



**APSS - ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE
SETÚBAL E SESIMBRA, S.A.**

PROJECTO DE MELHORIA DA ACESSIBILIDADE MARÍTIMA AO PORTO DE SETÚBAL

Fase de Projeto

Nº trabalho: 15.006

Data: 2016-07-29

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA – VOL. 1



PROMAN
CENTRO DE ESTUDOS E PROJECTOS S.A.

Av. D. Vasco da Gama, nº 27 - 1400-127 Lisboa - Portugal
Telf: +351 213 041 050
Fax: +351 300 013 498
Contribuinte nº 501 201 840
Capital Social 450.000 Euros - C.R.C. Lisboa





O PROJETO DE EXECUÇÃO É CONSTITUÍDO PELOS SEGUINTE VOLUMES:

VOLUME 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

VOLUME 2 - PEÇAS DESENHADAS

VOLUME 3 - CLAUSULAS TÉCNICAS

VOLUME 4 - MAPA DE QUANTIDADES

VOLUME 5 - PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE

VOLUME 6 - PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

VOLUME 7 - ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

ÍNDICE

1.	ÂMBITO E OBJETIVOS E ENQUADRAMENTO DO PROJEJO.....	1
2.	CARATERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO LOCAL.....	3
2.1	Aspetos Gerais.....	3
2.2	Marés.....	4
2.3	Ventos.....	5
2.4	Correntes.....	6
2.5	Ondulação.....	7
2.6	Geologia e geotecnia local.....	8
2.7	Características dos sedimentos a dragar.....	11
3.	DIMENSIONAMENTO DA ACESSIBILIDADE MARÍTIMA FACE À TIPOLOGIA DOS NAVIOS.....	15
4.	DEFINIÇÃO E DESCRIÇÃO DAS INTERVENÇÕES A REALIZAR.....	21
4.1	Dragagem e transposição de sedimentos.....	21
4.1.1	Dragagens de 1º estabelecimento – Fases A e B.....	21
4.1.2	Locais de deposição e transposição de sedimentos.....	24
4.2	Proteção marginal do aterro a nascente do terminal Ro-Ro.....	26
5.	DEFINIÇÃO E ESTABELECIMENTO DOS MEIOS MARÍTIMOS/TERRESTRES NECESSÁRIOS.....	27
5.1	Operações de dragagem e deposição.....	27
5.2	Construção da proteção marginal do aterro a nascente do terminal Ro-Ro.....	28
6.	MODO DE EXECUÇÃO DAS INTERVENÇÕES E SUA PROGRAMAÇÃO TEMPORAL.....	29
6.1	Estaleiro.....	29
6.2	Dragagens e deposição de sedimentos.....	30
6.3	Proteção marginal do aterro a nascente do terminal Ro-Ro.....	33
6.4	Planeamento global das intervenções.....	34
7.	PLANOS DE DRAGAGEM E GESTÃO DE DRAGADOS (FASE DE MANUTENÇÃO).....	36

□ **Desenhos**

Desenho Nº	Título
15.006-1.10-001	PROJETO DE EXECUÇÃO PLANTA GERAL DO CANAL DE NAVEGAÇÃO
FASE A:	
- Dragagem:	
15.006-1.10-101	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE A – DRAGAGEM PLANTA GERAL DE IMPLANTAÇÃO
15.006-1.10-102	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE A – DRAGAGEM PLANTA DE APROFUNDAMENTO
15.006-1.10-103	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE A – DRAGAGEM PERFIS TRANSVERSAIS (6 Folhas)
- Deposição:	
15.006-1.10-104	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE A – DEPOSIÇÃO PLANTA GERAL DE IMPLANTAÇÃO
15.006-1.10-105	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE A – DEPOSIÇÃO ATERRO ZONA NASCENTE DO TERMINAL RO-RO PLANTA E PERFIS TRANSVERSAIS
15.006-1.10-106	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE A – DEPOSIÇÃO BASE DO DELTA ESTUÁRINO PLANTA E PERFIS TRANSVERSAIS
FASE B:	
- Dragagem:	
15.006-1.10-201	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE B – DRAGAGEM PLANTA GERAL DE IMPLANTAÇÃO
15.006-1.10-202	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE B – DRAGAGEM PLANTA DE APROFUNDAMENTO POR DRAGAGEM
15.006-1.10-203	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE B – DRAGAGEM PERFIS TRANSVERSAIS (6 Folhas)
- Deposição:	
15.006-1.10-204	PROJETO DE EXECUÇÃO FASE B – DEPOSIÇÃO BASE DO DELTA ESTUÁRINO PLANTA E PERFIS TRANSVERSAIS



1. ÂMBITO E OBJETIVOS E ENQUADRAMENTO DO PROJEJO

O presente documento constitui a memória descritiva do **PROJETO DE EXECUÇÃO DA MELHORIA DA ACESSIBILIDADE AO PORTO DE SETÚBAL** e contém a descrição da solução preconizada para atingir os objetivos propostos pela APSS, decorrentes da visão estratégica estabelecida para o Porto de Setúbal, assente na seguinte visão comercial:

- ❑ *Tornar Setúbal a solução portuária Short-Sea e panamax de excelência da grande região de Lisboa mais competitiva para as cadeias logísticas de elevado valor com a Europa, o Mediterrâneo e a África Ocidental;*
- ❑ *Incrementar a importância como porta atlântica principal de exportação industrial pesada da região de Lisboa;*
- ❑ *Criar um Hub roll-on roll-off intercontinental atlântico, com hinterland até Madrid."*

No seguimento das orientações definidas no âmbito do Plano Estratégico dos Portos de Setúbal e Sesimbra para o triénio 2013-2015, destacam-se as grandes linhas de ação no que respeita ao desenvolvimento do Porto de Setúbal:

"1. Criar um Pólo logístico portuário Short-Sea e panamax na região;

2. Criar um Hub Roll-on Roll-off de cross trade intercontinental Atlântico;

3. Melhorar os acessos marítimos e ferroviários;

4. Reforçar a ligação cidade-rio através do desenvolvimento da náutica de recreio e marítimo-turística;

5. Reflorescer a aquacultura e a pesca."

Os princípios de gestão da Administração Portuária assentam num conjunto de compromissos e valores, em particular os seguintes:

a) Aumentar a competitividade do Porto de Setúbal e dos seus clientes

- ❑ *Assegurar as condições de acesso aos terminais portuários;*
- ❑ *Prosseguir com os projetos de desenvolvimento dos Portos;*
- ❑ *Prosseguir uma política comercial conjunta e focada no cliente;*
- ❑ *Assegurar a prestação do serviço público e verificar o cumprimento das obrigações de garantia da prestação do mesmo.*

b) Monitorizar o desempenho ambiental e a segurança

- ❑ *Monitorizar a atividade portuária e os impactes por ela gerados;*
- ❑ *Monitorizar os efeitos no ambiente da execução das dragagens;*
- ❑ *Progredir no desenvolvimento sustentável;*
- ❑ *Garantir a segurança da navegação e proteção de bens e pessoas na área portuária.*

O projeto visa adaptar o acesso marítimo aos terminais do Porto de Setúbal à evolução da procura de tráfego contentorizado esperada no *hinterland*, tendo em conta a evolução dos navios utilizados nos diversos tráfegos marítimos e das novas exigências em termos de segurança.



Deste modo, o projeto contempla um conjunto de dragagens que oferecerá possibilidade de acesso, numa 1ª fase, aos navios do tráfego *Short-Sea/Panamax* de tipo *Under-Panamax* de 3000-4000 TEU até 12m de calado, e numa 2ª fase do tipo *Panamax* de 4.000-6.000 TEU com calados até 13m.

Com o presente projeto pretende-se alcançar os seguintes resultados:

- Acompanhar o aumento da dimensão dos navios de *Short-Sea/Panamax* que escalam os portos da Europa, Mediterrâneo e a costa ocidental/atlântica africana, por forma a manter o posicionamento da oferta neste segmento face aos portos ibéricos concorrentes;
- Oferecer uma capacidade portuária para receção de navios *Short-Sea/Panamax* competitiva na região, complementar à oferta *Deep-Sea/Post-Panamax* dos Portos de Lisboa e de Sines, a fim de reduzir os custos adicionais de desvio do tráfego excedente deste segmento da região para outros terminais *Short-Sea/Panamax* em portos ibéricos que dispõem já de uma capacidade de receção de navios deste segmento, superior à do Porto de Setúbal;
- Oferecer uma solução competitiva na transferência modal para o transporte marítimo aos tráfegos espanhóis gerados no *hinterland* do Porto de Setúbal, na Extremadura Espanhola e Andaluzia para os mercados *Short-Sea/Panamax* europeu e africano;
- Gerar valor acrescentado económico pelo desenvolvimento de novos tráfegos de transbordo.

A tendência para o aumento da dimensão dos navios porta-contentores favorece a concentração do tráfego de longa distância em portos que dispõem já de uma capacidade de receção de navios de linha intercontinental (*Deep-Sea*), nomeadamente Lisboa, Sines, Algeciras, Valencia e Barcelona. Esta tendência contribui igualmente para a reafecção dos navios cada vez maiores sobre linhas de transporte marítimo de curta distância (*Short-Sea*).

Na ausência da melhoria do acesso marítimo, o mercado potencial dos terminais multiusos do Porto de Setúbal irá estagnar e limitar-se-á, essencialmente, ao tráfego local de transporte marítimo, resultando em custos adicionais de transporte em consequência do:

- Desvio potencial do tráfego *Short-Sea/Atlântico* excedente da região para outros portos ibéricos com uma capacidade de receção de navios *Panamax* até 13m de calado;
- Aumento das distâncias de transferência modal para o transporte marítimo para os tráfegos espanhóis da Extremadura e Andaluzia provenientes ou com destino ao *hinterland* do Porto de Setúbal.

Em síntese, com o aumento do calado dos navios e a ampliação do Canal do Panamá, torna-se necessário receber navios maiores para manter a posição relativa do Porto de Setúbal, a nível ibérico e nacional. Com a execução deste projeto, concretiza-se essa possibilidade, passando o Porto de Setúbal a poder receber navios de linha *Short-Sea/Panamax* de 2ª e 3ª geração, do tráfego europeu e atlântico, permitindo atrair uma parte adicional do tráfego da região e captar novos tráfegos de trânsito com origem em Espanha.

Sendo o acesso marítimo um fator determinante na redução do frete marítimo, beneficiando as indústrias da região, e na escolha de um porto pelos carregadores, designadamente os utilizadores do transporte rodoviário, este projeto constituirá um importante estímulo ao transporte marítimo e às *Auto-estradas do Mar*.

2. CARATERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO LOCAL

2.1 Aspetos Gerais

O Porto de Setúbal é o maior porto nacional na movimentação de carga fracionada e carga Ro-Ro, dois segmentos de elevado valor acrescentado e que traduzem parte expressiva do dinamismo económico e logístico que se gera à sua volta, dela decorrendo importantes benefícios para toda a região de Setúbal, e para o País em geral.

Situado na confluência das rotas marítimas do Oceano Atlântico, o Porto de Setúbal constitui um polo regional centralizador de indústrias exportadoras e importadoras, tendo na sua carteira de clientes grandes empresas como a SECIL, CIMPOR, PORTUCEL, SIDERURGIA NACIONAL, SOMINCOR, VW LOGISTICS, ADP-Adubos de Portugal, entre muitas outras.

A área de jurisdição do Porto de Setúbal abrange, aproximadamente, 17 mil hectares, dos quais cerca de 300 hectares estão ocupados por infraestruturas de vocação portuária que se concentram na margem N do Rio Sado, ao longo de uma faixa contínua entre o limite a jusante da zona urbana e o extremo a montante da Península da Mitrena. Nela incluem-se os terminais de serviço público de movimentação de cargas, como sejam os dois Terminais Multiusos, o Terminal Ro-Ro e o Terminal Graneleiro da Sapec.

Relativamente ao tráfego de mercadorias, o ano de 2013 revelou-se o melhor de sempre para o Porto de Setúbal no que se refere ao total de cargas movimentadas, ultrapassando, no conjunto dos seus terminais, sete milhões de toneladas e registando um crescimento de 16% em relação ao ano anterior. Este desempenho positivo assegurou ao Porto de Setúbal a liderança nacional nos segmentos da carga geral fracionada e do tráfego Ro-Ro e resultou, fundamentalmente, do esforço exportador do país num contexto de alguma retoma da atividade económica.

Os terminais de serviço público multiusos servidos, em termos de acesso marítimo, pelo Canal Norte, no qual se localiza o projeto em referência, representam cerca de 45% do movimento total de mercadorias do Porto de Setúbal, sendo maioritariamente cargas de elevado valor acrescentado (contentores, Ro-Ro e carga fracionada).

O Porto de Setúbal é um porto natural situado no Estuário do Sado e, devido à natureza própria dos seus fundos, possui condições naturais de acessibilidade marítima. A sua localização, abrigado da agitação marítima dominante da costa oeste portuguesa, confere-lhe vantagens únicas no que respeita à navegabilidade.

O acesso marítimo aos terminais existentes no Porto de Setúbal é realizado através dos seguintes canais de navegação:

- Canal da Barra – atualmente com fundos dragados à cota -12,5mZH;
- Canal Norte – na margem direita, com fundos atuais a -11,7mZH;
- Canal Sul – na margem esquerda, dando acesso aos terminais de montante.

No Porto de Setúbal é possível diferenciar duas grandes zonas, onde se desenvolvem atividades distintas. Por um lado, a Frente Ribeirinha, onde se desenvolvem atividades relacionadas com a pesca, recreio náutico e atividades de cultura e lazer e, por outro lado, a Área Comercial, onde se desenvolvem, numa extensão superior a 11km, atividades ligadas ao comércio marítimo.



Quanto aos acessos terrestres, identificam-se os rodoviários, com ligação à rede rodoviária nacional, privilegiada no que respeita às zonas N e S do país, como também às ligações ibéricas e, os acessos ferroviários, com ligações diretas a sistemas ferroviários nacionais e internacionais.

2.2 Marés

O conhecimento dos níveis de maré tem como sentido prático a definição das condições de navegabilidade no Porto de Setúbal podendo, através deste conhecimento, ser definidos cenários de navegação com ou sem restrição de níveis de maré. Tal como verificado em toda a costa oeste continental portuguesa, as marés astronómicas no porto apresentam um carácter periódico semi-diurno, com amplitude de maré máxima inferior a 4,0m.

As Tabelas de Marés do Instituto Hidrográfico (2015) indicam os seguintes valores notáveis para o Porto de Setúbal:

PM Máxima (preia-mar máxima)	+3,90 mZH;
PM AV (preia-mar de águas vivas média)	+3,51 mZH;
PM AM (preia-mar de águas mortas média)	+2,71 mZH;
NM (nível médio)	+2,00 mZH;
BM AM (baixa-mar de águas mortas média)	+1,31 mZH;
BM AV (baixa-mar de águas vivas média)	+0,49 mZH;
BM Mínima (baixa-mar mínima)	+0,13 mZH;

De notar que, segundo o Instituto Hidrográfico, devido à variação do nível médio do mar por motivos de alterações climáticas, são de esperar alturas de água superiores, em cerca de 0,10m, aos valores indicados acima. Apresenta-se, na figura seguinte, a curva de permanência da maré, obtida através do *software XTide*.

É possível estimar que, através desta previsão, por exemplo, o nível de maré +1,05mZH é excedido durante 90% do tempo, enquanto o nível +3,0mZH é excedido somente durante 15% do tempo. Verifica-se que o nível médio da maré, cuja permanência por definição ocorre em 50% do tempo, é observado para o valor de +2,1mZH. Por outro lado, é observado o valor de +4,0mZH para a PM Máxima e +0,22mZH para a BM Máxima.

De notar que estes valores já se encontram somados dos 0,1m acima referidos.

Como valores limites de navegação sem restrição de maré são, geralmente, considerados os níveis que são excedidos em 95% do tempo, ficando apenas a navegação a realizar-se com uma restrição de navegação em 5% do tempo, registando-se o valor de nível de maré em 0,86mZH.

Quanto ao escoamento observado à entrada do porto, induzido pela maré, o mesmo deve-se essencialmente à maré astronómica, com caudal médio na ordem dos 10m³/s, não excedendo os 25m³/s.

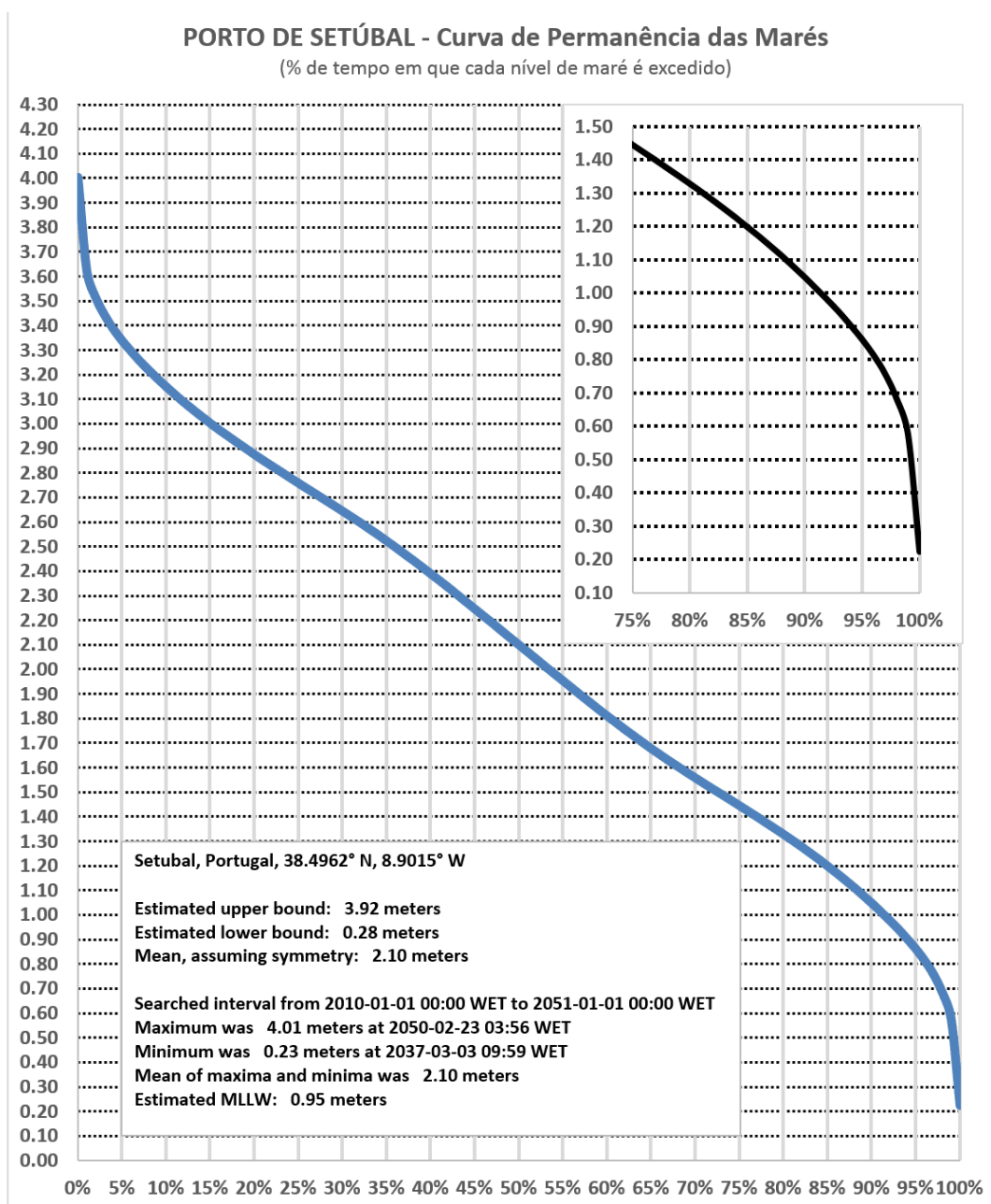


Gráfico 1 – Curva de Permanência de Marés para o Porto de Setúbal

2.3 Ventos

A caracterização do clima de ventos é importante na medida em que estes podem condicionar a navegação no canal do porto, podendo ser responsáveis por alguns períodos de inoperacionalidade nos terminais.

O regime de ventos em Setúbal encontra-se caracterizado através dos resultados das observações da estação meteorológica local, no período de 1961 a 1990, apresentando-se de seguida a tabela do descritor vento.



	Vento – Setúbal / Geofísico (1961-90)																		Veloc. média \bar{v} (km/h)
	Frequência F (%) e Velocidade média V (km/h) para cada rumo																		
	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		Calma		
F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	C			
Janeiro	14,0	6,0	6,4	4,1	1,1	6,5	5,3	6,5	7,3	7,9	14,6	8,1	8,3	8,4	21,8	6,9	21,1	5,6	
Fevereiro	18,0	7,0	5,9	5,0	0,9	3,6	4,7	7,6	5,8	7,5	16,9	8,4	10,2	9,1	25,9	7,5	11,8	6,6	
Março	15,9	8,1	8,5	6,0	1,7	5,9	6,9	5,8	5,3	6,4	12,1	8,5	7,2	7,4	35,5	9,0	6,9	6,9	
Abril	16,6	9,0	7,1	6,8	1,0	6,0	3,4	6,2	7,2	7,3	9,7	8,9	8,6	8,7	44,9	10,3	1,6	7,7	
Maió	15,1	10,4	5,3	6,9	0,9	5,5	2,6	8,5	8,0	8,2	10,5	8,6	8,3	8,8	48,9	11,0	0,5	8,1	
Junho	11,2	9,1	3,4	9,3	0,5	6,0	3,2	6,5	9,9	7,5	8,5	8,5	10,5	9,0	52,4	10,7	0,3	7,8	
Julho	14,4	9,9	2,8	6,5	0,3	8,0	4,7	7,0	9,8	6,7	3,5	7,4	5,5	8,0	59,0	11,3	0,1	8,3	
Agosto	16,4	9,9	2,9	6,8	0,2	5,5	3,4	5,9	7,5	6,5	3,6	6,0	3,7	8,7	61,9	11,4	0,5	8,4	
Setembro	13,2	9,1	4,9	5,4	0,7	4,0	6,4	5,3	13,7	5,7	8,9	7,0	6,5	8,0	43,5	10,1	2,2	6,5	
Outubro	15,9	7,5	8,8	5,4	1,8	4,5	7,9	6,4	11,3	5,7	9,2	6,3	7,7	6,6	28,4	8,2	9,0	5,9	
Novembro	20,4	7,7	8,9	5,0	1,3	4,3	4,8	6,7	4,3	7,4	8,5	7,2	6,9	7,1	27,8	7,4	17,2	5,5	
Dezembro	27,5	6,5	6,5	4,8	1,6	4,9	3,6	6,9	5,6	6,3	11,0	7,6	6,8	7,8	20,6	7,2	16,8	5,8	
Ano	16,5	8,2	5,9	5,8	1,0	5,2	4,7	6,5	8,0	6,8	9,7	7,8	7,5	8,2	39,4	9,8	7,3	6,9	

Figura 1 - Quadro-sinótico do vento para o Porto de Setúbal

Fonte: INSTITUTO HIDROGRÁFICO, 2006.

Da análise da tabela anterior destacam-se os seguintes tópicos:

- O regime de ventos em Setúbal é predominantemente do setor NW;
- Durante o inverno, os ventos dominantes oscilam entre o rumo N e o rumo W, sendo os mesmos mais predominantes de N;
- A velocidade anual média é de 6,9 km/h, sendo este um valor substancialmente reduzido.
- O valor mais elevado da velocidade média é verificado para o mês de Agosto com o valor de 8,4km/h, proveniente de NW;
- Com frequência de 39,4%, o rumo de NW é o rumo dominante dos ventos, seguido, com 16,5% dos rumos provenientes de N;
- Ao longo do período em análise, 7,3% das ocorrências são consideradas calmas.

As características médias anuais do regime de ventos mantêm-se, de um modo geral, ao longo de todo o ano, com pequenas diferenças registadas apenas no período de Inverno ao nível da distribuição de frequências e, no período de Verão, ao nível da gama de velocidades do vento.

2.4 Correntes

Segundo o Roteiro da Costa de Portugal Continental (Instituto Hidrográfico, 2006), as correntes de maré junto ao Porto de Setúbal são de fraca intensidade, geralmente com velocidades, na vazante de águas vivas e no Inverno, na ordem de 1,3 nós, podendo ocasionalmente atingir velocidade de 2 nós, junto às margens.

Nos canais interiores de navegação (Canal Norte e Canal Sul) as velocidades das mesmas não chegam a atingir 1m/s em condições normais, podendo exceder significativamente este valor na vazante, para as situações de cheia.

As correntes de vazante na zona da Barra são, em águas vivas e quando conjugadas com a ocorrência de cheias, superiores a 2,0m/s, apresentando valores máximos de 1,6m/s na vazante e 1,2m/s na

enchente, no estudo realizado pela *Hidroprojecto/COBA/HP* – “Plano de Bacia Hidrográfica do rio Sado”. Em maré morta, em regra, a velocidade não ultrapassa os 2.5 cm/s.

A existência de circulação residual é bastante intensa com abundante vorticidade junto dos bancos sedimentares, porém com intensidades de baixa magnitude.

2.5 Ondulação

O Porto de Setúbal encontra-se razoavelmente abrigado pela serra da Arrábida, pelo menos no que respeita à ondulação mais frequente ao largo proveniente de N e NW, e também pela península de Troia, a S e SE, não sendo atingida a via navegável por ondulação destes rumos, com alturas de onda elevadas. Por outro lado, o porto é consideravelmente exposto à ondulação proveniente de SW, cujas alturas e frequências de ocorrência são inferiores, podendo nestes casos a mesma ser condicionante à navegação na zona.

No âmbito do Estudo Prévio, recorrendo a dados recentes do modelo de *hindcast* do ECMWF-*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*, especificamente o modelo *ERA-INTERIM*, cuja cobertura tem vindo a ser expandida, foi possível obter informação atualizada sobre o clima de agitação marítima ao largo do Porto de Setúbal, permitindo realizar uma análise estatística dos seus dados de ondulação.

A localização do ponto onde foram retiradas as condições ao largo apresenta-se de seguida. A sua definição teve como objetivo a seleção de um ponto ao largo, que não fosse perturbado pelas condições junto à costa e que possa ser caracterizador do clima de agitação marítima à entrada do Porto de Setúbal. Para o efeito, considera-se o ponto com as seguintes coordenadas: latitude=38,25N; longitude=9,75W.



Figura 2 - Coordenadas do ponto ao largo de Setúbal

Fonte: *Google Earth*

A localização do Porto de Setúbal, numa posição recuada face ao cabo Espichel, fornece-lhe um abrigo privilegiado face à onda genericamente dominante na costa W portuguesa proveniente de NW. As ondas provenientes deste rumo sofrem refração e difração, numa primeira fase no cabo da Roca e, de seguida,

no cabo Espichel, o que resulta numa redução significativa da energia da onda, o que se reflete na diminuição da sua altura.

Após “rodadas” nos dois locais referidos, as ondas, já com energia bastante diminuída, percorrem em direção ao Porto de Setúbal sem grandes obstáculos, interagindo com o fundo da base do delta estuarino (fundos muito pouco profundos) onde rebentam numa zona ainda consideravelmente ao largo, à entrada da Barra.

Por este facto, sabendo da reduzida frequência de incidência da ondulação proveniente de W e de SW devido ao citado abrigo natural, o Porto de Setúbal, com a exceção de períodos pontuais no Inverno, não acusa a presença de ondulação com altura significativa considerável, suscetível de prejudicar substancialmente o acesso dos navios através do Canal da Barra.

2.6 Geologia e geotecnia local

O Porto de Setúbal e respetiva acessibilidade marítima localizam-se no troço terminal do Estuário do Rio Sado. Admite-se que a formação e evolução do estuário do Sado estão relacionadas com a subsidência da sua bacia. De acordo com esta teoria, as ações tectónicas do final do Terciário deram origem a uma depressão, na qual vieram a acumular-se grandes quantidades de materiais carreados pelas linhas de água que aqui confluíam. Mais tarde, devido à glaciação do Wurm, deu-se o aumento do poder erosivo das linhas de água, conseguindo-se estabelecer a sua comunicação com o mar. Com a nova subida do nível do mar, durante a transgressão Flandriana, deu-se a sedimentação de materiais aluvionares nos vales anteriormente encaixados. São estes sedimentos, cobertos com outros modernos, que constituem a maioria dos fundos do estuário. A agitação marítima, entretanto, foi acumulando, junto à foz, areias marinhas, que deram origem à restinga que hoje constitui a Península de Troia.

Deste modo, no estuário do Sado ocorre um complexo aluvionar fluvio-marítimo, sobrejacente a formações plio-pleistocénicas. O complexo fluvio-marítimo é constituído por lodos e areias, enquanto as formações plio-pleistocénicas são de natureza arenoargilosas, com níveis de seixo e cascalheiras.

Em 1991, a Divisão de Geotecnia da ex. Direção-Geral de Portos realizou um conjunto de sondagens geotécnicas na zona do terminal Multimodal e de contentores. De acordo com o respetivo relatório, as sondagens, que foram levadas até profundidades da ordem de -20 a -26 mZH, “só atravessaram e atingiram aluviões depositadas no ambiente estuarino com uma componente marinha mais acentuada”. Este facto foi interpretado como resultante do “poder das correntes de vazante que escavavam e dispersavam as aluviões fluviais, ou de dragagens que removeram as formações superficiais mais recentes, correspondendo as existentes a formações mais antigas depositadas em fases anteriores do rio Sado”.

As formações atravessadas foram classificadas no referido Relatório do seguinte modo: “as aluviões são, na sua maioria, incoerentes. Predominam as areias finas e médias, mas em profundidade os elementos passam a mais grosseiros com o aparecimento de alguns níveis com seixos e calhaus rolados. As coerentes estão representadas por um pequeno nível de silte numa das sondagens, localizada na zona mais protegida de toda a área projetada e por alguns níveis pouco representativos de argila, sem continuidade, quase sempre a cotas inferiores a -20mZH. Em compensação, partículas

de argila têm presença, misturadas com as areias, nos níveis incoerentes”. Superficialmente existe uma camada de “areia mal calibrada com algum lodo e conchas”, de possança variável.

Em março de 1994 foi realizada uma campanha de sondagens de prospeção geológica no âmbito da construção do terminal Ro-Ro-Terminal AutoEuropa – VW (Relatório de reconhecimento geológico – TECNASOL), no âmbito do reconhecimento geológico para avaliação das condições de dragagem dos Canais Norte e da Barra. No âmbito dessa campanha, foram realizadas 54 sondagens de furação mecânica à percussão até à cota (-16,0m) ZH, sendo 21 no Canal Norte e 31 no Canal da Barra.

Do ponto de vista geológico, os resultados obtidos permitem identificar 3 formações cobertas pela água que se descrevem de seguida:

- Formação de Aterro (At), essencialmente areno-siltosa, de cor acastanhada e com seixo fino a médio. Apenas foi atravessada nas sondagens SA e SB, junto à Doca Pesca, com uma espessura variável, entre 1,5m e 2,5m, respetivamente;
- Formação Recente (R), constituída por areias de granulometria média a grosseira (Φ 0,2 a 2mm), de cores esbranquiçadas ou acinzentadas, normalmente com algum seixo fino (ou cascalho fino, Φ 2 a 6mm) e, no geral, com pequenas conchas. Em algumas sondagens surgem, por debaixo destas areias, umas outras, de granulometria fina, siltosas ou silto-argilosas, de cores acinzentadas. Na zona da Doca de Pesca, ambas as sondagens efetuadas (SA e SB) atravessaram uma camada argilo-siltosa cinzenta escura, que ocorre entre as cotas -14,9mZH e -16,9mZH, em SA, e entre as cotas -17,0mZH e -21,0mZH, em SB. Ocorre logo desde a superfície (fundo do rio), com exceção das sondagens SA e SB, onde surge subjacente a uma espessura de materiais de aterro (At).

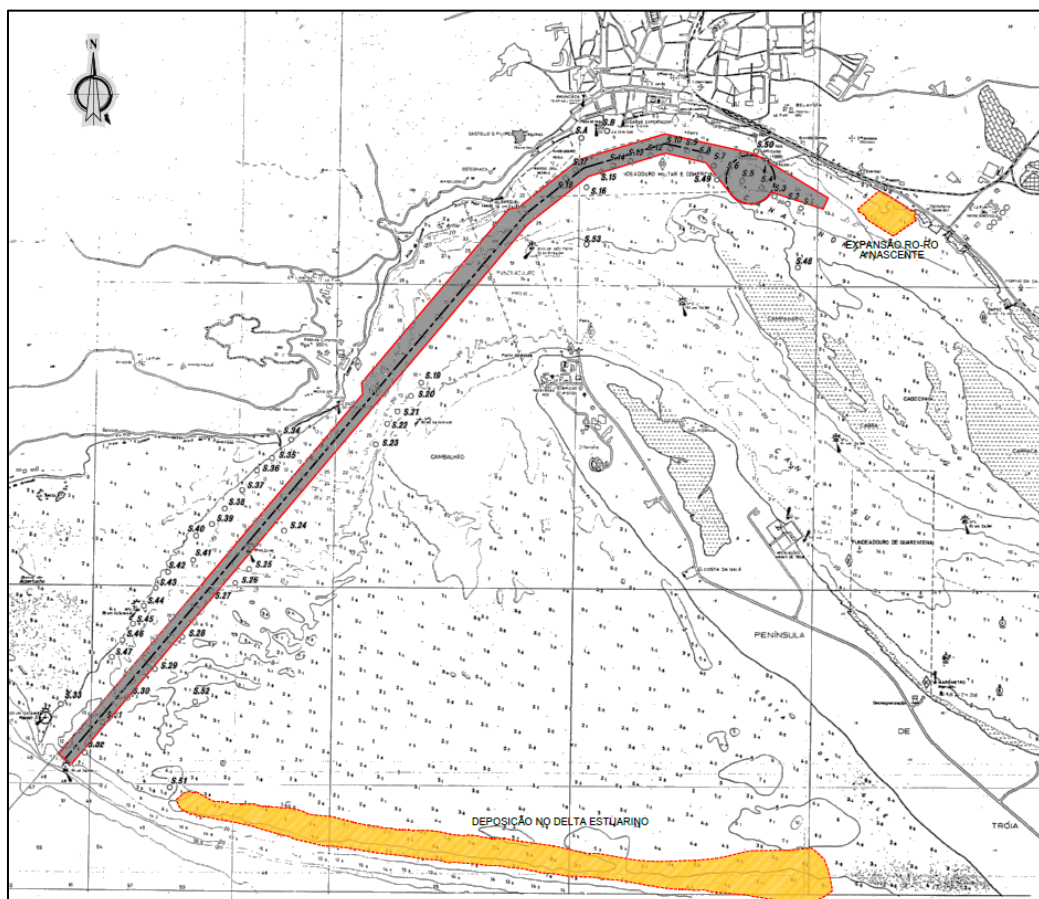


Figura 3 - Porto de Setúbal. Relatório de Reconhecimento Geotécnico: Localização dos pontos de sondagem no canal de navegação. Fonte: TECNICAL (Mar/1994).

No local das sondagens S6 e SB, por se ter atingido a formação pliocénica, que seguidamente se descreve, os terrenos aluvionares apresentam espessuras de 5,0 e 12,5m, respetivamente.

- Formação Pliocénica (P), atingida somente pelas sondagens S6 e SB, é essencialmente constituída por areias de granulometria média (Φ 0,2 a 0,6mm), pouco argilosas, com cores de castanho-alaranjado ou castanho-avermelhado, possuindo, no local da sondagem SB, algum seixo fino. Em S6 inicia-se por uma camada silto-argilosa, de cor acinzentada com laivos alaranjados, com apenas 1,0m de espessura. Ocorre a partir das cotas -17,7mZH e -21,0mZH, respetivamente em S6 e SB.

Do ponto de vista geotécnico, os resultados obtidos nestas sondagens indicam que os terrenos atravessados podem ser divididos em duas zonas, uma acima da cota -16,0mZH e outra abaixo, até cerca de -18,0mZH.

Os terrenos que constituem a zona acima de -16,0mZH pertencem sempre à formação aluvionar, com exceção do local da Doca de Pesca, onde se iniciaram com uma camada de aterro (At). No Canal Norte, as sondagens efetuadas forneceram valores de N (S.P.T) variáveis entre 11 e 57 pancadas, embora se possa considerar um valor médio de 30 pancadas como mais representativo, atribuindo-se os valores mais elevados à presença de seixos. No Canal da Barra, o valor médio dos resultados dos ensaios de S.P.T foi de 38 pancadas, para valores que variaram entre 22 e 60 pancadas mas que, no entanto, se distribuíram mais em torno do valor médio.

No local da Doca de Pesca, os valores de N variaram entre 9 e 60 pancadas, mas os valores predominantes situam-se em cerca de 35 - 40 pancadas.

Na zona abaixo de -16,00mZH, os materiais pertencem ainda à formação aluvionar, inclusivamente no local da Doca de Pesca. Contudo, nesse local a litologia é de granulometria mais fina, com presença das argilas escuras.

Em relação aos ensaios SPT, estes forneceram valores mais elevados. Assim, no Canal Norte variaram entre cerca de 25 e 55 pancadas, embora os valores intermédios sejam mais frequentes, pelo que se poderá atribuir um valor de 35 pancadas como mais representativo.

No Canal da Barra, entre valores extremos de 25 e mais de 60 pancadas, o valor médio foi mais elevado, situando -se em cerca de 48 pancadas, evidenciando uma maior compactação das areias abaixo da cota -16,0m ZH e, em especial, na zona deste canal.

Na zona da Doca, a litologia é de granulometria mais fina, no entanto, os valores de N (S.P.T.) são mais baixos, variando entre 9 e 31 pancadas, pelo que se poderá atribuir um valor médio de cerca de 20 pancadas.

Em termos geotécnicos, a formação do Pliocénico, apenas intercetada nas sondagens S6 e SB, apresenta características muito mais compactas, normalmente traduzidas em valores de N de cerca de 60 pancadas, embora, pela campanha efetuada, não pareça surgir a cotas superiores a -16,0mZH.

Em síntese, a zona acima de -16,0mZH corresponde a uma formação aluvionar, com areias de granulometrias médias, enquanto na zona abaixo de -16,00mZH são encontradas formações pliocénicas, onde a litologia é de granulometria mais fina, com a presença de argilas escuras.



Esta caracterização foi confirmada pelos resultados de uma campanha de reflexão sísmica contínua e georradar realizada no Canal da Barra, numa extensão de 2 km medida a partir da boca e, mais recentemente, no Canal Norte, no troço compreendido entre o terminal Ro-Ro e o enfiamento de Albarquel, trabalho este realizado pelo Departamento de Geologia Aplicada da Universidade de Aveiro, em junho de 2010. Qualquer destas campanhas revelou que a base dos depósitos arenosos não consolidados se encontra compreendida entre -15,0mZH e -16,0mZH, sendo que no Canal Norte, muito pontualmente surgem afloramentos de arenitos ferrosos, ou areia muito compactada.

Em síntese, e tendo por base os resultados obtidos na campanha de prospeção levada a cabo em Março/94 pela empresa TECNASOL, verifica-se que as operações de dragagem poderão intersectar uma ou duas das três formações geológicas identificadas:

- Formação (At) areno siltosa, de cor acastanhada com seixos fino a médio, correspondente aos volumes a dragar na zona da Doca de Pesca, cujas amostras representativas são SA e SB com atravessamentos de (ZH) -14,90 a -16,90 em SA e de (ZH) -17,0 a -21,0 em SB.
- Formação (R) essencialmente constituída por areias médias a grossas (ϕ 0,2 a 2,0mm), esbranquiçada-acinzentada, com algum seixo fino, geralmente com pequenas conchas.

Quanto aos ensaios de parametrização resistente, registaram-se valores médios de N(SPT) de 38, com variação de 22 a 60 até à cota (ZH) -16,0. Abaixo desta cota, os valores de N(SPT) médios dispararam para 48. Estas areias, em termos de dragagens, são caracterizadas como solos facilmente escaváveis, transportáveis e para formações de aterros quer imersos, quer emersos.

2.7 Características dos sedimentos a dragar

De forma a conhecer as características físicas e químicas dos sedimentos, a APSS encomendou ao IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera, o designado “Estudo de Caracterização de Sedimentos para o Projeto da Melhoria das Acessibilidades ao Porto de Setúbal”. Esse estudo, realizado em duas etapas (campanha de fevereiro de 2015 e campanha de agosto de 2015), teve como objetivo proceder à caracterização química e textural dos sedimentos superficiais e em profundidade.

A caracterização sedimentar incluiu a classificação granulométrica, determinação dos elementos em traço (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni e Zn), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), compostos bifenilos policlorados (PCB) e hexaclorobenzeno (HCB).

Com base nos resultados obtidos para os elementos químicos, procede-se à classificação da qualidade dos sedimentos, de acordo com os critérios constantes da Portaria nº 1450/2007 de 12 de Novembro.

Campanha de fevereiro de 2015

A amostragem foi efetuada no Canal Norte e no Canal da Barra (figura seguinte), tendo sido recolhidas 89 amostras de sedimento superficial, a 25 e 26 de fevereiro de 2015, a bordo de uma embarcação (NI “DIPLODUS”).

A colheita de sedimentos foi efetuada com uma draga Smith-McIntyre, de 0,1m² de área de intervenção, tendo as amostras sido preservadas a 4^ªC até posterior tratamento laboratorial.

Na figura da página seguinte são apresentados os locais de recolha de amostras.

Os resultados obtidos são resumidos em seguida.

Granulometria dos sedimentos

No Canal Norte a granulometria é diversificada, com predominância de areia, limpa ou formando várias combinações com elementos mais grosseiros, seixos e cascalho (principalmente constituído por fragmentos de conchas), e com partículas finas, isto é, silte e argila.

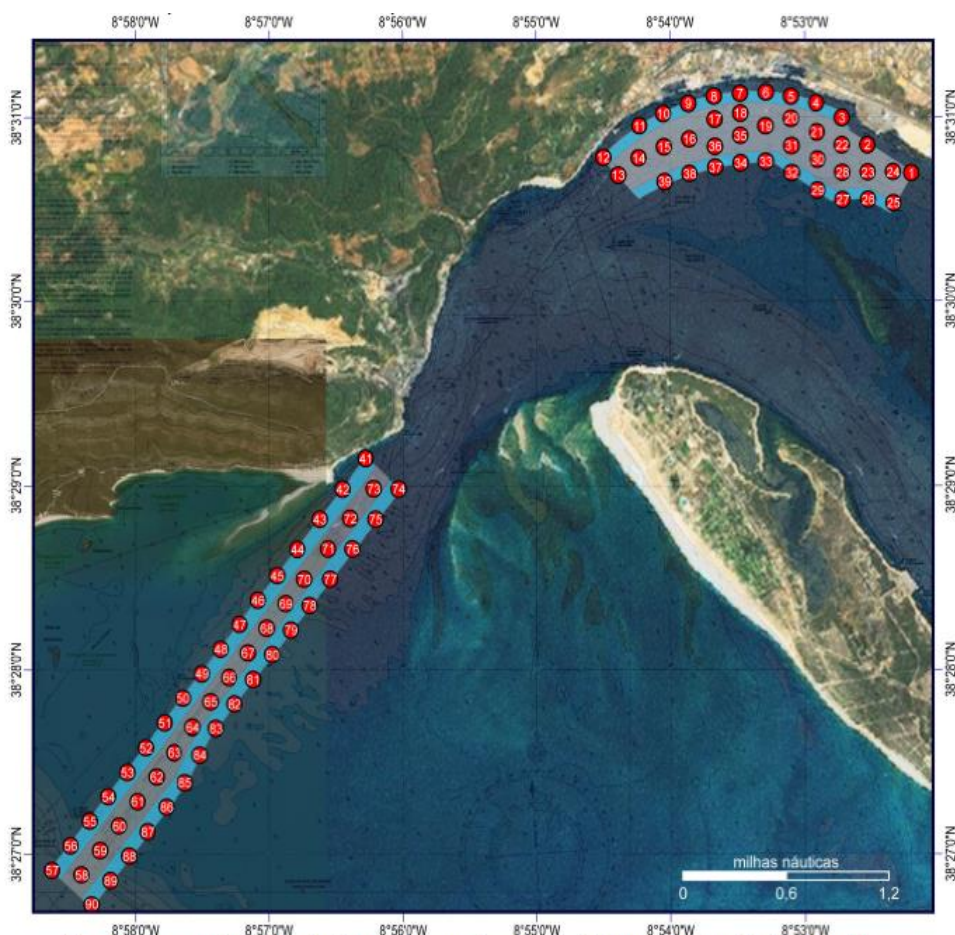


Figura 4 - Localização das estações no Canal Norte e Canal da Barra

(Fonte: Estudo de Caracterização dos Sedimentos para o Projeto da Melhoria da Acessibilidade ao Porto de Setúbal, IPMA, 2015)

No Canal da Barra as amostras são constituídas essencialmente por areias médias, grosseiras e cascalhos:

- nas estações #1, #13, #16, #17, #18, #22, #23, #25, #31 e #36 encontram-se sedimentos constituídos por areia grossa cascalhenta, de medianas entre 552 μm e 861 μm , com conteúdo de cascalho entre 5,1 e 13,7%, apresentando até 8,6% de partículas finas.
- nas estações #14, #20, #32, #35 e #37 os sedimentos são de areia grossa ligeiramente cascalhenta, bem a moderadamente calibradas, com mediana entre 506 μm e 815 μm e uma percentagem, quer de cascalho, quer de partículas finas até a 4%.
- a estação #15 é de areia grossa lodo-cascalhenta, com mediana de 634 μm , apresentando um conteúdo de 6% de cascalho e 11% de partículas finas; trata-se de um sedimento medianamente calibrado.



- as estações #27 e #39 são de areia média sem cascalho e com um teor de partículas finas até 4%, bem calibrada e com mediana entre 339 μm e 383 μm .
- as estações #3, #12 e #26 são de areia média cascalhenta medianamente calibrada. A mediana variou entre 276 μm e 456 μm , com um conteúdo de cascalho até 7% e de partículas finas até 8%.
- as estações #2, #8, #9, #21, #24, #28, #29, #30, #33, #34 e #38 são areia média ligeiramente cascalhenta, com conteúdo de cascalho até 4,9% e de partículas finas até 9%. Estes sedimentos, com mediana entre 268 μm e 499 μm , variam de bem a medianamente calibrados.

Teor em sólidos

O teor em sólidos dos sedimentos analisados é elevado, tendo variado entre 51% e 94%. Estes valores são concordantes com os tipos sedimentares observados.

Teor em matéria orgânica total

Os teores em matéria orgânica total determinados variaram entre 0,1 e 5,8%. Os valores mais baixos registaram-se nos sedimentos mais grosseiros sem partículas finas, e os mais elevados nos sedimentos finos com maior percentagem de partículas finas (fração fina = silte + argila), tendo-se encontrado uma correlação significativa entre as duas variáveis ($r = 0,89$, $p < 0,01$; $n = 89$), como é habitual em sedimentos marinhos.

Concentrações de metais e compostos orgânicos

As amostras na área do Canal da Barra apresentam concentrações nos diversos metais e compostos orgânicos inferiores ao limite da Classe 1 (Portaria 1450/2007, de 12 de novembro), com exceção das amostras #80, #82 e #83, restritas a uma pequena faixa, que apresentam concentrações em Cr de Classe 2.

No Canal Norte, as amostras são caracterizadas por apresentarem maiores valores de fração fina, apresentando concentrações em metais e compostos orgânicos que as classificam como classes 2 e 3.

Efetivamente, do total de amostras analisadas neste canal (39), 28 pertencem à classe 1, 8 à classe 2, e 3 à classe 3. Esta última classe foi obtida em amostras localizadas junto da margem norte, mais precisamente junto da Doca das Fontainhas do Multiusos Zona 2.

Campanha de agosto de 2015

Esta campanha teve como objetivo proceder à caracterização química dos sedimentos em profundidade. Foram recolhidas colunas sedimentares até 2 m de profundidade. A caracterização envolveu a determinação dos elementos em traço (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni e Zn) e de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), compostos bifenilos policlorados (PCB), e hexaclorobenzeno (HCB).

Tendo por base os resultados da avaliação de qualidade das amostras superficiais, procedeu-se à colheita de 5 cores de sedimentos:

- 1) quatro cores colhidos no “Canal Norte” (contemplando a área estuarina) coincidentes com as localizações das estações 2 e 6 (estações classificadas como classe 3) e das estações 18 e 36 (estações classificadas como classe 2);
- 2) um core colhido no “Canal Barra” (área marinha) na localização da estação 82 (estação classificada como classe 2).



Para cada um dos cores procedeu-se à análise de várias camadas (11, no total), representativas de diferentes níveis de profundidade. Os resultados obtidos nesta campanha são apresentados em seguida.

Granulometria dos sedimentos

De um modo geral, os sedimentos estudados são maioritariamente constituídos por areia, com exceção dos 40 primeiros centímetros do core 36 (zona estuarina), constituídos maioritariamente por sedimentos silto-argilosos.

Concentrações de elementos em traço

Em conformidade com a Portaria nº 1450/2007 de 12 de Novembro, os sedimentos de diferentes profundidades analisados são classificados como Classe 1 e 2, esta última estando relacionada com as concentrações de Cr.

Para cada um dos cores analisados, a situação é a seguinte:

Core 2

Este core, com 160 cm de profundidade, foi subdividido em 10 subamostras, predominando a classe 1, sendo as exceções 3 níveis de profundidade (0-10cm; 60-80cm; 140-160cm), onde foram registadas concentrações de crómio que enquadram o sedimento na classe 2.

Core 6

Este core, com 200 cm de profundidade, foi subdividido em 11 subamostras, predominando a classe 2, sendo as exceções 3 níveis de profundidade (100-120cm; 140-160cm; 180-200cm), onde foram registadas concentrações de crómio que enquadram o sedimento na classe 1.

Core 18

Este core, com 200 cm de profundidade, foi subdividido em 11 subamostras, todas elas pertencentes à classe 2, devido às concentrações de crómio.

Core 36

Este core, com 200 cm de profundidade, foi subdividido em 11 subamostras, predominando a classe 2, sendo as exceções 4 níveis de profundidade (40-60cm; 100-120cm; 140-160cm; 160-180cm), onde foram registadas concentrações de crómio que enquadram o sedimento na classe 1.

Core 82

Este core, com 180 cm de profundidade, foi subdividido em 10 subamostras, predominando a classe 2, sendo as exceções 2 níveis de profundidade (100-120cm; 140-160cm), onde foram registadas concentrações de crómio que enquadram o sedimento na classe 1.

De acordo com o exposto no Relatório do IPMA, a origem de valores elevados de Cr em sedimentos arenosos pode estar associada à presença de minerais pesados (por exemplo piroxenas e anfíbulas) resultantes da erosão e meteorização de formações do complexo intrusivo de Sines, composto por rochas ígneas básicas e intermédias (por exemplo gabros, dioritos e sienitos), tendo por isso mesmo uma origem essencialmente litogénica (Mil-Homens et al., 2014). O transporte destes minerais é associado a processos de deriva litoral de S para N associado a eventos de alta energia de SW (Jesus et al., 2007; Miranda et al., 2007).



3. DIMENSIONAMENTO DA ACESSIBILIDADE MARÍTIMA FACE À TIPOLOGIA DOS NAVIOS

A APSS estabeleceu que se deveriam considerar, na elaboração do projeto de execução, os seguintes navios-projeto, da tipologia 'porta-contentores', consoante a fase de desenvolvimento do projeto: **1ª fase navios de 3000-4000 TEU e 2ª fase 4000-6000 TEU.**

De acordo com a "Technical Note of NILIM No.309-Main Dimensions of the Design Ship" (2006), analisando uma larga frota mundial, de navios de várias tipologias, pode concluir-se o seguinte sobre os navios porta-contentores que utilizarão o canal:

- Navios porta-contentores de 2,900 TEU (*Under-Panamax*) possuem porte aproximado de 40.000 tdw, comprimento de 225m, calado carregado médio 12,5m e boca 30.6m (pág. 23);
- Navios 3,900 TEU (*Panamax*) apresentam porte aproximado de 50.000 tdw, comprimento de 270m, calado 12,7m e boca 32.6m (pág. 24);
- Navios 6,000 TEU (*Over-Panamax*) têm porte 70.000-80.000 tdw, comprimento de 280-300m, calado 13,5-14,0m e boca 40,0m (pág. 24);
- Os navios de 6.000 TEU apresentam, por regra, calados superiores a 13,5m e boca igual a 40m (pág. 29).

O documento "PIANC Harbour Approach Channels Design Guidelines" (2014), appendix C-Typical Ship Dimensions, pág. 173, também apresenta valores compatíveis com os do documento anterior.

Consideram-se as seguintes características destes navios porta-contentores:

Navios porta-contentores:	3.000 TEU	4.000 TEU	6.000 TEU
Tipologia	Under-Panamax	Panamax	Over-Panamax
Porte bruto	40.000 tdw	50.000 tdw	70.000-80.000 tdw
Comprimento	225m	270m	280m
Boca	30,6m	32,6m	42,0m
Calado carregado	12,0m	13,0m	14,0m
Coef. de bloco	0,62	0,65	0,64

Em face destes navios, foi estabelecido um plano faseado de aprofundamento do acesso marítimo ao porto de Setúbal, que consiste no seguinte:

FASE A: Barra e Zona Central dragadas à cota -15,0mZH; Canal Norte dragado a -13,5mZH

FASE B: Barra e Zona Central dragadas à cota -16,0mZH; Canal Norte dragado a -14,7mZH

Tomando as cotas de fundo estabelecidas para cada fase acima indicadas, e em consonância com os comentários/sugestões da Direção de Pilotagem de 10-07-2015, acerca da "Nota Técnica de Acessibilidades Marítimas", as correspondentes cotas de serviço/dragagem estabelecidas apresentam-se na tabela seguinte.

De forma a uniformizar as nomenclaturas associadas a este projeto definem-se os seguintes locais de intervenção:

- **Canal da Barra** – compreendido entre o perfil P1 e o perfil P62 definidos nas peças desenhadas do presente projeto, com a extensão total 5.900m;
- **Zona de Central** – compreendida entre o perfil P62 e o perfil P91, com a extensão total 2.800m;
- **Canal Norte** – compreendido entre o perfil P91 e o perfil P139, com extensão 4.155m.

Acesso marítimo	Fase A	Fase B
<u>Canal da Barra</u>	Cota de serviço: -14,0mZH Reassoreamento: 1m Cota de dragagem: -15,0mZH	Cota de serviço: -15,0mZH Reassoreamento: 1m Cota de dragagem: -16,0mZH
<u>Zona de Central</u>	Cota de serviço: -14,0mZH Reassoreamento: 1m Cota de dragagem: -15,0mZH	Cota de serviço: -15,0mZH Reassoreamento: 1m Cota de dragagem: -16,0mZH
<u>Canal Norte</u>	Cota de serviço: -13,0mZH Reassoreamento: 0,5m Cota de dragagem: -13,5mZH	Cota de serviço: -14,2mZH Reassoreamento: 0,5m Cota de dragagem: -14,7mZH

FASE A: Barra e Zona Central dragadas a -15,0mZH; e Canal Norte dragado a -13,5mZH

Descrição: Dragagem do canal de navegação para receção de navios porta-contentores de 3.000-4.000 TEU (Lff=225-270m; D=12,0-13,2m; B=30,6-32,6m¹); **Cotas de Dragagem:** Barra e Central -15,0mZH e no Canal Norte -13,5mZH; **Larguras de rasto:** Canal da Barra 200m, Zona Central 280m e Canal Norte var. 250-280m; **Taludes de dragagem:** 1:10 (V:H); **Bacia de rotação:** diâmetro 500m; **Volume de dragagem:** 3,467,518m³ (sendo 1,739,065m³ na Barra, 160,775m³ na zona central e 1,567,679m³ no canal norte); **Deposição:** 1,878,298m³ no aterro nascente do Ro-Ro (com proteção marginal em enrocamentos) e restantes 1,589,220m³ na base do delta do estuário, entre as batimétricas -3 e -8mZH; **Restrições de maré e/ou ondulação:** Aplicáveis aos maiores navios aplicáveis aos maiores navios, tanto mais relevantes quanto o calado/boca do navio.

No quadro seguinte são apresentadas as restrições de maré/ondulação aplicáveis na Fase A.

¹ Terminologia: Lff – comprimento fora-a-fora do navio (m); D – calado carregado (m); B – boca ou largura máxima do navio (m).



Acesso Marítimo	Agitação marítima:	Navio porta-contentores 3.000 TEU	Navio porta-contentores 4.000 TEU
Barra e Zona Central	Ondulação fraca (Hs < 1,0m) Rácio prof. útil / Calado = 1,2	Fundos reais: -14,0mZH: NAVIO 3.000 TEU: 12m calado Nível mín. maré: +1.7 m(ZH) Permanência: 65.0% tempo Cota fundo: -14.0 m(ZH) Altura de água: 15.7 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 14.4 m Mín. sob quilha: 2.4 m Fundos reais: -15,0mZH: NAVIO 3.000 TEU: 12m calado Nível mín. maré: +0.7 m(ZH) Permanência: 98.0% tempo Cota fundo: -15.0 m(ZH) Altura de água: 15.7 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 14.4 m Mín. sob quilha: 2.4 m	Fundos reais: -14,0mZH: Não navegável. Fundos reais: -14,5mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +1.3 m(ZH) Permanência: 80.0% tempo Cota fundo: -14.5 m(ZH) Altura de água: 15.8 m Squat + folgas: 0 m Prof. útil: 15.8 m Mín. sob quilha: 2.6 m Fundos reais: -15,0mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +0.8 m(ZH) Permanência: 96.0% tempo Cota fundo: -15.0 m(ZH) Altura de água: 15.8 m Squat + folgas: 0 m Prof. útil: 15.8 m Mín. sob quilha: 2.6 m
	Ondulação moderada (1,0 ≤ Hs < 2,0m) Rácio prof. útil / Calado = 1,3	Fundos reais: -14,0mZH: NAVIO 3.000 TEU: 12m calado Nível mín. maré: +2.9 m(ZH) Permanência: 19.0% tempo Cota fundo: -14.0 m(ZH) Altura de água: 16.9 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 15.6 m Mín. sob quilha: 3.6 m Fundos reais: -15,0mZH: NAVIO 3.000 TEU: 12m calado Nível mín. maré: +1.9 m(ZH) Permanência: 57.0% tempo Cota fundo: -15.0 m(ZH) Altura de água: 16.9 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 15.6 m Mín. sob quilha: 3.6 m	Fundos reais: -14,0mZH: Não navegável. Fundos reais: -15,0mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +3.9 m(ZH) Permanência: 1.0% tempo Cota fundo: -15.0 m(ZH) Altura de água: 18.9 m Squat + folgas: 1.7 m Prof. útil: 17.2 m Mín. sob quilha: 4.0 m
	Ondulação forte (Hs ≥ 2,0m)	Não navegável.	Não navegável.



Canal Norte	Inexistente ou fraca Rácio prof. útil/ Calado= 1,12	Fundos reais: -13,0mZH:	Fundos reais: -13,0mZH:
		NAVIO 3.000 TEU: 12m calado Nível mín. maré: +1.7 m(ZH) Permanência: 63.0% tempo Cota fundo: -13.0 m(ZH) Altura de água: 14.7 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 13.4 m Mín. sob quilha: 1.4 m	NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +2.8 m(ZH) Permanência: 22.0% tempo Cota fundo: -13.3 m(ZH) Altura de água: 16.1 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 14.8 m Mín. sob quilha: 1.6 m
		Fundos reais: -13,5mZH:	Fundos reais: -13,5mZH:
		NAVIO 3.000 TEU: 12m calado Nível mín. maré: +1.2 m(ZH) Permanência: 84.0% tempo Cota fundo: -13.5 m(ZH) Altura de água: 14.7 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 13.4 m Mín. sob quilha: 1.4 m	NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +2.6 m(ZH) Permanência: 33.0% tempo Cota fundo: -13.5 m(ZH) Altura de água: 16.1 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 14.8 m Mín. sob quilha: 1.6 m

Assim, na Fase A do projeto as 'cotas de serviço' (por definição, asseguradas durante 100% do tempo), iguais a -14,0mZH na Barra e Zona Central e -13,0mZH no Canal Norte, são adequadas à navegação em segurança de navios de 3.000 TEU, no caso de ondulação fraca na Barra, desde que se verifique nível mínimo da água +1,7mZH (permanência aprox. 63% do tempo). Na eventualidade de ondulação moderada na Barra, o condicionamento para este navio na Barra será necessariamente superior, por exemplo para cota de serviço -14,0mZH na Barra, deverá estar presente nível mínimo +2,9mZH (permanência cerca de 19%).

Nesta Fase A, navios de capacidade superior, até ao máximo considerado de 4.000 TEU, também poderão utilizar o acesso marítimo, embora com condicionamentos superiores. No caso de ondulação fraca na Barra, desde que presentes cotas do fundo -14,5mZH na Barra e Zona Central, ou mais profundas, e -13,0mZH ou mais profunda no canal norte, deverá ter-se nível mínimo da água +2,8mZH (permanência estimada em 22%).

Deve ter-se presente que, nesta Fase A cotas menos profundas do canal, isto é mais próximas da 'cota de serviço' estabelecida, devido a assoreamentos mais ou menos relevantes e/ou a menor periodicidade nas dragagens de manutenção, porventura conjugadas com níveis baixos da maré e/ou alguma agitação marítima na Barra, poderão impedir o acesso do referido navio de 4.000 TEU.

A informação nos parágrafos anteriores é somente indicativa, sendo naturalmente necessário, para maximização da segurança marítima, aliás como é a prática corrente nos portos, que cada situação de navegação através do acesso marítimo ao porto de Setúbal seja devidamente avaliada e autorizada pelo Dept. de Pilotagem, mediante as características de cada navio e das condições locais verificadas a cada instante, ao longo do canal de acesso, designadamente agitação marítima na Barra, cotas do fundo do canal, níveis de maré, larguras ed rasto, ventos locais, correntes fluviais, etc.

Seguidamente realiza-se uma análise similar, mas para a Fase B do projeto, em que se consideram navios porta-contentores de maior capacidade.



FASE B: Barra e Zona Central dragadas a -16,0mZH; e Canal Norte dragado a -14,7mZH

Descrição: Dragagem do canal de navegação para receção de navios porta-contentores de 4.000-6.000 TEU (Lff=270-280m; D=13,0-14,0m; B=32,6-42,0m); **Cotas de Dragagem:** Barra e Zona Central -16,0mZH e no Canal Norte -14,7mZH; **Volume de dragagem:** 2,870,128m³ (dos quais 1,240,664m³ na Barra, 94,340m³ na zona central e 1,531,850m³ no canal norte); **Larguras de rasto:** Canal da Barra 200m, Zona Central 300m e Canal Norte var. 250-300m; **Bacia de rotação:** diâmetro 600m; **Taludes de dragagem:** 1:10 (V:H); Deposição de todo o volume dragado na base do delta, totalizando 2,870,128m³; **Restrições de maré e/ou ondulação:** aplicáveis aos maiores navios.

No quadro seguinte são apresentadas as restrições de maré/ondulação aplicáveis na Fase B.

Acesso Marítimo	Agitação marítima	Navio porta-contentores 4.000 TEU	Navio porta-contentores 6.000 TEU
Barra e Zona Central	Ondulação fraca (Hs < 1,0m) Rácio prof. útil/ Calado= 1,2	Fundos reais: -15,0mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +2.1 m(ZH) Permanência: 49.0% tempo Cota fundo: -15.0 m(ZH) Altura de água: 17.1 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 15.8 m Mín. sob quilha: 2.6 m Fundos reais: -16,0mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +1.1 m(ZH) Permanência: 88.0% tempo Cota fundo: -16.0 m(ZH) Altura de água: 17.1 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 15.8 m Mín. sob quilha: 2.6 m	Fundos reais: -15,0mZH: Não navegável. Fundos reais: -15,5mZH: NAVIO 6.000 TEU: 14m calado Nível mín. maré: +3.0 m(ZH) Permanência: 16.0% tempo Cota fundo: -15.5 m(ZH) Altura de água: 18.5 m Squat + folgas: 1.7 m Prof. útil: 16.8 m Mín. sob quilha: 2.8 m Fundos reais: -16,0mZH: NAVIO 6.000 TEU: 14m calado Nível mín. maré: +0.8 m(ZH) Permanência: 97.0% tempo Cota fundo: -16.0 m(ZH) Altura de água: 16.8 m Squat + folgas: 0 m Prof. útil: 16.8 m Mín. sob quilha: 2.8 m
	Ondulação moderada (1,0 ≤ Hs < 2,0m) Rácio prof. útil/ Calado= 1,3	Fundos reais: -15,0mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +3.5 m(ZH) Permanência: 3.0% tempo Cota fundo: -15.0 m(ZH) Altura de água: 18.5 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 17.2 m Mín. sob quilha: 4.0 m Fundos reais: -16,0mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +2.5 m(ZH) Permanência: 38.0% tempo Cota fundo: -16.0 m(ZH) Altura de água: 18.5 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 17.2 m Mín. sob quilha: 4.0 m	Fundos reais: -15,0mZH: Não navegável. Fundos reais: -16,0mZH: NAVIO 6.000 TEU: 14m calado Nível mín. maré: +3.9 m(ZH) Permanência: 1.0% tempo Cota fundo: -16.0 m(ZH) Altura de água: 19.9 m Squat + folgas: 1.7 m Prof. útil: 18.2 m Mín. sob quilha: 4.2 m
	Ondulação forte (Hs ≥ 2,0m)	Não navegável.	Não navegável.



Canal Norte	Inexistente ou fraca Rácio prof. útil/ Calado= 1,12	Fundos reais: -14,2mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +1.9 m(ZH) Permanência: 58.0% tempo Cota fundo: -14.2 m(ZH) Altura de água: 16.1 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 14.8 m Mín. sob quilha: 1.6 m	Fundos reais: -14,5mZH: NAVIO 6.000 TEU: 14m calado Nível mín. maré: +2.9 m(ZH) Permanência: 18.0% tempo Cota fundo: -14.5 m(ZH) Altura de água: 17.4 m Squat + folgas: 1.7 m Prof. útil: 15.7 m Mín. sob quilha: 1.7 m
		Fundos reais: -14,7mZH: NAVIO 4.000 TEU: 13.2m calado Nível mín. maré: +1.4 m(ZH) Permanência: 78.0% tempo Cota fundo: -14.7 m(ZH) Altura de água: 16.1 m Squat + folgas: 1.3 m Prof. útil: 14.8 m Mín. sob quilha: 1.6 m	Fundos reais: -14,7mZH: NAVIO 6.000 TEU: 14m calado Nível mín. maré: +1.0 m(ZH) Permanência: 92.0% tempo Cota fundo: -14.7 m(ZH) Altura de água: 15.7 m Squat + folgas: 0 m Prof. útil: 15.7 m Mín. sob quilha: 1.7 m

De modo similar ao verificado na fase anterior, nesta Fase B cotas menos profundas do canal, isto é mais próximas das 'cotas de serviço', devido a assoreamentos mais ou menos relevantes e/ou a menor periodicidade nas dragagens de manutenção, porventura conjugadas com níveis baixos da maré e/ou alguma agitação marítima na Barra, poderão impedir o acesso do navio máximo considerado, de 6.000 TEU.

Com a conclusão das fases A+B da dragagem/deposição, o volume total dragado atingirá cerca de 6,337,646m³, dos quais aprox. 1,878,298m³ terão sido depositados a montante do terminal Ro-Ro, e os restantes cerca de 4,459,347m³ na base do delta estuarino.

Os capítulos seguintes definem as intervenções a realizar, bem como o seu planeamento temporal.



4. DEFINIÇÃO E DESCRIÇÃO DAS INTERVENÇÕES A REALIZAR

4.1 Dragagem e transposição de sedimentos

4.1.1 Dragagens de 1º estabelecimento – Fases A e B

A execução da empreitada de aprofundamento da acessibilidade marítima ao porto de Setúbal deverá cumprir integralmente o presente projeto de execução, o estipulado nas cláusulas técnicas e mapas de quantidades, os requisitos de natureza ambiental, bem como o que possa estar definido nas demais peças anexas ao processo.

Conforme anteriormente apresentado, o projeto encontra-se faseado do seguinte modo:

- **FASE A: Barra e Zona Central dragadas a -15,0mZH; e Canal Norte dragado -13,5mZH:**

Descrição: Dragagem do canal de navegação para receção de navios porta-contentores de 3.000-4.000 TEU (Lff=225-270m; D=12,0-13,2m; B=30,6-32,6m); **Cotas de Dragagem:** Barra e Central -15,0mZH e no Canal Norte -13,5mZH; **Larguras de rasto:** Barra e Central 200m, Zona Central 280m e Canal Norte var. 250-280m; **Taludes de dragagem:** 1:10 (V:H); Bacia de rotação: diâmetro 500m; **Volume de dragagem:** 3,467,518m³ (sendo 1,739,065m³ na Barra, 160,775m³ na zona central e 1,567,679m³ no canal norte); **Deposição:** 1,878,298m³ no aterro nascente do Ro-Ro (com proteção marginal em enrocamentos) e restantes 1,589,220m³ na base do delta do estuário, entre as batimétricas -3 e -8mZH; **Restrições de maré e/ou ondulação:** aplicáveis aos maiores navios.

- **FASE B: Barra e Zona Central dragadas a -16,0mZH; e Canal Norte dragado -14,7mZH:**

Descrição: Dragagem do canal de navegação para receção de navios porta-contentores de 4.000-6.000 TEU (Lff=270-280m; D=13,0-14,0m; B=32,6-42,0m); **Cotas de Dragagem:** Barra e Zona Central -16,0mZH e no Canal Norte -14,7mZH; **Volume de dragagem:** 2,870,128m³ (dos quais 1,240,664m³ na Barra, 94,340m³ na zona central e 1,531,850m³ no canal norte); **Larguras de rasto:** Barra e Central 200m, Zona Central 300m e Canal Norte var. 250-300m; **Bacia de rotação:** diâmetro 600m; **Taludes de dragagem:** 1:10 (V:H); Deposição de todo o volume dragado na base do delta, totalizando 2,870,128m³; **Restrições de maré e/ou ondulação:** aplicáveis aos maiores navios.

Os quadros das páginas seguintes apresentam um resumo das características gerais do acesso marítimo, nomeadamente no que respeita a larguras de rasto, cotas de dragagem e de serviço, volumes de dragagem, entre outras, preconizadas em cada fase do projeto.

A implantação geral do canal de navegação para a Fase A e Fase B apresenta-se nas peças desenhadas.



FASE A: barra e zona central dragados à cota -15,0mZH; canal norte dragado a -13,5mZH

Canal	Perfis	Trecho (m)	Comprim. (m)	Extensão canal (m)	Largura de rasto (m)	Largura/Boca	Cota de dragagem m(ZH)	Cota de serviço m(ZH)	Taludes de drag. (v/h)	Vol. acum. dragagem total (m3)	Volume de dragagem total (m ³)	Volume de dragagem total (m ³)
CANAL DA BARRA	P1 - P24	0-2250	2250	5900	200	6.5	-15.0	-14.0	1:10	1,094,426	1,094,426	1,739,065
	P24 - P26	2250-2350	100		200	6.5	-15.0	-14.0	1:10	1,132,870	38,444	
	P25 - P61	2350-5800	3450		200	6.5	-15.0	-14.0	1:10	1,739,065	606,195	
	P61 - P62	5800-5900	100		transição 200 - 280	6.5 - 9.2	-15.0	-14.0	1:10	1,739,065	0	
CENTRAL	P62 - P91	5900-8700	2800	2800	280	9.2	-15.0	-14.0	1:10	1,899,839	160,775	160,775
CANAL NORTE	P91 - P92	8700-8800	100	4155	transição 280 - 250	9.2 - 7.2	Transição	Transição	1:10	1,899,839	0	1,567,679
	P92 - P120	8800-11300	2500		250	7.2 - 7	-13.5	-13.0	1:10	2,930,111	1,030,272	
	P120 - P130	11300-12160	860		var. entre 250-500	baçia - 7.2	-13.5	-13.0	1:10	3,465,748	535,637	
	P130 - P139	12160-12855	695		transição 300 - 150	9.8 - 4.9	-13.5	-13.0	1:10	3,467,518 m3	1,770	



FASE B: barra e zona central dragados à cota -16,0m(ZH); canal norte dragado a -14,7m(ZH)

Canal	Perfis	Trecho (m)	Comprim. (m)	Extensão canal (m)	Largura de rasto (m)	Largura/Boca	Cota de dragagem m(ZH)	Cota de serviço m(ZH)	Taludes de drag. (vh)	Vol. acum. dragagem total (m3)	Volume de dragagem total (m ³)	Volume de dragagem total (m ³)
CANAL DA BARRA	P1 - P24	0-2250	2250	5900	200	6.2	-16.0	-15.0	1:10	630,729	630,729	1,240,664
	P24 - P26	2250-2350	100		200	6.2	-16.0	-15.0	1:10	656,390	25,661	
	P25 - P61	2350-5800	3450		200	6.2	-16.0	-15.0	1:10	1,240,664	584,273	
	P61 - P62	5800-5900	100		transição 200 - 300	6.2 - 9.3	-16.0	-15.0	1:10	1,240,664	0	
CENTRAL	P62 - P91	5900-8700	2800	2800	300	9.3	-15.5	-14.5	1:10	1,338,277	97,614	97,614
CANAL NORTE	P91 - P92	8700-8800	100	4154	transição 300 - 250	9.3 - 6.8	Transição	Transição	1:10	1,338,277	0	1,531,850
	P92 - P120	8800-11400	2600		250	6.8 - 6.6	-14.7	-14.2	1:10	2,062,460	724,182	
	P120 - P130	11400-12400	1000		var. entre 250-600	bacia - 6.8	-14.7	-14.2	1:10	2,824,023	761,564	
	P130 - P136	12400-12855	454		transição 300 - 150	9.3 - 4.7	-14.7	-14.2	1:10	2,870,128 m3	46,104	

4.1.2 Locais de deposição e transposição de sedimentos

Na sequência de um processo de definição e análise de alternativas, em fase de estudo prévio, envolvendo diversos contactos por parte da APSS com entidades oficiais externas, designadamente a APA, o ICNF e o LNEG, com as quais se discutiram a filosofia e pressupostos do projeto, foram estabelecidos dois locais de deposição do material dragado, tendo em vista dois objetivos fundamentais: (i) a criação de uma área de reserva fundiária portuária (ii) e, no caso da deposição em mar, manter os sedimentos na sua “célula sedimentar”.

Deste modo, o projeto considera a deposição de sedimentos dragados em dois locais principais, a seguir indicados, e representados, em planta, nas peças desenhadas 15.006-1.10-103 e 203.

DESTINO1: ATERRO NA ZONA NASCENTE DO TERMINAL RO-RO

O local identificado para aterro, situado na zona nascente do terminal Ro-Ro, na margem direita do Sado, possui uma área da ordem dos 200.000m². Este local apresenta cotas de fundo naturais entre cerca de -14,0 e -2,0mZH, revelando uma capacidade de encaixe da ordem dos 2.000.000m³, no caso do seu enchimento à cota +5,0mZH. Esta área, pelas suas características físicas, sobretudo a sua periferia sul coincidir com o alinhamento norte do canal de navegação, exige uma retenção periférica ao aterro a formar.

Este aterro deverá ficar completo logo na Fase A, pelo que não está prevista deposição adicional na Fase B.

A deposição de sedimentos nesta área está representada na peça desenhada 15.006-1.10-104 (planta e perfis transversais). A deposição não deverá exceder a área aí assinalada.

DESTINO2: BASE DO DELTA DO ESTUÁRIO

Esta área de deposição constitui uma nova solução de deposição, uma vez que não é usada pelo Porto de Setúbal no contexto das dragagens de manutenção. Consiste numa deposição na base do delta do estuário entre batimétricas anteriores à profundidade de fecho local por forma a assegurar que os materiais dragados sejam depositados dentro da denominada “zona ativa de transporte sedimentar”, assegurando-se assim que os mesmos permanecem no sistema.

A deposição na Fase A localiza-se sensivelmente entre as batimétricas -3,0 e -8,0mZH, ao longo de uma extensão aproximada de 7 km, com uma largura variável até 250m, numa área total em planta de aproximadamente 130ha. Deste modo, prevê-se a criação de uma “banqueta” à cota -3mZH, com largura respetiva até à cota -6mZH, seguida de um talude com declive de 1:10. Obtém-se assim uma espessura média da camada a depositar de cerca de 2,0m, podendo esta deposição ser entendida como um aumento da plataforma da base do delta, em cerca de 150 a 200m, mantendo a configuração morfológica atual. A deposição de sedimentos nesta área, para a fase A, está representada na peça desenhada 15.006-1.10-105 (planta e perfis transversais).

Por outro lado, a deposição na Fase B localiza-se sensivelmente entre as batimétricas -5,0 e -12,0mZH, ao longo de uma extensão aproximada de 8 km, com uma largura variável até 300m, numa área total em planta de aproximadamente 180ha. A deposição neste local prevê a continuação da banqueta da

Fase A, com espessura média de 2,0m, mantendo a morfologia natural do delta estuarino. A deposição de sedimentos nesta área, para a fase B, está representada na peça desenhada 15.006-1.10-204 (planta e perfis transversais).

VOLUMES DE TRANSPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS

O faseamento anteriormente considerado traduz-se no seguinte fluxo de sedimentos entre origens-áreas a dragar, e destinos finais- locais de deposição atrás indicados.

FASE A: barra e zona central dragados à cota -15,0mZH; canal norte dragado a -13,5mZH VOLUMES (m ³) (Deposição prioritária de dragados no DESTINO1, e da quantidade sobranse no DESTINO2)				
DESTINOS / ORIGENS	ORIGEM1: CANAL NORTE	ORIGEM2: ZONA CENTRAL	ORIGEM3: CANAL DA BARRA	TOTAIS
DESTINO1: ATERRO ZONA NASCENTE DO TERMINAL RO-RO	1,567,679 m ³	160,775 m ³	149,845 m ³	1,878,298 m ³
DESTINO2: BASE DO DELTA DO ESTUÁRIO	-	-	1,589,220 m ³	1,589,220 m ³
VOLUMES TOTAIS	1,567,679 m³	160,775 m³	1,739,065 m³	3,467,518 m³

Deste modo, na Fase A, a deposição dos materiais dragados (aprox. 3.468.000m³) terá como prioridade o enchimento da reserva fundiária na zona nascente do terminal Ro-Ro (cerca de 1.878.000m³), sendo que todo o restante volume de dragados deverá ter como destino final a base do delta estuarino-Cabeço do Cambalhão (cerca de 1.589.000m³). O aterro a criar pela deposição de sedimentos neste local terá de ser contido por uma proteção marginal. Este aspeto é abordado em detalhe no ponto seguinte.

Por fim, na segunda fase do projeto, Fase B, todo o material dragado (aprox. 2.870.00m³) será colocado na formação deltaica.

FASE B: barra e zona central dragados à cota -16,0m(ZH); canal norte dragado a -14,7m(ZH) VOLUMES (m ³) (Deposição de dragados unicamente no DESTINO2)				
DESTINOS / ORIGENS	ORIGEM1: CANAL NORTE	ORIGEM2: ZONA CENTRAL	ORIGEM3: CANAL DA BARRA	TOTAIS
DESTINO1: ATERRO ZONA NASCENTE DO TERMINAL RO-RO	-	-	-	-
DESTINO2: BASE DO DELTA DO ESTUÁRIO	1,531,850 m ³	97,614 m ³	1,240,664 m ³	2,870,128 m ³
VOLUMES TOTAIS	1,531,850 m³	97,614 m³	1,240,664 m³	2,870,128 m³

Tendo em conta a dinâmica de transporte sedimentar do canal de navegação, nomeadamente na zona da Barra, eventuais assoreamentos ou erosões poderão ocorrer até ao início da obra, bem como algumas dragagens de manutenção, pelo que os volumes estimados em fase de projeto poderão diferir

dos volumes dragados em fase de obra. Por estas razões, no início da obra deverá ser realizado um levantamento hidrográfico integral das áreas de intervenção.

4.2 Proteção marginal do aterro a nascente do terminal Ro-Ro

Cerca de metade do volume de dragados na Fase A (1,878,298m³) será depositado num novo aterro, a constituir numa área imediatamente a montante/nascente do Terminal Ro-Ro. Estes dragados provirão, na sua grande maioria, do Canal Norte (1,567,679m³), e em menores quantidades do Canal da Barra (149,845m³) e da Zona Central (160,775m³).

A referida localização apresenta a vantagem principal da sua proximidade com o Canal Norte, evitando que os volumes nele dragados tenham de ser transportados a longa distância, por exemplo para a área de deposição no delta estuarino, com os custos e impactes inerentes. O referido aterro necessita de uma estrutura periférica de contenção, para sua estabilização e proteção contra erosão por vagas e correntes.

Neste contexto, foram consideradas diferentes soluções para esta estrutura de proteção marginal, tendo sido tomados em consideração critérios técnicos, económicos e ambientais na sua comparação. Essas soluções foram as seguintes: proteção em enrocamentos pesados, cortinas de estacas-prancha e solução em geocontentores.

Das soluções analisadas, optou-se pela solução de “proteção em enrocamentos pesados”, devido a diversos inconvenientes técnicos das outras duas soluções, riscos de rotura e durabilidade da solução em geocontentores, e custo elevado tanto da solução em estacas-prancha como também dos geocontentores, comparativamente à solução clássica de proteção em prismas enrocamentos.

A estabilidade do manto de proteção foi conseguida por aplicação da formulação de Hudson (1974) para uma altura de onda de 1,3m (estimativa da altura máxima de uma onda gerada por vento local soprando sobre a superfície da água).

$$W_{50} = \frac{W_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot g \theta} = \frac{27 \times 1,3^3}{2,0 \times \left(\frac{27}{10} - 1\right)^3 \times 1,5} = 4,2 \text{ kN}$$

Assim, a solução preconizada para retenção do material dragado na zona portuária é composta por prismas de material TOT, com gama de enrocamentos, bem graduados, da classe 1,0-1000 kg, revestidos por um manto de proteção de camada simples, em enrocamento médio não-erodível da classe 5-10 kN (500-1000 kgf).

Em paralelo com as fases de deposição preconizadas, procede-se à construção do manto de proteção em enrocamento, e colocação de uma tela geotêxtil para contenção do material de granulometria mais fina.

5. DEFINIÇÃO E ESTABELECIMENTO DOS MEIOS MARÍTIMOS/TERRESTRES NECESSÁRIOS

5.1 Operações de dragagem e deposição

Considerando as características das áreas a intervencionar (canais com tráfego de embarcações), o tipo de material a dragar (essencialmente areias), a extensão a percorrer até aos locais de deposição, e a forma de deposição dos sedimentos, estabelece-se como preferencial a utilização de Dragas Autotransportadoras de Arrasto e Sucção (na literatura designadas por TSHD) para a execução da empreitada da melhoria da acessibilidade marítima ao Porto de Setúbal.

Estas dragas têm como principais características:

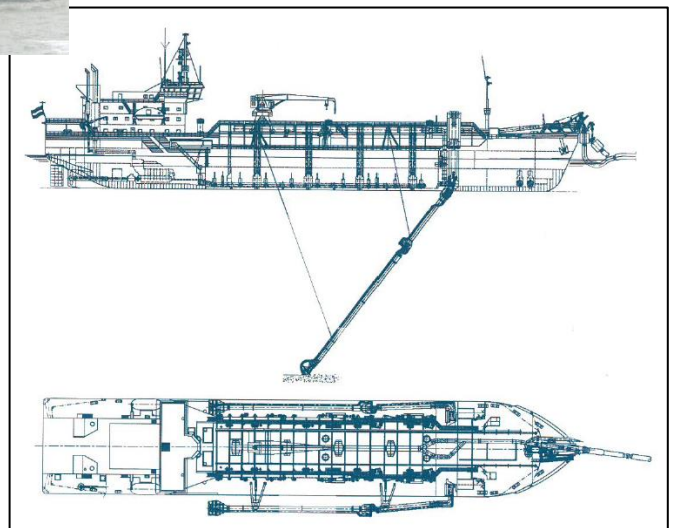
- Adaptabilidade à considerável extensão a percorrer durante a dragagem (canal de navegação com cerca de 13km);
- Possibilidade de aproximação aos locais de deposição e lançamento por projeção aérea (*rainbow*) e ligação a tubagem de repulsão flutuante e em terra;
- Franca navegabilidade da draga nos mesmos canais em qualquer estado de maré;
- Capacidade significativa de transporte (volume) em porão;
- Considerável velocidade de navegação, facilidade de realização de manobras e rapidez de posicionamento;
- Adaptabilidade ao tráfego marítimo considerável de embarcações e navios que demandam o porto.

Nas figuras seguintes apresentam-se imagens do tipo de draga recomendada.



Figura 5 - Draga-tipo preconizada para efetuar as operações de dragagem Fonte: Van Oord

Figura 6 – Draga-tipo selecionada para efetuar as operações de dragagem. Alçado e Planta.
Fonte: Van Oord.



A definição da quantidade dos meios de dragagem deve ter em consideração três aspetos fundamentais e indissociáveis: otimização do período de execução da obra, minimização de impactes, nomeadamente os associados às perturbações à navegação de embarcações e navios nos canais de acesso ao Porto, e economias de escala (preferível menos meios porém mais potentes do que mais meios menos potentes). O objetivo será, então, encontrar um ponto de equilíbrio entre estes três fatores principais.

Podemos admitir como razoável e como ponto de partida, na Fase A, a utilização de 2 (duas) dragas com uma capacidade de bombagem (mistura sedimento + água) de cerca de 2.200m³ sedim/h/draga, o que conduz a prazos de execução das dragagens/deposições de cerca de 6 meses. Para a Fase B, será de considerar 2 (duas) ou mais dragas, dado que neste caso as consideráveis distâncias de transporte penalizam a rentabilidade da operação (o sedimento do canal norte e zona central é todo transportado para a zona do delta estuarino), para prazos de execução das dragagens/deposições também de cerca de 4 meses.

Em síntese, os condicionalismos existentes, nomeadamente o facto de se tratar de canais de navegação com tráfego significativo e as profundidades disponíveis nesses canais e na proximidade das áreas de deposição, conduzem a uma indicação preliminar de que deveriam proceder aos trabalhos de dragagem e deposição de sedimentos, no total, 2 (duas), ou eventualmente, 3 (três) dragas, na Fase B, com capacidade de porão entre 2 500 e 3 500m³, a operar, em simultâneo, no Canal Norte e no Canal da Barra.

A quantificação mais rigorosa dos meios de dragagem necessários, bem como o planeamento da intervenção, são abordados no capítulo 6.

5.2 Construção da proteção marginal do aterro a nascente do terminal Ro-Ro

Prevê-se a utilização dos seguintes meios de apoio, terrestres e marítimos, na construção do aterro e talude de proteção:

- Camiões para transporte de enrocamentos e TOT;
- *Dumpers* para descarga de enrocamentos para o aterro;
- *Bulldozers* para regularização do aterro;
- *Retroescavadoras* para enchimento dos *dumpers*;
- Escavadoras para regularização do talude de enrocamento;
- Compactadores de cilindro;
- Batelão.

Estes meios são meramente indicativos, cabendo ao Empreiteiro a sua definição e quantificação na fase de Concurso.

6. MODO DE EXECUÇÃO DAS INTERVENÇÕES E SUA PROGRAMAÇÃO TEMPORAL

6.1 Estaleiro

A empreitada irá requer a instalação de um estaleiro de apoio para as equipas de dragadores e outro estaleiro de apoio à construção do aterro a nascente do terminal Ro-Ro. Assume-se que a mudança de turnos de dragadores se dará num dos cais acostáveis do Porto de Setúbal, pelo que o estaleiro de apoio a estes trabalhadores, que consistirá essencialmente num contentor, poderá ficar localizado nas atuais instalações do porto.

No entanto, a construção do terraplino a montante do terminal Ro-Ro necessita de um estaleiro de maiores dimensões. Este estaleiro poderá ficar localizado numa zona anexa ao terminal Ro-Ro, num terreno aparentemente sem utilização. Este local terá como principal objetivo o estacionamento das viaturas de apoio à construção da contenção periférica em enrocamento, numa área que se estima na ordem de 5 000m², e incluirá contentores de escritórios e locais de armazenamento de material. Este local permite que o acesso à obra não ocorra através da estrada nacional, o que minimizará os impactos relativos da empreitada.



Figura 7 – Porto de Setúbal. Localização do Estaleiro da Obra.

6.2 Dragagens e deposição de sedimentos

A realização das operações de dragagem e deposição, num volume que se estima em cerca de 3,47 milhões m³ para a fase A e de cerca de 2,87 milhões de m³ para a fase B, terá de ser alvo de um planeamento cuidado de modo a que as empreitadas possam ser realizadas no mínimo período de tempo que se estima razoável.

De modo a dar cumprimento ao prazo acima indicado, para cada uma das fases, definem-se duas frentes de trabalho, em contínuo, para as operações de dragagem, complementadas com mais uma frente de trabalho, por via terrestre, no caso da deposição do material dragado no Destino 1 (aterro a nascente do terminal Ro-Ro).

A seguir apresenta-se uma análise do modo de execução da dragagem passível de ser aplicado pelo futuro empreiteiro responsável pela obra, sem no entanto considerar que a mesma deva ser-lhe imposta, na medida em que, em função da sua experiência específica e meios próprios, deverá ser livre de propor o planeamento que melhor se adequa à realização da obra dentro dos requisitos técnicos e de prazos estabelecidos em caderno de encargos.

Nestes moldes, de acordo com a análise realizada, para assegurar a realização da dragagem no mais curto espaço de tempo possível, prevemos a necessidade de mobilização de uma frota mínima de 2 (duas) dragas autotransportadoras de arrasto e sucção. Estas unidades terão de trabalhar em duas frentes de trabalho (Canal da Barra + Zona Central + Canal Norte), em simultâneo e contínuo, de modo a registarem-se elevados níveis de operacionalidade.

Na análise efetuada, considerou-se que as dragas poderiam operar em 3 turnos diários consecutivos, perfazendo 24h de trabalho em cada dia, durante 30 dias por mês. Sobre estes valores, considerou-se que, por razões variadas (imprevistos, avarias, ondas, ventos, marés, ambiente) ocorreria inoperacionalidade em 25% do tempo. Por sua vez, a frota de 2 (duas) dragas devem assegurar rendimentos mensais da ordem de 750 000m³ de sedimentos dragados, valor mínimo indispensável para se realizar o trabalho de dragagem em cerca de 6 meses (Fase A).

Quanto à Fase B, e considerando os mesmos pressupostos, chega-se a um trem de dragagem constituído também por 2 (duas) dragas, uma a operar na zona da Barra e outra no Canal Norte e Zona Central, com prazos de execução da ordem de 6 meses.

Os quadros seguintes sintetizam e justificam o trem de dragagem e os rendimentos necessários.

Quanto aos métodos de deposição de sedimentos, na zona do delta será efetuada quer por abertura das comportas de fundo do porão da draga, quer por método de *rainbow*. No que se refere ao local de deposição a montante do terminal Ro-Ro, dada a configuração da contenção periférica a executar, a deposição dos sedimentos deverá ser efetuada com recurso a bombagem por ligação a tubagem flutuante e através do método de *rainbow*. Prevê-se ainda a utilização de meios de apoio, terrestre e marítimos, na construção do aterro e talude de proteção.



DESCRIÇÃO: Fase A das dragagens/deposição no Porto de Setúbal-Dragagem de 1,589,220 m³ no Canal da Barra e Deposição na Base do Delta do Estuário.

VOLUME A DRAGAR:

Medição 'in situ' 1,589,220 m³

DRAGA(S) TSHD:

Nr. de dragas 1 un
Capacidade do porão 3,500 m³
Overflow (1=sim; 0=não)? 1
Vol. porão efetivo 3,500 m³
Produção na dragagem 10,834 m³ mistura/h
2,167 m³ sedim/h
Vel. navegação (vazio) 15 nós
Vel. navegação (carregado) 10 nós

ZONA DEPÓSITO:

distância 11 m.n.
20.4 km

CICLO:

dragagem 96.9 min
tempo de manobra 10.0 min
viagem até deposição 66.0 min
deposição (abertura fundo+ jet spray) 90.0 min
tempo de manobra 10.0 min
viagem de regresso 44.0 min
total: 316.9 min

Vol. sedimentos/Vol. porão 100%

produção do ciclo/draga: 663 m³ sedim/h

SEDIMENTOS:

Rácio volumes água/mistura 80%

PRODUÇÃO MENSAL:

Tempo de operação 540 h/mês
Produção por draga 357,822 m³ sedim/mês
Produção de 1 dragas 357,822 m³ sedim/mês

Prazo de execução: 4.44 meses
133.2 dias

DESCRIÇÃO: Fase A das dragagens/deposição no Porto de Setúbal-Dragagem de 1,567,679 m³ no Canal Norte, de 160,775 m³ na Zona de Transição e de 149845 m³ no Canal da Barra e respetiva deposição de 1,878,298 m³ em Aterro a nascente do Terminal Ro-Ro.

VOLUME A DRAGAR:

Medição 'in situ' 1,878,298 m³

DRAGA(S) TSHD:

Nr. de dragas 1 un
Capacidade do porão 3,500 m³
Overflow (1=sim; 0=não)? 1
Vol. porão efetivo 3,500 m³
Produção na dragagem 10,834 m³ mistura/h
2,167 m³ sedim/h
Vel. navegação (vazio) 15 nós
Vel. navegação (carregado) 10 nós

ZONA DEPÓSITO:

distância 1.5 m.n.
2.8 km

CICLO:

dragagem 96.9 min
tempo de manobra 10.0 min
viagem até deposição 9.0 min
deposição (tubagem + jet spray) 60.0 min
tempo de manobra 10.0 min
viagem de regresso 6.0 min
total: 191.9 min

Vol. sedimentos/Vol. porão 100%

produção do ciclo/draga: 1,094 m³ sedim/h

SEDIMENTOS:

Rácio volumes água/mistura 80%

PRODUÇÃO MENSAL:

Tempo de operação 360 h/mês
Produção por draga 393,920 m³ sedim/mês
Produção de 1 dragas 393,920 m³ sedim/mês

Prazo de execução: 4.77 meses
143.0 dias



DESCRIÇÃO: Fase B das dragagens/deposição no Porto de Setúbal-Dragagem de 1,240,664 m³ no Canal da Barra e Deposição na Base do Delta do Estuário.

VOLUME A DRAGAR:

Medição 'in situ' 1,240,664 m³

DRAGA(S) TSHD:

Nr. de dragas 1 un
Capacidade do porão 3,500 m³
Overflow (1=sim; 0=não)? 1
Vol. porão efetivo 3,500 m³
Produção na dragagem 10,834 m³ mistura/h
2,167 m³ sedim/h
Vel. navegação (vazio) 15 nós
Vel. navegação (carregado) 10 nós

SEDIMENTOS:

Rácio volumes água/mistura 80%

PRODUÇÃO MENSAL:

Tempo de operação 540 h/mês
Produção por draga 357,822 m³ sedim/mês
Produção de 1 dragas 357,822 m³ sedim/mês

Prazo de execução: 3.47 meses
104.0 dias

ZONA DEPÓSITO:

distância 11 m.n.
20.4 km

CICLO:

dragagem 96.9 min
tempo de manobra 10.0 min
viagem até deposição 66.0 min
deposição (abertura fundo+ jet spray) 90.0 min
tempo de manobra 10.0 min
viagem de regresso 44.0 min

total: 316.9 min

5.28 h

Vol. sedimentos/Vol. porão 100%

produção do ciclo/draga: 663 m³ sedim/h

DESCRIÇÃO: Fase B das dragagens/deposição no Porto de Setúbal-Dragagem de 1,531,850 m³ no Canal Norte e de 97,614 m³ na Zona de Transição e respetiva deposição de 1,629,464 m³ na zona do Delta do Estuário.

VOLUME A DRAGAR:

Medição 'in situ' 1,629,464 m³

SEDIMENTOS:

Rácio volumes água/mistura 80%

DRAGA(S) TSHD:

Nr. de dragas 2 un
Capacidade do porão 3,500 m³
Overflow (1=sim; 0=não)? 1
Vol. porão efetivo 3,500 m³
Produção na dragagem 10,834 m³ mistura/h
2,167 m³ sedim/h
Vel. navegação (vazio) 15 nós
Vel. navegação (carregado) 10 nós

PRODUÇÃO MENSAL:

Tempo de operação 360 h/mês
Produção por draga 231,251 m³ sedim/mês
Produção de 2 dragas 462,502 m³ sedim/mês

Prazo de execução: 3.52 meses
105.7 dias

ZONA DEPÓSITO:

distância 15 m.n.
27.8 km

CICLO:

dragagem 96.9 min
tempo de manobra 10.0 min
viagem até deposição 90.0 min
deposição (tubagem + jet spray) 60.0 min
tempo de manobra 10.0 min
viagem de regresso 60.0 min

total: 326.9 min

5.45 h

Vol. sedimentos/Vol. porão 100%

produção do ciclo/draga: 642 m³ sedim/h

6.3 Proteção marginal do aterro a nascente do terminal Ro-Ro

O processo construtivo encontra-se dividido em 3 fases que contemplam a criação dos respetivos prismas de TOT e proteções em enrocamento, com a deposição por método de *rainbow* e/ou por bombeamento dos dragados. Junto ao Terminal Ro-Ro, é de salientar que foi tida em conta a localização dos “Duques d’Alba”, situados junto à respetiva rampa, e previsto que o pé-de-talude dos prismas de contenção não interfira com as fundações dos mesmos, ficando estas espaçadas de cerca de 3,3m do pé de talude. De forma a evitar o escorregamento do manto de proteção, são preconizadas banquetas intermédias de 3,0m de largura e uma inclinação inferior, do lado exposto, dos prismas superiores (2/3) face ao prisma de base (1/1).

Nesta solução, a deposição do material TOT é efetuada com recurso a batelão, por abertura do porão, até que os fundos o permitam, podendo os trabalhos, posteriormente, ser conduzidos com recurso a maquinaria pesada, por via de terra, assim que se conclua as duas primeiras fases dos aterros. Em ambas as situações, dado que as vagas que atingem a zona possuem usualmente reduzida altura, definiu-se uma camada de enrocamento de proteção constante, de 1m de espessura, ao longo de todo o talude.

Dada a morfologia de fundo algo variável e dada a necessidade de contenção periférica a sudoeste e a sul, apresentam-se dois cortes esquemáticos representativos das duas direções de contenção. Note-se a existência da representação do Duque d’Alba na primeira figura apresentada.

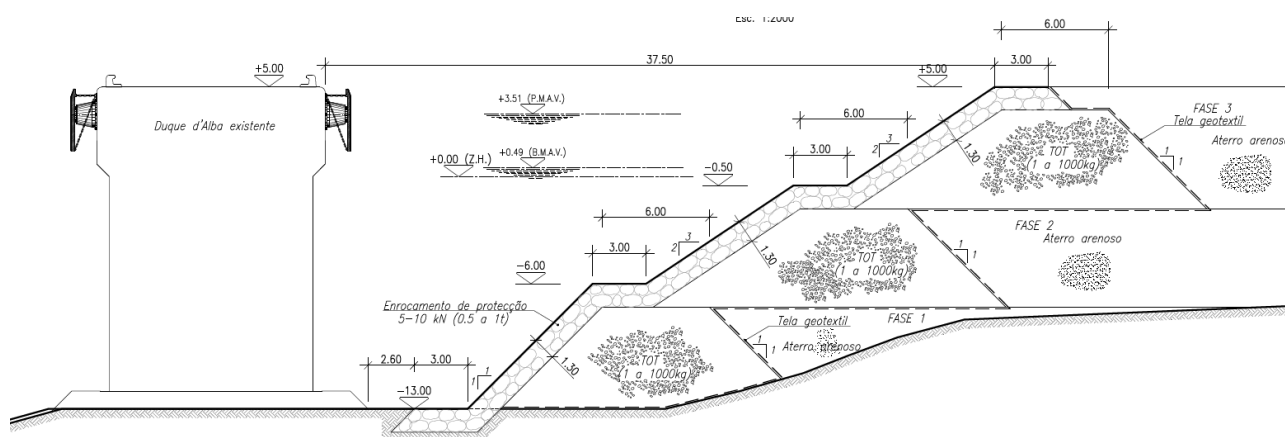


Figura 8 - Contenção periférica do Terminal Ro-Ro a Nascente – Corte A-A

Fonte: PROMAN (2016).

O Empreiteiro poderá apresentar, sujeito ao parecer da Fiscalização, soluções construtivas que evidenciem vantagens sobre o processo acima sugerido.

No que respeita ao transporte do enrocamento necessário para a construção da área de deposição, assumindo a capacidade de transporte de cada camião igual a 15m³, para efetuar o transporte de 188,300 m³ (volume necessário de Enrocamento + TOT), obtém-se um total de aprox. 12,550 viagens necessárias para transportar todo o material necessário.

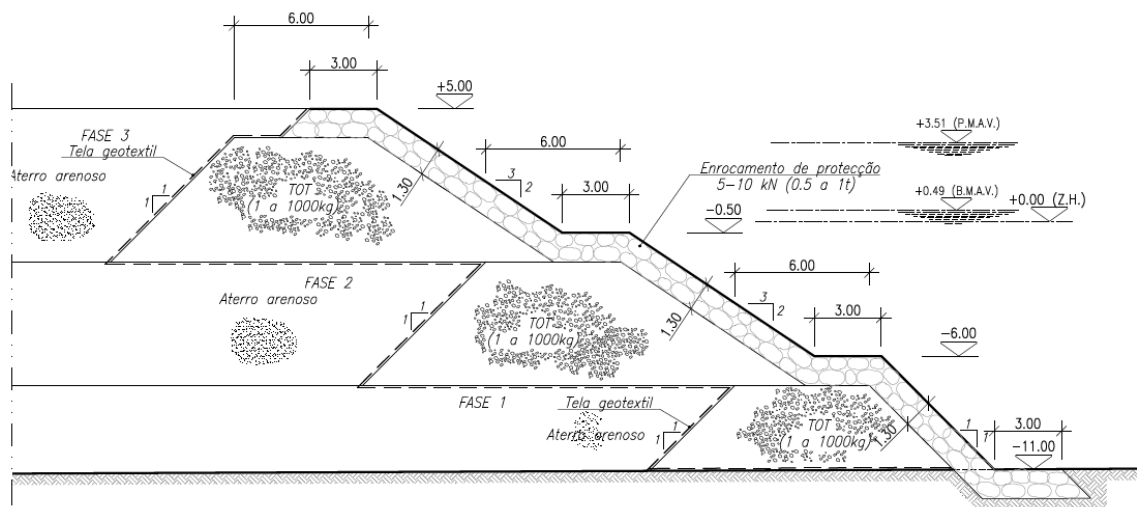


Figura 9 - Contenção periférica do Terminal Ro-Ro a Nascente – Corte D-D.

Fonte: PROMAN

Assim, o número de viagens necessárias traduz-se, ao longo dos 5 meses em que se prevê a construção da contenção periférica, num total de 81 viagens por dia, o que representa 8 viagens por hora, considerando 10 horas de trabalho diário.

O material para construção da contenção periférica deve provir do local de empréstimo mais próximo, devidamente licenciado.

6.4 Planeamento global das intervenções

O prazo total estimado para a realização da Fase A é cerca de 6 (seis) meses. Por sua vez, para a Fase B estimou-se um prazo próximo de 5 (cinco) meses. O diagrama da página seguinte ilustra o planeamento indicativo previsto, o qual poderá ser alvo de ajustamentos, mediante a metodologia proposta pelo Empreiteiro adjudicatário.



ATIVIDADES	meses	FASE A						FASE B										
		Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5						
1 Trabalhos preparatórios, mobilização do equipamento, montagem do estaleiro, outros trabalhos		█																
2 Execução do desassoreamento		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Dragagem do Canal da Barra		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Dragagem da Zona de Transição																		
Dragagem do Canal Norte		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
3 Execução da deposição de sedimentos e obra de contenção do aterro		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Deposição de sedimentos em aterro a nascente do Terminal Ro-Ro																		
Execução da obra de contenção do aterro nascente do Terminal Ro-Ro																		
Deposição de sedimentos na base do delta estuarino																		
4 Recomposição de zonas afetadas e desmobilização do estaleiro																		



7. PLANOS DE DRAGAGEM E GESTÃO DE DRAGADOS (FASE DE MANUTENÇÃO)

No âmbito do projeto da melhoria da acessibilidade marítima ao Porto de Setúbal, é necessário proceder a uma estimativa do esforço expectável em dragagens de manutenção, com o intuito de propor algumas medidas especificamente direcionadas para esta fase, bem como, definir preliminarmente o destino final desses materiais.

Em primeiro lugar, importa tecer as seguintes considerações:

- a) Recomenda-se a elaboração de levantamentos topo-hidrográficos logo após as dragagens de 1^o estabelecimento (Fase A e Fase B) incidindo, fundamentalmente, nas áreas dragadas e na área de deposição de sedimentos na base do delta (Área de Deposição nº 2);
- b) Sugere-se a monitorização da evolução dos fundos, que poderá não englobar todo o canal de navegação mas somente a entrada da Barra, onde ocorre maior dinâmica sedimentar, com o objetivo de preparar atempadamente as futuras intervenções, nomeadamente as operações de deposição dos sedimentos resultantes das dragagens de manutenção;
- c) Os resultados das simulações em modelo matemático realizadas no âmbito deste projeto e respetivo EIA para os cenários de intervenção de dragagem/deposição apontam no sentido de se manterem as tendências de erosão/sedimentação atuais, embora com uma ligeira redução nas taxas de assoreamento previstas para a zona terminal do canal da Barra.

Decorrendo da afirmação anterior suportada pelos modelos, é de admitir que o esforço de manutenção das cotas de fundo dos canais de navegação não sofrerá incremento, pelo contrário, porventura poderá até sofrer uma eventual redução desse esforço no canal da Barra.

Sendo assim, e numa perspetiva conservadora, admite-se que se mantenha a necessidade de realização de dragagens anuais na ordem de grandeza que já vem sendo realizada no porto de Setúbal nos últimos anos, isto é, volumes com dragagens de manutenção médios da ordem dos 100.000 m³/ano, podendo este valor variar no intervalo 60.000 a 150.000 m³/ano.

Admite-se que a grande maioria dos sedimentos dragados nesta fase possam ser encaixados na zona do delta do estuário, compensando assim algumas perdas de material do sistema sedimentar que naturalmente ocorrerão. Admite-se ainda que algum do volume de areia dragado na zona do canal da Barra possa ser utilizado na alimentação artificial da Praia de Albarquel, com reforço da sua parte emersa.

Esta deposição na praia de Albarquel revela-se de grande interesse a diferentes níveis, embora se considere que a ampliação que lhe está inerente deverá ser objeto de um projeto independente, dados os estudos complementares que poderá vir a implicar, nomeadamente devido às implicações na parte terrestre (acessos, estacionamento, apoios de praia, etc.), com prazos de realização que poderão determinar a sua concretização somente a médio prazo.

Reforça-se a ideia que somente uma campanha de monitorização dos efeitos conjugados destas intervenções de transposição sedimentar poderá fornecer valores precisos e fiáveis para se proceder ao planeamento das futuras dragagens, quer no que respeita à sua magnitude quer à sua calendarização. Deste modo, a recomendação é que sejam realizadas, logo após a conclusão da empreitada, campanhas de monitorização, com periodicidade mínima anual, e em resultado dessas observações, se estabeleça e concretize o respetivo plano de dragagens de manutenção.



A gestão dos materiais resultantes das dragagens de manutenção deverá ser definida e estabelecida nos planos de dragagens plurianuais a elaborar pela APSS, sendo alcançado um maior rigor, em termos de volumes envolvidos, com a disponibilidade de maior quantidade de informação resultante de campanhas de monitorização da evolução dos fundos.

Ao longo da fase de exploração, o plano de dragagens deverá ainda respeitar os seguintes aspetos:

- a) As dragagens de manutenção deverão respeitar as profundidades estabelecidas e os volumes de dragados, tendo por referência as cotas do Projeto de Execução, e as conclusões do programa de monitorização, impedindo extrações superiores às estritamente necessárias;
- b) Restringir as dragagens às áreas absolutamente necessárias para o efeito, de modo a minimizar os impactos relacionados com as operações e os custos das mesmas;
- c) As operações de dragagem deverão preferencialmente ser efetuadas durante um período contínuo e no menor espaço de tempo possível;
- d) Os sedimentos dragados deverão ter como destino final os locais indicados no plano de dragagens de manutenção a elaborar pela APSS e a sujeitar à aprovação da entidade competente.