



CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO NO LITORAL ABRANGIDO PELA ÁREA DE JURISDIÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO

5º RELATÓRIO DE PROGRESSO
Dezembro de 2012

Submetido a:



CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO NO LITORAL ABRANGIDO PELA ÁREA DE JURISDIÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO

5º RELATÓRIO DE PROGRESSO Dezembro de 2012

Equipa de Trabalho

Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FFCUL)

César Andrade (coord)

Andreia Barata	Ana Mafalda Carapuço	Sandra Moreira
Carlos Antunes	Ana Maria Nobre Silva	Sónia Queiroz
Cristina Branquinho	Ana Rita Pires	Tanya Silveira
Fernando Marques	Cristiano Ribeiro	
Henrique Cabral	Cristina Antunes	
João Geadas Cabaço	Fátima Cristina Lira	
Jorge Marques da Silva	Hugo Sousa	
Maria da Conceição Freitas	Joana Oliveira	
Otilia Correia	Lourenço Soares Ribeiro	
Paula Redweik	Maria Paula Serafim	
Rui Taborda	Noémie Wouters	
Teresa Rosa	Nuno Penacho	
Vanda Brotas	Rita Matildes	

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)

Anabela Oliveira	Paula Freire	Alphonse Nahon
André Fortunato		Guillaume Dodet

Índice

Equipa de Trabalho	3
Introdução.....	9
1 Estudo do litoral na área de intervenção da APA I.P./ ARH do Tejo	11
1.1 Caracterização do forçamento meteorológico e oceanográfico.....	11
1.1.1 Vento	11
1.1.2 Precipitação.....	11
1.1.3 Marés.....	11
1.1.4 Correntes.....	11
1.1.5 Sobreelevação meteorológica.....	20
1.1.6 Nível médio do mar	20
1.1.7 Ondas	20
1.2 Caracterização da margem terrestre na situação de referência.....	25
1.2.1 Caracterização das principais unidades geológicas e da organização geomorfológica da faixa costeira.....	25
1.2.2 Estudo das tendências de evolução nos últimos 50-100 anos, em litoral de arriba e de acumulação	28
1.2.2.1 Litorais de arriba.....	29
1.2.2.2 Litorais de acumulação.....	38
1.2.3 Definição de uma série de áreas piloto (praias), representativas dos diferentes segmentos costeiros, para o estudo da variabilidade morfodinâmica sazonal na área de intervenção da APA I.P./ARH do Tejo, com vista à sua monitorização periódica	43
1.3 Avaliação da perigosidade associada à mobilidade da linha de costa	55
1.3.1 Determinação e cartografia da perigosidade associada à ocorrência de fenómenos de instabilidade em arribas, incluindo definição objectiva de zonas de elevada perigosidade e/ou risco	55
1.3.2 Determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão de praias e ao galgamento oceânico	57
1.3.3 Verificação da adequabilidade das faixas de risco/salvaguarda definidas no POOC em vigor e, se necessário, proceder à sua redefinição	58
1.4 Enquadramento das soluções de intervenção	60
1.4.1 Em litoral de arriba	60
1.4.1.1 Definição de um quadro de referência objectivo e pormenorizado de especificações técnicas, restrições e recomendações a aplicar em projectos de intervenção nas arribas que se tornem necessários para reduzir riscos, preservar património ou assegurar a estabilidade e segurança de projectos de estruturas que envolvam o uso da orla costeira, assegurando simultaneamente a preservação paisagística e ambiental do litoral de arriba	60
1.4.2 Em litoral arenoso e nas áreas piloto previamente identificadas	60
1.4.2.1 Caracterização da capacidade de ocupação de praias	60

1.4.2.2	Teste de critérios para apoiar a delimitação da linha da máxima preia-mar de águas vivas equinociais para a área de jurisdição da APA I.P./ARH do Tejo	60
2	Estudo de caso da Costa da Caparica	63
2.1	Instalação de uma rede de pontos de apoio fixos em terra e respectiva coordenação	63
	63	
2.2	Seleção e levantamento de um conjunto de perfis de praia com periodicidade mínima trimestral	63
2.3	Levantamento periódico da superfície da praia a norte do esporão EC7 até ao esporão da Cova do Vapor (EV1) (Praia de S. João da Caparica) e quantificação das evoluções morfológicas e volumétricas	64
2.4	Determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão das praias e ao galgamento oceânico na Costa da Caparica	70
2.5	Verificação da adequabilidade das faixas de risco / salvaguarda definidas no POOC em vigor para a Costa da Caparica	70
3	Estudo da Lagoa de Albufeira	71
3.1	Estudo da dinâmica da barra de maré e das suas relações com a agitação marítima incidente e as marés	71
3.1.1	Levantamentos topo-hidrográficos da barreira e sistema lagunar em situação de barra fechada	71
3.1.2	Levantamentos topo-hidrográficos da área mais próxima do canal de maré após a abertura da barra	71
3.1.3	Cartografia das modificações morfológicas da secção da barra de maré	71
3.1.4	Avaliação das características e modificações geométricas da secção da barra ao longo da sua existência	71
3.1.5	Estudo das relações entre morfologia da barra de maré e magnitude do prisma de maré lagunar	72
3.1.6	Caracterização da evolução morfodinâmica da embocadura através de modelação	73
3.1.7	Caracterização da hidrodinâmica e das trocas entre a laguna e o mar	74
3.1.8	Medição das correntes de maré na barra	75
3.1.9	Integração dos dados: modelo do comportamento morfodinâmico da barra de maré da Lagoa de Albufeira e estabelecimento das condições favoráveis à abertura da barra de maré	75
3.2	Estudo e caracterização da qualidade da água no espaço lagunar baseada em parâmetros físico-químicos e biológicos (macroinvertebrados bentónicos, fitoplâncton, peixes, macrófitas)	76
3.2.1	Monitorização dos parâmetros físico-químicos <i>in situ</i> e análises laboratoriais ..	76
3.2.1.1	Monitorização dos parâmetros físico-químicos <i>in situ</i>	76
3.2.1.2	Análises laboratoriais	79
3.2.1.3	Monitorização da qualidade da água das ribeiras	80
3.2.2	Monitorização dos parâmetros biológicos	81

3.2.2.1	Biomonitorização das ribeiras (qualidade da água e grau de stress)	81
3.2.2.2	Monitorização do fitoplâncton	84
3.2.2.3	Monitorização do estado da flora e da vegetação na Lagoa de Albufeira e zona envolvente	90
3.2.2.4	Caracterização da comunidade bentónica	90
3.2.2.5	Caracterização da comunidade de peixes	90
3.2.3	Integração de toda a informação obtida	90
3.3	Estudo da capacidade de suporte do sistema lagunar face à actividade de miticultura ali instalada	90
3.3.1	Monitorização da qualidade dos sedimentos do fundo lagunar	90
3.3.2	Monitorização do fitoplâncton	92
3.3.3	Monitorização dos invertebrados bentónicos	93
3.3.4	Estudo da componente parasitológica	93
3.3.5	Integração da monitorização dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso	95
3.3.6	Definição da capacidade de carga da Lagoa de Albufeira para a miticultura	97
3.4	Definição das zonas de dragagem das áreas assoreadas	97
3.4.1	Comparação de levantamentos topo-hidrográficos	97
3.4.2	Definição da volumetria e da área a dragar	97
3.4.3	Realização de sondagens nas áreas a dragar	97
3.4.4	Caracterização e comparação da hidrodinâmica da lagoa em diferentes configurações da embocadura	98
3.4.5	Estudo de incidências ambientais nos factores bióticos e abióticos	99
3.5	Definição dos locais de deposição dos dragados	99
3.5.1	Avaliação de alternativas para a colocação de dragados de natureza vasosa ..	99
3.5.2	Avaliação de alternativas para a colocação de dragados de natureza arenosa ..	99
4	Lista de Entregáveis	101
5	Referências Bibliográficas	103

Introdução

O presente relatório de progresso descreve o trabalho desenvolvido pelas equipas da Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FFCUL) e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) durante o quinto semestre do projecto “*Consultoria para a Criação e Implementação de um Sistema de Monitorização do Litoral Abrangido pela Área de Jurisdição da ARH do Tejo*”. São descritas as acções levadas a cabo no âmbito das tarefas que decorreram durante o quinto semestre do projecto, bem como os entregáveis previstos para o final da quinta fase. Os entregáveis acompanham este relatório nos formatos previstos e de acordo com o descrito no relatório “*Metodologia e Cronograma de Trabalhos*”, de Novembro de 2010, com a actualização prevista no cronograma de Junho de 2012, entregue com o 4º Relatório de Progresso.

Atendendo a que no decorrer do projecto poderá ser considerado vantajoso, para a prossecução dos objectivos a atingir, fazer pequenas adaptações ao plano de trabalhos e/ou ao cronograma, sempre que aplicável, no final da descrição da respectiva tarefa, apresentar-se-á uma “proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos”.

1 Estudo do litoral na área de intervenção da APA I.P./ ARH do Tejo

1.1 Caracterização do forçamento meteorológico e oceanográfico

1.1.1 Vento

Tarefa concluída no 2º semestre do projecto.

1.1.2 Precipitação

Tarefa concluída no 3º semestre do projecto.

1.1.3 Marés

Tarefa concluída no 4º semestre do projecto.

1.1.4 Correntes

Modelação matemática 3D

No decorrer do quinto semestre do projecto foi dada particular relevância à validação do modelo matemático 3D, implementado na zona costeira da área de jurisdição da ARH do Tejo, tendo igualmente sido iniciado o estudo da influência do vento, sobre a propagação das correntes no modelo. Desta forma apresentam-se comparações de séries temporais de níveis de maré calculadas pelo modelo e resultantes da previsão harmónica e alguns resultados preliminares de testes destinados a aferir a propagação das correntes face à influência do vento.

Validação do modelo 3D

Como referido no relatório anterior, o modelo 3D utilizado tem por base o código do modelo matemático ELCIRC (*Eulerian-Lagrangian CIRCulation Model (Zhang et al., 2004)*). Este modelo permite calcular a elevação da superfície livre, bem como as três componentes da velocidade da corrente. Assume as aproximações de Boussinesq e hidrostática e utiliza um sistema de coordenadas cartesianas (x,y,z), num domínio discretizado pelo método dos elementos finitos.

Na presente aplicação, a condição de forçamento da maré na fronteira oceânica traduziu-se pela aplicação de séries temporais de alturas de água, calculadas a partir de valores relativos aos seguintes marégrafos: Aveiro, Figueira da Foz, Peniche, Cascais, Lisboa, Sesimbra, Setúbal, Sines e Funchal.

Para a construção das séries de alturas de água foram utilizadas as constantes harmónicas S_2 , M_2 , O_1 e K_1 , correspondentes ao ano de 2010, constantes das tabelas de maré do Almirantado Britânico (*Admiralty Tide Tables, United Kingdom Hydrographic Office (UKHO)*), de Janeiro de 2010.

Após 240 h de simulação, na situação de referência, sem vento, verifica-se uma boa concordância entre as séries temporais de níveis de maré calculadas pelo modelo, com as séries de previsão harmónica aplicadas no modelo. As figuras seguintes (Figuras 1 a 7) traduzem os resultados comparados entre as duas séries.

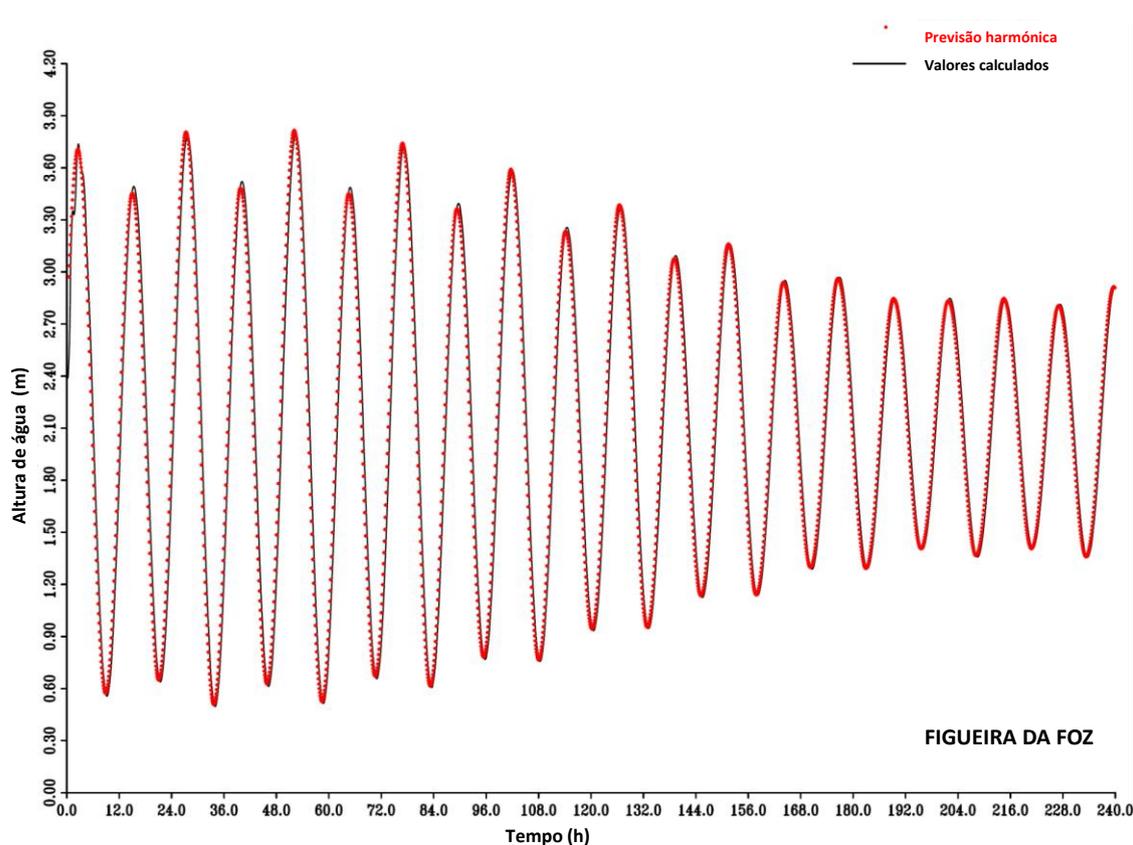


Figura 1. Comparação entre séries temporais de níveis de maré. Localização: Figueira da Foz

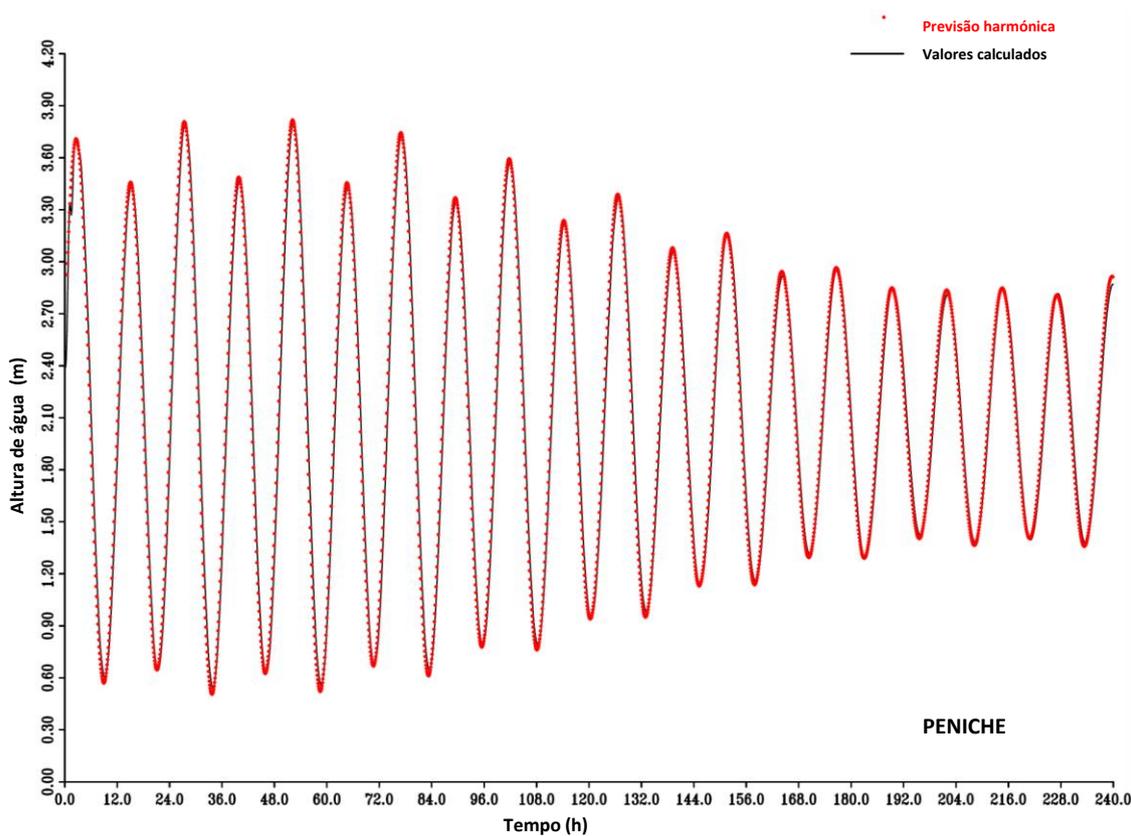


Figura 2. Comparação entre séries temporais de níveis de maré. Localização: Peniche

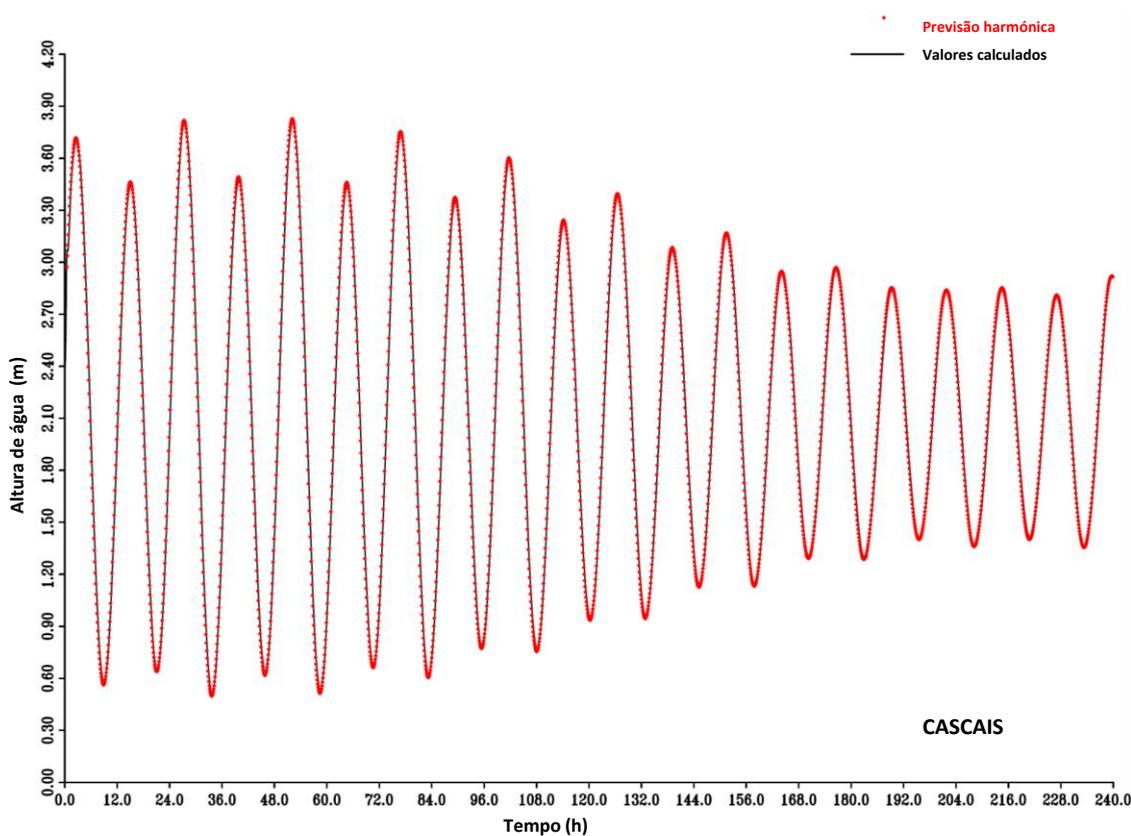


Figura 3. Comparação entre séries temporais de níveis de maré. Localização: Cascais

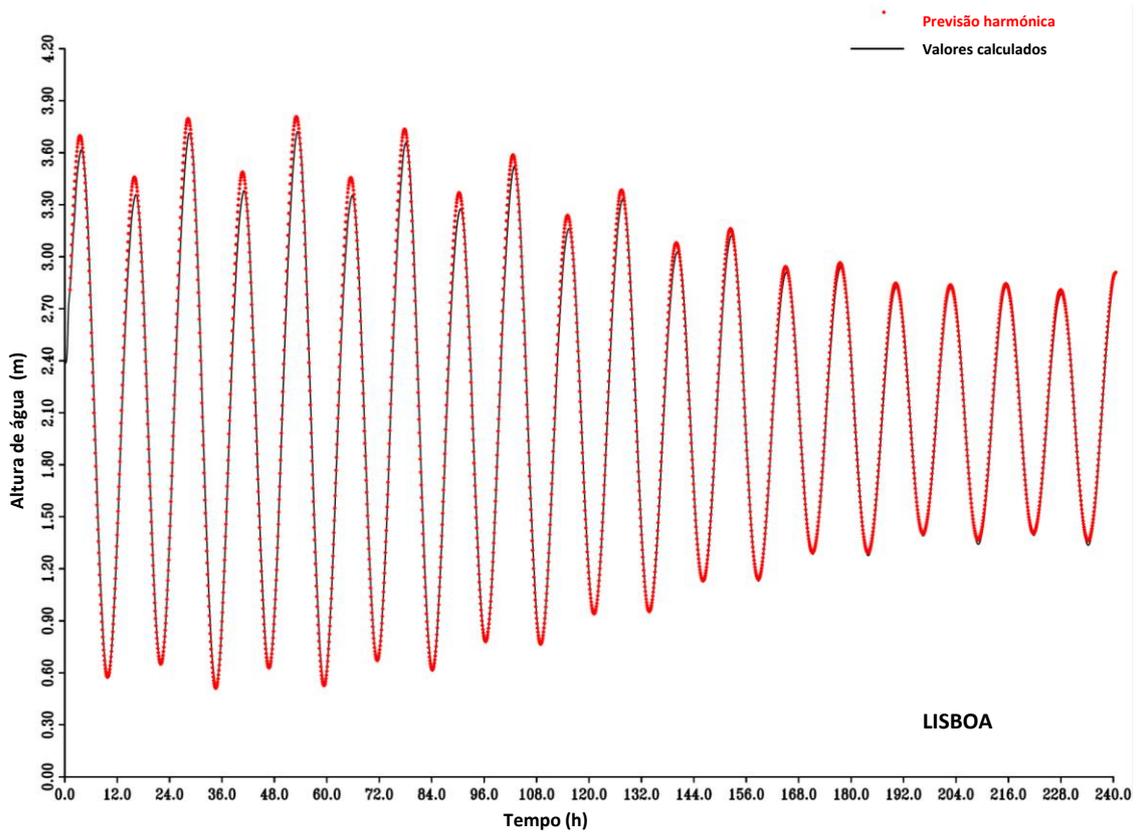


Figura 4. Comparação entre séries temporais de níveis de maré. Localização: Lisboa

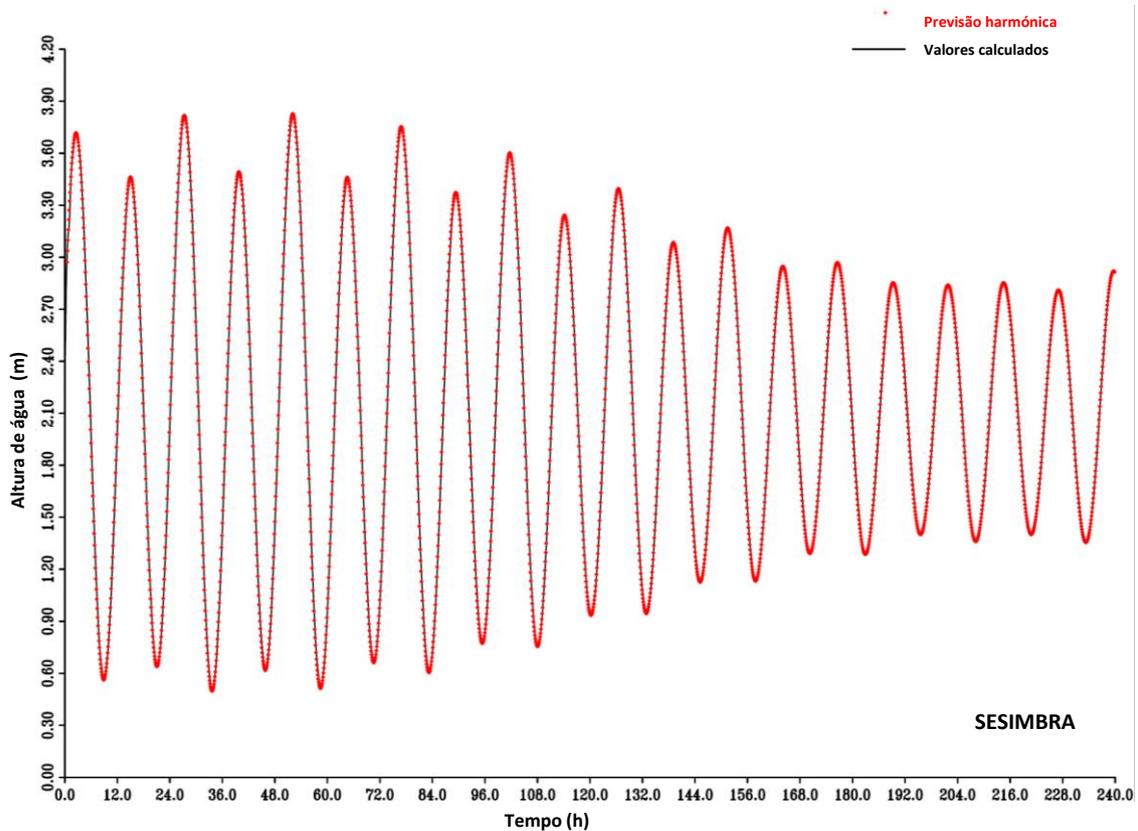


Figura 5. Comparação entre séries temporais de níveis de maré. Localização: Sesimbra

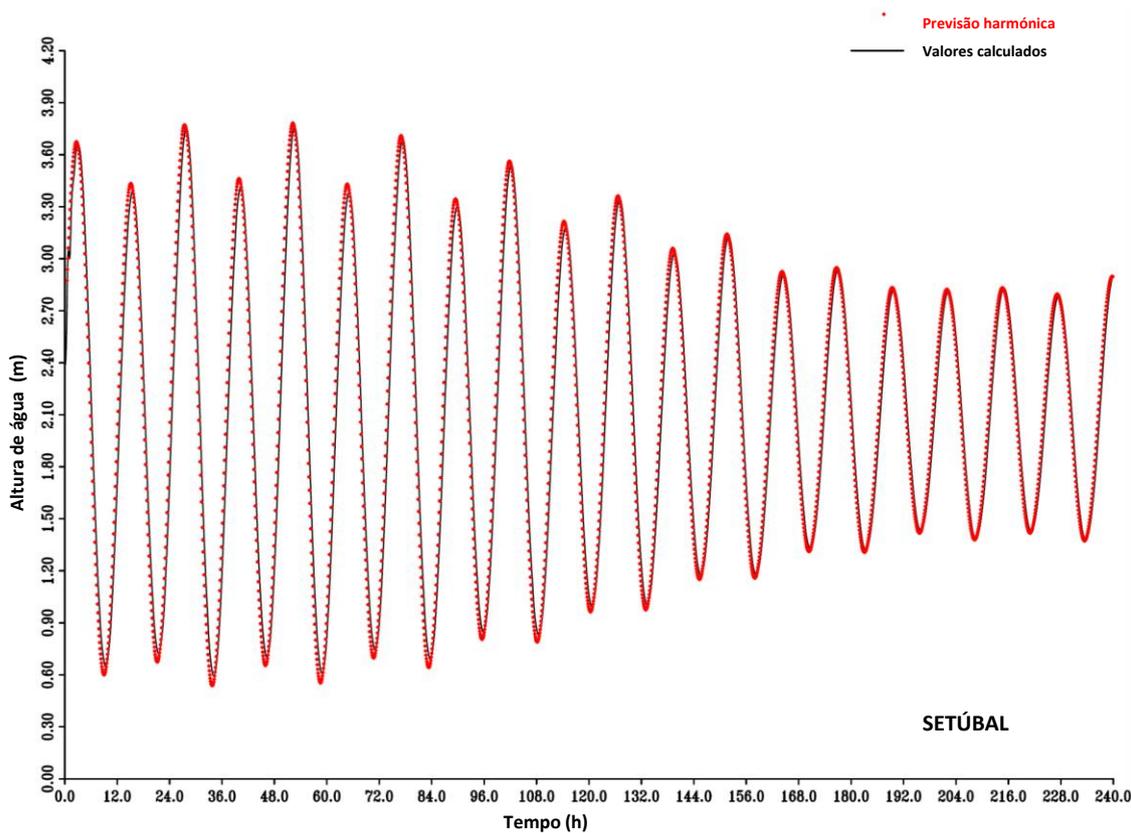


Figura 6. Comparação entre séries temporais de níveis de maré. Localização: Setúbal

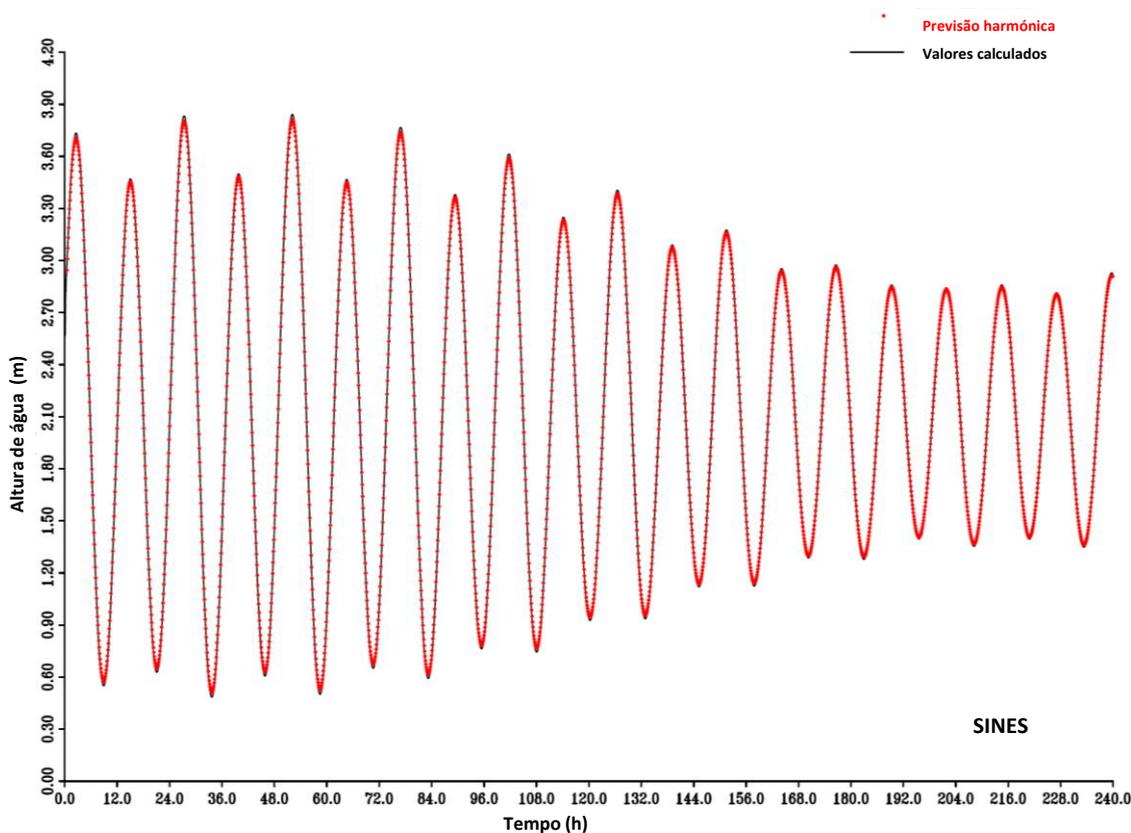


Figura 7. Comparação entre séries temporais de níveis de maré. Localização: Sines

Testes preliminares de sensibilidade ao vento

As correntes costeiras da zona em estudo são, sobretudo, determinadas pela propagação da maré e pelo vento. Sendo a hidrodinâmica determinante para a previsão e compreensão do transporte sedimentar de uma zona costeira, foram efectuados alguns testes destinados a aferir o efeito do vento na geração e alteração das correntes.

São, em seguida, apresentados resultados de testes preliminares obtidos para o troço entre Peniche e Cabo Raso (Figura 8) após simulação com forçamento à superfície, de vento de SW, neste caso, característico de uma situação de Inverno na costa portuguesa. As condições de vento utilizadas na simulação, introduzidas no modelo em intensidade e direcção foram, respectivamente, 10 m/s e $\Theta=210^\circ$.

Em fase posterior do trabalho serão seleccionadas, para efeitos de simulação, condições de vento, representativas das épocas do ano, que incluirão, nomeadamente, a “Nortada” que se faz sentir ao longo da costa oeste portuguesa, na área de interesse para o estudo, especialmente, durante o período estival.

As figuras seguintes (Figuras 9 a 12) mostram, a título exemplificativo, alguns dos resultados preliminares obtidos após corrida do modelo, respectivamente, no decurso das fases maré morta e viva, em fase de enchente e vazante. Estas figuras mostram a importância do vento sobre as correntes. Na realidade o vento SW, à superfície, numa maneira geral, gera a intensificação do padrão das correntes costeiras, para norte.

Este aspecto é particularmente relevante na zona de Peniche, onde a introdução de um forçamento do vento com as características apresentadas mostra uma tendência para a intensificação da corrente na direcção do Cabo, tal como já fora identificada no caso da simulação sem vento apresentada no relatório de Progresso anterior.

No decurso da enchente, a corrente em Peniche mantém-se em direcção ao Cabo (ao contrário da simulação sem vento) embora com intensidade mais baixa.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

Em consequência de atrasos de ordem técnica, que não permitiram a concretização da campanha no terreno para efeitos de validação dos dados da modelação, propõe-se alterar a data de entrega da versão final do Entregável 1.1.4.a: *Caracterização das correntes costeiras*, de Dezembro de 2012 para Junho de 2013.

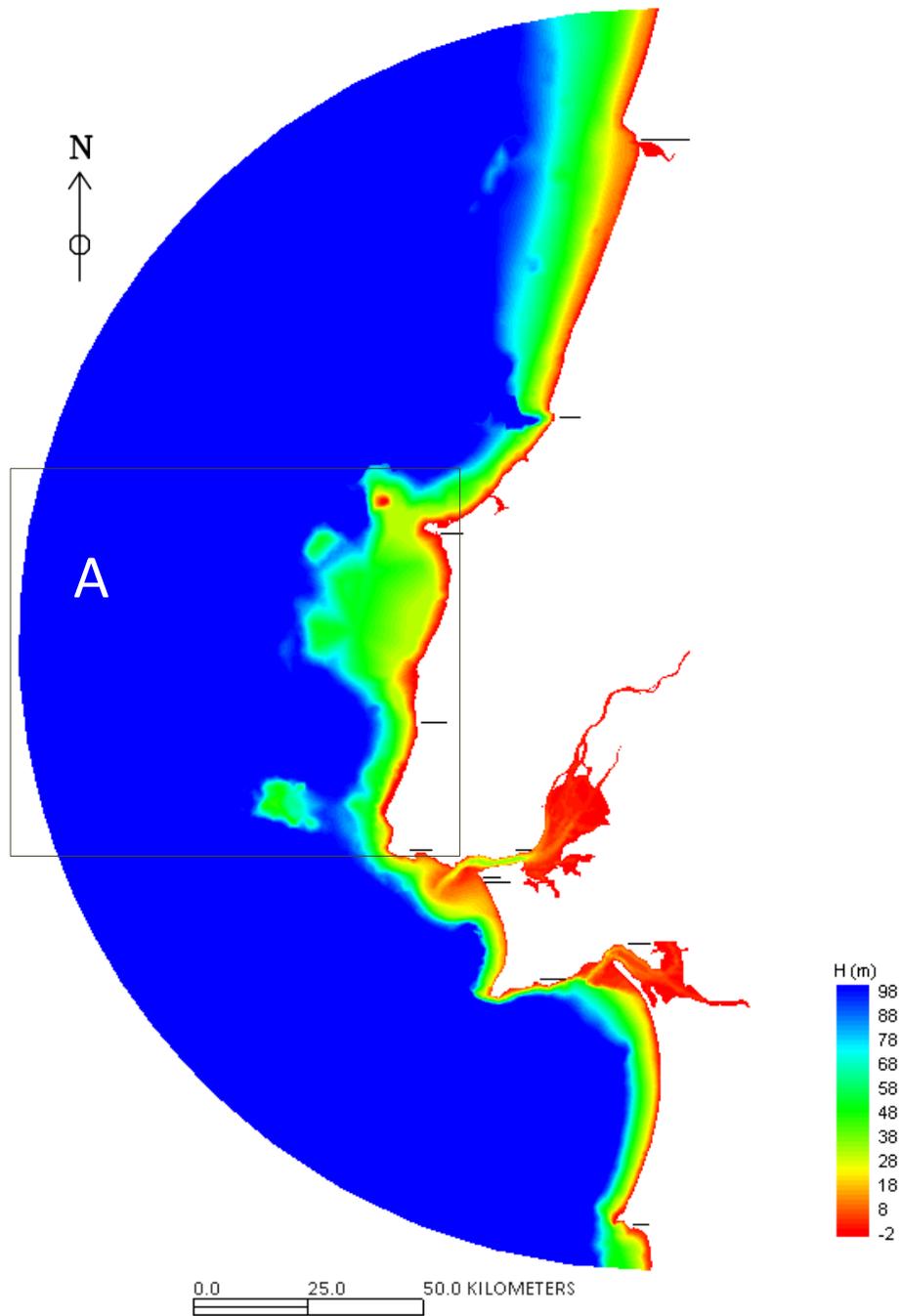


Figura 8. Batimetria e geometria do modelo 3D. **A**: área de representação dos resultados apresentados nas figuras seguintes.

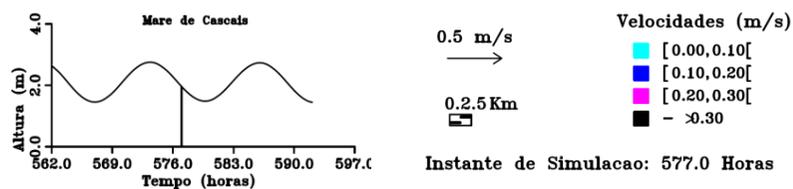
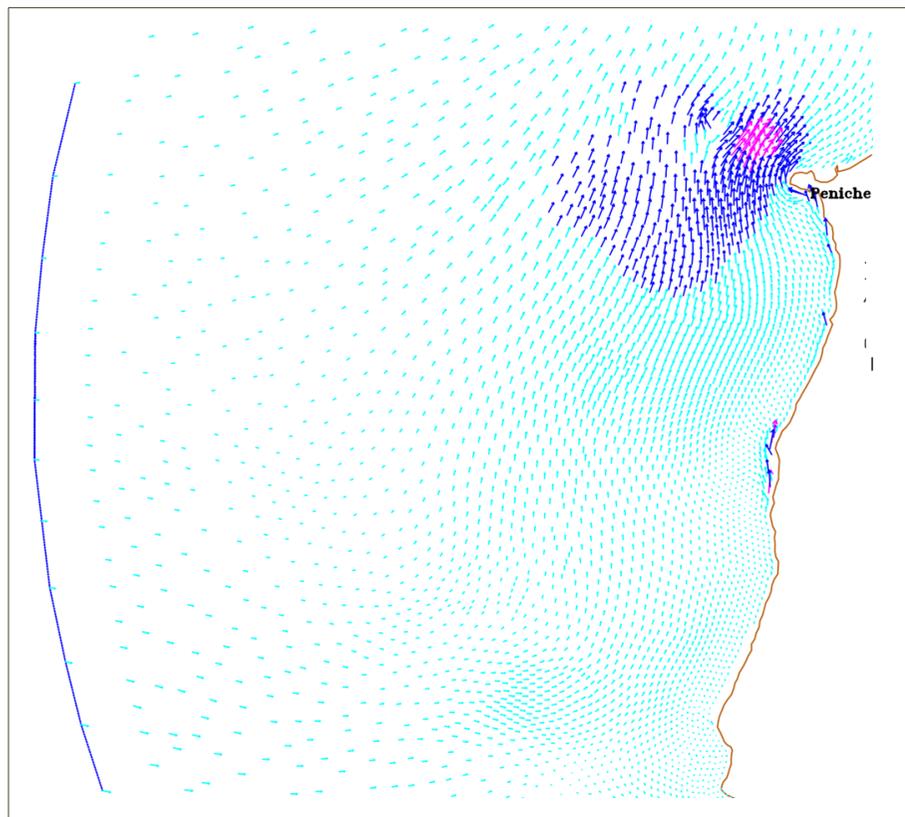


Figura 9. Modelo 3D da área de jurisdição da APA I.P./ARH do Tejo. Campo de velocidades (m/s) à superfície. Fase de maré morta, vazante.

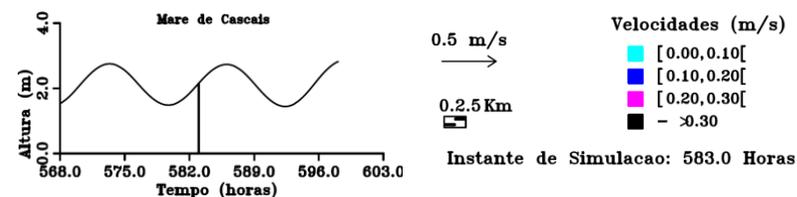
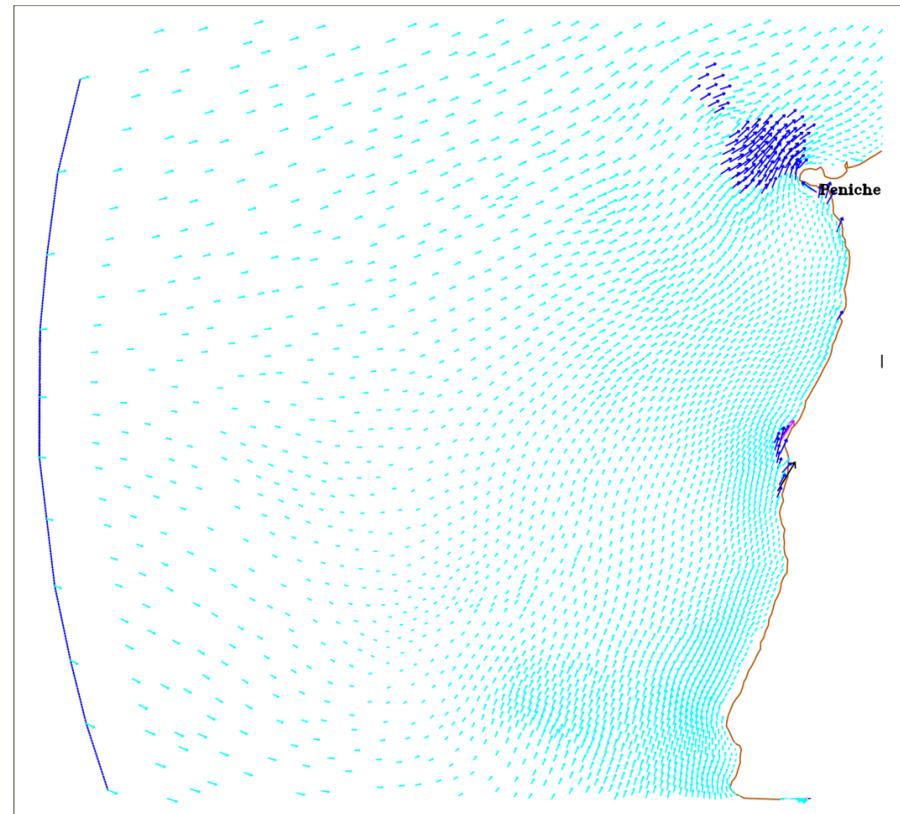


Figura 10. Modelo 3D da área de jurisdição da APA I.P./ARH do Tejo. Campo de velocidades (m/s) à superfície. Fase de maré morta, enchente.

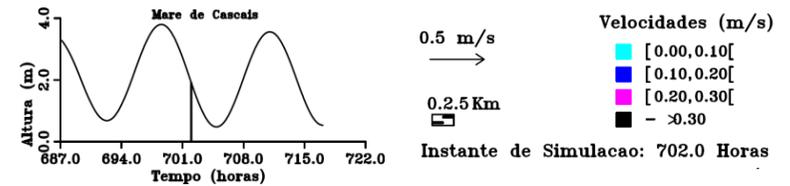
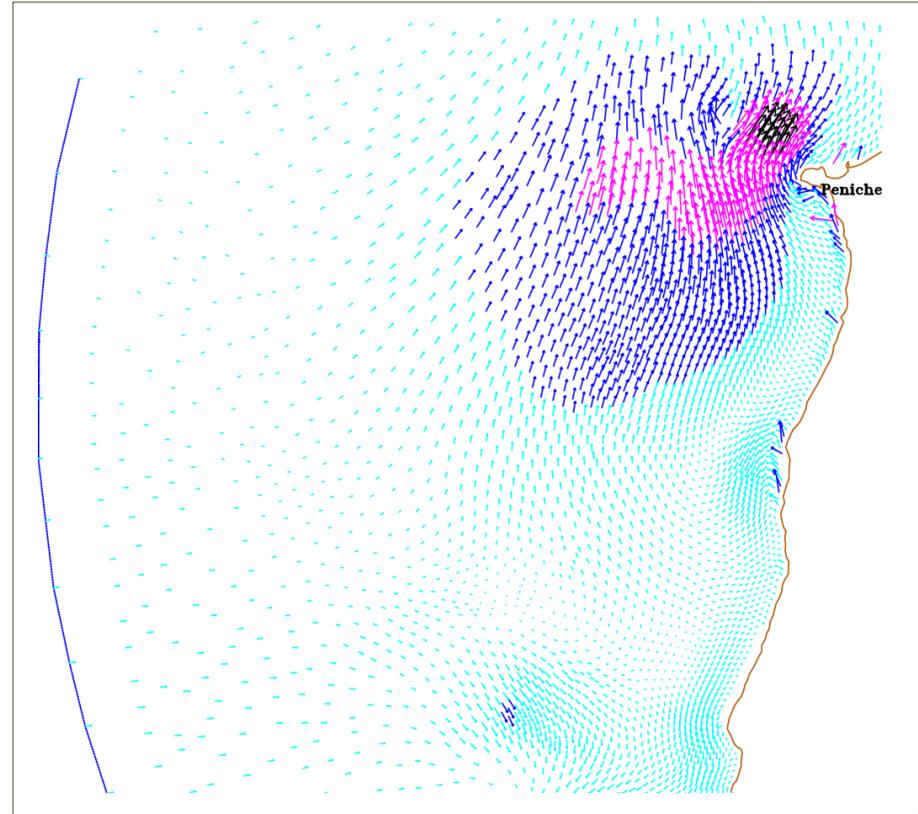
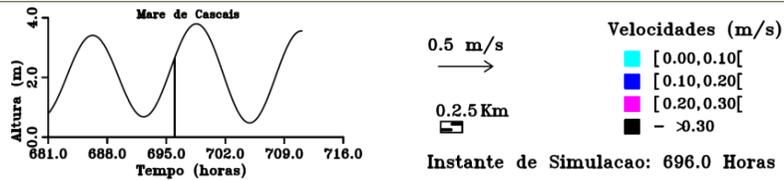
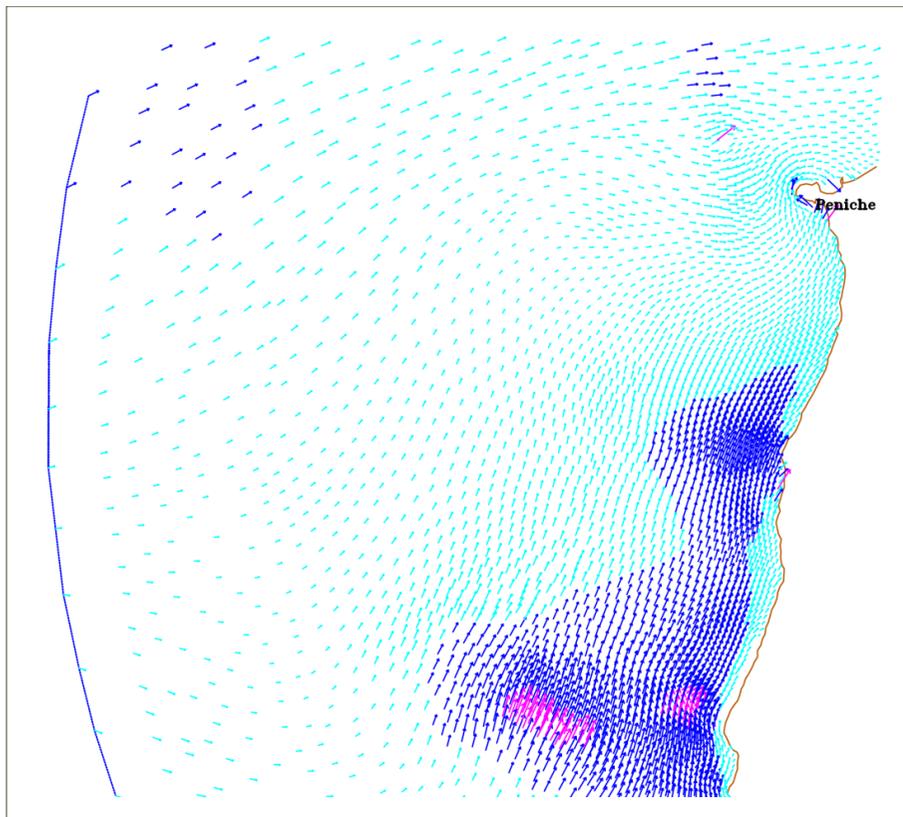


Figura 11. Modelo 3D da área de jurisdição da APA I.P./ARH do Tejo. Campo de velocidades (m/s) à superfície. Fase de maré viva, enchente.

Figura 12. Modelo 3D da área de jurisdição da APA I.P./ARH do Tejo. Campo de velocidades (m/s) à superfície. Fase de maré viva, vazante.

1.1.5 Sobrelevação meteorológica

Com a conclusão do Entregável 1.1.5.b: *Caracterização do regime de extremos do nível do mar*, que é apresentado como anexo a este documento, sob a forma de relatório em formato Adobe Acrobat (.pdf), dá-se por finalizada a tarefa 1.1.5. Sobrelevação meteorológica.

1.1.6 Nível médio do mar

Tarefa concluída no 4^o semestre do projecto.

1.1.7 Ondas

Durante o quinto semestre do projecto deu-se continuidade à análise da série de dados de agitação ao largo para o período entre 1953 e 2008, apresentada e descrita nos relatórios anteriores. Foi desenvolvido o modelo de análise dos dados para transposição e caracterização do clima de agitação junto à costa, bem como para a caracterização do clima de agitação na zona de rebentação, e para a avaliação da deriva litoral. Apresentam-se as metodologias de análise dos dados e os resultados obtidos para a praia da Nazaré, que é uma das praias-piloto do projecto. Esta é uma praia com configuração em baía limitada a norte pelo promontório rochoso do Sítio da Nazaré, e a sul, pelo molhe norte do Porto da Nazaré. Corresponde a uma singularidade pela proximidade da linha de costa à cabeceira do canhão submarino da Nazaré.

Metodologia

A propagação das ondas do largo para a costa foi feita com recurso ao modelo SWAN - Simulating WAVes Nearshore model (Booij et al., 1999), através da aplicação SwanAuto toolbox (beta 1.0). O SwanAuto é uma ferramenta do Matlab desenvolvida pelo grupo de Processos Costeiros do GeoFCUL para correr o SWAN em malhas encaixadas.

Foram utilizadas 3 malhas computacionais encaixadas, com as seguintes resoluções e extensões espaciais (Figura 13):

Malha computacional I – com resolução de 2000 m, abrangendo uma área que se estende até 50 km da linha de costa, desde a praia da Vieira (Marinha Grande) até Peniche.

Malha computacional II – com resolução de 200 m, cobrindo uma área de 20x20 km, abrangendo o litoral desde a praia de Paredes da Vitória a norte, e o limite sul da praia da Gralha a sul.

Malha computacional III – com resolução de 20 m, cobrindo uma área de 2x2 km, abrangendo o promontório da Nazaré, a norte, e o Porto da Nazaré, a sul.

As malhas batimétricas foram geradas em ambiente ArcGIS recorrendo às seguintes fontes de dados (Tabela 1).

Tabela 1. Fontes dos dados topográficos e batimétricos utilizados na construção das malhas computacionais.

Fonte	Tipo de dados	Extensão geográfica	Resolução Escala
Instituto Hidrográfico Projecto Beach to Canyon	Batimétricos	Canhão submarino da Nazaré	20 m
Instituto Hidrográfico	Batimétricos	Litoral próximo – até 40 km da linha de costa	250 m
Câmara Municipal da Nazaré	Topográficos	Município da Nazaré	1:5000
Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*	Topográficos	Continente	30 m

* <http://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp>

O modelo foi corrido em modo estacionário com os seguintes parâmetros de saída, para cada registo de 6 em 6 horas: altura, período e direcção da onda. Da série de dados resultante foram extraídos os valores à batimétrica 10 m, representativos da agitação junto à costa, e os valores na rebentação correspondentes ao momento em que a altura da onda é de aproximadamente 0.78 vezes a profundidade (d_b), critério geralmente utilizado na literatura e descrito pela primeira vez por McCowan (1891):

$$H_b = 0.78 d_b$$

De acordo com a resolução da malha computacional utilizada, obtiveram-se 81816 registos de ondas, para 69 pontos ao longo da praia da Nazaré, espaçados em 20 m, e para cada um dos seguintes parâmetros:

- H_{10} – altura da onda à batimétrica 10 m;
- T_{10} – período da onda à batimétrica 10 m;
- Dir_{10} – direcção da onda à batimétrica 10 m;
- H_b – altura da onda na rebentação;
- T_b – período da onda na rebentação;
- Dir_b – direcção da onda na rebentação.

A análise estatística dos dados foi feita para toda a série temporal, bem como para os registos mensais, por forma a detectar os padrões de sazonalidade inerentes ao clima de agitação.

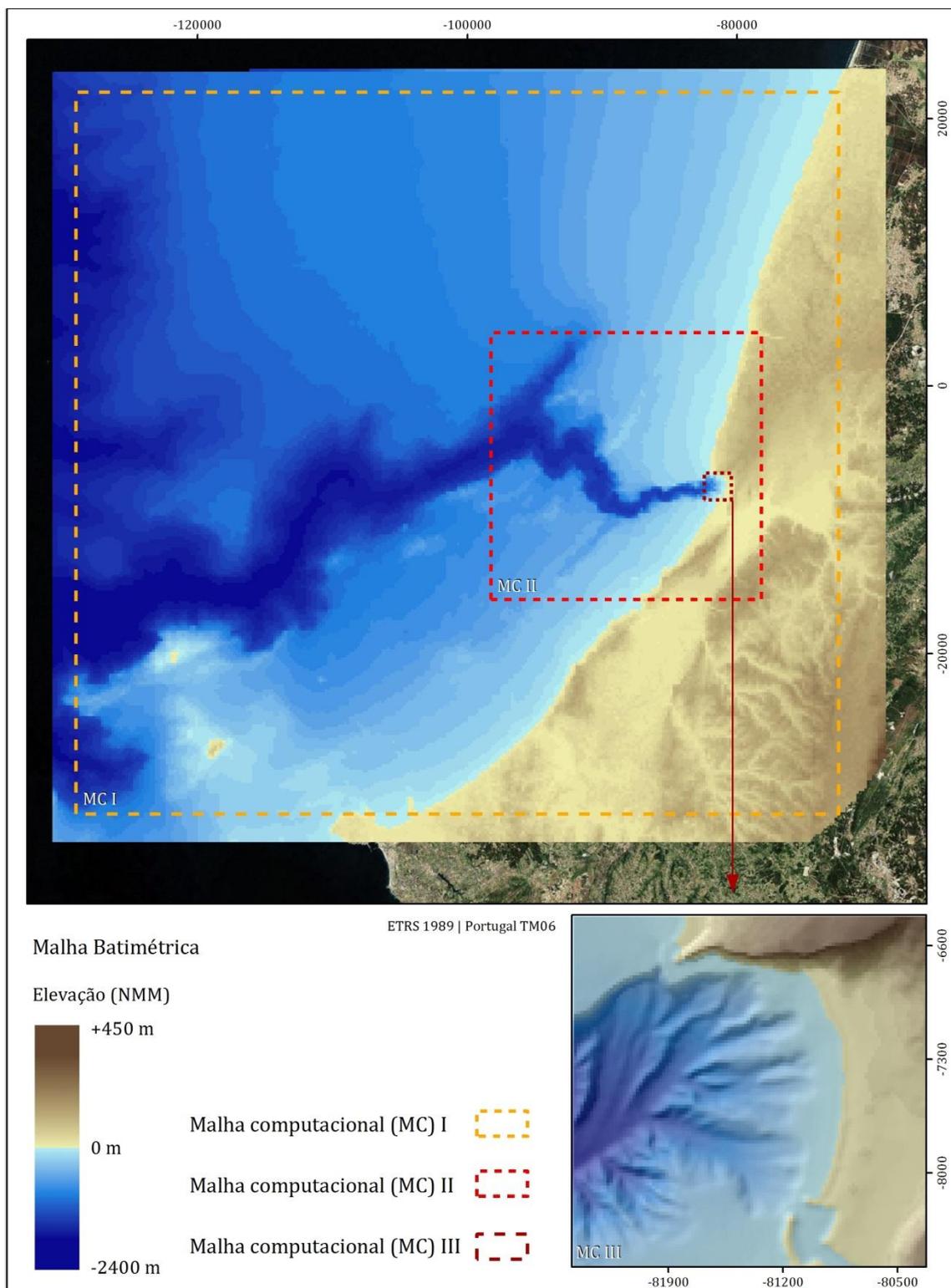


Figura 13. Malhas batimétricas e computacionais utilizadas na modelação da propagação das ondas do largo para a costa – caso da praia da Nazaré.

Resultados

A distribuição espacial e temporal dos parâmetros da agitação junto à costa e na rebentação para a praia da Nazaré, está representada na Figura 14, através dos valores médios mensais calculados a partir da série completa de 55 anos de dados de ondas propagadas pelo SWAN.

Existe uma clara sazonalidade associada à altura das ondas, quer junto à costa, quer na rebentação, que se traduz em alturas de onda mais elevadas durante o Inverno, entre Novembro e Março, atingindo valores máximos de altura média mensal de 2.15 m na rebentação no mês de Janeiro. A sazonalidade no regime de agitação está também patente no padrão de distribuição da direcção da onda, embora de forma menos evidente. Durante o período de Verão, as ondas tendem a ser mais de Noroeste, padrão mais acentuado no regime de agitação junto à costa.

Ambas as distribuições espaciais de altura da onda, mostram uma variação longilitoral significativa, reflectindo a irregularidade da batimetria junto à costa na praia da Nazaré. As concentrações de alturas mais elevadas corresponderão a zonas onde a cabeceira do canhão da Nazaré chega mais próximo da costa, promovendo maiores profundidades mais próximas da costa. Por outro lado, a zona mais a norte, apresenta valores de altura de onda bastante mais baixos, decorrente do efeito de abrigo do promontório da Nazaré.

Da mesma forma, ambas as distribuições espaciais de direcção da onda, mostram uma variação longilitoral significativa. Existe uma gradação de sul para norte que evidencia a predominância de rumos de noroeste que atingem o troço mais a sul, e a predominância de rumos de sudoeste que atingem o troço mais a norte. Esta rotação do rumo de incidência de norte para sul é promovida mais uma vez pela presença do promontório da Nazaré, que promove a refração das ondas.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

O tempo requerido para o tratamento computacional da série de dados revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível reproduzir atempadamente a análise numérica para todos as praias piloto e por forma a finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final dos entregáveis 1.1.7.b: *Caracterização do clima de agitação junto à costa*, 1.1.7.c: *Caracterização do clima de agitação na zona de rebentação nas praias piloto* e 1.1.7.d: *Avaliação da deriva litoral nas praias piloto*, no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

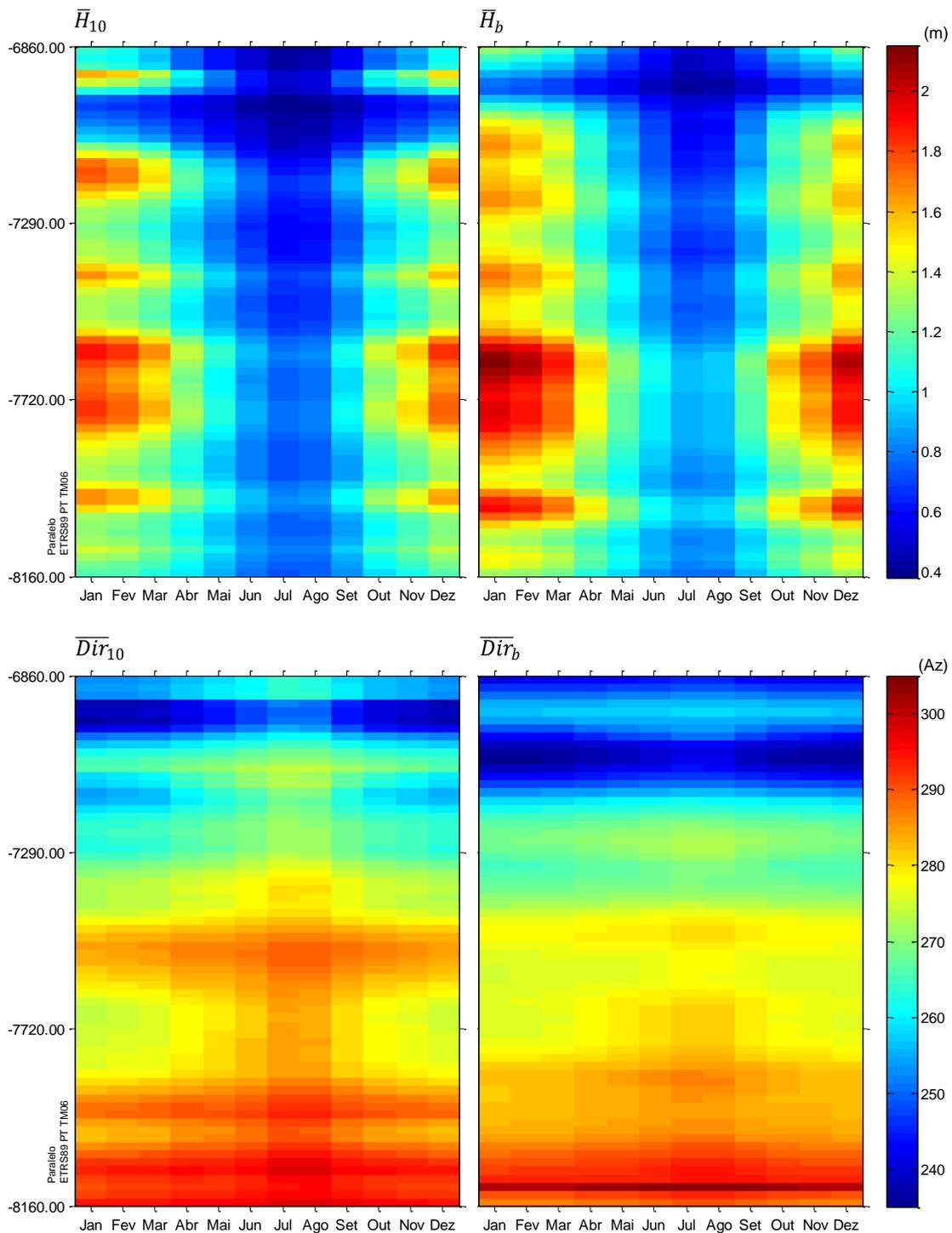


Figura 14. Distribuição espacial (eixo yy) e temporal (eixo xx) dos valores médios de altura e direcção da onda, junto à costa (H_{10} e Dir_{10}) e na rebentação (H_b e Dir_b), para a praia da Nazaré.

1.2 Caracterização da margem terrestre na situação de referência

Conclui-se a recolha e processamento de informação referente à caracterização geológica e geomorfológica da faixa costeira sob jurisdição da ARH do Tejo, I.P.. Tal como já tinha sido referido no 3º Relatório de Progresso. Neste relatório foi concluída a classificação geomorfológica das unidades presentes ao longo da linha de costa da área de estudo, definida pela linha máxima de preia-mar em águas vivas equinociais (LMPAVE), disponibilizada pela APA, I.P./ARH do Tejo.

Tendo em atenção os objectivos do Projecto, e com o acordo da APA, I.P./ARH do Tejo, optou-se por substituir a caracterização genérica da margem terrestre, por uma caracterização e cartografia pormenorizada, realizada sobre base topográfica na escala 1:2.000, que inclui os elementos geológicos e geomorfológicos relevantes para servir de base às fases do projecto seguintes, nomeadamente a aferição de faixas de risco, determinação da susceptibilidade à ocorrência de instabilidades em arribas e definição do quadro de referência para intervenções de estabilização das arribas.

Esta opção foi tomada, apesar de os trabalhos envolvidos serem particularmente morosos, por, no decurso dos trabalhos se ter verificado que as cartografias de pormenor são uma base de referência indispensável para assegurar a melhor qualidade e eficiência do sistema de monitorização e para a gestão e tomada de decisão no contexto da APA, I.P./ARH do Tejo.

Tal como previsto, neste Relatório de Progresso é efectuada a entrega dos elementos respeitantes a este bloco de trabalhos, nomeadamente dos ficheiros em formato “shapefile” da totalidade do litoral sob jurisdição da APA, I.P./ARH do Tejo, que constam do Entregável 1.2.1.a: *Caracterização das principais unidades geológicas e da organização geomorfológicas da faixa costeira*, em anexo.

1.2.1 Caracterização das principais unidades geológicas e da organização geomorfológica da faixa costeira

Cartografia geológica e geomorfológica na escala 1:2 000

Para efectuar caracterização geológica e geomorfológica de pormenor da totalidade da área de intervenção foi realizada cartografia sistemática da totalidade da área de intervenção da APA, I.P./ARH do Tejo dos elementos relativos aos litorais baixos, arenosos.

Para complementar esta informação relativamente aos troços de arriba, foi realizada a caracterização e cartografia de elementos geológicos e geomorfológicos, que constituem informação de base imprescindível para a aplicação de modelos destinados à determinação da susceptibilidade à ocorrência de instabilidades em arribas. Na sequência da informação apresentada nos relatórios do 3º e do 4º semestre, relativa à faixas litorais compreendidas entre o Baleal e a Lagoa de Óbidos, entre a Fonte da Telha e o Cabo Espichel, e o litoral do concelho de Mafra, apresenta-se a informação obtida no decurso dos trabalhos do 5º semestre.

Os elementos cartográficos relativos à geologia são expressos em níveis de informação separados, para possibilitar o estabelecimento de relações estatísticas entre classes (variáveis) das características geológicas e geomorfológicas (factores) com a ocorrência de instabilidades nas arribas constantes dos inventários sistemáticos.

A informação geológica foi cartografada sobre base topográfica na escala 1:2 000 (Levantamento Aerofotogramétrico do INAG, 2001), partindo dos elementos constantes das cartas geológicas publicadas e respectivas notícias explicativas, que são detalhados e refinados com trabalho de fotointerpretação sistemática de fotografias aéreas verticais e oblíquas, complementado por observações de campo. Para além da informação geológica, foram construídos níveis de informação relativos à tipologia e extensão das protecções de sopé das arribas, bem como à cartografia de pormenor da crista e da base das arribas.

Os níveis de informação produzidos terão utilização directa para a extracção, a partir da base topográfica na escala 1:2 000 do INAG (data nominal de 2001) devidamente processada e corrigida para o efeito, das características morfométricas das arribas que incluem altura máxima, declive máximo, declive médio, exposição (“aspect”), curvatura em planta e do perfil.

A informação resultante está organizada nos seguintes níveis de informação cartografados por fotointerpretação e observações de campo:

- a) Litologia - caracterizada por levantamento de logs no terreno e completamento de informação com fotografia aérea vertical e oblíqua em zonas não acessíveis, tendo-se em atenção a proporção relativa dos diferentes tipos litológicos que ocorrem em cada local.
- b) Falhas - Identificadas por levantamentos de terreno auxiliados por interpretação de fotos aéreas verticais e oblíquas.
- c) Filões - Também identificados por levantamentos de terreno auxiliados por interpretação de fotos aéreas verticais e oblíquas.
- d) Estrutura geológica, incluindo orientação de camadas - determinada em levantamentos de terreno auxiliados por interpretação de fotos aéreas verticais e oblíquas.
- e) Protecções de sopé - cartografadas por interpretação de fotos aéreas verticais e oblíquas apoiada por observações de campo.
- f) Cartografia de praias, dunas, plataformas de abrasão e obras de protecção costeira (esporões, molhes, muralhas, paredões, quebra-mar, quebra-mar aderente).

As características morfométricas das arribas serão obtidas a partir da cartografia topográfica do INAG, na escala 1:2 000, na fase dos trabalhos relativos à determinação da susceptibilidade à ocorrência de instabilidades nas arribas. Esta base topográfica, a mais pormenorizada e actualizada da área de intervenção, foi objecto de tratamento sistemático em AutoCAD, destinado a produzir uma base topográfica

apenas com elementos com altimetria expressa, para permitir a criação de modelos TIN (Triangular Irregular Network). A observação cuidadosa e sistemática dos modelos TIN permitiu identificar erros de atribuição altimétrica de curvas de nível, pontos cotados ou outros elementos, que foram posteriormente corrigidos.

A partir da base topográfica corrigida foram, com o software ArcGIS, gerados TINs e, a partir destes, gerados ficheiros matriciais da altimetria (DTM) com dimensões de grelha de 1 m e 2 m, consoante as características morfológicas de cada sector costeiro.

A partir destes DTMs serão derivados os níveis de informação relativos a:

- g) Altura das arribas
- h) Declive máximo das fachadas expostas
- i) Declive médio das fachadas expostas
- j) Exposição (“Aspect”)
- k) Curvatura em planta
- l) Curvatura do perfil

Seguindo uma divisão em troços sensivelmente correspondentes às faixas litorais dos concelhos abrangidos pela área de jurisdição da APA, I.P./ARH do Tejo o andamento dos trabalhos de caracterização geológica e geomorfológica constam da Tabela 2.

É de salientar que esta tarefa foi particularmente morosa, abrangeu faixa costeira muito extensa e com grande diversidade geológica e geomorfológica e envolveu a sobreposição de diferentes níveis de informação, com limites frequentemente não coincidentes, tendo sido indispensável uma fase final de harmonização e integração da informação obtida durante o projecto. Esta fase final foi indispensável para obter um resultado final coerente e que corresponde a caracterização pormenorizada da faixa costeira em estudo englobando o litoral baixo, arenoso, e as arribas, para constituir quadro de referência completo para a totalidade do litoral sob jurisdição da APA, I.P./ARH do Tejo.

A cartografia de praias, dunas, plataformas de abrasão e obras de protecção costeira (esporões, molhes, muralhas, paredões, quebra-mar, quebra-mar aderente) foi concluída para a totalidade da área em estudo, tendo sido realizada a sua harmonização cartográfica com os elementos relativos às arribas.

Com a conclusão do Entregável 1.2.1.a: *Caracterização das principais unidades geológicas e da organização geomorfológicas da faixa costeira*, que é apresentado como anexo a este documento, sob a forma de relatório em formato Adobe Acrobat (.pdf) e um conjunto de dados geográficos em formato shapefile da ESRI (.shp), dá-se por finalizada a tarefa 1.2.1. *Caracterização das principais unidades geológicas e da organização geomorfológica da faixa costeira*.

Tabela 2. Situação dos trabalhos relativamente à caracterização geológica e geomorfológica das arribas da área de jurisdição da ARH do Tejo, I.P..

	Comprimento de arribas (km)	Litologia	Estrutura (orientação das camadas)	Falhas	Filões	Protecções de sopé	Processamento da base topográfica
Marinha Grande	8.5	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Alcobaça N	11.0	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Nazaré	1.5	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Alcobaça S	5.0	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Caldas da Rainha	11.5	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Óbidos e Peniche Norte	10.5	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Peniche (Baleal e Peniche)	9.5	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Lourinhã e Peniche Sul	13.8	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Torres Vedras	15.0	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Mafra	14.0	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Sintra	21.0	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Cascais	17.0	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído
Sesimbra	14.0	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído

1.2.2 Estudo das tendências de evolução nos últimos 50-100 anos, em litoral de arriba e de acumulação

Durante o quinto semestre do projecto foi concluída a pesquisa e selecção da informação cartográfica necessária para a realização da presente tarefa. Actualizou-se a base de dados com a aquisição de ortofotomapas de 1958, 1985 e 1995, e cartas náuticas 1:15 000 de 2010, especificamente para a área do Tejo. Foram ainda compiladas fotografias aéreas da região do Tejo, das décadas de 40 e 50, e cartas topográficas militares para toda a área de estudo. Face aos atrasos de ordem administrativa, só no final deste semestre foi possível concluir a aquisição das restantes bases cartográficas seleccionadas.

1.2.2.1 Litorais de arriba

Os trabalhos desenvolvidos neste domínio incluíram os aspectos gerais descritos no 3º Relatório de Progresso, direccionados para permitirem a obtenção de informação quantitativa sobre a evolução do litoral e das arribas da área de intervenção em escalas temporais da ordem de 50 a 100 anos:

Na sequência do explicitado no 3º Relatório de Progresso, a determinação da evolução das arribas do litoral sob jurisdição da APA, I.P./ARH do Tejo, segue quatro linhas principais de actuação:

- a) Compilação de inventários sistemáticos de instabilidades em arribas por fotointerpretação comparada de fotografias aéreas de diferentes datas.
- b) Realização de estudos multi-temporais da evolução das arribas com técnicas de fotogrametria digital em segmentos de arribas seleccionados.
- c) Estudo multi-temporal da evolução das fachadas de troços seleccionados de arribas com fotogrametria terrestre digital.
- d) Inventariação das instabilidades em arribas, detectadas nos trabalhos de campo ou comunicadas por autoridades ou fontes de informação locais.

Estas linhas de actuação estão estruturadas de forma a dar resposta a dois problemas essenciais no que respeita ao sistema de monitorização a implementar no litoral sob jurisdição da APA, I.P./ARH do Tejo:

- Construir um sistema de monitorização que deve ser preferencialmente baseado em técnicas precisas, de utilização não ambígua e exequíveis com meios materiais e humanos razoáveis,
- Construir uma base de referência robusta de informação caracterizadora dos processos e velocidades de evolução das arribas, susceptível de actualização sempre que necessário, mas que, simultaneamente proporcione apoio e suporte à decisão em termos de ordenamento, gestão e intervenção no território e minimização de impacte de desastres e riscos naturais.

Aquisição e organização de fotografias aéreas

No 3º Relatório de Progresso foram descritos os trabalhos realizados neste domínio, estando concluída a inventariação da informação fotográfica e cartográfica de base em falta, cuja aquisição foi já concluída.

A lista da colecção de fotografias aéreas existentes ou já adquiridas para estudo da evolução das arribas e do litoral são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Séries de fotografias aéreas utilizadas para monitorização da evolução das arribas e do litoral.

Voo	Entidade	Data	Escala	Situação actual
SPLAL	IGeoE	1944-1950	1:17.000	Toda a cobertura disponível adquirida. Não cobre a totalidade da área de intervenção (Folhas 325C, 326, 361 e falhas dispersas).
RAF	IGeoE	1947	1:30.000	Cobertura completa
USAF	IGeoE	1958	1:30.000	Cobertura completa
FAP litoral	FAP	1980	1:15.000	Cobertura completa. Troços com problemas técnicos que impossibilitam fotogrametria.
INAG 1996	INAG	1996	1:8.000	Aguarda-se cedência pelo INAG
FAP 2000	FAP	2000	1:15.000	Cobertura incompleta
INAG 2001	INAG	2001-2003	1:8.000	Aguarda-se cedência pelo INAG
Município 2010	Município, E.M., S.A.	2010	Píxel de 0,3m	Completo

Pesquisa de informação fotográfica e cartográfica complementar

Foi concluída a pesquisa de informação de base fotográfica e cartográfica complementar destinada a aumentar a resolução temporal dos estudos, que foi desenvolvida junto de todas as instituições e empresas susceptíveis de possuir informação útil para os objectivos do sistema de monitorização.

Está agendada para o 5º semestre a digitalização de fotografias aéreas e mapas antigos na posse da Administração do Porto de Lisboa, bem assim como a aquisição de informação cartográfica e fotográfica suplementar a adquirir a outras instituições.

Seleccção de troços de arribas para estudos à escala regional e local

Esta tarefa foi completada no 3º semestre do projecto, com os resultados descritos no 3º Relatório de Progresso.

Aplicações de fotogrametria digital aérea

Foram concluídos os trabalhos correspondentes ao processamento da série de fotografias aéreas do voo de fecho dos estudos relativos ao sistema de monitorização, datado do ano de 2010. Para o litoral arenoso da Costa da Caparica, foram realizadas as operações de pré-processamento das fotografias aéreas do voo de 2010, a estereorestituição da linha de costa e de outros elementos altimétricos relevantes e a geração de um modelo digital de terreno por processamento automático, que foi

posteriormente validado por levantamentos topográficos de terreno. Este levantamento topográfico de pormenor destinou-se a melhorar a informação altimétrica do levantamento aerofotogramétrico de 2001 do INAG, na escala 1:2 000, para utilização em fases posteriores do trabalho, nomeadamente para análise da susceptibilidade a inundação e galgamento costeiro.

Relativamente às arribas, foram realizados (Tabela 4, a verde) e são disponibilizados os produtos finais das operações estereorestituição dos troços de arribas compreendidos entre a Fonte da Telha e o Cabo Espichel, Lagoa de Óbidos e Peniche e Consolação-Areia Branca (concelho de Torres Vedras). Os elementos disponibilizados são linhas tridimensionais correspondentes às cristas e bases das arribas mencionadas.

As imagens da cobertura de 2010 encontram-se permanentemente disponíveis para a aquisição a 3D de qualquer elemento visível, com uma resolução 30cm/pixel, em ambiente de visualização tridimensional incorporado no ArcGIS via StereoAnalyst (ERDAS).

Relembra-se que é sempre possível actualizar, em casos em que se justifique, a informação sistematizada com recurso à informação disponível na layer Bing Maps Aerial carregada no ArcGIS Desktop, completamente georreferenciada, datada de Março/Abril de 2011.

O processamento fotogramétrico dos voos mais antigos foi iniciado no sector costeiro compreendido entre a Lagoa de Óbidos (Rocha do gronho) e a Praia D'El Rei (Baleal), que se configurava como um dos mais problemáticos para aplicação destas técnicas, para definir procedimentos a aplicar às restantes áreas a monitorizar. Concluiu-se não ser possível processar fotogrametricamente as imagens da cobertura RAF, datada de 1947, por absoluta ausência de características propícias à obtenção de precisões aceitáveis ou mesmo, em alguns testes efectuados, por absoluta impossibilidade de triangulação em bloco das imagens: elevadas distorções geométricas e radiométricas, inexistência de escala adequada à precisão requerida, com repercussões, em alguns locais, na colecta de pontos unívocos comuns entre essa data e a base cartográfica actual, entre outras.

Paralelamente ao trabalho de restituição de crista e base no voo de 2010 nos sectores de arriba a monitorizar por fotogrametria digital, encontra-se em fase de processamento fotogramétrico o sector Fonte da Telha – Cabo Espichel para a cobertura aérea FAP, datada de 1980, de onde serão registadas as alterações detectadas entre esta data e o voo de fecho 2010.

Tabela 4. Selecção de troços de arribas e de litoral arenoso a monitorizar por fotogrametria digital de fotografias aéreas de diferentes datas (Sectores a verde já concluídos).

Seleção inicial APA, I.P./ ARH do Tejo	Comprimento de arribas (km)	Propostas da equipa da FFCUL	Comprimento de arribas (km)
Sector 1 - São Pedro de Moel	2.1	S. Pedro de Muel - Praia da Pedra de Ouro	6.0
Sector 2 - Pedra do Ouro	0.6		
Sector 3 - Vale Furado	0.6	-	-
Sector 4 - São Martinho do Porto - Pico do Facho	2.1	Praia da Gralha - S. Martinho do Porto	2.5
Sector 5 - Ferrel - Gronho	7.1	Gronho - Praia D'El Rei	7.5
Sector 6 - Baleal - Peniche	4.5	Baleal - Peniche *	5.0
Sector 7 - Consolação	0.5	Consolação - Areia Branca	8.8
Sector 8 - Praia do Forte de Paimogo - Caniçal	1.0		
Sector 9 - Praia de Valmitão - Porto Dinheiro	3.0	Porto de Barcas - Praia Azul (Santa Cruz)	15.5
Sector 10 - Praia Azul - Porto Novo	8.0		
Sector 11 - Praia da Assenta	0.7	Assenta - Foz do Lizandro	14.5
Sector 12 - Praia do Porto da Calada	0.3		
Sector 13 - São Sebastião - Matadouro (Ericeira)	0.7		
Sector 14 - Praia do Sul (Ericeira)	0.5		
Sector 15 - Penedo-Lagoa de Albufeira Sul	4.7	Lagoa de Albufeira - Praia das Bicas	4.9
		Cova do Vapor - Fonte da Telha *	12.0
Comprimento total de arribas e litoral	36.4		76.7

* Sectores exclusivamente em litoral arenoso, sem arribas.

Inventários de instabilidades em arribas por fotointerpretação

Neste domínio foram continuados os trabalhos relativos à construção de inventários sistemáticos de instabilidades em arribas com fotointerpretação comparada de fotografias aéreas dos anos 40 do século passado e de 2010, data do levantamento de

fotografia aérea mais recente escolhido para o presente estudo, utilizando métodos simplificados (Marques, 1997, 2006).

No 2º relatório de progresso foram apresentados inventários sistemáticos relativos às arribas do litoral dos concelhos de Sintra e Cascais, para os períodos de 1947 a 2007 (Sintra) e de 1942 a 2008 (Cascais), que foram objecto de revisão final para incluir eventos ocorridos entre 2007/2008 e 2010. No 2º relatório de progresso foi também incluído um inventário preliminar abrangendo o sector costeiro Praia da Polvoeira-Cascais, que abrangeu períodos de tempo de monitorização variáveis, com início em 1947 ou 1958 e final em 1989/1991, com revisão até 1996 para o litoral abrangido pelo POOC Alcobaça-Mafra. Este inventário, em conjugação com os resultados apresentados em Sobreira e Marques (1994) para o litoral compreendido entre a Lagoa de Albufeira e o Cabo Espichel, forneceu indicações preciosas no que respeita a áreas críticas de evolução acelerada ou dimensão excepcional dos eventos de recuo das arribas, o que possibilitou a selecção de zonas críticas a serem objecto de monitorização mais pormenorizada.

A continuação dos trabalhos neste domínio possibilitou a conclusão da construção de inventários sistemáticos de instabilidades para a totalidade da área sob jurisdição da APA, I.P./ARH do Tejo.

Os resultados obtidos constam do Entregável 1.2.2.1.a: *Inventário de instabilidades nas arribas obtido por fotointerpretação*, anexo ao presente relatório.

Monitorização da evolução das fachadas de arribas seleccionadas à escala local

De acordo com o proposto no 3º relatório de progresso, produziram-se avanços em três vias complementares para o sistema de monitorização a implementar no âmbito da APA, I.P./ARH do Tejo:

- a) Monitorização com LASER scanner 3D com periodicidade provavelmente não inferior a cerca de 5 anos.
- b) Monitorização por fotogrametria digital terrestre utilizando sistemas semelhantes ao adoptado no contexto do presente trabalho, com custos de aquisição e operação substancialmente inferiores aos envolvidos na utilização do LASER scanner 3D. A periodicidade de monitorização prevista poderá oscilar entre 2 e 4 anos.
- c) Monitorização por levantamentos fotográficos sequenciais com cobertura que permita observação estereoscópica das fachadas expostas das arribas, a serem comparadas visualmente ou com a utilização do software acima mencionado para a identificação e caracterização das instabilidades entretanto ocorridas.

Verifica-se que uma fase de planeamento dos levantamentos é absolutamente fundamental para a fluência correcta dos trabalhos em campo. Assim, deverá sempre ser cumprido um protocolo, que se compõe de duas partes: planeamento prévio e protocolo de campo. Os tópicos apresentados são resumos das indicações que serão dadas num documento final, que se pretende que seja um documento de referência

para estudos de monitorização com recurso a técnicas de fotogrametria terrestre e laser scanner, pelo que se considera esta informação uma primeira versão.

O planeamento prévio deverá incluir:

1. Visita ao local de forma a avaliar as condições de trabalho e as necessidades associadas à campanha de campo a realizar. Nesta visita prévia deve-se avançar com um levantamento estereofotográfico para interpretação visual;
2. Definição do dia em que o levantamento deve ser realizado: verificação das condições marítimas (hora e altura da baixa-mar, se necessário), orientação da arriba (verificar incidência dos raios solares) e previsões das condições de rebentação.

O protocolo de campo inclui as seguintes tarefas:

3. Imediatamente antes ou depois do levantamento, em gabinete, deve ser realizada a calibração da câmara, tal como vai ser (ou foi) utilizada para o levantamento fotogramétrico;
4. Levantamento fotogramétrico para modelação 3D, com tripé, e seguindo alinhamentos das fiadas de tomada de foto;
5. Levantamento com laser scanner para modelação 3D de alta definição.

A tarefa de coordenação dos pontos fotogramétricos e pontos de referência, fixos, no sistema ETRS89, foi já realizada pela equipa da FFCUL. Estes dados serão disponibilizados futuramente para posterior uso por parte da APA, I.P./ARH Tejo, de forma a dar continuidade à monitorização por esta técnica. No entanto, será sempre importante o planeamento da localização das fiadas de tomadas de foto e número mínimo de fotos a obter, e definição da quantidade de “varrimentos” com laser scanner necessários e respectivas posições de estacionamento do laser scanner;

LASER Scanner 3D

Apesar de não previstos no Caderno de Encargos do projecto, foram realizados levantamentos com LASER Scanner 3D de fachadas de arribas seleccionadas, para caracterização de pormenor e inventariação de instabilidades nas arribas ocorridas nos períodos de tempo decorridos entre cada intervalo de monitorização. Os trabalhos foram iniciados com a realização de um levantamento completo das arribas da Praia da Bafureira e dos três troços de arribas da Praia do Porto da Calada. Por dificuldades inerentes ao agravamento das condições meteorológicas no último trimestre de 2012, não foi possível avançar mais nas campanhas de levantamento com laser scanner terrestre.

Fotogrametria terrestre

No 3º relatório de progresso, foi realizada a selecção de fachadas de arribas nas quais seria estabelecida monitorização à escala local, por fotogrametria terrestre e/ou laser scanner, de acordo com um processo de selecção realizado em colaboração estreita entre a APA, I.P./ARH Tejo e a equipa da FFCUL. Dadas as condições meteorológicas e marítimas necessárias à boa execução dos trabalhos, a primeira campanha desta tarefa iniciou-se no mês de Maio, com a coordenação de pontos de apoio e de referência nas praias seleccionadas e, posteriormente, a realização de levantamentos específicos de fotogrametria terrestre e laser scanner. Simultaneamente foram realizados levantamentos fotográficos das fachadas expostas, para servirem de levantamento de referência para as comparação visuais de modificações das fachadas das arribas.

Os equipamentos principais e software necessários para o sistema de fotogrametria terrestre incluem os já mencionados no anterior relatório:

- *Software* de processamento de imagens e geração de modelos tridimensionais;
- Câmara fotográfica digital com objectivas intermutáveis, sem estabilizador de imagem e capacidade para gravar ficheiros em formato RAW;
- Objectiva fotográfica de focal fixa, grande angular para possibilitar fácil cobertura das fachadas das arribas sem necessitar distâncias de trabalho muito elevadas e de preferência de focagem manual, passível de bloqueio em posição fixa para possibilitar calibração e com características de distorção geométrica regular;
- Alvos topográficos para possibilitar a coordenação das fotografias;
- Estação total para coordenação da posição dos alvos e pontos conspícuos naturais na fachada das arribas;
- Grelha de calibração do conjunto câmara e objectiva.

Após pesquisa dos programas informáticos existentes capazes de processar e produzir a informação requerida, a escolha, baseada em combinação de critérios de preço de aquisição, tempo de aprendizagem e qualidade de resultados, recaiu sobre o programa PhotoModeler Scanner da Eos Systems Inc.

Optou-se pela utilização de uma câmara fotográfica digital Nikon D80, que estava disponível para esta finalidade.

A selecção da objectiva foi realizada após experiências várias, tendo a escolha recaído numa objectiva da marca Samyang, de focagem manual e distância focal de 14mm com abertura máxima de F 2,8 e "chip" de comunicação com a câmara. Esta objectiva produziu excelentes resultados em termos de resolução e nitidez da imagem e também em termos da calibração do conjunto câmara e objectiva.

Os trabalhos incidiram sobre as fachadas das arribas de 11 praias, que inclui um total de 14 sectores de arriba instável seleccionados em primeira prioridade no processo de selecção descrito no 3º relatório de progresso.

O objectivo dos levantamentos é estabelecer uma época zero de observação como referência para a comparação com observações posteriores, permitindo a futura detecção, localização, caracterização e quantificação de alterações na arriba. Cada levantamento inclui as seguintes operações:

1. Visita ao local
2. Planeamento da localização dos pontos de referência (pontos fixos com coordenadas a determinar no sistema de referência nacional)
3. Planeamento da localização dos pontos fotogramétricos.
4. Definição da técnica mais adequada à coordenação dos pontos perante a morfologia da arriba e da plataforma de protecção de sopé.
5. Coordenação dos pontos de referência e fotogramétricos.
6. Calibração da câmara fotográfica.
7. Levantamento estereofotográfico para interpretação.
8. Levantamento fotogramétrico para modelação 3D.
9. Levantamento com Laser Scanner para modelação 3D de alta definição.

A Tabela 5 mostra as operações finalizadas até à data de conclusão do presente relatório.

Neste momento, e de acordo com a Tabela 5, encontra-se terminada a primeira época de observação (recolha de dados), com levantamentos estereofotográfico e fotogramétrico finalizados. Todas as praias prioritárias encontram-se em fase de processamento fotogramétrico terrestre. Ao todo, foram obtidas 1096 imagens terrestres.

Chama-se a atenção para o caso da Praia de S. Bernardino onde foi feita uma primeira época de observação mas, tendo ocorrido uma queda de um bloco de cerca de 16 toneladas na vertente do acesso rodoviário à praia, no dia 30 de Novembro de 2012, procedeu-se à obtenção de mais uma série de imagens da vertente, pós-evento, destinada a efectuar caracterização pormenorizada do mesmo (Figura 15).

A Praia de Porto das Barcas encontra-se actualmente a ser alvo de uma grande intervenção de engenharia, pelo que não é já possível continuar a monitorização do sector de arriba rochosa proposto.

Tabela 5. Trabalhos de monitorização à escala local já realizados

Local	Plano de apoio		Técnica	Apoio	Levantamento fotográfico	Levantamento fotogramétrico	Nº imagens obtidas	Levantamento laser scanner
	Pts Referência	Pts Controlo						
Praia de S. Bernardino	2	33	Estação Total, GPS-RTK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	91+108	
Praia do Forte de Paimogo	1	32	Estação Total, GPS-RTK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	121	
Praia de Porto das Barcas	1	13	Estação Total, GPS-RTK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Praia de Porto Dinheiro	2	20	Estação Total, GPS-RTK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	66	
Praia de Valmitão	3	37	Estação Total, GPS-RTK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	186	
Praia do Porto da Calada	2	32	Estação Total, GPS-RTK, Laser Scanner	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	259	<input checked="" type="checkbox"/>
Praia de S. Julião	2	41	Estação Total, GPS-RTK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	108	
Praia do Magoito	1	18	Estação Total, GPS-RTK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	82	
Praia da Adraga	1	14	Estação Total, GPS-RTK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	34	
Praia da Bafureira	4	11	GPS-RTK, Laser Scanner	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	41	<input checked="" type="checkbox"/>
TOTAL	20	277	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1096	-



Figura 15. Imagens do levantamento fotogramétrico realizado antes (em cima) e depois (em baixo) da ocorrência de 30/11/2012, assinada com a seta encarnada. Processamento fotogramétrico das imagens em curso.

Estereofotografia terrestre

Simultaneamente com a realização dos trabalhos de levantamentos com Scanner Laser 3D e de Fotogrametria terrestre, são efectuados levantamentos fotográficos das fachadas expostas das arribas, em séries de fotos com desfaseamento horizontal suficiente para permitir observação estereoscópica utilizando estereoscópio de gabinete ou *software* e *hardware* apropriados à visualização tridimensional das imagens. Trata-se de levantamentos de execução relativamente fácil, podendo ser replicados sempre que necessário, mas que permitem obter resultados muito interessantes sobre a tipologia, dimensões e localização das instabilidades ocorridas nas arribas nos intervalos de tempo entre levantamentos sucessivos (Marques, 2006).

Foram já executados os levantamentos iniciais em todas as praias seleccionadas como prioritárias (Tabela 5). No último semestre do projecto serão realizados os segundos levantamentos das mesmas fachadas de arribas, estando prevista a realização de levantamentos em outras praias não seleccionadas como prioritárias mas susceptíveis de fornecer informação relevante para a adequada caracterização dos processos de evolução das arribas da área de intervenção.

1.2.2.2 Litorais de acumulação

Durante o quinto semestre do projecto foram compiladas as bases cartográficas sobre as quais se irá analisar a evolução da linha de costa nos troços litorais arenosos definidos na última reunião de projecto. Adicionalmente ao inicialmente proposto, e de acordo com o decidido na reunião de projecto, foi adicionada a esta análise a data 2010 utilizando para tal os ortofotomapas do IGP, disponibilizados pela APA, I.P. via WMS. Neste sentido proceder-se-à à análise da evolução da linha de costa para as datas 1958, 1980, 2005 e 2010 a ser entregue no próximo semestre. Os troços litorais a considerar são o troço Praia do Baleal e Praia da Consolação (Figura 20), e o litoral arenoso que se estende desde a Nazaré até à Praia da Vieira. Neste último troço particularizaram-se as secções cuja margem se caracteriza como Duna, e em alguns casos como Duna-Arriba, resultando nos troços litorais designados por Praia do Norte (Figura 21), Paredes Vitória (Figura 22) e Pedras Negras (Figura 23).

→ **Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos**

Em consequência de atrasos de ordem administrativa, aos quais a FFCUL é alheia, o Entregável 1.2.2.2.a: *Análise da evolução da linha de costa das praias na área de intervenção da ARH Tejo nos últimos 50-100 anos, será entregue em Junho de 2013.*

Baleal e Consolação

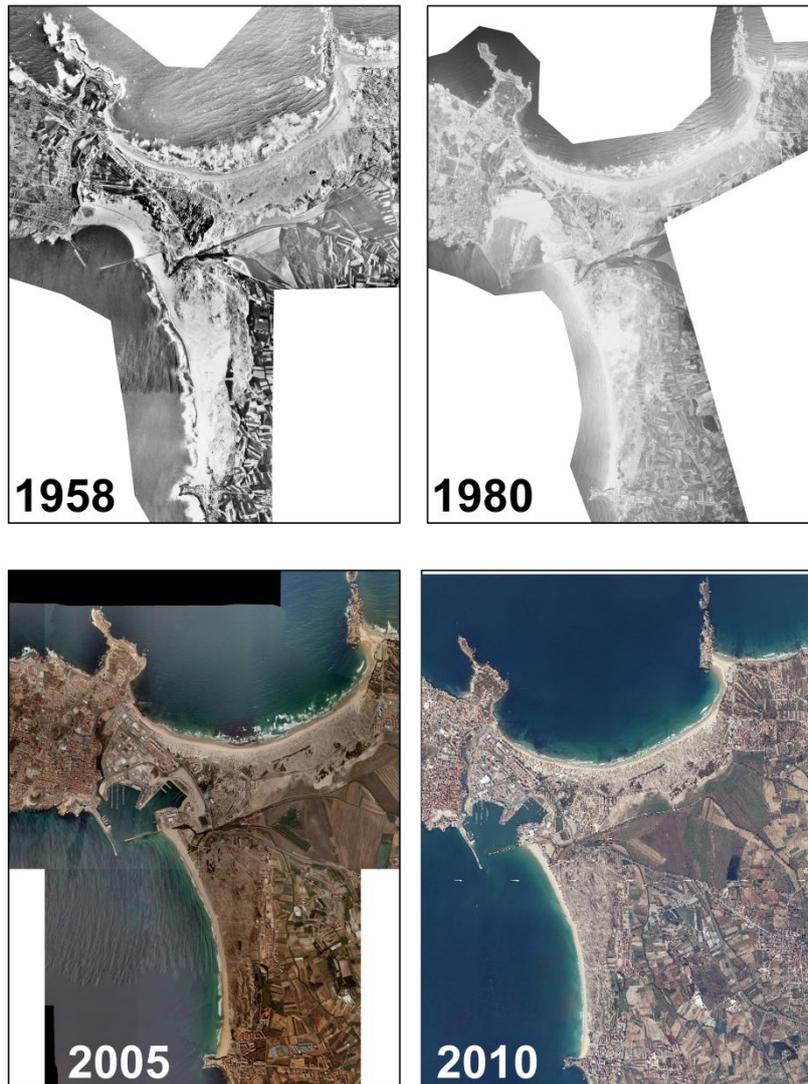


Figura 16. Bases cartográficas para a delimitação da linha de costa no troço litoral da Praia do Baleal e Praia da Consolação.

Praia do Norte

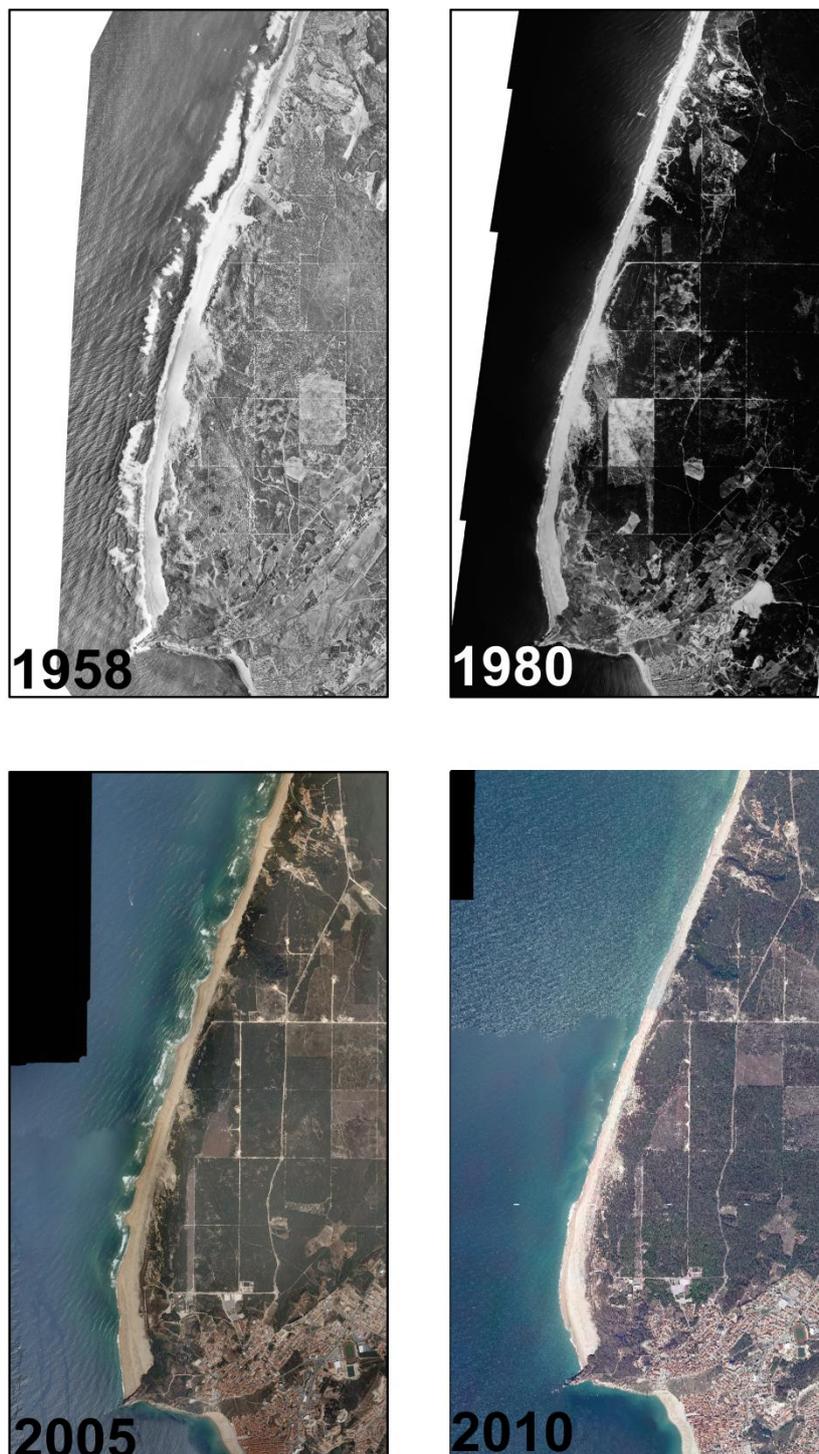


Figura 17. Bases cartográficas para a delimitação da linha de costa no troço litoral da Praia do Norte, Nazaré.

Paredes Vitória

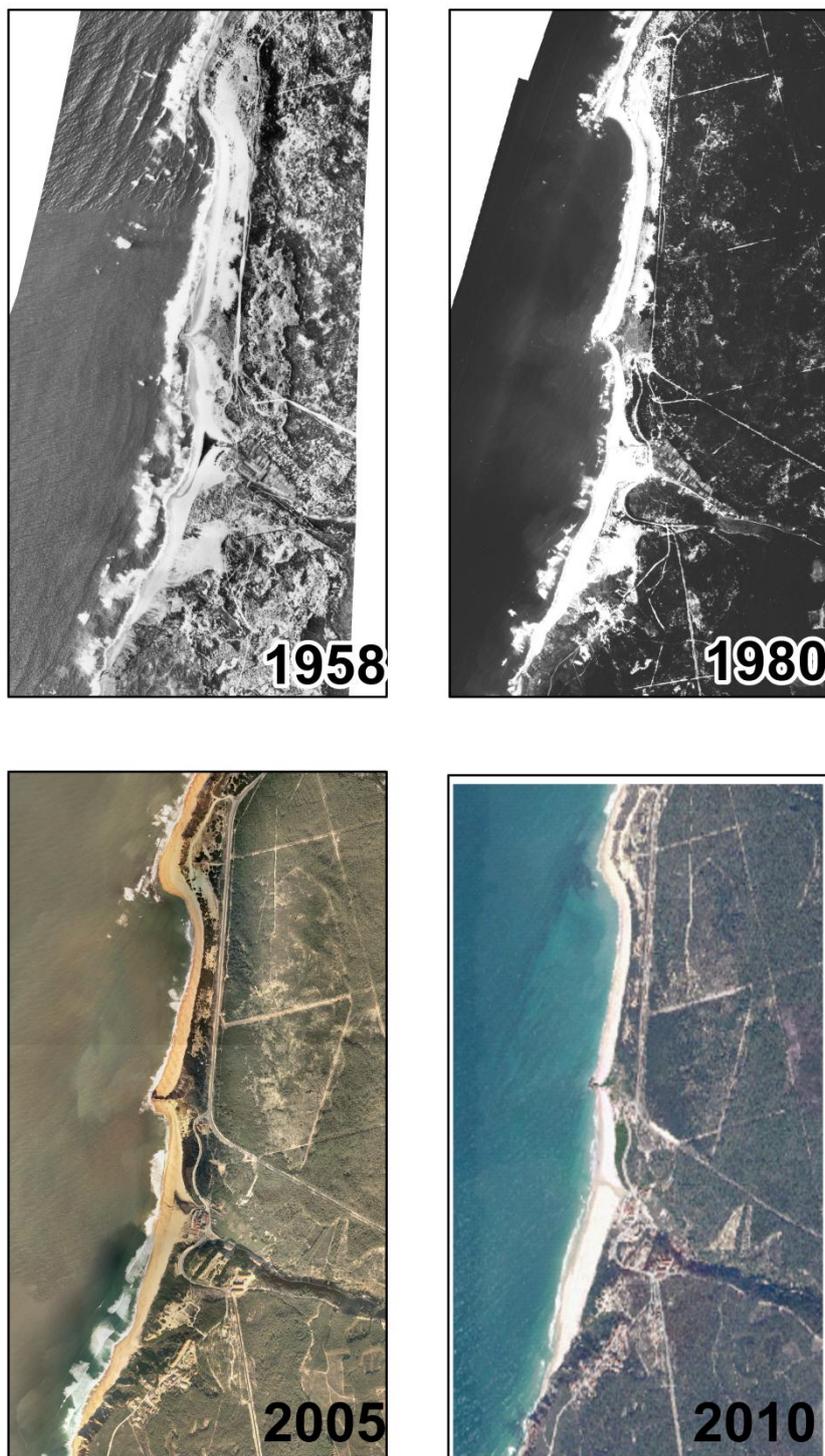


Figura 18. Bases cartográficas para a delimitação da linha de costa no troço litoral da Praia Paredes Vitória.

Pedras Negras

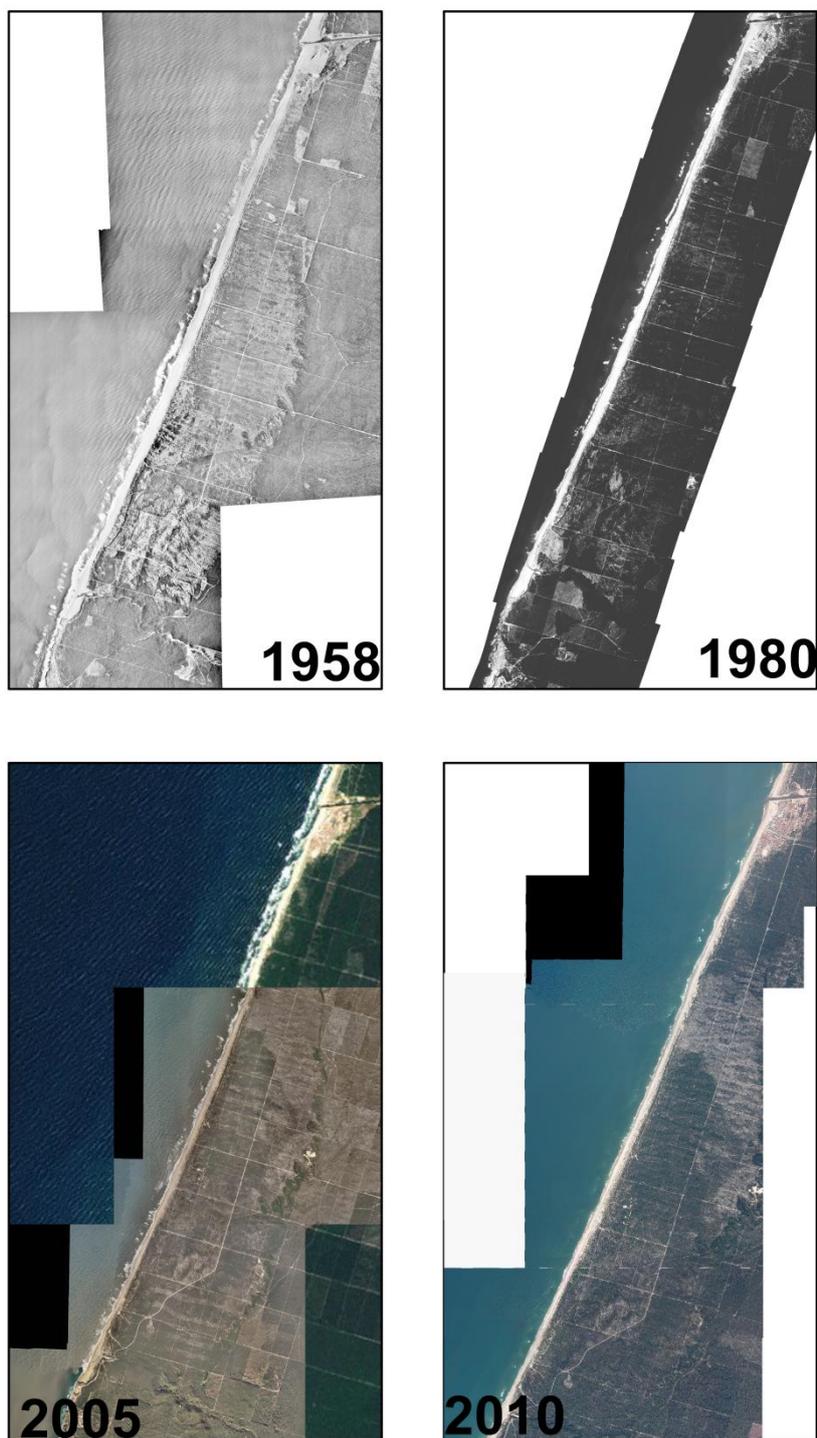


Figura 19. Bases cartográficas para a delimitação da linha de costa no troço litoral da Praia Pedras Negras.

1.2.3 Definição de uma série de áreas piloto (praias), representativas dos diferentes segmentos costeiros, para o estudo da variabilidade morfodinâmica sazonal na área de intervenção da APA I.P./ARH do Tejo, com vista à sua monitorização periódica

Durante o quinto semestre do projecto prosseguiu-se com os trabalhos de campo para caracterização morfológica e sedimentar das praias-piloto definidas no litoral sob jurisdição da APA I.P./ARH do Tejo. As campanhas decorreram durante os meses de Setembro e Dezembro de 2012, de acordo com o calendário representado na Tabela 6.

Tabela 6. Dias das campanhas de campo efectuadas nas praias-piloto durante o segundo semestre de 2012 e respectivas condições da baixa-mar (hora e altura da maré na estofa – dados para o porto mais próximo consultados em <http://www.hidrografico.pt>).

Praia-piloto	Setembro 2012		Dezembro 2012	
	Dia	Baixa-mar hh:mm m (NMM)	Dia	Baixa-mar hh:mm m (NMM)
1. Pedras Negras	20	12:12 -1.40	18	12:25 -1.23
2. Paredes da Vitória	20	12:12 -1.40	18	12:25 -1.23
3. Nazaré	20	12:12 -1.40	18	12:25 -1.23
4. Troço Lagoa de Óbidos-Baleal	21	13:07 -1.18	19	13:21 -1.02
5. Troço Baleal-Peniche	19	11:25 -1.56	17	11:33 -1.44
6. Stª Cruz	18	10:42 -1.64	3	11:18 -1.03
7. Coxos	1	09:37 -1.33	16	10:31 -1.45
8. Baleia/Sul	1	09:37 -1.33	16	10:31 -1.45
9. Magoito	31 Ago	09:00 -1.28	29 Nov	08:43 -1.07
10. Tamariz	30 Ago	08:21 -1.17	28 Nov	08:09 -1.04

Em cada praia foram efectuadas as seguintes acções:

- Levantamento topográfico de perfis transversais entre a base da duna, arriba ou obstáculo adjacente à alta-praia, e o nível médio do mar, com recurso a GPS-RTK;
- Identificação e levantamento da posição da linha correspondente ao espraio gerado na praia-mar antecedente ao levantamento (Figura 20);
- Identificação e levantamento da linha correspondente à base da arriba ou base da duna materializada pelo limite da instalação da vegetação;

- d) Amostragem de sedimentos para processamento textural, sendo colhida a lâmina mais superficial a fim de preservar a assinatura do último evento deposicional e incidindo sobre a face da praia, a berma de praia e a duna frontal (Figura 21);
- e) Registo fotográfico dos locais dos perfis de praia, bem como panorâmicas da praia-piloto, ou ainda de elementos morfológicos ou de especial interesse (Figura 22);
- f) Em algumas praias ou troços costeiros (São João da Caparica, Baleal-Peniche), procedeu-se ao levantamento topográfico completo da superfície de praia, entre a duna e o nível médio do mar, com recurso a GPS-RTK.

Durante as visitas de campo às praias-piloto procedeu-se sempre à verificação da qualidade dos pontos de apoio (pontos de referência). Verificou-se a sua conservação em termos físicos e confirmaram-se as coordenadas planimétricas e altimétricas. Das campanhas levadas a cabo durante o segundo semestre de 2012, verificou-se que os pontos de apoio encontravam-se intactos e em bom estado, pelo que a versão 1 do livro de campo, e a geodatabase entregues em Junho de 2011, com o 2º Relatório de Progresso, não sofreram quaisquer alterações e se mantêm actualizadas.



Figura 20. Levantamento da linha correspondente ao espraio da última preia-mar na praia da Almagreira no troço Lagoa de Óbidos-Baleal (21 de Setembro de 2012).



Figura 21. Amostragem de sedimentos na lâmina superficial da face de praia.

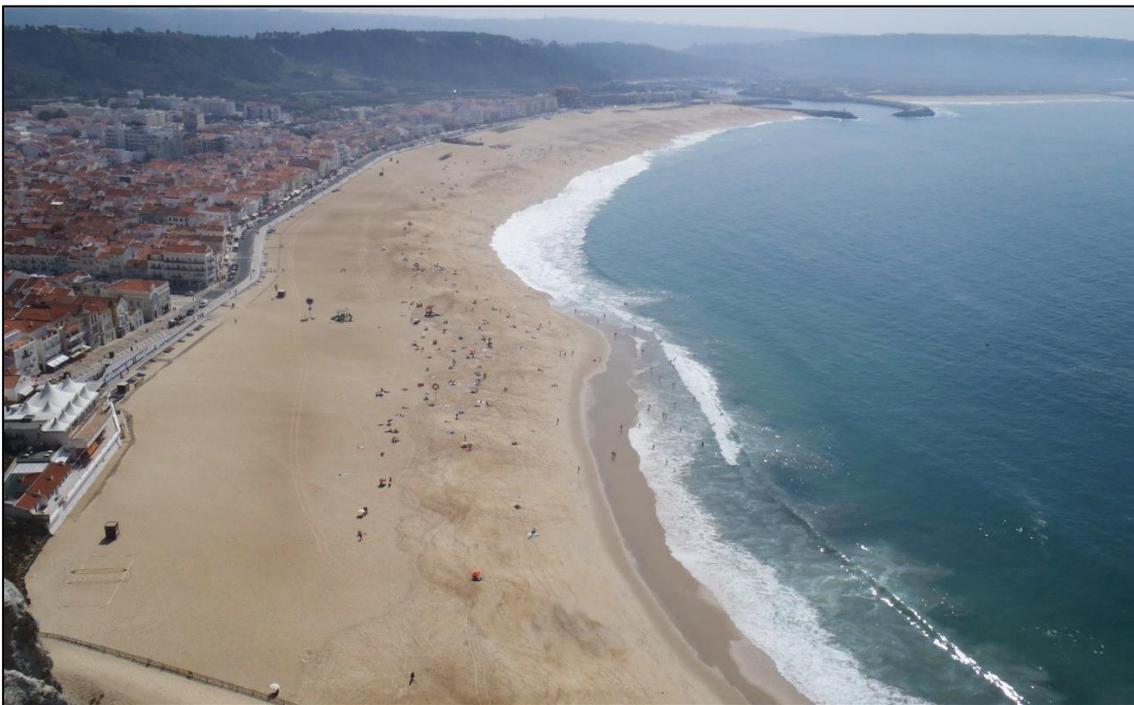


Figura 22. Praia da Nazaré vista para sul (20 de Setembro de 2012).

Durante o período entre 15 e 17 de Dezembro de 2012 ocorreu um evento de tempestade que afectou algumas das praias no litoral de jurisdição da APA, I.P./ARH do Tejo. O evento caracterizou-se por alturas significativas das ondas tendencialmente superiores a 4 m, com registos máximos na ordem dos 5.5 m. O período médio das ondas foi na ordem dos 12 s e a direcção média de 305° (Figura 23). Fonte: Bóia Ondografo de Sines do Instituto Hidrográfico.

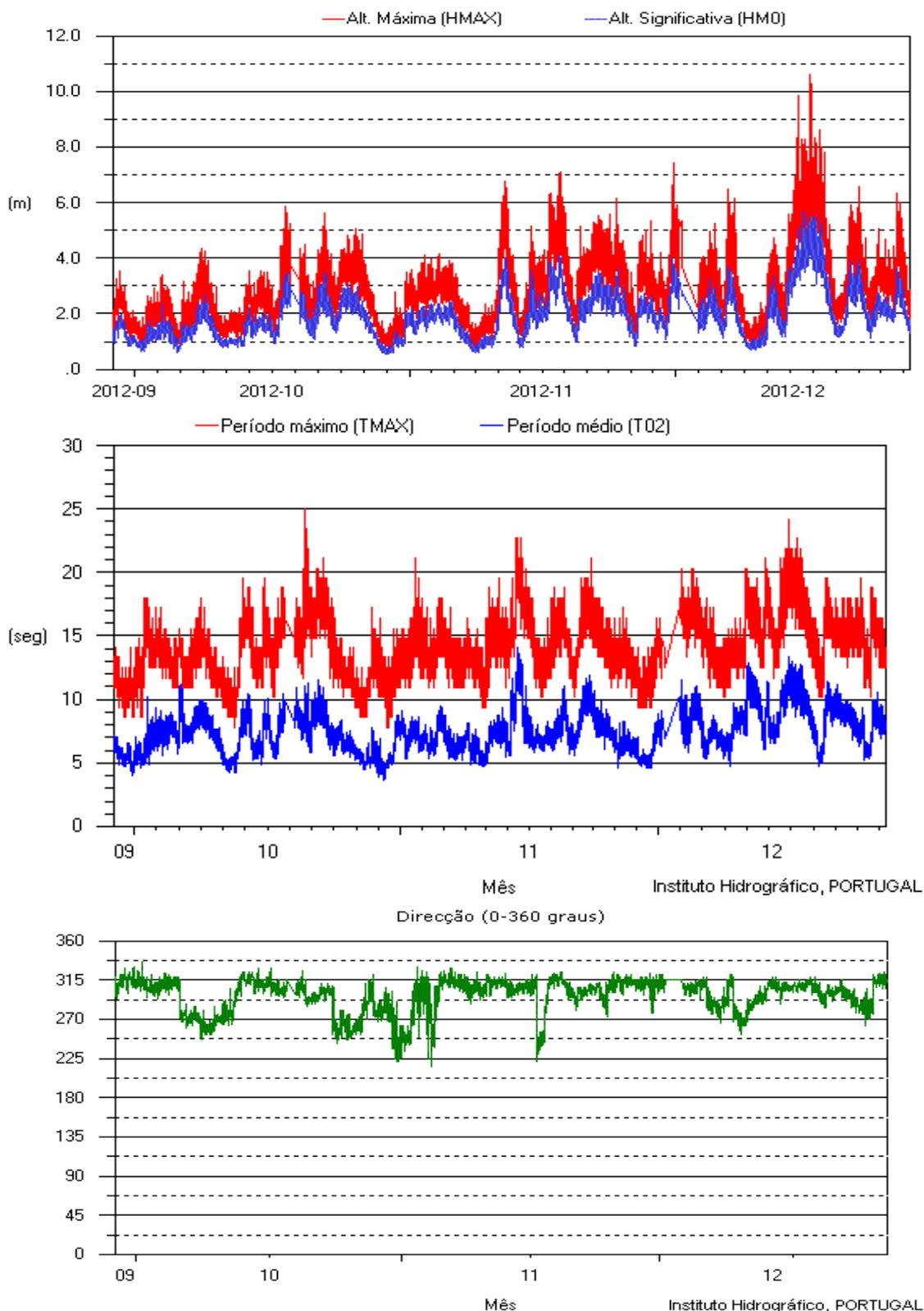


Figura 23. Registo da altura de onda significativa (HMO), altura de onda máxima (HMAX), período de onda médio (T02), período de onda máximo (TMAX) e direcção, para o último trimestre de 2012. Fonte: Bóia Ondógrafo de Sines do Instituto Hidrográfico.

Quando observamos os registos de altura de onda significativa para o último ano verificamos que este evento apresentou os registos mais elevados, sendo que desde Dezembro de 2011 apenas durante este evento se registou alturas de onda significativas superiores a 4.5 m. Os restantes parâmetros de onda não apresentaram durante este evento qualquer singularidade (Figura 24).

As praias de Paredes de Vitória e Rei do Cortiço sofreram alterações significativas decorrentes deste evento.

A campanha de Dezembro revelou um rebaixamento da superfície da praia que chegou a atingir 2 m no troço mais a norte da praia de Paredes de Vitória (Figura 25), promovendo a criação de uma escarpa de praia (Figura 26) junto ao perfil PPV1. A zona central, em frente aos apoios de praia, foi também alvo de escarpamento, levando à destruição de dois dos acessos de praia (Figura 27 e Figura 28). Em todos os perfis monitorizados, a superfície de praia medida foi a mais baixa de entre todas as campanhas efectuadas em 2011 e 2012.

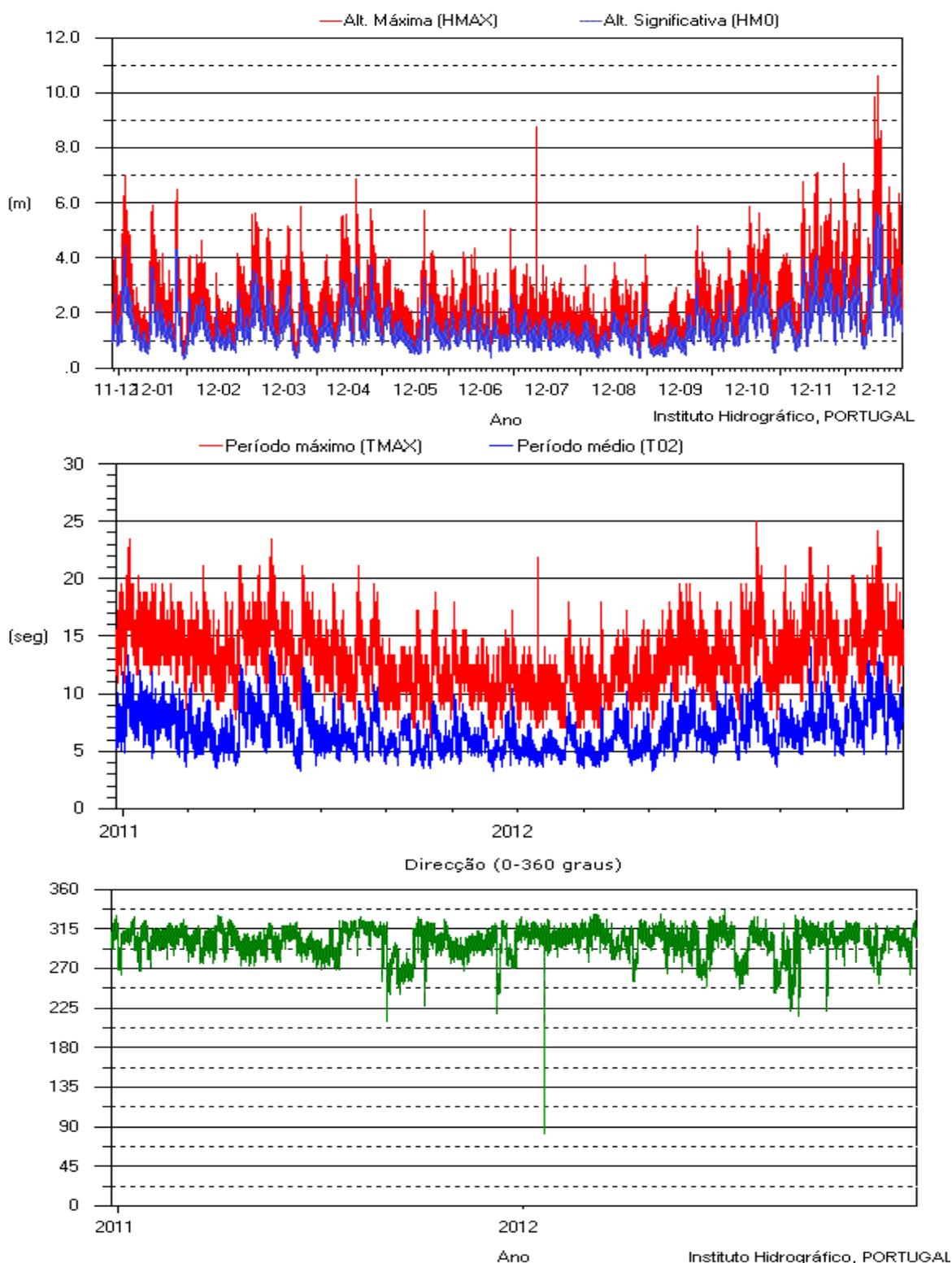


Figura 24. Registo da altura de onda significativa (HMO), altura de onda máxima (HMAX), período de onda médio (T02), período de onda máximo (TMAX) e direcção, para o ano de 2012. Fonte: Bóia Ondografo de Sines do Instituto Hidrográfico.

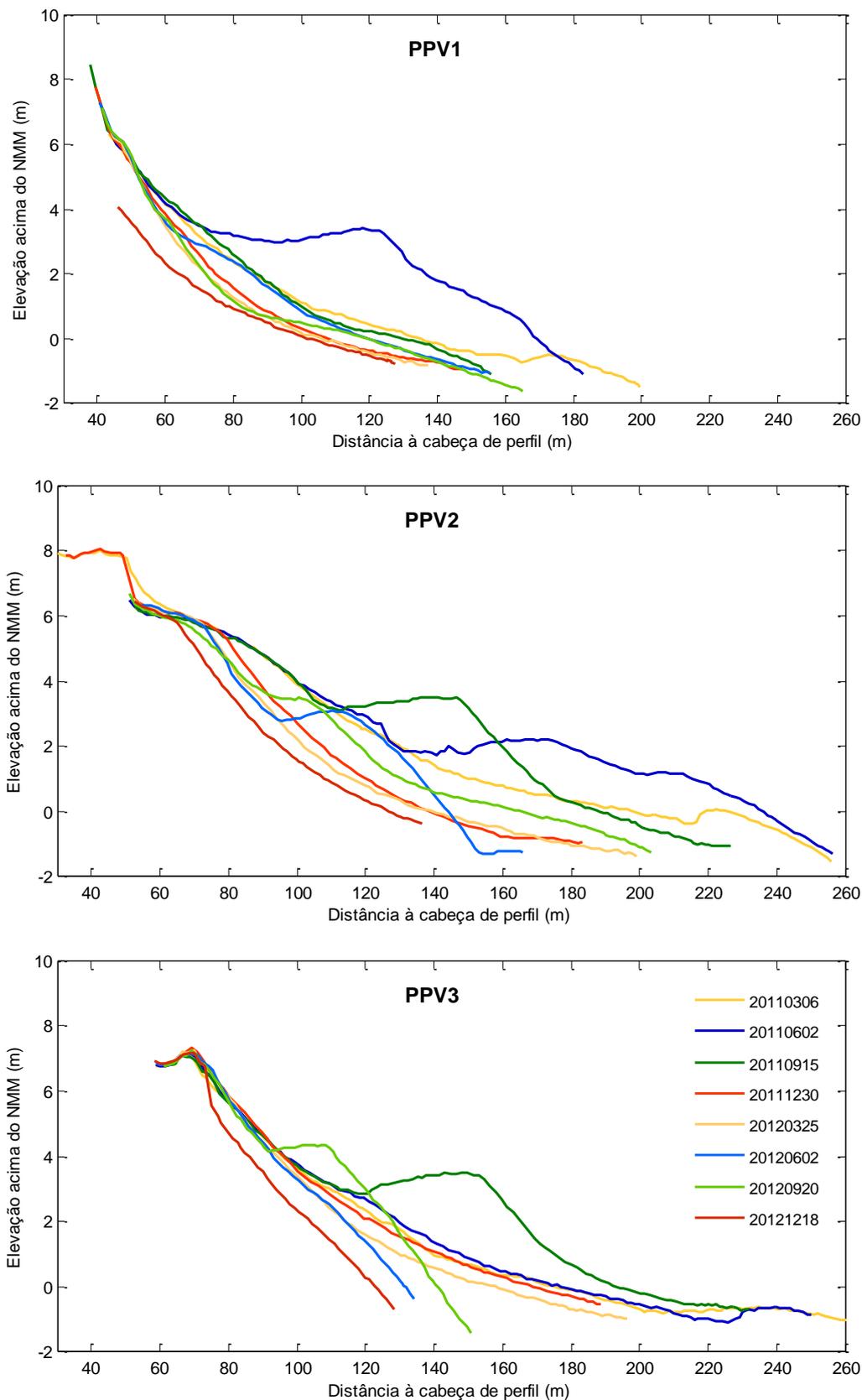


Figura 25. Perfis de praia de Paredes de Vitória para as campanhas trimestrais de 2011 e 2012.

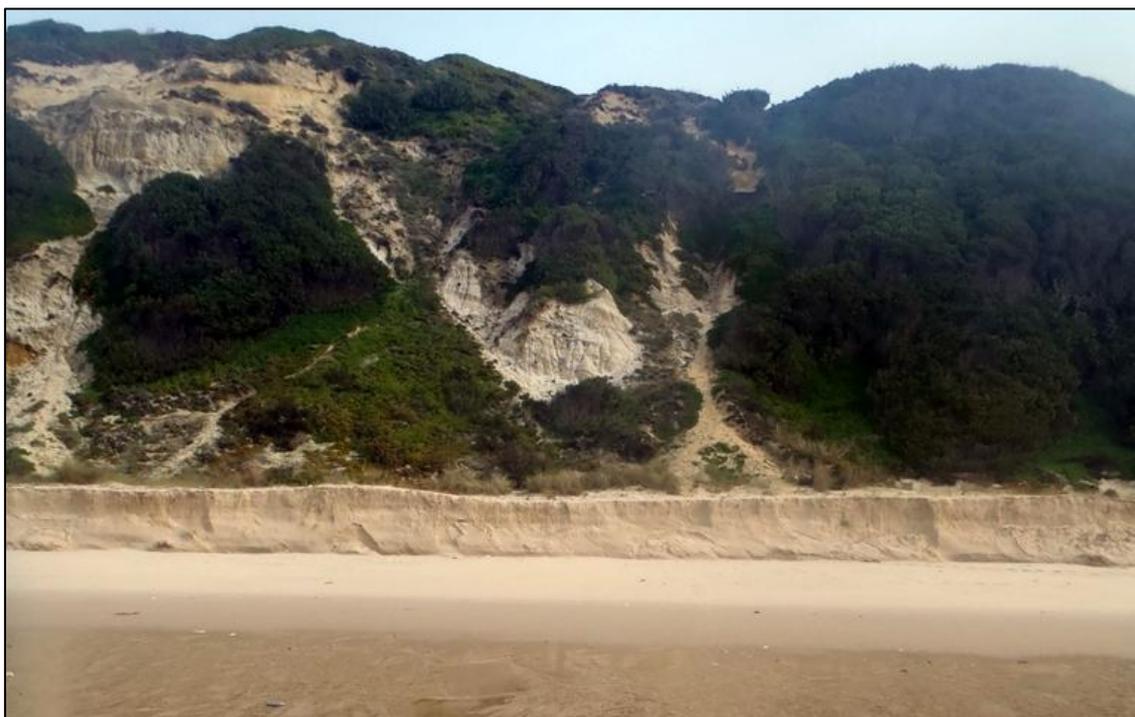


Figura 26. Escarpa de praia com cerca de 2 metros de altura no troço norte da praia de Paredes de Vitória. Vista para a cabeça de perfil do PPV1, em 18 de Dezembro de 2012.



Figura 27. Escarpa de praia e acesso de praia destruído na zona imediatamente a norte da ribeira de Paredes. Vista para sul, em 18 de Dezembro de 2012.



Figura 28. Escarpa de praia e acesso de praia destruído na zona central, frente aos apoios de praia de Paredes de Vitória. Vista para nordeste, em 18 de Dezembro de 2012.

A praia do Rei do Cortiço sofreu erosão marinha no sopé das arribas, tendo ficado a descoberto sapas/subescavações de sopé (Figura 29), identificando-se em alguns casos pontuais depósitos de vertente, a norte e sul da entrada da praia, associados a movimentos de massa desencadeados por este evento de temporal (Figura 30 e Figura 31). A zona de acesso à praia foi particularmente afectada, tendo sido removidos cerca de 4 metros de altura de sedimento, por remobilização da fracção arenosa da praia, da duna e erosão da camada de turfa que lhes sucede, deixando a descoberto esta sequência vertical que acenta sobre o complexo arenítico-conglomerático cretácico (Figura 32).



Figura 29. Presença de sapas/subescavações nas arribas da praia do Rei do Cortiço, indiciando erosão marinha de sopé. Vista para sul, em 19 de Dezembro de 2012.



Figura 30. Depósito de vertente a sul da praia do Rei do Cortiço. Vista para norte, em 19 de Dezembro de 2012.



Figura 31. Depósito de vertente a norte da praia do Rei do Cortiço. Vista para sudeste, em 19 de Dezembro de 2012.



Figura 32. Aspecto da zona de acesso à praia do Rei do Cortiço. Rebaixamento da superfície em cerca de 4 m e destruição do passadiço de acesso à praia. Vista para este, em 19 de Dezembro de 2012.

O impacto da tempestade fez-se sentir até à zona de Pedras D’el Rei, na praia da Cova da Areia. Os dois perfis mais a norte do troço entre a Lagoa de Óbidos e o Baleal, PLOB1 e PLOB2, evidenciaram alterações significativas, com rebaixamentos da superfície de praia da ordem dos 2 m (Figura 33), atingindo as cotas mais baixas de entre todas as campanhas efectuadas durante 2011 e 2012.

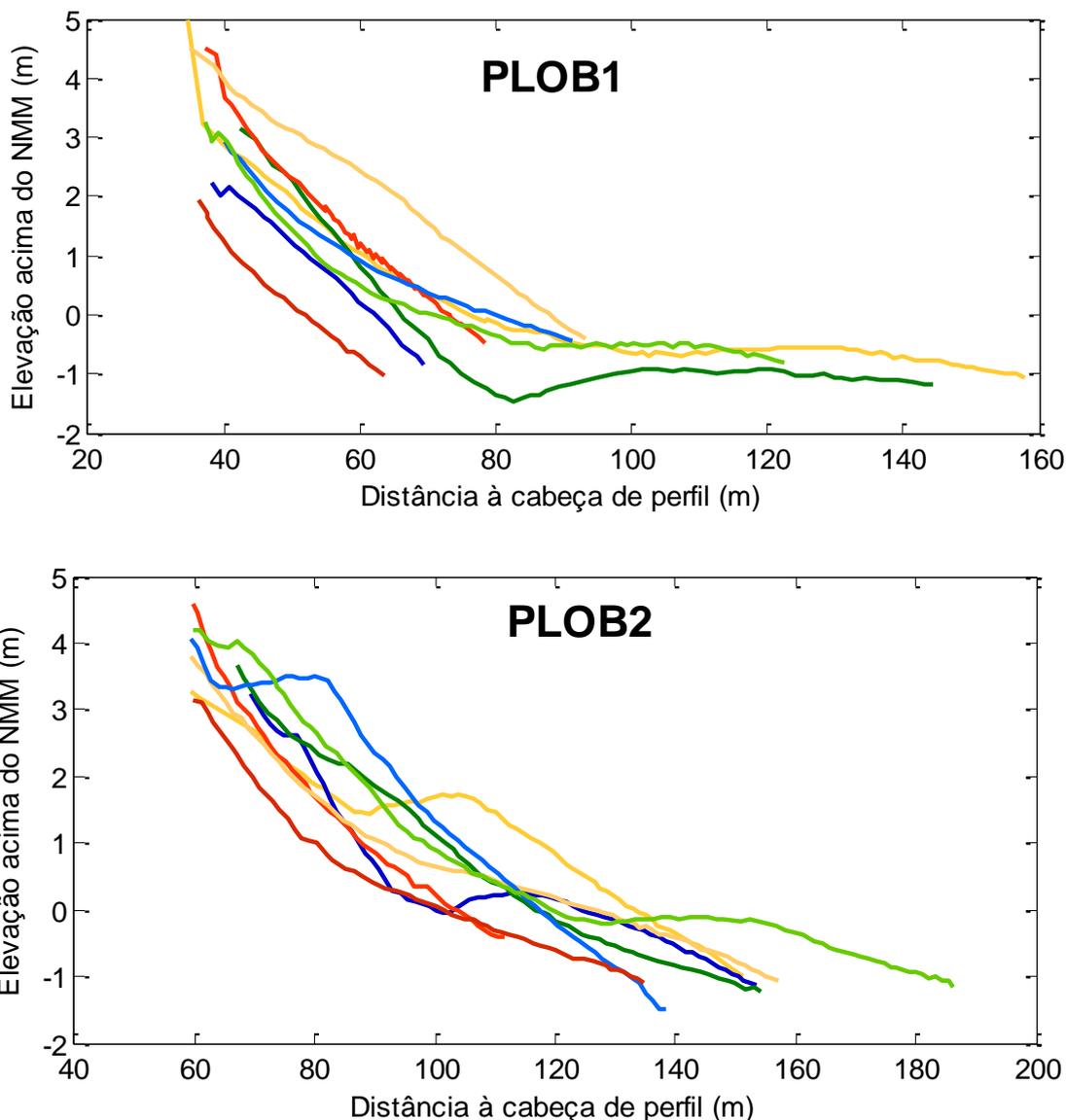


Figura 33. Perfis de praia mais a norte do troço Lagoa de Óbidos – Baleal (PLOB1 e PLOB2), para as campanhas trimestrais de 2011 e 2012.

O Entregável 1.2.3.d - *Dados em bruto resultantes dos trabalhos de campo*, é apresentado como anexo a este documento, e inclui os dados das campanhas levadas a cabo durante o segundo semestre de 2012. Inclui os dados da topografia originais (em bruto, sem qualquer tipo de pós-processamento) adquiridos no terreno, no formato original do GPS, sob a forma de arquivos de texto (.txt), e em formato shapefile da

ESRI (.shp), diferenciados por código de leitura no terreno. Inclui ainda as fotografias adquiridas no terreno aquando das campanhas, em formato de imagem (.jpg), e as fichas de campo referentes a cada trabalho de campo, em formato Adobe Acrobat (.pdf). São também fornecidos os dados referentes ao processamento das amostras de sedimentos, sob a forma de ficheiros Excel (.xls) com toda a informação referente à análise efectuada, bem como um ficheiro Adobe Acrobat (.pdf) com a sùmula dos resultados do processamento laboratorial.

Estes dados estão também disponíveis, em permanência, no servidor FTP (*File Transfer Protocol*) criado especificamente para facilitar a transferência de ficheiros entre a equipa da FFCUL e a APA I.P./ARH do Tejo, no sítio da internet: ftp://arhtejo_lit@ftp01.fc.ul.pt/

Durante o 5º semestre do projecto, procedeu-se à avaliação de diferentes estratégias de levantamento topográfico por forma a otimizar o esforço do trabalho de campo. Neste sentido, avaliou-se a precisão dos volumes sedimentares calculados a partir de diferentes estratégias de aquisição de dados topográficos, que incluíram medições ao longo de perfis de praia e ao longo de linhas paralelas à linha de costa, com densidade e distribuição espacial variável. Este trabalho foi efectuado a partir dos dados recolhidos nas 7 campanhas de campo realizadas entre Março de 2011 e Setembro de 2012 no troço entre Baleal e Peniche.

Os resultados obtidos mostram que o volume sedimentar da praia varia em função da estratégia adoptada, com uma precisão que aumenta com o número de perfis utilizados (Figura 34); enquanto para um espaçamento entre perfis de 500 m se obtém uma incerteza da ordem dos 10%, quando se utiliza um espaçamento de 100 m o erro não ultrapassa 2%.

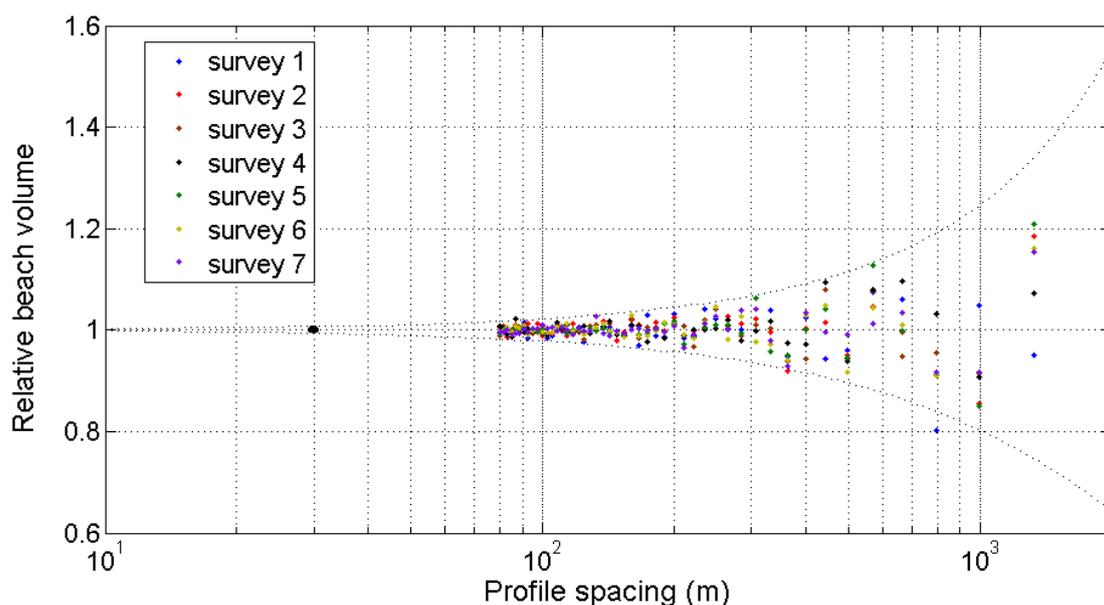


Figura 34. Volume de praia total relativo vs espaçamento entre perfis.

O volume total da praia também foi estimado através de linhas paralelas à linha de costa; neste sentido utilizou-se a linha correspondente ao NMM (cota 0), base da duna, cota 1 m e uma linha a meio da face de praia.

Os resultados mostram que a volumetria da praia pode ser representada adequadamente através do levantamento de três linhas longilitorais ou através de perfis espaçados de 200 m (Tabela 7). Este trabalho confirma que, para poder otimizar o esforço de campo, o levantamento topográfico em contexto de praia deve obedecer a uma estratégia de levantamento elaborada em função de objectivos previamente definidos e do erro máximo admissível.

Tabela 7. Volumes relativos de praia para cada estratégia de levantamento e para cada uma das sete campanhas.

Estratégia	Campanha							
	1	2	3	4	5	6	7	
Standard (30 m espaçamento)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Perfis	100 m espaçamento	0.98	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.01
	200 m espaçamento	1.03	1.03	1.03	1.00	1.02	1.01	1.02
	500 m espaçamento	0.96	0.95	0.96	0.93	0.94	0.92	1.00
	1000 m espaçamento	1.05	0.86	0.93	0.90	0.85	0.92	0.93
Linhas paralelas	NMM + base duna	1.04	1.04	0.99	0.98	1.02	0.91	1.01
	NMM + base duna + cota 1m	1.02	1.01	1.00	1.01	1.01	0.95	1.00
	NMM + base duna + face praia	1.02	1.01	1.00	1.01	1.01	0.95	1.00

1.3 Avaliação da perigosidade associada à mobilidade da linha de costa

1.3.1 Determinação e cartografia da perigosidade associada à ocorrência de fenómenos de instabilidade em arribas, incluindo definição objectiva de zonas de elevada perigosidade e/ou risco

Foram obtidos resultados promissores com a aplicação de um método estatístico de inspiração Bayesiana, baseado em correlação bivariada entre factores condicionantes da susceptibilidade e os inventários de movimentos em arribas (Marques *et al.*, 2011), encontrando-se em curso a definição de melhoramentos a introduzir nas variáveis de entrada do modelo, definição de unidades de terreno, utilização de técnicas estatísticas mais robustas para a construção dos modelos e ensaio de diferentes

métodos de validação. Para a aplicação destes métodos é necessário dispor de vários níveis de informação organizados em três domínios principais:

1) Cartografia ligada a factores geológicos e geomorfológicos que inclui:

- Litologia
- Orientação das camadas
- Protecções de sopé
- Falhas
- Filões

2) Factores externos ou forçadores:

- Potência média anual das ondas
- Precipitação média anual

3) Factores morfométricos

- Altura das arribas
- Declive médio
- Declive máximo
- Exposição
- Curvatura em planta
- Curvatura do perfil

Para os factores de predisposição morfométricos foi efectuada a adaptação e correcção sistemática de erros da base topográfica do INAG de 2001, na escala 1:2 000, incluindo a sua verificação através da observação de sucessivos ficheiros TIN gerados, em processo iterativo de detecção e correcção de erros ou imperfeições dos levantamentos.

Esta base topográfica serviu para construir MDT a partir dos quais são extraídos todos os factores morfométricos acima referidos. Estes trabalhos foram já concluídos em segmentos litorais independentes: litoral do concelho de Mafra; litoral dos concelhos de Sintra e Cascais; litoral compreendido entre o Baleal e a Lagoa de Óbidos.

Ainda como trabalho preparatório, foi concluído o trabalho de digitalização da crista e sopé das arribas, bem como da geração dos polígonos correspondentes às unidades de terreno, que se encontra já concluído nos segmentos costeiros acima referidos.

Relativamente aos factores ligados aos contextos geológicos e geomorfológicos, está concluída a cartografia de pormenor das litologias presentes na área de intervenção, estruturas e acidentes geológicos, sua orientação, e tipo e extensão de protecções de sopé das arribas. Para os troços costeiros acima referidos os trabalhos relativos a estes aspectos encontram-se concluídos (ver Tabela 2, Tarefa 1.2.1 *Caracterização das principais unidades geológicas e da organização geomorfológica da faixa costeira*).

1.3.2 Determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão de praias e ao galgamento oceânico

Durante o quinto semestre do projecto procedeu-se ao cálculo da cota galgamento oceânico para a praia da Nazaré, de acordo com a metodologia descrita no relatório anterior. Os valores da agitação foram retirados dos resultados obtidos no ponto 1.1.7. *Ondas*. O declive da praia foi calculado entre a cota 5 m (NMM), correspondente ao limite interno da berma, e o NMM, determinados nos levantamentos de terreno, correspondendo sensivelmente ao domínio activo do perfil da praia subaérea em condições de tempestade. Este valor é praticamente invariante ao longo da enseada da Nazaré, tendo-se utilizado um valor de $\tan\beta = 0.07$.

A constante adimensional k foi parametrizada por forma a que o valor de *run-up* associado à condição de agitação com frequência média de 12 horas/ano (cujo significado na porção subaérea do perfil de praia é equivalente ao da profundidade de fecho de escala sazonal no segmento submarino daquele perfil), correspondesse à cota do sopé da duna ou alta praia, conduzindo a um valor próximo de $k = 2.1$, valor igual ao determinado em praias num contexto geomorfológico distinto (arco litoral Caparica-Espichel – resultados apresentados no relatório anterior).

A cota máxima de espraio da onda foi calculada através da soma dos valores (medidos) de nível da maré com os valores (estimados) sinópticos de *run-up*, resultando numa série de 47 anos de valores horários para cada um dos 23 pontos de simulação ao longo da enseada.

Os resultados mostram que as cotas máximas de espraio não são uniformes ao longo da enseada da Nazaré e reflectem a relação entre a morfologia de fundo e as características das ondas (Figura 35). No último meio século estima-se que as cotas de espraio mais elevadas, entre 7.5 e 8.5 m, tenham ocorrido nos sectores da enseada da Nazaré em frente ao restaurante “S. Miguel”, à Rua António Carvalho e a sul da Rua das Hortas. As cotas mais baixas verificam-se no extremo sul da enseada da Nazaré, junto ao porto de abrigo.

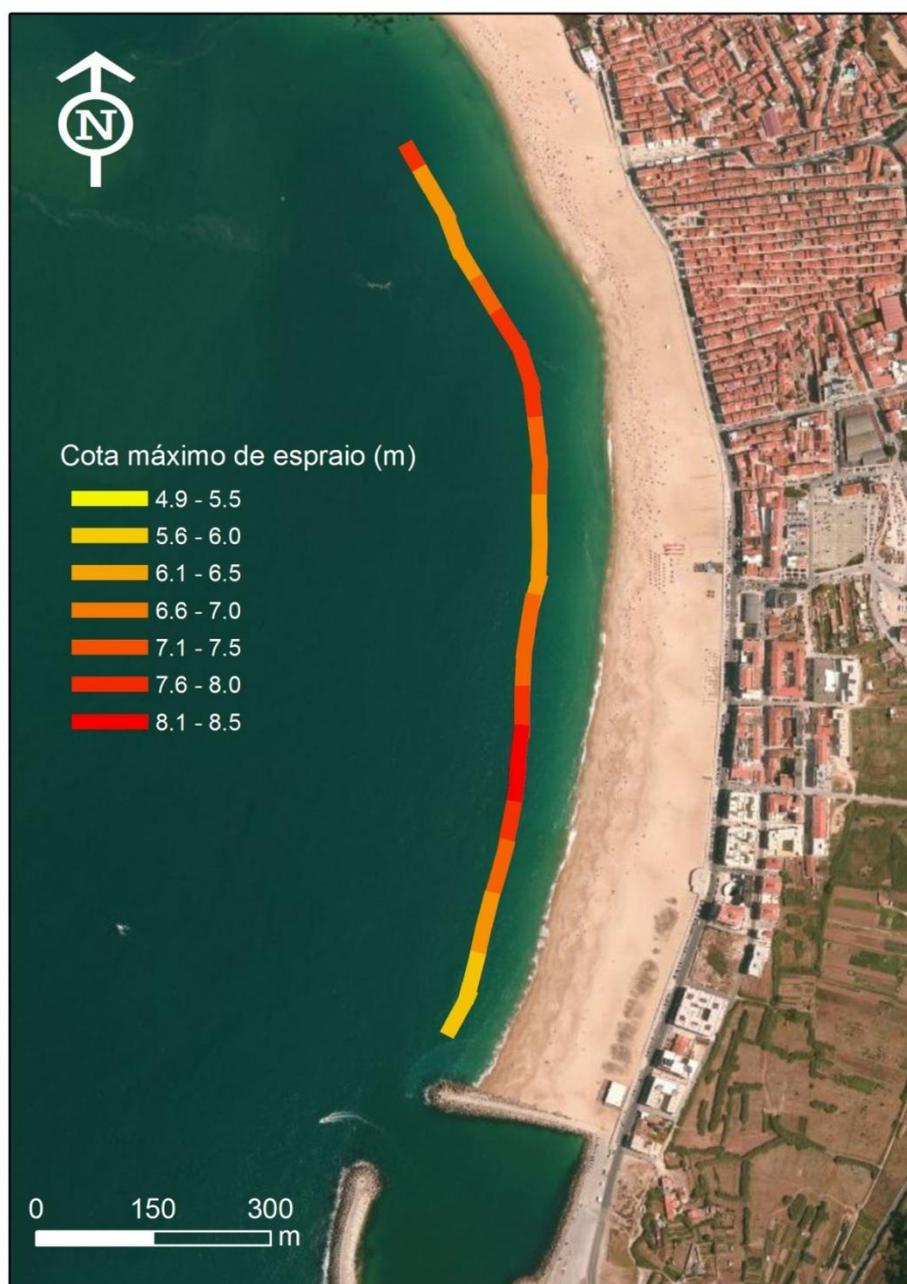


Figura 35. Variação espacial da cota máxima de espraio para a enseada da Nazaré.

1.3.3 Verificação da adequabilidade das faixas de risco/salv guarda definidas no POOC em vigor e, se necessário, proceder à sua redefinição

Durante o quinto semestre do projecto procedeu-se à compilação das definições e critérios utilizados na delimitação das faixas de risco / salv guarda consagradas nos POOC incluídos na área territorial da ARH do Tejo (Tabela 8).

As faixas de risco/salv guarda definidas no POOC serão confrontadas com os resultados obtidos nas tarefas anteriores (1.3.1 e 1.3.2).

Tabela 8. Definições e critérios utilizados na delimitação das faixas de risco / salvaguarda consagradas nos POOC incluídos na área territorial da ARH do Tejo, APA, I.P..

POOC	Referências na Lei	Faixas de Risco		Faixas de Protecção	
		Definição	Crítérios	Definição	Crítérios
Sintra – Sado	Resolução do Conselho de Ministros n.º 86/2003, de 3 de Junho Artigos 44º, 45º e 46º + Anexo IV	Áreas destinadas a absorver a erosão para o interior dos sistemas dunares.	Linha paralela à curva de nível dos 6 m (8ZH), dela distando 35 m para terra, e desenvolvendo-se até ao plano de água.	Faixas destinadas a limitação de factores de instabilidade na vizinhança imediata dos sistemas dunares, e absorção de erosão adjacente à faixa de risco e de galgamento.	Definida para terra, adjacente à faixa de risco e desenvolvendo-se até: a) À cota 6 m (8 ZH), quando atrás da faixa de risco as cotas são inferiores à cota de referência da faixa de risco (6 m); b) À curva de nível dos 8 m (10 ZH), com um valor mínimo de largura de 35 m, quando as cotas do terreno são superiores à cota de referência da faixa de risco.
Cidadela – S. João da Barra	Não tem faixas de risco ou de salvaguarda referidas no seu regulamento.				
Alcobaça - Mafra	Apenas possui referência a faixas de risco e de salvaguarda para sopés, cristas e áreas adicionais em arribas. São referidas faixas como a base da duna e a LMPAVE nas plantas síntese, mas não são equiparadas a faixas de risco.				
Ovar – Marinha Grande	Não tem faixas de risco ou de salvaguarda referidas no seu regulamento.				

1.4 Enquadramento das soluções de intervenção

1.4.1 Em litoral de arriba

1.4.1.1 Definição de um quadro de referência objectivo e pormenorizado de especificações técnicas, restrições e recomendações a aplicar em projectos de intervenção nas arribas que se tornem necessários para reduzir riscos, preservar património ou assegurar a estabilidade e segurança de projectos de estruturas que envolvam o uso da orla costeira, assegurando simultaneamente a preservação paisagística e ambiental do litoral de arriba

Este bloco de trabalhos foi iniciado, centrando-se a atenção da equipa na obtenção da informação de base necessária para caracterizar a tipologia das instabilidades em função do contexto geológico, geomorfológico e geotécnico, os factores envolvidos na preparação e desencadeamento das instabilidades, avaliação dos factores que condicionam a movimentação das massas de solos e rochas instabilizadas na zona adjacente ao sopé das arribas e identificar situações de perigo existentes.

Foi efectuada compilação da informação geológica e geotécnica disponível sobre as formações que compõem as arribas na área de intervenção. Tem sido desenvolvidos trabalhos de campo tendentes a caracterizar os aspectos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos envolvidos na ocorrência das instabilidades, com incidência em várias praias com arribas com situações de perigo potencial. A continuação dos trabalhos será realizada paralelamente com os levantamentos periódicos das fachadas expostas das arribas utilizando a fotogrametria terrestre, para possibilitar caracterização das situações existentes com maior rigor posicional e geométrico.

1.4.2 Em litoral arenoso e nas áreas piloto previamente identificadas

1.4.2.1 Caracterização da capacidade de ocupação de praias

Durante o quinto semestre do projecto deu-se continuidade à pesquisa bibliográfica sobre critérios e metodologias utilizadas na caracterização da capacidade de ocupação de praias.

1.4.2.2 Teste de critérios para apoiar a delimitação da linha da máxima preia-mar de águas vivas equinociais para a área de jurisdição da APA I.P./ARH do Tejo

Decorrente da última reunião de projecto, e dada a alteração do contexto relacionado com demarcação da LMPAVE foi considerado pela APA I.P./ARH do Tejo que esta tarefa apenas faria sentido ser concretizada nos troços arenosos nos quais a demarcação efectuada pela APA I.P./ARH do Tejo podia oferecer mais dúvidas, designadamente nos troços da Nazaré, Baleal, Santa Cruz e São João da Caparica.

Durante o quinto semestre do projecto, deu-se continuidade aos trabalhos de campo específicos com vista à identificação e levantamento da posição da linha correspondente ao último espraio gerado na preia-mar de águas-vivas, antecedente aos trabalhos de campo, durante os meses de Setembro e Dezembro de 2012 (conforme metodologia descrita no Entregável 1.2.3.c - *Metodologia e frequência espaço-temporal a aplicar para monitorização e caracterização da variabilidade sazonal nas praias-piloto*).

O Entregável 1.4.2.2.b – *Dados em bruto resultantes do trabalho de campo para medição da cota da linha de máximo espraio das ondas*, é apresentado como anexo a este documento, incluído na base de dados que constitui o Entregável 1.2.3.d, apresentando o mesmo formato e conteúdos.

2 Estudo de caso da Costa da Caparica

2.1 Instalação de uma rede de pontos de apoio fixos em terra e respectiva coordenação

Durante as visitas de campo às praias representativas do arco litoral Caparica-Espichel procedeu-se sempre à verificação da qualidade dos pontos de apoio (pontos de referência). Verificou-se a sua conservação em termos físicos e confirmaram-se as coordenadas planimétricas e altimétricas. Das campanhas levadas a cabo durante o segundo semestre de 2012, verificou-se que os pontos de apoio encontravam-se intactos e em bom estado, pelo que a versão 1 do livro de campo, e a geodatabase entregues em Junho de 2011, com o 2º Relatório de Progresso, não sofreram quaisquer alterações e se mantêm actualizadas.

2.2 Selecção e levantamento de um conjunto de perfis de praia com periodicidade mínima trimestral

Durante o quinto semestre do projecto concretizaram-se campanhas de campo em Março e Junho de 2012, tendo-se adoptado a metodologia definida no Entregável 1.2.3.c - *Metodologia e frequência espaço-temporal a aplicar para monitorização e caracterização da variabilidade sazonal nas praias-piloto*. O calendário das campanhas está descrito na Tabela 9.

Tabela 9. Datas das campanhas de campo efectuadas no troço Caparica-Espichel durante o segundo semestre de 2012, e respectivas condições da baixa-mar (hora e altura da maré na estofa – dados para o porto mais próximo consultados em <http://www.hidrografico.pt/>).

Praia-piloto	Setembro 2012		Dezembro 2012	
	Dia	Baixa-mar hh:mm m (NMM)	Dia	Baixa-mar hh:mm m (NMM)
11. Costa Caparica	4	11:21 -1.10	2	10:27 -0.97
12. Rainha	17	09:50 -1.49	29	09:03 -1.10
13. Fonte da Telha	17	09:50 -1.49	29	09:03 -1.10
14. Lagoa de Albufeira	17	09:50 -1.49	29	09:03 -1.10

O Entregável 2.2.b – *Dados em bruto resultantes dos trabalhos de campo*, é apresentado como anexo a este documento, e inclui os dados das campanhas levadas a cabo durante o segundo semestre de 2012. Inclui os dados da topografia originais (em bruto, sem qualquer tipo de pós-processamento) adquiridos no terreno, no formato

original do GPS, sob a forma de arquivos de texto (.txt), e em formato shapefile da ESRI (.shp), diferenciados por código de leitura no terreno.

Inclui ainda as fotografias adquiridas no terreno aquando das campanhas, em formato de imagem (.jpg), e as fichas de campo referentes a cada trabalho de campo, em formato Adobe Acrobat (.pdf). São também fornecidos os dados referentes ao processamento das amostras de sedimentos colhidas durante as campanhas, sob a forma de ficheiros Excel (.xls) com toda a informação referente à análise efectuada, bem como um ficheiro Adobe Acrobat (.pdf) com a súmula dos resultados do processamento laboratorial.

Estes dados estão também disponíveis, em permanência, no servidor FTP criado especificamente para facilitar a transferência de ficheiros entre a equipa da FFCUL e a APA I.P./ARH do Tejo, no sítio da internet: ftp://arhtejo_lit@ftp01.fc.ul.pt/.

2.3 Levantamento periódico da superfície da praia a norte do esporão EC7 até ao esporão da Cova do Vapor (EV1) (Praia de S. João da Caparica) e quantificação das evoluções morfológicas e volumétricas

Os levantamentos topográficos da praia de São João da Caparica, entre o esporão EC7 e o esporão EV1, decorreram em Setembro e Dezembro de 2012 de acordo com as condições de maré descritas na Tabela 10.

Tabela 10. Datas das campanhas de campo efectuadas na praia de São João da Caparica durante o segundo semestre de 2012, e respectivas condições da baixa-mar (hora e altura da maré na estofa – dados para o porto mais próximo consultados em <http://www.hidrografico.pt/>).

Praia	Setembro 2012		Dezembro 2012	
	Dia	Baixa-mar hh:mm m (NMM)	Dia	Baixa-mar hh:mm m (NMM)
São João da Caparica	4	11:21 -1.10	2	10:27 -0.97

À semelhança do que foi feito anteriormente, a praia de São João da Caparica foi alvo de levantamento de alta resolução, do qual resultou a geração de modelos digitais de elevação (MDE) em ambiente ArcGIS e seguindo a metodologia descrita nos relatórios anteriores.

A análise das variações volumétricas entre campanhas e entre a campanha de Setembro de 2012 e Dezembro de 2012, respectivamente primeira e última do período em estudo, permitiu identificar áreas onde se observou acreção (variação vertical positiva) e erosão (variação vertical negativa) para cada intervalo temporal considerado (Figura 36). Uma vez mais, e assumido um erro máximo de 5 cm nos

levantamentos, não foram consideradas as áreas (e volumes) onde se observaram variações de cota inferiores a 10 cm.

As variações volumétricas entre Junho de 2012 e Setembro de 2012 mantêm a tendência verificada nos períodos imediatamente anteriores, com áreas de erosão no sector noroeste da praia e acreção no sector sudeste da praia de São João da Caparica. No entanto, no período seguinte, entre Setembro e Dezembro de 2012, esta tendência altera-se e verifica-se erosão generalizada em quase toda a praia, com excepção do sector noroeste que apresenta acreção sedimentar, visível no mapa de variações volumétricas (Figura 36).

As variações volumétricas acima descritas foram naturalmente acompanhadas por avanço da linha de costa (representadas pelo NMM) nas zonas em que a acreção é mais significativa e recuo nas zonas com maior erosão. Relativamente à variação na posição da linha de costa salienta-se que na zona mais noroeste da praia as variações atingem um recuo de 32 m seguidos de um avanço máximo de 30 m. No sector mais a sudoeste registou-se um avanço máximo de 20 m seguido de um recuo máximo de 32 m.

O balanço entre a primeira e última campanha realizadas (respectivamente, Março de 2011 e Dezembro de 2012) evidencia erosão no sector norte da praia de São João da Caparica e acreção no sector sul da praia, acompanhado pelo respectivo recuo e avanço da linha de costa (Figura 37).

Os resultados sugerem alguma estabilidade na posição da linha de costa no troço entre os 300 m e os 600 m para sul do ponto de referência CC1, uma vez que esta praticamente não se altera independentemente dos padrões de erosão ou acreção. Esta zona parece corresponder ao ponto de rotação da configuração planar da praia.

As variações observadas ao nível da configuração planar na praia, ao longo dos dois anos monitorizados, mostram clara alternância dos processos de acumulação/erosão nas extremidades desta célula costeira, sugerindo a existência de um processo de rotação sazonal da praia. Com a continuidade do programa de monitorização será possível confirmar este padrão anual, e detectar eventuais tendências de longo-termo.

O balanço volumétrico nos últimos 2 períodos apresentados é da ordem de 35-40 mil m³, com um acréscimo de sedimento de Junho de 2012 para Setembro de 2012 (cerca de 35 000 m³) que se perde entre Setembro de 2012 e Dezembro de 2012 (cerca de 40 000 m³)(

Tabela 11).

A partir dos vários MDEs gerados foram estimados os volumes de sedimento acima do nível médio do mar (NMM) (Tabela 12). A praia de São João da Caparica apresenta um volume médio de sedimento entre cerca de 27 000 m³ e 34 000 m³. Os padrões de ganhos e perdas sedimentares são idênticos aos detectados na análise anterior.

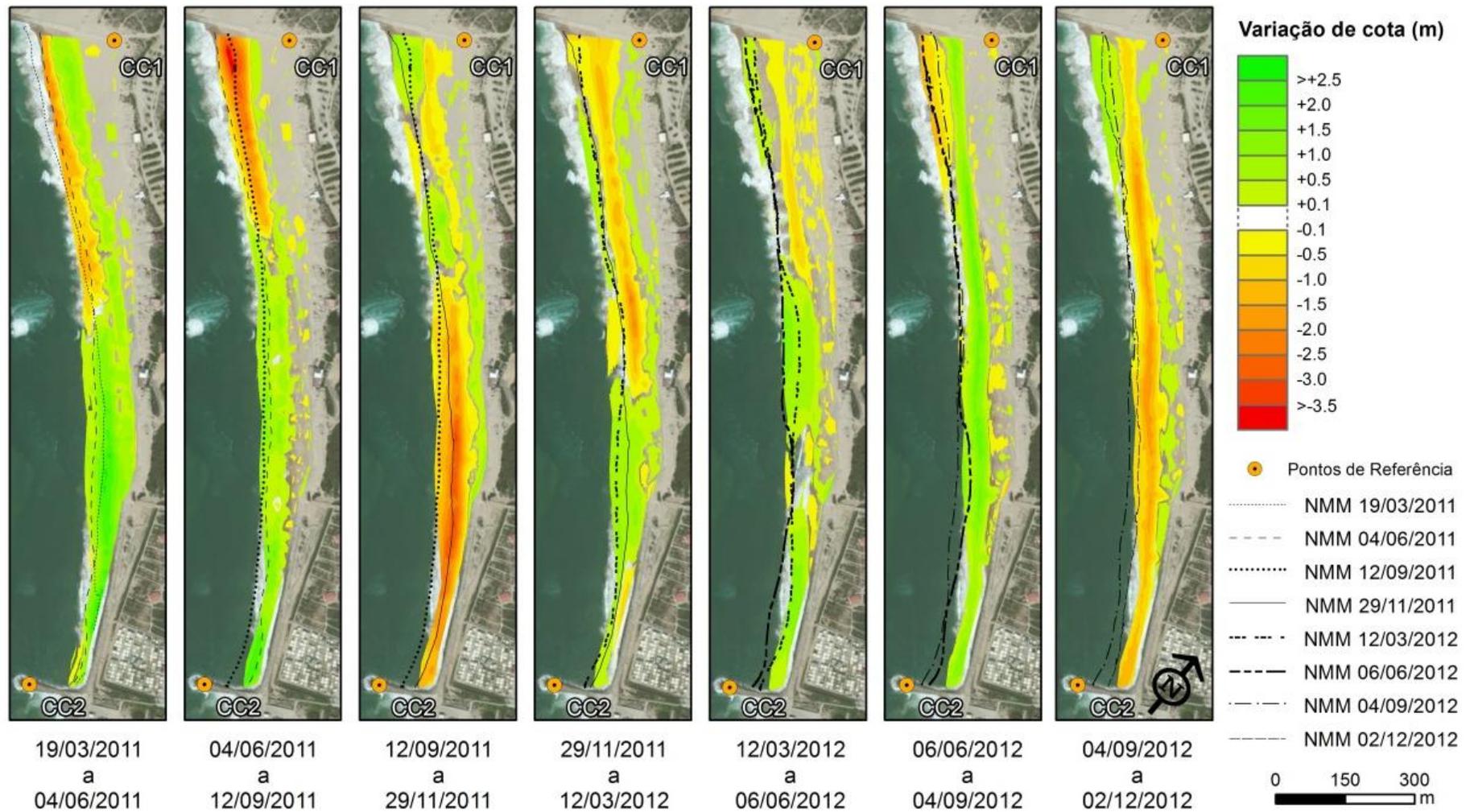


Figura 36. Variação trimestral de cota na praia de São João da Caparica, para o ano 2011 e 2012.

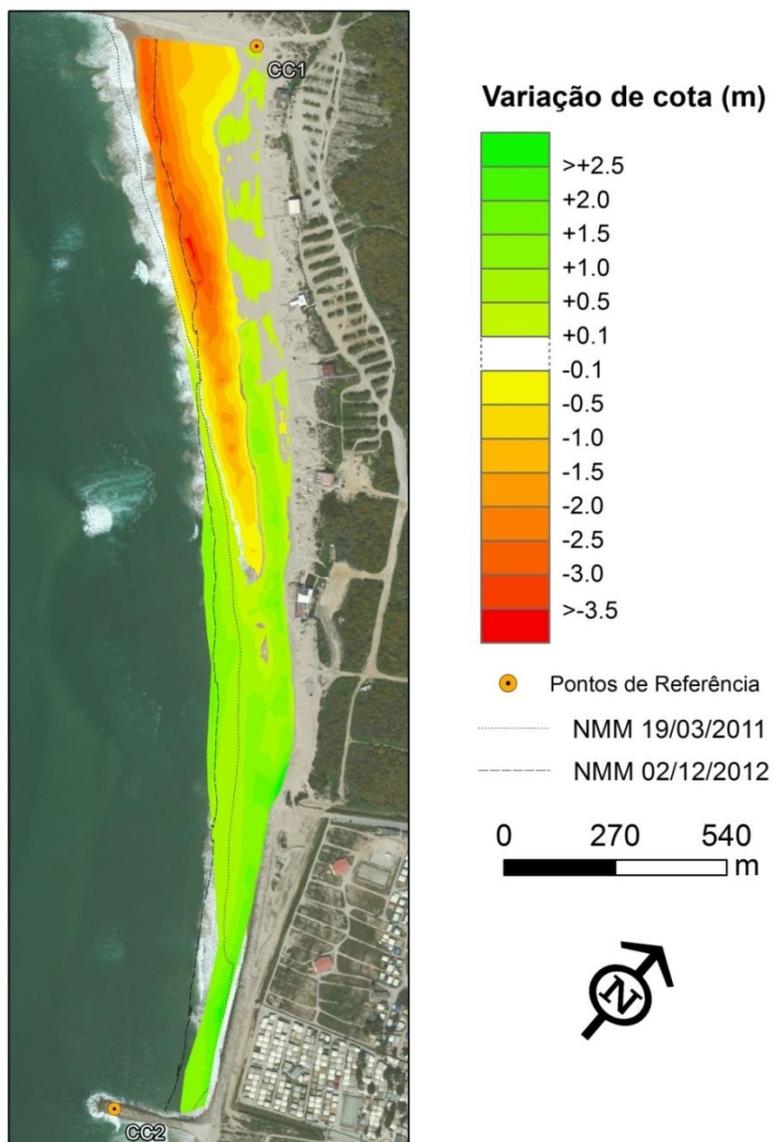


Figura 37. Variação de cota entre o primeiro e último levantamento topográfico – Março de 2011 a Dezembro de 2012.

Tabela 11. Variações volumétricas entre campanhas para a praia de São João da Caparica. Valores de acreção, erosão e balanço volumétrico para a área mínima comum a todos os levantamentos realizados entre Março de 2011 e Dezembro de 2012.

Período	Acreção (m ³)	Erosão (m ³)	Balanço Volumétrico (m ³)
Mar 2011 - Jun 2011	61293	18784	42509
Jun 2011 - Set 2011	30533	34020	-3487
Set 2011 - Dez 2011	10125	66028	-55903
Dez 2011 - Mar 2012	18773	23411	-4638
Mar 2012 - Jun 2012	22336	6396	15940
Jun 2012 - Set 2012	42423	7486	34937
Set 2012 - Dez 2012	7092	46912	-39820
Mar 2011 - Dez 2012	54783	60115	-5332

Tabela 12. Volumes totais calculados acima do NMM e variações volumétricas entre campanhas para a praia de São João da Caparica.

Período	Volume total (acima do NMM - m ³)	Variação volumétrica (m ³)
Março 2011	293370	-
Junho 2011	335853	42483
Setembro 2011	331742	-4111
Dezembro 2011	277919	-53823
Março 2012	265979	-11940
Junho 2012	280400	14421
Setembro 2012	328110	47710
Dezembro 2012	274371	-53739

O Entregável 2.3.a - *Dados em bruto resultantes dos trabalhos de campo*, é apresentado como anexo a este documento, incluído na base de dados que constitui o Entregável 2.2.b, apresentando o mesmo formato e conteúdos.

2.4 Determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão das praias e ao galgamento oceânico na Costa da Caparica

Durante o quinto semestre do projecto procedeu-se à compilação de dados para a determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão das praias e ao galgamento oceânico na Costa da Caparica.

2.5 Verificação da adequabilidade das faixas de risco / salvaguarda definidas no POOC em vigor para a Costa da Caparica

A verificação da adequabilidade da faixa de risco/salvaguarda definida no Plano de Ordenamento da Orla Costeira Sintra-Sado (Resolução do Conselho de Ministros n.º 85/2003, de 25 de Junho), que abrange esta área sob jurisdição da APA I.P./ ARH do Tejo, será suportada nos resultados obtidos na Tarefa 2.4. Determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão de praias e ao galgamento oceânico na Costa da Caparica. Adicionalmente aos resultados apresentados no presente relatório dar-se-á seguimento à tarefa 2.4. durante o próximo semestre do projecto .

3 Estudo da Lagoa de Albufeira

3.1 Estudo da dinâmica da barra de maré e das suas relações com a agitação marítima incidente e as marés

3.1.1 Levantamentos topo-hidrográficos da barreira e sistema lagunar em situação de barra fechada

Esta tarefa foi concluída durante o primeiro semestre do projecto.

3.1.2 Levantamentos topo-hidrográficos da área mais próxima do canal de maré após a abertura da barra

Tal como referido no relatório de Junho de 2012, esta tarefa foi concluída em Dezembro de 2011. O Entregável 3.1.2.a - Relatório com a descrição das principais alterações ocorridas durante o ciclo completo de vida da barra de maré da Lagoa de Albufeira, desde 23 de Março de 2010 até 11 de Abril de 2011 – foi apresentado como anexo em formato PDF no relatório de Junho de 2012. Na medida em que o comportamento da barra de maré da Lagoa de Albufeira foi estudado por elementos da equipa em períodos anteriores aos referentes a este projecto, propôs-se actualizar o Entregável 3.1.2.a no presente relatório. O Entregável 3.1.2.a. *Relatório com a descrição das principais alterações ocorridas durante vários ciclos de vida da barra de maré da Lagoa de Albufeira*, é apresentado como anexo a este documento, sob a forma de relatório em formato Adobe Acrobat (.pdf).

3.1.3 Cartografia das modificações morfológicas da secção da barra de maré

Tarefa concluída no 4º semestre do projecto.

3.1.4 Avaliação das características e modificações geométricas da secção da barra ao longo da sua existência

Tarefa concluída no 4º semestre do projecto.

Errata ao 4º relatório de progresso – Junho de 2012:

Na pág. 78, 1º parágrafo: onde se lê: “Tal como referido no relatório de Dezembro de 2011, esta tarefa foi concluída no semestre anterior. As principais modificações ocorridas e

verificadas com base nos perfis topográficos são apresentadas no Entregável **3.1.3.a.**” deve ler-se “Tal como referido no relatório de Dezembro de 2011, esta tarefa foi concluída no semestre anterior. As principais modificações ocorridas e verificadas com base nos perfis topográficos são apresentadas no Entregável **3.1.2.a.**”

3.1.5 Estudo das relações entre morfologia da barra de maré e magnitude do prisma de maré lagunar

Durante o quinto semestre terminou-se esta tarefa. Analisou-se a evolução da embocadura da lagoa de Albufeira entre a sua abertura artificial, em abril de 2010, e o seu fecho natural, em dezembro de 2010. O modelo utilizado na análise, MORSYS2D, representa os principais processos físicos relevantes na evolução de embocaduras. Uma calibração cuidada do modelo permitiu garantir uma capacidade de previsão a escalas temporais de meses. A combinação do modelo com os dados batimétricos disponíveis, através de uma nova técnica de assimilação de dados desenvolvida e testada para o efeito, permitiu tirar partido da enorme riqueza de dados disponíveis. Medidas quantitativas da precisão do modelo com assimilação de dados demonstraram que a reprodução do comportamento da embocadura é excelente. As figuras seguintes mostram batimetrias mensais da embocadura desta laguna obtidas com o modelo.

A análise dos resultados do modelo demonstrou que a relação entre o prisma de maré viva e a secção transversal da embocadura proposta por O'Brien (1969) e parametrizado por Jarrett (1976) para embocaduras com um ou nenhum molhe é válida para a lagoa de Albufeira (Figura 38). Esta conclusão está em contradição com estudos de outros autores, que argumentam que a referida relação não é válida para embocaduras pequenas e/ou em desequilíbrio, como é o caso da lagoa de Albufeira. No entanto, os resultados deixam claro que a enorme variabilidade temporal de pequenas embocaduras dificulta a verificação desta relação, mas não a põe em causa.

Com a conclusão do Entregável 3.1.5.a. *Relatório descrevendo a aplicação do modelo e a análise das relações entre a morfologia e o prisma de maré, desde 23 de Março de 2010 até 11 de Abril de 2011*, que é apresentado como anexo a este documento, incluído no relatório: Fortunato, A.B., P. Freire e A. Nahon (2012). Morfodinâmica da embocadura da Lagoa de Albufeira, Rel. 247/2012 – NEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 44 pp. (sob a forma de relatório em formato Adobe Acrobat (.pdf)), dá-se por finalizada a tarefa 3.1.5. Estudo das relações entre morfologia da barra de maré e magnitude do prisma de maré lagunar.

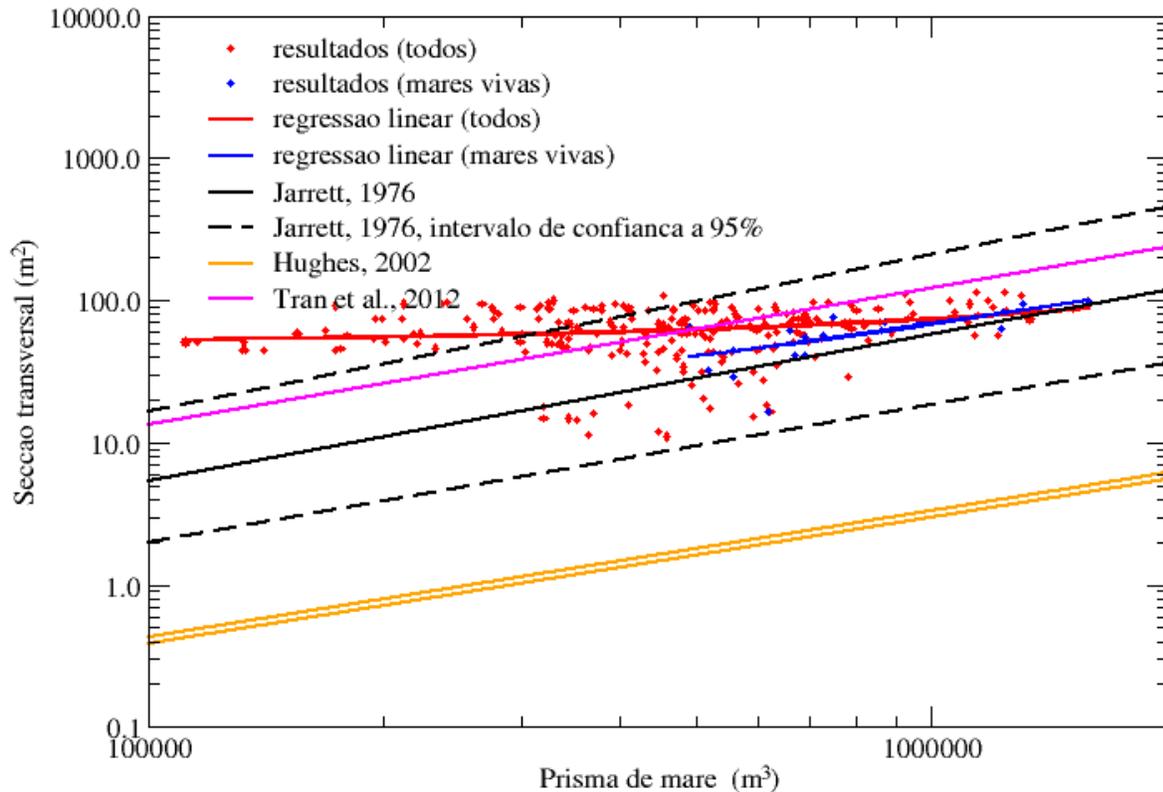


Figura 38. Relação entre a secção transversal e o prisma de maré na lagoa de Albufeira. Para os resultados em marés vivas, o coeficiente de correlação é de 0.78.

3.1.6 Caracterização da evolução morfodinâmica da embocadura através de modelação

Esta tarefa foi terminada durante o 5º semestre. A morfodinâmica da embocadura foi caracterizada com base nos resultados do modelo desenvolvido na tarefa descrita na secção anterior. Os resultados do modelo mostraram que, ao contrário do que fora sugerido, a lagoa de Albufeira não tem tendência para assorear devido à abertura anual da sua embocadura. Com efeito, apesar da dominância de enchente, a lagoa de Albufeira exportou cerca de 40.000 m³ de areia durante o período analisado. A erosão da lagoa deveu-se fundamentalmente à migração do canal norte, que erodiu um grande volume de sedimentos do cordão litoral a norte da aberta. Apesar de o volume de erosão estimado para 2010 não poder ser extrapolado para outros anos, devido à excepcionalidade deste ano em termos de agitação marítima, estes resultados não justificam nenhuma preocupação com um possível assoreamento da lagoa devido à sua abertura periódica.

Com a conclusão do Entregável 3.1.6.a. *Relatório descrevendo a aplicação e validação do modelo MORSYS2D e a caracterização da evolução morfodinâmica da embocadura*, que é apresentado como anexo a este documento, incluído no relatório: Fortunato, A.B., P. Freire e A. Nahon (2012). Morfodinâmica da embocadura da Lagoa de Albufeira, Rel. 247/2012 – NEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 44 pp. (sob a forma de relatório em formato Adobe Acrobat (.pdf)), dá-se por finalizada a tarefa 3.1.6. Caracterização da evolução morfodinâmica da embocadura através de modelação.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

De forma a clarificar o conteúdo dos trabalhos a realizar no âmbito desta tarefa, propõe-se a alteração da redacção do respectivo título para: “Caracterização da evolução morfodinâmica da embocadura através de modelação”.

3.1.7 Caracterização da hidrodinâmica e das trocas entre a laguna e o mar

Esta tarefa tem como objetivo a determinação da capacidade de renovação da Lagoa, através da determinação de tempos de residência. A metodologia seguida baseia-se em Oliveira et al. (2006), utilizando um modelo de partículas forçado pelas correntes simuladas para várias batimetrias representativas. Foram seleccionadas batimetrias mensais, simuladas com o modelo MORSYS2D (ver tarefa 3.1.5).

O tempo de residência é definido pelo tempo necessário para as partículas saírem da Lagoa pela embocadura, assumindo que as massas de água que atingem a zona costeira são transportadas para longe da zona de estudo pelas correntes litorais.

A análise de renovação da água da Lagoa será baseada num conjunto de simulações numéricas para diferentes instantes de lançamento das partículas no ciclo de maré (vazante, enchente, preia-mar e baixa mar), em condições de marés vivas e mortas. De modo a analisar os percursos das diferentes massas de água na Lagoa (com distintas características físicas, químicas e biológicas), as simulações foram realizadas independentemente para diferentes conjuntos de massas de água: zona da embocadura, bancos e canais de enchente, zona profunda e lagoa pequena.

Esta análise foi iniciada, estando a ser desenvolvidas as respetivas simulações.

→ Proposta de actualização do cronograma de trabalhos

Prevê-se que esta tarefa seja concluída durante o próximo semestre, pelo que se propõe a entrega do Entregável 3.1.7.a - *Relatório descrevendo a aplicação e validação do modelo SELFE e o cálculo dos tempos de residência. Mapas de tempos de residência para várias configurações da embocadura*, no final do projecto.

3.1.8 Medição das correntes de maré na barra

A entrega das séries temporais de dados de velocidade de corrente integrada na coluna de água, séries temporais de valores de velocidade de escoamento superficial, que constituem a tarefa 3.1.8, foi concluída no 3º relatório de progresso – Dezembro de 2011.

No entanto, aqueles elementos carecem de um comentário, com o objectivo de sumarizar as principais conclusões suscitadas pelos dados e apoiar a respectiva integração no estudo da evolução temporal da organização morfodinâmica, dominância de enchente ou vazante na barra da Lagoa de Albufeira e transporte sedimentar na região da embocadura.

Neste contexto, elaborou-se o Entregável 3.1.8.a - *Relatório referente à Caracterização das séries temporais de dados de velocidade de corrente integrada na coluna de água e séries temporais de valores de velocidade de escoamento superficial em 2010* – que é apresentado como anexo a este documento em formato PDF.

3.1.9 Integração dos dados: modelo do comportamento morfodinâmico da barra de maré da Lagoa de Albufeira e estabelecimento das condições favoráveis à abertura da barra de maré

Esta tarefa teve início no quinto semestre do projecto. Como conclusões principais, podemos dizer que:

A barra de maré da Lagoa de Albufeira é efémera e divagante, divagação essa efectuada no sentido da deriva. Na medida em que no troço sul do arco litoral em que se insere (Caparica-Espichel), o transporte longilitoral é maioritariamente para sul, a migração da barra ocorre preferencialmente neste sentido, com erosão da margem sul e acumulação do lado norte. No entanto, em alturas de ondulação de SW persistente, a deriva litoral para norte tem como consequência uma inversão do sentido habitual de migração da barra. Esta migração ocorre numa faixa mais reduzida desde meados dos anos 90, devido ao robustecimento do cordão dunar efectuada artificialmente, o que implicou a extensão habitual da faixa de divagação para sul e a ausência de recolocação do canal a norte, como por vezes acontecia antes de meados de 90, quando a meandrização daquele era de tal modo excessiva que dava origem à criação de uma barra hidraulicamente mais eficiente, permitindo a situação de barra aberta por mais tempo.

O conhecimento do comportamento evolutivo das barras de maré efémeras durante um ciclo de abertura/fecho, é fundamental para a gestão do uso do solo em sistemas de barreira, permitindo adequar as intervenções a efectuar e a sua ocupação por infra-estruturas. No caso da Lagoa de Albufeira, será importante a manutenção de uma área de divagação da barra de extensão superior à actualmente existente, de modo a maximizar o tempo de situação de barra aberta.

3.2 Estudo e caracterização da qualidade da água no espaço lagunar baseada em parâmetros físico-químicos e biológicos (macroinvertebrados bentónicos, fitoplâncton, peixes, macrófitas)

3.2.1 Monitorização dos parâmetros físico-químicos *in situ* e análises laboratoriais

3.2.1.1 Monitorização dos parâmetros físico-químicos *in situ*

Neste relatório reportam-se os resultados da monitorização dos parâmetros físico-químicos *in situ* ocorrida entre Julho e Dezembro de 2012 (Tabela 9). Mediram-se os parâmetros salinidade/conductividade, temperatura, oxigénio dissolvido/ saturação em oxigénio dissolvido, total de sólidos dissolvidos, turbidez, pH e transparência, em estações pré-definidas (Tabela 13), alinhadas segundo o eixo maior da laguna (Figura 39) cujas coordenadas constam da Tabela 14. O parâmetro Eh não foi medido por inoperação da respectiva sonda. Em cada estação, analisou-se o corpo aquoso ao longo de perfis verticais, desde a superfície até ao fundo, em intervalos de 0.5 m; exceto o pH, na campanha de 03 de Julho de 2012, que foi medido à superfície e junto ao fundo após a recolha de água com o auxílio de uma garrafa Van Dorn. Na Tabela 15 figura o equipamento utilizado e o método de análise relativos a cada parâmetro analisado. Complementarmente, mediram-se os mesmos parâmetros junto a duas jangadas na Lagoa Grande (Tabela 14, Tabela 16, Figura 39), para posteriormente se comparar os dados obtidos com os dados da estação mais próxima.

Tabela 13. Campanhas de monitorização dos parâmetros físico-químicos. (A) a (C) – datas das campanhas reportadas nos relatórios anteriores, (D) – datas das campanhas realizadas de Julho a Dezembro de 2012 e (E) – estações amostradas nas respectivas campanhas.

Data da campanha				E. Estações amostradas
A. 2º Relatório (2º semestre)	B. 3º Relatório (3º Semestre)	C. 4º Relatório (4º Semestre)	D. 5º Relatório (5º Semestre)	
11 – 04 – 2011	28 – 06 – 2011	20 – 02 – 2012	03 – 07 – 2012	A, A1, B, B1, C, D, E, J5
04 – 05 – 2011	22 – 09 – 2011	13 – 04 – 2012	11 – 09 – 2012	B C, D, E
31 – 05 – 2011	11 – 10 – 2011	11 – 05 – 2012	31 – 10 – 2012	A, A1, B, C, D, E, MEX, JA
	14 – 12 – 2011		27 – 12 – 2012	A, A1, B, C, D, E

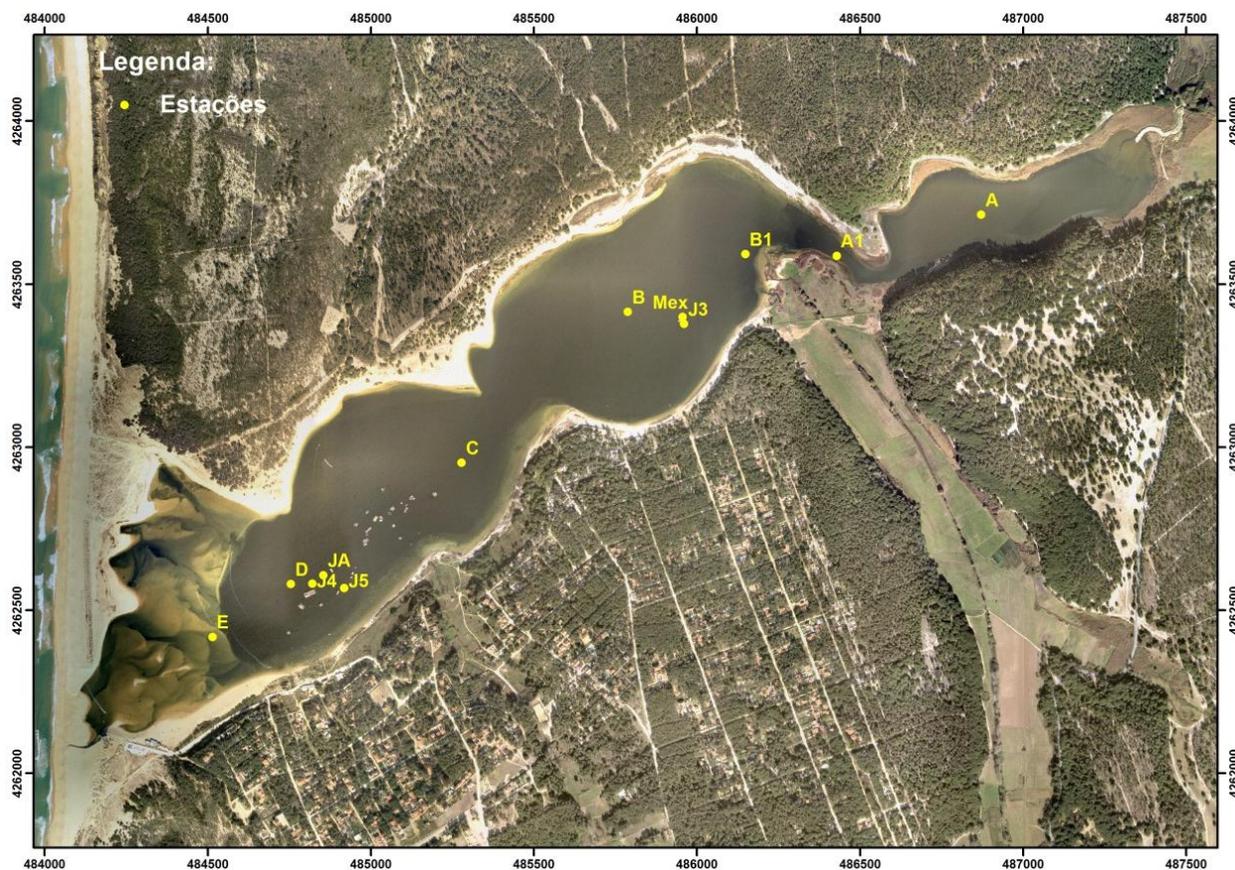


Figura 39. Estações de medição dos parâmetros físico-químicos na Lagoa Albufeira.

Tabela 14. Localização das estações de medição dos parâmetros físico-químicos na Lagoa Albufeira, em sistema de coordenadas WGS84.

Estação	X	Y
A	486871	4263712
A1	486428	4263586
B1	486148	4263591
B	485898	4263625
C	485278	4262951
D	484755	4262579
E	484515	4262417

Tabela 15. Variáveis medidas, equipamento utilizado e métodos de análise.

Parâmetros (unidades)	Equipamento/Método				Local de análise
	03 – 07 – 12	11 – 09 – 12	31 – 10 – 12	27 – 12 – 12	
Temperatura (°C)	Condutivímetro WTW LF191	YSI 6020-GM V2	YSI 6020-GM V2	YSI 600XLM-M	<i>in situ</i>
Salinidade (‰)	Condutivímetro WTW cond 197i				
Condutividade (mS/cm)	Eléctrodo LA 1/T				
Oxigénio dissolvido (mg/L)	WTW Oxi 197i				
Saturação de O.D. (%)	Eléctrodo Cell Ox 325				
T.S.D. (g/l)	-				
Turbidez (NTU)	-				
pH	WTW pH 197i Eléctrodo SenTix 41	YSI 6020-GM V2	WTW pH 197i Eléctrodo TA 197-pH		
Penetração da luz (m)	Disco de Secchi				

Tabela 16. Localização das estações de medição dos parâmetros físico-químicos junto a jangadas na Lagoa Grande, em sistema de coordenadas WGS84.

Estação	Data da Campanha	X	Y
J5	03 de Julho de 2012	484919	4262566
Mex	31 de Outubro de 2012	485957	4263397
JA	31 de Outubro de 2012	484854	4262606

O Entregável 3.2.1.1.a: *Parâmetros físico-químicos in situ*, é apresentado como anexo a este documento em formato Adobe Acrobat (.pdf) e em arquivo sob a forma de ficheiros Excel (.xls).

3.2.1.2 Análises laboratoriais

Neste relatório apresentam-se dados de uma campanha anterior (13 de Abril de 2012) e das campanhas efectuadas neste semestre, nos dias 03 de Julho de 2012 e 31 de Outubro de 2012. As colheitas foram feitas à superfície e junto ao fundo com auxílio de uma garrafa de colheita horizontal Van Dorn nas estações A, B e D em 13 de Abril e 03 Julho de 2012 e A, B, C, D e E em 31 de Outubro de 2012. Os parâmetros medidos apresentam-se na Tabela 17.

Tabela 17. Dados referentes às análises laboratoriais.

Data da campanha	Parâmetros medidos	Parâmetros não medidos**	Estações
13 de Abril de 2012	*CO ₂ , Dureza, Alcalinidade, SO ₄ ²⁻ , Br ⁻ , Cl ⁻ , F ⁻ , HCO ₃ ⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , PO ₄ ³⁻	Fenóis, Hidrocarbonetos Totais, Sulfitos, Fósforo Total, Azoto Amoniacal	A, B, D
03 de Julho de 2012	*CO ₂ , Dureza, Alcalinidade, SO ₄ ²⁻ , Br ⁻ , Cl ⁻ , F ⁻ , HCO ₃ ⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , PO ₄ ³⁻	Fenóis, Hidrocarbonetos Totais, Sulfitos, Fósforo Total, Azoto Amoniacal	A, B, D
31 de Outubro de 2012	***CO ₂ , Fenóis, Hidrocarbonetos Totais, Sulfatos, Sulfitos, Fósforo Total, Nitratos, Nitritos, Azoto Amoniacal		A, B, C, D, E

*Laboratório de Águas do GeoFCUL; ** Por atrasos de ordem administrativa; *** Laboratório pró-qualidade (LPQ).

O Entregável 3.2.1.2.a: *Análises laboratoriais*, é apresentado como anexo a este documento em formato Adobe Acrobat (.pdf) e em arquivo de formato Excel (.xls).

3.2.1.3 Monitorização da qualidade da água das ribeiras

A monitorização da qualidade da água das principais ribeiras afluentes à Lagoa de Albufeira foi efectuada no dia 26 de Outubro de 2012 em 3 estações, referentes às ribeiras da Apostiça (R1), da Ferraria (R2) e da Aiana (R3) (Figura 40) cujas coordenadas foram reportadas no 1º Relatório de Progresso. Mediram-se *in situ* os parâmetros temperatura, salinidade/conductividade, oxigénio dissolvido/saturação em oxigénio dissolvido e pH, com recurso a sondas paramétricas. Também se procedeu à recolha de amostras de água para posterior análise laboratorial (CQO, CBO, oxidabilidade, nutrientes (fosfato, fósforo, nitritos+nitratos), fenóis, cianeto, amónia, agentes tensioactivos, hidrocarbonetos, ferro dissolvido, manganês, cádmio, chumbo, crómio, cobre, zinco, arsénio, mercúrio).

O Entregável 3.2.1.3.a – *Qualidade da água das ribeiras*, é apresentado como anexo em arquivo de formato Excel.



Figura 40. Enquadramento geográfico das estações de amostragem fluviais nas ribeiras afluentes da Lagoa de Albufeira. R1 – Estação na Ribeira da Apostiça; R2 – Estação na Ribeira da Ferraria; R3 – Estação na Ribeira da Aiana.

3.2.2 Monitorização dos parâmetros biológicos

3.2.2.1 Biomonitorização das ribeiras (qualidade da água e grau de stress)

As linhas de água que alimentam a Lagoa de Albufeira têm uma importância fundamental no funcionamento deste sistema lagunar, tanto pelo volume de caudal que descarregam ao longo do ano, como também pela fonte de nutrientes e poluentes que transportam. A biomonitorização das linhas de água que alimentam a Lagoa de Albufeira, tem como principal objectivo avaliar o grau de poluição destas através de organismos vivos, nomeadamente musgos aquáticos, e localizar os principais focos de poluição ao longo das mesmas.

Métodos indirectos de monitorização da água através de musgos aquáticos podem proporcionar vantagens, em relação a várias dificuldades relacionadas com amostras de água, no sentido de uma avaliação mais integradora da contaminação. Tanto o conteúdo em poluentes como os parâmetros de vitalidade reflectem o contexto ecológico do local. Nesta tarefa utilizou-se como biomonitor o musgo aquático *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw., um dos organismos mais usados na biomonitorização da qualidade da água, essencialmente na monitorização de metais pesados (Sérgio et al., 1992; Mersch e Reichard, 1997; Vázquez et al., 1999; Cenci, 2000; Figueira, 2002; Martins et al., 2004).

Metodologia

A avaliação do grau de poluição das linhas de água será efectuada através da análise do conteúdo em metais pesados e parâmetros ecofisiológicos de musgos aquáticos expostos às águas em estudo.

Locais de amostragem

A maior parte dos usos do solo da região de estudo estão associados à agricultura, com actividades que produzem subprodutos poluentes para os cursos de água. Assim, considerando as 3 principais ribeiras afluentes da Lagoa de Albufeira, foram seleccionadas 11 pontos de amostragem ao longo das linhas de água: Apostiça 1, 2, 3 e 4; Ferraria 1; Aiana 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Figura 41).

Preparação dos biomonitores

Tal como em trabalhos anteriores realizados nas linhas de água de Melides (Freitas et al., 2008), utilizámos como biomonitor a espécie *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw, um musgo aquático amplamente utilizado em vários estudos de biomonitorização da qualidade da água em vários países, sendo um dos indicadores recomendados pela EU para este tema (Martins et al., 2004). Tendo como referência trabalhos anteriores, a recolha de material base dos

transplantes (*F. antipyretica*) foi realizada, mais uma vez, na ribeira de Arronches no Parque Natural da Serra de S. Mamede. Assim, esta recolha foi realizada em locais onde: 1) se verificou a existência da espécie em quantidade adequada ao estudo e sem pôr em causa as populações existentes; 2) não existem fontes de contaminação industrial, de gado ou doméstica; 3) o volume de água da ribeira é suficiente para os indivíduos estarem totalmente imersos na fase final do período seco. A recolha do musgo aquático no local controlo fez-se nos dias anteriores à sua colocação na área de estudo. As amostras de musgos foram transportadas do local controlo para o laboratório em caixas refrigeradoras e em água da própria ribeira para evitar a proliferação de microrganismos e a competição por nutrientes.

Os transplantes de *F. antipyretica* foram feitos seguindo o esquema proposto por Cenci (2000), colocando o musgo num saco de rede de nylon. Antes de seguirem para a sua colocação nas ribeiras alvo, duas amostras controlo foram colocadas de parte, sendo realizados testes de vitalidade em laboratório e posteriormente desidratadas e guardadas para posteriores análises de metais.

Colocação e recolha de biomonitores

A colocação dos transplantes de musgo nos 11 locais de amostragem (Figura 41) fez-se introduzindo-os na água em estudo e prendendo-os a troncos ou rochas que se encontravam no leito ou nas margens do local de amostragem (recorrendo a fio de pesca). O seu transporte desde o laboratório até ao campo fez-se em caixas refrigeradoras. A colocação dos transplantes nos pontos de amostragem foi efectuada nos dias 17 de Março 2011 (referido no 2º relatório de progresso), 20 de Agosto de 2012 e 20 Novembro 2012 (3 campanhas). Foram recolhidos os transplantes de 17 de Março de 2011 a 17 de Junho 2011 (referido no 3º relatório de progresso) e os de 20 Agosto 2012 a 20 de Novembro 2012. Desta forma, os transplantes estiveram expostos 3 meses em dois períodos distintos.

Análise de Vitalidade

A vitalidade dos biomonitores, medida através da fluorescência da clorofila a, pode ser considerada como um estimador integrado do stress ao qual o organismo está submetido e como tal reflectir de uma forma mais directa o “estado de saúde” do sistema aquático quando comparado apenas com as análises químicas da água.

As amostras de transplantes de musgos aquáticos, após o período de exposição, foram submetidas a uma análise de vitalidade imediatamente a seguir à sua recolha nas ribeiras. A análise de vitalidade corresponde à medição do parâmetro Fv/Fm, da fluorescência da clorofila a, que é uma medida integradora do estado geral do musgo aquático, reflectindo todas as perturbações a que a amostra esteve sujeita durante o período de exposição nas ribeiras. Para isso utilizou-se o fluorómetro portátil (Photosynthesis Yield Analyzer, MINI-PAM 101, Walz Effeltrich, Alemanha). Garantindo previamente que as amostras estavam sempre totalmente hidratadas, estas foram adaptadas ao escuro durante 10 minutos, para maximizar a oxidação

da quinona, aceitador primário de electrões do fotossistema II (PSII). Após este período, mediu-se a fluorescência mínima (F0) originada pela abertura dos centros reactivos do PSII como consequência de uma luz fraca vermelha proveniente do Mini-Pam seguida de uma luz saturante que origina a fluorescência máxima (Fm) causada pelo fecho dos centros reactivos do PSII. A fluorescência variável (Fv) é a diferença entre a Fm e a F0 e esta é usada para se obter o parâmetro Fv/Fm. Para cada amostra foram efectuadas no mínimo 6 medições de vitalidade em diferentes talos de musgos.

Até à data foram realizadas as medidas de vitalidade das amostras recolhidas a 17 de Junho 2011 (entregável 3.2.2.1.a do 3º relatório de progresso) e a 20 Novembro 2012, e ainda de mais 2 controlos de cada campanha.

Os resultados de poluentes referentes a todas as campanhas serão fornecidos no 6º relatório.

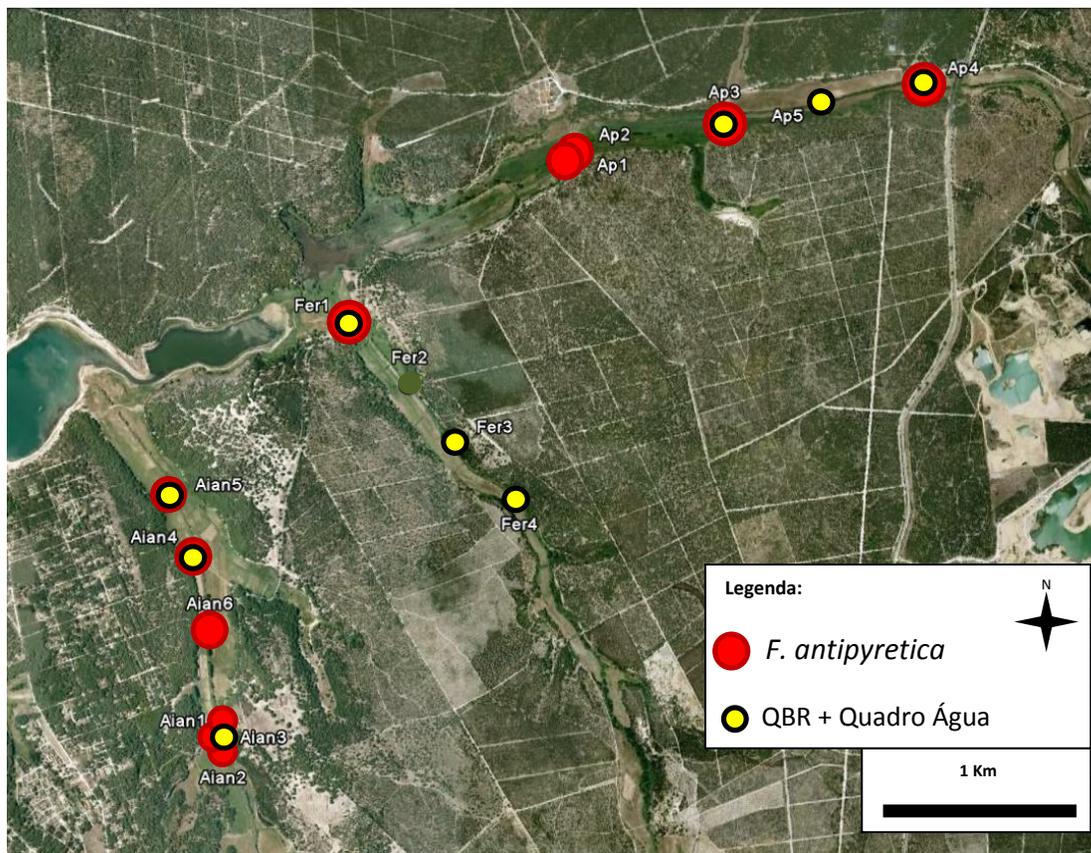


Figura 41. Locais de amostragem de biomonitorização das Ribeiras da Apostiça (Ap), Ferraria (Fer) e Aiana (Aian): pontos de transplantes de *F. antipyretica* e avaliação da qualidade ribeirinha (QBR e Parâmetros do Quadro de Água).

O Entregável 3.2.2.1a: *Tabela com os dados de parâmetros fisiológicos correspondente a cada ponto de amostragem recolhida a 17 de Junho de 2011 e a 20 de Novembro de 2012* – é apresentado como anexo a este documento em arquivo de formato Excel (.xls).

➔ **Proposta de actualização do cronograma de trabalhos**

Prevê-se que esta tarefa seja concluída durante o próximo semestre.

3.2.2.2 Monitorização do fitoplâncton

Este relatório apresenta os resultados obtidos durante a campanha de amostragem de 31 de Outubro de 2012. A monitorização do fitoplâncton foi efectuada em concordância com a amostragem pré-definida (Figura 42 e Tabela 18). Nas estações A, B, C e D foi colhida água superfície e fundo. Nas estações M1, JA, JB, C' e B' foi colhida apenas à superfície.



Figura 42. Estações de colheita e fitoplâncton da Lagoa na campanha de amostragem de Outubro 2012.

Tabela 18. Estações de colheita, coordenadas e horas na campanha de amostragem de Outubro 2012.

Pontos	Coordenadas			Hora
A	29 S	486913.00 mE	4263729.00 mN	10:07
B	29 S	485927.00 mE	4263403.00 mN	11:04
D	29 S	484580.00 mE	4262615.00 mN	13:18
M1	29 S	484645.00 mE	4262777.00 mN	13:40
JA	29 S	484854.00 mE	4262606.00 mN	13:50
JB	29 S	485043.00 mE	4262840.00 mN	14:10
C'	29 S	485160.00 mE	4262955.00 mN	14:15
C	29 S	485229.00 mE	4263065.00 mN	14:20
B'	29 S	485691.00 mE	4263274.00 mN	14:46

Matéria em suspensão

Métodos

Para a determinação da matéria particulada em suspensão (SPM), foram recolhidas amostras de água em triplicado, filtradas através de filtros de fibra de vidro GF/C 47mm de diâmetro e 0,7 µm de abertura de poro (Whatman), previamente pesados, sendo subsequentemente secos a 80°C durante 24 horas e posteriormente pesados novamente.

Resultados

Os valores de matéria particulada em suspensão (SPM, mg L⁻¹) na coluna de água observados durante esta amostragem (Figura 43) apresentam valores similares em todas as estações, sendo a estação C, localizada no centro da lagoa, a que registou os valores mais elevados relativamente aos outros pontos de amostragem (máximo: 50,7 mg/L).

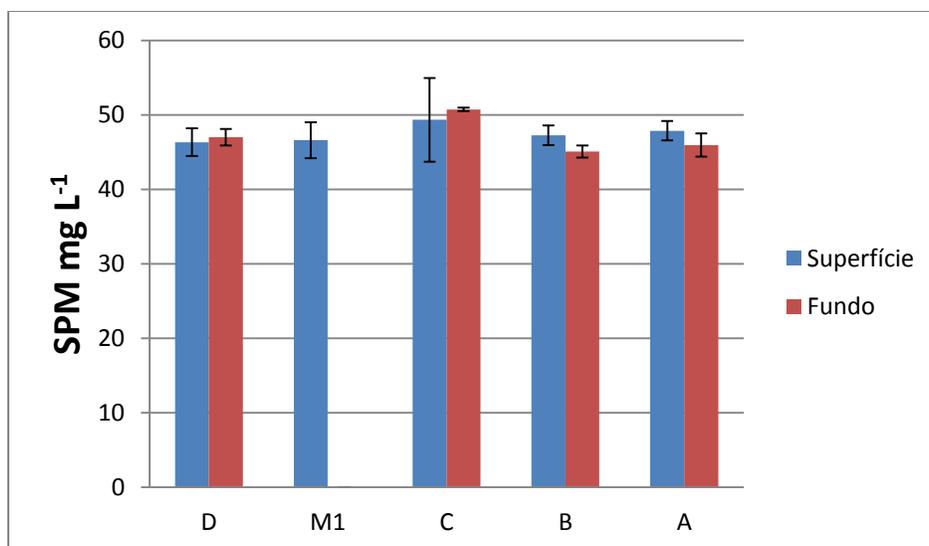


Figura 43. Matéria particulada em suspensão (mg L^{-1}) à superfície e fundo da coluna de água, nos pontos de amostragem. Barras de erro referem-se ao erro-padrão.

Biomassa fitoplanctónica

Métodos

A biomassa fitoplanctónica presente na lagoa foi determinada indirectamente através da concentração de Clorofila a por volume de água (i.e. $\mu\text{g Chl a L}^{-1}$), de acordo com o protocolo da amostragem e análise para o fitoplâncton (INAG, 2009). À chegada ao laboratório, as amostras de água foram filtradas utilizando um filtro de fibra de vidro GF/F Whatman® (0,7 μm de poro e 47 mm de diâmetro), imediatamente congelado a uma temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posterior análise. A extração da clorofila a foi feita em 5 mL de acetona a 90%, sendo o filtro macerado com uma vareta de vidro e submetido a ultra-sons durante 1 minuto, seguindo-se um período de extração de 24h a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Passado esse período, a amostra foi centrifugada a 4000 rpm, durante 15 minutos a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. O sobrenadante que foi depois analisado num espectrofotómetro Shimadzu® UV-1603. Os valores da concentração de clorofila a e dos feopigmentos foram obtidos antes e depois da acidificação com 0,5 M HCl (12 μL de HCl para 1 ml de extracto), respectivamente e seguindo o protocolo descrito por Lorenzen (1967). Com este método, a clorofila a activa é distinguida dos seus produtos de degradação, os feopigmentos. A determinação destes últimos é aconselhável num ecossistema onde geralmente se acumulam detritos vegetais, como é o caso de lagoas costeiras.

Resultados

Os valores de Clorofila a registados para as nove estações indicam que a coluna de água não é homogénea em termos de biomassa, com valores consistentemente mais altos à superfície do que no fundo da Lagoa. A concentração de Clorofila a à superfície nunca ultrapassou o valor

de $6 \mu\text{g L}^{-1}$, sendo os valores mais elevados registados na estação mais a montante (Figura 44 e Tabela 19).

A concentração de Feopigmentos atingiu um pico próximo dos $20 \mu\text{g L}^{-1}$ nas amostras de água da superfície também na estação A, o que é indicativo da elevada quantidade de detritos vegetais na Lagoa Pequena. É interessante notar que os valores de Clorofila e de Feopigmentos são mais elevados na estação JB situada no eixo central da Lagoa Grande.

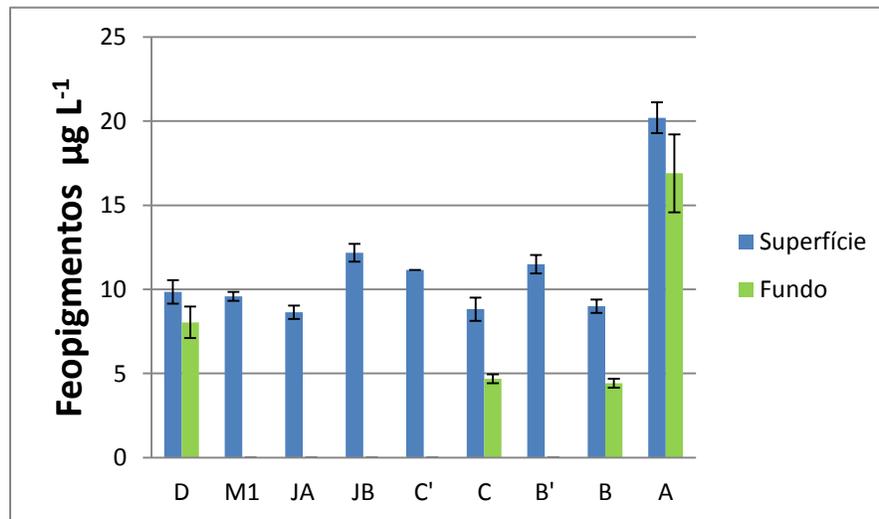


Figura 44. Variação espacial da concentração de Clorofila a e de Feopigmentos ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas estações A, B, C, D, M1, JA, JB, C' e B' da Lagoa de Albufeira na campanha de amostragem de Outubro 2021. Barras de erro referem-se ao erro-padrão.

Caracterização da Comunidade Fitoplanctónica

Métodos

Uma vez que cada classe taxonómica tem um conjunto de pigmentos associado (Figura 45), a determinação da composição taxonómica do fitoplâncton presente na Lagoa de Albufeira foi efectuada através da análise dos pigmentos fotossintéticos na coluna de água por HPLC, em todas as estações. Para tal, as amostras de água, assim que chegaram ao laboratório, foram filtradas utilizando um filtro de fibra de vidro GF/F Whatman® ($0,7 \mu\text{m}$ de poro e 47 mm de diâmetro), imediatamente congelado em azoto líquido e transferido para uma temperatura de $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ para posterior análise em HPLC (cromatografia líquida de alta precisão). O equipamento utilizado consistiu num sistema Shimadzu®, equipado com bombas LC-10AVP, um detector de absorvância “arranjo de díodos” modelo SPD-M10AVP e um detector de fluorescência RF-10A \times L; a coluna utilizada foi Supelcosil LC-18, de 25 cm de comprimento, com partículas de $4,6 \text{ mm}$ de diâmetro. A extracção de pigmentos foi efectuada em metanol

95% (2% acetato de amónio) durante 30 minutos a -20°C . O método de eluição utilizado foi adaptado de Kraay et al.(1992) e segundo Brotas & Plante-Cuny(1996).

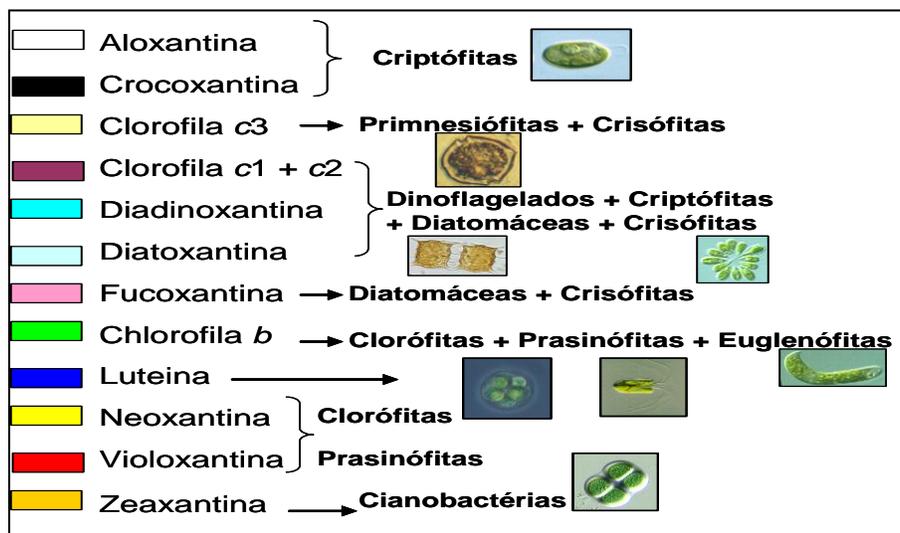


Figura 45. Correspondência dos diversos pigmentos identificados por HPLC com as classes de algas fitoplanctónicas que os contêm. As espécies representadas são apenas exemplos da classe à qual estão anexas.

Como indicadores das diversas classes, utilizou-se a Peridinina para os Dinoflagelados, a Fucoxantina para as Diatomáceas, a Clorofila b para as Clorófitas, a Aloxantina para as Criptófitas e a Zeaxantina para as Cianobactérias. A abundância relativa de cada uma destas classes é dada pela razão entre o respectivo pigmento diagnosticante e a soma do conjunto dos cinco pigmentos. Note-se que a Clorofila b pode ser proveniente não só das Clorófitas mas também de detritos vegetais, pelo que a interpretação dos resultados obtidos através desta metodologia deve ser ponderada com outra informação acerca do ecossistema.

Resultados

A Figura 46 ilustra a distribuição relativa das principais classes presentes nas estações estudadas, estando os valores listados na tabela fornecida com o entregável em anexo. Observou-se uma relativa homogeneidade na composição fitoplanctónica das amostras de água superficial. Em todas as estações há uma clara dominância das diatomáceas, e a reduzida presença de cianobactérias. As estações de superfície têm uma contribuição dos dinoflagelados considerável, sendo as estações M1, JA e C as que têm os valores mais altos.

O Entregável 3.2.2.2.a: *Tabela com os dados de parâmetros fisiológicos correspondente a cada ponto de amostragem recolhida a 17 de Junho de 2011 e a 20 de Novembro de 2012* – é apresentado como anexo a este documento em arquivo de formato Excel (.xls).

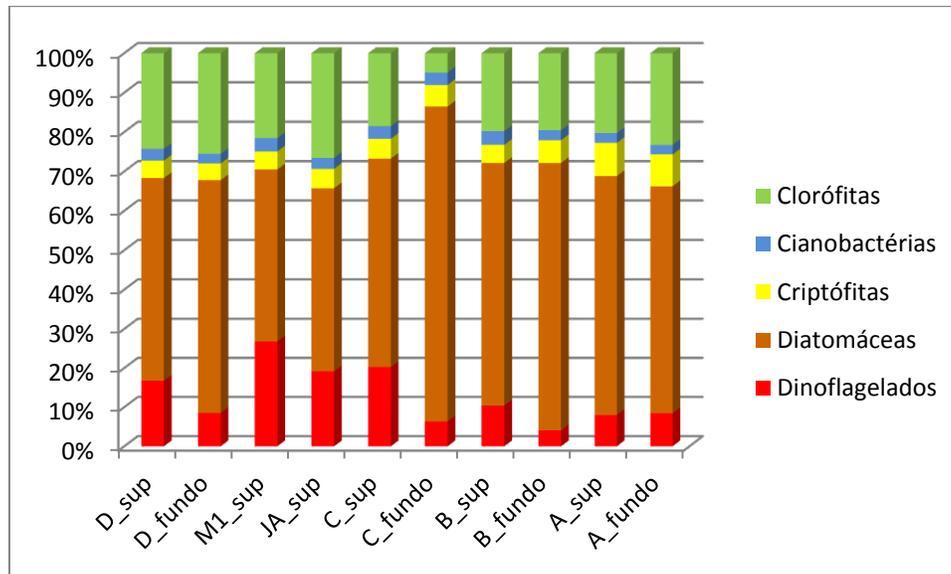


Figura 46. Abundância relativa das classes Fitoplantónicas a partir da composição pigmentar das amostras.

Tabela 19. Dados de fitoplâncton referentes à campanha de 31 de Outubro de 2012.

	Espectrofotómetro			HPLC					
	SPM unidades	Chl a	Pheop a	Chl a	Fuco	Peridin	Aloxan	Zeaxan	Chl b
D_Sup	46,33	3,79324	9,85037	2,864	0,813	0,264	0,070	0,047	0,283
D_Fun	47,00	2,97308	8,040565	2,584	0,943	0,136	0,067	0,039	0,250
M1_Sup	46,60	3,74198	9,589255	2,905	0,732	0,449	0,077	0,057	0,306
Ja_Sup		3,48568	8,6345	2,544	0,679	0,279	0,072	0,041	0,298
Jb_Sup		4,8697	12,17641						
C'_Sup		4,25458	11,14795						
C_Sup	49,33	3,17812	8,82191	2,313	0,678	0,259	0,064	0,041	0,237
C_Fun	50,73	1,33276	4,68407	0,984	0,474	0,038	0,032	0,019	0,029
B'_Sup		4,40836	11,49277						
B_Sup	47,27	3,3319	8,99132	2,709	0,849	0,143	0,063	0,048	0,316
B_Fun	45,07	1,23024	4,424955	1,020	0,510	0,031	0,043	0,019	0,238
A_Sup	47,87	6,1512	20,19527	6,425	2,306	0,303	0,320	0,094	1,059
A_Fun	45,93	5,3823	16,89248	6,035	2,225	0,326	0,312	0,093	1,170

3.2.2.3 Monitorização do estado da flora e da vegetação na Lagoa de Albufeira e zona envolvente

Todo o trabalho correspondente a esta tarefa já foi efectuado, dando-se por concluída.

O entregável 3.2.2.3. *Relatório sobre a Monitorização do estado da flora e da vegetação na Lagoa de Albufeira e zona envolvente*, é apresentado como anexo a este relatório, em formato pdf. Inclui todas as tabelas e listas referidas em sede de proposta (entregável 3.2.2.3.a-f). A cartografia da vegetação é apresentada ainda em formato .lyr e em .shp.

3.2.2.4 Caracterização da comunidade bentónica

Durante este semestre realizou-se mais uma campanha de amostragem, a 11 de Setembro de 2012, e procedeu-se à continuação do processamento das amostras recolhidas anteriormente pela equipa técnica da FFCUL. Será realizada mais uma campanha na Primavera de 2013, antes da abertura ao mar da Lagoa.

3.2.2.5 Caracterização da comunidade de peixes

Durante este semestre realizou-se mais uma campanha de amostragem, a 11 de Setembro de 2012, e procedeu-se à continuação do processamento das amostras recolhidas pela equipa técnica da FFCUL. Será realizada mais uma campanha na Primavera de 2013, antes da abertura ao mar da Lagoa.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

O tempo requerido para o processamento dos dados revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final do entregável relativa a este item no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

3.2.3 Integração de toda a informação obtida

Esta tarefa teve início este semestre. No próximo relatório será apresentada a integração de toda a informação físico-química e biológica obtida.

3.3 Estudo da capacidade de suporte do sistema lagunar face à actividade de miticultura ali instalada

3.3.1 Monitorização da qualidade dos sedimentos do fundo lagunar

No quinto semestre do projecto, completou-se a amostragem de sedimentos do fundo lagunar de modo a colmatar as falhas existentes nas amostragens efectuadas nesta laguna entre 1990 e 2005, referidas no relatório anterior.

Durante o período compreendido entre Junho e Julho de 2012 efectuaram-se duas campanhas de recolha de sedimento superficial da Lagoa de Albufeira (Tabela 20), em situação de barra aberta, com recurso a uma draga Van Veen a partir de uma embarcação, tendo-se obtido um total de 22 amostras distribuídas ao longo da Lagoa Grande como se ilustra na Figura 47.

Tabela 20. Campanhas de amostragem de sedimento superficial da Lagoa de Albufeira entre Junho e Julho.

Data da Campanha	Nº de amostras	Amostras	Situação da barra
03 de Julho de 2012	8	12-00-LA, 12-04-LA, 12-14-LA, 12-14A-LA, 12-16A-LA, 12-17-LA, 12-19-LA, 12-J5-LA	aberta
25 de Julho de 2012	14	12-05-LA, 12-06-LA, 12-07-LA, 12-08-LA, 12-09-LA, 12-10-LA, 12-11-LA, 12-12-LA, 12-13-LA, 12-15-LA, 12-J6A-LA, 12-J6B-LA, 12-J7A-LA, 12-J7B-LA	aberta

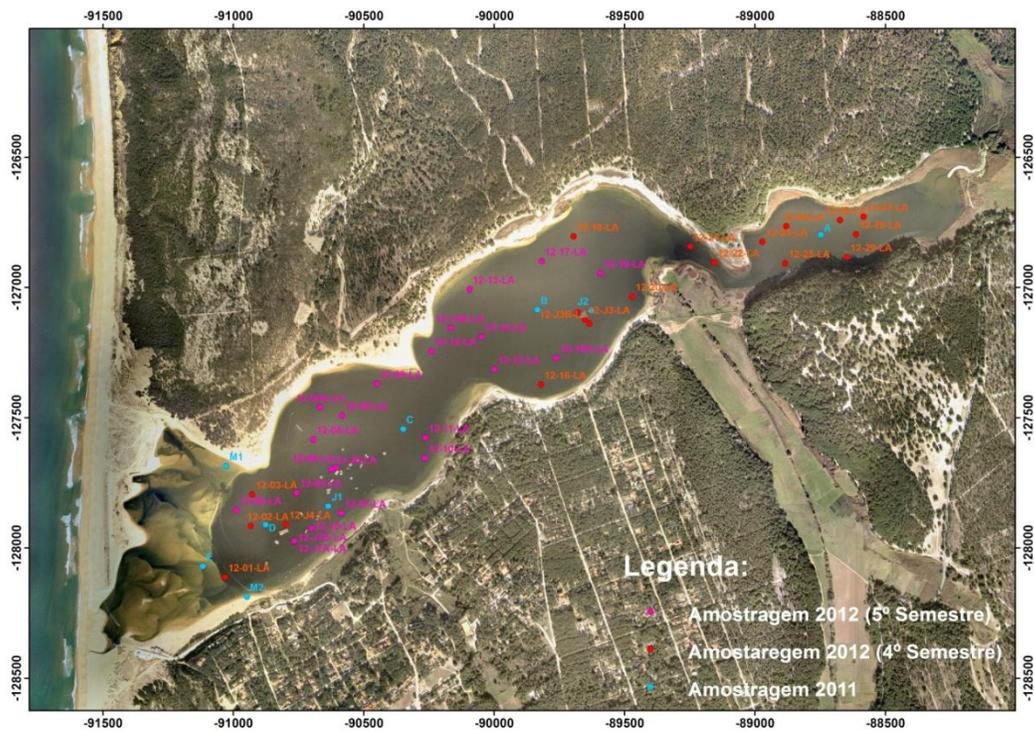


Figura 47. Localização das estações de recolha de sedimentos de fundo na Lagoa de Albufeira em 2011 e 2012.

Todas as amostras recolhidas foram submetidas a tratamento laboratorial para a determinação da sua textura (separação por via húmida das frações superior e inferior a 63µm), teor em matéria orgânica (por queima na mufla a 500 ° C, durante 2 horas) e em carbonato de cálcio (método gasométrico com recurso a um calcímetro de Eijkelkamp).

De modo a avaliar o contributo do material produzido pela espécie *Mytilus edulis* nos sedimentos do fundo lagunar, no dia 31 de Outubro de 2012, colocou-se uma armadilha de sedimento, constituída por 20 recipientes de recolha, entre as cordas da jangada de miticultura existente na elipse leste da Lagoa de Albufeira, e suspensa a 6 metros de profundidade relativamente ao plano de água lagunar. A cota do plano de água no presente dia era de 1,3-1,4m (n.m.m.), estando a laguna em situação de barra fechada. Efectuaram-se campanhas de monitorização do material depositado nos recipientes de recolha, para avaliar a sua tipologia e quantidade, a 7 de Novembro de 2012, a 31 de Novembro de 2012 e a 27 de Dezembro de 2012.

O Entregável 3.3.1a: *Relatório contendo resultados e interpretação dos contrastes texturais e composicionais observados no terreno e decorrentes da actividade da miticultura. Cartografia dos diversos parâmetros analisados*, é apresentado como anexo a este documento em formato Adobe Acrobat (.pdf).

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

O tempo requerido para o processamento dos dados revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final do entregável relativa a este item no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

3.3.2 Monitorização do fitoplâncton

Os desenvolvimentos nesta tarefa durante o quinto semestre estão referidos no item 3.2.2.2.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

O tempo requerido para o processamento dos dados revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final do entregável relativa a este item no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

3.3.3 Monitorização dos invertebrados bentónicos

Durante este semestre realizou-se mais uma campanha de amostragem, a 11 de Setembro de 2012, em área sob influência das jangadas e afastada das jangadas; procedeu-se à continuação do processamento das amostras recolhidas pela equipa técnica da FFCUL. Será realizada mais uma campanha na Primavera de 2013, antes da abertura ao mar da Lagoa.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

O tempo requerido para o processamento dos dados revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final do entregável relativa a este item no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

3.3.4 Estudo da componente parasitológica

Durante este semestre realizou-se mais uma campanha de amostragem, a 11 de Setembro de 2012. Relativamente a esta campanha, neste semestre efetuaram-se as seguintes tarefas:

Exame a fresco:

No exame anatomopatológico não foram identificadas quaisquer lesões ou alterações quer na concha quer nas partes moles do corpo. Os animais apresentavam uma coloração normal, creme claro, das partes moles do corpo e o seu estado de carnes era sobretudo - Magro +(90% dos exemplares).

Exame citológico:

Tendo em vista o despiste da Marteliose, parasitose que afecta a população selvagem de mexilhão em toda a costa portuguesa e particularmente incidente em sistemas de produção aquícola, foram efectuados esfregaços por aposição da Glândula Digestiva (G.D.) de todos os exemplares em análise. Seguindo o protocolo em uso no laboratório, as preparações foram fixadas em metanol e coradas pelo método «Hemacolor».

O exame destas preparações revelou que a parasitose apresentou uma incidência de 60% na amostra, com prevalências baixas - grau 5 (máximo) em 0%; grau 4 – 3%; grau 3 – 12%; grau 2 – 26% e grau 1 (mínimo) – 19%, ausente 40%.

Exame Histológico:

Seguindo os protocolos em uso no Laboratório, foram feitas preparações histológicas dos 25 exemplares recolhendo peças de 0,5cm de espessura, através de dois cortes paralelos transversais da região média do corpo, por forma a cobrir o maior número de órgãos para o exame. As peças foram fixadas em Davison cortadas a 3 μ e coradas com Hematoxilina-Eosina. Este exame permitiu avaliar o estado de maturação e rácio sexual dos indivíduos constatando-se que se 90% encontravam-se em fase de repouso sexual e 10% em pós desova. Foram identificados 10 machos, 7 fêmeas e 8 não identificados.

O exame histológico confirmou um grau de incidência superior (65%) da Marteliose ao observado em citologia, com prevalências idênticas.

Para além desta parasitose forma ainda identificados dois exemplares parasitados com o copépode *Mytilicola intestinalis*; um exemplar com um platelminta comensal, *Turbellaria* sp, no tecido branquial e diversos ciliados parasitas no interior dos túbulos da GD de 9 indivíduos, maioritariamente pertencentes ao género *Ancistrum* .

Para além dos aspectos atrás referidos observou-se uma vacuolização generalizada nos epitélios de revestimento das paredes dos túbulos e ductos da GD e noutros casos a metaplasia destas estruturas. Noutros exemplares onde a fase esporulativa da Marteliose era mais intensa a destruição de todo o parênquima daqueles órgãos era patente e quase sempre associada a vastas áreas de necrose.

Por fim observou-se uma inflamação generalizada do tecido conjuntivo vacuolar em cerca de 20% dos indivíduos. As lesões aparecem como infiltrações hemocitárias difusas, por vezes granulomatosas, mais ou menos discretas e em alguns casos associadas à presença da Marteliose. Foram também identificados corpos eosinófilos nas células digestivas dos divertículos digestivos cujo lúmen se encontrava preenchido com abundantes debris celulares. O apresenta abundantes formações adipogranulares dispersas na maior parte dos indivíduos, provavelmente associadas estado fisiológico/reprodutivo dos indivíduos.

Diagnóstico

O quadro nosológico é negativo embora mais benigno quando comparamos com os observados noutras alturas do ano e sobretudo em anos de maior stress ambiental daquela população. De facto a incidência da Marteliose, patologia que esta espécie tolera relativamente bem, é elevada embora com prevalências muito baixas. As restantes patologias são de pouca gravidade.

Os resultados apresentados revelam por outro lado um quadro típico de uma população em fase fisiológica muito debilitada, aparentemente motivada por um período de postura recente.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

O tempo requerido para o processamento dos dados revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final do entregável relativa a este item no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

3.3.5 Integração da monitorização dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso

Na campanha de 04 de Abril de 2012, foram medidos os parâmetros físico-químicos da água junto à única jangada de miticultura existente na elipse leste da Lagoa de Albufeira, verificando-se que a temperatura da água aumenta da superfície (17°C) até aos 2,5m começando a decrescer até ao fundo lagunar (16°C); porém a diferença é somente de 1°C. Existe um aumento desde a superfície até ao fundo lagunar da salinidade e da condutividade; nos 7m superficiais a água é polihalina (22,4-30,0‰) com valores de condutividade entre 36-47mS/cm, nos restantes 2,5m de coluna de água esta é euhalina (30-30,5‰) com valores de condutividade de 47-48mS/cm. O OD e a saturação em OD apresentam um decréscimo ligeiro desde a superfície até aos 4,5m, variando de 8,6 para 7,8mg/l e de 102 para 93%, respetivamente; havendo posteriormente uma acentuada redução destes parâmetros até que abaixo dos 8,5m de profundidade deixa de haver oxigénio dissolvido na água (anoxia) – ver 4º Relatório de Progresso (Junho de 2012).

Na campanha de 11 de Maio de 2012, a estação J4, corresponde à medição dos parâmetros físicos da água nas imediações de uma jangada de miticultura, cuja estação pré-estabelecida mais próxima é a estação D. O perfil de variação vertical da temperatura e da salinidade da estação J4 mimetiza o perfil de variação vertical da estação D, havendo um decréscimo da temperatura à superfície em direcção ao fundo lagunar, de 20 para 17°C; a salinidade aumenta ligeiramente de 31,3 para 32,5‰ (águas euhalinas). Relativamente à condutividade, esta aumenta em profundidade, à semelhança da temperatura, com os valores desde 49 a 51mS/cm; a exceção são os valores de 57mS/cm entre 1,5 e 2m de profundidade. Nos 3m superficiais da coluna de água da estação J4 os teores de OD e de saturação em OD são 4,2-6,3mg/l e 54-80%, respetivamente; estes parâmetros apresentam valores inferiores na restante coluna (OD:2,1-4,0mg/l; saturação em OD: 26-51%). Em toda a profundidade estamos perante água alcalina, cujos valores de pH decrescem ligeiramente da superfície (8,3) para o fundo (8,1). A luz consegue penetrar até 8,21m de profundidade, o que corresponde a 62% da coluna de água (13,2m) – ver 4º Relatório de Progresso (Junho de 2012).

Na campanha efectuada a 03 de Julho de 2012, mediram-se os parâmetros relativos à Estação J5 adjacente a uma jangada de miticultura na elipse oeste da Lagoa Grande (ver item 3.2.1.). A variação em profundidade dos parâmetros analisados é idêntica à observada na Estação D, estação pré-estabelecida mais próxima; somente para o oxigénio dissolvido e para a saturação em oxigénio dissolvido é que se observam valores de um modo geral mais baixos nesta

estação comparativamente à Estação D. É na estação J5 que a luz consegue atravessar a coluna de água até maiores profundidades (3,4m) – ver Entregáveis 3.2.1.1.a.

Na campanha efectuada a 31 de Outubro de 2012, mediram-se os parâmetros relativos às Estações JA e Mex, adjacentes a jangadas de miticultura na elipse oeste e leste da Lagoa Grande, respectivamente (ver item 3.2.1.). A Estação Mex, tem com estação pré-estabelecida mais próxima a estação B. O perfil de variação vertical da temperatura, da salinidade, da condutividade e do total de sólidos dissolvidos da estação Mex mimetiza o perfil de variação vertical da estação B, apresentando valores constantes dos quatro parâmetros mencionados ao longo da coluna de água de 18°C, 34-35‰ (águas euhalinas), 45-46mS/cm e 34g/l, respectivamente. Nos 3m superficiais da coluna de água da estação Mex os teores de oxigénio dissolvido e de saturação em oxigénio dissolvido são ~9mg/l e 112-115%; estes parâmetros apresentam valores inferiores na restante coluna decrescendo até 4,5mg/l e 46%, respectivamente. Em toda a coluna estamos na presença água alcalina, exceto junto ao fundo lagunar, com os valores de pH a decrescer ligeiramente da superfície (8,2) para o fundo (7,9). Os valores de turbidez em toda a coluna de água, com exceção no meio metro mais profundo, variam entre 0,5 e 1,0NTU; e a luz consegue penetrar até 2,0m de profundidade, o que corresponde a 20% da coluna de água (10m) – ver Entregáveis 3.2.1.1.a.

A Estação JA está próxima das estações pré-estabelecidas C e D. A coluna de água é considerada homogénea relativamente aos seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura (17-18°C), salinidade (34-35‰, águas euhalinas), condutividade (45mS/cm), pH (8,0-8,2, águas alcalinas), total de sólidos dissolvidos (34g/l) e turbidez (0,5-0,9NTU, somente à superfície e nas proximidades do fundo lagunar é que a turbidez apresenta valores >1NTU), cujos perfis são similares aos obtidos nas Estações C e D. Até aos 5m de profundidade o oxigénio dissolvido é de ~9mg/l decrescendo em direção ao fundo lagunar até 5mg/l; a sobressaturação em oxigénio dissolvido da coluna de água ocorre desde a superfície (114%) até aos 6-7m de profundidade, e a menor saturação em oxigénio dissolvido ocorre junto ao fundo lagunar (62%). A penetração da luz na coluna de água efectua-se até aos 2,2m, correspondendo à mesma percentagem de coluna de água atravessada por luz na Estação C (16%) - ver Entregáveis 3.2.1.1.a.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

O tempo requerido para o processamento dos dados revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final do entregável relativa a este item no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

3.3.6 Definição da capacidade de carga da Lagoa de Albufeira para a miticultura

Esta tarefa teve início este semestre. No próximo relatório será apresentada a integração de toda a informação físico-química e biológica obtida.

3.4 Definição das zonas de dragagem das áreas assoreadas

3.4.1 Comparação de levantamentos topo-hidrográficos

Em conformidade com o referido no relatório anterior, não houve desenvolvimentos nesta tarefa durante o 4º semestre do projecto.

3.4.2 Definição da volumetria e da área a dragar

Foi dado início a esta tarefa. Foram seleccionadas 8 batimetrias de entre os resultados do modelo morfodinâmico apresentados em 3.1.5 e simulada a hidrodinâmica para estas 8 situações. Pretende-se com estas simulações identificar eventuais zonas de estrangulamento do escoamento que justifiquem dragagens localizadas. Estes resultados estão em análise.

No 1º semestre de 2013, comparar-se-á o levantamento efectuado em 2010 com o levantamento a efectuar no início de 2013.

3.4.3 Realização de sondagens nas áreas a dragar

Durante este semestre foi efectuada uma compilação sobre os dados já existentes relativamente a sondagens realizadas pela equipa da FCUL na Lagoa de Albufeira (LA 11 e LA19, Figura 48) a 25 de Abril de 2003.

De cada local existem duas réplicas, usadas para estudos sedimentológicos e geoquímicos:

LA11 – Sedimentologia – 96cm, geoquímica – 104cm;

LA19 - Sedimentologia – 84cm, geoquímica – 85cm.

Foram compilados e analisados resultados dos parâmetros sedimentológicos texturais e composicionais (pH, percentagem de elementos grosseiros (>63µm), teor em matéria orgânica e teor em carbonato de cálcio) e da análise geoquímica (elementos maiores, menores e traço, incluindo metais pesados) de cada sondagem (LA11 e LA9).

Foram igualmente compilados os dados de natureza geoquímica existentes para cerca de 40 amostras de sedimentos superficiais. A avaliação preliminar dos resultados aponta para valores de factores de enriquecimento relativamente a Cu, Ni, Cr, Zn e Pb inferiores a 1.5, nos sedimentos arenosos da embocadura da Lagoa de Albufeira. Constatou-se ainda que estes sedimentos são considerados material dragado limpo (classe 1) de acordo com DC-D.R. 141/1995 de 21 de Junho e na Portaria 1450/2007, de 12 de Novembro. Em face destes resultados, entende-se não ser necessário a realização de sondagens nestes sedimentos.

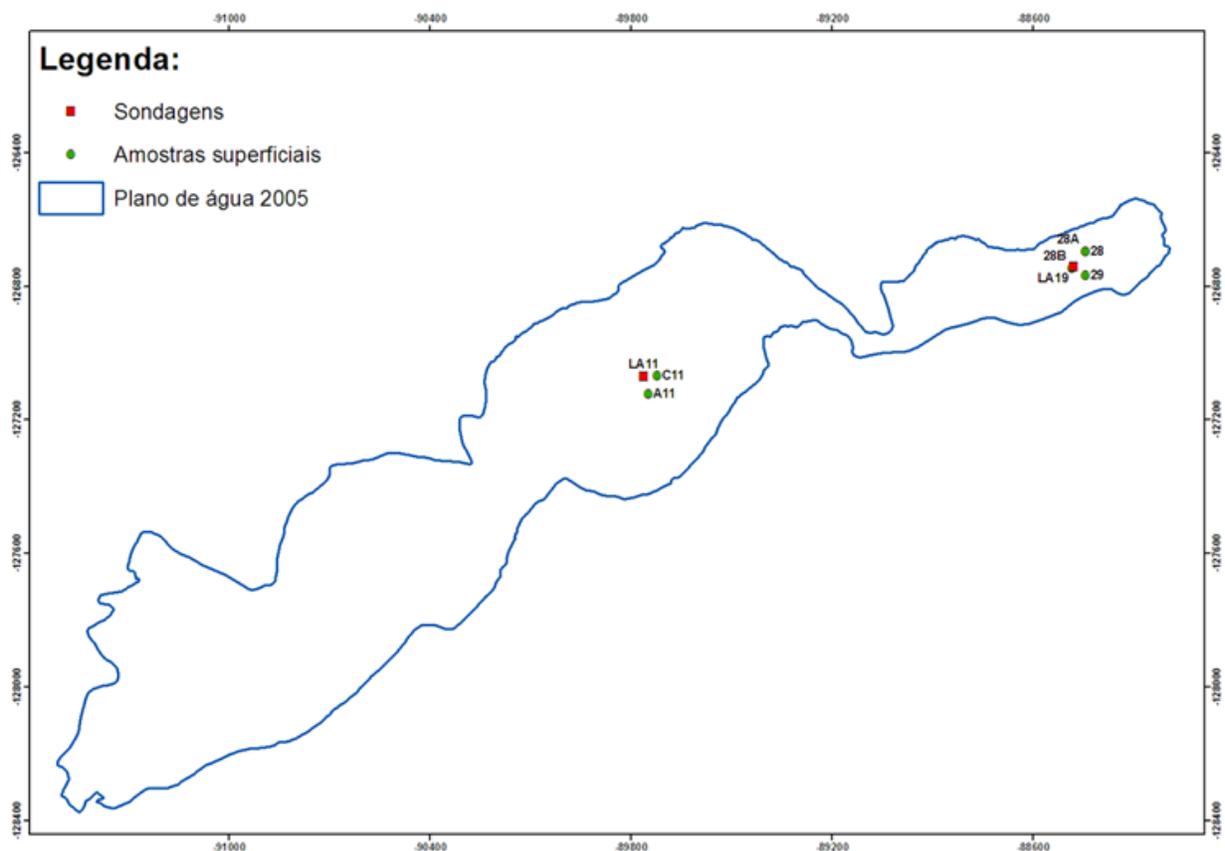


Figura 48. Localização esquemática das sondagens curtas LA 11 e LA 19.

No próximo relatório será apresentada a integração de toda a informação obtida.

3.4.4 Caracterização e comparação da hidrodinâmica da lagoa em diferentes configurações da embocadura

Não foi possível efectuar esta tarefa por dificuldades de vária ordem a que a FFCUL é alheia. No entanto, tentar-se-á compensar este atraso durante o tempo restante para a tarefa.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

De forma a clarificar o conteúdo dos trabalhos a realizar no âmbito desta tarefa, propõe-se a alteração da redacção do respectivo título para: “Caracterização e comparação da hidrodinâmica da lagoa em diferentes configurações da embocadura”.

O tempo requerido para o processamento computacional revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final do entregável relativa a este item no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

3.4.5 Estudo de incidências ambientais nos factores bióticos e abióticos

Esta tarefa teve início este semestre. No próximo relatório será apresentado o relatório com a análise das incidências ambientais.

→ Proposta de actualização da metodologia e cronograma de trabalhos

O tempo requerido para o processamento dos dados revelou-se maior do que inicialmente previsto, pelo que não foi possível finalizar a tarefa no prazo inicialmente previsto. Assim, propõe-se a entrega da versão final do entregável relativa a este item no final do sexto semestre do projecto, em Junho de 2013.

3.5 Definição dos locais de deposição dos dragados

3.5.1 Avaliação de alternativas para a colocação de dragados de natureza vasosa

Esta tarefa teve início este semestre. No próximo relatório será apresentado o relatório com a análise alternativas para colocação de dragados de natureza vasosa.

3.5.2 Avaliação de alternativas para a colocação de dragados de natureza arenosa

Esta tarefa teve início este semestre. No próximo relatório será apresentado o relatório com a análise alternativas para colocação de dragados de natureza arenosa.

4 Lista de Entregáveis

A tabela seguinte lista os entregáveis finalizados na terceira fase do projecto e os formatos em que são apresentados como anexos a este relatório, em suporte digital.

Tabela 21. Lista de Entregáveis e respectivos formatos. *Portable Document Format* (PDF); Geodatabase do ArgGis (GDB); Folha de Cálculo do Microsoft Excel (XLS); Arquivo de texto (TXT); Dados em bruto do GPS (GPS RAW); Imagem (JPG). n-número não definido.

Entregável	Formato					
	PDF	GDB		XLS ou TXT	GPS RAW	JPG
		Vectorial	Matricial			
1.1.5.b	1					
1.2.1.a	1	n				
1.2.2.1.a	1	n				
1.2.3.d	n			n	n	n
1.4.2.2.b	n			n	n	n
2.2.b	n			n	n	n
2.3.a	n			n	n	n
3.1.2.a	1					
3.1.5.a	1					
3.1.6.a						
3.1.8.a	1					
3.2.1.1.a	1			1		
3.2.1.2.a	1			1		
3.2.1.3.a				1		
3.2.2.1.a				1		
3.2.2.2.a				1		
3.2.2.3	1	1				
3.3.1.a	1					

5 Referências Bibliográficas

- Booij, N., Ris, R., Holthuisen, L. 1999. A third-generation wave model for coastal regions. I- Model description and validation. *Journal of geophysical research* 104, 7649–7666.
- Brotas, V., Plante-Cuny, M.-R. 1996. Identification et quantification des pigments chlorophylliens et caroténoïdes des sédiments marins: un protocole d'analyse par HPLC. *Oceanologica Acta* 19: 623-34.
- Cenci, R.M. 2000. The use of aquatic moss (*Fontinalis antipyretica*) as monitor of contamination in standing and running waters: limits and advantages. *J Limnol* 60:53-61.
- Figueira, R. 2002. Desenvolvimento de um sistema de biomonitorização ambiental. PhD thesis, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Freitas, M.C., Silva, C., Andrade, C., Cabral, H., Silva, J.M., Carvalho, M.R., Correia, O., Brotas, V., Vieira, A.R., Cruces, A., Wouters, N., Branquinho, C., Santos, P.R., Gameiro, C., Antunes, C. 2008. Projecto de Recuperação da Lagoa de Melides – Monitorização Ambiental. Relatório Final, Volume I – Memória Descritiva, 90 p; Volume II – Anexos, 87 p. Processo nº 491/2006, Anexo ao Protocolo estabelecido entre a CCDR-A e a FCUL. Lisboa.
- INAG, I.P. 2009. Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água - Protocolo de amostragem e análise para o fitobentos - diatomáceas. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.
- Jarrett, J.T., 1976. Tidal prism - inlet area relationships. *General Investigations of tidal inlets*. 1-28. Academic Press, New York. Rep. N°3, Coastal Eng. Research Center, Ft. Belvoir, VA, 32 p.
- Kraay, G.W., Zapata, M., Veldhuis, M.J.W. 1992. Separation of chlorophylls c-1, c-2, and c-3 of marine phytoplankton by reversed-phase-c18-high-performance liquid chromatography. *Journal of Phycology* 28:708–12.
- Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography* 12: 343-46.
- Marques, F.M.S.F. 1997. As arribas do litoral do Algarve. Dinâmica, Processos e Mecanismos. Tese de Doutoramento em Geologia, na especialidade de Geotecnia, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 556 pp.
- Marques, F.M.S.F. 2006. A simple method for the measurement of cliff retreat from aerial photographs. *Zeitschrift für Geomorphologie - Supplementbände*, 144, p. 39-59.
- Marques, F.M.S.F., Matildes, R., Redweik, P. 2011. Statistically based sea cliff instability hazard assessment of Burgau-Lagos coastal section (Algarve, Portugal). *Journal of Coastal Research*, SI 64, 927-931.
- Martins, R., Pardo, R. et al. 2004. Cadmium (II) and Zinc (II) adsorption by the aquatic moss *Fontinalis antipyretica*: effect of temperature, pH and water hardness. *Water Res* 38: 693-699.

McCowan, J. 1891. On the Solitary Wave. London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine, Vol. 32, pp. 45-58.

Mersch, J., Reichard, M. 1997. In situ investigation of trace metal availability in industrial effluents using transplanted aquatic mosses. *Archiv Environ Contam Toxicol* 34:336–342.

Oliveira, A., Fortunato, A.B., Rego, J.R.L. 2006. Effect of morphological changes on the hydrodynamics and flushing properties of the Óbidos lagoon (Portugal), *Continental Shelf Research*, 26(8): 917-942.

O'Brien, M.P. 1969. Equilibrium flow areas of inlets on sandy coasts. *Journal of Waterways and Harbour Division*, 95: 43-52.

Sérgio, C., Séneca, C., Máguas, C., Branquinho, C. 1992. Biological responses of *Sphagnum auriculatum* Schimp. to water pollution by heavy metals. *Cryptogamie, Bryologie et Lichenologie* 13: 155-163.

Sobreira, F.G., Marques, F.M.S.F. 1994. The relevance of sea cliff retreat assessment in hazard estimation: an example in the western coast of Portugal. 7th. Int. Cong of the I.A.E.G., 5-9 Sept. 1994, Lisbon. Proc., v. 4, p. 3119-3123, A. A. Balkema.

Vázquez, M.D., López, J., Carballeira, A. 1999. Uptake of heavy metals to the extracellular and intracellular compartments in three species of aquatic bryophyte. *Ecotoxicol Environ Saf* 44:12-24.

Zhang, Y., Baptista, A., Meyers, E. 2004. A cross-scale model for 3D baroclinic circulation, in Estuary-Plume-Shelf Systems: I. Formulation and skill assessment. *Continental Shelf Research*, 24, 2187-2214.

Sítios da internet (accedidos em Dezembro de 2012)

http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pooc/pooc.html

http://www.icn.pt/downloads/list_poocs_icn/POOC_SINTRA_SADO_list.htm

<http://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp>

<http://www.hidrografico.pt/>