribuição de sedimentos depositados no fundo. Simulações numéricas de curto- médio- e longo-termo serão efectuadas para as configurações estabelecidas, o que permitirá avaliar os tempos de regeneração das escavações e o seu impacto na linha de costa. Ter-se-ão em conta diferentes regimes de ondulação representativos para as áreas de estudo assim como a ocorrência de temporais. Serão estabelecidas linhas gerais de orientação relativamente aos locais de extracção tendo em conta os seus efeitos no balanço sedimentar. Uma terceira área, localizada na ilha do Faial, Açores, será também estudada. Neste caso, o objectivo consiste em monitorizar pelo período de um ano a evolução de escavações existentes, avaliar o seu impacto na topografia de fundo e caracterizar a dinâmica sedimentar desse local.

Financiamento externo previsto: 48 164 €.

4.3.3 Sistema de monitorização costeira através de técnicas de vídeo (BeMovie)

Proc. 604/14/16564, projecto de I&DT (PTDC/ECM/67204/2006) proposto para financiamento à FCT.

Duração prevista: 3 anos (2008-2010).

Participantes: LNEC (NEC do DHA), Univ. Lisboa e INAG.

Descrição: Este projecto está organizado em 5 tarefas principais: (1) A primeira, envolve a instalação de um sistema comercial de vídeo e a sua configuração para aquisição, transmissão e processamento de imagens. Paralelamente, outro sistema completamente novo será desenvolvido; (2) Os dados extraídos destes sistemas de vídeo serão comparados com dados de campanhas de campo, permitindo a calibração das técnicas de vídeo-monitorização. As campanhas de campo serão projectada para adquirir

dados hidro- e morfodinâmicos; (3) Esta tarefa consiste em desenvolver e/ou melhorar técnicas para estimação, a partir de vídeo-imagens, de uma série de dados que caracterizam a hidrodinâmica e morfodinâmica da praia, simplificando-os para uso em gestão; (4) Toda a informação (dados de campo e vídeo) será utilizada como suporte aos modelos para simular a evolução costeira em diferentes escalas de tempo. Os dados serão usados para calibrar e verificar os limites dos modelos, e os modelos serão usados para completar a informação oriunda das medidas. Os modelos fornecerão também, através de diferentes simulações, respostas sobre a importância dos diferentes mecanismos forçadores da dinâmica costeira; (5) Fornecimento, através da Internet, de toda a informação e os resultados do projecto, de forma compatível e acessível ao público. Para isso, uma Base de Dados e um Portal Web serão construídos pela autoridade de gestão litoral (INAG), parceiro do projecto, o que garantirá a transferência de tecnologia para os gestores costeiros.

O principal resultado deste projecto, além do domínio da técnica de vídeo-monitorização costeira, é o desenvolvimento de ferramentas de auxílio à gestão costeira. O conhecimento proporcionado será um meio para realizar a assim chamada “gestão integrada das zonas costeiras” a ser aplicada na costa portuguesa.

Financiamento externo previsto: 142 400 €.

4.3.4 Post-storm beach recovery morphodynamics and geomorphology (BERM)

Proc. 604/14/16530, projecto de I&DT (PTDC/MAR/64564/2006) proposto para financiamento à FCT.

Duração prevista: 3 anos (2008-2010).

Participantes: LNEC (NEC do DHA), Univ. do Algarve, Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Descrição: Embora o conhecimento acerca dos factores que determinam a recuperação de praias seja essencial para a gestão sustentável de zonas costeiras, verifica-se, ainda, alguma ausência de estudos integrados na avaliação de diferentes taxas de recuperação em praias com diferentes enquadramentos. O presente projecto pretende colmatar esta mesma lacuna, através do estudo compreensivo dos principais factores determinantes na recuperação de praias após ocorrência de tempestade. Os objectivos a que se propõe serão concretizados através da análise detalhada de praias contrastantes, distribuídas ao longo de todo o litoral a Sul do Rio Tejo, bem como em praias localizadas no Golfo de Cádiz (Costa Sul de Espanha). No global, a área de estudo inclui 3 sectores principais: Sector A –costa Sudoeste de Portugal (entre Lisboa e Sagres); Sector B – costa sul do Algarve; Sector C – zona costeira do Golfo de Cádiz (Espanha). A nível de execução, o presente projecto reúne uma tarefa preliminar de compilação e revisão bibliográfica. De acordo com a bibliografia existente e com base em visitas in situ, irá proceder-se a uma catalogação das várias praias existentes, como suporte à selecção de praias específicas para estudo aprofundado, sendo estas representativas de diferentes classificações morfodinâmicas e diferentes enquadramentos geomorfológicos. Adicionalmente, deverá ser avaliado o papel das intervenções antrópicas (presença de estruturas costeiras e desenvolvimento urbano) na

evolução natural da praia. Para o sector C, as praias irão ser seleccionadas de acordo com os estudos locais e publicações já existentes, bem como com base no conhecimento dos consultores propostos que têm grande experiência na área. Para os sectores A e B, proceder-se-á a levantamentos intensivos por forma a caracterizar, do ponto de vista morfológico e sedimentológico, diferentes taxas de recuperação de praias após a actuação de tempestades. Os resultados obtidos após processamento de dados (dados de campo, análises laboratoriais e modelação da agitação) irão ser analisados em concordância com a informação bibliográfica recolhida, por forma a se obter uma visão detalhada dos processos costeiros determinantes da recuperação de praias após tempestades. Serão definidos intervalos de variação de taxas de recuperação, considerando a respectiva distribuição geográfica e os respectivos limites temporais e espaciais. O tipo de morfodinâmica de cada praia seleccionada deverá ser definido de acordo com os parâmetros morfodinâmicos clássicos e respectivos limites. O enquadramento geomorfológico de cada praia deverá ser avaliado de acordo com: célula litoral fechada/aberta, presença de reservatórios sedimentares interconectados, existência de descarga fluvial, disponibilidade de fontes sedimentares com granulometria compatível com a praia e ocorrência de intervenções antrópicas.

Financiamento externo: 47 218 €.

4.3.5 Variabilidade textural e composicional da areia de praia como indicador da dinâmica sedimentar (Beach Sand Code)

Proc. 604/14/16536, projecto de I&DT (PTDC/ CTE-GEX/64592/2006) proposto para financiamento à FCT.

Duração prevista: 3 anos (2008-2010).

Participantes: LNEC (NEC do DHA), Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e Instituto Hidrográfico.

Descrição: O conhecimento do transporte litoral de sedimentos arenosos é fundamental nos estudos de balanços sedimentares costeiros, na previsão da evolução das linhas de costa e na construção e manutenção de estruturas de engenharia costeira. Para quantificar o transporte de sedimentos arenosos, é necessário conhecer as variações espaciais e temporais das características das partículas arenosas (dimensão, forma e composição). Todavia, os trabalhos de investigação relacionados com este tema não têm dado muita atenção à variabilidade sedimentar dos sistemas costeiros quando comparada com a atenção dedicada aos estudos dos processos hidrodinâmicos (maré, ondas e correntes) ou, até, ao conhecimento dos aspectos morfológicos. Têm sido feitos muitos esforços no campo da investigação das relações entre as características do sedimento e o do meio sedimentar. Contudo, os resultados obtidos decorrentes do investimento feito não têm tido sucesso na explicação da variabilidade sedimentar das praias, uma vez que este ambiente sedimentar é caracterizado por uma elevada variação espacial e temporal dos gradientes energéticos, favorecendo o aparecimento de sequências sedimentares muito heterométricas. Esta variabilidade induz também dificuldades na definição e obtenção de uma amostra representativa da praia e muitos investigadores utilizam um simples descritor do sedimento como

representativo de toda a variabilidade do sistema omitindo a referência a métodos de colheita utilizados ou aos locais de obtenção das amostras. Este projecto pretende preencher estas lacunas através da construção de uma base de dados com a informação sedimentar da praia, com dados dos mecanismos forçadores e dados morfológicos. O trabalho será desenvolvido em 3 praias com níveis diferentes de energia: praia do Salgado - energia elevada; praia da Comporta – energia média; praia do Alfeite – baixa energia. A informação obtida será descrita de acordo com as variações texturais e composicionais ocorridas no espaço e no tempo, usando-se adequados descritores estatísticos. As características dos sedimentos serão relacionadas com os mecanismos forçadores através da caracterização contínua das ondas incidentes, durante um ciclo de maré, e da colheita de amostras de sedimentos superficiais. As relações entre os mecanismos e o registo sedimentar serão obtidas através da utilização de modelos baseados em processos e métodos estatísticos. Será avaliado o efeito da variabilidade sedimentar nos resultados obtidos por vários modelos numéricos de transporte de areia (empíricos, semi-empíricos e baseados em processos). Será desenvolvido um guião de amostragem sedimentar da praia contendo regras de colheita de amostras de acordo com vários objectivos, e incluindo recomendações relativas ao número de amostras, espaçamento, espessura vertical e métodos de colheita.

Financiamento externo: 17 664 €.

4.3.6 Interação entre a rebentação das ondas e o transporte de areias (BRISA)

Projecto de I&DT (PTDC/ECM/67411/2006) proposto para financiamento à FCT.

Duração prevista: 3 anos (2007-2010).

Participantes: LNEC (NPE e NEC do DHA), Univ. do Algarve e Univ. de Aveiro.

Descrição: Este projecto tem por objectivo contribuir para a compreensão e modelação numérica dos fenómenos de rebentação das ondas e do transporte de sedimentos em zonas costeiras. Relativamente a esta segunda componente, este projecto pretende: analisar os efeitos da não-linearidade das ondas no fluxo de sedimentos e na morfodinâmica; melhorar os modelos de transporte de sedimentos e formulações empíricas; realizar ensaios laboratoriais e campanhas de campo, cujos resultados servirão para a validação dos modelos numéricos desenvolvidos. Serão efectuadas duas campanhas de campo (na Barra do Ancão e Costa da Caparica), com medições simultâneas de velocidades das partículas, de pressão e da variação do fundo em diferentes pontos. Este último será efectuado através de eco-sondas e de uma técnica inovadora baseada em fibras ópticas que, a ter sucesso, se tornará numa patente tecnológica.

Financiamento externo: 107 530 €.

4.3.7 Composite modelling of the interactions between beaches and structures (CoMIBBS)

Procs. 603/17/16991 e 604/533/5568, projecto de I&DT aprovado pela *European Commission* no âmbito do *6th Framework Programme on Research, Technological Development and Demonstration*.

Duração: 3 anos (2006-2009).

Participantes: laboratórios de hidráulica europeus membros do HYDRALAB III (LNEC, HR Wallingford, WL Delft, DHI, DTU, SAMUI, UHANN e UPC).

Descrição: Este projecto tem como objectivo a melhoria de metodologias de modelação combinada. Visa a integração de informação resultante de modelação física, modelação numérica, formulações empíricas e análises teóricas. Serão desenvolvidas e testadas técnicas de modelação combinada para quatro tipos genéricos de interacção fundo-fluido-estrutura: estruturas paralelas à linha de costa impermeáveis, estruturas paralelas à linha de costa permeáveis, estruturas normais à linha de costa (esporões e molhes) e cilindros enterrados. Como resultado principal, pretende-se obter linhas orientadoras para técnicas de modelação combinada.

Financiamento externo: 54 477 €.

4.3.8 Vulnerability to tsunami hazard (VITA)

Duração: 3.5 anos (2008-2011).

Participantes: LNEC (NPE e NEC do DHA), DTU, IPG, UPPA, LWI, UAEGEAN, DHI, TUC, AUTH, UPC, UGR, UB, UCATAN, UGe, IBW, UC, UNESCO-IHE, DELFT HYDRAULICS, GEODELFT, METU, HR, LNEC, UCL, UCAM, FORTH.

Descrição: Este projecto tem como objectivo o desenvolvimento de uma metodologia de determinação da vulnerabilidade e do risco de zonas costeiras à acção de tsunamis. Compreende 8 tarefas, sendo as 4 primeiras dedicadas à compreensão das acções (na morfologia, em estruturas, na hidrodinâmica, etc.) de tsunamis, e as restantes 4 à integração do conhecimento, desenvolvimento de índices de vulnerabilidade e risco, aplicação da metodologia, e gestão do projecto.

Financiamento externo: 50 000 €.

4.4 Outras actividades

- Elaboração da página de apresentação do estudo na Internet, em português e em inglês respectivamente,

http://www.dha.lnec.pt/nec/portugues/estudos/hid_sedim_oc/hid_sedim_oc.html

http://www.dha.lnec.pt/nec/english/studies/hid_sedim_oc/hid_sedim_oc_uk.html

onde se descreve:

- Entidades financiadoras;
 - Equipa do LNEC que desenvolve o estudo;
 - Instituições (académicas e de investigação) colaboradoras;
 - Justificação e objectivos do estudo;
 - Resultados seleccionados (disponibilizam-se slides de apresentações públicas realizadas em conferências nacionais e internacionais);
 - Lista de publicações discriminadas por tipologia (artigos com revisão, artigos de conferências e relatórios científicos);
 - Outros projectos relacionados.
- Colaboração na elaboração da apresentação “Long term coastal geo-morphological change in Portugal: problems, methodologies and a case study” efectuada no “Encora Theme Workshop” em Valência, de 29/Novembro/2006 a 1/Dezembro/2006, no âmbito do projecto internacional ENCORA.

5. Indicadores de realização

5.1 Publicações

No âmbito do presente estudo elaboraram-se artigos com arbitragem científica, artigos de conferência, teses de mestrado e licenciatura e relatórios técnico-científicos (Tabela 3). Listam-se seguidamente, por tipo de publicação, os artigos publicados e apresenta-se, no Anexo 2, um breve sumário de cada publicação.

Tabela 3 - Resumo das publicações.

Tipo de publicação	Unidade (em número)
Artigos com arbitragem científica (revistas do <i>ISI Web of Knowledge</i>)	5
Artigos com arbitragem científica (capítulos de livros)	1
Artigos com arbitragem científica (outras revistas)	3
Artigos de conferência	13
Teses	4 (2 Mestrado + 2 Licenciatura)
Relatórios técnico-científicos	2

5.1.1 Artigos com arbitragem científica

5.1.1.1 Em revistas de qualidade reconhecida pelo Institute of Scientific Information (ISI) – ISI Web of knowledge

Oliveira, F.S.B.F. and Barreiro, O.M., 2007, Headland bay beaches planform. Application and comparison of three mathematical models in the Portuguese coast. *Computers & Geosciences* (submetido).

Oliveira, F.S.B.F., 2007, Application of a Krylov subspace iterative method in a multi level adaptive technique to solve the mild-slope equation in nearshore regions. *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 31, No. 4, pp. 655-662.

Oliveira, F.S.B.F., 2007, Numerical modelling of deformation of multi-directional random waves over a varying topography. *Ocean Engineering*, Vol. 34, No. 2, pp. 337 342.

Oliveira, F.S.B.F., 2007, Wave climate changes due to nearshore morphological evolution. A case study. *Journal of Coastal Research* (em impressão).

Oliveira, F.S.B.F., 2007, Impact of a disposal area of dredged sediment in front of a beach. *Journal of Coastal Research* (em impressão).

5.1.1.2 Em livros com arbitragem científica

Oliveira, F.S.B.F., 2007, A simple and efficient methodology to assess long-term shoreline evolution - Case study. Coastal and Marine Geospatial Technologies, David R. Green [Eds], Springer (em impressão).

5.1.1.3 Noutras revistas com arbitragem científica

Larangeiro, S.H.C.D., Oliveira, F.S.B.F., Taborda, R.P.M. e Silva, R., 2005, Transporte sedimentar num perfil de praia. Validação de um modelo matemático. Anais do Instituto Hidrográfico Nº 17, 2003-2004, pp. 33-39.

Oliveira, M.A., Freire, P. e Andrade, C., 2006, Influência das Características Granulométricas dos Sedimentos na Avaliação do Transporte Litoral. Recursos Hídricos (submetida).

Vieira, F.V.B., Fortes, C.J.E.M e Sancho, F., 2006, Aplicações do modelo não-linear de propagação de ondas em zonas costeiras, FUNWAVE. Recursos Hídricos, Vol. 27, N.º1, pp. 53-70.

5.1.2 Artigos de conferência

Clímaco, M., Oliveira, F.S.B.F. e Vicente, C., 2005, Manutenção e melhoramento da praia do Porto Santo. III Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Perspectivas de Gestão e Sustentabilidade da Zona Costeira. Maputo, Moçambique. APRH, CD-ROM, 15 pp.

Freire, P., Fortunato, A.B., Valente, C. and Andrade, C., 2007, The effect of sediment characteristics in littoral transport evaluation. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics (em impressão).

Fortes, C.J., Santos, J.A., Clímaco, M. e Oliveira I.M., 2006, Alguns Aspectos da Engenharia Portuária e Costeira em Portugal. II Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, CD-ROM.

Larangeiro, S.H.C.D. and Oliveira, F.S.B.F., 2005, Application of Formulations and Models to Estimate the Longshore Sediment Transport between Praia da Vieira and Praia Velha, West Coast of Portugal. Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, pp. 433-441.

Oliveira, F.S.B.F., 2006, Modelação empírica da forma plana de praias: dois casos de estudo. 8º Congresso da Água, Figueira da Foz, Portugal, CD-ROM, 11 pp.

Oliveira, F.S.B.F., 2006, Difracção de ondas por quebra-mares destacados permeáveis: modelação numérica. 8º Congresso da Água, Figueira da Foz, Portugal, CD-ROM, 11 pp.

Oliveira, F.S.B.F., 2005, A simple and efficient methodology to assess long-term shoreline evolution. Case study. Proceedings of CoastGIS'05, Aberdeen, United Kingdom, pp. 239-250.

- Oliveira, F.S.B.F., 2005, Combined Wave and Tidal Effects on Sandy Beaches at a Short-Term Time Scale. Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, pp. 455-467.
- Oliveira, F.S.B.F., Trovisco, L. O. and Larangeiro, S.H.C.D., 2005, Medium-term evolution of a stretch of the Portuguese central coast based on analysis of aerial photographs and hydrographic surveys: First results. Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, pp. 443-453.
- Ramos, M., Silva, P.A., Fortunato, A., Oliveira, A. e Sancho, F., 2005, A numerical study of sand mining in a conceptual scenario test. Proc. 1st International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, ICCCM'05, Tavira (17-20 de Abril), 469-477.
- Sancho, F., Oliveira, F.S.B.F. e Freire, P., 2005, Estudo de viabilidade técnica de requalificação da Praia Formosa. 4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Angra do Heroísmo, Portugal, CD-ROM, 17 pp.
- Silva, J.C.B., Sancho, F. and Quaresma, L., 2006, Observation of rip currents by synthetic aperture radar. SeaSAR 2006, Advances in SAR oceanography from Envisat and ERS Missions, Roma, Itália, 24-26 de Janeiro.
- Viegas, T. e Sancho, F., 2005, Níveis de inundação em zonas costeiras: Metodologia de cáculo. 4.^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Angra do Hero simo, 20 e 21 de Outubro de 2005, CD-ROM.

5.1.3 Teses

- Abreu, T.A.M.A., 2006, Transporte de Sedimentos em Zonas Costeiras – Parametriza o de Momentos Estatísticos de Hidrodinâmica. Disserta o para obten o do grau de Mestre em Engenharia Civil,  rea de especializa o em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Universidade de Coimbra.
- Gaspar, P.J.S., 2006, Transporte de sedimentos: análise da velocidade orbital representativa e do undertow sobre um sistema barra-fossa. Disserta o para obten o do grau de Mestre em Engenharia Civil,  rea de especializa o em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Universidade de Coimbra.
- Silva, F.M.S., 2006, Rip Currents Identification with Synthetic Aperture Radar. Dissertation presented to the “Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente” of the “Universidade do Algarve” in partial fulfillment of the requirements for the licentiate degree in Oceanography (em inglês).
- Viegas, T.H.L.S., 2005, Níveis de Inunda o em Zonas Costeiras: Metodologia de C culo. Disserta o submetida para obten o do grau de Licenciatura em Ciências Geofísicas (Especializa o em Oceanografia), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

5.1.4 Relatórios técnico-científicos

Barreiro, O.M., Oliveira, F.S.B.F., 2005, Modelação matemática da forma plana de praias encaixadas e semi-encaixadas. Relatório 205/05 - NEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

Clímaco, M., Vicente, C., 2006, Dimensionamento Hidráulico e Funcionamento de Esporões. Relatório 309/06 – NEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

5.2 Organização de cursos e reuniões técnicas e científicas

No âmbito do presente estudo, realizaram-se os seguintes cursos e reuniões técnicas e científicas:

- Seminário “Actividade do Núcleo de Estuários e Zonas Costeiras”, para finalistas da especialização em Oceanografia/Meteorologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em 11/Abril/2005.
- Seminário “Actividade Científica e Técnica do NEC”, para cerca de 15 pessoas do quadro técnico da empresa Consulmar (empresa de projectos de obras marítimas), em 6/Julho/2005.
- Curso de Dinâmica Litoral, realizado no LNEC, exclusivamente para o exterior, em 3-6/Abril/2006, cujo folheto de divulgação se apresenta no Anexo 3.

5.3 Participação em reuniões científicas e técnicas

No âmbito do presente estudo, a equipa de trabalho participou nas seguintes reuniões científicas e técnicas:

- HYDRALAB-III Workshop “**Composite Modelling of the Interactions Between Beaches and Structures (CoMIBBS) – JRA1**”, realizado no LNEC, em 11/Maio/2007.
- HYDRALAB-III Second Participant Meeting, realizada no LNEC, em 10/Maio/2007.
- HYDRALAB-III Workshop “Integrating Physical and Numerical Modelling”, realizado no LNEC, em 9/Maio/2007.
- HYDRALAB-III Workshop “**Scalling and Analysis and New instrumentation for Dynamic bed testS (SANDS) – JRA2**”, realizado no LNEC, em 8/Maio/2007.
- HYDRALAB-III CoMIBBS Startup Meeting, DHI, Dinamarca, em 23/Novembro/2006.
- 8º Congresso da Água, “Água, Sede de Sustentabilidade!”, APRH, Figueira da Foz, Portugal, 13 17/Março/2006. Apresentação de dois artigos científicos.
- Curso Pós-Graduado de Especialização em Geologia Aplicada, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 19 Maio 2006.
- Sessão de divulgação dos artigos científicos premiados pela Direcção do LNEC, por terem sido publicados, em 2004, em revistas científicas que constam do índice do *Institute for Scientific*

Information (ISI) – ISI Web of Knowledge, realizada no LNEC, em 26/Janeiro/2006. Apresentação de artigo premiado.

- III Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, APRH, Maputo, Moçambique, em 5/Outubro/2006. Apresentação de artigo científico.
- Coastal Hope 2005, Faculdade de Ciências de Lisboa, 24-29/Julho/2005.
- Reunião técnica com grupo responsável pela elaboração do Plano de Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional, nomeado pelo Ministério do Ambiente, realizada no LNEC, em 12/Dezembro/2005.
- Seminário “Gestão Integrada das Zonas Costeiras”, realizado pelo Conselho Nacional do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável do Ministério do Ambiente, do Território e do Desenvolvimento Regional, no LNEC, em 22/Novembro/2005.
- 4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, PIANC, Angra do Heroísmo, Novembro/2005. Apresentação de dois artigos científicos.
- CoastGIS’05 – 6th International Symposium on GIS and Computer Cartography for Coastal Zone Management, Aberdeen, Reino Unido, 21-23/Julho/2005. Apresentação de artigo científico.
- Jornadas de Apresentação e Discussão do Plano de Investigação Programada do LNEC para 2005-2008, LNEC, 29/Junho-1/Julho/2005.
- International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean (ICCCM’05), Tavira, Portugal, 17-20/Abril/2005. Apresentação de três artigos científicos.

6. Apreciação

O presente relatório faculta a realização de uma apreciação objectiva sobre a execução do estudo. As actividades propostas para o primeiro biénio, que tinham sido exaustivamente descritas (Anexo 1), foram maioritariamente cumpridas conforme a programação. Apenas as actividades d), e) e parte da actividade j) do Anexo 1 não foram cumpridas. Relativamente às duas primeiras, foram elaboradas e submetidas propostas de investigação com vista ao seu financiamento (descritas nas secções 4.3.4 e 4.3.5), que aguardam avaliação; relativamente à parte da actividade j) não cumprida, Definição de Cenários de Alterações Climáticas e de Intervenção Antrópica na Zona Costeira Portuguesa, foi elaborada e submetida uma proposta de investigação com vista ao seu financiamento (descrita na secção 4.3.2), que aguarda avaliação, e prevê-se a elaboração de novas propostas durante o segundo biénio. Por isso, considera-se que os objectivos científicos foram alcançados.

Relativamente à formação avançada, i.e., orientação científica e técnica de recursos humanos, e uma vez que não estava prevista a inserção de novos elementos no NEC para esta área científica, ou seja, apenas se tinha previsto a formação de bolseiros que viessem a ser recrutados no âmbito de projectos de investigação com financiamento externo, o desempenho da equipa nesta actividade excedeu muito o previsto. Foi conseguida a integração temporária de recursos humanos que, orientados por membros da equipa, realizaram tarefas científicas e técnicas com interesse para o estudo e de formação pessoal para os próprios.

Considera-se que o número de propostas de I&DT elaboradas, no decorrer do primeiro biénio, para obtenção de financiamento externo, foi elevado e as entidades às quais foram submetidas foram diversificadas.

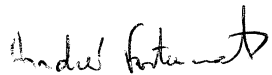
Os indicadores de realização i) publicações, ii) organização de cursos e reuniões técnicas e científicas, e iii) participação em reuniões científicas e técnicas, também revelam resultados bastante acima do previsto: a qualidade e quantidade das publicações são muito relevantes e a equipa demonstrou bastante iniciativa para divulgar os resultados e conhecimentos adquiridos no âmbito do estudo à comunidade científica e técnica.

Relativamente à execução financeira, realizou-se um grande esforço para obter financiamento externo (da FCT e da Comissão Europeia) que apoiasse as actividades propostas. O valor total solicitado foi 512 520 €. Apesar da atribuição da grande maioria da verba solicitada (458 043 €) ainda se encontrar à data dependente de decisão, por parte das instituições às quais se submeteram as propostas de I&DT, a equipa espera com optimismo que parte dela venha a ser atribuída.

Relativamente à continuação do estudo, pretende-se que os objectivos estipulados sejam alcançados através da continuação do cumprimento das actividades propostas. No entanto, considera-se necessário adaptar a programação da execução das actividades em função dos resultados da avaliação das propostas de I&DT submetidas e a submeter no futuro.

Lisboa, em Maio de 2007

VISTOS

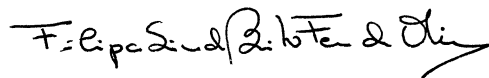


André Fortunato
Chefe do Núcleo de
Estuários e Zonas Costeiras

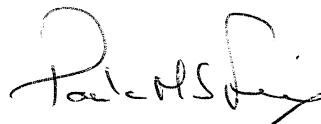
Rafaela de Saldanha Matos
Directora do Departamento de
Hidráulica e Ambiente



AUTORIA



Filipa S. B. F. Oliveira
Investigadora Auxiliar



Paula Freire
Investigadora Auxiliar



Francisco Sancho
Investigador Auxiliar



Manuel Clímaco
Investigador Principal



Lourival Trovisco
Técnico Superior

7. Referências bibliográficas

Abreu, T.A.M.A., 2006, *Transporte de Sedimentos em Zonas Costeiras – Parametrização de Momentos Estatísticos de Hidrodinâmica*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, área de especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Universidade de Coimbra.

Abreu, T.A.M.A., Sancho, F. e Silva, P., 2006, *Parametrização de ondas não lineares para o transporte de sedimentos em zonas costeiras*. 8.º Congresso da Água, Figueira da Foz, (CD-Rom).

Barreiro, O.M., Oliveira, F.S.B.F., 2005, *Modelação matemática da forma plana de praias encaixadas e semi-encaixadas*. Relatório 205/05 - NEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

Berkhoff, J.C.W., Booy N. and Rader, A.C., 1982, *Verification of numerical wave propagation models for simple harmonic water waves*. Coastal Engineering, Vol. 6, pp. 255-279.

Freire, P., Fortunato, A.B., Valente, C. and Andrade, C., 2007, *The effect of sediment characteristics in littoral transport evaluation*. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics (em impressão).

Larangeiro, S.H.C.D., Oliveira, F.S.B.F., Taborda, R.P.M. e Silva, R., 2005, *Transporte sedimentar num perfil de praia. Validação de um modelo matemático*. Anais do Instituto Hidrográfico N° 17, 2003-2004, pp. 33-39.

Oliveira, F.S.B.F., 1997, *Numerical modelling of irregular wave propagation in the nearshore region*, Ph.D. Dissertation, Imperial College of Science Technology and Medicine, University of London, UK.

Oliveira Pires, H., 1999, *Sobre a definição de temporal de mar*. Relatório do Projecto RIMAR.

Oliveira, F.S.B.F., 2005, *Combined Wave and Tidal Effects on Sandy Beaches at a Short-Term Time Scale*. Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, pp. 455-467.

Oliveira, F.S.B.F., 2006, *Difracção de ondas por quebra-mares destacados permeáveis: modelação numérica*. 8º Congresso da Água, Figueira da Foz, Portugal, CD-ROM, 11 pp.

Oliveira, F.S.B.F., Trovisco, L. O. and Larangeiro, S.H.C.D., 2005, *Medium-term evolution of a stretch of the Portuguese central coast based on analysis of aerial photographs and hydrographic surveys: First results*. Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, pp. 443-453.

Oliveira, M.A., Freire, P. e Andrade, C., 2006, *Influência das Características Granulométricas dos Sedimentos na Avaliação do Transporte Litoral*. Recursos Hídricos (submetida).

Silva, F.M.S., 2006, *Rip Currents Identification with Synthetic Aperture Radar*. Dissertation presented to the “Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente” of the “Universidade do Algarve” in partial fulfillment of the requirements for the licentiate degree in Oceanography (em inglês).

Silva, J.C.B., Sancho, F. and Quaresma, L., 2006a, *Observation of rip currents by synthetic aperture radar*. SeaSAR 2006, Advances in SAR oceanography from Envisat and ERS Missions, Roma, Itália, 24-26 de Janeiro.

Silva, P.A., Temperville, A. and Seabra-Santos, F., 2006b, *Sand transport under combined current and wave conditions: a semi-unsteady, practical model*. Coastal Engineering, 53, 897-913.

Silva, P., Abreu, T., Sancho, F. and Temperville, A., 2007, *A sensitivity study of sediment transport rates in accelerated skewed waves*. 5th IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics – RCEM; Twente.

Vicente, C.M. e Clímaco, M., 2003, *Evolução de linhas de costa. Desenvolvimento e aplicação de um modelo numérico*. ICT/ITH-42.

Viegas, T.H.L.S., 2005, *Níveis de Inundação em Zonas Costeiras: Metodologia de Cálculo*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Geofísicas (Especialização em Oceanografia), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Viegas, T. e Sancho, F., 2005, *Níveis de inundação em zonas costeiras: Metodologia de cálculo*. 4.^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005, CD-ROM.

HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA COSTEIRA. RELATÓRIO DE PROGRESSO 1.

Anexo 1: Ficha do estudo

Plano de Investigação Programada do LNEC para 2005-2008

ÁREA TEMÁTICA LNEC: *Ambiente e sustentabilidade*

ÁREA TEMÁTICA DHA: Hidrodinâmica e dinâmica sedimentar em sistemas de águas superficiais

PROJECTO DE INVESTIGAÇÃO: *MORFODINÂMICA DE PRAIAS*

INVESTIGADOR RESPONSÁVEL: *Francisco Sancho*

ESTUDO: *Hidrodinâmica e Dinâmica Sedimentar da Orla Costeira*

INVESTIGADOR RESPONSÁVEL: Filipa Oliveira

SECTOR PROPONENTE: DHA / NEC OUTROS SECTORES: NPE

PROCESSO Nº: 604 / 11 / 16262

OBJECTIVOS

Avanço do conhecimento sobre a interacção de processos físicos determinantes do estado da hidrodinâmica e dinâmica sedimentar marítimas.

Melhoria de metodologias de modelação matemática da morfodinâmica costeira, a curto, médio e longo prazo.

Recuperação e melhoria das metodologias de modelação física aplicadas pelo NEC na dinâmica sedimentar de praias.

Melhoria da integração das diferentes metodologias actualmente aplicadas para estudo do efeito de alterações climáticas e intervenções antrópicas na orla costeira e estudo de soluções de protecção costeira.

Melhoria do conhecimento das praias Portuguesas (características sedimentológicas, processos de transporte e tendências evolutivas).

JUSTIFICAÇÃO

Experiência acumulada no NEC.

Equipa numerosa e multidisciplinar.

Recente aumento de solicitações de estudos de protecção costeira.

Insuficiente conhecimento da actual evolução da costa portuguesa.

Actual estado da arte requer melhoramento de metodologias e sua integração.

Área científica prioritária em Portugal.

PROGRAMAÇÃO DOS TRABALHOS

Ano	Acções a desenvolver	Produtos esperados
2005	a) Revisão do estado da arte sobre a modelação numérica da acção conjunta onda-maré, a curto prazo, sobre um perfil de praia. Modelação matemática do processo de evolução do perfil. Validação com resultados experimentais.	
	b) Identificação e extracção de parâmetros de caracterização da dinâmica costeira através de fotografias aéreas. Aquisição dos mesmos parâmetros e outros complementares através de modelação matemática. Integração, comparação e validação da dos dados obtidos. Aplicação a caso de estudo.	
	c) Revisão do estado da arte modelos analíticos empíricos de desenvolvimento da forma plana da praia. Análise de formulações (1) de espiral logarítmica, (2) parabólica, e (3) hiperbólica/tangencial. Desenvolvimento de modelo matemático e aplicação a caso de estudo.	◇ 1 artigo ◇ 2 comunicações
	d) Análise da evolução histórica da linha de costa e avaliação dos efeitos da ocupação antrópica.	
	e) Análise da evolução morfo-sedimentar de praias através de dados recolhidos <i>in situ</i> .	
	f) Determinação de cotas de inundação tendo em conta as marés astronómica e meteorológica, o <i>setup</i> e o <i>run-up</i> .	
2006	g) Conclusão da tarefa c).	
	h) Modelação matemática de diferentes abordagens do carácter aleatório do estado do mar (espectro de frequência e dispersão direcciona) e do seu impacto nas correntes longitudinais induzidas pelas ondas e no transporte longitudinal.	
	i) Modelação da evolução morfológica de fundos na ante-praia, a curto prazo:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Modelação física da evolução do perfil de praia na presença de estruturas reflectivas paralelas à linha de costa. Combinação com modelação numérica para validação de parâmetros. • Desenvolvimento e validação de modelos analíticos de perfil (baseados em formulações empíricas e semi-empíricas) para estimativa de taxas de transporte transversal. • Alterações e melhorias do modelo matemático bi- (em planta) e tri-dimensional M-SHORECIRC. Introdução de várias formulações de transporte de sedimentos. 	◇ 2 artigos ◇ 3 comunicações

	<p>j) Evolução da linha de costa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análise da evolução histórica da linha de costa e avaliação dos efeitos da ocupação antrópica. • Definição de cenários de alterações climáticas e de intervenção antrópica na zona costeira portuguesa. • Modelação da evolução da linha de costa a médio e longo prazo, com base em modelos de uma linha. Estudo dos efeitos de estruturas de protecção costeira, alterações climáticas e intervenções antrópicas (ex: extracção de inertes da plataforma continental). <p>k) Análise da variabilidade sedimentar em praias. Estudo da influência de parâmetros sedimentares na previsão da evolução de praias, a diferentes escalas temporais.</p> <p>l) Análise da evolução morfo-sedimentar de praias através de dados recolhidos <i>in situ</i>.</p>	
	m) Aplicação dos resultados da tarefa h) para aperfeiçoamento da modelação matemática da evolução da linha de costa na presença de quebra-mares destacados.	
2007	<p>n) Continuação da tarefa i).</p> <p>o) Continuação da tarefa j).</p> <p>p) Continuação da tarefa k).</p> <p>q) Continuação da tarefa l).</p>	◇ 2 comunicações
2008	<p>r) Conclusão da tarefa i).</p> <p>s) Conclusão da tarefa j).</p>	<p>◇ 2 artigos</p> <p>◇ Relatório final</p>

RESULTADOS ESPERADOS

Ano	Resultados das acções a desenvolver
2005	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Avanço do conhecimento sobre o efeito da maré na evolução do perfil da praia. ◇ Integração de diferentes metodologias para análise da evolução da praia a longo prazo. ◇ Desenvolvimento de metodologias analíticas para avaliação da forma plana de praias encaixadas e semi-encaixadas. ◇ Melhoria do conhecimento dos processos de transporte da zona costeira Portuguesa e sua tendência evolutiva. ◇ Avaliação do risco de inundação em zonas da costa Portuguesa.
2006	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Aplicação das metodologias desenvolvidas em 2005, para avaliação da forma plana de praias encaixadas e semi-encaixadas, na costa Portuguesa. ◇ Refinamento da modelação matemática da hidrodinâmica. ◇ Melhoria da capacidade de avaliação do transporte sedimentar e evolução morfológica em praias. ◇ Recuperação e melhoramento de metodologias de modelação física aplicadas no NEC e sua integração com metodologias baseadas em modelação matemática. ◇ Melhoria do conhecimento das praias Portuguesas (características sedimentológicas, processos de transporte e tendências evolutivas). ◇ Desenvolvimento de novas metodologias para o estudo da expressão sedimentar da hidrodinâmica.
2007	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Melhoria da modelação matemática da dinâmica sedimentar da praia. ◇ Melhoria da integração de diferentes metodologias. ◇ Melhoria do conhecimento das praias Portuguesas (estado actual e evolução).
2008	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Os mesmos que em 2007.

EQUIPA DE TRABALHO

LNEC

Nome	Gr Prf	Tempo alocado (meses)				
		2005	2006	2007	2008	Total
Filipa Oliveira	G1	3.5	3.0	2.5	3.0	12
Paula Freire	G1	1	1	2	2	6
Francisco Sancho	G1	0.5	1	1.5	1	4
Lourival Trovisco	G2	1	0	0	0	1
Manuel Clímaco	G1	0.25	0.25	0.25	0.25	1

Prevê-se ainda a colaboração de:

Sandra Fachin;

Estagiários (Olalla Barreiro, Tânia Viegas, outros);

1 Bolseiro FCT (no âmbito do Processo: Proc.0604/14/15755 - Evolução morfodinâmica dos fundos arenosos da Plataforma Continental resultante da extracção de inertes).

EXTERNA

IH; FCUL; U. Aveiro; INETI; IGM

PLANO ORÇAMENTAL

Estimativa (Euro)

	2005	2006	2007	2008	LNEC	Outras Fontes	TOTAIS
Recursos Humanos:						57 998	
<i>LNEC:</i>						45 171	
<i>Bolseiros:</i>						12 827	
Despesas Correntes:	3 000	4 800	10 500	3 000	0	21 300	21 300
<i>Aquisição de serviços:</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Consultores:</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Missões:</i>	2 000	2 000	10 500	3 000	0	17 500	17 500

<i>Bibliografia:</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Consumíveis:</i>	0	2 800	0	0	0	2 800	2 800
<i>Outras Despesas:</i>	1 000	0	0	0	0	1 000	1 000
Equipamento:	12 495	3 000	0	0	0	15 495	15 495
Gastos Gerais:	1 899	18 025	500	600	0	21 024	21 024
TOTAIS:							

Outras Fontes de Financiamento

Prevê-se que:

A verba para despesas correntes, equipamento e gastos gerais seja obtida com financiamento externo (propostas FCT que aguardam apreciação), no âmbito dos Processos: Proc.0604/14/15755 - Evolução morfodinâmica dos fundos arenosos da Plataforma Continental resultante da extracção de inertes; e Proc. 0604/14/15748 - Impactos das alterações climáticas na zona costeira: aplicação ao troço entre Pedrógão e o Cabo Carvoeiro, e do projecto CoMIBBS.

A verba no valor de 12 827 Euros para contratação de um bolseiro (a cargo da U. de Aveiro) seja obtida com financiamento externo (proposta FCT que aguarda apreciação), no âmbito do Proc.0604/14/15755 - Evolução morfodinâmica dos fundos arenosos da Plataforma Continental resultante da extracção de inertes.

A verba 45 171 Euros para pessoal LNEC seja obtida através da participação no projecto CoMIBBS (financiamento U.E.).

HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA COSTEIRA. RELATÓRIO DE PROGRESSO 1.

Anexo 2: Sumários das publicações

1. Artigos com Arbitragem Científica

1.1 Em revistas de qualidade reconhecida pelo *Institute of Scientific Information (ISI) – ISI Web of knowledge*

Oliveira, F.S.B.F. and Barreiro, O.M., 2007, Headland bay beaches planform. Application and comparison of three mathematical models in the Portuguese coast. *Computers & Geosciences* (submetido).

Sumário: The present study evaluates and compares the application of three mathematical models to predict headland bay beaches planform, based on the empirical equations: the logarithmic spiral bay equation; the parabolic bay equation; and the hyperbolic tangent bay equation. The planform of forty two beaches of the Portuguese Atlantic coast was calculated numerically and verified against rectified aerial photographs. On the overall the models proved to be suitable for the Portuguese Atlantic coast. The logarithmic spiral model can be applied with confidence in the curved zone of the beaches, solving better beaches with two headlands. Despite the good performance of the hyperbolic tangent model for one headland beach, its process of approximation to the solution is less intuitive than for the other two models, therefore its application is more exhaustive and less efficient. The most promising of the three models is the parabolic model when González Method is applied to calculate the required parameters that take into account the wave characteristics. Besides this comparative analysis, the database concerning the values of the parameters that solve the forty two beaches studied, with the three models, is here divulged aiming to be of use to the future development of a global (universal) model to predict headland bay beaches morphodynamics.

Oliveira, F.S.B.F., 2007, Application of a Krylov subspace iterative method in a multi level adaptive technique to solve the mild-slope equation in nearshore regions. *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 31, No. 4, pp. 655-662.

Sumário: A multi-level adaptive numerical technique is applied to a nonlinear formulation of the mild-slope equation, to obtain the nearshore wave field, where the dominant processes of wave transformation are shoaling, refraction and diffraction. The advantage of this formulation over the traditional elliptic, parabolic and hyperbolic formulations is the requirement of a lowest minimum number of grid nodes per wavelength, thus, its applicability to large coastal areas. The efficiency of the interactions between the grid mesh levels, where two robust Krylov Subspace Iterative Methods, the Bi CGSTAB and the GMRES, are applied to solve the governing equation, is tested, for several hierarchies of grid mesh levels. The results show that the multi-level adaptive technique is efficient only if the GMRES Iterative Method is applied, and that for six grid mesh levels good results can be achieved for a residual as low as 10^{-3} for the finest grid mesh.

Oliveira, F.S.B.F., 2007, Numerical modelling of deformation of multi-directional random waves over a varying topography. *Ocean Engineering*, Vol. 34, No. 2, pp. 337-342.

Sumário: Two numerical formulations of the breaking phenomenon were implemented in a numerical model for random wave propagation based on the elliptic formulation of the mild slope equation. The randomness of the wave field was simulated based on a spectral component method, in which the 3-D spectrum is discretised in components of equal energy. One of the breaking process formulations is based on the concept of breaking each independent spectral component. The other is based on the distribution of the local amount of energy dissipated through the independent spectral components. The model based on the concept of breaking each independent spectral component produces the best estimates of the wave field, when the numerical results are compared with laboratory data.

Oliveira, F.S.B.F., 2007, Wave climate changes due to nearshore morphological evolution. A case study. *Journal of Coastal Research* (em impressão).

Sumário: Seabed accretion, formation of a local irregular shoal resultant of disposal of dredged sediment and modifications of the coastline configuration resultant of anthropological action introduced significant changes on the physical processes involved in wave propagation, and consequently on the wave climate, in the nearshore area of Hac-Sá bay. The statistical analysis of the wave data recorded at a wave-rider station, located offshore the study area, revealed seasonal, energetic and directional, variation tendencies of the wave regime and allowed the schematisation of a representative offshore wave regime. Numerical modelling of propagation and transformation of the components of the representative offshore wave regime, due to the processes of shoaling, refraction, diffraction, reflection and breaking, was the methodology applied to assess the nearshore wave climate, prior to the major coastline and seabed morphological changes and presently. An advanced and accurate numerical model, suitable for the case study, was applied. The comparison of the results obtained for both situations allowed to conclude on the significant changes occurred in the wave climate due to the morphological evolution.

Oliveira, F.S.B.F., 2007, Impact of a disposal area of dredged sediment in front of a beach. *Journal of Coastal Research* (em impressão).

Sumário: The impact of a submerged irregular shoal in front of a beach, nourished through the disposal of dredged sediment, was analysed in terms of the physics of the coastal system. Its effect on the waves transformations as they progress towards the shore and on the resultant incident wave energy at the beach was assessed through mathematical modelling. The results reveal that the effect of the shoal on the wave deformation process is not localised immediately after the shoal and attenuated as waves progress shoreward, but is extensive to the nearshore region up to shoreline, generating a complex wave propagation pattern with high gradients of wave energy in both longshore and cross shore directions, which magnitude and energy involved increase with the wave period. A direct consequence of this phenomenon is the increase of instability for navigation and the modification of the beach sediment transport hydrodynamic conditions.

1.2 Em livros com arbitragem científica

Oliveira, F.S.B.F., 2007, A simple and efficient methodology to assess long-term shoreline evolution - Case study. Coastal and Marine Geospatial Technologies, David R. Green [Eds], Springer (em impressão).

Sumário: The present paper describes an efficient methodology to predict the impact of a marina on the adjacent indented beaches planform: initially, the impact of the marina on the hydrodynamic agents that induce sand transport in the adjacent indented beaches; finally, the beaches planform response to the modification of the hydrodynamic conditions. The innovative aspect of this analytical methodology concerns the process of estimating the dominant wave energy flux in front of the beaches, which is based on a statistical analysis of the incident wave regime. The methodology was successfully validated through the comparison of the shoreline configurations obtained analytically with the ones extracted from aerial photographs, before and after the construction of the marina.

1.3 Noutras revistas com arbitragem científica

Larangeiro, S.H.C.D., Oliveira, F.S.B.F., Taborda, R.P.M. e Silva, R., 2005, Transporte sedimentar num perfil de praia. Validação de um modelo matemático. Anais do Instituto Hidrográfico Nº 17, 2003-2004, pp. 33-39.

Sumário: O modelo TRANSED baseia-se na determinação de taxas de transporte sedimentar médias, referidas ao período da onda, em função da intensidade dos mecanismos forçadores (ondas e correntes), do tipo de fundo (plano ou coberto por formas de fundo) e das características das partículas sedimentares. O modelo permite aplicar os métodos mais utilizados na descrição da camada limite de fundo em escoamentos combinados, na previsão das formas de fundo, e na quantificação dos parâmetros: concentração de referência e em suspensão, e transporte de fundo e em suspensão. O desenvolvimento do modelo TRANSED insere-se no Projecto MOCASSIM, presentemente a decorrer no Instituto Hidrográfico. Realizou-se uma análise comparativa dos modelos TRANSED e LITSTP/LITDRIFT (do pacote LITPACK), com vasta aplicação em estudos de dinâmica sedimentar a nível mundial, que consistiu na aplicação de ambos os modelos ao trecho da costa central Oeste Portuguesa entre a Praia da Vieira e a Praia Velha, com o objectivo de quantificar a distribuição do transporte longitudinal, de fundo e em suspensão, ao longo de um perfil transversal de praia considerado representativo do trecho de costa em estudo. No modelo TRANSED destaca-se a clara predominância do transporte em suspensão sobre o transporte de fundo, com parte significativa do transporte a ocorrer dentro da zona de rebentação, onde o sedimento em suspensão se observa em toda a coluna de água. Ao considerar-se o clima de agitação representado pela onda média anual, obteve-se uma boa concordância entre as estimativas do transporte médio anual dos modelos TRANSED e LITSTP/LITDRIFT: 485×10^3 e $647 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$, respectivamente.

Oliveira, M.A., Freire, P. e Andrade, C., 2006, Influência das Características Granulométricas dos Sedimentos na Avaliação do Transporte Litoral. Recursos Hídricos (submetida).

Sumário:

Vieira, F.V.B., Fortes, C.J.E.M e Sancho, F., 2006, Aplicações do modelo não-linear de propagação de ondas em zonas costeiras, FUNWAVE. Recursos Hídricos, Vol. 27, N.º1, pp. 53-70.

Sumário: Neste trabalho, analisa-se o desempenho do modelo não-linear FUNWAVE na sua aplicação a dois casos de teste, sendo um referente a uma experiência laboratorial (Sancho *et al.*, 2001) e outro a uma situação real, a Barra do Ancão. No primeiro caso, o modelo é aplicado à simulação da propagação de ondas ao longo dum canal de profundidade variável, representando uma praia de perfil barra-fossa, para quatro diferentes tipos de agitação incidente. No segundo caso de teste, o modelo é aplicado à zona da Barra do Ancão, para a qual existem dados de agitação marítima numa bóia localizada numa zona com profundidade de 25 m e séries temporais da elevação da superfície livre em dois transdutores de pressão na zona de rebentação das ondas. Os resultados numéricos de elevação da superfície livre, altura de onda, período de onda e espectro de variância calculados ao longo do domínio são comparados com os resultados experimentais e de campo. Conclui-se que a versão unidimensional do modelo simula adequadamente a maioria das transformações das características das ondas ao longo da sua propagação, apresentando no entanto algumas limitações na simulação da rebentação de ondas, em particular para a rebentação do tipo mergulhante (*plunging breaker*).

2. Artigos de Conferência

Clímaco, M., Oliveira, F.S.B.F. e Vicente, C., 2005, Manutenção e melhoramento da praia do Porto Santo. III Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Perspectivas de Gestão e Sustentabilidade da Zona Costeira. Maputo, Moçambique. APRH, CD-ROM, 15 pp.

Sumário: A praia do Porto Santo, localizada na ilha do Porto Santo do arquipélago da Madeira, é reconhecida pelo seu grande valor e potencial turístico. A ocorrência de oscilações significativas da largura da faixa arenosa nalguns dos seus trechos, com inconvenientes para a utilização balnear, levantou dúvidas sobre a estabilidade e evolução da praia. Apresentam-se nesta comunicação os principais resultados de um estudo efectuado para determinar a natureza e gravidade destas ocorrências, analisar a manutenção da praia, e propor intervenções para o seu melhoramento. Com base no conhecimento das condições naturais, da dinâmica sedimentar e na análise dos efeitos da ocupação e intervenções humanas ocorridas nas últimas décadas, foi possível caracterizar os principais problemas que afectam a estabilidade da praia: existência de uma erosão moderada nas últimas décadas; e crescente ocupação da sua orla com construções, que por estarem localizadas, em muitos casos, demasiado perto da linha de água, tendem a afectar a sua estabilidade. Numa praia como a do Porto Santo, caracterizada por agitação marítima e dinâmica sedimentar pouco intensas e, ainda, boas

condições de contenção natural da areia entre as saliências rochosas dos seus extremos, está claramente indicado o uso de alimentação artificial para correcção da erosão e melhoramento das condições balneares. Estudaram-se quatro alternativas de alimentação artificial, correspondentes a volumes de enchimento compreendidos entre 500 000 e 1 000 000 m³, tendo sido avaliados os correspondentes alargamentos da praia. As intervenções incidiram no trecho Este, na frente marítima de Vila Baleira, e abrangeram uma extensão de 1,5 km.

Freire, P., Fortunato, A.B., Valente, C. and Andrade, C., 2007, The effect of sediment characteristics in littoral transport evaluation. *River, Coastal and Estuarine Morphodynamics* (em impressão).

Sumário: Numerical models are commonly used in coastal engineering studies to evaluate sediment transport along the coastline and to predict beach morphological evolution. Their application requires the knowledge of physical characteristics of sediments that, due to the cost and time involved in sampling and laboratory analysis, are often taken from literature instead of evaluated from in situ data. The variability of these input physical parameters can determinate the accuracy of sediment transport evaluations. In order to assess the uncertainty of drift numerical evaluation, sensitivity analyses of longshore sediment transport to grain size distribution and density were performed. Results show that it is particularly important to correctly specify the median diameter when simulating fine sediments dynamics. Moreover, for this grain size range, the variability in spreading and density can have an important impact in the longshore sediment results, with maximum errors of 80%.

Fortes, C.J., Santos, J.A., Clímaco, M. e Oliveira I.M., 2006, *Alguns Aspectos da Engenharia Portuária e Costeira em Portugal. II Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, CD-ROM.*

Sumário: Nesta comunicação, descrevem-se alguns aspectos relevantes da engenharia portuária e costeira portuguesa ilustrando-se as dificuldades associadas à realização deste tipo de intervenções na costa portuguesa. Assim, aborda-se de um modo geral, o meio físico da costa portuguesa, nomeadamente, a fisiografia da costa oeste e sul de Portugal, o clima de agitação marítima actuante e a dinâmica sedimentar presente ao longo da costa. A importância económica das actividades náuticas e do turismo no desenvolvimento da engenharia portuária e costeira é também descrita. Listam-se as principais obras portuárias (portos e marinas) e de protecção costeira (campo de esporões, protecções marginais e alimentação artificial de praias) realizadas ao longo da costa portuguesa e referem-se os principais problemas que os engenheiros costeiros e portuários tiveram de resolver nas últimas décadas, referindo através de casos reais as metodologias utilizadas. Finalmente, refere-se a formação em engenharia costeira e portuária e enumeram-se alguns desafios em aberto no domínio do planeamento e gestão costeira portuguesa.

Larangeiro, S.H.C.D. and Oliveira, F.S.B.F., 2005, Application of Formulations and Models to Estimate the Longshore Sediment Transport between Praia da Vieira and Praia Velha, West Coast of Portugal.

Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, pp. 433-441.

Sumário: This study aims to evaluate the longshore sediment transport in the coastal sector Praia da Vieira – Praia Velha of the Portuguese West coast. The knowledge of this morphodynamic parameter is important in a broad range of coastal engineering studies such as beach erosion, coastline evolution, harbour shoaling and inlet stability. The applied methodology consisted on the application of several of the most employed formulations and methods, derived during the past decades, to estimate the total and cross-shore distribution of the longshore sediment transport. It is shown that, for the presented hydrodynamic and morphodynamic conditions, the longshore sediment transport strongly depends on bed roughness, near-bed shear-stress, and the wave height parameterization. A procedure for setting up the models and formulations through a careful choice of methods used to compute the key parameters on sediment transport was developed which greatly reduced the scatter in the computed longshore transport rate.

Oliveira, F.S.B.F., 2006, Modelação empírica da forma plana de praias: dois casos de estudo. 8º Congresso da Água, Figueira da Foz, Portugal, CD-ROM, 11 pp.

Sumário: Analisou-se a forma plana de duas praias portuguesas, uma na costa oeste (praia da baía de Espinho) e outra na costa sul (praia do Zavial), com uma característica comum, que é estarem parcialmente protegidas, por um molhe e um promontório respectivamente, da acção directa das ondas predominantes. Nesta zona de sombra, a forma plana das praias adquire uma curvatura governada por um ponto de difracção. Aplicaram-se três modelos matemáticos empíricos de análise e previsão da forma plana de praias nestas condições: um modelo de espiral logarítmica, um modelo parabólico, e um modelo hiperbólico tangencial. Os parâmetros observados e calculados com cada modelo, para cada praia, são apresentados neste artigo, assim como a configuração geométrica analítica da linha de água. Os resultados mostram uma boa adaptação das curvas analíticas à geometria da linha de água extraída de fotografias aéreas. Concluiu-se que um bom ajuste da curva analítica à forma plana da praia não é critério suficiente de garantia da estabilidade da praia caso esta não constitua um sistema fechado.

Oliveira, F.S.B.F., 2006, Difracção de ondas por quebra-mares destacados permeáveis: modelação numérica. 8º Congresso da Água, Figueira da Foz, Portugal, CD-ROM, 11 pp.

Sumário: Aplicou-se um modelo matemático de propagação e deformação de ondas de gravidade dispersivas, em águas intermédias, baseado na equação de Berkhoff para ondas lineares, para analisar a difracção da onda incidente por quebra mares destacados permeáveis emersos. A presença deste tipo de estruturas de protecção costeira foi simulada através da implementação de fronteiras internas com transmissão e reflexão parciais. O modelo prevê o campo de ondas bidimensional (integrado na vertical) na presença de estruturas costeiras, permeáveis ou não, e, assim, permite testar diferentes implementações de estruturas, no que respeita a localização, geometria e dimensão, e otimizar a solução, com vista a minimizar custos de obra e maximizar os resultados desejados.

Oliveira, F.S.B.F., 2005, A simple and efficient methodology to assess long-term shoreline evolution. Case study. Proceedings of CoastGIS'05, Aberdeen, United Kingdom, pp. 239-250.

Sumário: The present paper describes an efficient methodology to predict the impact of a marina on the adjacent indented beaches planform: initially, the impact of the marina on the hydrodynamic agents that induce sand transport on the adjacent indented beaches; finally, the beaches planform response to the modification of the hydrodynamic conditions. The innovative aspect of this analytical methodology concerns the process of estimating the dominant wave energy flux in front of the beaches, which is based on a statistical analysis of the incident wave regime. The methodology was successfully validated through the comparison of the shoreline configurations obtained analytically with the ones extracted from aerial photographs, before and after the construction of the marina.

Oliveira, F.S.B.F., 2005, Combined Wave and Tidal Effects on Sandy Beaches at a Short-Term Time Scale. Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, pp. 455-467.

Sumário: The sediment dynamics and morphological evolution of a sandy beach profile, subjected to the combined action of wave and tide, was analysed, during a tidal cycle, through process based mathematical modelling. The model was calibrated and verified with results of laboratory experimentation. Since the numerical results were in good agreement with the experimental data, the model was applied, for different scenarios of combined tidal regime and wave conditions, to assess the cross-shore beach evolution. The sediment transport, induced by the hydrodynamic conditions on the initial equilibrium profile, generates the formation of a cut in the beach face and upper part of the shoreface and a bar in the surf zone, which are, in the present work, characterized as function of the wave energy and the tidal range. The results show that the tide smears the morphology of the beach profile and that the volume of eroded sand slightly decreases as the tidal range increases, independently of the wave field. The analysis of the results also allowed to conclude on the relationship between the characteristics of the beach morphology (bar and swale geometry) developed during the tidal cycle and the combined action of wave and tide: the bar shoreward face slope decreases with the increase of the wave height and with the increase of the tidal range; the increase of the tidal range also pushes the bar offshore and simultaneously widens the cut at the beach face and decreases its depth.

Oliveira, F.S.B.F., Trovisco, L. O. and Larangeiro, S.H.C.D., 2005, Medium-term evolution of a stretch of the Portuguese central coast based on analysis of aerial photographs and hydrographic surveys: First results. Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, pp. 443-453.

Sumário: A littoral stretch of 12 km, in the west coast of Portugal, has been submitted to anthropic pressure in the last decades. The morphology, wave climate, tidal regime, sediment budget and nearshore dynamics were characterised to support the interpretation the results obtained. A methodology

that integrates data extracted from aerial photographs, a digital terrain model based on hydrographic surveys and results from nearshore processes based mathematical modelling was applied to classify the recent morphological evolution tendency of the coastal stretch, through the quantification of the variation of parameters that characterise the nearshore hydrodynamics and the backshore morphology. It was found an average retreat rate of the shoreline and vegetation line of 4.31 and 3.28 m.year⁻¹, respectively. The comparison of the instantaneous positions of breaking line extracted from the aerial photographs with the breaking line obtained from numerical modelling of wave propagation confirms the advance of the surf zone over the emerged beach in during the period 1995-2003.

Ramos, M., Silva, P.A., Fortunato, A., Oliveira, A. e Sancho, F., 2005, A numerical study of sand mining in a conceptual scenario test. Proc. 1st International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean, ICCCM'05, Tavira (17-20 de Abril), 469-477.

Sumário: Não tem resumo.

Sancho, F., Oliveira, F.S.B.F. e Freire, P., 2005, Estudo de viabilidade técnica de requalificação da Praia Formosa. 4^ªs Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Angra do Heroísmo, Portugal, CD-ROM, 17 pp.

Sumário: Apresenta-se o estudo de viabilidade técnica de construção de uma praia artificial de areia na Praia Formosa, Região Autónoma da Madeira. Neste estudo abordam-se aspectos relacionados com a implementação e auto-manutenção de um perfil de praia, constituído por areia, sobre o actual fundo de sedimentos (muito grosseiros na parte emersa e de areias vasosas finas na zona submersa). Apresentam-se as metodologias de estudo, envolvendo a análise de dados, e modelação matemática e física (em modelo reduzido) das várias soluções estudadas. O trabalho inclui a caracterização do clima de agitação marítima em frente à praia, o cálculo das taxas de transporte de sedimentos ao longo do perfil transversal em três sectores da praia, a avaliação da evolução média anual da forma plana da praia e a simulação da dinâmica sedimentar. Propõem-se duas soluções para a requalificação da actual praia, recorrendo à alimentação artificial. Analisa-se o desempenho das soluções propostas, concluindo-se em favor da viabilidade técnica de construção de uma nova praia, de areia grosseira, complementada com a construção de um esporão terminal na ponta Este e de uma soleira submersa, ao longo de todo o seu comprimento.

Silva, J.C.B., Sancho, F. and Quaresma, L., 2006, Observation of rip currents by synthetic aperture radar. SeaSAR 2006, Advances in SAR oceanography from Envisat and ERS Missions, Roma, Itália, 24-26 de Janeiro.

Sumário: Rip currents are near-shore cellular circulations that can be described as narrow, jet-like and seaward directed flows. These flows originate close to the shoreline and may be a result of alongshore variations in the surface wave field. The onshore mass transport produced by surface waves leads to a

slight increase of the mean water surface level (set-up) toward the shoreline. When this set-up is spatially non-uniform alongshore (due, for example, to non-uniform wave breaking field), a pressure gradient is produced and rip currents are formed by converging alongshore flows with offshore flows concentrated in regions of low set-up and onshore flows in between. Observation of rip currents is important in coastal engineering studies because they can cause a seaward transport of beach sand and thus change beach morphology. Since rip currents are an efficient mechanism for exchange of near-shore and offshore water, they are important for across shore mixing of heat, nutrients, pollutants and biological species. So far however, studies of rip currents have mainly relied on numerical modelling and video camera observations. We show an ENVISAT ASAR observation in Precision Image mode of bright near-shore cell-like signatures on a dark background that are interpreted as surface signatures of rip currents. These signatures are typical of very low wind conditions, and were observed off the Portuguese West coast. A mechanism is proposed to explain the feature high contrast. It is suggested that, at such low wind speed conditions, wind direction relative to the beach may play a dominant role on the observability mechanism, enhancing the effective Bragg wave wind generation threshold within the rip cells. Because new SAR missions (such as Terrasar-X) are equipped with finer resolution modes, SAR observations could significantly improve our capabilities to observe rip currents from satellite. The work was carried out in the frame of ESA project AOPT-2423, and Portuguese FCT project “Amazing – A Multi-sensor Analysis and Interpretation System for the Coastal Zone Remote Sensing”.

Viegas, T. e Sancho, F., 2005, Níveis de inundação em zonas costeiras: Metodologia de cálculo. 4.^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005, CD-ROM.

Sumário: Apresenta-se neste trabalho uma metodologia de cálculo do nível do mar (ou cota de inundação) em zonas costeiras, particularmente, em praias do tipo dissipativo ou reflectivo. Assume-se que a cota de inundação resulta da contribuição da maré, da sobrelevação meteorológica e do espraiamento. Estas três contribuições são analisadas separadamente, com base nos registos de maré e da agitação marítima nas estações (de dados) disponíveis. Analisa-se a dependência entre a sobrelevação e a altura significativa de onda, H_s , bem como entre esta e o período (de pico e médio) da onda. Simulam-se, com base num procedimento de Monte-Carlo, séries temporais da cota de inundação, a partir de funções de distribuição de H_s . A contribuição da maré é estimada a partir do conhecimento das constantes harmónicas para o local desejado. Determinam-se os regimes médio e de extremos da cota de inundação, a partir das séries sintéticas calculadas. Apresentam-se resultados da aplicação para uma linha de costa orientada NNW-SSE e ondas provenientes dos sectores SW, W e NW. Obtêm-se valores da cota de inundação coerentes com os estimados por outros autores, sem a contribuição do espraiamento.

3. Teses

Abreu, T.A.M.A., 2006, Transporte de Sedimentos em Zonas Costeiras – Parametrização de Momentos Estatísticos de Hidrodinâmica. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, área de especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Universidade de Coimbra.

Sumário: A não linearidade das ondas é, muitas vezes, parametrizada através de parâmetros estatísticos de velocidades e acelerações orbitais médias junto ao fundo e tem sido incorporada em modelos de transporte de sedimentos em zonas costeiras por diversos investigadores. Nesta dissertação examinou-se um conjunto de dados proveniente de um trabalho experimental efectuado no canal de ondas da Universidade Politécnica da Catalunha (UPC) para um perfil de praia do tipo barra-fossa (Sancho et al., 2001). Nesse ensaio físico testaram-se quatro diferentes tipos de agitação incidente (três regulares e uma irregular). Com base nas séries temporais obtidas, analisaram-se evoluções de vários momentos estatísticos (incluindo assimetria e curtose) da superfície livre e dos campos de velocidades e acelerações junto ao fundo, necessários para o cálculo do transporte sedimentar devido às ondas. Propuseram-se novas expressões empíricas para o cálculo do desvio padrão e da assimetria dos campos de velocidades e acelerações, que proporcionam melhor concordância com os resultados experimentais que outras formulações existentes. Estas parametrizações dependem do conhecimento de resultados medidos na superfície livre, cuja aquisição de dados é mais simples de ser obtida. Evidenciou-se, ainda, um paralelismo da relação entre a assimetria e a curtose da superfície livre para a velocidade e aceleração orbitais. Sempre que possível, estabeleceram-se confrontações das novas parametrizações com outras existentes.

Gaspar, P.J.S., 2006, Transporte de sedimentos: análise da velocidade orbital representativa e do undertow sobre um sistema barra-fossa. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, área de especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Universidade de Coimbra.

Sumário: Neste trabalho foram avaliadas as evoluções das condições de agitação (ensaiadas por Sancho et al., 2001) através do modelo de propagação de ondas do tipo de Boussinesq FUNWAVE. Foram determinadas de que forma as ondas se comportavam ao longo do seu percurso no canal e qual o transporte de sedimentos potencial que elas provocariam. Mais precisamente, estimaram-se as velocidades orbitais das ondas a várias profundidades através da formulação de Boussinesq, bem como a corrente de fundo (*undertow*) através dos resultados dos ensaios em modelo físico. De seguida, estimou-se o transporte de sedimentos sob o fundo do canal através da fórmula de transporte proposta inicialmente por Watanabe e Dibajnia (1995) e posteriormente melhorada por Silva (2001), para as várias combinações das velocidades orbitais representativas, com ou sem o efeito combinado do *undertow*. Avalia-se o efeito no transporte de sedimentos da utilização de várias velocidades orbitais representativas, nomeadamente, a cerca de meia profundidade ($z=0.53h$), junto ao fundo, e média na vertical. Analiou-se também o efeito dos mecanismos de interacção entre meios ciclos de onda no transporte de sedimentos (sedimentos mobilizados por uma crista e transportados pela cava seguinte, e vice-versa). Finalmente, estuda-se a previsível evolução de um fundo natural com o mesmo perfil inicial

que o ensaiado em modelo físico (com fundo rígido), sujeito ao transporte de sedimentos calculado pela fórmula de Silva (2001). Tecem-se conclusões quanto à previsível evolução dos fundos, nomeadamente sobre a localização de zonas de erosão e de acreção, para os diferentes tipos de ondulação impostas.

Silva, F.M.S., 2006, Rip Currents Identification with Synthetic Aperture Radar. Dissertation presented to the "Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente" of the "Universidade do Algarve" in partial fulfillment of the requirements for the licentiate degree in Oceanography (em inglês).

Sumário: Rip currents, ou agueiros, são sistemas hidrodinâmicos costeiros, caracterizados por um escoamento direccionado para o largo, de forma aproximadamente perpendicular em relação à linha de costa. Até este momento o estudo deste fenómeno está limitado à avaliação in situ (através de correntómetros, traçadores visuais e vídeo monitorização) ou através da modelação computacional. Com este trabalho pretende-se demonstrar a possibilidade de identificar estes fenómenos recorrendo a imagens de satélite, nomeadamente ENVISAT ASAR e ERS-2. Nestas imagens, é possível reconhecer estruturas perpendiculares à costa, com a forma característica dos agueiros. É identificado um canal de escoamento, que atravessa a zona de rebentação, seguido por uma zona de divergência, onde ocorre uma diminuição da velocidade da corrente e conseqüentemente o termo do agueiro. Este tipo de assinaturas nos registos de radar apenas ocorre em condições de vento moderado. É apresentado um mecanismo para demonstrar o contraste apresentado nas imagens, que possibilita a identificação destas estruturas. É demonstrado que durante condições de vento fraco, a direcção do vento com a linha de costa representa um papel fulcral destacando estas estruturas no fundo negro da imagem, enfatizando a difusão de Bragg. A circulação atmosférica na região costeira, principalmente durante o verão, é controlada por leves brisas, com origem marítima durante o dia e origem terrestre durante a noite. Esta mesma circulação durante a noite pode criar uma assinatura na imagem, muito similar aos agueiros, mas que na realidade poderá ser um fenómeno praticamente atmosférico.

A localização dos agueiros é muitas vezes controlada pela topografia de fundo. Foi possível neste trabalho, através de uma imagem Envisat, realizar a identificação de uma barra arenosa, paralela á costa, que deverá ter um papel importante na localização e geração destes fenómenos costeiros. Os avanços na detecção remota por satélite, nomeadamente com a nova missão Terrasar-X, que conduzirá a um aumento na resolução espacial das imagens, poderão contribuir de forma significativa para uma melhoria do conhecimento destes fenómenos e uma mais alargada monitorização.

Viegas, T.H.L.S., 2005, Níveis de Inundação em Zonas Costeiras: Metodologia de Cálculo. Dissertação submetida para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Geofísicas (Especialização em Oceanografia), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Sumário: Apresenta-se neste trabalho uma metodologia de cálculo do nível do mar (ou cota de inundação) em zonas costeiras, particularmente, em praias do tipo dissipativo ou reflectivo. Assume-se que a cota de inundação resulta da contribuição da maré, da sobrelevação meteorológica e do espraiamento. Estas três contribuições são analisadas separadamente, com base nos registos de maré e

da agitação marítima nas estações (de dados) disponíveis. Analisa-se a dependência entre a sobrelevação e a altura significativa de onda, H_s , bem como entre esta e o período (de pico e médio) da onda. Simulam-se, com base num procedimento de Monte Carlo, séries temporais da cota de inundação, a partir de fun oes de distribui o de H_s . A contribui o da mar e   estimada a partir do conhecimento das constantes harm nicas para o local desejado. Determinam-se os regimes médio e de extremos da cota de inunda o, a partir das séries sint ticas calculadas. Apresentam-se resultados da aplica o para uma linha de costa orientada NNW-SSE e ondas provenientes dos sectores SSW a NNW. Obt m-se valores da cota de inunda o coerentes com os estimados por outros autores, sem a contribui o do espraio.

Este trabalho encontra-se organizado da seguinte forma: no primeiro capítulo   feito o enquadramento do estudo realizado, e são definidos os objectivos a atingir; no segundo capítulo,   feita uma breve descri o dos parâmetros físicos relevantes para o estudo, nomeadamente, a mar e oceânica, a sobreleva o meteorológica e a agita o marítima; no terceiro capítulo, são avaliadas as rela oes entre as variáveis que interv m no estudo: rela o entre a altura significativa da onda e a sobreleva o meteorológica, rela o entre a altura significativa da onda e o período de pico e rela o entre o período de pico e o período médio; no quarto capítulo são descritos os métodos de cáculo utilizados para estimar o regime médio e o regime de extremos do nível de maré; no quinto capítulo são descritos os métodos de cáculo utilizados para estimar o regime médio e o regime de extremos da cota de inunda o; no sexto capítulo   feita a aplica o dos métodos descritos a um caso particular: dois tipos de praia, t picos de Portugal: uma dissipativa, com declive inferior a 1:10, e outra reflectiva, com declive igual a 1:5; no sétimo e último capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho,   feita uma breve discussão sobre o mesmo, e são apontadas sugestões de trabalho futuro.

4. Relatórios Técnicos

Barreiro, O.M., Oliveira, F.S.B.F., 2005, Modela o matemática da forma plana de praias encaixadas e semi-encaixadas. Relatório 205/05 - NEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

Sumário: Neste estudo desenvolveram-se e compararam-se modelos matemáticos baseados em expressões empíricas que definem a geometria da forma plana de praias encaixadas e semi-encaixadas e testou-se a sua aplicabilidade na costa portuguesa com base em fotografias aéreas rectificadas.

Clímaco, M., Vicente, C., 2006, Dimensionamento Hidráulico e Funcionamento de Esporões. Relatório 309/06 – NEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

Sumário: Analisa-se, de forma metódica, utilizando um modelo de evolu o de linhas de costa, o funcionamento de um esporão isolado e de um campo de esporões, abordando os seguintes aspectos: posicionamento eficaz das obras, de forma a garantir uma adequada protec o da zona a defender; comprimento necessário para os esporões; caracteriza o da estabiliza o e evolu o morfológica induzida pelas obras; volumes de acumula o e de erosão envolvidos na adapta o da praia; e

oscilações da linha de água devido à ocorrência de temporais e à variabilidade inter-anual do regime de agitação marítima.

HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR DA ORLA COSTEIRA. RELATÓRIO DE PROGRESSO 1.

Anexo 3: Folheto de divulgação de curso

Local e data

O curso terá lugar de 3 a 6 de Abril de 2006, das 09:00 às 17:30, na Sala 2 do Centro de Congressos do LNEC Av. Brasil, nº 101 – 1700-066 Lisboa

Organização

A organização do curso está a cargo do LNEC (Núcleo de Estuários e Zonas Costeiras, Departamento de Hidráulica e Ambiente).
Boceantes
Dr.ª Conceição J. Fortes
Dr.ª Filipa Oliveira
Dr. Francisco Sancho
Eng. Manuel Climaça Pereira
Dr.ª Paula Freire
Dr. Rui Capitão
Dr. Rui Taborde

Correspondência e informações

Para envio de inscrições e esclarecimentos adicionais, contactar:

Laboratório Nacional de Engenharia Civil
DIEAG – Apoio à Organização de Reuniões
Av. do Brasil, 101 | tel: 21 844 3483
1700-066 LISBOA | fax: 21 844 3014
e-mail: formaca@lnecc.pt
www.dha.lnecc.pt/pt/pt/ques/novidades.html

Inscrições

As inscrições efectua m-se mediante o preenchimento da ficha de inscrição anexa, a enviar juntamente com o pagamento, em Cheque emitido em nome do FUNDACC, por correio para o endereço acima indicado.
O número de participantes é limitado a 25.

Quota

€ 300,00, se efectuado até 1 mês antes do início
€ 350,00, se efectuado fora do período anterior
O custo da inscrição inclui documentação de apoio, cafés e o almoço final do curso.

Enviar para:

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
DIEAG – Apoio à Organização de Reuniões
Av. Brasil, 101
1700-066 Lisboa
PORTUGAL



Curso sobre

DINÂMICA LITORAL

www.lnecc.pt/pt/pt/ques/novidades.html

Hidrodinâmica da Zona Costeira

Dinâmica Sedimentar

Metodologias de Estudo

Intervenções e Obras em Zonas Costeiras

LNEC

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Contexto e justificação

Portugal tem uma costa continental de 800 km de comprimento, uma das mais extensas dos países que integram a União Europeia. A zona costeira é alvo de constantes alterações naturais e de intervenções humanas, sendo particularmente preocupante a acção erosiva do mar. A gestão integrada da zona costeira envolve o planeamento e gestão do sistema costeiro e dos seus recursos tanto em cova, entre outros sectores, a evolução actual e a previsível para o futuro.

É, assim, necessário conectar o meio ambiente marítimo e costeiro, nos seus múltiplos aspectos, de forma a planeare assegurar o seu futuro uso.

Os processos responsáveis pela formação e evolução morfológica da zona costeira são múltiplos e complexos, e ocorrem a várias escalas espaciais e temporais. A decisão de hoje do gestor costeiro poderá, por isso, ter repercussões para as gerações futuras. Nos últimos anos, bastantes países têm sido ceados no sentido de melhorar o conhecimento dos processos físicos da dinâmica costeira e de fornecer aos gestores estratégias e resultados que permitam prever com maior exactidão a resposta de um sistema costeiro a uma dada medida de gestão.

No sentido de contribuir para um maior divulgação do conhecimento neste domínio, o LNEC organiza o presente Curso sobre Dinâmica Litoral. Este curso cobre a dinâmica sedimentar dos processos que regem o litoral, desde o largo até à costa, bem como um conjunto de métodos e ferramentas para a abordagem dos problemas

O quem se destina

O curso destina-se a técnicos de Empresas e da Administração Pública, e a Estudantes de licenciatura ou de pós-graduação, que queiram aprofundar os seus conhecimentos nos domínios da gestão da zona costeira, projecto de intervenções humanas no litoral (incluindo obras de protecção costeira), processos e métodos de estudo da dinâmica costeira. O conteúdo do curso pressupõe uma formação

Descrição

O curso é dividido em quatro módulos, sendo dois oceanografia ou essencialmente técnicos e os outros dois práticos. Resultados de aplicação à costa Portuguesa serão apresentados para ilustrar aspectos mais técnicos. Serão distribuídos materiais de suporte aos temas seleccionados, incluindo as apresentações de slides e bibliografia relevante.

Módulo 1 – Hidrodinâmica da Zona Costeira

- ▶ Geração de ondas e agitação marítima ao largo. Métodos de medição e de análise de dados.
- ▶ Propagação da agitação marítima do largo para a costa: processos de transformação e teorias de onda.
- ▶ Correntes litorais: fenómenos e medição.
- ▶ Modelação da geração e propagação de ondas e de correntes litorais.

Módulo 2 – Dinâmica Sedimentar

- ▶ Zonamento da praia e plataforma relativa a processos sedimentares.
- ▶ Transporte sedimentar na plataforma continental: mecanismos e modelação.
- ▶ Transporte sedimentar litoral: mecanismos e modelação.
- ▶ Dinâmica sedimentar da costa continental portuguesa.

Módulo 3 – Metodologias de Estudo

- ▶ Caracterização de um sistema costeiro: aquisição, análise e interpretação de dados.
- ▶ Ferramentas de simulação: modelos matemáticos e modelos físicos.
- ▶ Monitorização de sistemas costeiros.
- ▶ Análise de um caso de estudo.

Módulo 4 – Intervenções e Obras em Zonas Costeiras

- ▶ Prevenção e protecção na gestão costeira
- ▶ Métodos de protecção costeira: panorâmica internacional
- ▶ Soluções de protecção costeira e experiência do LNEC
- ▶ Visita técnica

A enviar por fax para (+351) 21 844 3014 ou por correio

FICHA DE INSCRIÇÃO

LNEC, Centro de Congressos

3 a 6 de Abril de 2006

DINÂMICA LITORAL

Nome do participante : _____

Empresa: _____

Endereço: _____

Telefone: _____

N.º de Contribuinte a constar na Factura: _____

Junto Cheque (endossado a "FUNDCIC") n.º: _____

Data : _____

Assinatura : _____

