

# GRUPO DE TRABALHO PARA OS SEDIMENTOS



**César Andrade, Aurora Rodrigues Bizarro, Celso Aleixo Pinto, Rui Taborda, André Couto, Luís Ivens Portela, Carlos Pina, Laudemira Ramos, António Rodrigues, Pedro Terrinha, Pedro Brito, Vítor Caldeirinha, Alexandre Santos Ferreira**

**Relatório final**

30 de setembro de 2015

---

**GRUPO DE TRABALHO DOS SEDIMENTOS**

---

**César Andrade**

(Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)

**Rui Taborda**

(Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)

**António Rodrigues**

(Agência Portuguesa do Ambiente)

**Celso Pinto**

(Agência Portuguesa do Ambiente)

**Carlos Pina**

(Laboratório Nacional de Engenharia Civil)

**Luís Ivens Portela**

(Laboratório Nacional de Engenharia Civil)

**Vítor Caldeirinha****Ernesto Carneiro\***

(Portos de Setúbal e Sesimbra e Associação dos Portos de Portugal)

**Alexandre Santos Ferreira**

(Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos)

**André Couto**

(Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos)

**Pedro Gancedo Terrinha****Pedro Brito \***

(Instituto Português do Mar e da Atmosfera)

**Aurora Rodrigues Bizarro**

(Instituto Hidrográfico)

**Laudemira Ramos**

(Gabinete do Secretário de Estado do Ambiente)

**\*Nas suas ausências e impedimentos**

## INTRODUÇÃO

No âmbito do despacho n.º 3839/2015, de 17 de abril do Secretário de Estado do Ambiente, foi constituído o Grupo de Trabalho para os Sedimentos, doravante designado por GTS, com a missão de desenvolver *“as diligências necessárias à preparação da execução de uma primeira ação de alimentação de elevada magnitude de areia (“shot” de areias) na zona costeira mais exposta à ação do mar”*.

A concretização desta medida passa, de acordo com o mesmo despacho, pela realização das seguintes tarefas:

- I) Identificação de locais prioritários para a realização da intervenção;
- II) Identificação da origem e caracterização das areias mobilizáveis para efeito de alimentação de praias, considerando as seguintes opções:
  - a) Depósitos em *stock* nos portos provenientes de dragagens anteriores;
  - b) Dragagens de manutenção/aprofundamento previstas nas áreas portuárias (2015-2020);
  - c) Transposição das barras de Aveiro e da Figueira da Foz com sedimentos das praias a barlamar;
  - d) Recursos sedimentares existentes na plataforma continental.
- III) Análise dos custos envolvidos e das possíveis fontes de financiamento;
- IV) Análise das bases para criação de mecanismos de colaboração entre as entidades portuárias e a Autoridade Nacional da Água.

### I) Identificação de locais prioritários para a realização da intervenção

Atendendo às conclusões do relatório elaborado pelo Grupo de Trabalho para o Litoral (GTL) (Santos et al., 2014) e ao conhecimento que atualmente se detém sobre as tendências de evolução das diferentes células costeiras, expressas na Tabela 1, identificaram-se as seguintes áreas como prioritárias para a realização de intervenções de alimentação artificial de elevada magnitude:

a) Espinho – Torreira (a sul de Espinho e cobrindo integralmente o litoral do concelho de Ovar e um terço do litoral da Murtosa, numa extensão de 22.4 km) (Figura 1);

b) Praia da Barra – Mira (da praia da Barra para sul, integrando o litoral dos concelhos de Ílhavo, Vagos e metade do litoral do concelho de Mira, totalizando 21.5 km) (Figura 1);

c) Figueira da Foz – Leirosa (9.7 km de costa, a sul da cidade da Figueira da Foz até à Leirosa) (Figura 2);

d) Costa da Caparica (faixa com cerca de 4.2 km de comprimento, entre a Cova do Vapor e a Nova Praia/Praia da Saúde) (Figura 3).

O comprimento total de faixa costeira a intervencionar é de 57.8 km.

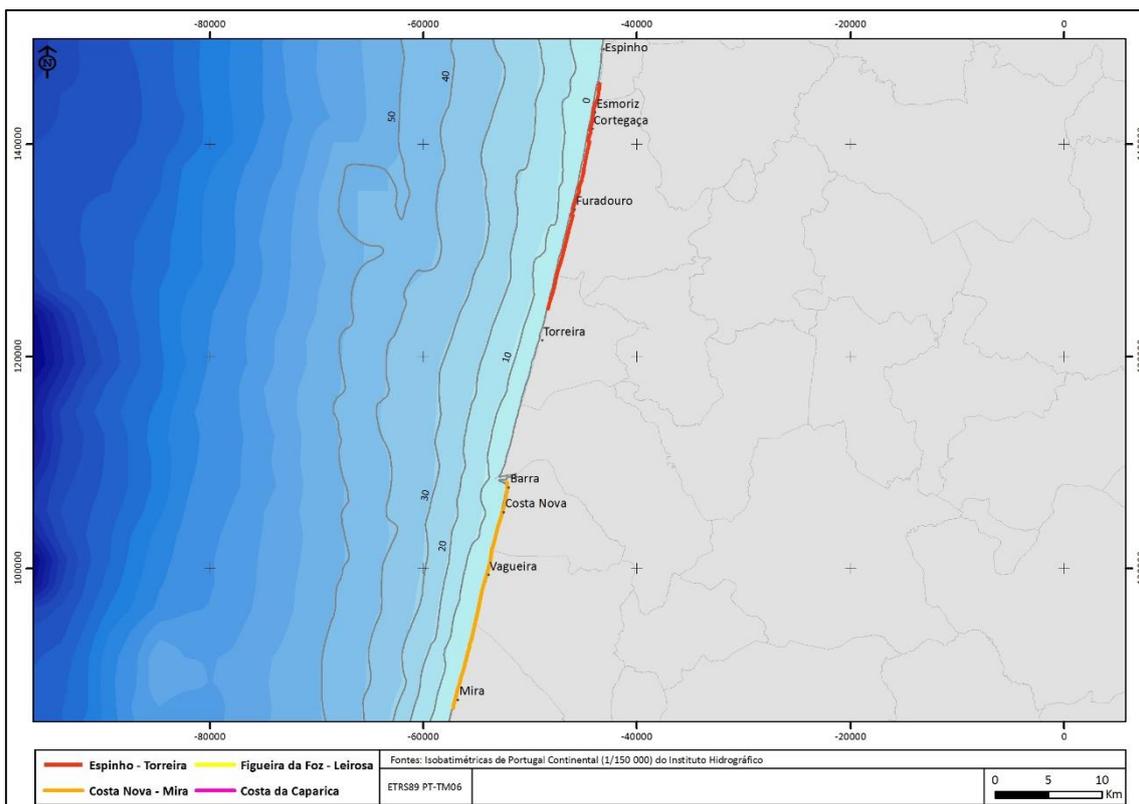


Figura 1 – Localização e extensão dos troços a intervencionar (Espinho – Torreira; Barra – Mira)

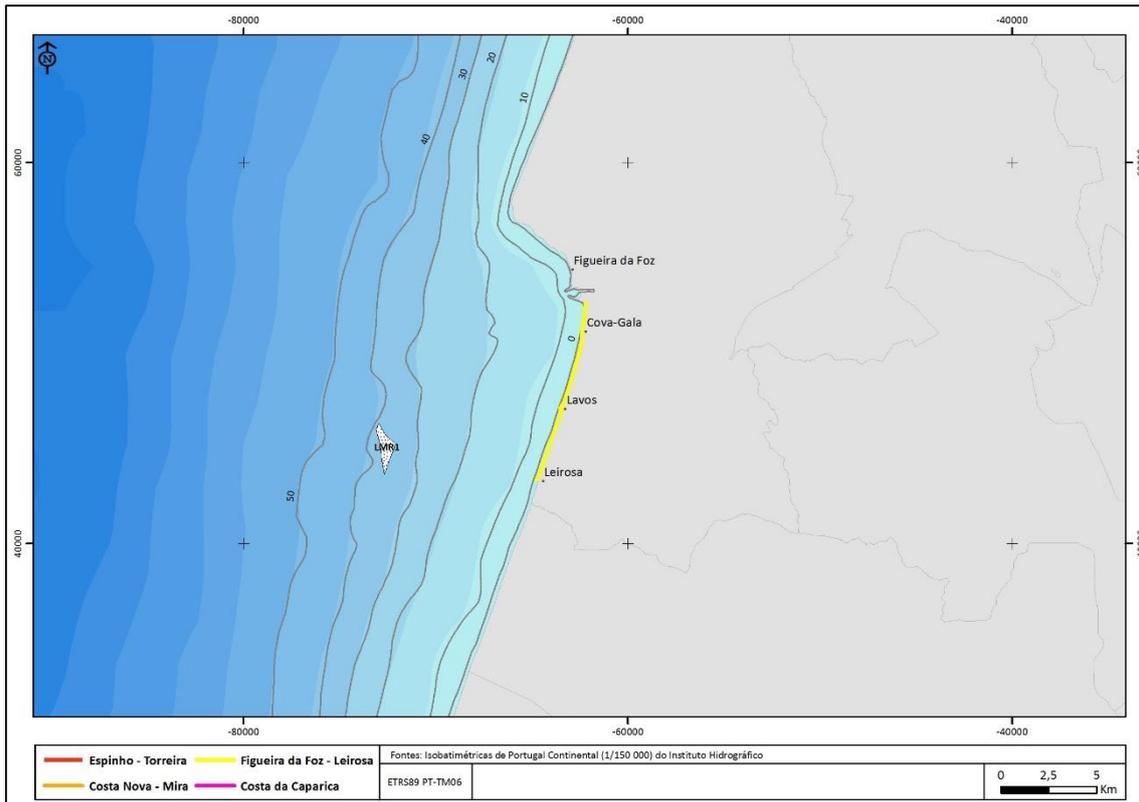


Figura 2 – Localização e extensão dos troços a intervir (Figueira da Foz - Leirosa)

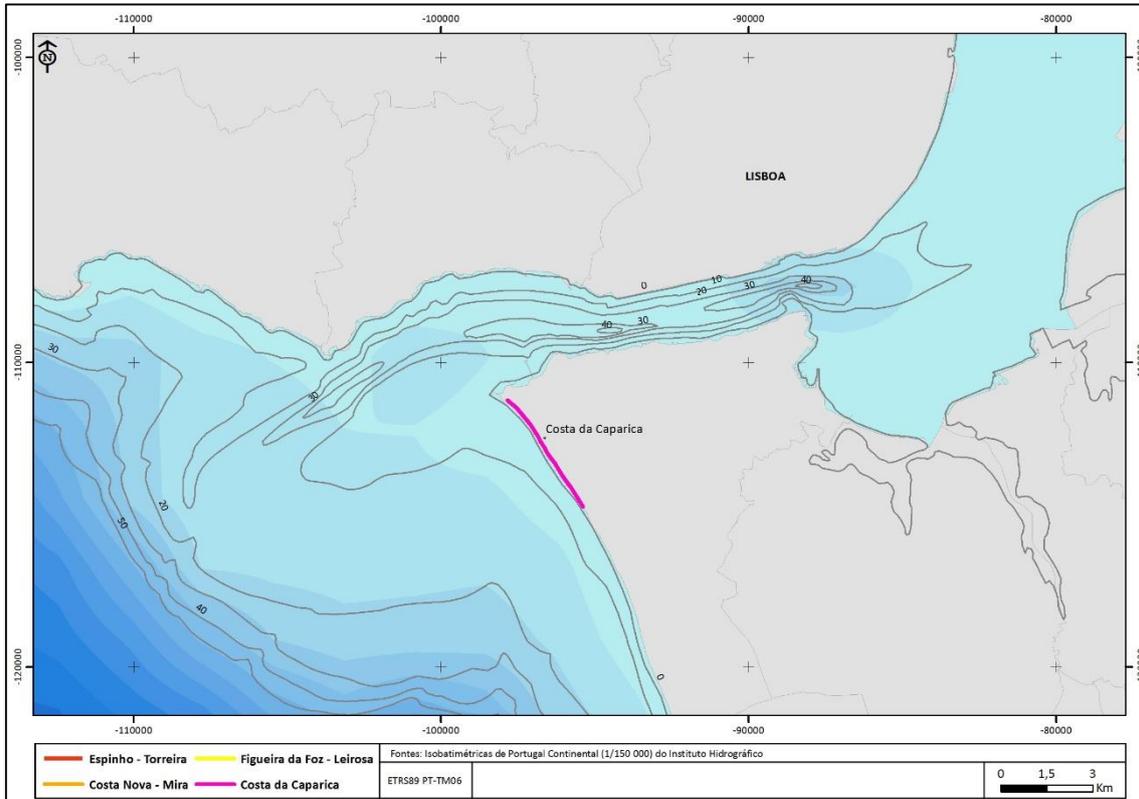


Figura 3 – Localização e extensão dos troços a intervir (Costa da Caparica)

**Tabela 1** – Evolução dos troços de costa a intervir (\* APA, 2015; \*\* Silva *et al.*, 2013; \*\*\* APA, 2014; \*\*\*\* Diogo *et al.*, 2014).

Troços a intervir	Sub-troços	Recuo médio da linha da costa (1958-2014)	Recuos máximos instantâneos observados (Jan./Fev. 2014) ***
<b>Espinho - Torreira</b>	Cortegaça - Maceda	≈ 130 m*	≈ 30m
	Maceda - Furadouro	≈ 200-250m*	≈ 50m
	Furadouro – Torrão do Lameiro	≈ 170m*	≈ 40m
<b>Praia da Barra - Mira</b>	Barra – Costa Nova	≈ 150m*	≈ 30m
	Costa Nova – Vagueira	≈ 250m*	≈ 30m
	Vagueira – Areão	≈ 200m*	≈ 20m
	Areão – Poço da Cruz	≈ 60m*	≈ 30m
<b>Figueira da Foz - Leirosa</b>	Cova Gala – Lavos	≈ 70m	-
	Lavos – Leirosa	≈ 40m	-
<b>Costa da Caparica</b>	São João da Caparica	>200m**	20m****
	Costa da Caparica	≈ 150m**	-

Dada a tendência erosiva instalada nestes quatro troços, com registos episódicos de galgamento, inundação costeira e situações de risco (*e.g.* temporais Hércules/Christina e Stephanie de Jan/Fev. de 2014) a alimentação artificial recorrendo a *shot* de areias terá como objetivo imediato aumentar o grau de proteção da margem terrestre através da reposição do balanço sedimentar. Esta opção foi avaliada pelo Grupo de Trabalho para o Litoral (GTL) que recomenda, para este efeito, a deposição dos volumes indicados na tabela 2. A deposição de dragados será efectuada sobre a praia emersa ou submarina a profundidade inferior a 10 m (ZH).

**Tabela 2** – Volumes de areias a introduzir nos quatro troços considerados para reposição artificial do ciclo sedimentar em *shot* de elevada magnitude (GTL, 2014)

Sector	Volume (x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Espinho - Torreira	10
Praia da Barra - Mira	10
Figueira da Foz - Leirosa	10
Costa da Caparica	5

Na hipótese de apenas ser viável a intervenção num dos sectores costeiros, o GTS propõe como prioritário o sector Espinho – Torreira, atendendo à magnitude do processo erosivo e à sua localização, no extremo norte da célula de circulação sedimentar, potenciando a alimentação (natural) dos troços arenosos a sotamar.

O carácter singular e pioneiro desta alimentação de elevada magnitude obriga ao acompanhamento continuado através de monitorização sistemática, a fim de avaliar o desempenho da operação e possibilitar o planeamento de ações complementares de correção ou manutenção e à definição de uma estratégia sustentável de longo prazo baseada na manutenção do balanço sedimentar.



**Tabela 4** - Volumes de areia em stock e previsão de volumes de dragagem de areia (em milhares de m<sup>3</sup>) nos portos de pesca e de recreio do continente (informação disponibilizada pela DGRM - Direcção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos e LNEC, 2010).

Porto	Volume em stock	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Média anual
V. Praia Âncora	Não	43.5	30	30	55	30	30	40
Esposende	Não							60
Póvoa de Varzim	Não							50
Vila do Conde	Não							50
Nazaré	Não							9
Peniche	Não	0	150	0	0	0	0	30
Ericeira	Não	0	35	0	0	0	0	7
Lagos	Não							6
Olhão	Não							15
Fuzeta	Não							30
Santa Luzia	Não							5
Tavira	Não							60
Cabanas	Não							15
V. R. S <sup>o</sup> António	Não							40

O esforço de dragagem previsto nos portos comerciais orça por 2 a 4 M m<sup>3</sup>/ano e, nos portos de pesca e recreio, por 0.23 M m<sup>3</sup>/ano.

A informação reunida nas Tabelas 3 e 4 revela que não existem em *stock* volumes de dragados em quantidade relevante para a concretização do *shot*. No caso de Aveiro, onde existem valores em *stock*, há dificuldades suplementares determinadas pela granulometria do sedimento e pela necessidade de transporte por terra até ao local de deposição.

Avaliados os volumes produzidos por esta atividade de manutenção portuária, considera-se que o esforço de dragagem previsto é insuficiente para a realização de um *shot* de areias nos troços costeiros adjacentes a cada porto.

Um dos cenários considerados pelo porto de Setúbal envolve esforço de dragagem muito considerável. No entanto, o aproveitamento destas areias para os objetivos do presente estudo afigura-se inviável, não só pela distância aos locais de deposição (superior a 30 milhas náuticas - NM), mas também porque essa opção equivale a criar um défice sedimentar nesta célula de circulação costeira, com impactos previsivelmente negativos nas praias adjacentes ao estuário exterior do Sado. Recomenda-se que aquelas areias sejam depositadas na célula de circulação costeira onde aquele porto se localiza.

Relativamente aos volumes requeridos para a alimentação de manutenção de troços arenosos, os valores inscritos nas Tabelas 3 e 4 representam uma fração relevante da deriva litoral residual (cf. Santos *et al.*, 2014), pelo que será fundamental reservá-los para aquelas operações, devendo ser mantidos nas respectivas células sedimentares. Note-se que as dragagens de manutenção em barras portuárias e nos canais de navegação/anteporto envolvem material captado ao próprio trânsito sedimentar litoral, que é prioritário manter no sistema.

c) *Transposição das barras de Aveiro e da Figueira da Foz com sedimentos das praias a barlar*

O GTL recomendou a avaliação do interesse da transposição sedimentar das barras de Aveiro e da Figueira da Foz, para reforço das praias a sul daquelas barras, no contexto de uma intervenção pontual e de grande magnitude.

Para tal, o GTS efetuou uma primeira abordagem à quantificação da volumetria disponível na praia a norte de cada uma daquelas barras, com os resultados descritos a seguir.

#### **Barra da Figueira da Foz**

A estimativa da retenção volumétrica na praia da Figueira da Foz acima do nível médio do mar (NMM) produziria, em valor máximo,  $5 \times 10^6 \text{ m}^3$  de areias, um valor que cresce para  $8 \times 10^6 \text{ m}^3$  na hipótese de utilização do volume acumulado acima do Zero Hidrográfico (ZH).

Conclui-se que o volume de areias disponível nesta praia é, por si só, insuficiente para satisfazer as necessidades de alimentação sedimentar do troço Figueira da Foz – Leirosa no contexto de intervenção pontual de elevada magnitude. Porém, a retenção sedimentar é suficientemente elevada para ser considerada como área de empréstimo, ainda que parcial, das areias necessárias para manter o equilíbrio do sistema costeiro a sul, após realização do *shot*.

Num contexto de incerteza sobre os impactos resultantes do desassoreamento da praia da Figueira da Foz, nomeadamente sobre o litoral de Buarcos, e do seu potencial como mancha de empréstimo, recomenda-se que o areal daquela praia não seja objeto de ocupações com carácter fixo e permanente.

#### **Barra de Aveiro**

O estudo de Vicente e Clímaco (2012) debruçou-se sobre a retenção sedimentar a norte da barra de Aveiro induzida pelas obras de fixação daquela embocadura. Aquele estudo concluiu que o efeito de retenção afecta a praia desde 1948 até ao presente, com maior expressão junto ao molhe de São Jacinto. A retenção sedimentar diminui progressivamente para norte, ao longo de 12 km, até cerca de 1 km a sul da Torreira. A esta alteração corresponde um acréscimo de superfície e uma retenção volumétrica global (incluindo o domínio submarino da praia até à profundidade de fecho) de  $2.5 \text{ km}^2$  e  $31 \times 10^6 \text{ m}^3$ , entre 1948 e 2005. Considerando

apenas a retenção ocorrida entre 1973 e 2005, aqueles valores são de 0.9 km<sup>2</sup> e 11 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, respectivamente.

Estes resultados sugerem que o *bypassing* da barra de Aveiro com reposição, a norte da barra, da linha de costa de meados dos anos 70, poderá assegurar o volume de areias necessário para sustentar uma operação de alimentação pontual, de elevada magnitude, no troço arenoso entre a praia da Barra e a praia de Mira. Porém, esta opção requer avaliação cuidada das soluções técnicas e operacionais necessárias para concretizar desassoreamento nos domínios intertidal e supratidal da praia. Por outro lado, importa ainda avaliar os eventuais impactos decorrentes da interseção da área afetada pelo desassoreamento com a Reserva Natural das Dunas de São Jacinto.

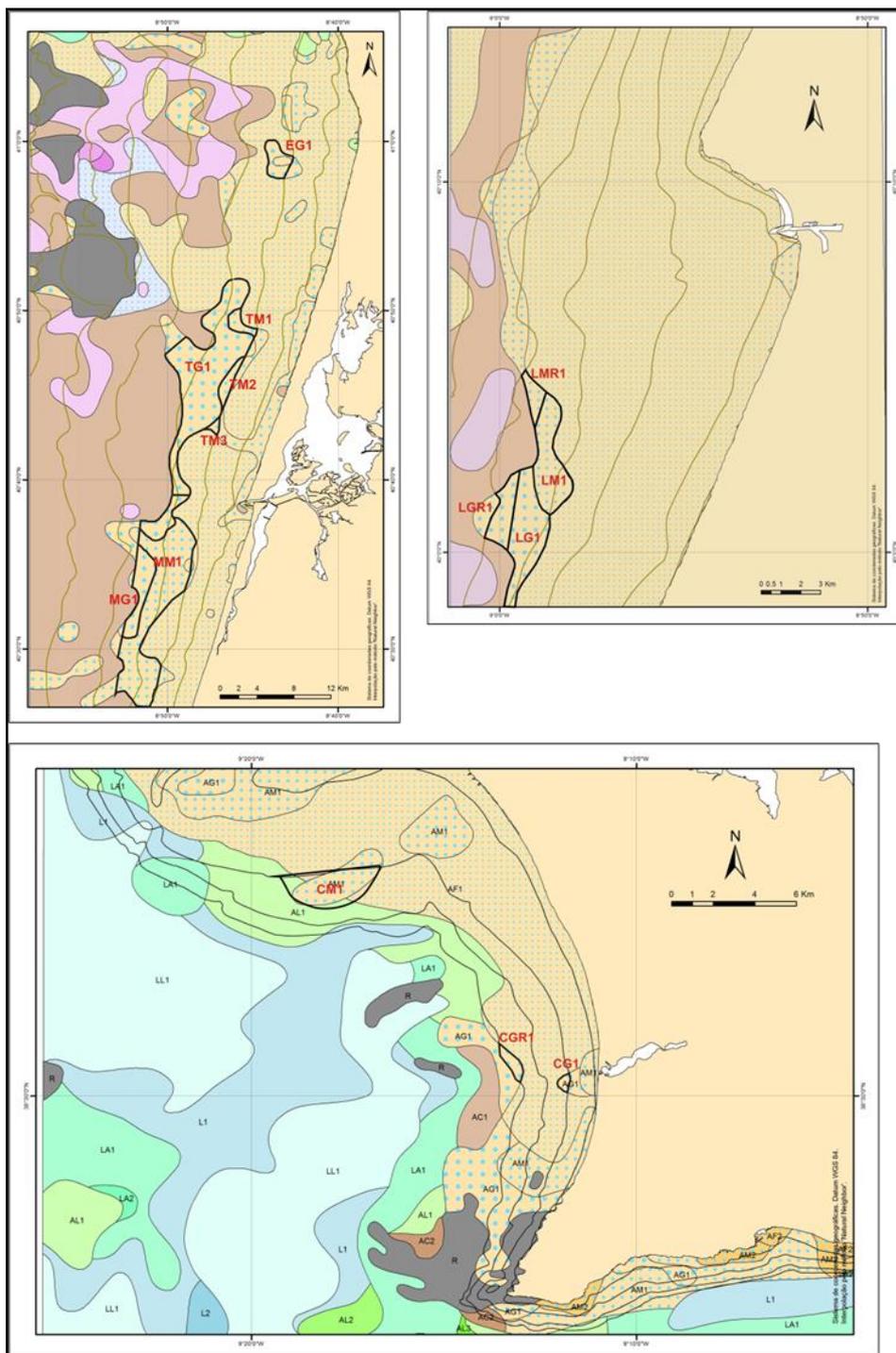
d) *Recursos sedimentares na plataforma continental*

O GTS compilou a informação disponível sobre sedimentos superficiais na plataforma continental publicada nas Cartas Sedimentológicas à escala 1:150 000 do Instituto Hidrográfico (Programa SEPLAT), à qual acrescentou os dados adquiridos no âmbito do projeto MANELITO, executado pelo IH (2001a; 2001b) para o, à data, Instituto da Água (INAG).

As manchas de empréstimo da plataforma continental adjacente aos sectores a intervir foram selecionadas e demarcadas com base em critérios sedimentológicos, associados a dinâmica costeira e operacionais/logísticos:

- a) Classe textural dominante – areias grosseiras (fração modal > 0.5mm) e areias médias (fração modal de 0.25mm a 0.5mm);
- b) Conteúdo em carbonato de cálcio – <30% (sedimentos litoclásticos);
- c) Teor em partículas finas (dimensão inferior a 0.063mm) <10%
- d) Profundidades compreendidas entre os 20m e os 35m (ZH);
- e) Distância entre a mancha de empréstimo e os locais a alimentar não superior a 20 km.

A aplicação destes critérios às cartas sedimentológicas permitiu localizar um conjunto de depósitos sedimentares com potencial para se constituírem como mancha de empréstimo (Figura 4).



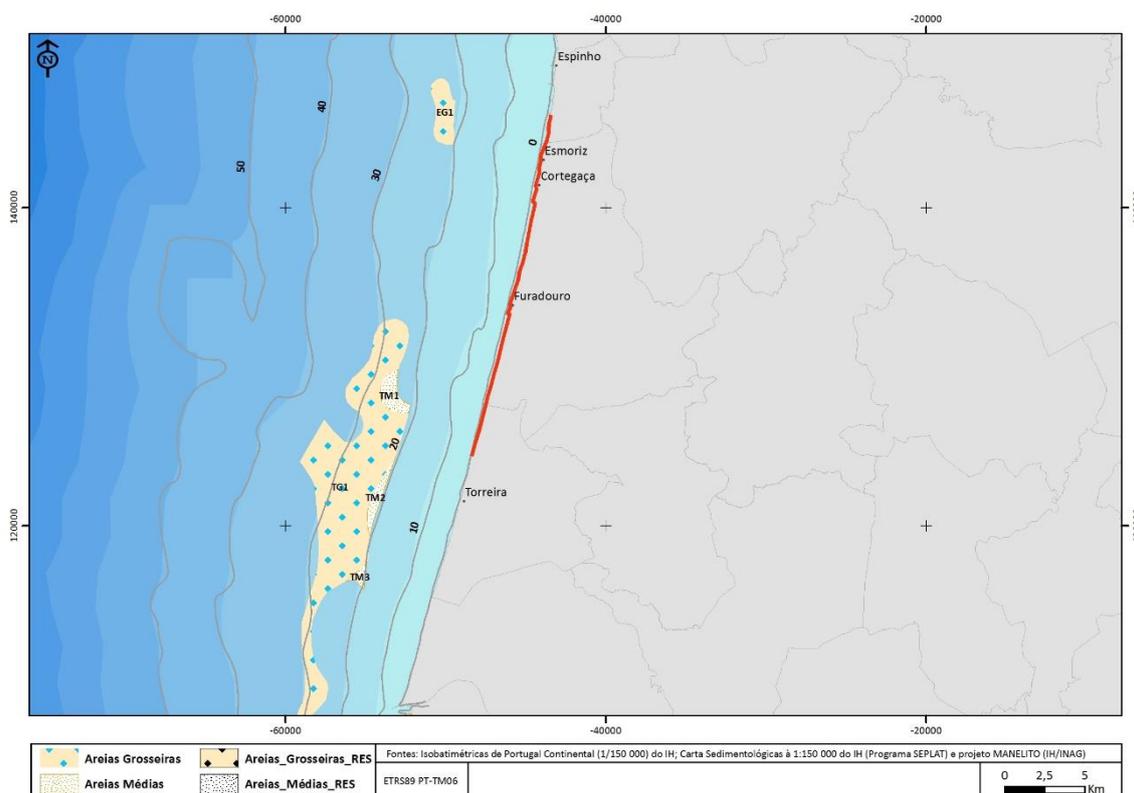
**Figura 4** – Localização das manchas de empréstimo potenciais na plataforma continental. Extractos da Carta SED 2 (Instituto Hidrográfico, 2010a), SED 3 (Instituto Hidrográfico, 2010b) e SED 5 Instituto Hidrográfico, 2005).

### Espinho – Torreira

Nos fundos adjacentes a este sector identificou-se uma mancha isolada de areia grossa (EG1) com uma área de 4.8 km<sup>2</sup>. Para sul, entre a Torreira e a Costa Nova, estende-se outra mancha de areia grossa (TG1), com elevado potencial, que ocupa uma área de 65 km<sup>2</sup>.

Do ponto de vista textural e composicional, estas areias são litoclásticas (com menos de 30% de  $\text{CaCO}_3$ ) e dominadas pelas frações areia e cascalho, com diâmetro médio superior a 0.5 mm). À superfície, a mancha EG1, localizada entre os 20 e 25 m de profundidade, está rodeada por areias finas, não se colocando de parte a possibilidade destes sedimentos constituírem uma camada móvel, pouco espessa, que cobre os sedimentos mais grosseiros. A mobilidade das areias finas pode modificar a geometria e a área aflorante da mancha EG1.

Mais a sul, a mancha TG1 está bordejada, do lado de terra por três pequenos depósitos de areia média (TM1, TM2 e TM3), também litoclásticos, que totalizam uma área de exposição de 5.7 km<sup>2</sup> (Figura 5). A classe das areias é aqui dominada pelas partículas com dimensão entre os 0.25 e 0.5 mm.



**Figura 5** – Localização das manchas de empréstimo potenciais na plataforma (troço Espinho – Torreira).

### Praia da Barra – Mira

Neste sector da plataforma Identificou-se uma extensa mancha de areia média litoclástica (MM1), ao largo de Mira, com 45 km<sup>2</sup>. A profundidades superiores a 30 m (ZH), esta mancha é bordejada por uma faixa de areias grosseiras (MG1) com 6.4 km<sup>2</sup>, que corresponde ao prolongamento de TG1 (Figura 6).

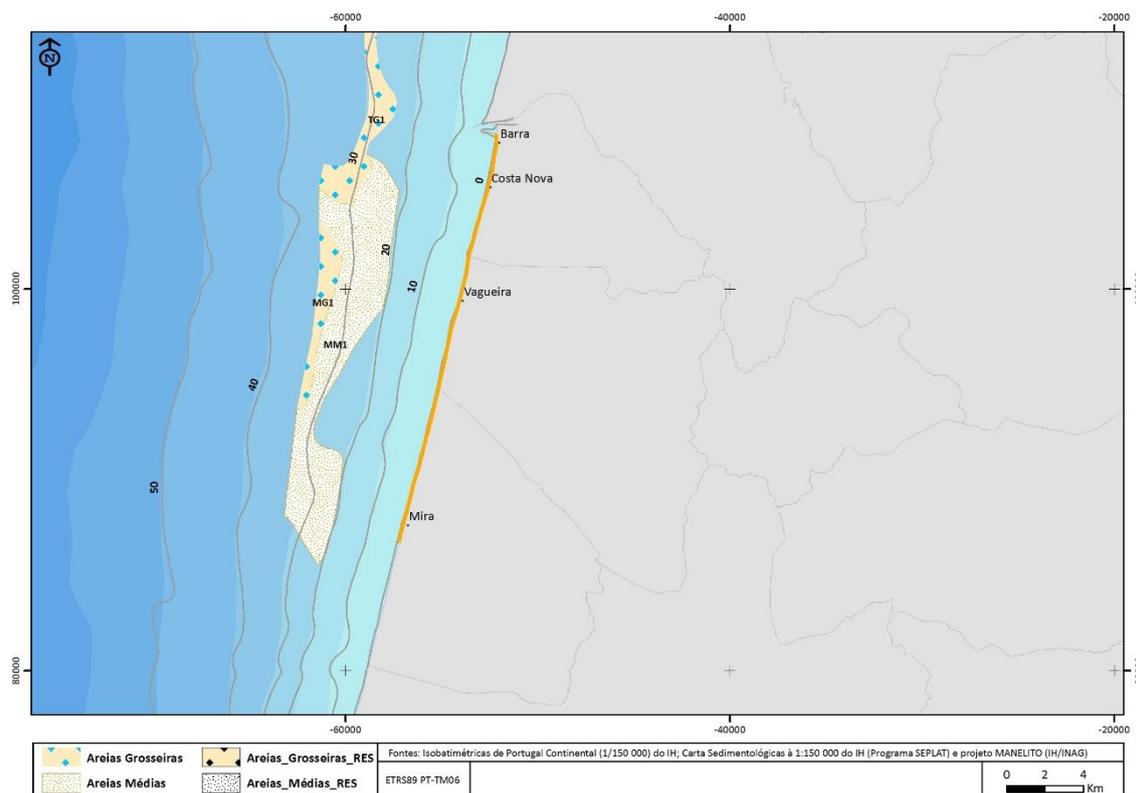


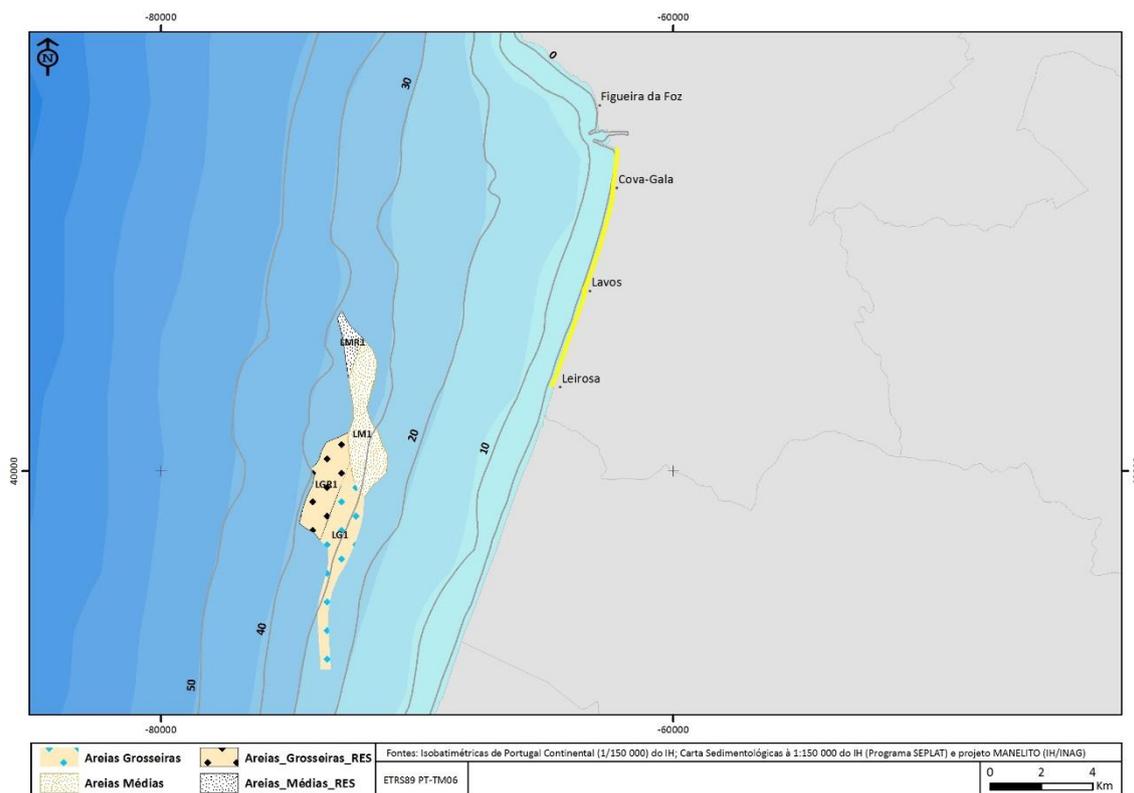
Figura 6 – Localização das manchas de empréstimo potenciais na plataforma (troço Praia da Barra – Mira).

### Figueira da Foz – Leirosa

A plataforma adjacente a este troço é dominada por areias finas. Os únicos depósitos de areia média (LM1 com 5.5km<sup>2</sup>) e grossa (LG1 com 5.6 km<sup>2</sup>), litoclástica, ocorrem para sul da Leirosa, em faixas estreitas, alongadas segundo a batimétrica dos 30m ZH (Figura 7).

Atendendo à fraca expressão espacial destas manchas, decidiu-se avaliar a continuidade destes depósitos até aos -40m (ZH). Assim, definiu-se o depósito-reserva de areia grossa LGR1, com 4.2 km<sup>2</sup>, e depósito-reserva de areia média LMR1, com 1.1 km<sup>2</sup> (Figura 7). Estes depósitos parecem ter características texturais muito semelhantes aos das manchas de empréstimo LG1 e LM1.

A utilização dos depósitos-reserva como manchas de empréstimo do sector Figueira da Foz-Leirosa estará condicionada a critérios de viabilidade económica e operacional, bem como à realização de estudos mais detalhados sobre os depósitos de areias finas adjacentes a LG1 e LM1, uma vez que, à semelhança da zona mais a norte, estes depósitos poderão constituir uma camada superficial e móvel.

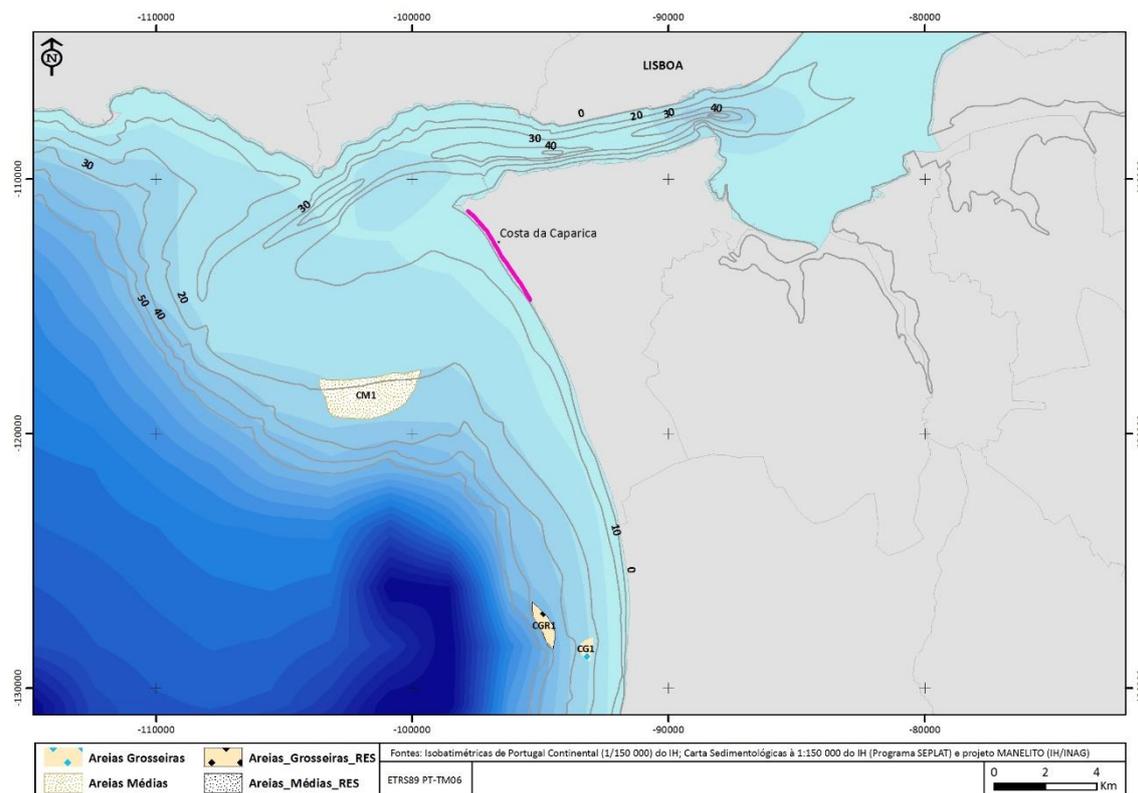


**Figura 7** – Localização das manchas de empréstimo potenciais na plataforma (troço Figueira da Foz - Leirosa)

### Costa da Caparica

Nos fundos adjacentes ao arco Caparica – Espichel identificou-se uma única mancha de areia grosseira (CG1), com 0.3 km<sup>2</sup>, frente à Lagoa de Albufeira, e um depósito de areia média (CM1) litoclástica, com 5.1 km<sup>2</sup>, na vertente sul do delta submarino do Tejo, entre 20 e 30 m de profundidade (ZH) (Figura 8).

Atendendo à escassez de areias grosseiras, optou-se, à semelhança do troço Figueira da Foz-Leirosa, por identificar um depósito-reserva (CGR1) com 4.2 km<sup>2</sup>, localizado ao largo da Lagoa de Albufeira, compreendido entre as batimétricas dos -35m e dos -40m ZH (Figura 8). Tal como no troço anteriormente referido, a utilização deste depósito-reserva ficará condicionada a critérios de viabilidade económica e operacional, bem como a estudos de maior detalhe sobre a estrutura interna e mobilidade dos depósitos de areia adjacentes.



**Figura 8** – Localização das manchas de empréstimo potenciais na plataforma (troço Costa da Caparica).

Em síntese, a comparação das fontes sedimentares consideradas acima (depósitos na plataforma, dragados e transposição sedimentar) sugere que a alimentação artificial de elevada magnitude deve recorrer às manchas delimitadas na plataforma continental por insuficiência ou limitações inerentes às restantes opções.

Na ausência de informação adequada sobre as características texturais dos sedimentos, espessura e estrutura interna dos depósitos, assumiu-se nesta avaliação preliminar que as manchas de empréstimo poderão ser dragadas até 1 m abaixo do fundo do mar. Admitindo que as características dos sedimentos superficiais são representativas do primeiro metro da camada, os volumes potencialmente disponíveis em cada mancha, em milhões de m<sup>3</sup>, são numericamente iguais às áreas em km<sup>2</sup> (Tabela 5).

Apesar do grande potencial deste recurso é de reforçar que as estimativas atrás avançadas são indicativas; o apuramento dos recursos verdadeiramente utilizáveis carece de uma caracterização mais detalhada.

Tabela 5 – Identificação e características das manchas de empréstimo potenciais.

Troço costeiro	Designação	Classificação textural	Área (km <sup>2</sup> )
Espinho-Torreira	EG1	Areia Grosseira	4.8
	TG1	Areia Grosseira	65
	TM1	Areia Média	5.7
	TM2	Areia Média	
	TM3	Areia Média	
Praia da Barra – Mira	MG1	Areia Grosseira	6.4
	MM1	Areia Média	45
Figueira da Foz-Leirosa	LG1	Areia Grosseira	5.6
	LM1	Areia Média	5.5
	LGR1 ( <i>reserva</i> )	Areia Grosseira	4.2
	LMR1 ( <i>reserva</i> )	Areia Média	1.1
Costa da Caparica	CG1	Areia Grosseira	0.3
	CM1	Areia Média	5.1
	CGR1 ( <i>reserva</i> )	Areia Grosseira	4.2

### B. Trabalhos a desenvolver para caracterização da situação de referência

A caracterização do estado actual dos conhecimentos, anteriormente efectuada, mostra que existem lacunas de informação significativas sobre as componentes biótica e físico-química (abiótica), bem como sobre o património arqueológico submarino, das manchas de empréstimo e dos locais de deposição. A colmatação destas lacunas, que terá necessariamente que preceder o EIA e o projecto de execução, implica a concretização de um conjunto de tarefas, resumidas adiante. Estas tarefas devem ser entendidas como definidoras de um quadro de referência, sem prejuízo de serem aprofundadas em sede de estudo do EIA. Na elaboração das tabelas consideraram-se cinco domínios espaciais de caracterização (Tabela 6):

- A. Área com potencial para constituir mancha de empréstimo (Figuras 5 a 8), a caracterizar do ponto de vista sedimentar (espessura e textura dos depósitos), com baixa resolução, para seleção da(s) mancha(s) a explorar que serão objeto de caracterização mais detalhada;
- B. Área identificada e selecionada como mancha de empréstimo no âmbito da alínea A), a caracterizar detalhadamente do ponto de vista morfológico, físico-químico, e arqueológico;
- C. Área identificada e selecionada como mancha de empréstimo no âmbito da alínea B), acrescido de uma área de controlo, a caracterizar detalhadamente do ponto de vista biótico;
- D. Áreas de deposição e envolvente (figuras 10,12,14 e 16). Corresponde ao domínio onde as comunidades bentónicas poderão ser diretamente afetadas pela deposição (e remobilização significativa) dos sedimentos. Estende-se desde o limite terrestre da praia até à profundidade, indicativa, de 10 m (ZH). Este domínio abrange uma superfície significativamente superior à que será efetivamente afetada pela deposição (a definir em sede de EIA/projeto de execução), pelo que será possível definir áreas de controlo no seu interior.
- E. Área onde se prevê redistribuição significativa dos sedimentos depositados pelos processos da dinâmica sedimentar costeira, desde o limite terrestre da praia até à profundidade de 20 m (ZH) (figuras 9, 11, 13 e 15). Inclui a área D.

**Tabela 6** - Áreas correspondentes aos domínios de caracterização em cada um dos sectores costeiros considerados (valores em km<sup>2</sup>).

Troço costeiro	Domínios de caracterização				
	A cf figs 5 a 8	B	C	D cf figs 10, 12, 14 e 16	E cf figs 9, 11, 13 e 15
Espinho-Torreira	75.5	10.0	20.0	45.9	107.0
Barra-Mira	51.4	10.0	20.0	41.3	89.0
Figueira da Foz - Leirosa	16.4	10.0	20.0	10.8	43.0
Costa da Caparica	9.6	5.0	10.0	21.5	108.0

### ***B.1 Componente físico-química e património arqueológico***

A caracterização físico química dos sedimentos tem como objetivo fundamental: (1) verificar se os depósitos sedimentares da plataforma se adequam às necessidades específicas das operações de alimentação (no que se refere ao volume, granulometria e qualidade dos sedimentos) e identificar locais preferenciais de extração; (2) estabelecer a situação de referência, quer nas áreas de empréstimo, quer nas áreas de deposição, necessária à avaliação de impactos ambientais. As tarefas indicadas na Tabela 7 sintetizam o conjunto de ações necessárias à prossecução destes objetivos nos quatro sectores a interencionar.

**Tabela 7** - Síntese das tarefas necessárias à caracterização da componente abiótica.

Domínio de caracterização	Tarefa	Métodos	Produto
<b>A – Área potencial</b>	Reconhecimento sedimentar	Levantamento de baixa resolução: Sonda multifeixe. Sísmica de reflexão, amostragem superficial e vertical	Cartografia preliminar dos sedimentos, identificação da(s) área(s) a explorar
<b>B – Mancha de empréstimo</b>	Reconhecimento morfológico.	Levantamento de alta resolução (de Ordem Especial) com sonda multifeixe.	Batimetria e MDT.
	Caracterização físico-química.	Sonda multifeixe e/ou sonar de varrimento lateral. Amostragem superficial (500m). Sísmica de reflexão (250m). 20 vibrocores > 2m. Análise textural e química dos sedimentos (Portaria 1450/2007).	Cartografia dos sedimentos de fundo. Delimitação e caracterização tridimensional dos depósitos. Caracterização físico-química e avaliação do grau de contaminação dos sedimentos.
	Prospecção de objectos e estruturas com interesse arqueológico.	Levantamento do campo magnético total (magnetómetro) e sonar de varrimento lateral.	Identificação e mapeamento de objectos/estruturas com interesse arqueológico
<b>E - Zona costeira adjacente ao local de deposição</b>	Reconhecimento morfológico.	Levantamento batimétrico (de Ordem 1b) até à profundidade de 20 m (ZH) com sonda de feixe simples. Levantamento topográfico com DGPS.	Cartografia topohidrográfica e MDT.
	Caracterização sedimentológica.	Amostragem superficial, análise textural dos sedimentos	Cartografia e caracterização textural e composicional dos sedimentos.

### **B.2 Componente biótica**

O estudo da componente biótica revela-se tarefa essencial para caracterizar as comunidades biológicas nas manchas de empréstimo e de deposição, averiguando, nomeadamente, a existência de: i) habitats e espécies com estatuto de conservação; ii) áreas de viveiro, reprodução e desova de espécies com valor comercial e, iii) áreas de pesca. Tal permitirá

quantificar os impactos decorrentes das ações previstas em sede de avaliação de impacto ambiental. As tarefas indicadas na Tabela 8 sintetizam o conjunto de ações necessárias à prossecução destes objetivos para os quatro sectores a interencionar.

**Tabela 8** - Síntese das tarefas necessárias à caracterização da componente biótica.

	<i>Tarefa</i>	<i>Métodos</i>	<i>Produto</i>
<b>C - Mancha de empréstimo + área de controlo</b>	Mapeamento de bancos de Pesca (bivalves e polvos).	Pesca com ganchorra em estações selecionadas. Identificação até à espécie sempre que possível. Determinação da biomassa. Lances de pesca com covos.	Mapeamento da composição, abundância e biomassa dos bancos de bivalves. Estimativa de abundância e distribuição espacial de polvos.
	Mapeamento de biótopos bentónicos.	Amostragem: intrusiva, com draga (e.g. Smith-McIntyre, vanVeen) e arrasto de vara; não intrusiva, por meio de vídeo subaquático. Identificação até à espécie sempre que possível, determinação de abundância e diversidade.	Mapeamento dos povoamentos bentónicos, incluindo abundância e estrutura espacial.
<b>D - Local de deposição e de controlo</b>	Mapeamento de bancos de Pesca (bivalves e polvos).	Pesca com ganchorra em estações selecionadas. Identificação até à espécie sempre que possível. Determinação da biomassa.	Mapeamento da composição, abundância e biomassa dos bancos de bivalves
	Mapeamento de outros biótopos bentónicos.	Amostragem: intrusiva, com draga (e.g. Smith-McIntyre, vanVeen) e arrasto de vara; não intrusiva, por meio de vídeo subaquático.	Mapeamento da distribuição espacial, da abundância e da diversidade da fauna bentónica. Mapeamento da distribuição espacial dos biótopos bentónicos.

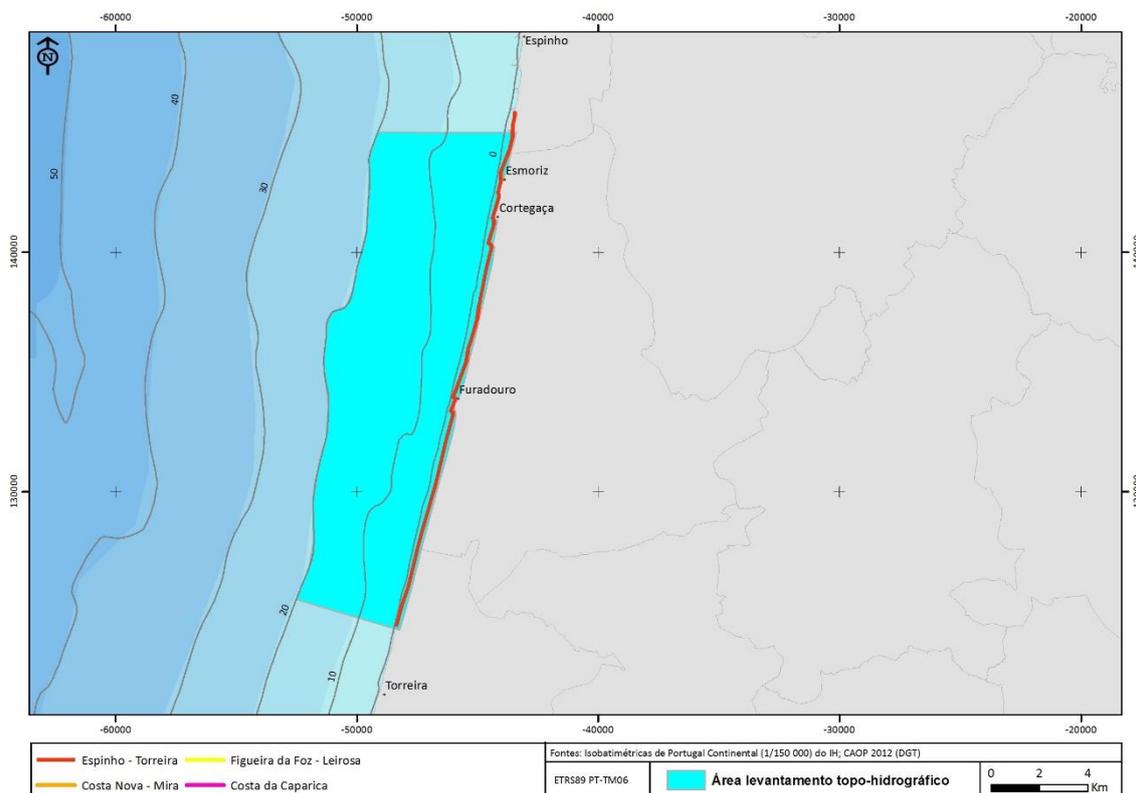


Figura 9 - Sector Espinho – Torreira (área E, tabela 6).

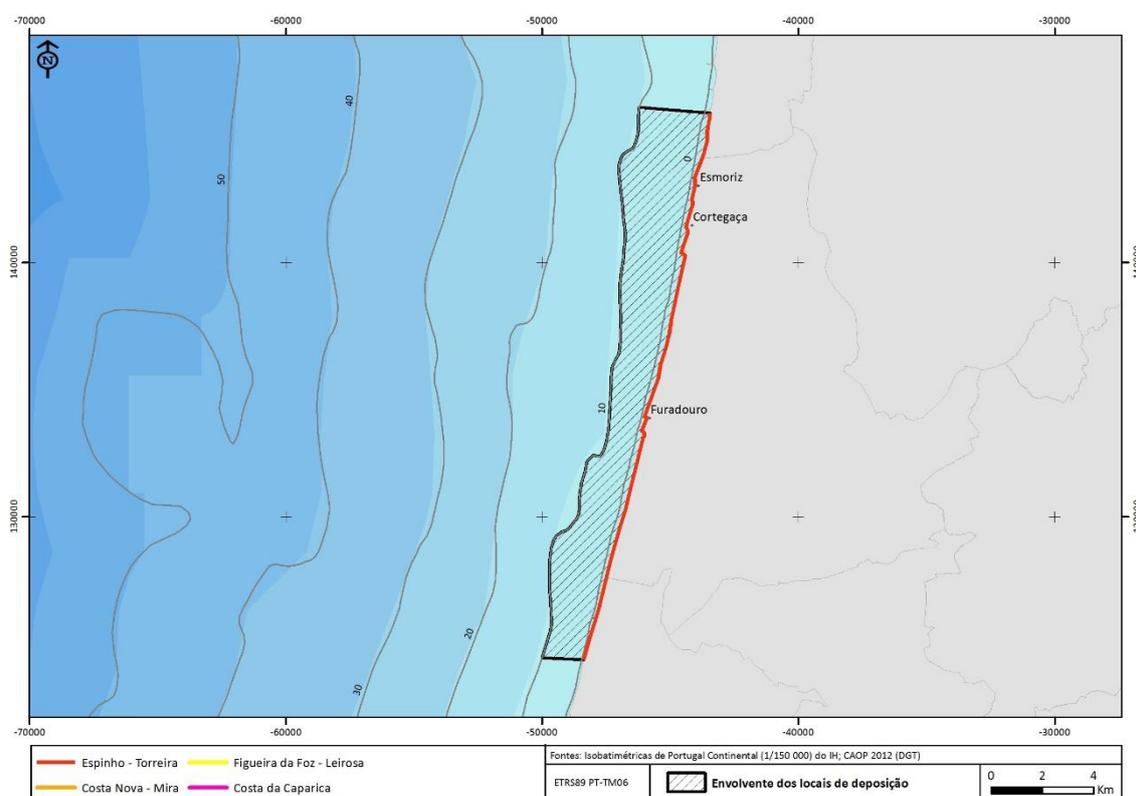


Figura 10 - Sector Espinho – Torreira (área D, tabela 6).

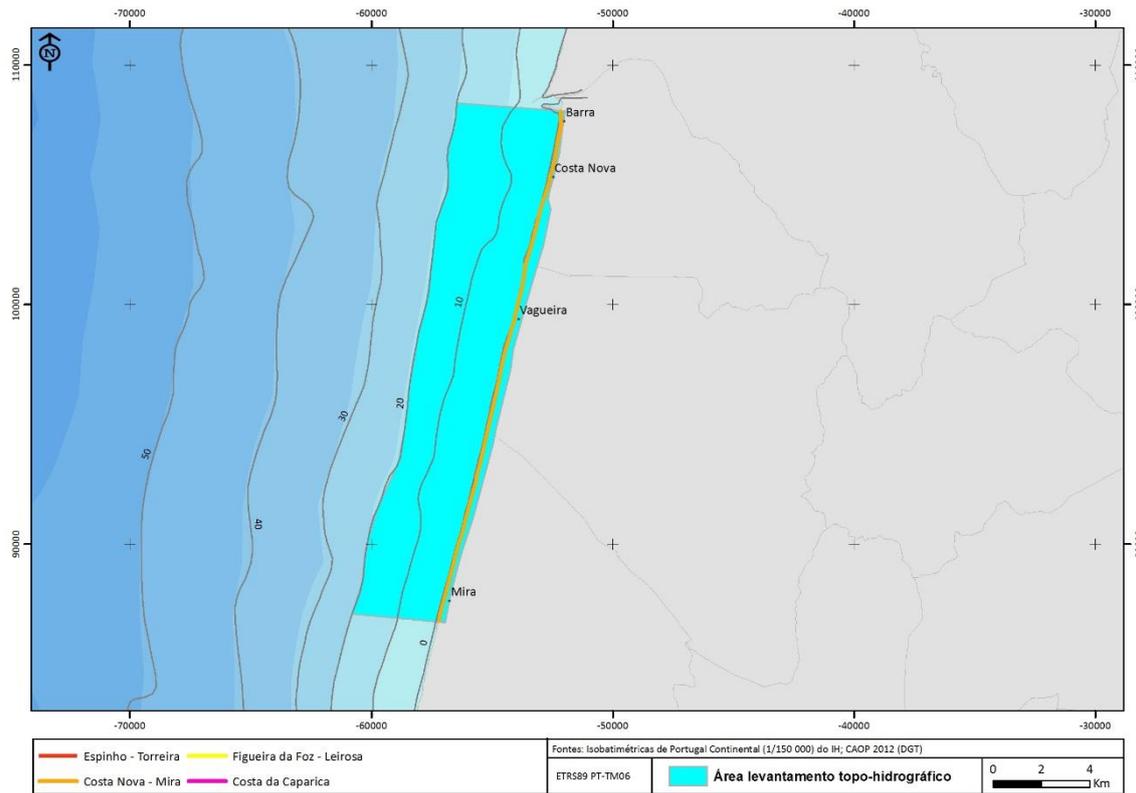


Figura 11 - Sector Barra - Mira (área E, tabela 6).

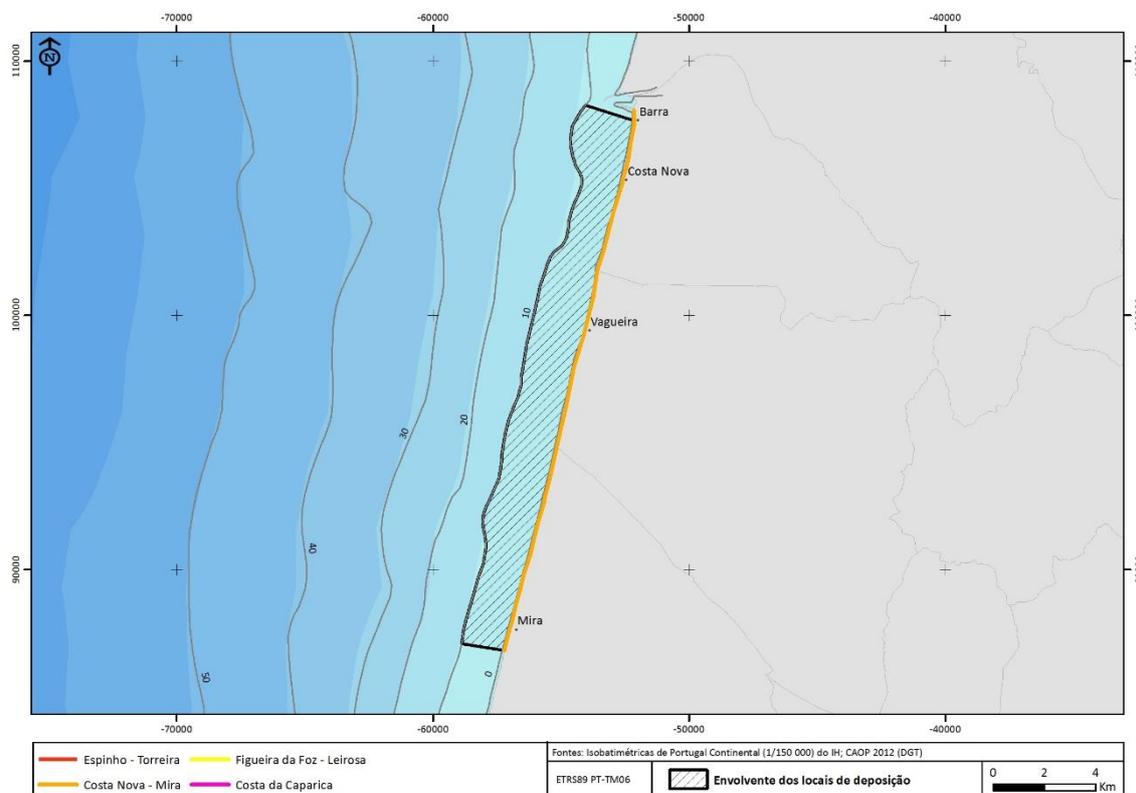


Figura 12 - Sector Barra - Mira (área D, tabela 6).

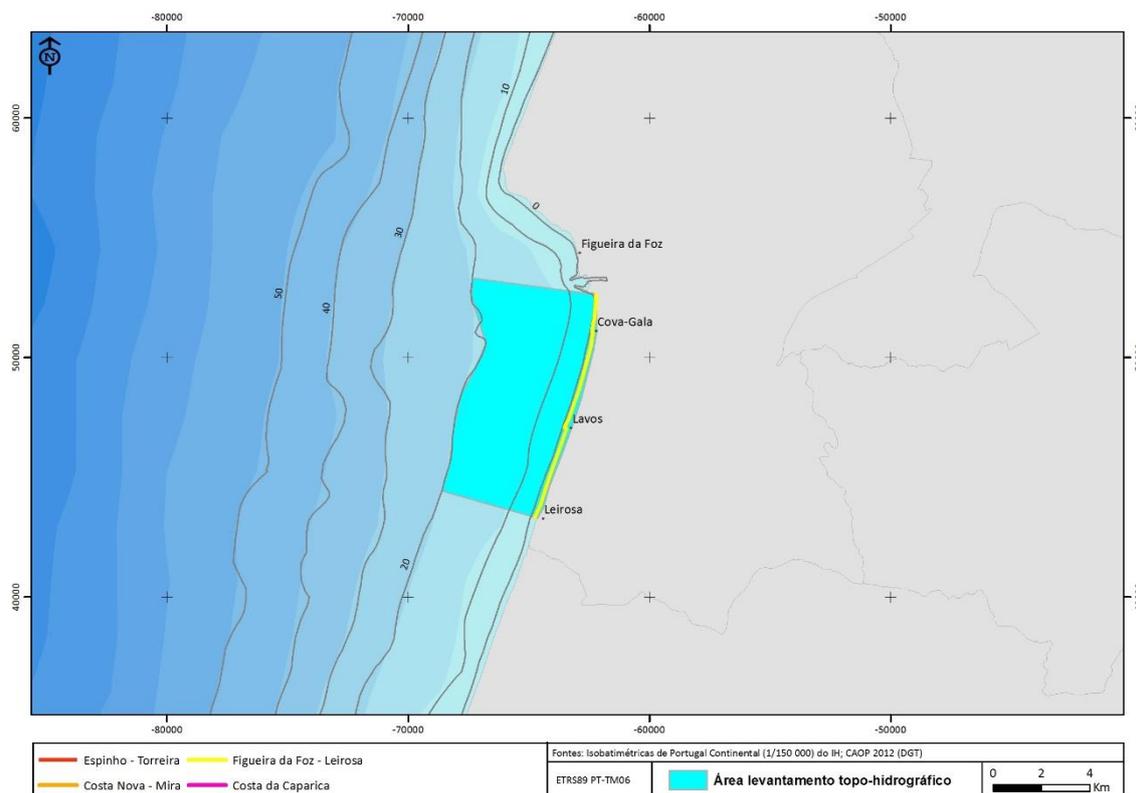


Figura 13- Sector Figueira da Foz – Leirosa (área E, tabela 6).

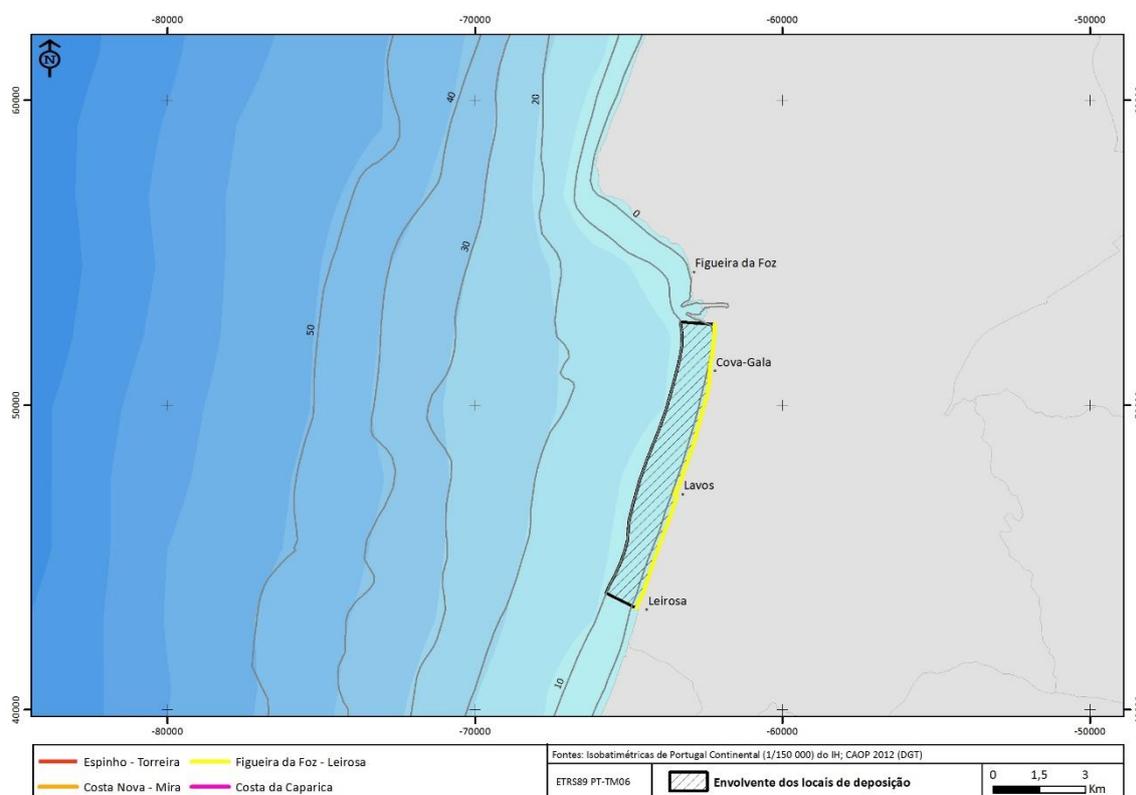


Figura 14 - Sector Figueira da Foz - Leirosa (área D, tabela 6).

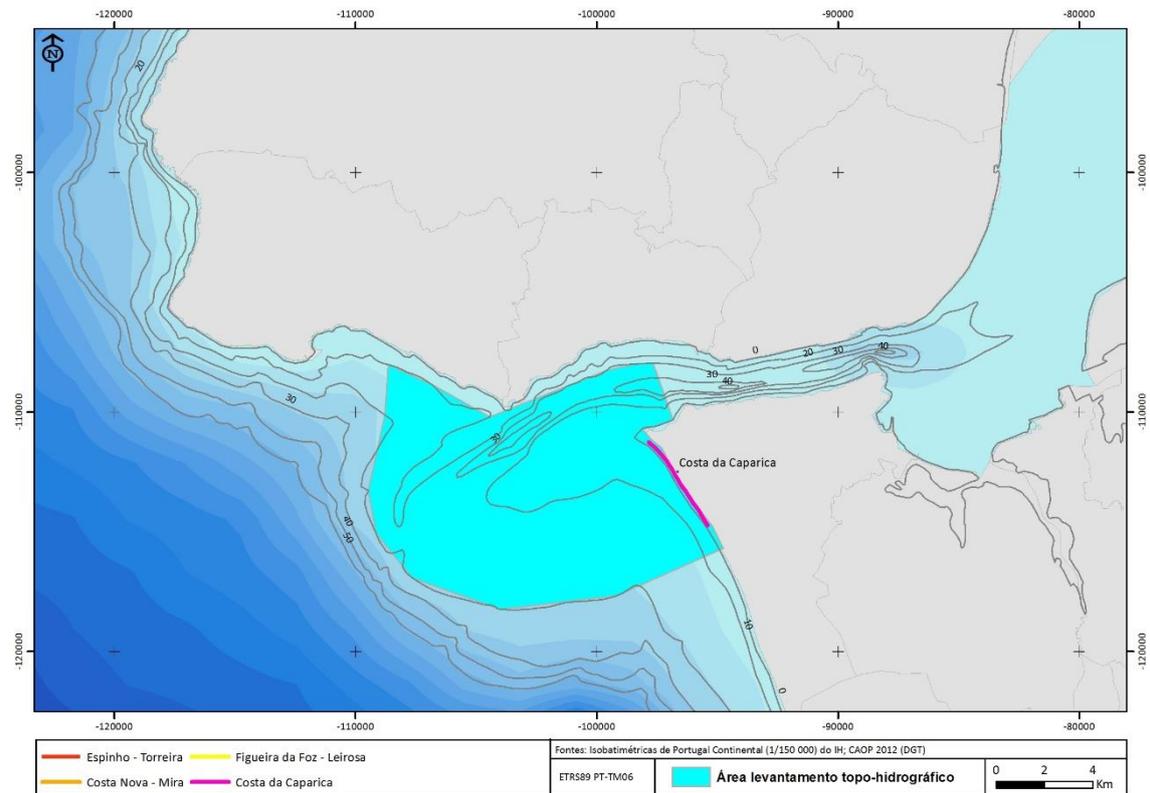


Figura 15 - Sector da Costa da Caparica (área E, tabela 6).

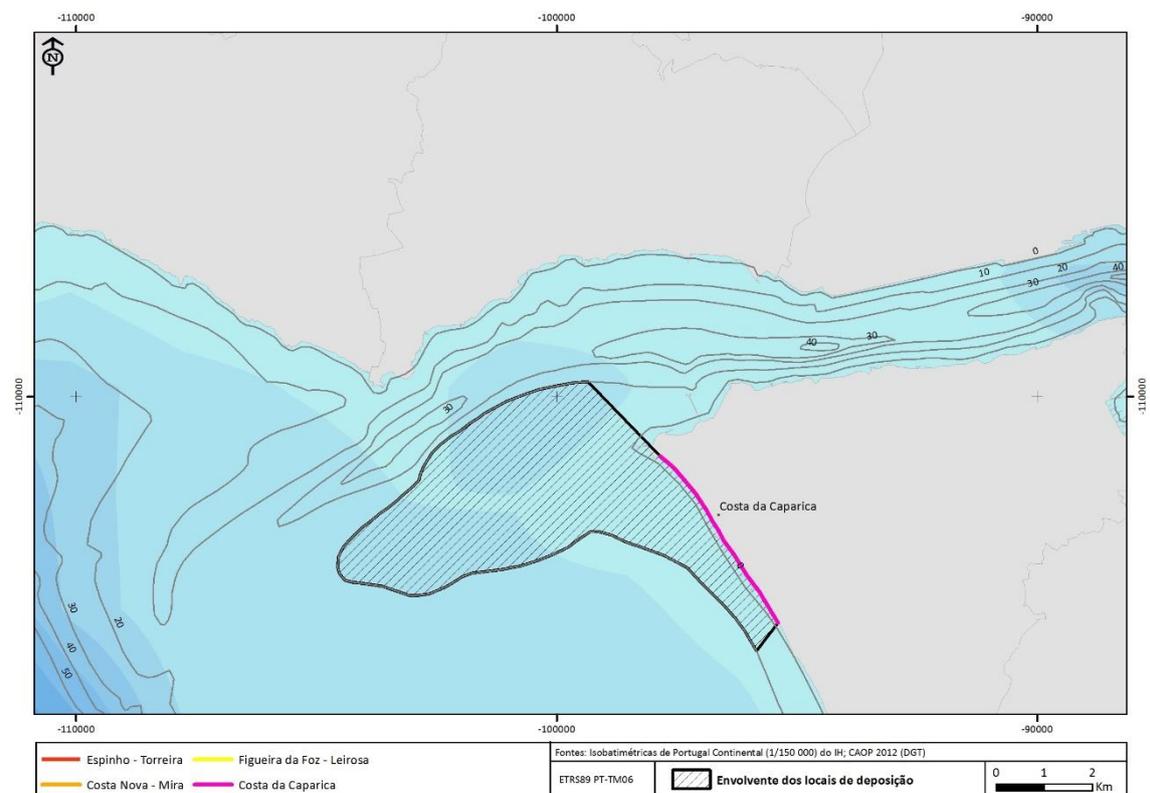


Figura 16 - Sector da Costa da Caparica (área D, tabela 6).

### C . Trabalhos de suporte à definição de cenários de intervenção

As intervenções de alimentação artificial de elevada magnitude devem ser apoiadas em estudos de modelação numérica da evolução da linha de costa, e outros, que permitam quantificar os fenómenos costeiros e orientar as ações a desenvolver, atualizando os cenários explorados no âmbito do GTL.

Para avaliação e comparação de várias soluções de alimentação artificial (*e.g.* diferentes volumes, locais de deposição, faseamentos ou periodicidades futuras de alimentação), tendo como referência o cenário de não-intervenção recomenda-se a realização de um estudo de modelação da linha de costa (*cf.* Vicente e Clímaco, 2015), conforme Tabela 9.

As previsões da evolução da linha de costa para diferentes horizontes temporais (curto a longo termo) serão essenciais para estimar o desempenho e eficácia das intervenções e servirão de referência para a monitorização pós-intervenção. No sector da Costa da Caparica, dadas as suas características específicas, recomenda-se um estudo adicional de modelação morfodinâmica 2DH, considerando ondas e correntes.

**Tabela 9** - Síntese dos estudos de modelação matemática necessários.

Domínio de caracterização	Tarefa	Métodos	Produto
E - Zona costeira adjacente ao local de deposição	Modelação da evolução da linha de costa	Modelo de uma-linha de evolução da linha de costa	Previsão da evolução da linha de costa em planta a curto - longo prazo
	Modelação morfodinâmica 2DH (apenas na Costa da Caparica)	Modelo morfodinâmico incluindo ação de ondas e correntes	Previsão da evolução morfológica da praia e da embocadura a curto-médio prazo Avaliação de efeitos sobre os acessos portuários

### Outras condicionantes à realização da intervenção de alimentação artificial

Para além das condicionantes ambientais, referidas acima, e das de carácter logístico, operacional e financeiro, detalhadas abaixo, existem outras, relacionadas com o ordenamento do espaço marítimo e costeiro (*ex.* Plano de Ordenamento do Espaço Marítimo (POEM), Programas de Ordenamento Costeiro (POC), Reserva Ecológica Nacional (REN)).

De modo a fomentar a salvaguarda do interesse público e a identificação tempestiva de eventuais conflitos de interesses, assim como das respectivas medidas de gestão, pelo menos as áreas A e E, identificadas acima, devem ser incluídas no Plano de Situação que desenvolve a

Lei de Bases de Ordenamento e Gestão do Espaço Marítimo Nacional. Note-se que no caso da Costa da Caparica não há qualquer mancha de empréstimo assinalada no POEM.

Existem, naturalmente, outras sobreposições que, não devendo impossibilitar a realização de operações de alimentação artificial, importa acautelar em sede própria.

Do ponto de vista logístico e operacional é ainda importante identificar condicionantes que influenciam a calendarização, o procedimento concursal e o custo das operações de alimentação artificial de elevada magnitude:

- a) Janela temporal limitada a um período de 3 a 4 meses (agitação de baixa energia) para a realização das dragagens/alimentações necessárias ao *shot*;
- b) Compatibilização da janela temporal com a disponibilidade do equipamento de dragagem – dada a constante mobilidade e quase permanente afetação destes equipamentos;
- c) Distância da mancha de empréstimo ao local de deposição – o custo aumenta com a distância (aspeto particularmente importante no caso dos troços da Figueira da Foz-Leirosa e Costa da Caparica, onde as manchas de empréstimo com as características desejáveis se encontram a maior distância do local a alimentar);
- d) Profundidade de dragagem – quanto maior a profundidade maior o custo (a partir dos -35 m ZH, o custo aumenta exponencialmente);
- e) Granulometria do sedimento dragado – a proporção de água/areia dragada (entre 80/20% e 70/30%) varia inversamente ao diâmetro médio dos grãos, influenciando o tempo de enchimento do porão da draga e a rentabilidade dos ciclos da operação (i.e. *dragagem + navegação + dumping/repulsão + navegação*);
- f) Disponibilidade do mercado – o número de dragas existentes no mercado mundial diminui substancialmente para profundidades maiores que 40 m, limitando a concorrência e aumentando consideravelmente os custos de mobilização.

As condicionantes acima referidas e a dimensão do volume sedimentar envolvido poderão levantar sérios obstáculos à concretização de um único “shot” de elevada magnitude. Neste caso, o GTS considera que esta operação poderá ser faseada, desde que o volume sedimentar global se mantenha invariante e a janela temporal não ultrapasse três anos.

### III) Análise dos custos envolvidos e das possíveis fontes de financiamento

De acordo com os dados do GTL (Santos *et al.*, 2014), a realização de um “shot” com 10 M m<sup>3</sup> a sul do Douro, no troço Espinho – Torreira, rondaria os **30M €** com deposição na praia imersa (por exemplo entre os -7m ZH e -9M ZH). Caso se opte pela deposição na praia emersa os custos podem duplicar, sendo que uma solução mista terá custos intermédios.

Qualquer uma das opções acima referidas deverá obrigatoriamente ser precedida do reconhecimento prévio da mancha de empréstimo e dos locais de deposição, como referido acima, e da elaboração de um Projeto de Alimentação Artificial específico. Este terá de ser

precedido de procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) que inclua componentes de simulação que permitam avaliar diversas alternativas de intervenção e explicita a monitorização necessária para avaliar o impacto das intervenções projectadas nos sistemas biótico e abiótico, quer nos locais de dragagem, quer nos de deposição.

Os custos (indicativos) globais dos estudos de caracterização da situação de referência, impacte ambiental (EIA) e projeto de execução em cada um dos quatro troços considerados variam 1.9 e 2.5 M€ (Tabela 10), isto é, representam 3 a 13% do valor total da obra dependendo do cenário de alimentação (praia imersa ou emersa) que vier a ser considerado.

Embora não seja possível avançar neste momento um orçamento para as tarefas de monitorização, estima-se que os custos associados possam ascender a 1 a 2 M €, em cada troço, durante três anos.

**Tabela 10** – Estimativa de custos globais dos estudos de caracterização da situação de referência, estudo de impacte ambiental (EIA) e projeto de execução. Valores indicativos em M€.

Troço costeiro	Situação de referência	EIA + Proj. Execução	Monitorização pós intervenção
Espinho-Torreira	1.5	1.0	*
Barra-Mira	1.4	1.0	*
Figueira da Foz - Leirosa	1.0	1.0	*
Costa da Caparica	0.9	1.0	*

\* Custo a avaliar em sede do EIA

Os custos de monitorização representam menos de 10% do valor total da obra, sendo que esta atividade é imprescindível para garantir rentabilização do investimento global e avaliar o desempenho da intervenção.

#### **IV - Análise das bases para criação de mecanismos de colaboração entre as entidades portuárias e a Autoridade Nacional da Água**

O objectivo da gestão sedimentar integrada preconizada pelo GTL só pode ser concretizado através de criação de sinergias entre as entidades portuárias, a DGRM e as instituições tutelares do ambiente e do mar. Tal requer a melhoria da articulação interinstitucional e o desenvolvimento de mecanismos eficazes de partilha de informação.

A colaboração entre as entidades portuárias, Autoridade Nacional da Água (hoje sediada na APA, I.P.) e Autoridade Nacional de Imersão de Resíduos (hoje sediada na DGRM) é condição fundamental para articular o esforço de dragagem nos portos com a necessidade de reposição do trânsito sedimentar litoral e a alimentação artificial de troços costeiros em erosão.

Para concretizar este objectivo propõe-se:

1. Estabelecer um mecanismo permanente de contacto, envolvendo a identificação de um interlocutor da Autoridade Nacional da Água e a realização de reuniões periódicas com representantes das administrações portuárias e da Direcção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos;
2. Reforçar a eficácia do princípio da reintrodução na faixa costeira das areias dragadas em barras e canais de navegação. Como orientação geral, propõe-se que os custos de dragagem e de reintrodução dos dragados na faixa costeira sejam suportados pelas entidades portuárias. Nos casos em que a deposição envolva sobrecustos (*vide* abaixo), promover a celebração de protocolos de partilha de custos à semelhança do procedimento já adotado por algumas administrações portuárias e pela APA.

Relativamente aos mecanismos de contacto, propõe-se:

1. Identificação de um representante da Autoridade Nacional da Água como interlocutor permanente das entidades portuárias, para as apoiar na gestão das areias dragadas em conformidade com o previsto na Lei nº 49/2006 de 29 de Agosto (*e.g.* na definição, de forma rápida e eficaz, dos locais de alimentação artificial). Na organização atual, propõe-se que este interlocutor seja identificado no Departamento do Litoral e Proteção Costeira da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P..
2. Estabelecimento de um grupo de trabalho com carácter permanente, constituído por representantes da Associação dos Portos de Portugal (APP), de cada uma das administrações portuárias (APDL, APA/APFF, APL, APSS e APS), da DGRM e da Autoridade Nacional da Água, para promover a articulação das dragagens portuárias com as necessidades de proteção costeira. Este grupo deverá reunir, no mínimo, com periodicidade semestral.
3. O grupo indicado acima constituirá uma plataforma de partilha de informação e de planeamento de ações. Terá como objectivos específicos:
  - a. Partilhar informação sobre as intervenções de dragagem e de proteção costeira que se planeiem realizar em cada ano;
  - b. Identificar oportunidades de cooperação, bem como eventuais dificuldades, e contribuir para a sua resolução;
  - c. Acompanhar e avaliar, em cada porto, a aplicação dos planos plurianuais de dragagens e a aplicação do princípio da reintrodução dos dragados na faixa costeira.

Relativamente ao princípio da reintrodução dos dragados na faixa costeira, e às bases para a sua concretização, propõe-se:

1. Conforme estabelece a Lei nº 49/2006, de 29 de agosto, a dragagem de areias, nomeadamente para a manutenção de canais de navegação, quando efectuada a uma distância até 1 km para o interior a contar da linha de costa e até 1 milha náutica no

- sentido do mar a contar da mesma linha, assegurada a sua qualidade, deve destinar-se à alimentação da faixa costeira.
2. Na recarga da secção emersa de praias com potencial de utilização balnear apenas devem ser utilizadas areias limpas (classe 1; cf. Portaria nº 1450/2007, de 12 de Novembro). Conforme recomendação do Grupo de Trabalho do Litoral (Santos *et al.*, 2014), entende-se que na faixa ativa imersa da praia deve ser permitida a colocação de areias com contaminação vestigiária (classe 2).
  3. De acordo com o princípio estabelecido na Lei nº 49/2006, e como orientação geral, os custos de reposição na orla costeira das areias dragadas devem ser suportados pelas entidades portuárias.
  4. Este Grupo de Trabalho considera, porém, que as autoridades com a tutela da faixa costeira devem participar no financiamento das intervenções de reposição do trânsito sedimentar litoral e de alimentação artificial, mediante a celebração de protocolos de partilha de custos, nos seguintes casos:
    - a. Quando pretendam que a colocação das areias dragadas se verifique na praia emersa, e não simplesmente na faixa ativa imersa, exceto nas situações em que a Declaração de Impacte Ambiental (DIA) a tal obrigue;
    - b. Quando pretendam que a colocação das areias dragadas se verifique em locais situados a uma distância superior à distância mínima necessária para alimentação da faixa costeira;
    - c. Quando os materiais arenosos tenham sido dragados fora do limite definido na Lei nº 49/2006.
  5. No desenvolvimento de operações de requalificação costeira, a tutela do ambiente deve promover a utilização de areias dragadas provenientes de áreas portuárias, de forma a otimizar o custo global das intervenções de dragagem e de proteção costeira.
  6. A definição dos locais de deposição na faixa costeira, deve atender ao melhor compromisso entre: (i) os objectivos de proteção costeira ou de reposição do balanço sedimentar e (ii) a maximização da estabilidade dos acessos marítimos e da segurança da navegação.
  7. A imersão de areias limpas ou com contaminação vestigiária no mar a profundidades superiores à de fecho prejudica o balanço sedimentar litoral e contraria a legislação em vigor. Exceptuam-se apenas intervenções de dragagem que mobilizem sedimentos com grau de contaminação superior e em que, por motivo de custos desproporcionados, não se justifique dar um destino separado a um volume de areias diminuto (*e.g.* <5000 m<sup>3</sup>).

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- a) As operações de alimentação artificial de elevada magnitude previstas no relatório do GTL afiguram-se exequíveis do ponto de vista técnico e financeiro. Estas operações apresentam condicionantes ambientais e técnicas que terão reflexos na sua calendarização, impossibilitando a sua realização a muito breve prazo.
- b) Os recursos em areias associados à atividade portuária, que importa manter no sistema costeiro, afiguram-se insuficientes para as alimentações de elevada magnitude (*shot*); porém, devem ser considerados para efeitos de intervenções de manutenção ou de emergência, correspondendo-lhes em geral custos unitários inferiores aos da obtenção de material do exterior do sistema costeiro.
- c) A transposição sedimentar pontual das barras de Aveiro e do Mondego, através da mobilização de areias das praias a barlamar, apresenta constrangimentos relevantes que carecem de estudos adicionais de natureza técnica e científica, o que condiciona concretização a breve prazo.
- d) As manchas de empréstimo a considerar para efeitos de realização de uma alimentação artificial de elevada magnitude localizam-se, por insuficiência ou limitações inerentes às restantes opções, na plataforma continental adjacente.
- e) As intervenções terão de ser antecedidas por uma componente de caracterização prévia das manchas de empréstimo e do local de deposição, e de modelação, sem as quais não será possível avaliar os impactes ambientais e o seu desempenho final, colocando em risco o investimento.
- f) Uma estimativa preliminar dos custos associados aos estudos prévios de caracterização ambiental de cada um dos troços costeiros a interencionar varia entre 0.9 e 1.5 M€. Estima-se que os custos associados ao EIA e projecto de execução acrescentem, a estes valores, 1 M€ por troço. Os custos de monitorização após intervenção não foram avaliados, uma vez que os descritores que os condicionam deverão ser definidos em sede de AIA.
- g) Considerando imprescindível reforçar a articulação entre as entidades portuárias, a DGRM e a Autoridade Nacional da Água recomenda-se o estabelecimento de um mecanismo permanente de contacto, envolvendo identificação de um interlocutor da Autoridade Nacional da Água e a realização de reuniões com periodicidade mínima semestral.
- h) Como orientação geral, recomenda-se que os custos de reintrodução dos dragados na faixa costeira sejam suportados pelas entidades portuárias e pela DGRM; nos casos em que a deposição envolva sobrecustos (e.g. deposição na praia emersa) recomenda-se a celebração de protocolos de partilha de custos entre as entidades portuárias ou a DGRM e entidades ambientais.

- i) Recomenda-se estender a identificação de manchas de empréstimo e de áreas que carecem de ações de alimentação artificial a toda a costa continental, de modo a serem oportunamente incluídas no Plano de Situação.**
  
- j) Os trabalhos inerentes às intervenções de alimentação preconizadas, coordenados pela APA, devem ter um suporte científico e técnico adequado, nomeadamente através de reforço da sua capacitação técnico-científica e da cooperação com Laboratórios do Estado e Universidades.**
  
- k) Recomenda-se a implementação de um programa de monitorização da faixa costeira que dê suporte à tomada de decisão, nomeadamente no que se refere à gestão sedimentar integrada.**

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho deve muito ao empenhamento de um largo conjunto de pessoas e de organizações, razão pela qual o grupo de trabalho deseja manifestar a sua gratidão a todos aqueles que, ao longo dos últimos meses, nas instituições, na academia e nas organizações, connosco generosamente partilharam informação, ideias e experiência.

Impõe-se um agradecimento especial a Mário Mil-Homens, Miriam Guerra, Miguel Caetano e João Pereira os quais, não integrando o grupo de trabalho nos disponibilizaram o seu tempo e conhecimento, contribuindo para valorizar o suporte científico deste GT.

## REFERÊNCIAS

- APA (2015) – Enquadramento metodológico para a demarcação das Faixas de Salvaguarda À Erosão Costeira (Nível I e II) em litoral baixo e arenoso – Aplicação ao troço costeiro Ovar Marinha Grande. Relatório Técnico n.º 1/2015. Departamento do Litoral e Proteção Costeira. Agência Portuguesa do Ambiente. 11p (inédito)
- APA (2014) – Registo das ocorrências no litoral – temporal de 3 a 7 de janeiro de 2014. Relatório Técnico. Departamento do Litoral e Proteção Costeira. Agência Portuguesa do Ambiente. 116p
- Diogo, Z., Lira, C., Bastos, A.P., Silva, A.N., Carapuço, A.M., Taborda, R., Andrade, C. e Freitas, M.C. (2014) - Impacto da tempestade Christina nas praias da APA, I.P./ARH Tejo. Relatório complementar ao projeto “Criação e implementação de um sistema de monitorização no litoral sob jurisdição da ARH Tejo”. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Centro de Geologia. Instituto Dom Luiz. 78p (versão de trabalho). [http://idl.ul.pt/sites/idl.ul.pt/files/docs/Impactos%20das%20tempestades\\_Abril2014.pdf](http://idl.ul.pt/sites/idl.ul.pt/files/docs/Impactos%20das%20tempestades_Abril2014.pdf)
- Instituto Hidrográfico (2001a) – Levantamento Geofísico para caracterização de manchas de empréstimo. Projeto MANELITO-COSTA DA CAPARICA. Relatório TF.OC.12/01, Instituto Hidrográfico, 12 pp.
- Instituto Hidrográfico (2001b) – Levantamento Geofísico para caracterização de manchas de empréstimo. Projeto MANELITO-AVEIRO. Relatório TF.OC.14/01, Instituto Hidrográfico, 13 pp.
- Instituto Hidrográfico (2005) – Cartografia dos sedimentos superficiais da plataforma continental (Cabo da Roca ao cabo de Sines), escala 1:150 000, Folha SED5, 1ª Edição.
- Instituto Hidrográfico (2010a) – Cartografia dos sedimentos superficiais da plataforma continental (Espinho ao Cabo Mondego), escala 1:150 000, Folha SED2, 1ª Edição.
- Instituto Hidrográfico (2010b) – Cartografia dos sedimentos superficiais da plataforma continental (Cabo Mondego ao Cabo Carvoeiro), escala 1:150 000, Folha SED3, 1ª Edição.
- LNEC (2010) – Planos plurianuais de dragagens portuárias 2011-2015. Volumes 1, 2 e 3. Relatórios técnicos, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 80+66+144 p. (estudo realizado para IPTM – Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos, I.P.).
- Silva A.M., Lira, C., Sousa, H., Silveira, T., Andrade, C. Taborda; R, e Freitas, M.C. (2013). Entregável 1.1.2.2.b. Análise da evolução da linha de costa nos últimos 50 anos – caso especial da Costa da Caparica Relatório técnico, Projeto Criação e implementação de um sistema de monitorização no litoral abrangido pela área de jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Tejo. FFCUL/APA, I.P., Lisboa, 27 p. + anexos (não publicado).
- Santos, F.D., Lopes, A.M., Moniz, G. Ramos, L., Taborda, R. (2014) – Gestão da Zona Costeira: o desafio da mudança. Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral, 154 p.
- Vicente, C. e Clímaco, M. (2012) - Trecho de costa do Douro ao Cabo Mondego. Caracterização geral do processo erosivo. Relatório técnico, LNEC, 56 p.

Vicente, C. e Clímaco, M. (2015) - Evolução da costa do Douro ao Cabo Mondego. Proposta de uma metodologia de estudo. Relatório técnico, LNEC, 34 p. (não publicado).