



**Estudo de Reconfiguração
do Layout Portuário do Portinho
de Vila Praia de Âncora.**

**Estudo realizado para a DGRM
Dezembro de 2022**

**Relatório CERIS27/2022
Relatório FUNDEC: 23/2022.**

ÍNDICE DO TEXTO

APRESENTAÇÃO	3
1. INTRODUÇÃO.	4
2. ELEMENTOS DE ESTUDO.	5
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	5
2.2 ELEMENTOS TOPO-HIDROGRÁFICOS	5
2.3 ELEMENTOS OCEANOGRÁFICOS	11
2.4 ESTUDOS ANTERIORES	15
3. SITUAÇÃO ANTERIOR À CONSTRUÇÃO DO PORTINHO EM 2002/2003.....	20
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	20
3.2 CONDIÇÕES SEDIMENTARES	22
3.3 INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS.....	25
3.4 AGITAÇÃO MARÍTIMA LOCAL. MODELO CGWAVE.....	30
4. PROJECTO ORIGINAL DAS OBRAS E ESTUDOS SUBSEQUENTES	33
4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	33
4.2 PROJECTO ORIGINAL DAS OBRAS	34
4.3 ESTUDOS EM MODELO MATEMÁTICO.....	34
4.4 MONITORIZAÇÃO	36
4.5 ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO.....	37
5. PROPOSTAS DE RECONFIGURAÇÃO DO LAYOUT PORTUÁRIO.....	42
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	42
5.2 PROPOSTAS DE RECONFIGURAÇÃO.....	42
5.3 SOLUÇÃO A. ANTEPORTO.....	43
5.4 SOLUÇÃO B. NOVA EMBOCADURA DO RIO ÂNCORA	43
5.5 SOLUÇÃO C. MOLHE SUBMERSO NO CONTRA-MOLHE.....	44
5.6 COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES	45
5.7 ESTIMATIVA DE CUSTO DA “MELHOR” SOLUÇÃO	49
5.8 ABRIGO PORTUÁRIO.....	49
5.9 RECOMENDAÇÃO PARA ENSAIO EM MODELO FÍSICO	52
6. SÍNTESE E CONCLUSÕES.....	53

DESENHOS

- Desenho1 – Vila Praia de Âncora. Reconfiguração do Layout Portuário. Solução A.
- Desenho 2 – Vila Praia de âncora. Reconfiguração do Layout Portuário. Solução B.
- Desenho 3 - Vila Praia de Âncora. Reconfiguração do Layout Portuário. Solução C.

REFERÊNCIAS

ANEXOS

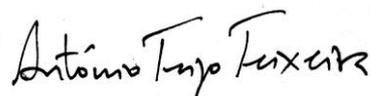
- Anexo A – Estudos em Modelo Matemático.
- Anexo B – Ficheiros digitais (pendrive na contra-capá).
- Anexo C – Pré-dimensionamento e medições.

APRESENTAÇÃO

O presente Estudo de Reconfiguração do Layout Portuário do Portinho de Vila Praia de Âncora é apresentado à Direcção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos - DGRM e foi elaborado pela FUNDEC - Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura. Com efeito, desde a conclusão das obras exteriores de abrigo do Portinho de Vila Praia de Âncora, em 2003, que a tendência tem sido para o assoreamento geral do porto, o que causa grandes dificuldades à exploração portuária. Estão em causa: os custos das operações de dragagem, a operacionalidade do porto e a segurança da navegação. Nesta conformidade, entendeu-se que seria necessária a realização de um estudo que equacionasse a reconfiguração do layout portuário, isto na sequência do comportamento que tem sido observado, estudo esse que agora se apresenta.

O estudo foi desenvolvido pelo Prof António Trigo Teixeira do IST/FUNDEC com a colaboração da Eng^a Silvia di Bona. A FUNDEC quer deixar registada a colaboração que recebeu da parte da DGRM no fornecimento de elementos indispensáveis à sua realização, nomeadamente elementos de estudos anteriores e desenhos de implantação das obras. À APA – Agência Portuguesa do Ambiente, quer agradecer a cedência de dados de batimetria adquiridos no âmbito do Programa Cosmos. À DGT – Direcção Geral do Território agradece-se a cedência de dados batimétricos do Lidar costeiro.

Lisboa, Dezembro de 2022



António Trigo Teixeira
Professor Associado do IST
Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georecursos
Núcleo de Sistemas Fluviais e Marítimos

1. Introdução

Considerou-se que um estudo desta natureza se pudesse organizar por fases. Uma primeira fase, em que fosse estudada a situação anterior à construção do Portinho (Antes do ano 2000), fazendo-se uma análise: do comportamento da célula sedimentar onde se insere o litoral de Vila Praia de Âncora (VPA) com estimativa do caudal sólido litoral; das infraestruturas portuárias pré-existentes em VPA e das suas condições de funcionamento no que se refere ao abrigo portuário, acessibilidade marítima e questões sedimentares. Seguidamente, a configuração histórica da linha de praia e das condições para a manutenção das suas condições de equilíbrio são também estudadas. Esta fase considera ensaios em modelo matemático da propagação local da agitação marítima com o modelo CGWAVE (USACE) de resolução de fase. A realização desta fase do estudo é importante para compreender como a construção das obras de abrigo poderão ter alterado a situação pré-existente.

Numa segunda fase é analisado o projecto original das obras e dos estudos subsequentes realizados. São vistos: o projecto original; os Estudos em Modelo Matemático associados ao projecto original; o EIA e o RECAPE; os dados de monitorização após construção das obras. Adicionalmente são vistos os estudos já realizados de alternativas de intervenção para melhoramento da acessibilidade ao porto.

Esta fase justifica-se para se saber como foi tratada no projecto original a questão sedimentar e de navegação e quais as propostas feitas nos estudos subsequentes para tentar resolver ou melhorar a questão do assoreamento.

Por último, uma fase onde serão apresentadas as propostas de reconfiguração do Layout portuário objecto do presente estudo. Nomeadamente: estudo de alternativas de reconfiguração do layout portuário; previsão de evolução da linha de costa e de funcionamento do sistema sedimentar face às novas configurações; análise comparativa; análise em modelo matemático da propagação local da agitação marítima para a solução considerada como sendo a “melhor”. Será usado o modelo matemático CGWAVE (USACE) de resolução de fase.

Um trabalho desta natureza serve-se de elementos de estudo diversos. Estudos de planeamento anteriores que interessem ao litoral de Vila Praia de Âncora, projectos de obras, dados que permitam conhecer a posição da linha de costa em diferentes datas, batimetria e topografia do local e dados de agitação marítima.

2. Elementos de Estudo.

2.1 Considerações Gerais.

Faz-se neste capítulo a apresentação e descrição sumária dos elementos de estudo em que se baseou o presente trabalho de estudo de reconfiguração do Layout do Portinho de Vila Praia de Âncora. Muitos outros elementos foram ainda analisados, registando-se apenas os que no decurso do presente trabalho foram efectivamente utilizados.

De índole diversa são os elementos colhidos durante as visitas efectuadas a Vila Praia de Âncora, pela observação visual do funcionamento do sistema natural e dos testemunhos recolhidos junto dos pescadores e entidades oficiais.

2.2 Elementos Topo-Hidrográficos

Para o presente estudo procedeu-se a uma recolha de elementos topo-hidrográficos da área em estudo. Como se segue:

A -Programa Cosmos. 2018.

O “Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental - COSMO” consiste na recolha, processamento e análise de informação sobre a evolução das praias, dunas, fundos submarinos próximos e arribas ao longo da faixa costeira de Portugal Continental. O Programa COSMO foi concebido e desenvolvido pela Agência Portuguesa do Ambiente I.P.”.

<https://cosmo.apambiente.pt/>

Estão disponíveis para a área, três elementos com interesse. Um levantamento topo-hidrográfico realizado em Agosto de 2018, de alta resolução (pixel 0.3m x 0.3m), com cotas referidas ao Zero Hidrográfico, um perfil total e três perfis da praia emersa realizados na mesma posição geográfica entre Agosto de 2019 e Abril de 2019. A Figura 1 mostra a área coberta pelo levantamento e a localização dos perfis. Um na praia de Vila Praia de Âncora e os outros dois, mais para sul, na Praia da Duna do Caldeirão (ou Gelfa). Convém notar, que se trata de levantamentos de alta resolução. Os ficheiros com a informação foram obtidos directamente do website e por contacto com a APA – Agência Portuguesa do Ambiente.

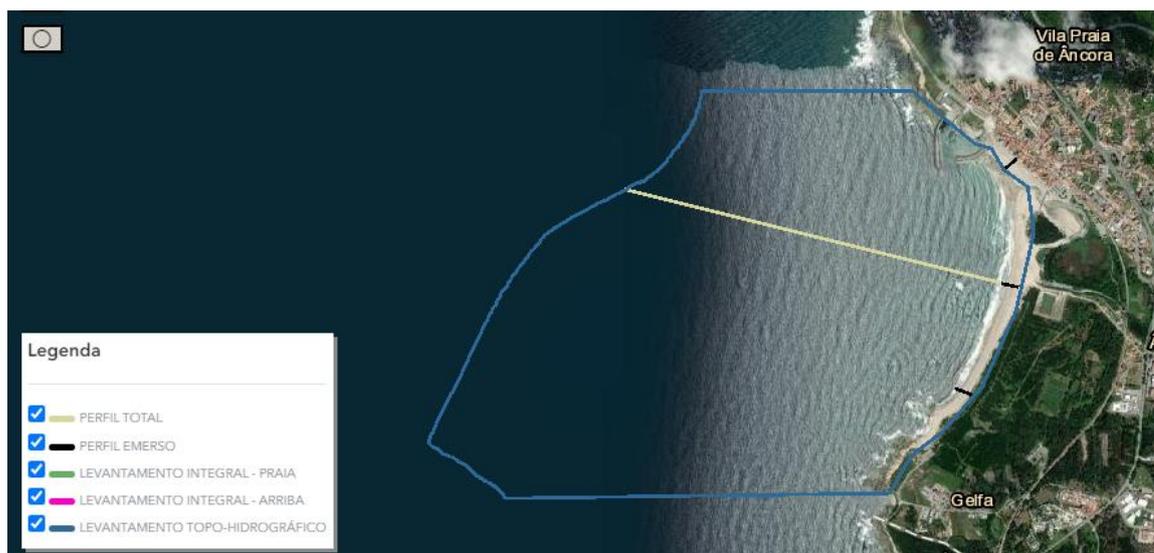


Figura 1 – Monitorização no âmbito do programa Cosmos na zona de Vila Praia de Âncora. Localização do Levantamento Topo-Hidrográfico (Agosto de 2018), dos perfis emersos e do perfil total (topo-hidrográfico).

B – LIDAR COSTEIRO 2011.

Modelo Digital do Terreno (Resolução 2 m) - Zonas Costeiras de Portugal Continental – 2011 -da Direção-Geral do Território.

Modelo Digital do Terreno numa faixa de 600 m no mar e 400 m em terra, das zonas costeiras de Portugal Continental com resolução de 2 m, obtido a partir de um levantamento com tecnologia LiDAR durante o ano de 2011. Esta informação encontra-se no Sistema de Referência PT-TM06/ETRS89 e a referência vertical é o Datum Altimétrico de Cascais Helmert 38

<https://snig.dgterritorio.gov.pt/>

Estes levantamentos cobrem um continuo terra/mar numa faixa de cerca de 1000m, sendo 600m para o mar e 400m para o lado de terra. Estão referidos ao Nível Médio Adoptado- NMA (Zero Topográfico) situado 2m acima do Zero Hidrográfico (ZH). Na Figura 2 apresentam-se os 10 levantamentos utilizados e a forma como se interligam entre si. A numeração dos levantamentos (ficheiros) segue a que é usada na Carta Militar do IGeoE à escala 1/25000, Carta 27: Vila Praia de Ancora e Carta 14: Caminha. Como as escalas são diferentes é feito um seccionamento dentro de cada carta. O levantamento é também de grande resolução, pois baseia-se em pontos cotados numa malha quadrada de 2m.

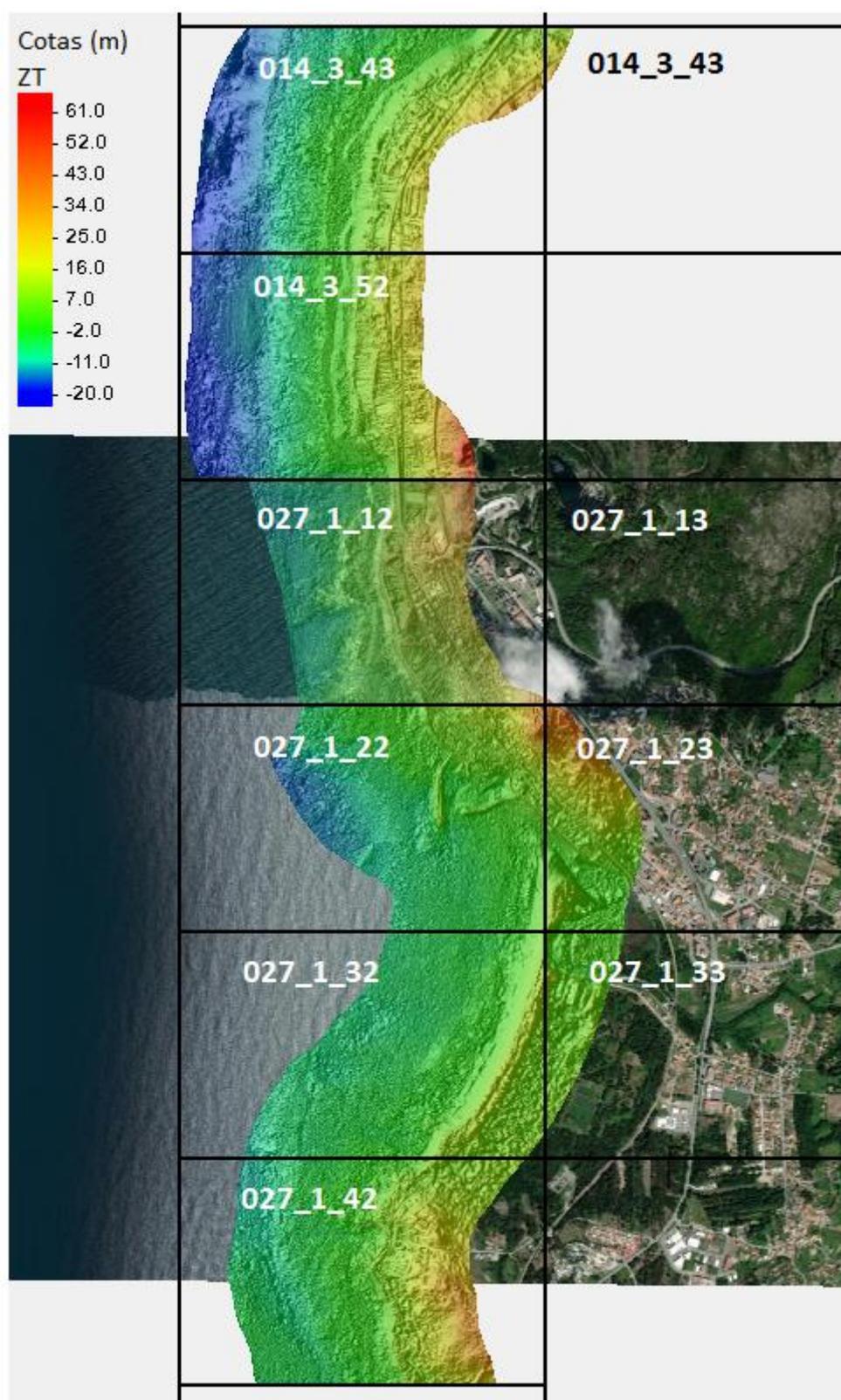


Figura 2 – Levantamento LIDAR da Zona Costeira de Portugal, realizado em 2011, GeoTIFF. A numeração dos levantamentos (ficheiros) segue a da Carta Militar do IGeoE à escala 1/25000 e um seccionamento próprio dentro de cada carta. Carta 27: Vila Praia de Ancora e Carta 14: Caminha. Cotas ao NMA (Zero Topográfico).

C - Levantamentos da Orla Costeira, INAG 1996 e 2001.

Trata-se de levantamentos da Orla Costeira de Portugal Continental (aerofotogramétricos) à escala 1:2000 realizados em 1996 e 2001. É coberta uma faixa da parte emersa da orla costeira obtida com base em fotografia aérea. As cotas estão referidas ao Zero Topográfico e a referência é o Datum 73. As cartas são distribuídas em formato digital vectorial (*.dwg) e foram cedidas pela APA – Agência Portuguesa do Ambiente.

D - Carta Hidrográfica nº 26049 do Instituto Hidrográfico da Marinha.

Trata-se de uma carta que define as aproximações à Barra do Rio Minho (Plano do Porto de Caminha) à Escala 1:40000. O elipsoide é o WGS84 e a projecção de Mercator. A carta foi digitalizada no âmbito do presente estudo por forma a obter uma imagem (raster). Na Figura 3 apresenta-se uma imagem da carta. A carta foi também utilizada no “setup” dos modelos matemáticos.

E – Carta Hidrográfica Caminha a Aveiro do Instituto Hidrográfico da Marinha.

Trata-se de uma carta da série costeira à escala 1:150000 que permite obter as profundidades muito ao largo de Vila Praia de Âncora. Projecção de Mercator, elipsoide internacional – Datum Europeu 1950. Esta carta foi também utilizada para obter a batimetria que serviu para o setup dos modelos matemáticos.

F – Google Earth.

O Google Earth disponibiliza Informação geográfica de várias datas, sendo a mais antiga para Vila Praia de Âncora do ano de 2001, sendo assim anterior à construção das obras. As imagens, georreferenciadas em coordenadas geográficas (WGS84) ou em coordenadas cartesianas UTM Zona 29, são importantes porque permitem estudar, ainda que qualitativamente, a evolução do sistema natural. Em particular, pode ver-se a fisiografia da foz do rio Âncora e do trecho de costa que se estende para sul na praia da Duna do Caldeirão, nos períodos anterior e posterior à construção das obras de abrigo. Na Figura 4 mostra-se um exemplo de uma imagem do Google Earth, de Outubro de 2021, retratando a situação em que se encontrava o Portinho de Vila Praia de Âncora à data. Podem ver-se as obras que então existiam no local. Um esporão que abriga uma pequena rampa e dois esporões que limitam o caniço e a rampa onde varavam as embarcações de pesca. A imagem mostra a intensa rebentação da onda na enseada, induzida pelo fundo marinho, fenómeno, que como se pode ver, se faz sentir a uma certa distância da costa.

As imagens do Google Earth servem também de apoio à construção dos modelos matemáticos suportados pelo SMS-Surface Modelling System (Aquaveo), usando para o efeito a opção “importing from the web”. Obtém-se, deste modo, “ortofotomapas” da área de estudo.

G – Ortofotomapas da DGT – Direcção Geral do Território. 2014.

Foi adquirido à Direcção Geral do Território um conjunto de dezasseis ortofotomapas da costa do voo de 2014 com 10 cm de pixel no formato (*.ECW). O sistema de referência é o “EPSG 3763 - etrs89 / Portugal tm06”. Destes foram utilizados apenas cinco como se mostra no seccionamento que se apresenta na Figura 5.

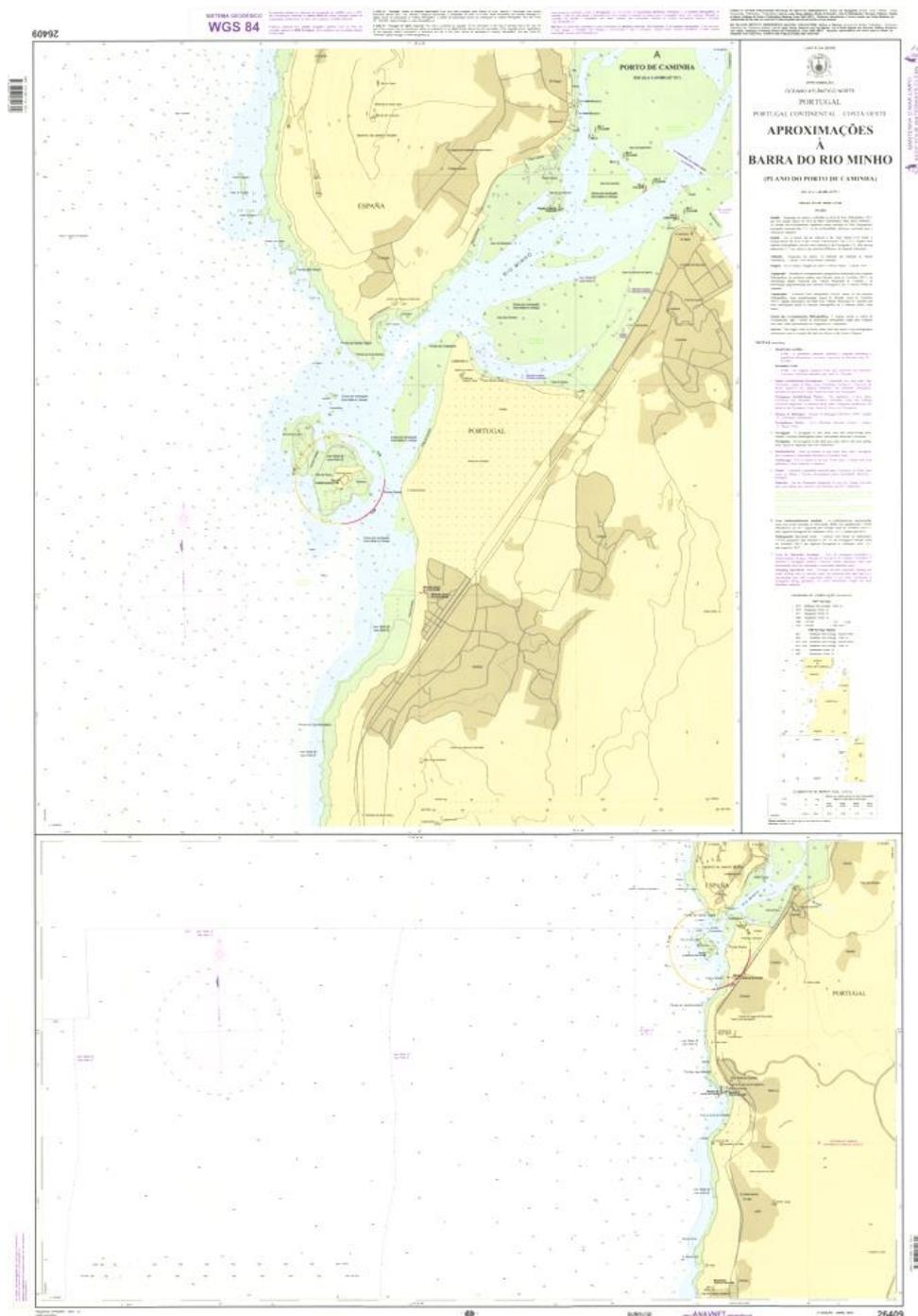


Figura 3 – Carta Hidrográfica “Aproximações à Barra do Rio Minho”. Publicada pelo Instituto Hidrográfico à escala 1:40000.

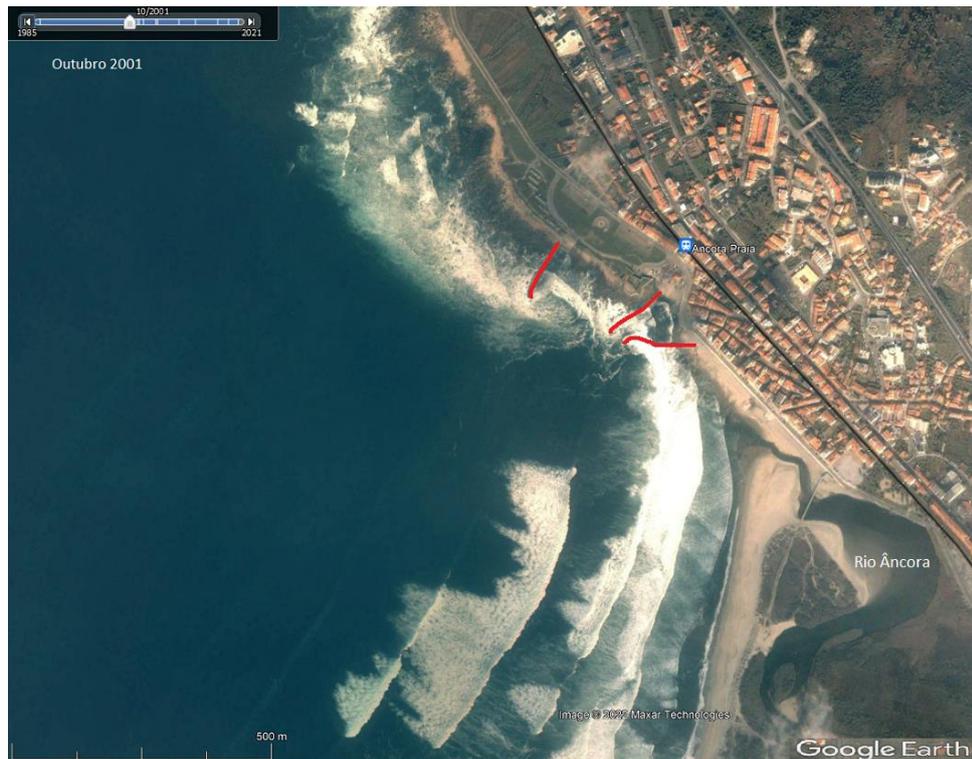


Figura 4 – Google Earth. Situação primitiva, anterior à construção das obras do Portinho de Vila Praia de Âncora. Outubro de 2001. As obras existentes nesta data foram desenhadas a vermelho na carta.

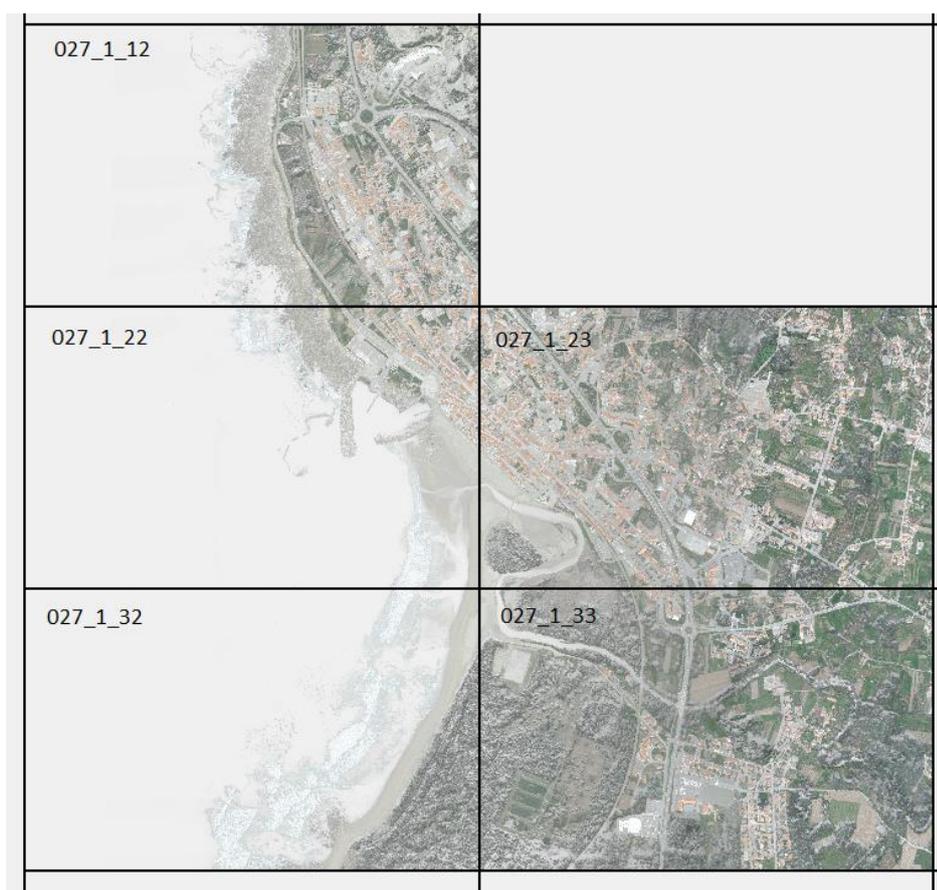


Figura 5 –Vila Praia de Âncora. Ortofotomapas da Direcção Geral do Território.
Voo de 2014.

2.3 Elementos Oceanográficos.

Para o presente trabalho utilizaram-se valores de caracterização da agitação marítima, na zona em estudo, com dados de bóia ondógrafo e dados de hindcast. O clima de agitação marítima ao largo (grandes profundidades) de Vila Praia de Âncora está suficientemente caracterizado dispensando-se, por essa razão, a realização de estudos adicionais, no âmbito do presente estudo. Por um lado, interessa conhecer o regime de extremos, útil para determinar a acção da agitação marítima sobre as obras de abrigo portuário e para o seu pré-dimensionamento. Por outro lado, importa conhecer o regime médio da agitação ao largo, tendo em vista definir os eventos mais frequentes na zona costeira de Vila Praia de Âncora.

Para o regime de extremos foi utilizado o estudo de: A. Muralha e A. Trigo Teixeira e Amélia Araújo, intitulado: “*Regime de Extremos da Agitação Marítima a partir de Dados de Bóia e de Hindcast*” publicado nas 7^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária. Porto, 6 e 7 de Outubro de 2011. Aquele estudo apresenta os eventos extremos ao largo de Leixões com base na bóia ondógrafo e com base em dois pontos onde existiam dados de *hindcast* (ERA40), enquadrando a bóia.

A Figura 6 mostra a localização dos Pontos de *hindcast* e da bóia. Pode ver-se que os pontos de *hindcast* estão fora do bordo da plataforma continental (cotas da ordem de -2000 ZH) enquanto que a bóia de Leixões encontra-se já dentro da plataforma (cota -81.0m ZH).

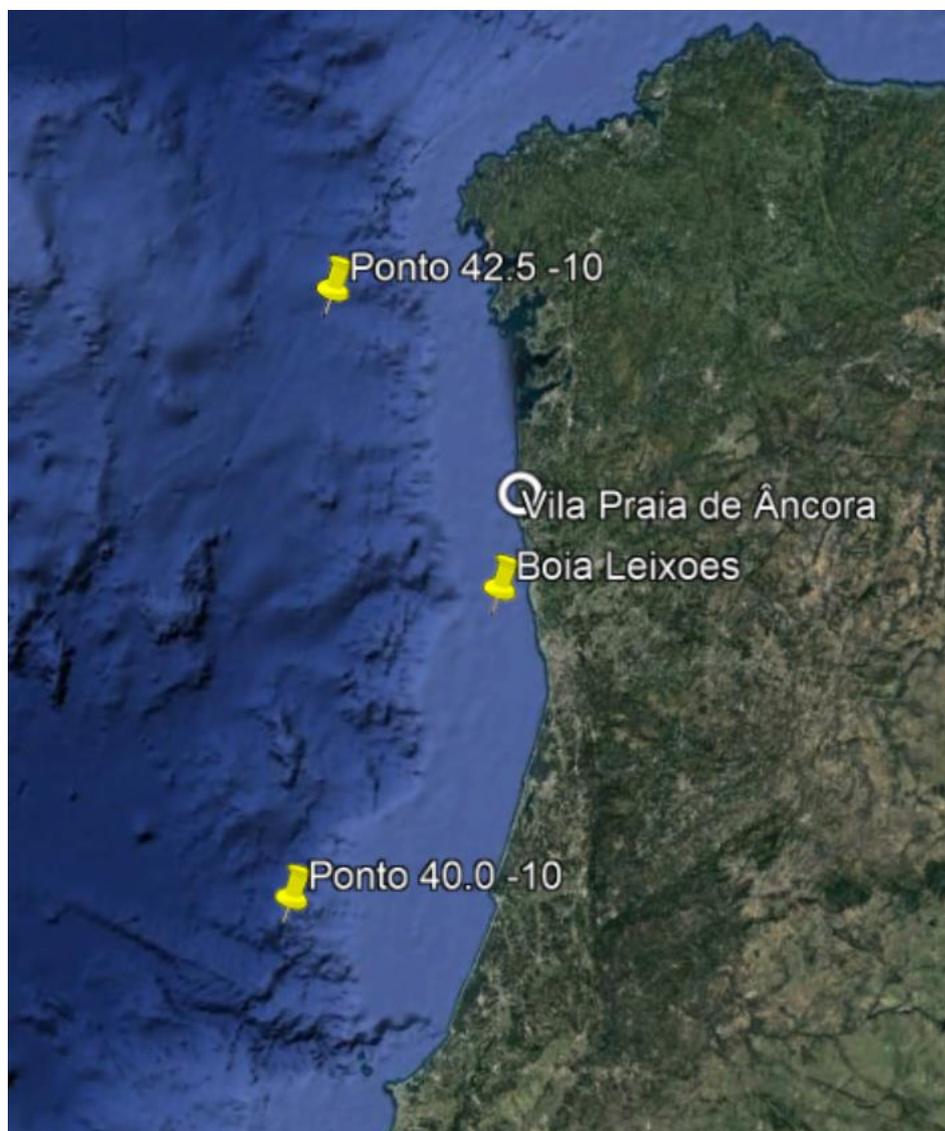


Figura 6 – Google Earth. Vila Praia de Âncora. Bóia de Leixões e Pontos de *hindcast*. ERA40
ECMWF – European Center Medium Range Weather Forecast.

No Quadro 1 apresentam-se os valores para a altura significativa da onda e período de pico em função do período de retorno (probabilidade de ocorrência), dos sectores direccionais (NW, W e SW) e consoante o local (na bóia, no Ponto 40 -10 e no Ponto 42.5 -10). Como seria de esperar, há pequenas diferenças entre os valores calculados para os três locais.

Quadro 1 – Altura significativa e período de pico em função do período de retorno, do sector direcional (NW, W e SW) e do local (bóia de Leixões, e locais de hindcast ERA 40).

T (anos)	Hs (m) Sector NW			Hs (m) Sector W			Hs (m) Sector SW		
	Bóia	ERA40		Bóia	ERA40		Bóia	ERA40	
		Ponto 40 10	Ponto 42,5 10		Ponto 40 10	Ponto 42,5 10		Ponto 40 10	Ponto 42,5 10
10	9,36	8,32	8,63	8,91	9,03	8,85	7,02	7,61	7,44
50	11,34	9,95	10,35	11,40	11,09	10,59	9,43	9,51	9,14
100	12,18	10,64	11,08	12,45	11,96	11,33	10,45	10,31	9,86

T (anos)	Tp (s) Sector NW			Tp (s) Sector W			Tp (s) Sector SW		
	Bóia	ERA40		Bóia	ERA40		Bóia	ERA40	
		Ponto 40 10	Ponto 42,5 10		Ponto 40 10	Ponto 42,5 10		Ponto 40 10	Ponto 42,5 10
10	16,11	15,19	15,48	15,72	15,83	15,67	13,96	14,53	14,37
50	17,74	16,61	16,95	17,78	17,54	17,14	16,17	16,24	15,92
100	18,38	17,18	17,53	18,59	18,22	17,73	17,02	16,91	16,54

Fonte: Dados das Tabela 5.3 e Tabela 5.5 da Comunicação: “Regime de Extremos da Agitação Marítima a Partir de Dados de Bóia e de Hindcast. A. Muralha *et al.* 7^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária. 2011”

Nos últimos anos, muito se avançou na disponibilização de informação da agitação marítima que vai muito para além das séries temporais dos valores integrais do espectro de energia, obtidos pelo método de *hindcast* (reconstituição da agitação marítima do que ocorreu no passado com base em campo de ventos). Por exemplo, a “MetOcean Solutions” disponibiliza *online* numa malha de 0.5º de latitude e longitude, a análise de extremos e rosas de ondas e outras estatísticas. Estas estatísticas foram obtidas a partir das séries temporais de *hindcast* dos estados de mar. Tem-se assim, de forma expedita, acesso à ordem de grandeza da severidade do clima de agitação num dado local. Convém ter presente que em fase de projecto das obras deverá ser feita uma análise mais fina.

Dada a proximidade geográfica entre o ponto de *hindcast* MetOcean e a Bóia é possível comparar e observar que os valores da altura significativa da onda para o período de retorno de 10, 50 e 100 anos, para os dois locais, são da mesma ordem de grandeza.

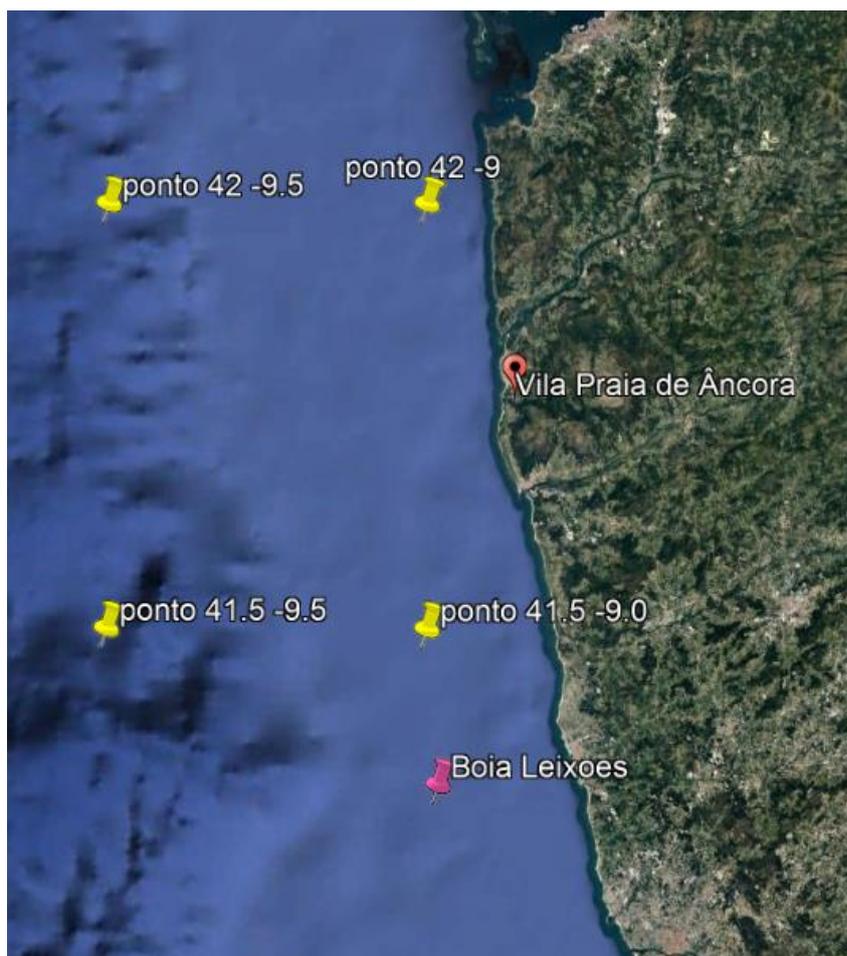


Figura 7 – Google Earth. Localização de Vila Praia de Âncora da Bóia Óndógrafo de Leixões e dos Pontos de hindcast da MetOcean.

Tabela 1 – Análise de Extremos da Agitação Marítima

T(anos) Período de Retorno	Hs (m)- Altura significativa da Onda					
	1	5	10	50	100	
Ponto 42.0 -9.5	10.3	11.5	12.0	13.2	13.8	MetOcean
Ponto 42.0 -9.0	8.5	9.5	9.9	10.9	11.3	MetOcean
Ponto 41.5 -9.5	10.3	11.6	12.1	13.3	13.9	MetOcean
Ponto 41.5 -9.0	8.9	10	10.5	11.6	12.1	MetOcean
Ponto Boia Leixões	-	-	9.9	12.1	13.0	Era 40 (ECMWF)

Tabela 5.2 – Valor de Hs para um período de retorno de 10, 50 e 100 anos para as três séries totais de valores

T (anos)	Bóia	ERA40	
		Ponto 40 10	Ponto 42,5 10
10	9,87	9,06	9,14
50	12,06	10,71	10,71
100	12,99	11,40	11,38

Quanto à maré ela é do tipo semi-diurno com a ocorrência de duas preia-mares e duas baixa-mares por dia. Admitiu-se uma amplitude de maré, em águas-vivas, de cerca de 4m, de acordo com os dados publicados nas tabelas do Instituto Hidrográfico da Marinha.

2.4 Estudos Anteriores.

Neste item incluem-se os estudos anteriores realizados para a costa norte onde se situa o Portinho de Vila Praia de Âncora com interesse para o presente trabalho. São tanto estudos de planeamento, de grande escala, como estudos de pormenor, como são disso exemplo os projectos das obras e os estudos que lhe estão associados.

A – Troço Rio Minho-Leixões. Problemas Litorais. Hidrotécnica Portuguesa. 1988.

Trata-se do “Estudo dos Problemas Litorais ocorrentes entre a Embocadura do Rio Minho e o Porto de Leixões e de Medidas Específicas a Adoptar”, realizado em 1988 pela Hidrotécnica Portuguesa para a então Direcção Geral de Portos. O Estudo está organizado em dois Volumes. O primeiro diz respeito aos Estudos de Base e o segundo ao Plano de Obras previstas para o trecho costeiro.

B – Plano da Orla Costeira Caminha Espinho

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 111/2021 de 11 de agosto de 2021, aprova o Programa da Orla Costeira Caminha-Espinho.

“As soluções contidas no POC-CE atenderam ao contexto estratégico e às opções territoriais definidas no Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território para a região Norte, à Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC), aprovada em anexo à Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009, de 8 de setembro, e à Estratégia Nacional para o Mar 2013 -2020, adotada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 12/2014, de 12 de fevereiro, nomeadamente no sentido de promover a valorização integrada dos recursos do litoral e gerir a pressão urbano -turística na faixa litoral e orla costeira de forma a assegurar a exploração sustentável dos recursos naturais, a qualificação da paisagem e uma adequada prevenção dos riscos.” <https://files.dre.pt/1s/2021/08/15500/0002100132.pdf>

O POC Caminha-Espinho considera uma Área de Jurisdição Portuária em Vila-Praia de Âncora, área que se encontra delimitada nos desenhos que definem o modelo territorial. Acresce que apresentam também informação valiosa sobre o balanço sedimentar no trecho costeiro e informação batimétrica, com algum pormenor, até á cota -16 m (ZH). A Figura 8, extraída do Modelo Territorial do POC, mostra a localização do Portinho de Vila Praia de Âncora (classificado como núcleo piscatório) e a zona de jurisdição portuária. Haverá vantagem que a reconfiguração do layout portuário possa ocorrer, ainda que parcialmente, na zona que o POOC define como tal. Pode ver-se que a zona de jurisdição portuária se prolonga para a zona norte do Portinho. Na zona portuária estão ainda definidas duas faixas de salvaguarda à erosão costeira, uma de Nível I e outra de Nível II.

C – Monitorização Relativa à Morfologia e Dinâmica Costeira. LNEC – Dez2004.

Este relatório do LNEC tem como objectivo apresentar e interpretar a totalidade dos resultados da monitorização que decorreu entre Outubro de 2001 e Abril de 2004. O estudo teve como objectivo avaliar os eventuais efeitos das obras de abrigo portuário na morfologia costeira da área envolvente do projecto e a sua tendência evolutiva. O período de construção da obra foi de 15 de Março de 2002 até final de Novembro de 2003.

O relatório cinge-se ao período em que foi realizada a monitorização. Inclui dados de agitação marítima (*hindcast*) ao largo de Vila Praia de Âncora do modelo MAR3G do então IM -_Instituto de Meteorologia, e o resultado da “transferência” desses dados para três pontos sobre a batimétrica -10m (ZH), frente à enseada. Inclui vários levantamentos da praia emersa a sul do porto até ao Forte do Cão e dois levantamentos que atingem a batimétrica -5m (ZH). É ainda feita uma campanha de recolha de sedimentos em vários pontos ao longo da praia, e estudada a sua granulometria.

A janela temporal é relativamente pequena para que se possam tirar conclusões sobre o impacte das obras. Contudo observava-se já acumulação de sedimentos na Foz do rio Âncora.



Figura 8 – Vila Praia de Âncora. POC Caminha- Espinho 2021. Área de Jurisdição Portuária.

D – Alternativas de Intervenção para melhoria da Acessibilidade ao Porto de Pesca de Vila Praia de Âncora. LNEC Novembro 2006.

Segundo os autores do estudo; “(...) foi motivado pelo facto do Porto de pesca de Vila Praia de Âncora apresentar difícil acessibilidade causada pelo assoreamento da sua entrada, e teve como objectivo a proposta e análise de soluções para resolução deste problema”. Este estudo inclui ainda um relatório complementar com caracterização da agitação marítima ocorrida entre Outubro de 2001 e Abril de 2006. Da análise efectuada, o estudo recomenda que se avance em três fases, (dado ter excluído à partida “uma alteração acentuada dos molhes para deslocamento da entrada do porto para maiores profundidades”). 1ª Fase compreende a realização de nova dragagem na entrada do porto e zona exterior adjacente; 2ª fase considera a

monitorização da dragagem e análise da viabilidade de resolução do problema com dragagens periódicas; 3ª Fase considera a construção de uma obra fixa de contenção das areias, caso o recurso exclusivo a dragagens se mostrar inviável para a resolução do problema. Segundo os autores, a obra poderia ter as seguintes características: “comprimento de cerca de 250m, enraizamento no ponto de inflexão do molhe sul e orientação aproximada SSW”, Figura 9.



Figura 9 – Proposta de Construção de eventual Obra Fixa de Contenção de Areias com cerca de 250 m de comprimento. Desenho LNEC 2006.

Ou seja, logo em 2006, e apenas três anos decorridos após a construção das obras de abrigo portuário, a questão do assoreamento constituía já uma grande preocupação, tendo por isso os autores do estudo equacionado várias alternativas para resolução do problema, entre as quais se contava a construção de uma obra de contenção de areias que pudesse resolver o problema.

E - Avaliação dos Impactes na Hidrodinâmica e Transporte Sedimentar Decorrentes da Construção das Obras de Protecção do Portinho de Pesca de Vila Praia de Âncora. Trabalhos de Modelação Matemática. Hidromod - Agosto 2001.

Segundo os autores deste estudo: “a Hidromod efectuou um conjunto de trabalhos em modelo matemático com o objectivo de avaliar os impactes na hidrodinâmica e transporte sedimentar decorrentes da construção das obras de protecção do portinho de pesca de Vila Praia de Âncora”.

A Figura 10 mostra o perfil da cabeça do quebra-mar norte do portinho de pesca, constituído por núcleo, sub-manto, manto de protecção e superestrutura. As obras tem mostrado uma boa estabilidade hidráulica ao longo do tempo, não havendo praticamente registo de danos ao longo dos seus quase vinte anos de existência.

G - Local hydrodynamics and the siltation of Vila Praia de Âncora Harbor. Alexandre Santos Ferreira et al.

Trata-se de um artigo publicado na “8th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2015)”. Os autores descrevem a situação do Portinho antes das obras (antes de 2002) e interpretam o seu funcionamento hidro-sedimentar, explicando por que razão se mantinha livre de sedimentos. Seguidamente abordam as causas do assoreamento crónico que se verificou após as obras (depois de 2003). Por fim são abordadas três soluções para a resolução do problema: a) nova localização a norte da existente; b) nova localização no estuário do Âncora, abrindo para o efeito uma nova embocadura, mais a sul, fixada por dois quebra-mares, paralelos; c) construção de esporão/quebra-mar submerso para contenção de areias que afluem à boca do porto, vindas de sul.

Convém salientar que estas três soluções correspondem de modo aproximado às soluções que serão estudadas para a reconfiguração do layout portuário no âmbito do presente estudo. Estas soluções serão designadas por Soluções A, B e C. A solução A difere substancialmente porque se propunha a abertura de um novo, mais a norte, escavado em terra.

3. Situação Anterior à Construção do Portinho em 2002/2003.

3.1 Considerações Gerais

A construção das obras de abrigo portuário em 2002-2003 em Vila Praia de Âncora veio criar, sem dúvida, melhores condições de abrigo para as embarcações. Antes da construção destas obras, pode afirmar-se que neste local da costa as condições de abrigo eram incipientes. De facto, o abrigo baseava-se numa pequena enseada naturalmente presente no local (composta por um pequeno canal, livre de rocha, que existia por entre afloramentos rochosos) muito próximo da foz do Âncora. Por este caneiro, entravam e saíam as embarcações para o mar e acedia-se a uma pequena rampa, onde as embarcações varavam. Um pouco mais a norte, um esporão de maiores dimensões dava abrigo a uma segunda rampa varadouro, esta de maiores dimensões.

Na Figura 11, sobre imagem aérea de 2001 do Google Earth, podem ver-se estas infraestruturas portuárias (que se consideram como pré-existentes). Pode ver-se o “Portinho” definido por duas obras de abrigo convergentes e o esporão, mais a norte que dá abrigo a uma rampa. O esporão e as obras de abrigo foram pintados a cor de laranja sobre a imagem, para tornar a figura de mais fácil leitura.



Figura 11 – Vila Praia de Âncora. Infraestruturas Portuárias existentes em 2001. Imagem Google Earth.

Importa salientar, que as embarcações eram puxadas para o varadouro em terra e também para a rampa abrigada pelo esporão. O abrigo e segurança das embarcações só era “garantido” desde que elas permanecessem a seco, portanto em terra. Contudo, as obras realizadas posteriormente vieram alterar completamente este paradigma, pois criaram sistemas de amarração na bacia portuária, usando para este efeito tanto passadiços fixos como flutuantes.

A Figura 12 ilustra a situação do varadouro existente com as embarcações em terra, na situação anterior à realização das obras.



Figura 12 – Vila Praia de Âncora. Varadouro de embarcações em terra. **Arquivo RTP**

3.2 Condições sedimentares.

Importa interpretar o funcionamento aluvionar de Vila Praia de Ancora na situação anterior à realização das obras de 2002/2003. A análise é essencialmente qualitativa, mas permitirá compreender melhor como a construção das obras alterou o funcionamento aluvionar existente.

Vila Praia de Âncora está situada numa costa rochosa onde ocorrem localmente praias de areia. As principais fontes aluvionares são o Rio Minho e, com menor expressão, o próprio rio Âncora (que possui uma bacia hidrográfica muito pequena). Considerando a orientação geral da costa e da direcção local da agitação marítima, predominante do NW, será de esperar um transporte sólido litoral potencial dirigido para sul. Os sedimentos que escapam dos bancos de areia e praias existentes na foz do Minho serão transportados para sul, por acção da onda, ao longo de uma costa rochosa, que se apresenta descarnada em quase toda a extensão, até Vila Praia de Âncora. Uma inspecção realizada a este trecho costeiro, mostrou a existência de uma faixa estreitíssima de areia a cotas elevadas, sobre os afloramentos rochosos, quase no limite do início do coberto vegetal, sinal evidente do referido transporte.

Imediatamente a norte de Vila Praia de Âncora a linha de costa sofre uma inflexão. De uma orientação quase N-S, a costa passa a apresentar uma orientação NW-SE. Convém ter presente que, do ponto vista teórico, o potencial de transporte longitudinal da onda é máximo para ângulos de incidência de cerca de 45 graus. Significa isto, que haverá tendência para redução da capacidade de transporte à medida que a onda se aproxima do Portinho.

Para sul do Portinho, desenvolve-se uma praia (com cerca de 2 km), cuja geometria é controlada, pela direcção da agitação marítima local, pelos afloramentos rochosos presentes no trecho, sendo interrompida no seu desenvolvimento apenas na foz do rio Âncora. Os afloramentos rochosos são visíveis, a norte da foz onde se inserem as infraestruturas portuárias, a meio da praia (só visíveis em baixa-mar) e junto ao forte do Cão. No forte do Cão os afloramentos continuam em profundidade, como se formassem um esporão rochoso mergulhante, orientado a NW. A Figura 13, mostra o fundo marinho que foi levantado no âmbito do programa Cosmos, em 2018.

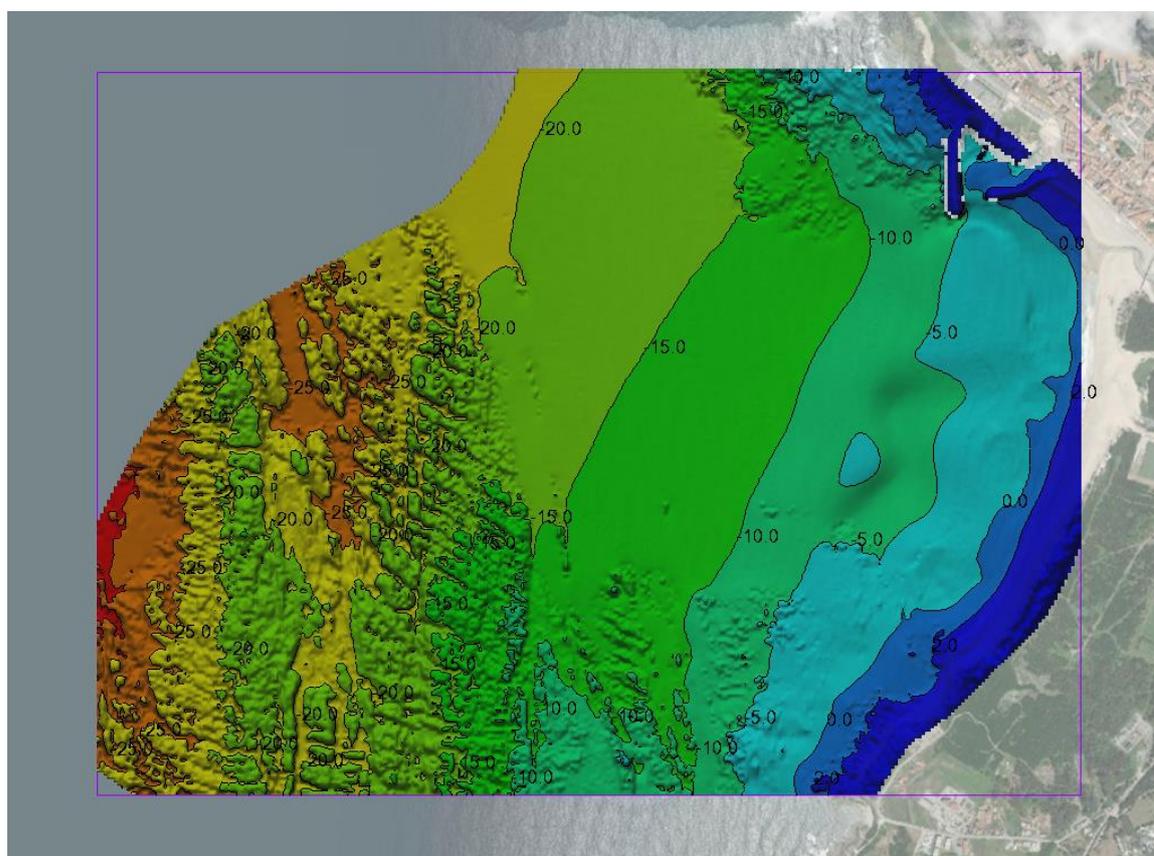


Figura 13 – Vila Praia de Âncora. Levantamento topo-hidrográfico realizado pela APA no âmbito do programa COSMOS em 2018. Cotas referidas ao ZH. O levantamento original tem um pixel de 0.3mx0.3m e a figura foi produzida com um “resampling” de 10mx10m.

Na figura, podem observar-se as zonas de fundo rochoso, que se traduzem pela ocorrência de batimetria muito irregular. Por seu turno, o fundo arenoso é representado por uma batimetria muito mais regular. É interessante ver, que na enseada as batimétricas apresentam um traçado aproximadamente paralelo à linha de costa e se afastam dela, sinal da diminuição da capacidade de transporte aluvionar

da onda. É óbvio, que apesar da diminuição da capacidade de transporte, as aluviões que chegam de norte e também do rio Âncora acabam por seguir o seu caminho para sul. Até 2002-2003, não há registo de grandes variações da posição da linha de costa entre a foz do Âncora e o promontório do Forte do Cão. A linha de costa encontrava-se numa posição de “equilíbrio dinâmico”, quase perpendicular à direcção da agitação dominante de NW. A Figura 14, uma foto do Google Earth de 2004, mostra um dia de agitação marítima de rumo NW com uma ondulação (swell) muito bem marcada. Pode ver-se que, as cristas das ondas atacam o trecho costeiro que vai da foz do Âncora ao Forte do Cão frontalmente, correspondendo esta situação a uma situação de capacidade de transporte longitudinal quase nulo.

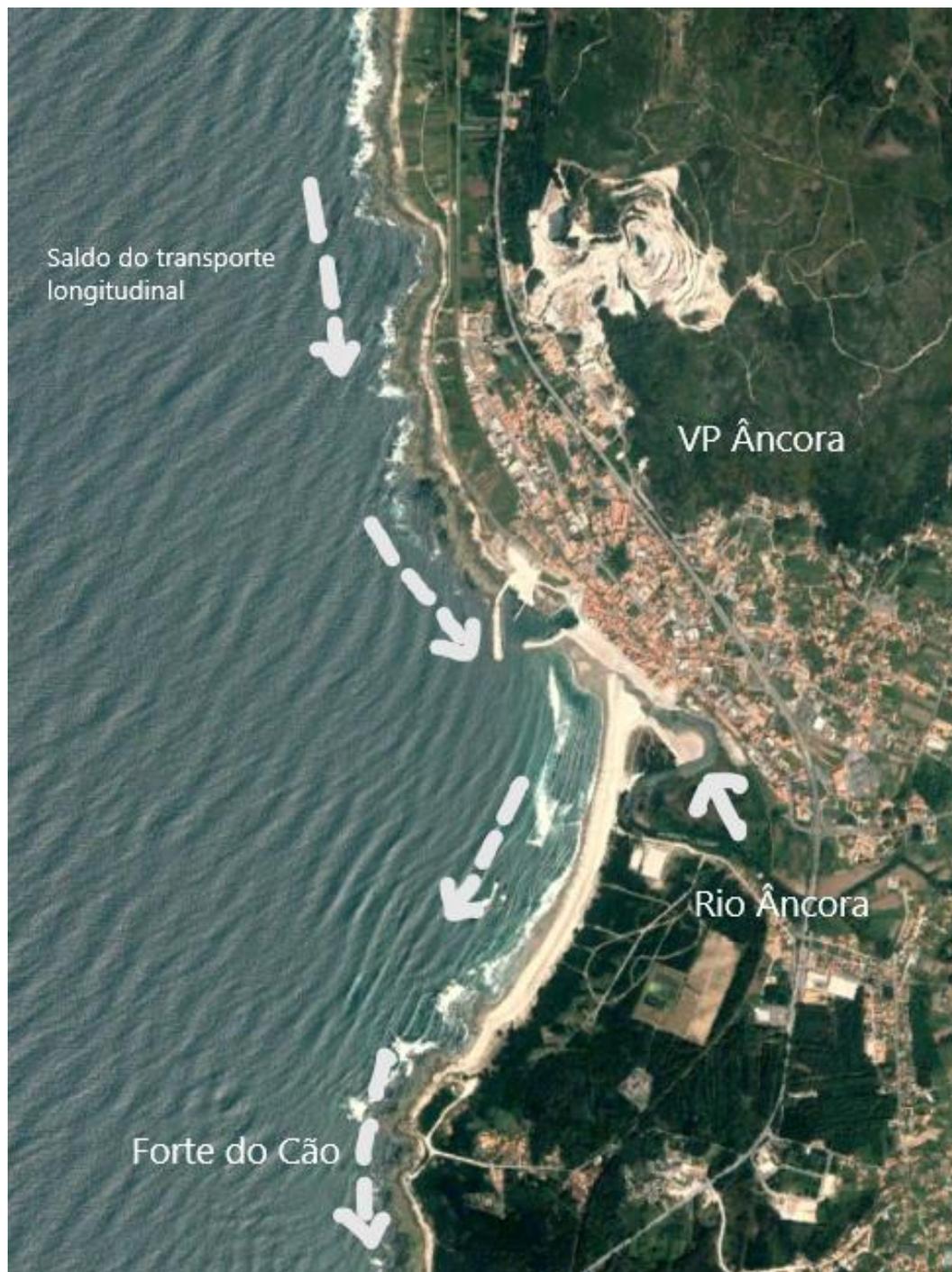


Figura 14 – Vila Praia de Âncora. Entrada de agitação do rumo NW na enseada de Vila Praia de Âncora e esquema do saldo de transporte aluvionar litoral (deriva litoral) dirigida para sul. Foto Google Earth 2004.

3.3 Infraestruturas portuárias.

Numa costa aberta, onde as condições naturais de abrigo não abundam, qualquer local que possa oferecer abrigo ou condições favoráveis à entrada e saída das

embarcações para o mar, favorece o aparecimento de uma póvoa de pescadores. É o caso de Vila Praia de Âncora, que deve em boa parte a sua existência à enseada e ao caneiro ali presentes.

Neste local desenvolveu-se a actividade piscatória muitas vezes subsidiária da agricultura, pois os pescadores também exerciam a agricultura e tiravam do mar o sargaço utilizado para fertilizar a terra. Esta actividade, deu até origem a uma pequena embarcação que era usada na pesca e na apanha do sargaço, que tinha o fundo chato, a chamada masseira ou gamela.



Panorâmica do Portinho obtida do Forte da Lagarteira



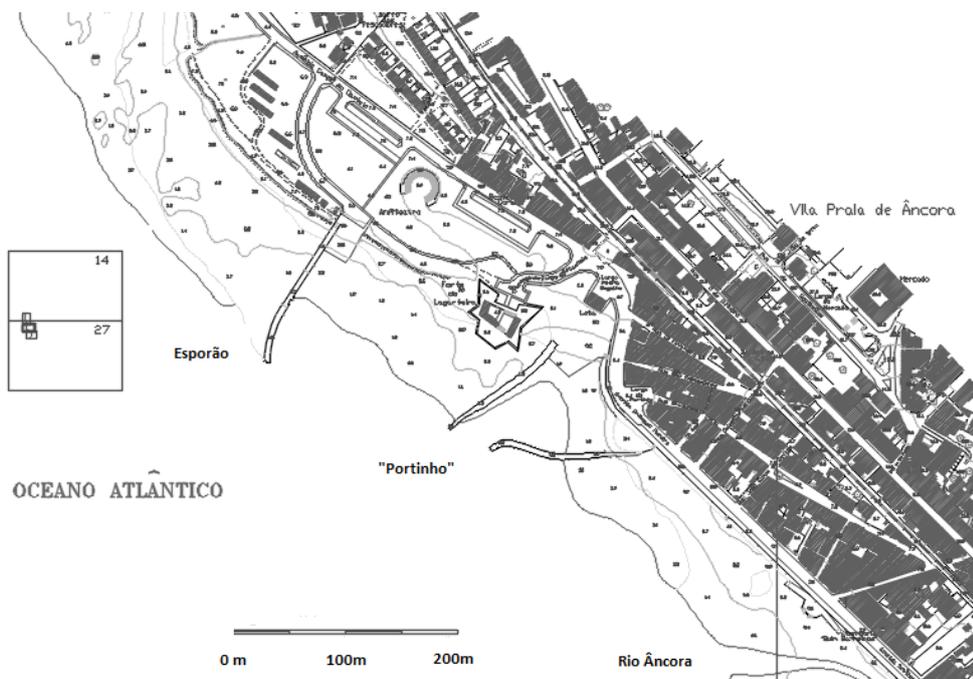
Figura 15 – Vila Praia de Âncora. Fotografias panorâmicas do Portinho de Vila Praia de Âncora.
Fontes: <https://arquivos.rtp.pt/conteudos/mau-tempo-em-vila-praia-de-ancora-2/> ;
<https://vilapraia-de-ancora.blogs.sapo.pt/33486.html>

No âmbito da pesquisa histórica para o presente trabalho foi encontrado um filme nos arquivos de RTP. As imagens foram recolhidas durante o temporal marítimo que ocorreu a 18 de Janeiro de 1973. Na Figura 15 mostra-se um *frame* desse filme onde se pode ver o Portinho. O filme mostra que em 1973 já estava construída parte da avenida marginal na zona da foz do Âncora. Contudo, na zona do Portinho, a água chegava às casas e não havia sequer uma via. Vê-se também que, em situação de temporal, o local estava muito exposto à agitação marítima, que facilmente chegava ao passadiço pedonal existente sobre a foz do âncora (que aliás foi derrubado durante o temporal) e que causou danos na retenção marginal de granito de fecho do aterro da avenida marginal. Em suma, o filme é um documento importante, pois mostra que o abrigo portuário era muito incipiente e que o mar facilmente “varria” toda a frente marítima de Vila Praia de Âncora.

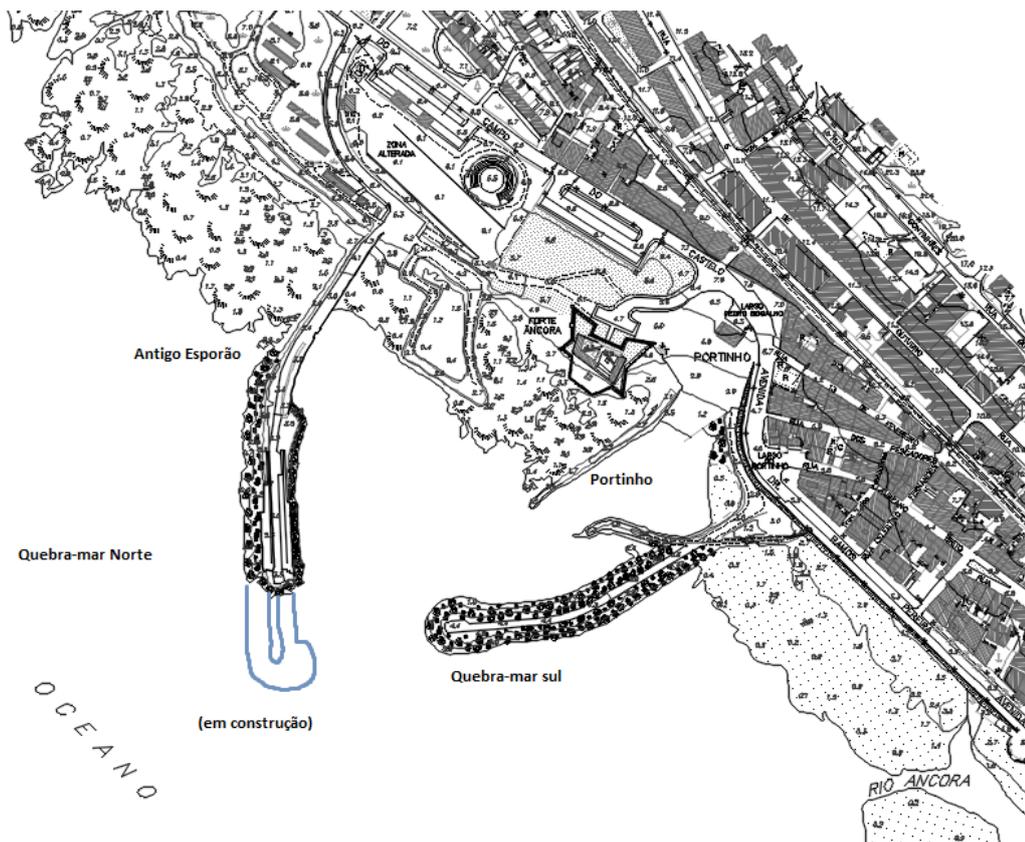
Do ponto de vista das infraestruturas portuárias existentes, a Figura 16 mostra três situações em diferentes instantes no tempo: em 1996, em 2001 (durante a execução das obras que alteraram o Portinho pré-existente) e a situação actualmente existente. Em resumo:

Em 1996, o “Portinho” está, na parte mais próxima da foz do Âncora, confinado por dois “esporões” de enrocamento arrumado, convergentes, com cota de coroamento bastante baixa, implantados já dentro da faixa de rebentação. No esporão mais próximo da foz do Âncora, próximo do seu enraizamento, havia uma pequena abertura que permitia o fluxo de água e sedimentos. Os esporões têm um comprimento de cerca de 125m, Figura 16 a). Mais a norte, um esporão em betão, de paramento vertical, abrigando a uma rampa varadouro junto a seu enraizamento. Este Esporão tinha cerca 150m de comprimento.

a) Levantamento INAG – 29 Setembro 1996



b) Levantamento APA – Setembro de 2001



c) Imagem Google Earth 17/4/2021.



Figura 16 – Vila Praia de Âncora. Situação do Portinho em: a) 1996, b) 2001 e c) 2021.

Em 2001(?), na data em que foi feito o levantamento, estavam ainda em curso as obras que deram ao Portinho a sua configuração actual. Estavam então a ser construídos dois quebra-mares exteriores. O quebra-mar sul é um quebra-mar de taludes convencional de enrocamento, enraizado contra e aproximadamente a meia-distância do esporão sul do Portinho. No levantamento já se pode ver o quebramar completamente construído. O quebra-mar norte é também um quebra-mar convencional com manto de blocos antifer, e que se encontrava ainda em construção (a azul a parte que faltava construir). Esta obra aproveitou o esporão de betão que já existia no local, prolongando-o segundo o mesmo alinhamento. A bacia portuária definida por estes dois quebra-mares ficou orientada aproximadamente a sul, com uma boca de cerca de 50m, Figura 16 b).

Em 2021, as infraestruturas portuárias têm já uma configuração que pouco difere da situação anterior. Foi, entretanto, acabado de construir o quebra-mar norte e foram demolidas as extremidades dos esporões do Portinho primitivo e

alargadas as duas rampas varadouro. Adicionalmente o porto foi dotado de passadiços para amarração das embarcações (fixos e flutuantes). Figura 16 c).

3.4 Agitação Marítima Local. Modelo CGWAVE.

Importa conhecer a forma de propagação da agitação marítima na enseada de Vila Praia de Âncora. Em particular, importa saber qual é o rumo local da agitação marítima junto à linha de costa, determinante para compreender o transporte longitudinal de sedimentos.

Para o efeito, utilizou-se o modelo matemático CGWAVE, de resolução de fase, num domínio de cálculo próximo e ensaiaram-se três rumos de ondas na fronteira do modelo; NW, W e SW e um período correspondente a uma ondulação bem marcada com um período $T=16s$. A altura de onda é de 1m para que se possam obter directamente os índices de agitação, pois o modelo é linear.

Tentou que a batimetria descrevesse de forma aproximada a realidade da situação das obras actuais. A informação pormenorizada sobre a construção do modelo pode ver-se no Anexo A dedicada aos Estudos em Modelo Matemático.

A Figura 17 mostra um diagrama de fase representado as cristas e cavas das ondas na sua propagação na enseada de Vila Praia de Âncora. As condições de fronteira na fronteira do modelo matemático são: rumo NW, $T=16s$ e $H=1.0m$. convém ter presente que o NW é o rumo mais frequente na costa oeste portuguesa com mais de 80% das ocorrências. O diagrama permite concluir:

- A linha de costa entre o molhe sul do Portinho e o Forte do Cão apresenta-se aproximadamente paralela às cristas das ondas;
- As batimétricas -5.0 e -10 ZH são aproximadamente paralelas às cristas das ondas;
- Existe intensa refacção sobre o esporão rochoso mergulhante, que se desenvolve a partir do Forte do Cão para NW, com concentração de energia junto ao promontório rochoso do Forte do Cão;
- A onda sobre intensa refacção sobre os afloramentos rochosos a norte do Portinho de Vila Praia de Âncora;
- O quebra-mar norte do Porto de Pesca provoca intensa difracção da onda que muda de direcção e que passa a apresentar uma componente para norte, na zona de sombra do molhe.

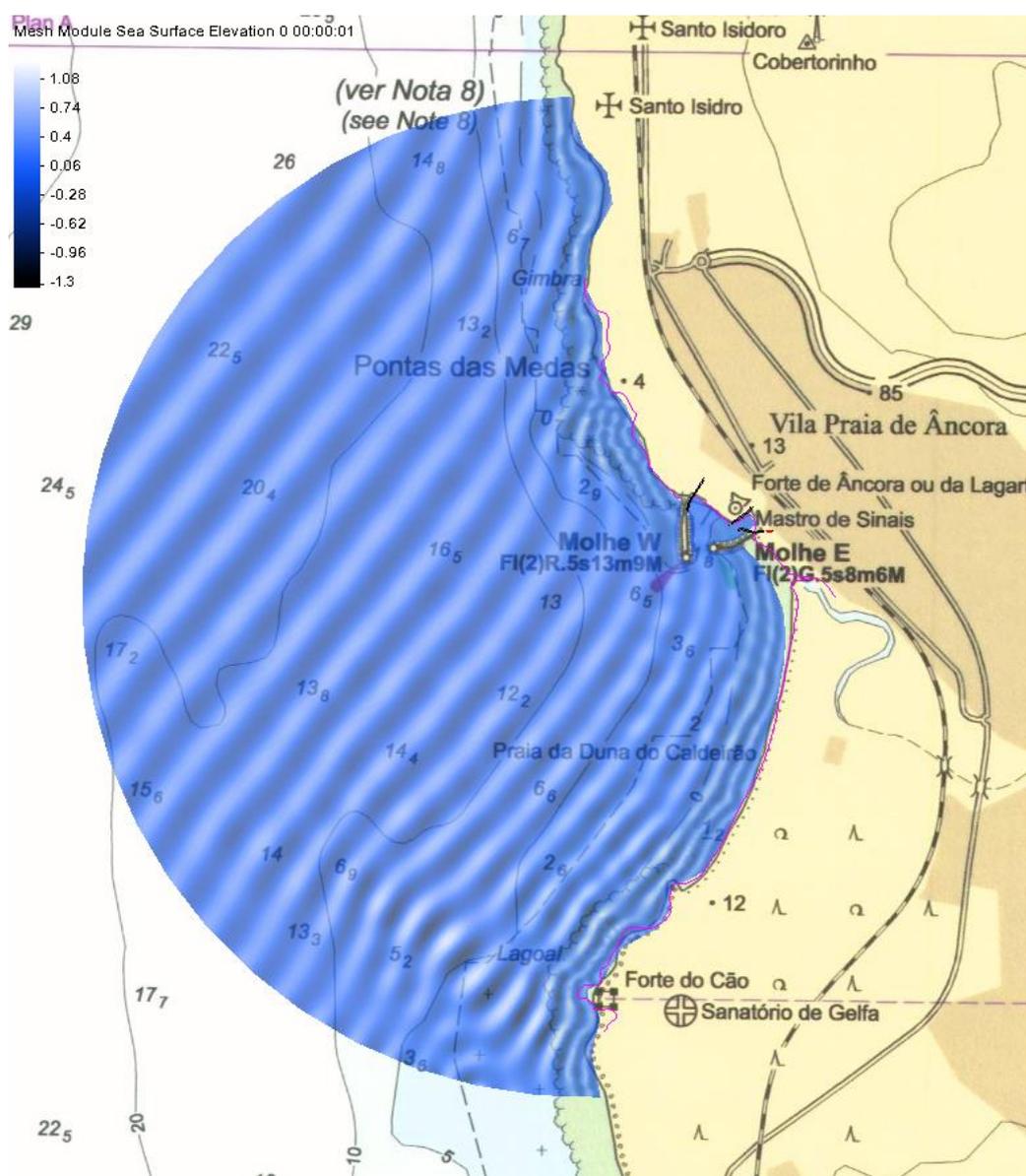


Figura 17 - Vila Praia de Âncora. Ondulação de NW, T=16s e H=1.0m. Modelo CGWAVE.
Diagrama de fase representando as cristas e cavas da onda na sua propagação para a costa.

Na Figura 18 pode observar-se um diagrama de fase da onda análogo, mas para ondulação de SW, pouco frequente, mas por vezes energética. A Figura 18 permite concluir:

- A intensa refração que a onda sofre na enseada de Vila Praia de Âncora, rodando as cristas das ondas no sentido horário;
- Junto à foz do rio Âncora a agitação apresenta-se frontal à linha de costa;
- Um pouco a norte do Forte do Cão haverá capacidade de transporte da onda para norte, capacidade essa que se irá atenuando à medida que se caminha para norte em direcção à Foz do Âncora.

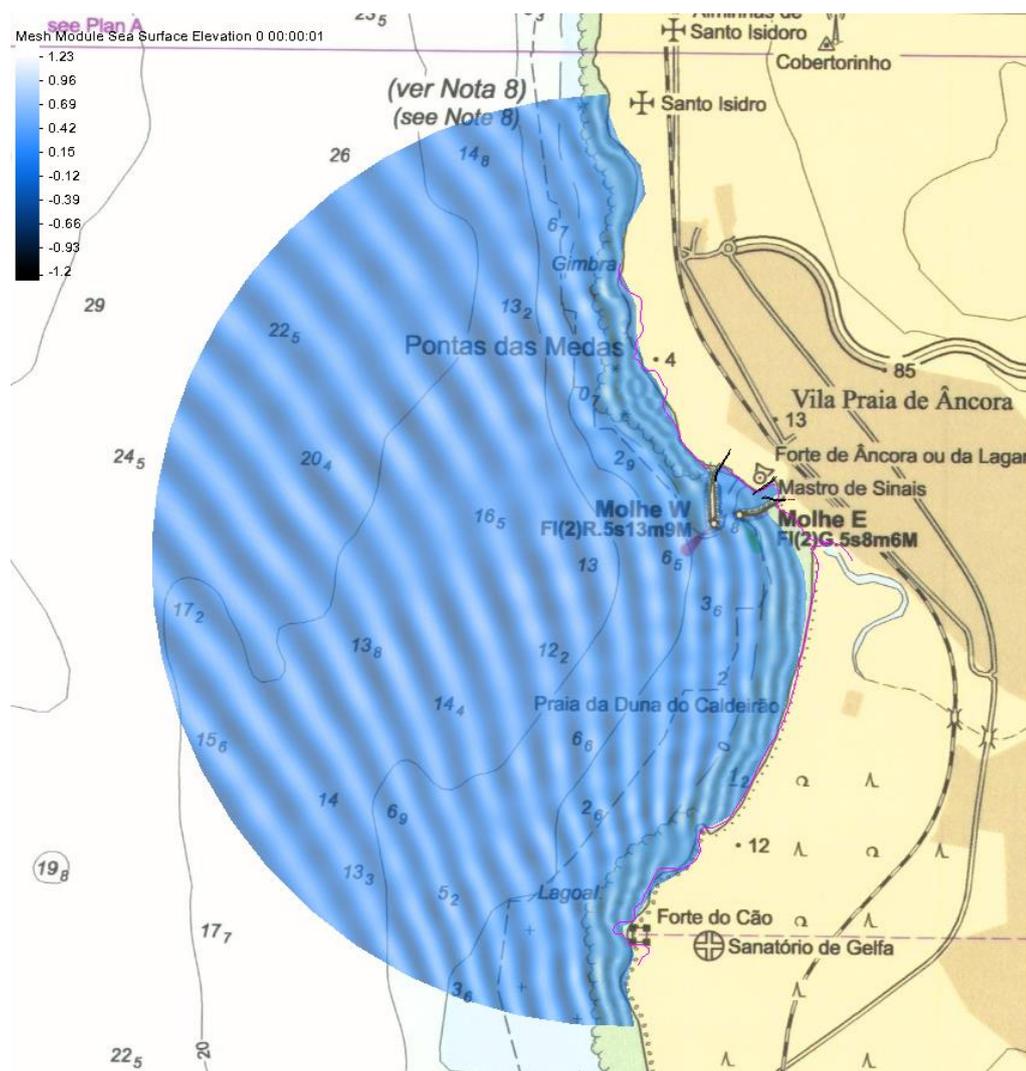


Figura 18 _ Vila Praia de Âncora. Ondulação de SW, $T=16s$ e $H=1.0m$. Modelo CGWAVE.
Diagrama de fase representando as cristas e cavas da onda na sua propagação para a costa.

O estudo da propagação local da agitação permite ver como se relacionam as cristas com a direcção da linha de costa e ver em que sentido se dará o transporte de sedimentos.

4. Projecto Original das Obras e Estudos Subsequentes

4.1 Considerações Gerais

Desde muito cedo se percebeu que algo se passava com o Porto de Pesca de Vila Praia de Âncora. De facto, os trabalhos de construção do porto de pesca decorreram entre Março de 2002 e Novembro de 2003, ocupando dois verões marítimos, o de 2002 e os de 2003. A bacia portuária foi dragada às cotas de projecto que são de -2.0m ZH e de -3.0m ZH na boca.

Com efeito, apenas três anos após a sua conclusão, o dono da obra (à data o IPTM- Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos) encomendava um estudo ao LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil) intitulado “Alternativas de Intervenção para Melhoramento da Acessibilidade ao Porto de Pesca de Vila Praia de Âncora. Referem os seus autores, no capítulo dos objectivos e motivação: *“O estudo foi motivado pelo facto do porto de pesca de Vila Praia de Âncora apresentar difícil acessibilidade causada pelo assoreamento (com areia) da sua entrada (...)”*.



Figura 19 - Vila Praia de Âncora. Aspecto do assoreamento da bacia portuária do Porto de Pesca. Imagem em baixa-mar (foto Web sem data).

De facto, o problema surgiu logo após a construção das obras exteriores de abrigo do porto e o assoreamento não se registou só na entrada. Antes, de forma muito rápida, em toda a bacia portuária. A fotografia que se apresenta na Figura 19 ilustra bem a situação a que chegou o assoreamento. Convém ter presente, que de uma forma geral, a maioria dos portos necessita de dragagens periódicas de manutenção de fundos. A situação do Porto de Vila Praia de Âncora foge a essa regra porque precisa de manutenção permanente, o que causa grandes dificuldades e onera sobremaneira a exploração portuária.

No que se segue, faz-se uma análise do projecto original das obras e dos estudos subsequentes que visavam equacionar e apresentar propostas para solucionar o problema do assoreamento do porto.

4.2 Projecto Original das Obras

O Projecto original das obras é da empresa Consulmar. Foram analisados os desenhos do Projecto de Execução que mostram a geometria das obras em planta e a sua configuração em corte. Foram projectados dois quebra-mares de taludes convencionais: o quebra-mar norte com um manto de antiferes e o quebra-mar sul (contra-molhe) com um manto de enrocamento. De certa forma estas obras de abrigo aproveitam as pré-existências prolongando-as. De facto, o molhe norte prolongou o esporão que existia mais a norte e o molhe sul o esporão que limitava por nascente o Portinho primitivo.

São também projectadas uma rampa varadouro e um passadiço fixo a instalar na bacia portuária. A rampa resulta do alargamento da rampa pré-existente no local. Os desenhos de projecto apresentam ainda pormenorização suficiente para definir as peças estruturais.

Do ponto de vista da dragagem são consideradas duas cotas de fundo. A cota -2.0m ZH na bacia mais perto da entrada do porto e a cota -1.0 m ZH, na zona mais interior, na zona do Portinho de Pesca primitivo.

São ainda consideradas no projecto demolições das extremidades dos esporões que definiam a entrada do caneiro de acesso ao Portinho primitivo.

4.3 Estudos em Modelo Matemático

Os estudos em modelo matemático foram realizados em duas fases: durante o projecto das obras em 1999 e posteriormente, em 2001, pela empresa Hidromod. *“Avaliação dos Impactes na Hidrodinâmica e Transporte Sedimentar Decorrentes da Construção das Obras de Protecção do Portinho de Pesca de Vila Praia de Âncora – Trabalhos Modelação Matemática”*. Escreve a Hidromod nas conclusões que apresenta no relatório:

“(…), e porventura um dos aspectos mais importantes a reter, verifica-se que as obras previstas apresentam uma influência meramente local, a qual não se estende sequer à zona da praia de Gelfa para sul da foz do rio Âncora. Este é sem dúvida um aspecto da maior importância dada a incerteza que recai sobre a qualidade da informação batimétrica.”

Esta conclusão revelou-se uma previsão correcta. De facto, como se veio a observar as obras realizadas em 2003 não tiveram repercussões sobre o litoral adjacente. Os resultados dos trabalhos de modelação matemática mostravam, que o impacte seria sentido apenas localmente, e na vizinhança da obra.

Mas o que é mais importante é que os Trabalhos de Modelação Matemática não conseguiram identificar que este impacte se traduziria por uma acumulação de areia na foz do rio Âncora. Com a zona de sombra criada pelas obras, está-se numa nova situação, em que a onda, sem energia, dificilmente remove os sedimentos que aí se vão acumulando. Acresce que, a entrada do porto se encontra no alinhamento do curso do rio Âncora, na sua foz. Sobretudo na vazante, os sedimentos são transportados para a boca do porto pelo caudal do rio e pela acção das correntes de retorno que se geram ao longo do molhe sul. A Figura 20 ilustra a situação.



Figura 20 _ Vila Praia de Âncora. Aspecto do principal mecanismo de assoreamento da bacia portuária do Porto de Pesca. Imagem em baixa-mar. A vermelho a corrente local dirigida para norte.

O fenómeno foi observado durante uma visita ao local, realizada em Fevereiro de 2022.

4.4 Monitorização

Os trabalhos de monitorização estavam previstos no EIA e RECAPE. O LNEC realizou a interpretação de trabalhos de monitorização para o IPTM. De facto, a monitorização foi efectuada pelo IPTM entre Outubro de 2001 a Abril de 2004. Note-se que o período de construção da obra foi de 15 de Março de 2002 até final de Novembro de 2003. Portanto o período de monitorização é mais longo do que o período de construção da obra, começando antes desta começar, e terminando depois dela acabar.

Refere-se no relatório do LNEC “Empreitada de Infra-Estruturas Marítimas do Portinho de Pesca de Vila Praia de Âncora: Monitorização Relativa à Morfologia e Dinâmica Costeira. Relatório 3. Relatório Final. Dezembro de 2004.

O estudo serve-se de levantamentos topo-hidrográficos e topográficos realizados no período de monitorização, de uma análise da agitação marítima no mesmo período e da análise dos sedimentos da praia. São várias as conclusões apresentadas do relatório do LNEC. Entre elas pode ler-se:

“Relativamente aos efeitos da construção do Portinho de Pesca na evolução da orla costeira adjacente, os resultados obtidos mostraram a ocorrência significativa entre Maio – Junho 2002 e Abril 2004 de acumulação de sedimentos na praia de Âncora e no troço norte da praia da Gelfa, o que indica aumento das condições de difracção a norte.”

E mais acrescenta,

“(...) O alargamento da praia de Âncora e do sector setentrional da praia da Gelfa, a manter-se, poderá vir a ter consequências no assoreamento da embocadura do rio Âncora (...).”

Ou seja, os trabalhos de monitorização realizados permitem observar que a deposição de sedimentos na praia de Âncora (na designação do LNEC a norte da foz do rio) começou ainda durante a construção da obra. O LNEC refere que este comportamento estava previsto no estudo de Impacte Ambiental e nos estudos de modelação matemática realizados pela Hldromod, pelo aumento da zona de difracção da onda. O LNEC afirma nesta data, em 2004, e apenas um ano após o final da empreitada que, a manter-se a situação poderá haver consequências no assoreamento da foz do rio Âncora.

O que a interpretação dos trabalhos de monitorização relativa à Morfologia e Dinâmica Costeira não consegue prever, é que o destino final destes sedimentos, que se vão depositando na foz do rio Âncora, é o interior do Portinho.

Pode afirmar-se que foi criada uma armadilha de sedimentos (“sand trap”, na designação inglesa). Com efeito, a configuração das obras de abrigo portuário na vizinhança da foz do âncora constituem um poço sedimentar. Os sedimentos entram na bacia portuária: pela boca do porto e por galgamento do molhe sul, pois a cota da praia aumentou extraordinariamente.

4.6 Alternativas de Intervenção

Nos últimos vinte anos (2003-2023), anos em que foi preciso dragar de forma quase contínua a bacia portuária, havendo mesmo assim períodos de inoperacionalidade do porto, se percebeu que a questão do assoreamento teria de ser encarada. No âmbito do presente estudo, valerá a pena revisitar as ideias que surgiram para resolução do problema. Convém ter presente, que o objectivo a atingir é o da redução do esforço de dragagem e da melhoria da segurança da navegação.

LNEC

Alternativas de Intervenção para Melhoramento da Acessibilidade ao Porto de Pesca de Vila Praia de Âncora, Novembro de 2006, estudo realizado para o Instituto Portuário dos Transportes Marítimos. Transcrevem-se pela sua importância duas passagens do estudo que sintetizam, segundo os autores, o mecanismo responsável pelo assoreamento do porto;

“Verificou-se um processo de acumulação de areia à entrada do porto que aparenta não ser reversível sem intervenção humana. Dado o conhecimento que se adquiriu sobre o funcionamento hidro-sedimentar da zona de estudo, conclui-se que o processo de assoreamento se acentua particularmente no Inverno, quando há predominância de transporte sedimentar longitudinal para NNE, e, particularmente, transferência de sedimentos da zona subaérea da praia para maiores profundidades. Que coincidem, no caso da praia de Âncora, com a entrada do porto;”

“Durante o Verão marítimo, quando ocorre predominância de transporte sedimentar longitudinal para SSW (no sentido da praia de Âncora para a praia da Gelfa) e reposição dos sedimentos de maiores profundidades para a parte superior do perfil de praia, não se observou a reversão da tendência para assoreamento à entrada do porto. Dado que nesta estação marítima o molhe oeste aumenta ainda mais o abrigo à entrada do porto (uma vez que a agitação marítima se caracteriza por direcções mais rodadas a Norte do que no Inverno), deduz-se que o processo de difracção das ondas gerado pelo molhe oeste tenderá a mobilizar a areia acumulada à entrada do porto durante o Inverno para o seu interior.”

Ou seja, conclui-se neste estudo que o fenómeno de assoreamento ocorre de Verão e de Inverno não se assistindo a uma reversão da tendência entre estas duas estações. Importa referir, que o estudo não faz referência ao transporte sólido litoral que entra na enseada vindo da costa a norte de Vila Praia de Âncora. Com efeito, parte do

material que se encontra no chamado “banco submerso”, mais robusto na vizinhança da cabeça do molhe norte, terá vindo de norte, Figura 21.

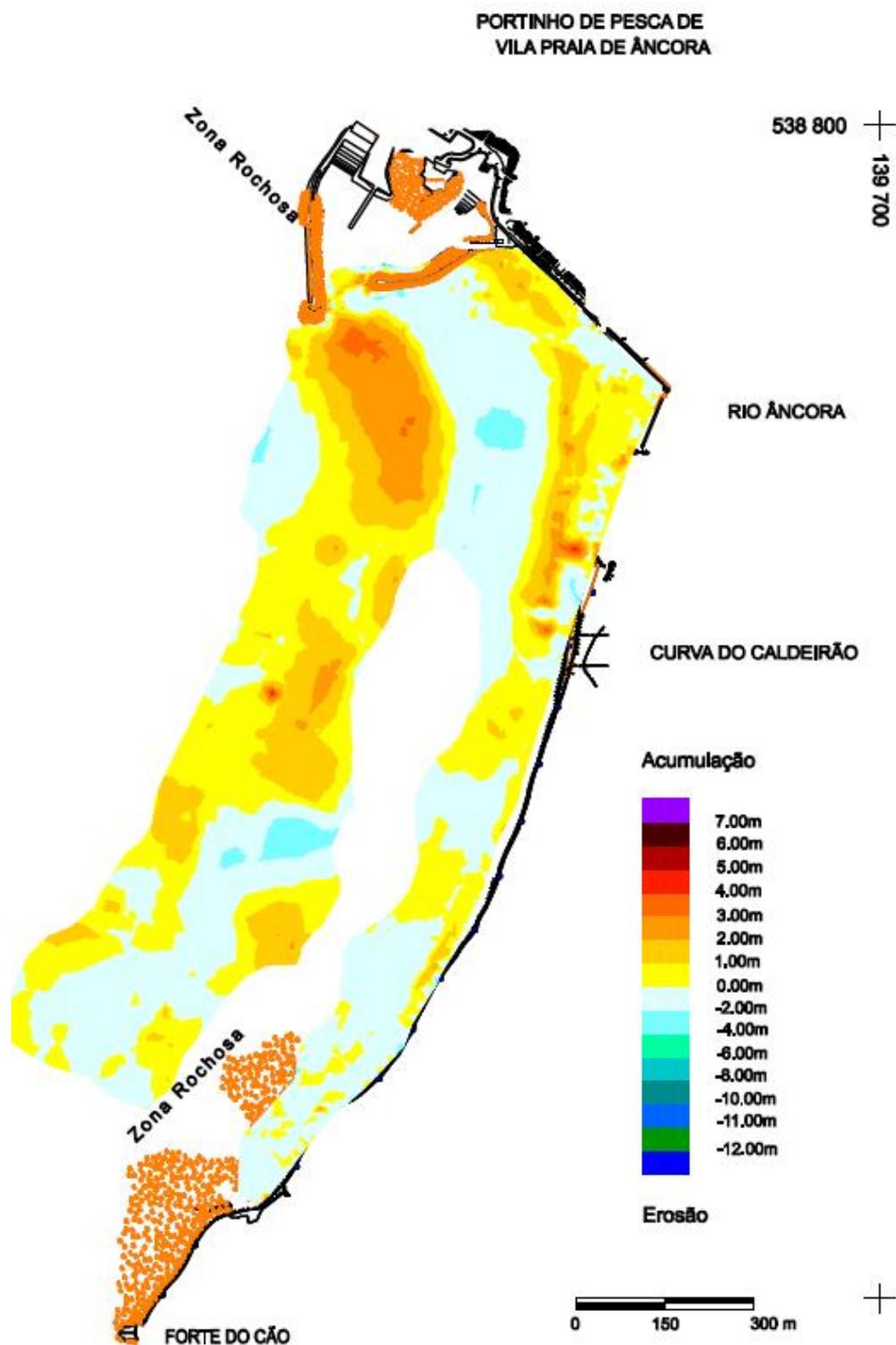


Figura 21 _ Vila Praia de Âncora. Comparação de dois levantamentos topo-hidrográficos de Julho de 2003 e Abril de 2004. Fonte: Desenho B.1 LNEC: Alternativas de Intervenção para Melhoramento da Acessibilidade ao Porto de Pesca de Vila Praia de Âncora, Novembro de 2006

Apesar da análise que faz, o LNEC considera que poderá haver possibilidade de resolução do problema exclusivamente pelo recurso à realização de dragagens periódicas. Recomenda por isso que se façam mais dragagens e levantamentos durante dois anos.

No entanto, adianta, que caso o recurso a dragagens não seja economicamente viável se deverá encarar a construção de uma obra fixa de contenção de areias. Propõe, ainda que de forma preliminar, a realização de uma obra (quebra-mar submerso enraizado a meio do molhe sul) com cerca de 250 m de extensão e orientado a SSW. A Figura 22 ilustra a situação.

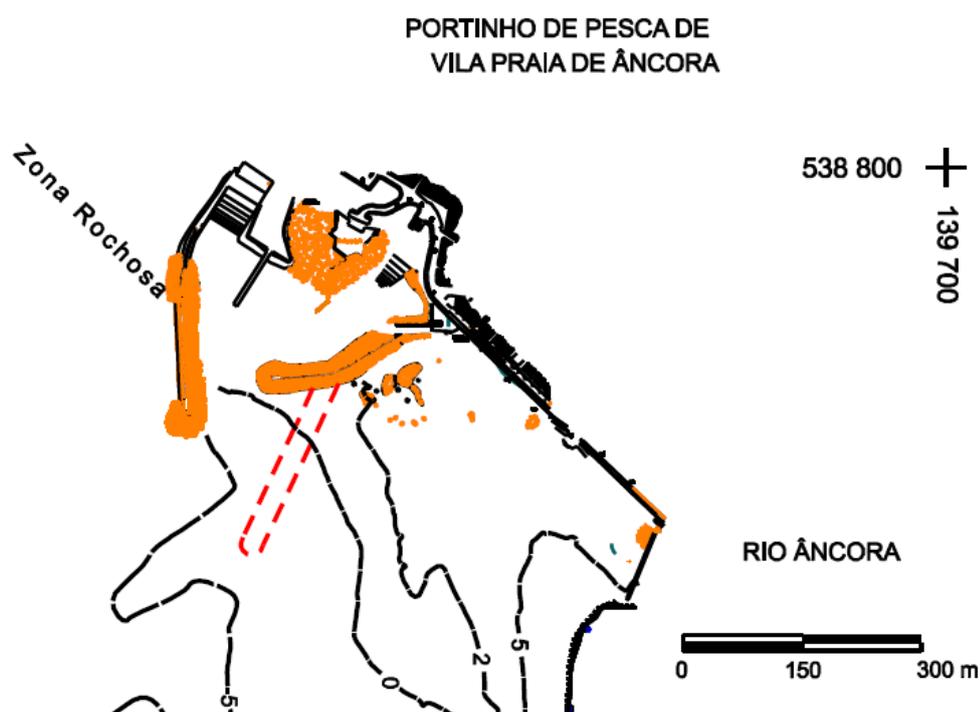


Figura 22 _ Vila Praia de Âncora. Localização de uma eventual obra de contenção das areias. Fonte: Desenho D.3 LNEC: Alternativas de Intervenção para Melhoramento da Acessibilidade ao Porto de Pesca de Vila Praia de Âncora, de Novembro de 2006

Apesar do estudo realizado e das simulações, considera-se que esta solução tem muito pouca probabilidade de resolver o problema do assoreamento do porto, criando, por outro lado, problemas à segurança da navegação, como terá oportunidade de se demonstrar mais adiante.

A DGRM – Direcção Geral dos Recursos, por seu turno, também se debruçou sobre o problema do assoreamento e segurança da navegação. Num artigo publicado na: 8th

International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2015), intitulado; *Local Hydrodynamics and the siltation of Vila Praia de Âncora harbor*, os técnicos: Alexandre Santos-Ferreira, Cláudia Santos e Mónica Cabral encararam quatro hipóteses para resolução do problema: a) a realização de dragagens de manutenção periódicas; b) a construção de um quebra mar submerso (recuperando a ideia do estudo do LNEC); c) A abertura de uma nova embocadura no rio Âncora, mais a sul, limitada por dois quebra-mares paralelos (recuperando a ideia do estudo da Hidrotécnica Portuguesa de 1988) e d) A construção de um novo porto escavado em terra, a norte do actual e demolição do porto existente. Consideram que das várias opções, a melhor, do ponto de vista hidro-sedimentar seria a da construção de um novo porto.

A solução da abertura de uma nova embocadura recupera a ideia apresentada originalmente pela Hidrotécnica Portuguesa em 1988 no Estudo de Problemas Litorais, Troço Embocadura do Rio Minho-Porto de Leixões, estudo que esta empresa realizou para a Direcção Geral de Portos. Na Figura 23 apresenta-se uma reprodução do Desenho 3 – Plano de Obras. Vila Praia de Âncora, onde se pode observar a geometria e implantação das obras propostas naquele estudo.



Figura 23 _ Vila Praia de Âncora. Nova embocadura do rio Âncora. Fonte: Desenho 3: Hidrotécnica Portuguesa. Estudo de Problemas Litorais, Troço Embocadura do Rio Minho-Porto de Leixões, Desenho 3 – Plano de Obras. Vila Praia de Âncora. 1988

5. PROPOSTAS DE RECONFIGURAÇÃO DO LAYOUT PORTUÁRIO

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.

Face à análise feita nas fases anteriores deste estudo, em que se mostrou o funcionamento do sistema hidro-sedimentar onde se insere o Porto de Vila Praia de Âncora, foram encaradas três soluções para a reconfiguração do layout portuário. As soluções não foram estudadas todas com o mesmo grau de desenvolvimento, pois tal não se justificaria. De facto, havia requisitos que não eram cumpridos à partida por algumas delas, o que as tornava menos atrativas para resolver o problema. Convém ter presente, como se viu, que algumas destas soluções tinham já sido equacionadas anteriormente noutros trabalhos.

5.2 PROPOSTAS DE RECONFIGURAÇÃO.

A resolução do problema do assoreamento e de melhoria da segurança da navegação do porto passará sempre por uma reconfiguração do layout portuário. Esta reconfiguração deverá olhar a vários condicionamentos e atender, se possível, à configuração actual do Portinho.

Deverão ser tidos em conta os condicionamentos seguintes:

- A entrada do “novo porto” deverá ficar localizada preferencialmente fora do perfil activo da praia e afastada da foz do rio Âncora;
- O “novo porto” deverá localizar-se próximo das infraestruturas para a pesca existentes e dar-lhe fácil acesso;
- O “novo porto” não deverá ter impacte na praia de Âncora e na praia da Gelfa (duna do Caldeirão) respeitando a exploração balnear e os desportos de deslize e toda a área existente para conservação da natureza;
- O “novo porto” deverá localizar-se dentro do perímetro portuário definido como tal nos planos de ordenamento para o território costeiro, nomeadamente o POC – Programa da Orla Costeira Caminha-Espinho.;
- O “novo-porto” deverá permitir reduzir o esforço anual de dragagem.
- O “novo porto” deverá aumentar a segurança da navegação.

Nesta conformidade, apresentam-se seguidamente três propostas de soluções que foram equacionadas para resolução do problema. São elas: Solução A – Anteporto; Solução B – Nova Embocadura do Rio Âncora. e Solução C – Molhe no Conta-Molhe

5.3 SOLUÇÃO - A. ANTEPORTO.

Nesta solução, que se designará por Solução – A, preconiza-se a criação de um anteporto adjacente à bacia portuária existente. Para o efeito, será necessário construir duas obras de abrigo na parte norte, que serão do tipo quebra-mar de taludes, proceder ao fechamento da boca do porto existente e seccionar o molhe norte existente. O acesso ao porto passará a fazer-se pelo anteporto, acedendo-se depois à bacia portuária através da abertura que foi criada no molhe. Nesta solução aceitam-se níveis de agitação elevados no anteporto em situações de temporal, pois se espera que grande parte da dissipação de energia aí ocorra. A boca e geometria das obras está desenhada por forma a permitir a transposição (ainda que parcial) do transporte sólido litoral dirigido para sul. No Desenho 1, representa-se a Planta Geral da solução que define a geometria das obras previstas nesta solução.

O conjunto de obras que será necessário realizar compreende: a) o fechamento da boca actual do porto; b) o seccionamento do molhe norte existente; c) a construção de dois quebra-mares que definem o novo anteporto; d) a dragagem e quebramento de rocha em parte do anteporto para criar os fundos necessários à navegação; e) a eventual construção de obra de retenção de areias que impeça a sua passagem sobre a crista do molhe sul. Observa-se que parte do assoreamento da bacia portuária é devida à passagem de areia, no trecho do enraizamento do molhe, junto à avenida marginal de Vila Praia de Âncora.

Importa salientar que, o anteporto funcionará como uma área de transição entre o mar aberto e a bacia portuária existente, não constituindo assim uma expansão da bacia portuária para fundear embarcações. Admite-se que, para certos rumos ao largo a agitação marítima possa nele penetrar, e aí dissipar a sua energia.

5.4 SOLUÇÃO - B. NOVA EMBOCADURA DO RIO ÂNCORA.

O rio Âncora, no seu trecho terminal, apresenta um meandro e um pequeno estuário. O extradorso do meandro é tangente, pelo interior, à duna do Caldeirão. Há alguns anos, deu-se o rompimento da duna, tendo o rio seguido em frente, no seu curso em direcção ao mar. A presença do estuário, ainda que modesto, é atrativa para a localização de uma bacia portuária.

Nesta conformidade, em 1988, a Hidrotécnica Portuguesa no Estudo de Problemas Litorais, Troço Embocadura do Rio Minho-Porto de Leixões, Desenho 3 – Plano de Obras, Vila Praia de Âncora, propôs, no plano de obras de infraestruturas, que o Porto de Pesca de Vila Praia de Âncora se localizasse no estuário do Âncora e que a Embocadura do rio fosse deslocada mais para sul. Efectivamente, tratava-se de um plano mais ambicioso, que abriria a porta à criação de uma infraestrutura mista “Recreio e/ou Pesca”, como se pode ler no desenho original do estudo, de que se reproduz um excerto na Figura 22. Esta ideia não passou de um nível conceptual.

No âmbito do presente estudo optou-se por encarar de novo esta solução, estudando a sua viabilidade. A solução prevê a fixação da foz do Âncora, mais a sul, através de

dois quebra-mares paralelos (“training works”) que definem o canal de acesso abrigado da agitação marítima, com cerca de 40m de largura de rasto e dragado à cota -3.0m ZH. Os quebra-mares atingiriam a zona da curva do meandro do Âncora e atravessariam cortando o cordão dunar. Depois, haveria como que uma bifurcação: para quem sobe o canal, à direita, ter-se-ia a continuidade do talvegue do leito do rio Âncora, enquanto à esquerda seria aberto o canal de acesso ao estuário, onde se localizaria a bacia portuária. Do lado do mar, os quebra-mares deveriam ter a cabeça fundada aproximadamente à cota -5.0m ZH. No Desenho 2 apresenta-se a Planta Geral da Solução.

A bacia portuária poderia acomodar a frota de pesca e poderia prever-se ainda um núcleo de recreio náutico. A bacia teria de ser toda aberta por dragagem em materiais que se admite serem maioritariamente incoerentes. Não se dispõe, contudo, de um levantamento do tecto do substrato rochoso que permita identificar a presença de rocha, tanto no estuário como nas outras partes da obra em que seja necessário rebaixar o fundo. Convém ter presente que os afloramentos rochosos estão um pouco por todo o lado. Sob o quebra-mar norte previsto nesta solução há um afloramento rochoso que se distingue a olho nu em baixa-mar, afloramento este que o levantamento LIDAR_2011 também identificou, como se mostra no Desenho 2.

Por outro lado, o talvegue do rio Âncora no intradorso da Duna do Caldeirão encontra-se a cotas da ordem da da preia-mar de águas vivas, ou seja +3.60 m ZH. A abertura dos canais de acesso e da própria bacia portuária criaria uma zona muito encaixada.

Esta solução obrigaria ainda à construção de uma soleira no rio Âncora que evitasse que o abaixamento das cotas no rio e no estuário se propagassem, com o decorrer do tempo, para montante. A verificar-se, a situação seria de todo inconveniente por fazer perigar as fundações das infraestruturas presentes na zona.

Nesta solução a bacia portuária ficaria afastada dos armazéns de aprestos de apoio à pesca existentes em Vila Praia de Âncora. A solução obrigaria à ocupação de espaço que os Planos de Ordenamento consagram como sendo de conservação da natureza.

5.5 SOLUÇÃO - C. MOLHE NO CONTRA-MOLHE

Esta solução foi proposta pelo LNEC no seu estudo de 2006. Vila Praia de Âncora. Alternativas de Intervenção para Melhoramento da Acessibilidade ao Porto de Pesca de Vila Praia de Âncora, Novembro de 2006.

No seu estudo o LNEC propõe, ainda que de forma preliminar, a realização de uma obra (quebra-mar submerso enraizado a meio do molhe sul) com cerca de 250 m de extensão e orientado a SSW, Figura 21 e Desenho 3. A ideia era de conter a areia que entra no porto vinda da praia que lhe é contígua.

É óbvio que esta solução poderia melhorar a situação de assoreamento do porto, ainda que temporariamente, enquanto a areia se acumulasse contra o quebra-mar

submerso. Esgotada a capacidade de acumulação, as dragagens teriam de prosseguir, ao mesmo ritmo, para manter a operacionalidade do porto. Por outro lado, a zona de acumulação, na foz do Âncora, tenderá a aumentar a cota da areia na praia e a contribuir para a obstrução da foz.

Do ponto de vista da transposição do porto pelo caudal sólido litoral vindo da costa a norte, ainda que de pequena expressão, será de esperar que esta solução piore a situação actualmente existente. A corrente associada à rebentação e difracção da onda em torno do molhe norte tenderá a ser canalizada mais facilmente para dentro do porto.

A presença de uma obra submersa, junto à entrada do porto, constitui um perigo para a navegação mesmo com assinalamento marítimo, por duas razões: por um lado, é um obstáculo submerso, que se encontra na zona de rebentação, podendo ser atingido diretamente pelas embarcações nas manobras de entrada ou saída do porto. Por outro lado, o quebra-mar submerso, induzindo alguma reflexão, poderá criar um mar cruzado à entrada do porto, o que faz perigar a navegação.

A obra é de difícil execução, pois não poderá ser construída a seco com meios exclusivamente terrestre. O uso de equipamento flutuantes é difícil, pois se está na faixa de rebentação, o que obrigará à espera de dias de bom tempo.

A solução apresenta-se esboçada no Desenho 3.

5.6 ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES.

No que se segue faz-se uma análise comparativa das três soluções encaradas para melhoria das condições de segurança da navegação e redução do assoreamento do Porto de Vila Praia de Âncora, a saber:

Solução – A. Anteporto.

Criação de um anteporto imediatamente a norte, permitindo o acesso à bacia portuária existente, com fechamento da boca do porto existente.

Solução – B. Nova Embocadura do Rio Âncora.

Fixação da foz do rio Âncora mais a sul, construção de nova bacia portuária no estuário do rio.

Solução – C. Molhe no Contra-Molhe.

Construção de quebra-mar submerso enraizado no molhe sul com cerca de 250 m de extensão e orientado a SSW.

As soluções serão comparadas em relação aos aspectos chave para uma eventual tomada de decisão, o que permitirá construir uma matriz de incidências. A matriz terá duas entradas: em linhas as soluções A, B e C referidas e em colunas os aspectos chave estudados.

Mais concretamente, são abordados os seguintes aspectos:

a) Posição e geometria do novo *layout* portuário.

- O traçado e orientação das obras de abrigo, face aos objectivos de impedir a penetração da agitação exterior na bacia portuária e de facilitar a transposição natural, de norte para sul, do caudal sólido litoral;
- O desenvolvimento das obras de abrigo, ou de fixação, ou o mesmo é dizer a cota a atingir pelas suas cabeças;
- Os enfiamentos de aproximação à entrada do porto evitando que colidam com afloramentos rochosos.
- Condições de navegação

b) Funcionamento hidro-sedimentar do sistema constituído pelo novo *layout* portuário e pelo trecho costeiro onde se insere.

- Repercussões sobre a faixa litoral a sotamar, da foz do rio Âncora ao Forte do Cão, principalmente na duna do Caldeirão e praia da Gelfa;
- Repercussões sobre as condições de funcionamento da foz do rio Âncora;

Há ainda que avaliar o custo das obras. Fez-se uma estimativa orçamental para aquela que foi considerada como sendo a “melhor solução”.

5.6.1 Posição e Geometria do novo *layout* portuário.

Solução – A:

Como se referiu anteriormente, nesta solução prevê-se a criação de um anteporto. A ideia é de levar a boca do porto para uma posição mais favorável, afastando-a da foz do rio Âncora. As cabeças dos quebra-mares que definem o novo anteporto deverão situar-se à cota -6.0 ZH definindo uma entrada com cerca de 40m de largura. Evitou-se a situação clássica de sobreposição dos dois quebra-mares (molhe e contra-molhe) para facilitar a transposição natural do caudal sólido litoral que aqui tem um saldo claramente dirigido para sul. O levantamento de que se dispõe, LIDAR_2011, e que serviu de base à implantação das obras, não revela a existência de afloramentos rochosos no enfiamento da boca do porto. Do ponto de vista das condições de navegação, elas melhoram em relação à situação de referência actual, pois as embarcações poderão apresentar-se mais aprotadas às ondas, ainda que se esteja numa situação de rebentação para certos estados de mar. A geometria final deverá ser afinada em função dos resultados dos ensaios em modelo físico.

Solução – B:

Nesta solução prevê-se, como já foi referido, a mudança e fixação da foz do rio Âncora para uma posição mais a sul. A nova embocadura seria fixada por dois quebra-mares paralelos enraizados perpendicularmente à linha de costa. A cabeça dos quebra-mares deveria estar situada à cota -5.0m ZH. Ora, dado que o perfil submerso

da praia é suave, esta batimétrica encontra-se afastada da linha de costa, o que obriga à construção de obras muito longas. Os quebra-mares definiriam o novo canal da embocadura com uma largura de rasto de cerca de 40m à cota -3.0 ZH. Os quebra-mares cortariam a duna do Caldeirão, dando continuidade ao talvegue do rio, bifurcando-se depois o canal para acesso à nova bacia portuária. A bacia portuária seria aberta por dragagem à cota -2.0m ZH no estuário do Âncora. Esta bacia portuária estaria muito abrigada da agitação marítima que aí não poderá chegar. A segurança da navegação é claramente melhorada em relação à situação de referência existente, pois a aproximação à boca, definida pelos dois quebra-mares paralelos, poderá fazer-se sem condicionamentos. A posição dos afloramentos rochosos poderá obrigar ao quebramento de rocha, questão que não é possível quantificar nesta fase por não se dispor de um levantamento da posição do tecto do substrato rochoso. Por fim, resta ainda a questão, do que fazer com as obras de abrigo existentes. A sua demolição e remoção constitui um encargo adicional de monta.

Solução – C:

Nesta solução prevê-se a construção de um quebra-mar submerso (ou semi-submerso à maré) enraizado a meio do quebra-mar sul existente, rectilíneo, com cerca de 250m de comprimento e orientado a SSW. A ideia desta obra era a de conter a areia que da zona da foz do Âncora se encaminha para dentro do porto, constituindo-se assim com uma obra de retenção de areias. A cabeça da obra estaria fundada aproximadamente à cota -4.0 m ZH. É óbvio, que a obra perderia eficácia com o tempo à medida que a areia se fosse acumulando, prevendo-se que, como o decorrer do tempo, o esforço de dragagem voltasse a ser o mesmo. Do ponto de vista da segurança de navegação a situação pioraria em relação à situação de referência, pois um quebra-mar submerso, ainda que tenha assinalamento marítimo, constituirá sempre um perigo para a navegação. A reflexão da onda no quebra-mar, ainda que parcial, dará origem a um mar cruzado junto à boca, que cria dificuldades à navegação. A transposição aluvionar da boca do porto seria mais difícil nesta situação, pois o quebra-mar constituiria um obstáculo ao caudal sólido litoral dirigido para sul, em direcção à praia da Gelfa. Como já foi referido anteriormente, a solução é de difícil execução porque requer o recurso a equipamento flutuante, terá de ser realizada à maré, dentro da faixa de rebentação, com condições de execução muito difíceis.

5.6.1 Funcionamento hidro-sedimentar do novo layout portuário.

No âmbito do presente estudo interpretou-se o funcionamento aluvionar da enseada de Vila Praia de Âncora. Na Figura 14 apresenta-se um esquema interpretativo, mostrando a direcção do saldo do caudal sólido litoral (deriva litoral), que é dirigido para sul. Importa analisar o funcionamento do sistema aluvionar para cada uma das três soluções de reconfiguração do layout portuário, dado que um dos objectivos a atingir é o da redução do esforço de dragagem do Porto. Por outro lado, importa avaliar o impacte das obras sobre a faixa litoral a sotamar.

Solução – A:

Nesta solução a boca do porto é deslocada mais para norte, ver Desenho 1. A configuração das obras de abrigo do novo anteporto foi desenhada por forma a que as cabeças dos dois quebra-mares não apresentem uma zona de sombra. Isto é, que a cabeça do molhe sul fique na continuidade do molhe norte (para o rumo NW, que é o mais frequente), evitando-se assim uma zona de difracção da onda, que corresponde à redução da capacidade de transporte, neste caso, dirigida para sul. Facilita-se deste modo a transposição natural da embocadura pelo caudal sólido litoral, que na área da nova embocadura terá um saldo dirigido para sul. É óbvio, que não é possível evitar que uma fracção deste caudal sólido litoral entre no anteporto, o que obrigará a operações de limpeza periódicas.

Do ponto de vista da evolução da costa a sul, que vai da foz do rio Âncora até ao promontório do Forte do Cão, não são de esperar repercussões em relação à situação de referência. Este trecho costeiro, como teve oportunidade de se referir, encontra-se numa situação de equilíbrio estático. A orientação da linha de costa é controlada essencialmente pelo esporão rochoso mergulhante, que se desenvolve a partir do Forte do Cão em direcção NW e pela agitação dominante do rumo NW. As comparações da posição da linha de costa mostram uma estabilidade notável ao longo do tempo, apenas perturbada a norte, junto à foz do Âncora. De facto, houve aí uma acumulação sedimentar, por efeito do abrigo criado pelos dois quebra-mares do Portinho de Vila Praia de Âncora, construídos em 2003.

Solução – B:

Como foi referido, nesta Solução B, prevê-se a transferência do porto para o estuário do rio Âncora, o que implicará a fixação da foz do rio um pouco mais a sul, o corte da duna do Caldeirão e a construção de dois quebra-mares retilíneos e paralelos que definem o canal da nova embocadura. Faria sentido a demolição e remoção dos quebra-mares existentes no Portinho, voltando este à configuração anterior às obras de 2002. Os novos quebra-mares que definem o canal da embocadura seriam enraizados perpendicularmente à linha de costa e orientados a NW, ver Desenho 2. Nesta solução é de prever grande acumulação de sedimentos na foz do rio Âncora, junto à marginal de Vila Praia de Âncora, pois os quebra-mares constituem verdadeiras obras de retenção ao caudal sólido litoral, dirigido para sul. Este impacte é importante. Esta acumulação afecta o Portinho primitivo que se encontra na vizinhança imediata da foz do Âncora.

O trecho costeiro que vai de Vila Praia de Âncora ao forte do Cão será seccionado em dois. Um primeiro trecho de VPA à nova foz do rio Âncora e um outro deste ponto ao Forte do Cão. As repercussões sobre o trecho costeiro serão importantes. No trecho norte será de esperar grande acumulação de sedimentos, devido ao caudal sólido litoral que vem de norte (rio Minho) e será impedido de caminhar para sul. No trecho sul, poderá haver recuo da linha de costa. Todavia, o impacte é muito incerto e difícil de prever.

Solução – C:

Por fim, na Solução C prevê-se a construção de um quebra-mar submerso orientado a SSW e enraizado a meio do quebra-mar sul existente actualmente no Portinho. A obra

teria um desenvolvimento de cerca de 250m. A esta solução corresponde o menor volume de obra das três soluções consideradas. O objectivo da obra seria o de criar uma barreira física parcial, ao caminhamento das areias para dentro do Portinho existente. Será de esperar acumulação de areia entre esta obra e a foz do rio Âncora, a que corresponderá um aumento da cota da praia. Para o caudal sólido litoral vindo da costa a norte, a obra constituirá um obstáculo à transposição da embocadura.

A Solução-A, que envolve a construção do anteporto é claramente a melhor solução para os objectivos a atingir, sendo por isso classificada como a “Melhor Solução”. É a que se recomenda para passar à fase de ensaios em modelo físico, de projecto e ser executada.

5.7 Estimativa de Custo da “Melhor Solução”.

Como foi referido anteriormente, a análise realizada no âmbito do presente estudo permitiu concluir que a melhor solução é a Solução-A que prevê a criação de um anteporto. Neste item faz-se uma estimativa do custo das obras necessárias, tendo por base um pré-dimensionamento sumário. Antevendo-se nesta solução a construção de um anteporto protegido por obras de abrigo do tipo quebra-mares de taludes convencionais, semelhantes às existentes no local

No Anexo C, apresentam-se o pré-dimensionamento e as quantidades de trabalho. Os preços unitários foram obtidos de obras congéneres, corrigidos para ter em conta a variação dos preços dos custos unitários da construção.

No pré-dimensionamento atendeu-se às obras pré-existentes e aos resultados do estudo de agitação marítima. Independentemente do rumo ao largo considerado, o estudo mostrou que as obras estão fundadas dentro da faixa de rebentação para o temporal de projecto, sendo a altura de onda controlada pela profundidade da água no local. Para se chegar à estimativa orçamental, foram medidos os seguintes trabalhos principais:

- Fechamento da boca do porto actual através de uma obra de taludes em enrocamento;
- Construção de dois quebra-mares de taludes que delimitam o novo anteporto
- Quebramento de rocha para abertura do novo canal de acesso no interior do ante-porto.

Na Figura 24 apresenta-se o layout portuário correspondente à Solução – A com a configuração das obras em planta.

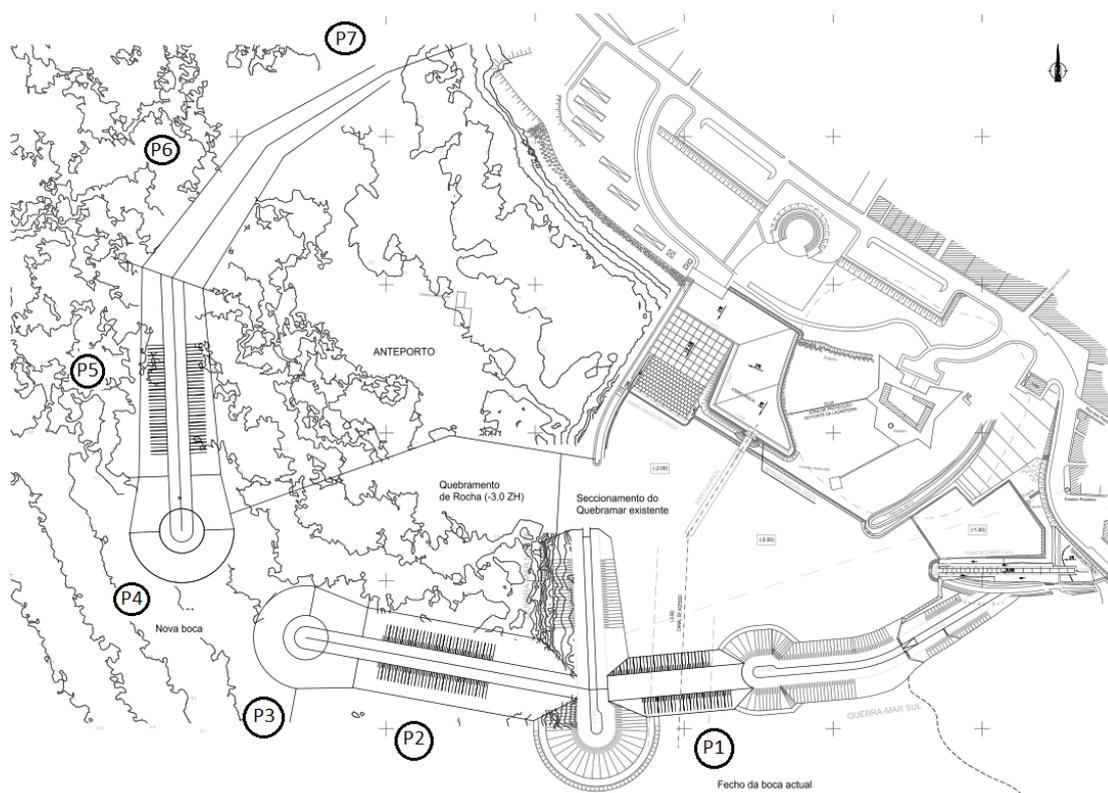


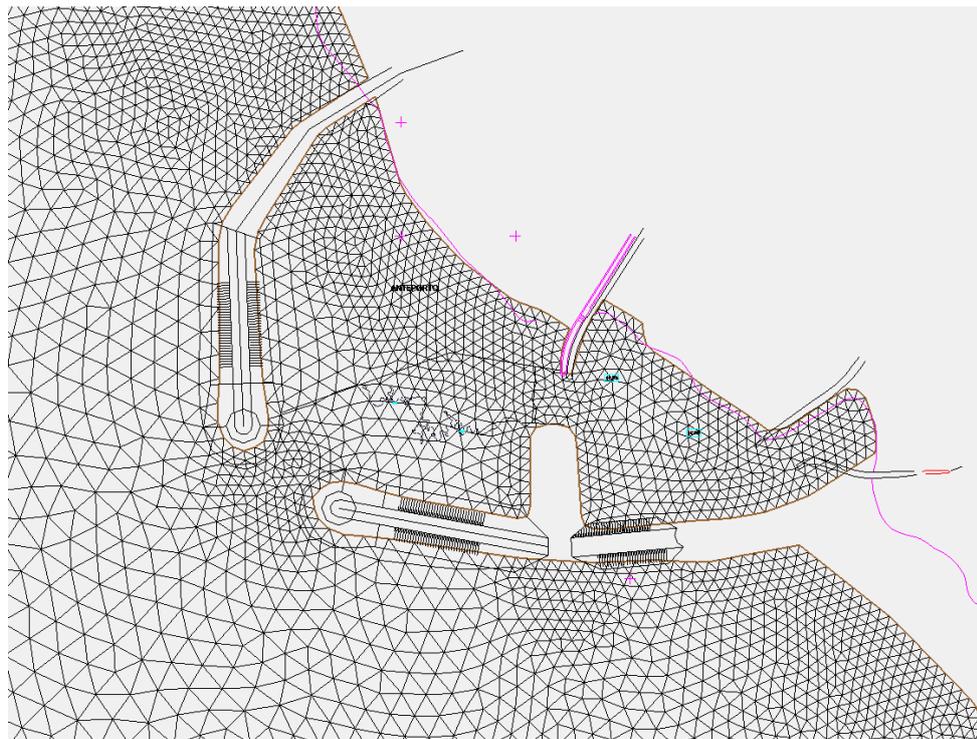
Figura 24. Vila Praia de Âncora. Layout Portuário correspondente à Solução - A

5.8 Abrigo Portuário.

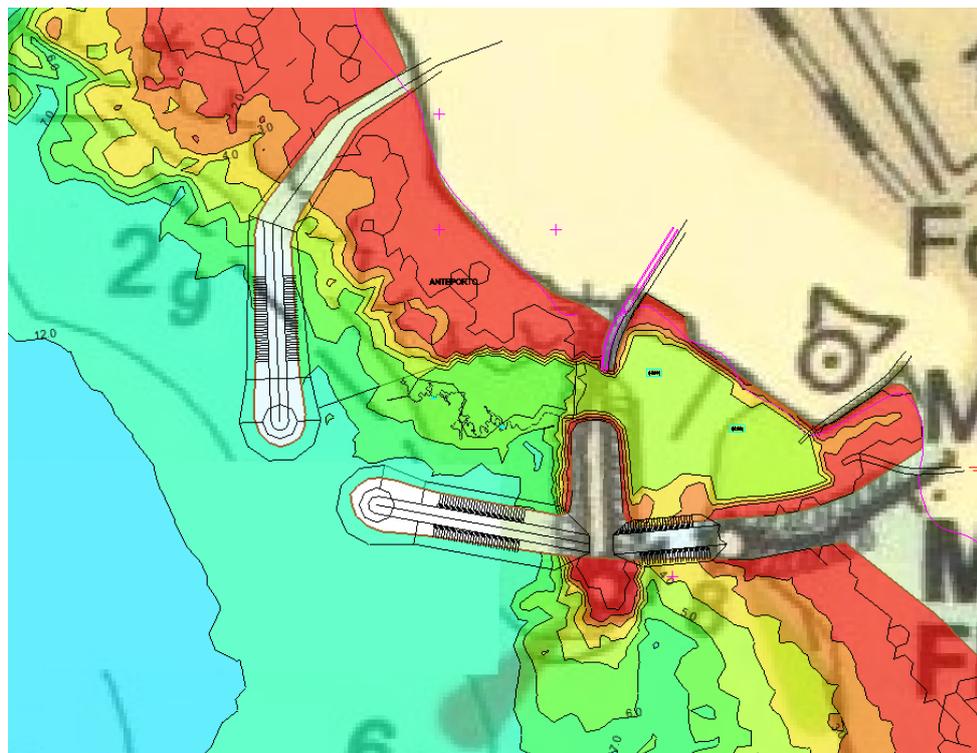
Importa simular, a agitação marítima que na Solução-A poderá penetrar no anteporto e na bacia mais interior, através da abertura que está prevista no quebra-mar norte (do Portinho existente). O modelo matemático dará as primeiras indicações através dos índices de agitação, situação que deverá ser verificada pela realização de ensaios em modelo físico 3D (em tanque de ondas).

No Anexo A apresentam-se as simulações efectuadas para ondas provenientes dos rumos NW, W e SW. Como seria de esperar, as simulações mostraram que a agitação penetra mais no anteporto à medida que os rumos estão mais rodados a sul. Contudo, mesmo para o rumo SW a isolinha do índice de agitação é de 0.2 na passagem do ante-porto para a bacia portuária.

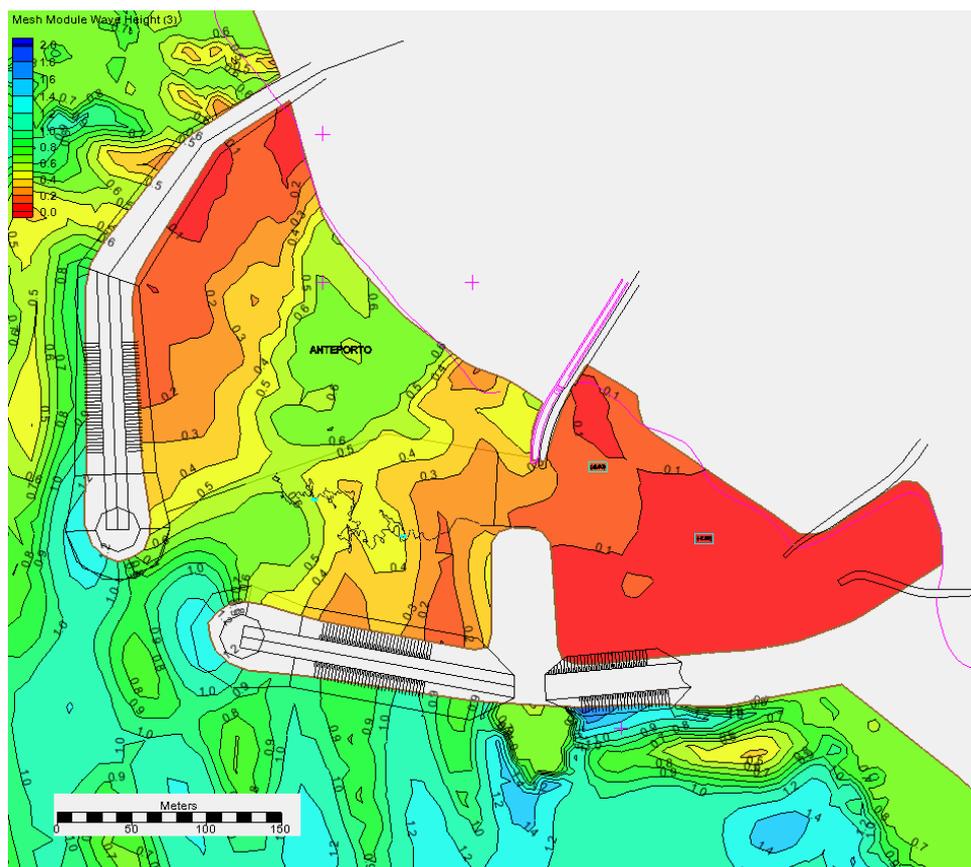
Na Figura 25 apresentam-se um exemplo dos resultados obtidos para o rumo SW. No Anexo A podem ser apresentadas todas as simulações realizadas e o setup do modelo.



a)



b)



c)

Figura 25 – Vila Praia de Âncora. Modelo CGWAVE: Propagação da agitação marítima no local da obra. **Cenário I:** Agitação de SW para o nível-médio do mar: a) Malha de Elementos finitos; b) Batimetria no modelo de cálculo; c) Índices de agitação.

5.9 Recomendação para Ensaio em Modelo Físico.

Apesar do trabalho já desenvolvido neste estudo, será necessário a realização de ensaios em modelo físico 3D (em tanque de ondas) para afinação da Solução – A. Três aspectos principais deverão ser analisados no modelo físico.

- i) Abrigo portuário oferecido pela solução.
Os ensaios em modelo deverão permitir avaliar o grau de tranquilidade que se consegue na bacia portuária. Deverão ser ensaiados vários cenários da agitação marítima tendo em conta o clima de agitação local e a operacionalidade do porto. Estes ensaios permitirão confirmar o resultado dos ensaios em modelo matemático.

- ii) Estabilidade das obras de abrigo.
Para o temporal de projecto, definido para um período de retorno de 100 anos, deverá ser testada a estabilidade das obras de abrigo e o nível de galgamento dos quebra-mares do ante-porto.

- iii) Transposição aluvionar do porto.
Deverá ser testada a capacidade de transposição aluvionar do porto para condições de agitação média e de temporal, sobretudo para condições de mar de NW.

6. Síntese e Conclusões

O Estudo de Reconfiguração do Layout Portuário do Portinho de Vila Praia de Âncora foi suscitado pelas más condições de acessibilidade e pelo problema do assoreamento constante do porto.

Pretende-se que o estudo habilite a Administração Pública a tomar uma decisão sobre a alternativa que deve ser escolhida tendo em mente os objectivos que se pretendem atingir. Neste caso, foram estudadas três alternativas, mas pode afirmar-se que só uma cumpre os requisitos para uma melhoria efectiva do porto, a Solução A que prevê a construção de um ante-porto a norte do porto existente.

De forma a ser mais fácil comparar as três alternativas sobre os vários aspectos em que cada uma foi analisada, elaborou-se um quadro onde se resumem as conclusões principais. Este quadro não dispensa a leitura do texto da Memória Descritiva. Permite, no entanto, ter toda a informação de forma mais sintética.

**Alternativas para Reconfiguração
do Layout Portuário do Portinho de Vila Praia de Âncora.
Quadro Síntese.**

	Posição e Geometria	Funcionamento hidro-sedimentar	Impacte na foz do Âncora	Impacte no trecho costeiro a sul	Custo da Construção	Custo Manutenção	Condições de acesso marítimo.
Solução A Criação de um <u>ante-porto</u> a norte do porto existente.	Exige a construção de duas obras de abrigo adicionais, fecho da boca <u>actual</u> , seccionamento do molhe norte existente e quebramento de rocha.	Melhora em relação à situação de referência. Prevê-se maior facilidade de transposição aluvionar da boca do <u>ante-porto</u> .	Não se preveem alterações em relação à situação de referência.	Não se preveem impactes.	20 a 40 milhões de euros.	Manutenção das obras de abrigo e realização de dragagens de manutenção. Não é possível prever o custo.	Melhoram em relação à situação de referência. A boca do porto está a maior profundidade
Solução B Nova embocadura do rio Âncora.	Exige a fixação da foz do rio Âncora em posição mais a sul, com dois quebra-mares paralelos, construção de infraestruturas portuárias e dragagens	Piora em relação à situação de referência.	Piora em relação à situação de referência, com mais acumulação sedimentar.	Prevê-se acumulação a norte da nova embocadura. Para sul a evolução é incerta.	*Não foi feita estimativa de custo.	Manutenção das obras de fixação da embocadura e de dragagens de manutenção no canal de acesso. Não é possível prever o custo.	Melhoram em relação à situação de referência, mas o porto muda para outro local.
Solução C Molhe submerso no <u>contra-molhe</u> existente	Exige a construção de um quebra-mar submerso enraizado a meio do quebra-mar sul do Portinho.	Piora em relação à situação de referência.	Piora em relação à situação de referência, com mais acumulação sedimentar.	Prevê-se acumulação na foz do Âncora. Para sul a evolução é incerta.	*Não foi feita estimativa de custo.	<u>Manutenção</u> do quebra-mar submerso e dragagens na foz do rio Âncora. Não é possível prever o custo.	Pioram em relação à situação de referência. Possibilidade de reflexão na obra submersa.

O estudo realizado permitiu tirar as seguintes conclusões principais:

- i) Vila Praia de Âncora evoluiu ao longo do tempo como póvoa de pescadores e deve a sua existência essencialmente ao mar. No local, existiam condições naturais incipientes de abrigo e de acesso ao mar, ou seja, um pequeno caneiro, por entre afloramentos rochosos que dava passagem às embarcações de pesca. Estas condições viriam a ser melhoradas com o decorrer do tempo com a construção de rampas varadouro e pequenas obras de abrigo portuário. A questão do assoreamento não se punha porque o local era muito exposto à agitação de NW, que tinha uma acção de varrimento, passando o caudal sólido litoral facilmente para sul.
- ii) Em 2002/2003 foram executadas obras tendo em vista melhorar o abrigo portuário. Estas obras aproveitaram as obras pré-existentes, prolongando-as para criar uma bacia portuária. A solução que foi adoptada é uma solução clássica em que há sobreposição das obras de abrigo, sendo a de barlar um pouco mais comprida. A boca do porto ficou virada a sul dentro do perfil activo da praia e no enfiamento da foz do rio Âncora.

- iii) Logo após a construção destas obras, há sinais de que a bacia portuária tende para o assoreamento e a boca do porto para a colmatação. As taxas são elevadíssimas o que exige dragagens quase permanentes do porto e põe dificuldades à operação portuária.
- iv) Apesar do cuidado posto no projecto das obras e dos estudos feitos sobre os impactes sobre o sistema sedimentar, o projecto não consegue prever que a nova bacia portuária se transformaria num poço sedimentar.
- v) O IPTM, em 2006, logo três anos após o fim das obras, encomenda um estudo que faça o diagnóstico do problema do assoreamento do porto de Vila Praia de Âncora e recomende acções para lhe fazer face. O LNEC está numa posição privilegiada porque tem dados de monitorização sedimentar feita na vizinhança do porto, que começou antes das obras e se prolongou até 2004. A conclusão geral é a de que o processo não será reversível e que a tendência será para o envasamento contínuo do porto. São recomendadas acções que incluem: continuação de dragagens e monitorização e a eventual construção de um quebra-mar submerso de retenção de areia.
- vi) A observação feita nas duas décadas que o porto leva de vida 2003-2023, permitiram confirmar a tendência para o envasamento contínuo que só uma reconfiguração do layout portuário poderá permitir resolver.
- vii) No âmbito do presente estudo foi reanalisado o funcionamento do sistema sedimentar. O caudal sólido litoral dirigido para sul, acumula-se na foz do rio Âncora, e se dirige para o interior do porto por acção das correntes de difracção e de retorno e pelo galgamento do molhe. A resolução do problema do assoreamento, passa necessariamente pela mudança da boca do porto para uma outra localização.
- viii) Perante os condicionamentos existentes, foram estudadas três soluções tendo em vista resolver o problema do assoreamento do Porto de Vila Praia de Âncora e, ao mesmo tempo melhorar a segurança da navegação. A Solução – A consiste na construção de um anteporto adjacente ao porto existente e fecho da boca actual, a Solução – B prevê a transferência do porto para uma nova localização, no estuário do Âncora e a mudança da foz do Âncora mais para sul, por corte da duna do Caldeirão, e por fim a Solução – C prevê a construção de um quebra-mar submerso de contenção de areias enraizado no quebra-mar sul existente.
- ix) A comparação feita entre as soluções mostra que só a Solução – A que prevê a construção do ante-porto permite atingir os objectivos propostos, apresentando a vantagem adicional de manter a infraestrutura portuária a operar no local onde se encontra. A área prevista para a construção do ante-porto encontra-se dentro da área designada como área portuária no Programa de Orla Costeira Caminha-Espinho, ratificado em 2021.

- x) As simulações em modelo matemático realizados no âmbito do presente trabalho mostraram que as obras de abrigo se situam dentro da faixa de rebentação para o temporal de projecto, independentemente do rumo ao largo considerado. Por essa razão, poderá ser utilizada a altura máxima da onda compatível com a profundidade no dimensionamento dos quebra-mares.
- xi) As simulações efectuadas em modelo matemático, do grau de abrigo oferecido pelo anteporto previsto na solução – A, mostram que o anteporto se mostra eficaz na dissipação da energia da onda, tendo-se obtido uma redução de 80% na altura de onda, para o rumo mais desfavorável, que é o SW.
- xii) Foi efectuado um pré-dimensionamento dos quebra-mares que definem o anteporto tendo em conta as pré-existências, com o intuito de estimar o custo da Solução – A. Chegou-se a um valor para o custo da obra que se poderá situar entre os 20 e 40 milhões de euros. Este intervalo justifica-se pela incerteza dos preços unitários a aplicar.
- xiii) A Solução - A recomendada deverá ser ensaiada em modelo físico 3D, tendo em vista confirmar a transposição aluvionar da boca do anteporto, a estabilidade das obras de abrigo e o grau de abrigo portuário.

Referências:

CEM – Coastal Engineering Manual. US Army Corps of Engineers.
http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/EM_1110-2-1100_vol/PartII/Part_II-Chap_1.pdf

Holthuijsen. L. (2007). Waves in Oceanic and Coastal Waters.
Cambridge University Press.

METEOCEAN.
<https://www.metoceanview.com/>

ANEXO A

Estudos em Modelo Matemático.

Neste Anexo-A são apresentados os Estudos em Modelo Matemático realizados no âmbito do presente trabalho. O modelo STWAVE, de média em fase, de propagação da agitação marítima do largo para a enseada de Vila Praia de Âncora e modelo CGWAVE, de resolução de fase, de propagação da agitação marítima localmente. Ambos os modelos são da USACE-US Army Corps of Engineers, têm muitos anos de desenvolvimento e uso em aplicações de Engenharia Costeira e Portuária, e foram utilizados na plataforma SMS – Surface Modelling System da Aquaveo. Os estudos são apresentados tendo em vista mostrar o “setup” dos modelos, as simplificações adoptadas e os resultados obtidos.

1. Modelo STWAVE. Propagação do largo para o local da obra.

A.1.1 - Introdução

A caracterização da agitação marítima junto ao local da obra foi realizada, no âmbito deste estudo, através do modelo STWAVE. Trata-se de um modelo espectral de média em fase, que permite simular a evolução das ondas de gravidade geradas pelo vento na superfície livre do mar na zona costeira, desde a entrada da plataforma continental até à costa.

O STWAVE é um modelo matemático de diferenças finitas baseado na equação de balanço de onda e usa como interface o SMS: Surface Water Modeling System. Esta interface suporta a geração de malhas, interpolação de campos de correntes, geração do espectro de energia e visualização dos resultados do modelo: alturas de onda, períodos, direcções e espectro gerado. O STWAVE permite a simulação da refacção, empolamento, rebentação, difracção, interacção vento-onda, interacção onda-onda responsáveis pela redistribuição e dissipação da energia num campo de ondas, bem como a geração de espectros de energia.

O STWAVE assume que as “fases relativas” dos componentes espectrais são aleatórias, logo, que a informação de fase não é detectável, sendo assim um modelo de média em fase. Normalmente, informação de fase será apenas necessária para obter as variações de altura de onda, junto de estruturas costeiras, de modo a ser possível uma resolução detalhada de padrões de reflexão e difracção.

Sendo um modelo de diferenças finitas, o STWAVE tem por base uma malha cartesiana regular. As células da malha possuem espaçamento igual em ambas as direcções ($\Delta x = \Delta y$). No presente caso foi fixado o valo de 30m.

Os estudos estatísticos realizados anteriormente, sobre a agitação ao largo, permitiram identificar os seguintes cenários a simular com o modelo STWAVE, Tabela A-1. Três cenários correspondentes ao rumo NW, W e SW. O período de pico é maior para os rumos de N ($T_p=15s$) do que para o período NE ($T_p=10s$).

Tabela A-1 – Vila Praia de Âncora. Cenários na propagação da agitação marítima do largo para o local da obra.

Cenário	Condições:
A	Temporal de NW, $T_r=100$ anos, $H_s=12.0$ m, $T_p=18s$, preia-mar
B	Temporal de W, $T_r=100$ anos, $H_s=12.0m$, $T_p=18s$, preia-mar
C	Temporal de SW, $T_r=100$ anos, $H_s=11.0m$, $T_p=17s$, preia-mar

A.1.2 Setup do Modelo

Batimetria.

Para a construção do modelo (model Setup) é necessário dispor de batimetria que cubra a área de interesse, do largo (grandes profundidades) até à linha de costa. As grandes profundidades estão relativamente afastadas da costa, pois a plataforma continental é larga. Foram utilizadas as seguintes fontes para a batimetria:

- Carta do Instituto Hidrográfico Português à escala 1:150000 que cobre a morfologia costeira de Caminha a Espinho, até sondas reduzidas superiores a 2000 m, Carta 24201 – 1ª Edição de Julho de 1999. Projecção de Mercator, Elipsóide Internacional – Datum Europeu (1950).
- Carta do Instituto Hidrográfico Português à escala 1:40000 – Aproximações à Barra do Rio Minho, Carta 26409 - 2ª Edição de Abril de 2022, que cobre a morfologia costeira até sondas reduzidas de cerca de 120m. Coordenadas WGS 84 e Projecção de Mercator.
- Levantamento topo-hidrográfico LIDAR 2011. É um Modelo Digital do Terreno (Resolução 2 m) - Zonas Costeiras de Portugal Continental –da Direção-Geral do Território. *Cobre uma faixa de 600 m no mar e 400 m em terra, com resolução de 2 m, obtido a partir de um levantamento com tecnologia LiDAR durante o ano de 2011. Esta informação encontra-se no Sistema de Referência PT-TM06/ETRS89 e a referência vertical é o Datum Altimétrico de Cascais Helmert 38 <https://snig.dgterritorio.gov.pt/> Estão referidos ao Nível Médio Adoptado- NMA (Zero Topográfico) situado 2m acima do Zero Hidrográfico (ZH).*

Foram obtidas primeiro imagens “raster” da cartas à escala 1:150000 e 1:40000, foram escolhidos três pontos notáveis, feita a conversão de coordenadas geográficas para PT-TM06/ETRS89 e registada a carta no modelo. Posteriormente a carta foi digitalizada “on screen” seguindo as batimétricas e as sondas entre elas. O levantamento LIDAR 2011 foi incorporado no modelo, a partir dos ficheiro asc (como imagem raster) e convertido para pontos discretos (x,y,z) (scatter points).

Na zona coberta pelo levantamento de pormenor LIDAR 2011, foi dada preferência a este levantamento, no restante foram utilizados os dados das cartas Hidrográficas, adicionando-se alguns pontos, sempre que tal se revelou necessário, para obter uma batimetria mais regular. Na Figura A-1 mostra-se o resultado obtido.

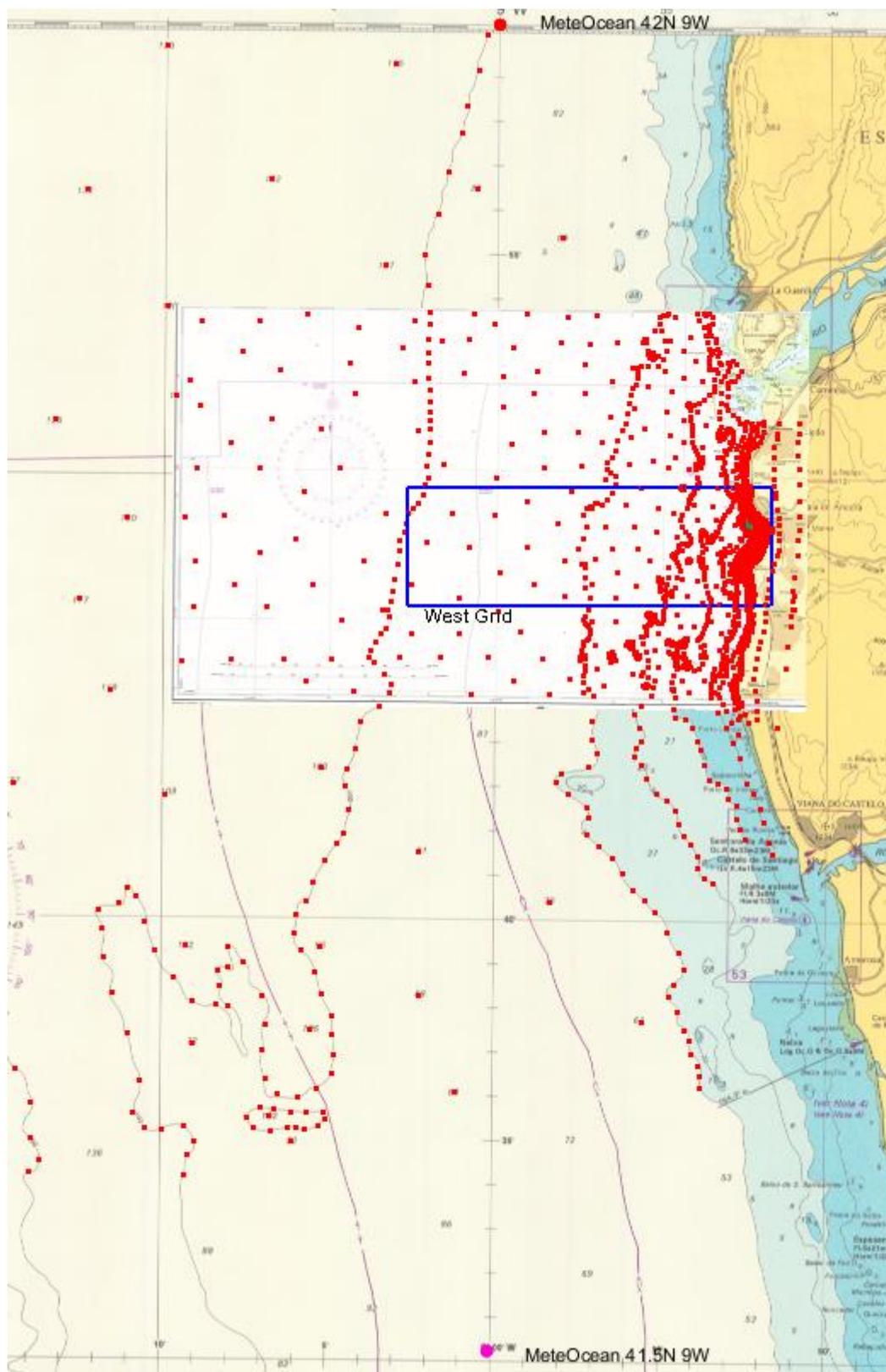


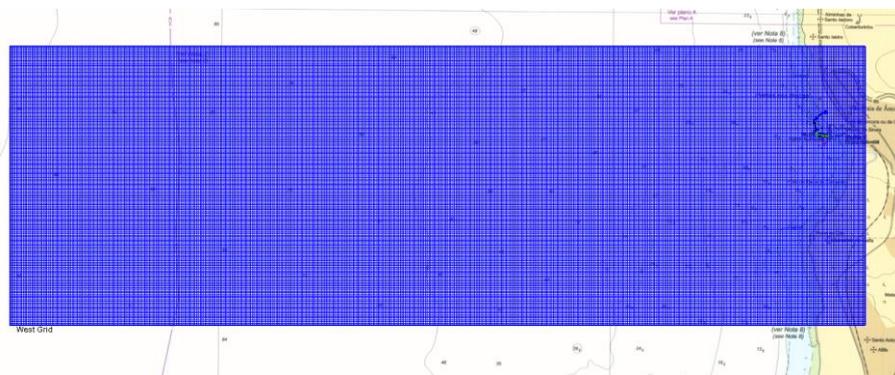
Figura A-1 – Vila Praia de Âncora. Modelo STWAVE: Excerto das cartas Hidrográficas 1:150000 e 1:40000 do Instituto Hidrográfico. A azul a fronteira da malha de cálculo do modelo STWAVE, para rumo W. Também indicadas na figura os Pontos de *hindcast* da MetOcean.

Malha e domínio de cálculo.

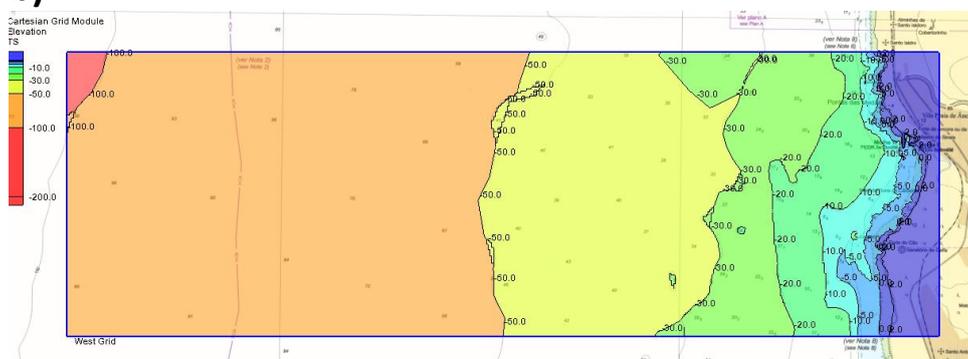
Dado que o modelo utiliza o método das diferenças finitas, o cálculo da propagação da onda é feito numa malha computacional de células quadradas. Adoptou-se um valor de 30m para o lado da malha, valor que se revelou suficiente para descrever tanto a morfologia do fundo como a propagação. O domínio estende-se de profundidades de cerca de 100m, até à linha de costa, incluindo-se nele toda a enseada de Vila Praia de Âncora. A topografia em terra não foi representada, pois não interessa ao modelo. Para diminuir os erros de cálculo, o modelo orienta-se segundo o rumo da agitação, actuando a agitação perpendicularmente à fronteira oceânica. Neste caso foram construídos três modelos (e três malhas de cálculo): para os rumos NW o W e SW. A batimetria é depois importada para as células da malha computacional.

Na Figura A-2 pode observar-se a malha de cálculo e a batimetria utilizada no modelo para o Rumo W (o *setup* para os rumos NW e SW são em tudo análogos e não serão apresentados). As batimétricas mais irregulares dentro da enseada correspondem ao levantamento LIDAR 2011 que têm mais pormenor. As outras foram obtidas a partir da cartas de maior escala e por isso apresentam-se mais regulares.

a)



b)



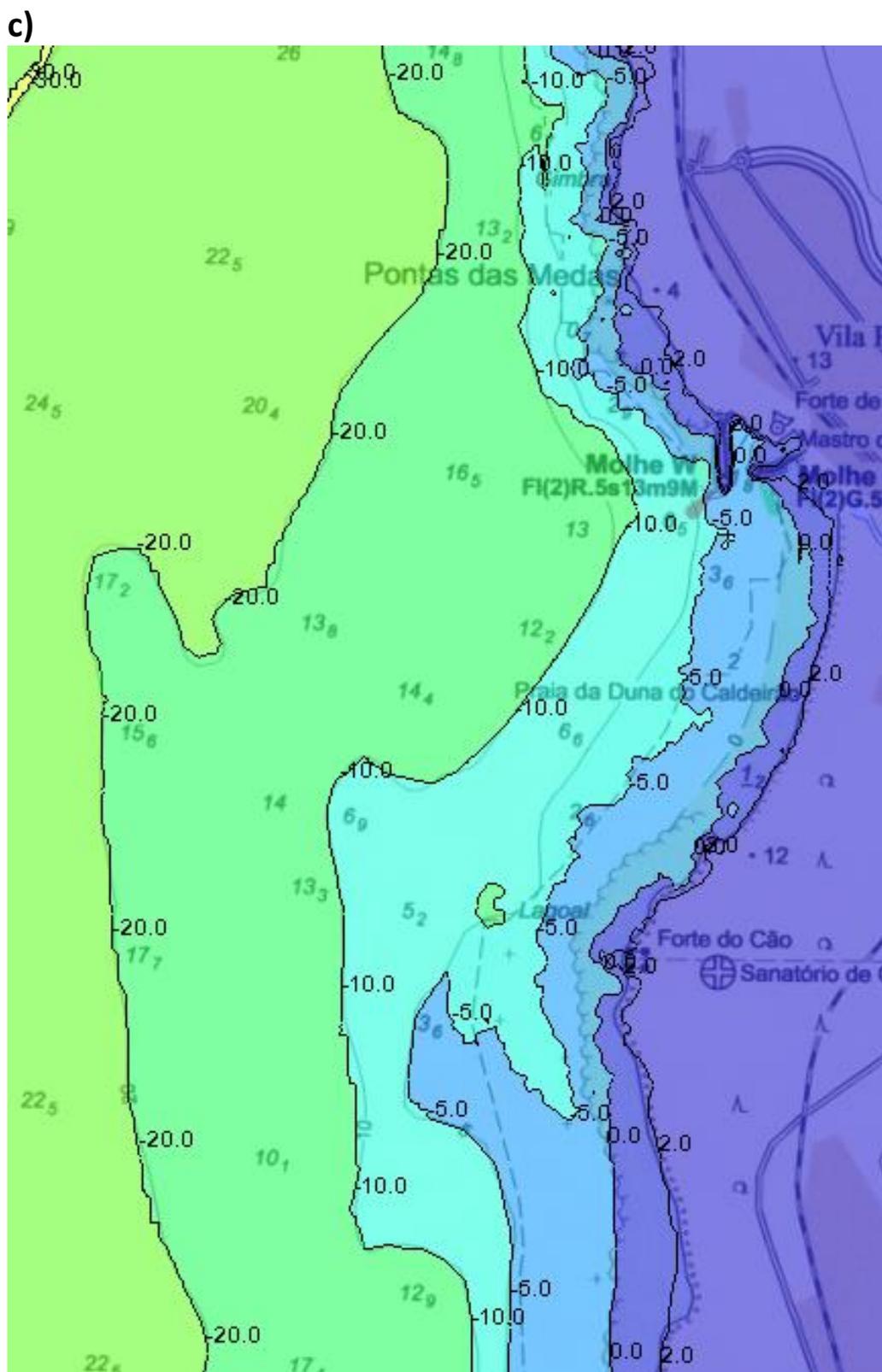


Figura A-2 – Vila Praia de Âncora. Modelo STWAVE para agitação do rumo W: a) Malha e domínio de cálculo; b) Batimetria no modelo; c) Pormenor da batimetria no modelo.

A.1.3 Condições de Fronteira

O modelo apresenta três fronteiras abertas e uma fechada, que é representada pela linha de costa. Na fronteira oceânica é fixado o espectro de energia que foi considerado constante. No modelo especificou-se um espectro do tipo JONSWAP. As condições na fronteira oceânica são especificadas pela altura significativa H_s , pelo período de pico T_p e pela direcção.

Adicionalmente, poderá ser especificado o nível de maré e calcular também a largura da faixa de rebentação. Tomaram-se os valores dos níveis de maré: baixa-mar de águas-vivas +0.0m (ZH) e preia-mar de águas-vivas +4.00 m (ZH) e nível médio de +2.0 m (ZH), de acordo com os valores publicados. Não se considerou a ocorrência de sobre-elevação meteorológica.

A.1.4 Cenário A.

Os cenários a simular para propagação da agitação são definidos por um domínio e uma malha de cálculo, uma batimetria, um nível de maré, e um conjunto de condições na fronteira. Cada vez que um destes elementos é alterado está-se perante um novo cenário de simulação.

Cenário A:

Temporal de NW, $T_r=100$ anos: $H_s=12.0$ m; $T_p=18$ s

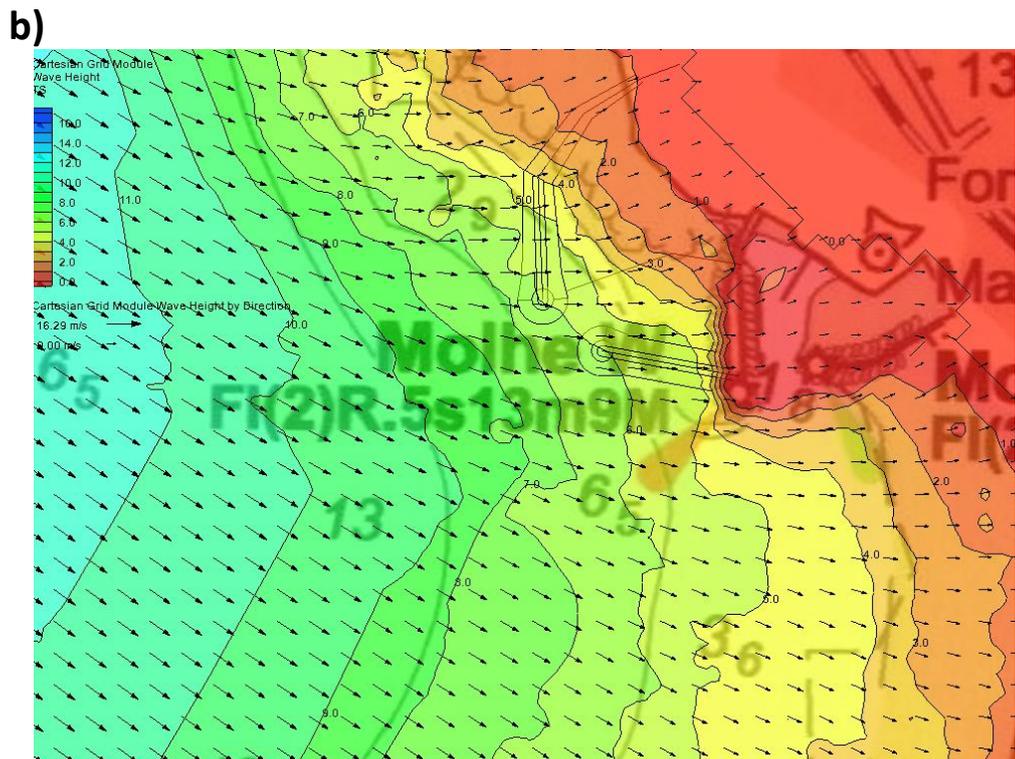
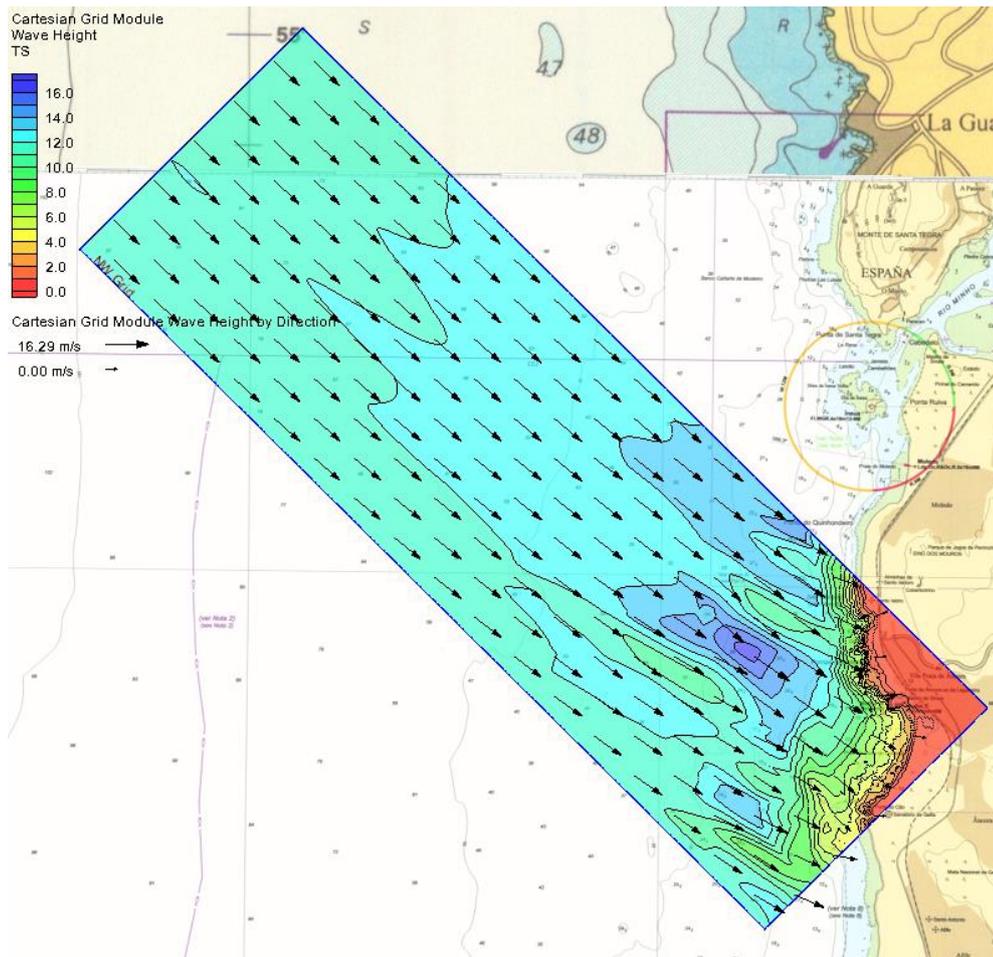
Nível da Maré: preia-mar de águas-vivas, +4.0m ZH

Batimetria: Composição das cartas hidrográficas 1:150000, 1:40000 com levantamento topo-hidrográfico LIDAR 2011.

Importa conhecer a altura e direcção da onda no local de implantação da obra e o limite da faixa de rebentação. O período sofre pouca alteração. Na Figura A-3 mostra-se a evolução da altura de onda em todo o domínio e um pormenor junto ao local da obra. É ainda apresentado o limite da faixa de rebentação. A rebentação é induzida pela pequena profundidade junto à costa. Os molhes foram implantados e sobrepostos aos resultados do modelo e representados como se fossem transparentes para a onda.

Pode observar-se, que agitação marítima sofre uma intensa refração e difracção ao aproximar-se da costa, no processo de interacção com o fundo. De salientar o crescimento da altura de onda originado pela presença de um cabeço submarino na zona central do modelo antes da isolinha 30m (ZH). A isolinha do $H_s=6.0$ m passa pelo centro da cabeça dos molhes (Solução A). A equidistância das isolinhas de H_s é de 1.0m. Pode observar-se que, para este cenário, os novos molhes norte e sul estão dentro da faixa de rebentação.

a)



c)

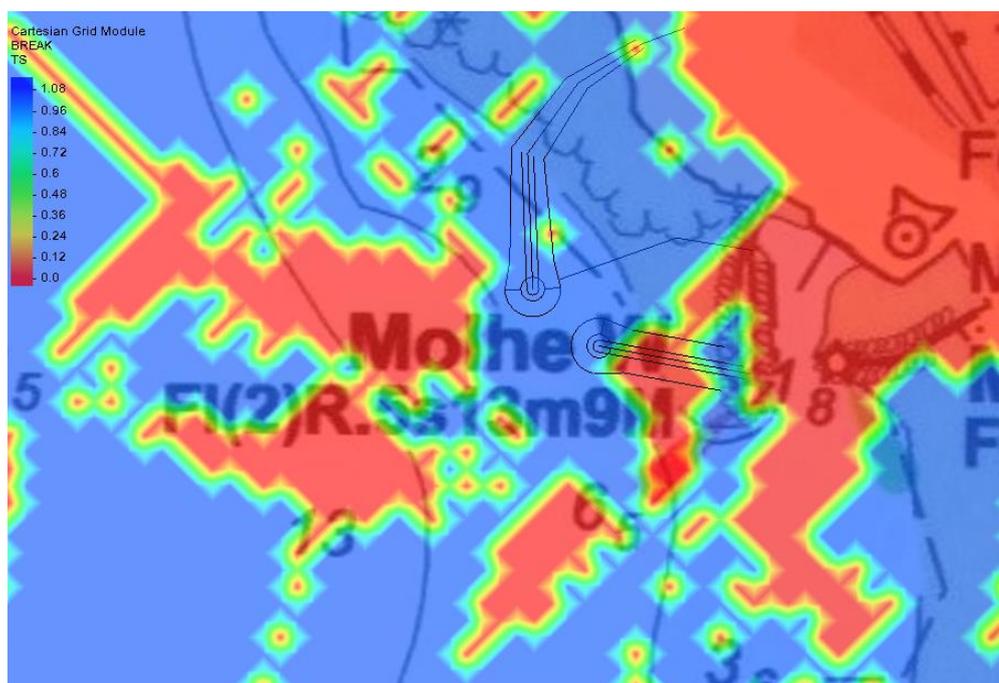


Figura A-3 – Vila Praia de Ancora. Modelo STWAVE: Propagação da agitação marítima do largo para o local da obra. Cenário A: Temporal de NW, $H_s=12.0m$ $T_p=18s$ em preia-mar (+4.0m ZH). a) Propagação em todo o domínio; b) Pormenor junto ao local da obra; c) Faixa de Rebentação (a vermelho).

A.1.5 Cenário B.

Neste cenário as condições na fronteira são iguais às do Cenário A. A única diferença é a da direção da agitação que se considera agora proveniente do rumo W. Foi criada uma malha de cálculo com a mesma resolução da anterior de (30m x 30m). Para este cenário tem-se:

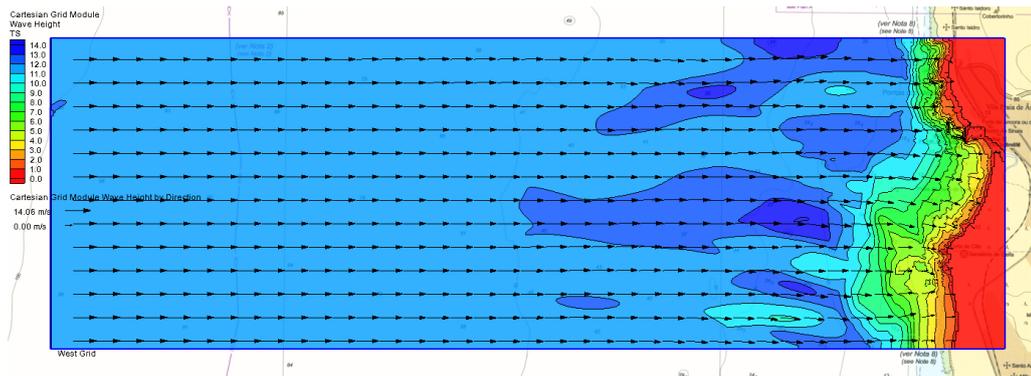
Cenário B:

Temporal de W (Tr=100 anos): $H_s=12m$; $T_p=18 s$

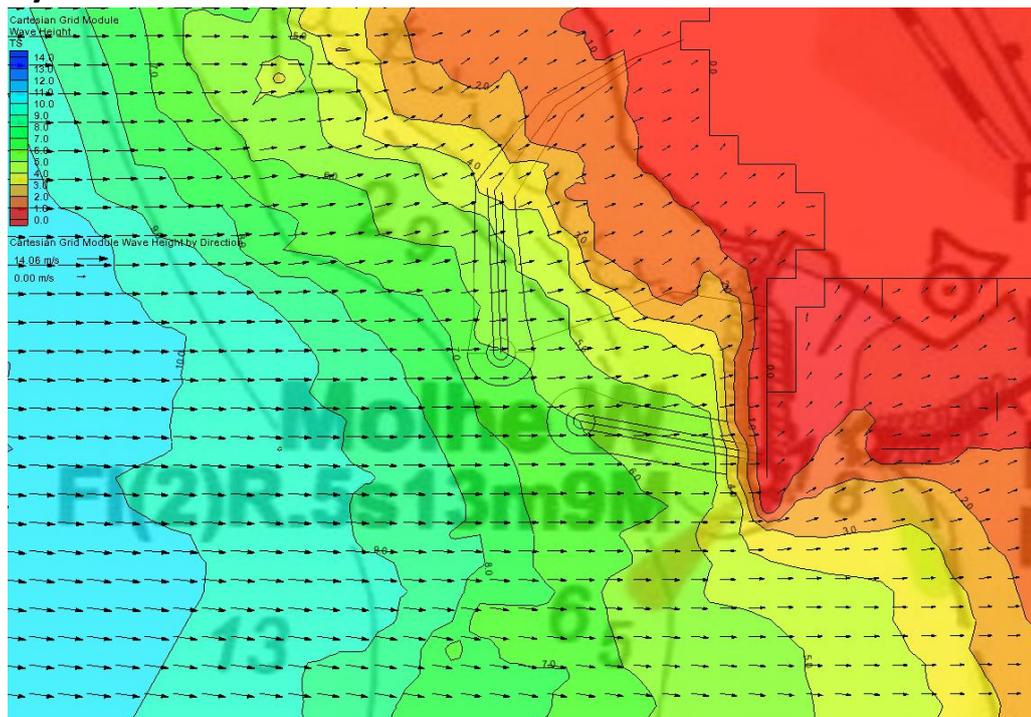
Nível da Maré: Preia-mar de águas-vivas (+4.0m ZH).

Batimetria: Composição das cartas hidrográficas 1:150000, 1:40000 com levantamento topo-hidrográfico LIDAR 2011

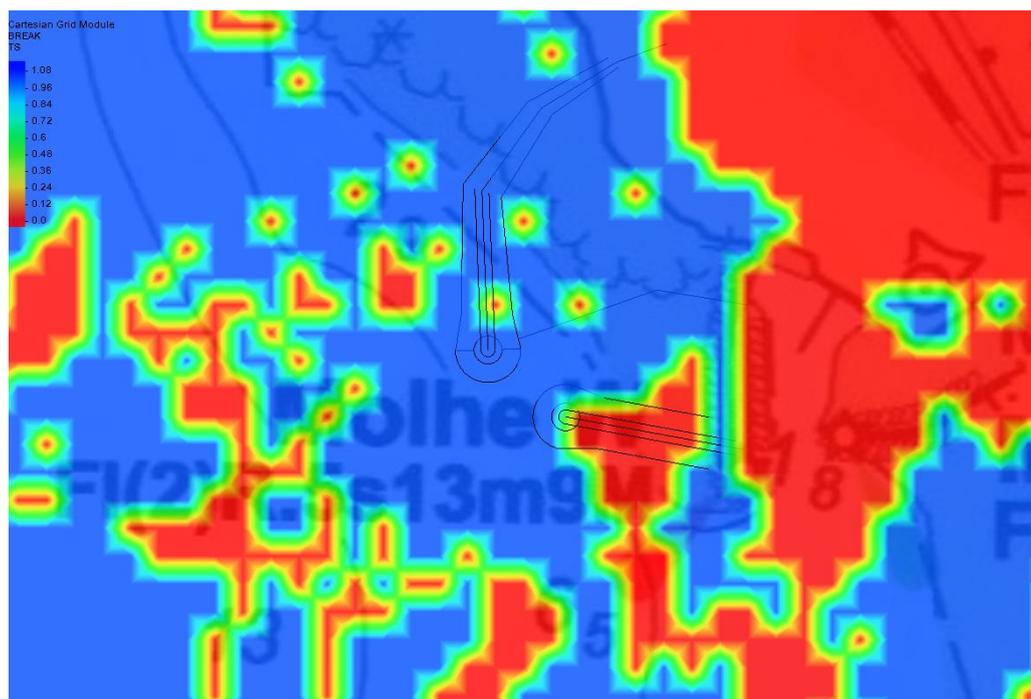
Na Figura A-4 mostra-se a evolução da altura de onda em todo o domínio e um pormenor junto ao local da obra. É ainda apresentado o limite da faixa de rebentação. Mais uma vez, as obras de abrigo foram implantadas e sobrepostas aos resultados do modelo e representadas como se fosse transparente à agitação marítima.



a)



b)



c)

Figura A-4 – Vila Praia de Âncora. Modelo STWAVE: Propagação da agitação marítima do largo para o local da obra. Cenário B: Temporal de W em preia-mar. a) Propagação em todo o domínio; b) Pormenor junto ao local da obra; c) Faixa de Rebentação. A isolinha da altura significativa $H_s=6m$ intersecta a cabeça dos molhes.

A.1.6 Cenário C.

Neste cenário estuda-se a propagação da agitação do rumo SW para um temporal com um período de retorno também de 100 anos. Segundo os resultados dos estudos estatísticos de análise de extremos da agitação marítima a altura significativa e período de pico são um pouco inferiores para este rumo. Os resultados do modelo são mostrados como no caso anterior: vista geral da propagação em todo o domínio, pormenor junto às obras de abrigo e zona de rebentação correspondente.

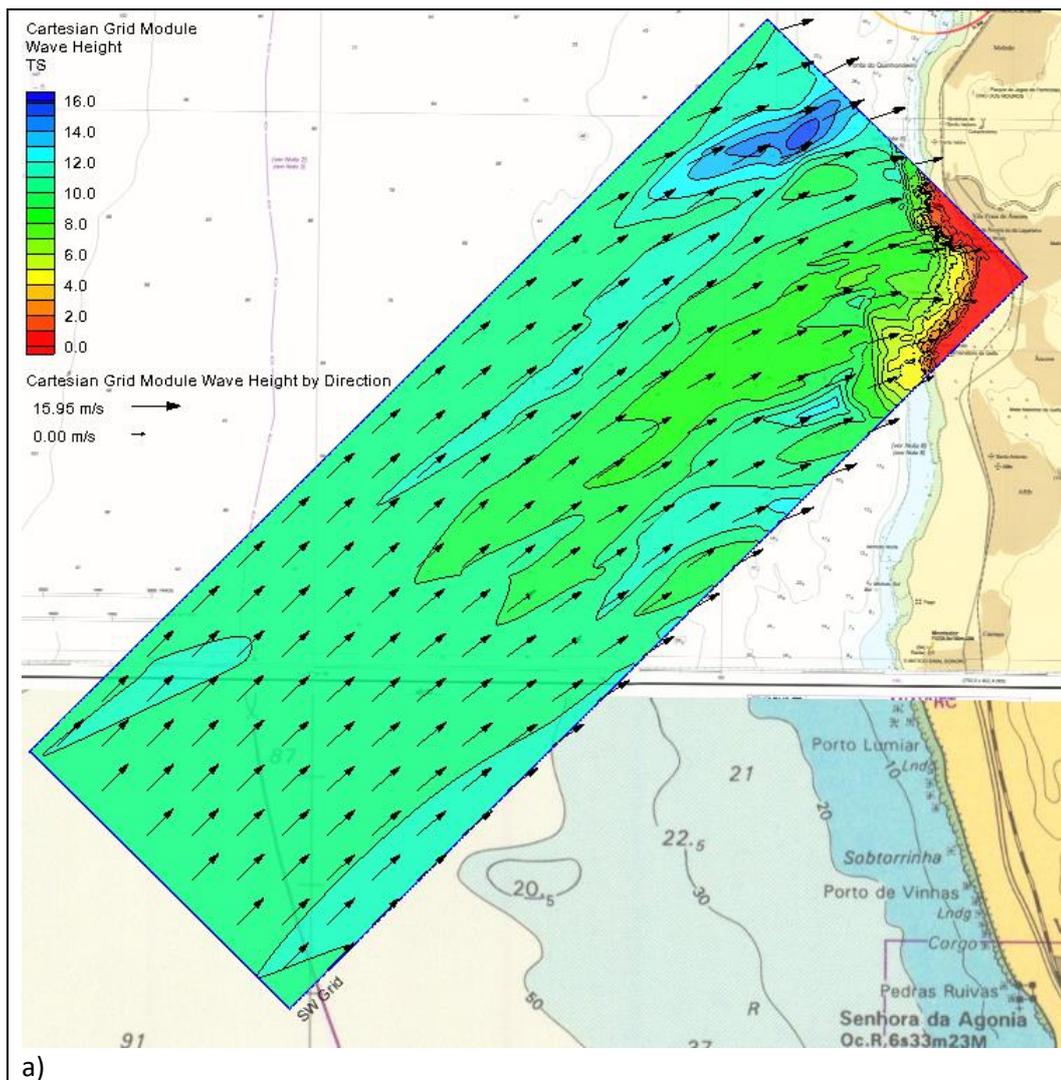
Cenário C:

Temporal ($T_r=100$ anos): $H_s=11.0m$; $T_p=17$ s; Rumo: SW

Nível da Maré: Preia-mar de águas-vivas (+4.00 m ZH)

Batimetria: Composição das cartas hidrográficas 1:150000, 1:40000 com levantamento topo-hidrográfico LIDAR 2011.

Na Figura A-5 mostra-se a evolução da altura de onda em todo o domínio e um pormenor junto ao local da obra.



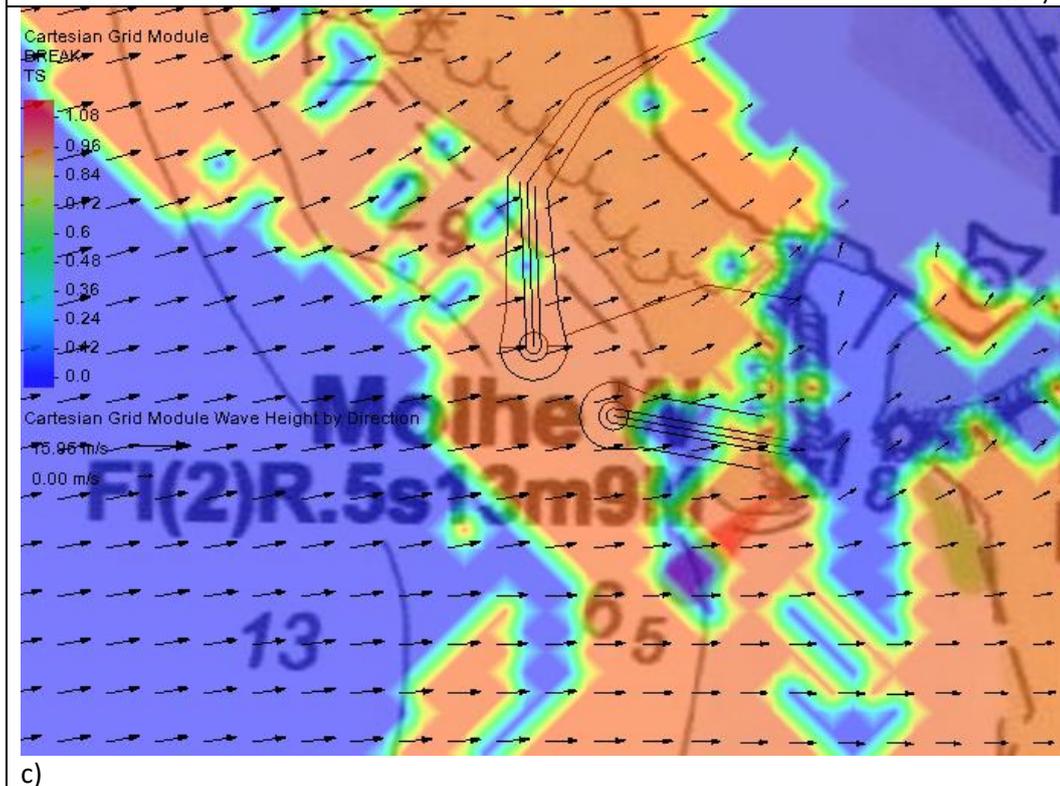
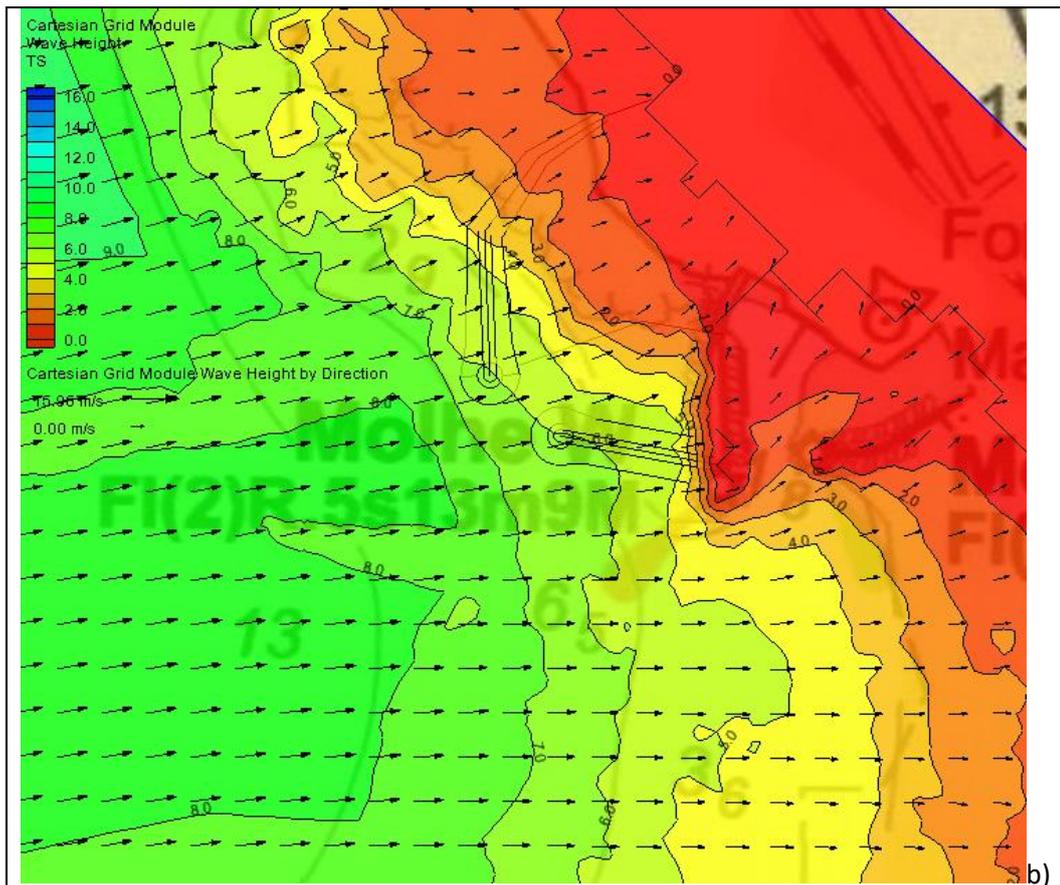


Figura A-5 – Vila Praia de Âncora. Modelo STWAVE: Propagação da agitação marítima do largo para o local da obra. **Cenário C:** Temporal de SW em preia-mar ($H_s=11.0\text{m}$, $T_p=17\text{s}$, $\text{Maré}=+4.0\text{m ZH}$). a) Propagação em todo o domínio; b) Pormenor das isolinhas da altura significativa H_s e da direcção de propagação junto ao local da obra; c) Faixa de rebentação (a vermelho).

A.1.7 Análise dos resultados

Foram ensaiados em modelo matemático três cenários de propagação da agitação marítima. Respeitam aos rumos NE, W e SW numa situação de preia-mar. A análise de extremos feita em sede de trabalhos anteriores permitiu concluir que o temporal centenário (período de retorno $T=100$ anos) é caracterizado por uma altura significativa ao largo da ordem de $H_s=12.0\text{m}$, apresentando o rumo SW um valor um pouco inferior. O local da obra encontra-se exposto a todos estes rumos, mostrando os resultados da simulação que a isolinha da altura significativa $H_s=6.0\text{m}$ passa em todos os casos pela cabeça das obras de abrigo. Este resultado não surpreende porque as obras se encontram dentro da zona de rebentação, sendo a altura de onda controlada pela profundidade do local.

Conclui-se que a ondulação sofre uma refração intensa ao aproximar-se da costa, isto devido à configuração da batimetria do local. Independentemente do rumo ao largo, as direcções locais da onda encontram-se muito rodadas. O NW entra na enseada quase perpendicularmente à direcção das batimétricas locais. Os rumos W e SW sofrem intensa refração e é bem visível a influência do afloramento rochoso que nasce no Forte do Cão e se prolonga em profundidade na direcção NW.

No que diz respeito à rebentação, a faixa é muito mais estreita a norte do Portinho do que na enseada de Vila Praia de Âncora, pois as profundidades aumentam, quando se avança em direcção ao mar, muito mais rapidamente. Este aspecto é favorável a construção de obras a norte do Portinho.

2. Modelo CGWAVE. Propagação local da agitação marítima.

A.2.1 Considerações Gerais.

Para o estudo da configuração de equilíbrio da praia da duna do Caldeirão (ou praia da Gelfa), praia que vai da foz do rio Âncora ao promontório rochoso do Forte do Cão, para estudar o grau de abrigo oferecido pelas obras e o seu impacte na propagação local da agitação marítima é necessário dispor de um modelo de resolução que considere a interacção com as estruturas e com a costa. Com um modelo deste tipo é possível saber como se propagam e deformam as cristas das ondas e prever qual a sua geometria em planta.

O modelo escolhido foi o modelo CGWAVE, que é um modelo de uso geral, aplicável ao estudo de campos de ondas em costa aberta, embocaduras, em torno de ilhas e em torno de estruturas fixas e flutuantes. Podem ser propagadas ondas monocromáticas e espectros de energia. O modelo simula o efeito combinado da refração e difração que estão incluídos na Equação de Declive Suave “Mild Slope Equation”, mas simula também o efeito da dissipação por atrito no fundo, rebentação e dispersão não linear de amplitude. Para a resolução das equações de base é utilizado o método dos elementos finitos numa malha triangular irregular. O modelo usa a interface SMS – Surface Modelling System para mais fácil estabelecimento e análise dos resultados.

Sendo um modelo de elementos finitos, o CGWAVE tem por base uma malha triangular irregular. Os elementos da malha são quase equiláteros e é usada uma discretização mínima de 8 elementos por comprimento de onda. O tamanho mínimo dos elementos no presente caso é de cerca de 8.0m.

Foram ensaiadas duas situações no modelo. Uma correspondente à situação anterior à realização das obras (situação de referência actual) e uma outra que corresponde à execução das obras previstas na Solução A – Anteporto, deste estudo.

A análise da agitação marítima permitiu identificar os seguintes cenários a simular com o modelo CGWAVE, Tabela 7. São três cenários correspondentes à situação de referência para os rumos NW, W e SW. A altura de onda é de 1.0m na fronteira do modelo e o período $T=16s$. São três cenários adicionais para a Solução – A nas mesmas condições de agitação marítima.

Tabela 7 – Vila Praia de Âncora. Estudo de reconfiguração Portuária. Cenários de propagação da agitação marítima com modelo de resolução de fase CGWAVE. Índices de agitação.

Cenário	Condições:
D	NW, H=1.0m, T=16s, nível médio: Situação de Referência
E	W, H=1.0m, T=16s, nível médio; Situação de Referência
F	SW, H=1.0m, T=16s, nível médio: Situação de Referência
G	NW, H=1.0m, T=16s, nível médio: Solução A
H	W, H=1.0m, T=16s, nível médio: Solução A
I	SW, H=1.0m, T=16s, nível médio: Solução A

A.2.2 Setup do modelo

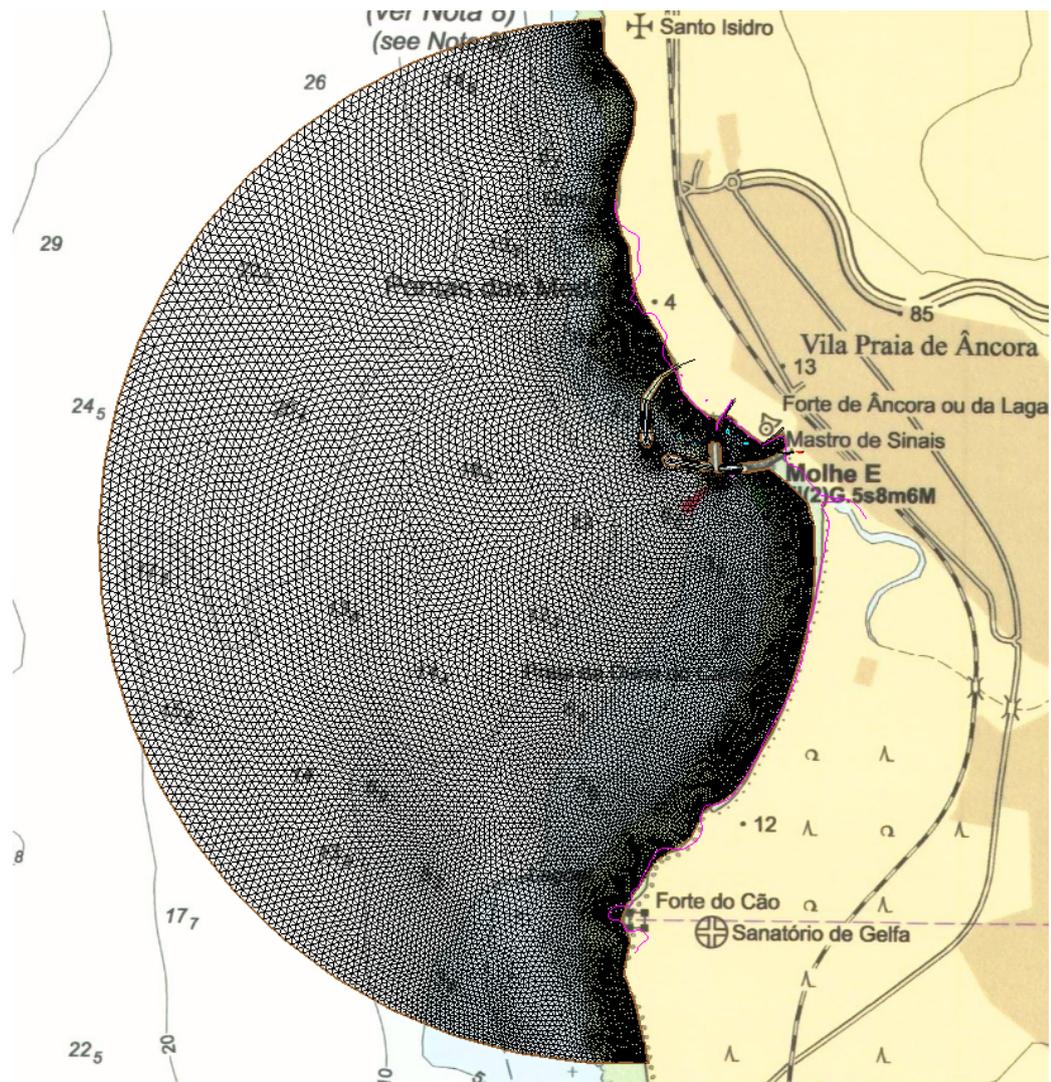
Batimetria.

Para a construção do modelo (model Setup) é necessário dispor de batimetria que cubra a área de interesse. Foram utilizadas as fontes de batimetria preparadas para o modelo STWAVE e apresentadas anteriormente.

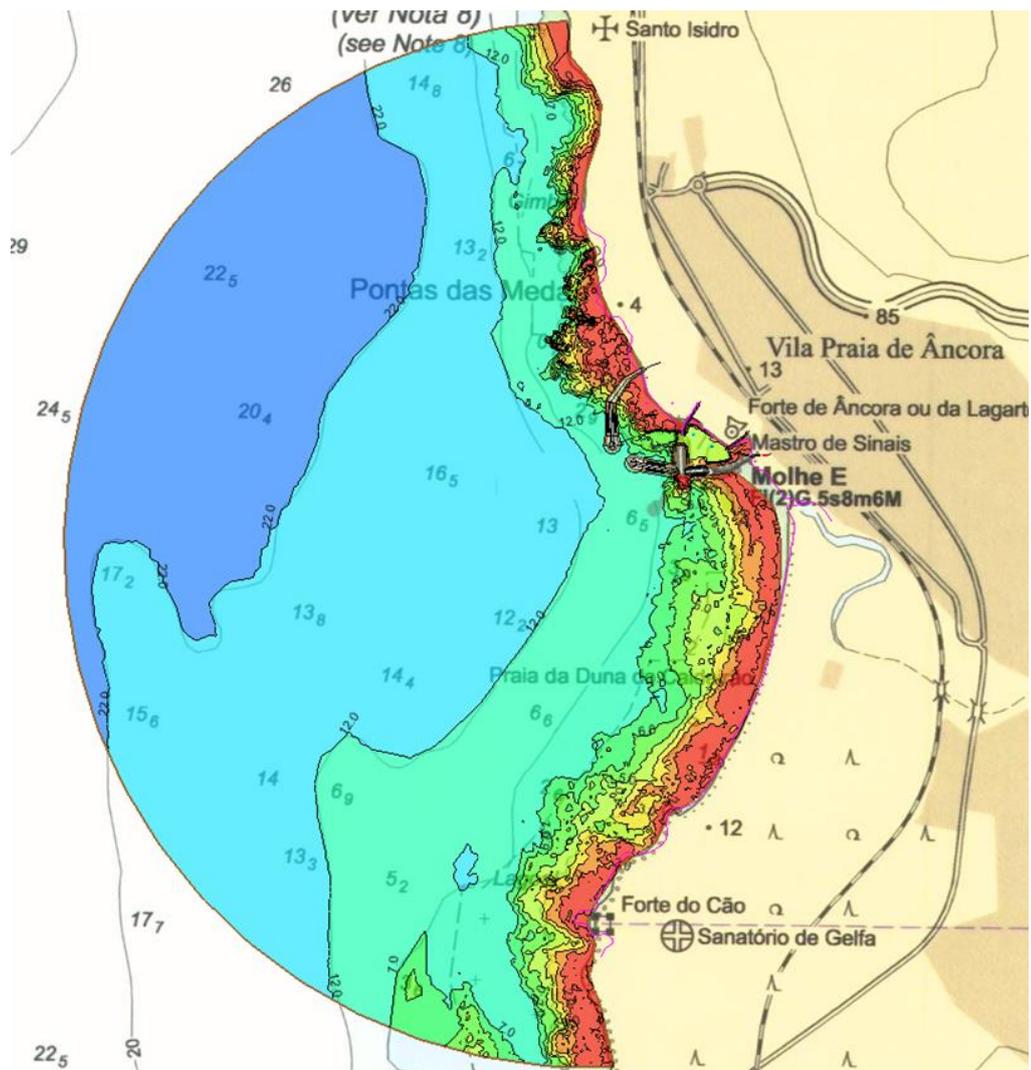
Malha e domínio de cálculo.

Dado que o modelo utiliza para resolução das equações o método dos elementos finitos, o cálculo da propagação da onda é feito numa malha computacional de elementos triangulares. A discretização adoptada cumpre com o valor mínimo de elementos por comprimento de onda. O domínio tem a forma aproximada de um semi-círculo centrado na abertura entre os molhes, até à linha de costa, incluindo-se nele toda a enseada de Vila Praia de Âncora. A topografia em terra não foi representada, pois não interessa ao modelo. A batimetria foi corrigida para que não haja uma profundidade do modelo inferior a 1.0m. O nível da água no modelo é o nível médio do mar, definido para o local como sendo +2.0m ZH. O domínio e malha de cálculo cobrem aproximadamente a mesma área, mas apresentam pequenas diferenças na resolução da malha de cálculo. São diferentes para a situação de Referência e para a Solução – A que apresenta uma maior resolução junto à boca do porto. A batimetria é depois importada para as células da malha computacional.

Na Figura A-6 pode observar-se tanto a malha de cálculo como a batimetria utilizada no modelo CGWAVE. Apresenta-se como exemplo a que foi utilizada nos Cenários G a J da Solução – A. Inclui-se um pormenor da malha e batimetria na zona do porto para a configuração prevista na Solução – A.



a)



b)

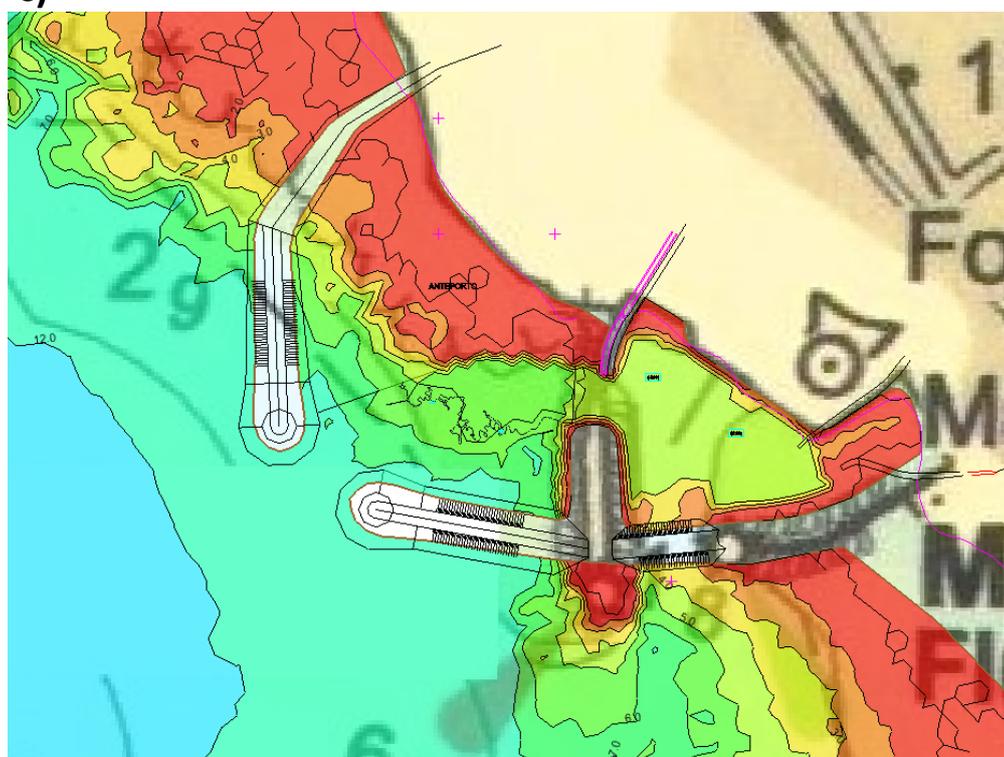
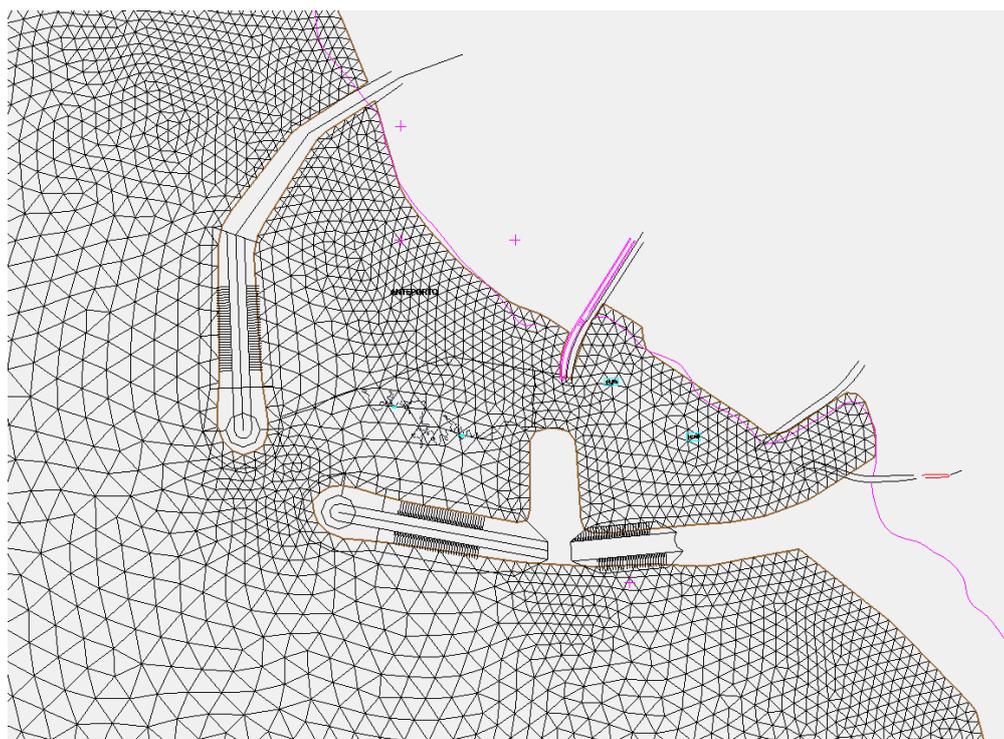


Figura A-6 – Vila Praia de Âncora. Modelo CGWAVE: a) Malha e domínio de cálculo; b) Batimetria no modelo; c) Pormenor da malha de cálculo, Solução-A; d) Pormenor da batimetria na Solução – A.

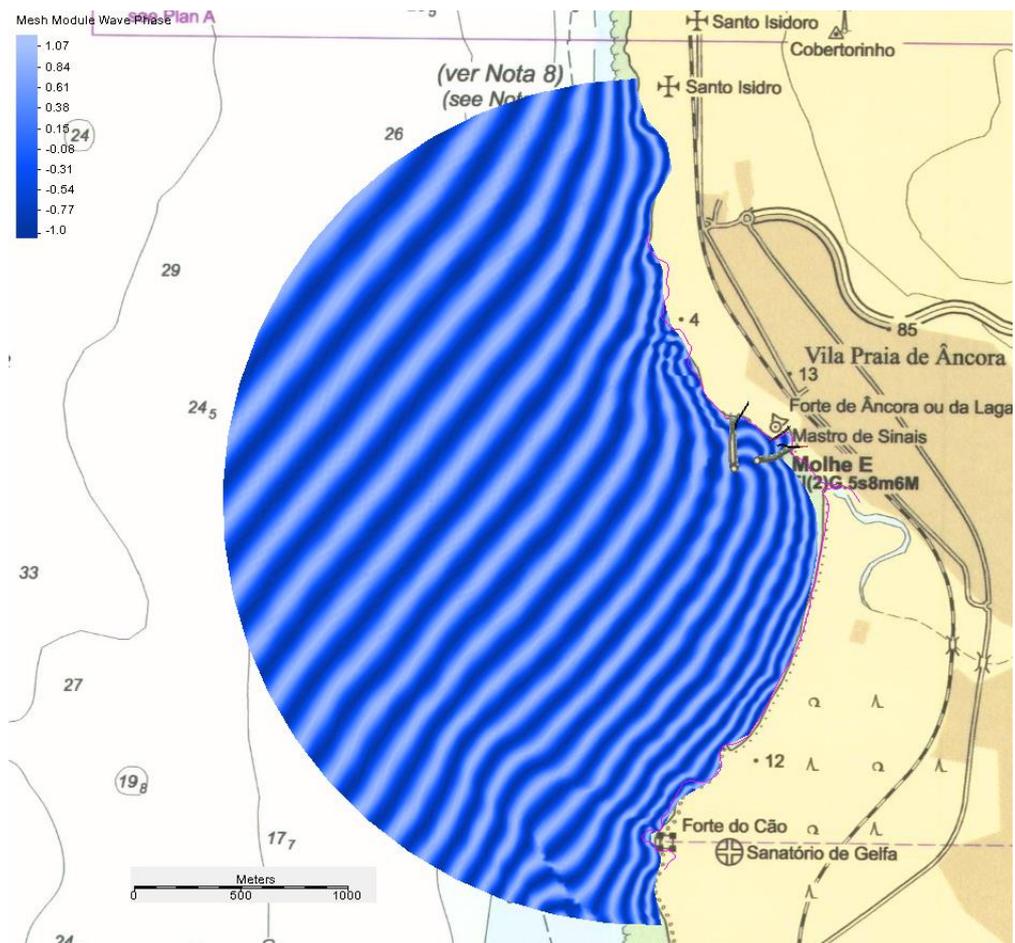
A.2.3 Condições de Fronteira

O modelo apresenta uma fronteira aberta (um arco circular) e uma fechada, que é representada pela linha de costa. A linha de costa é definida por poligonais a que correspondem coeficientes de reflexão diferentes, conforme a sua natureza. Tomou-se para os molhes de taludes em enrocamento um coeficiente de reflexão de 0.35, e para a costa um valor de 0.1. As condições na fronteira oceânica são especificadas pela amplitude da onda a , (que é metade da altura de onda H), pelo período T e pela direcção. Trata-se neste caso da simulação de ondas monocromáticas. Como o modelo tem um comportamento linear, ao utilizar-se o valor unitário para a altura de onda obtém-se os chamados “índices de agitação”, ou seja, é possível saber de imediato a altura de onda no domínio para qualquer altura de onda na fronteira oceânica. Utilizou-se ainda um filtro (pós-processamento) para limitar a altura de onda a 0.64 da profundidade e que está de acordo com os valores recomendados na literatura. Adicionalmente, o nível de maré é considerado constante e igual ao nível médio, +2.0m ZH.

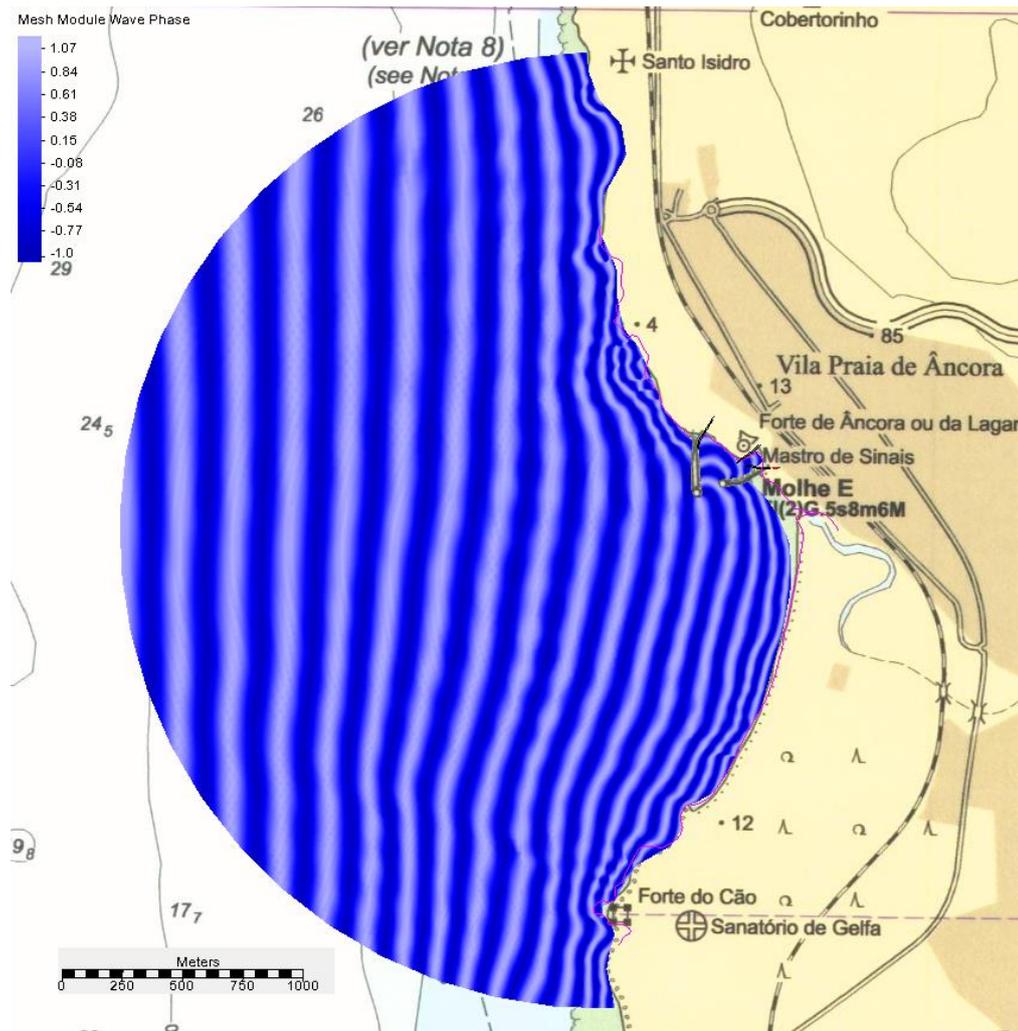
A.2.4 Cenário D, E e F.

Nestes cenários faz-se uma simulação geral da forma com a onda se propaga ao aproximar-se da enseada de Vila Praia de Âncora. É certo que o modelo STWAVE, modelo de média em fase, forneceu já algumas indicações sobre a propagação, podendo ver-se a intensa refração que a onda sofre e o papel que desempenha o esporão mergulhante rochoso do Forte do Cão.

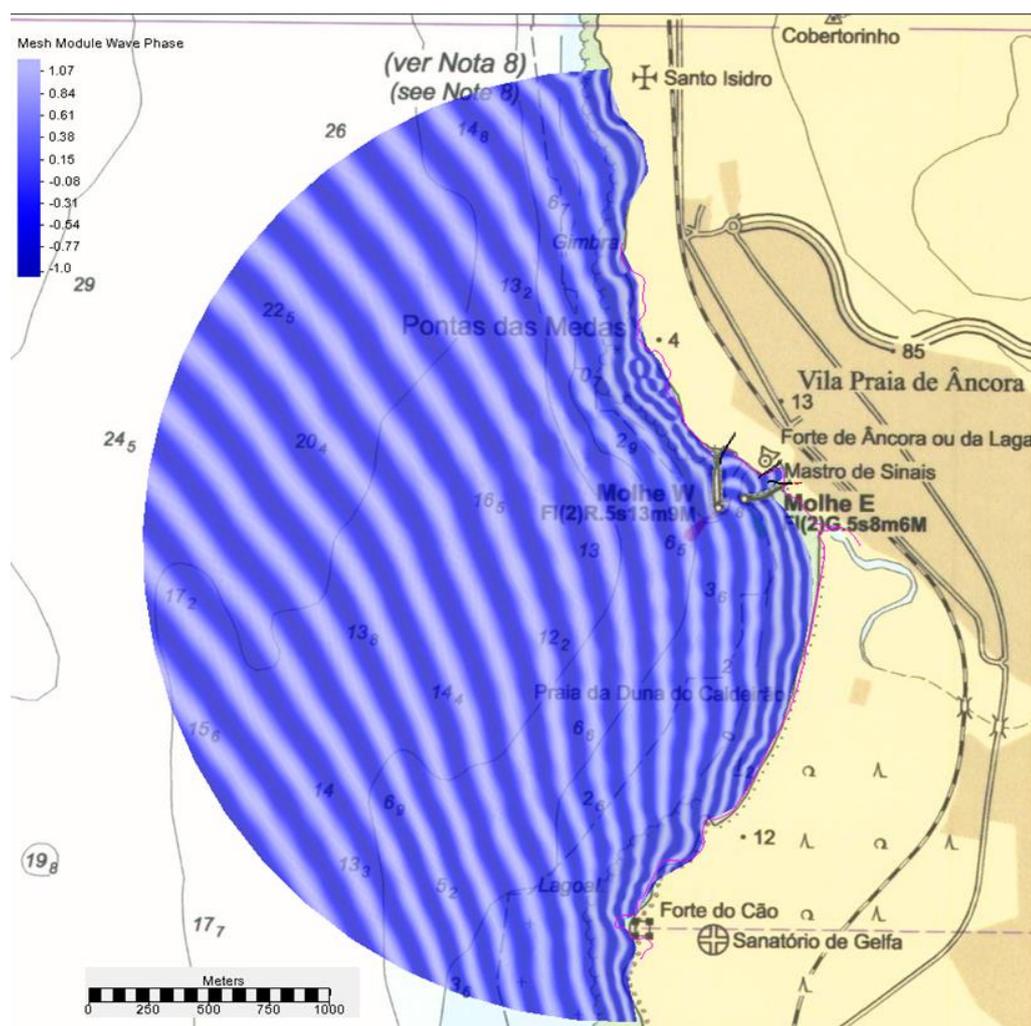
Nestes cenários considera-se a situação de referência do porto e uma batimetria que é em tudo semelhante à que foi usada no modelo STWAVE. No que se segue apresentam-se os diagramas de fase, diagramas que permitem ver as cristas e cavas das ondas em todo o domínio de cálculo para os três cenários simulados; ondulação de NW, W e SW.



a)



b)



c) **Figura A-7** – Vila Praia de Âncora. Modelo CGWAVE para a situação de Referência e nível médio do mar: a) Cenário D (NW, H=1.0m, T=16s); b) Cenário E (W, H=1.0m, T=16s); Cenário F (SW, H=1.0m, T=16s)

A análise dos resultados dos três cenários simulados permite ver a intensa refração da onda à entrada da enseada de Vila Praia de Âncora. É possível ver nos cenários de agitação de NW e SW que o molhe norte do Portinho existente cria uma zona de sombra e intensa difracção na foz do rio Âncora. A agitação de SW apresenta uma componente dirigida para norte, na praia da Gelfa, a partir do Forte de Cão, que contribui para o transporte sólido litoral tenha componente nesse sentido, quando ocorre agitação daquele quadrante. Isto explicará parte da acumulação que se tem verificado junto à foz do rio Âncora com subida geral da cota da praia emersa.

3. Simulação do Abrigo Portuário. Solução – A.

A3.1 – Considerações Gerais.

Importa neste parágrafo simular, a agitação marítima que poderá penetrar no anteporto e na bacia mais interior na Solução-A, através da abertura que está prevista no molhe-norte (do Portinho existente). O modelo matemático dará as primeiras indicações através dos índices de agitação, situação que deverá ser verificada pela realização de ensaios em modelo físico 3D (em tanque de ondas).

A3.2 Cenário G. Agitação de NW.

Como se viu anteriormente, os cenários a simular para propagação da agitação são definidos por um domínio e uma malha de cálculo, uma batimetria, um nível de maré, e um conjunto de condições na fronteira. O Cenário D é definido como se segue:

Cenário G:

Agitação de NW, H=1.0m; T=16 s

Nível da Maré: Nível médio.

Batimetria: Composição das cartas hidrográficas 1:150000, 1:40000 com levantamento topo-hidrográfico LIDAR 2011 e dragagem no modelo no anteporto à cota -3.0m ZH.

Importa conhecer fundamentalmente o modo como se propaga a onda na vizinhança dos molhes e no seu interior. Na Figura A-8 mostram-se: a) os índices de agitação e b) um diagrama de fase que mostra as cristas (e cavas das ondas) na aproximação e depois de passarem pelos molhes. É evidente o efeito combinado da refração e difracção das ondas.

Pode observar-se que a isolinha do índice de agitação 0.1 está junto à passagem do anteporto para a bacia portuária do Portinho.

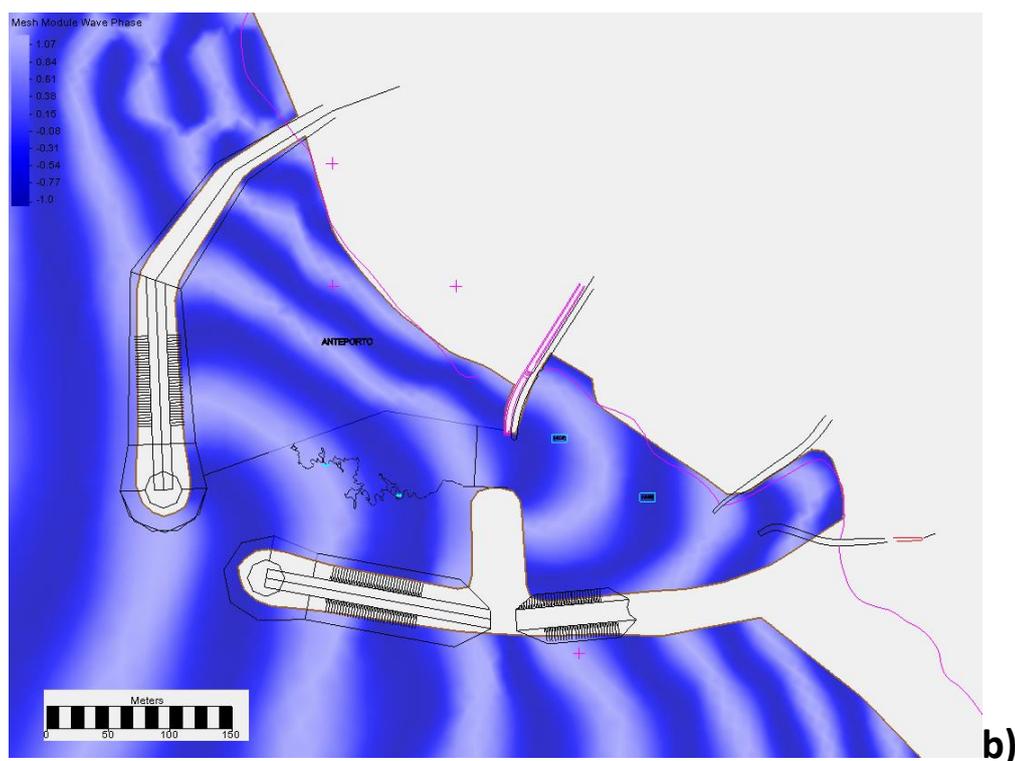
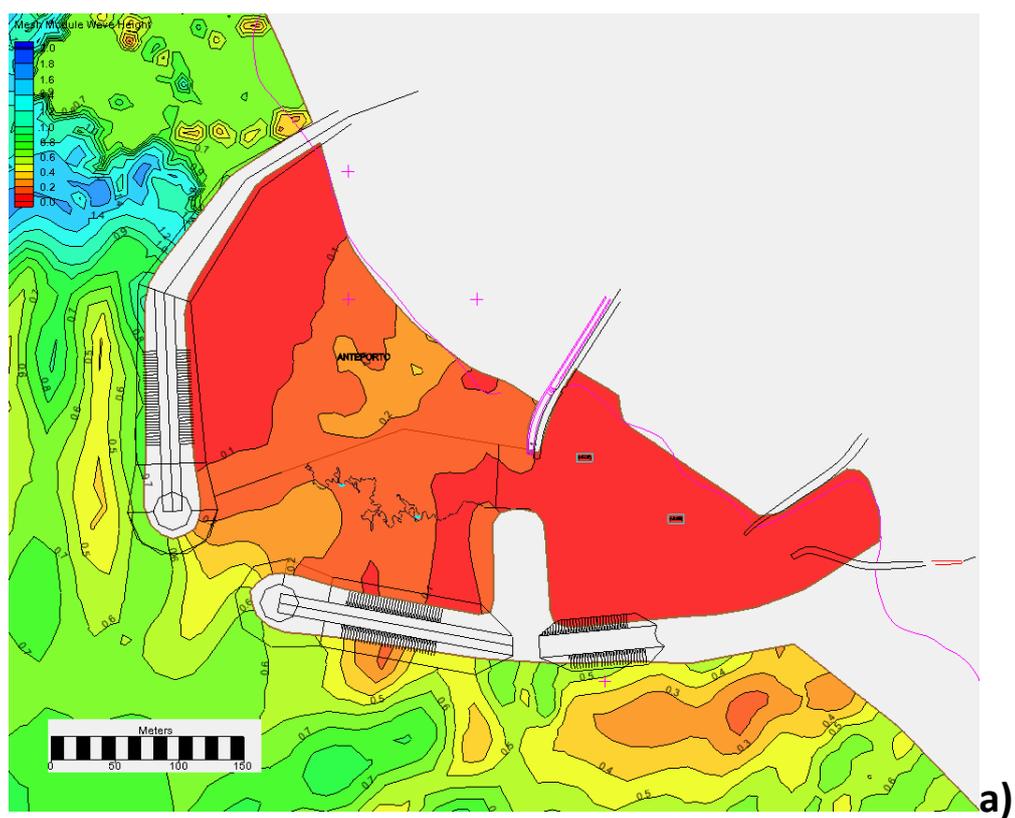


Figura A-8 – Vila Praia de Âncora. Modelo CGWAVE: Propagação da agitação marítima no local da obra. Cenário G: Agitação de NW para o nível-médio do mar: a) Índices de agitação; b) Diagrama de fase (cristas das ondas).

A3.3. Cenário H.

Neste cenário faz-se rodar a direcção da agitação na fronteira para W. Todos os restantes parâmetros são iguais. O Cenário H é definido como se segue:

Cenário H:

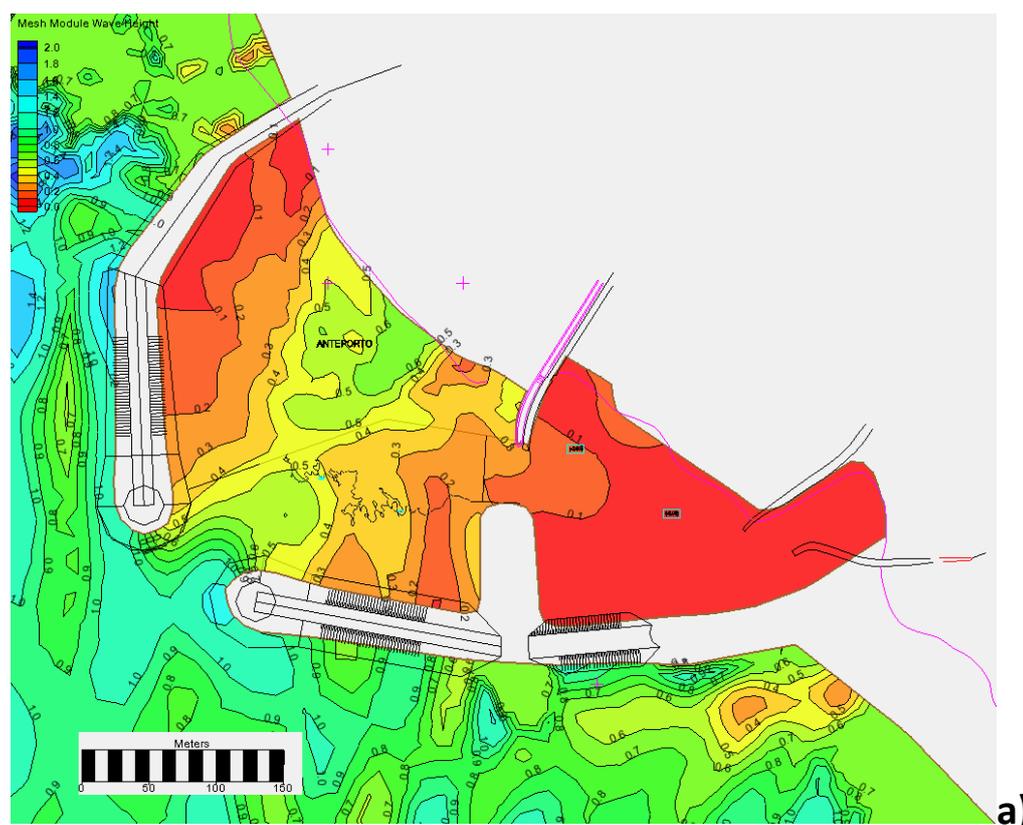
Agitação de W, H=1.0m; T=16 s

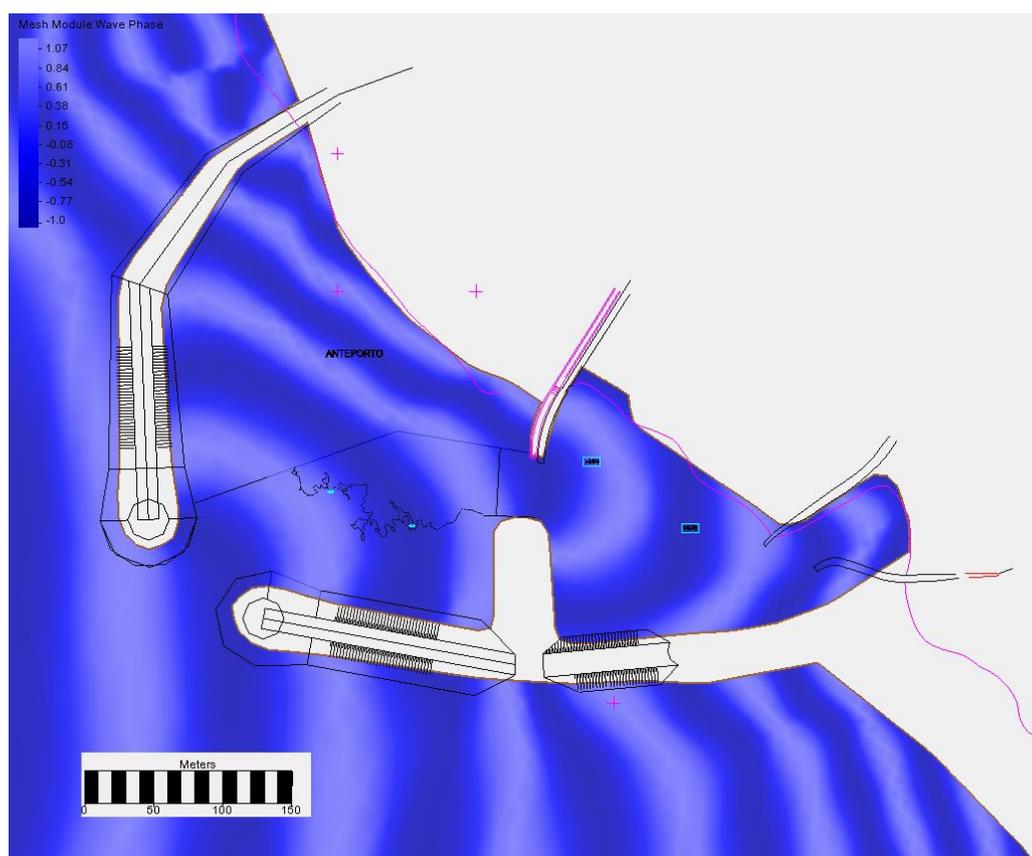
Nível da Maré: Nível médio.

Batimetria: Composição das cartas hidrográficas 1:150000, 1:40000 com levantamento topo-hidrográfico LIDAR 2011 e dragagem no modelo no ante-porto à cota -3.0m ZH.

Na Figura A-9 mostram-se: a) os índices de agitação e b) um diagrama de fase que mostra as cristas (e cavas das ondas) na aproximação e depois de passarem pelos molhes. É evidente o efeito combinado da refacção e difracção das ondas.

Em relação ao Cenário G (NW), a principal diferença é que a entrada da agitação é mais franca, dado que a crista da onda se apresenta mais paralela ao segmento de recta definido pela abertura dos quebra-mares. Como consequência, a zona de sombra dos molhes diminui ligeiramente. A isolinha do índice de agitação 0.2 percorre a passagem para o Portinho.





b)

Figura A-9 – Vila Praia de Âncora. Modelo CGWAVE: Propagação da agitação marítima no local da obra. **Cenário H:** Agitação de W para o nível-médio do mar: a) Índices de agitação; b) Diagrama de fase (cristas das ondas).

5.6 Cenário I.

Neste cenário faz-se rodar a direcção da agitação na fronteira ainda mais, neste caso para o Rumo SW. Todos os restantes parâmetros são iguais. O Cenário I é definido como se segue:

Cenário I:

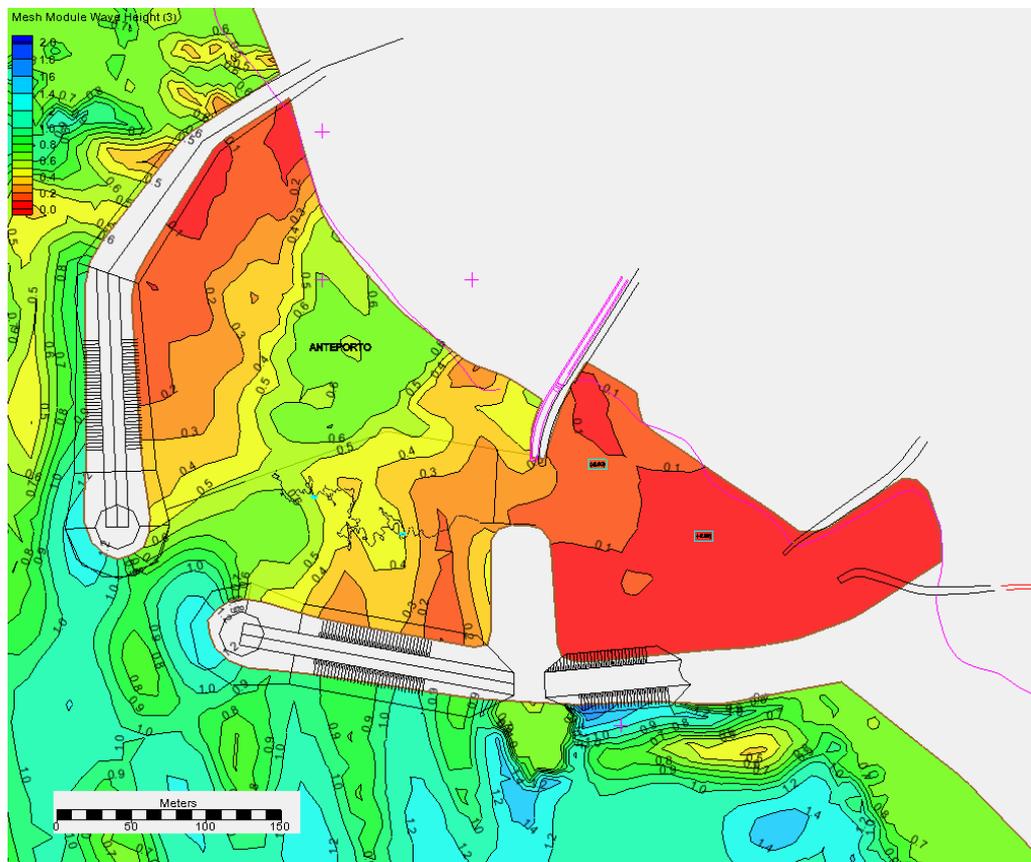
Agitação de SW, H=1.0m; T=16 s

Nível da Maré: Nível médio.

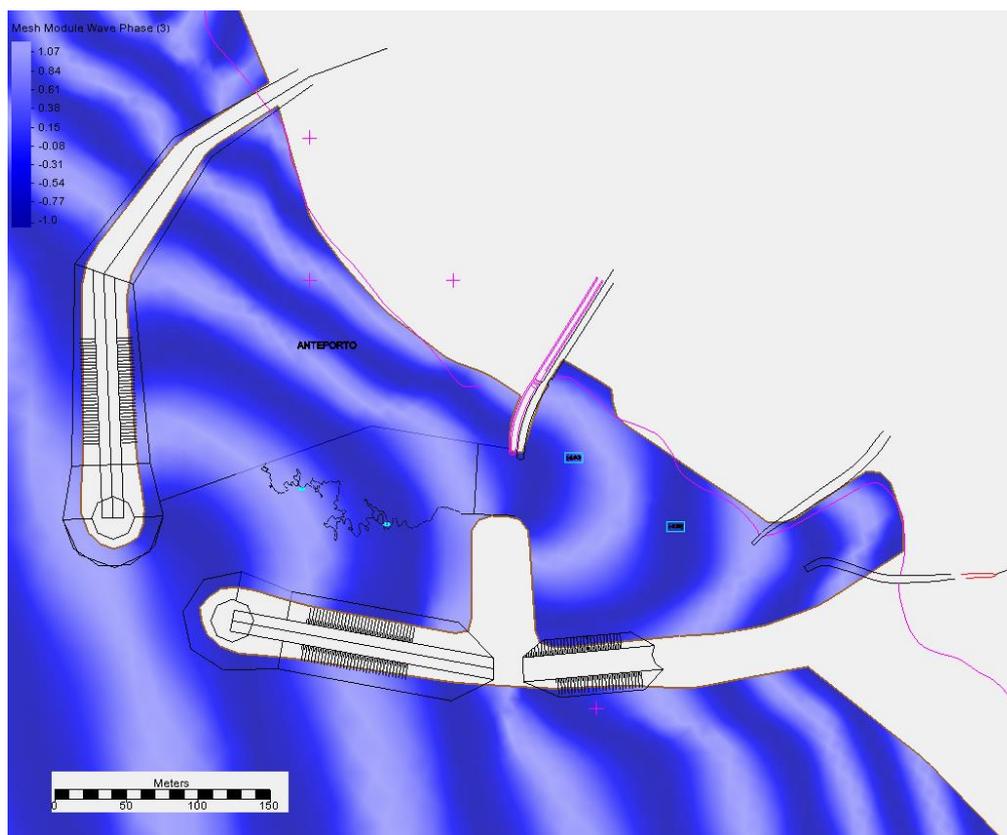
Batimetria: Composição das cartas hidrográficas 1:150000, 1:40000 com levantamento topo-hidrográfico LIDAR 2011 e dragagem no modelo no ante-porto à cota -3.0m ZH.

Na Figura A-10 mostram-se: a) os índices de agitação e b) um diagrama de fase que mostra as cristas (e cavas das ondas) na aproximação e depois de passarem pelos molhes. É evidente o efeito combinado da refacção e difracção das ondas.

Pode observar-se um padrão de propagação e deformação da onda em tudo semelhante ao cenário anterior, Cenário H (W). A principal diferença é que a entrada da agitação é ainda mais franca, dado que a crista da onda se apresenta mais paralela ao segmento de recta definido pela abertura dos molhes. Como consequência a zona de sobra dos molhes volta a diminuir ligeiramente. A onda é também mais longa porque o período é maior (o que se traduz por um maior afastamento entre cristas).



a)



b)

Figura A-10 – Vila Praia de Âncora. Modelo CGWAVE: Propagação da agitação marítima no local da obra. **Cenário I:** Agitação de SW para o nível-médio do mar: a) Índices de agitação; b) Diagrama de fase (cristas das ondas).

No **ANEXO B** apresentam-se três filmes que permitem ver a propagação da onda nos três cenários com o modelo CGWAVE. É de notar em particular a interação onda estrutura e modo como a batimetria e as estruturas condicionam a propagação.

5.7 Análise dos Resultados.

O modelo CGWAVE de resolução da fase permite tirar conclusões muito importantes para o abrigo portuário. Foram considerados três cenários para a agitação marítima: NW, W e S na fronteira do modelo. Vê-se claramente que a onda sofre intensa refração até chegar à zona do porto, com uma clara mudança de direcção.

Dada a configuração do novo porto e a orientação da sua boca e como seria de esperar, a entrada da agitação entre molhes é mais franca à medida que o rumo roda de NW para W e para SW. Note-se que os rumos mais a norte são os mais frequentes. Para o rumo SW, o mais desfavorável, a isolinha do índice de agitação na passagem para a bacia portuária do Portinho é de 0.2.

ANEXO B:

Modelos STWAVE_VPA
Modelos CGWAVE_VPA
Filmes Propagação da Agitação Marítima

(Os ficheiros encontram-se numa “*pendrive*” na bolsa da contracapa)

ANEXO C

Pré-dimensionamento e Medições.

Neste Anexo-C são apresentados o pré-dimensionamento e as medições que conduziram à estimativa orçamental realizados no âmbito do presente trabalho. Foram tidas em contas as obras pré-existentes e os estudos de agitação marítima. Os preços unitários, apesar da incerteza, foram formados com base em empreitadas do mesmo tipo.

1. PRÉ-DIMENSIONAMENTO e MEDIÇÕES.

C.1.1 - Introdução

A Figura C-1 apresenta o layout previsto na Solução A - Anteporto. Os perfis tipo foram numerados de P1 a P7 na figura.

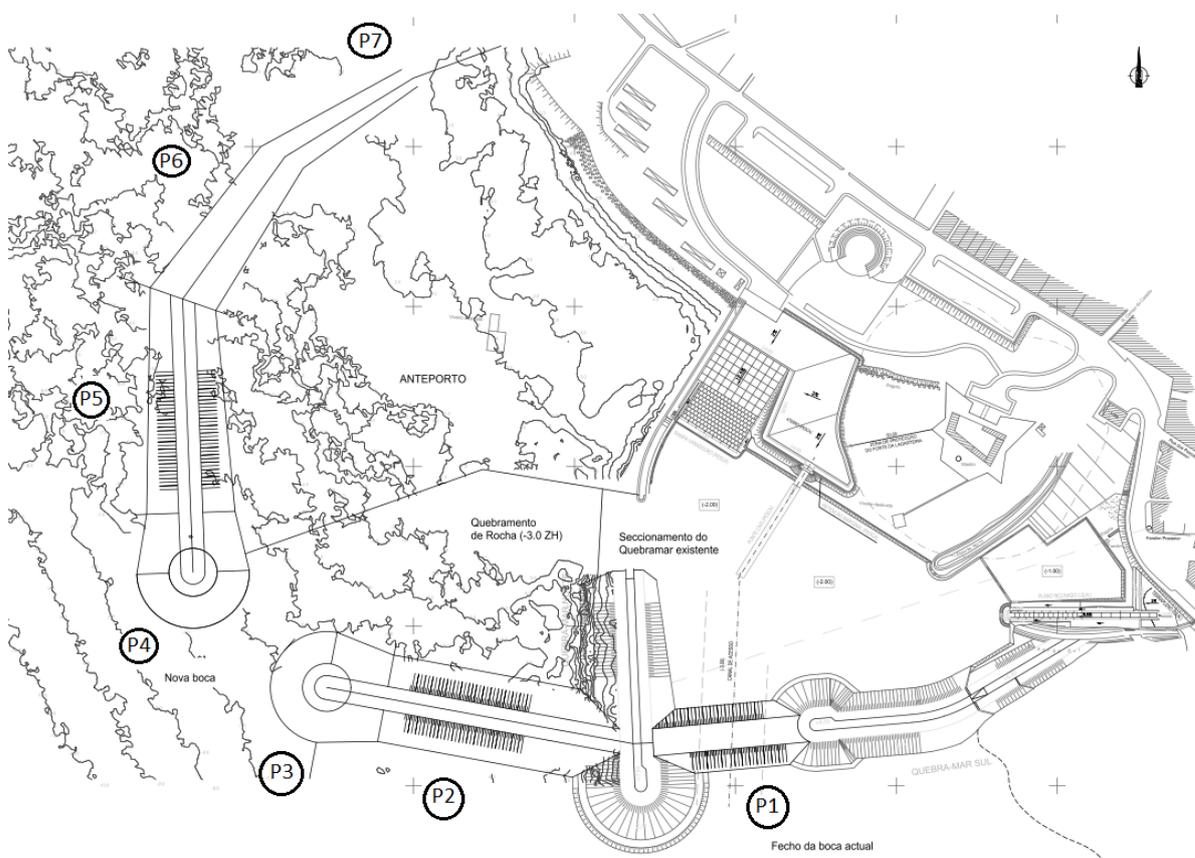


Figura C-1 – Vila Praia de Âncora. Layout previsto na Solução A – Anteporto. Fechamento da boca existente, seccionamento do quebra.mar norte (existente) e criação de um ante-porto protegido por dois quebra-mares. Quebramento de rocha no anteporto para estabelecimento de um canal de acesso à cota (-3.0 ZH).

C.1.2 – Pré-dimensionamento e medição dos perfis.

A massa dos blocos do manto de protecção foi verificada com base na fórmula de Hudson. Admitiu-se o uso de blocos cúbicos Antifer. A altura de onda de projecto (temporal dos cem anos), no local, varia consoante a profundidade (ver Anexo A – Estudos em Modelo Matemático). A cabeça dos quebra-mares, perfis P3 e P4 apresentam um talude mais suave que o tronco.

Os blocos são considerados colocados de forma irregular em duas fiadas com uma porosidade de camada de 48% (vazios). O pé do talude é também formado por antiferes. O valor do coeficiente K_d da fórmula de Hudson foi fixado de acordo com o

recomendado pela British Standard (BS6344 Parte 7), no intervalo 6 a 8, considerando-se os valores mais baixos para a cabeça da obra.

Manto da cabeça em cubos antifer (Perfis P3 e P4)

$$M = \frac{\rho_s H_s^3}{K_d \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3 \cotg \alpha}$$

Onde: ρ_s massa volúmica do betão (2400 kg/m³); ρ_w massa volúmica da água do mar (1025 Kg/m³); H_s altura significativa da onda (7.0m); K_d coeficiente (6); α ângulo de talude da camada (2h:1v). O valor mínimo da massa do bloco para que se tenha estabilidade hidráulica é de cerca de $M = 28500\text{Kg}$, a que corresponde um peso de 279300 N. Dado que os blocos presentes na cabeça do quebra-mar existente são de 300 kN adoptou-se o mesmo valor nos perfis P3 e P4 que correspondem à cabeça das obras.

Manto do Tronco em cubos antifer (Perfis P2 e P5):

O tronco apresenta um talude do manto a 3h:2v. A altura significativa da onda considerou-se que poderá ser um pouco inferior (ver Anexo-A), pois esta parte da obra está numa menor profundidade, neste caso $H_s=6.0\text{m}$. O valor de K_d foi fixado em 7. O valor mínimo para que se tenha estabilidade hidráulica é de cerca de 20500Kg. Adoptaram-se também blocos cúbicos antifer de 300kN, mantendo assim um único tipo de bloco de betão em obra, Perfis P2 e P5.

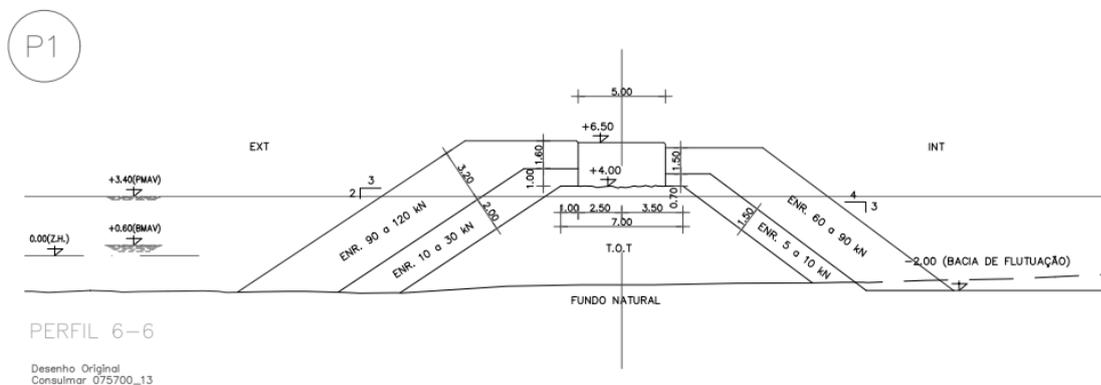
Manto do tronco em enrocamento (Perfil P6):

O tronco do perfil P6 apresenta um manto em enrocamento com talude a 3h:2v. A altura significativa da onda será aí de H_s entre 3.0m e 2.5m. Admitiu-se ρ_s massa volúmica do enrocamento (2650 kg/m³); K_d coeficiente (2.0) pois se está na zona de rebentação. O valor mínimo da massa dos blocos de enrocamento para que se tenha estabilidade hidráulica é de cerca de 6000Kg, ou seja, aproximadamente 60kN.

O Pré-dimensionamento dos perfis tem por base as pré-existências no local. Alterou-se a cota da plataforma inicial de trabalho (cota do coroamento do núcleo de TOT) dado que a obra será construída a seco.

No que se segue apresenta-se a geometria dos perfis tipo para as diferentes partes de obra, as áreas medidas, e os comprimentos de aplicação dos perfis.

Perfil P1 – Fechamento da Boca actual do porto.



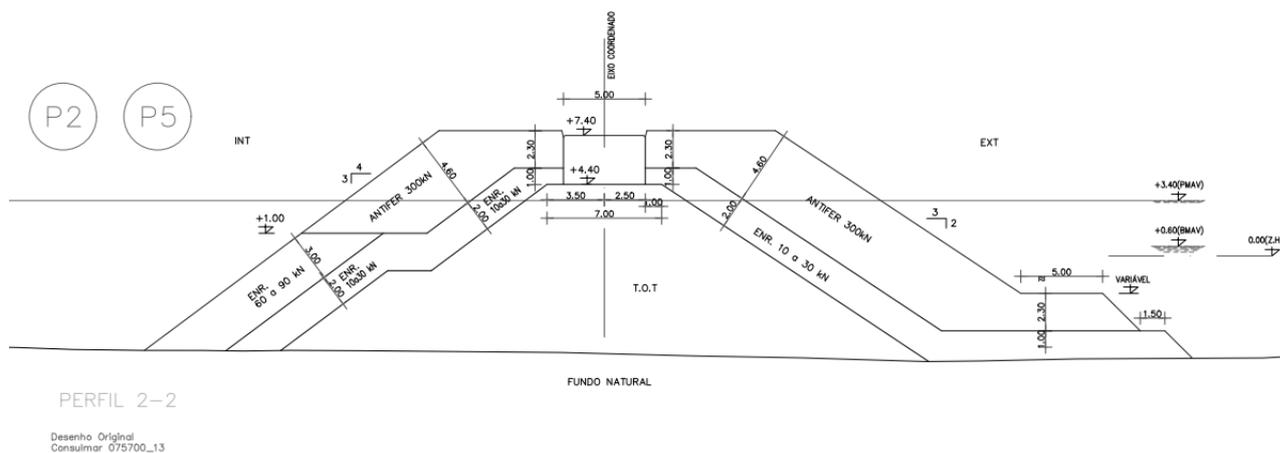
	Area (m2)	Volume (m3)
Betão	12.5	1000
Enrocamento 90 a 120 KN	53,24	4259.2
Enrocamento 60 a 90 KN	43.35	3482.4
Enrocamento 10 a 30 KN	25.92	2073.6
Enrocamento 5 a 10 KN	15.95	1276.0
T.O.T.	90.00	7200.0

Comprimento aplicação = 80m

Observações.

Optou-se por prolongar o perfil do molhe existente mantendo a geometria.

Perfil P2 e P5 – Tronco dos quebra-mares do anteporto.



	Area (m2)	Volume Perfil P2 (m3)	Volume Perfil P5 (m3)
Betão coroamento	15.0	2325	1950
Antifer 300kN	166.0	25730	21580
Enrocamento 60 a 90 kN	36.0	5580	4680
Enrocamento 10 a 30 kN	109.0	16985	14170
T.O.T.	245.0	37975	31850

Comprimento aplicação do P2= 155m

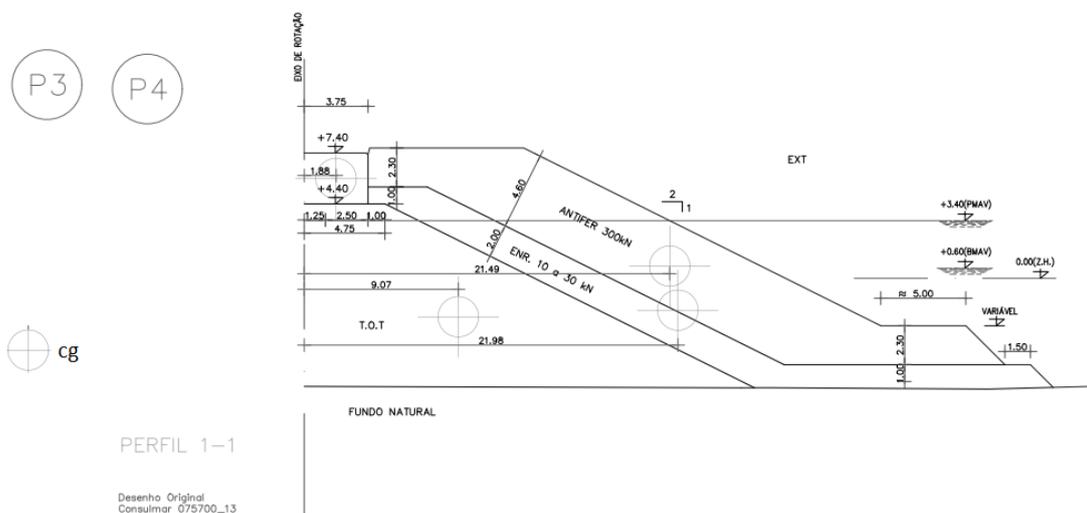
Comprimento de Aplicação do P5 =130m

Observações.

Os perfis P2 e P5 são semelhantes tendo comprimentos de aplicação diversos.

Os antiferes serão usados também no intradorso do quebra-mar até à cota +1.0 ZH.

Perfil P3 e P4 – Cabeça dos quebra-mares do anteporto (meios-perfis).



	Area (m2)	L1=πr(m)	L2(m)	L1+L2(m)	Volume (m3)
Betão coroamento	11.25	5.90	76	82	922.50
Antifer 300kN	143.21	67.47	76	144	20622.24
Enrocamento 10 a 30 KN	71.70	69.02	76	145	10396.50
T.OT.	168.0	28.47	76	104	17472.00

Observações:

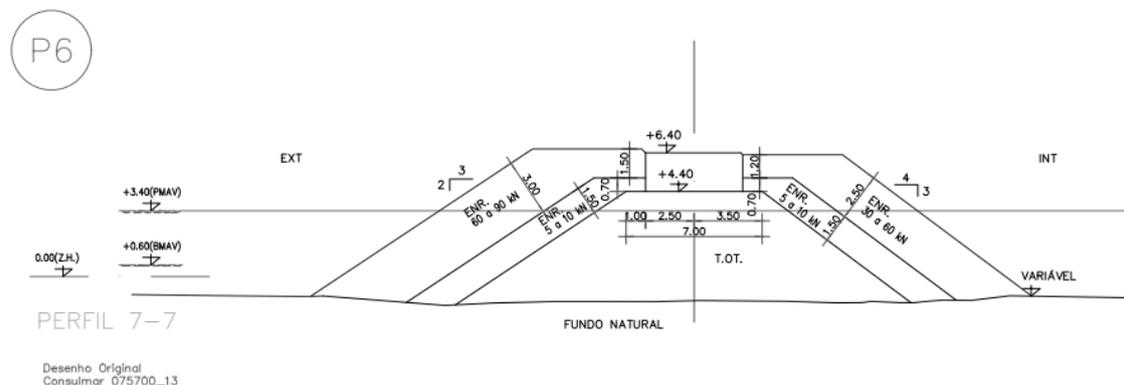
As cabeças dos dois quebra-mares são semelhantes.

O perfil é de rotação aplicando-se também nas zonas de transição para o tronco.

Os antiferes são considerados colocados de forma irregular com uma porosidade da camada de 48%.

Sobre o perfil estão desenhados os centros de gravidade das áreas respectivas – cg.

Perfil P6 – Tronco do quebra-mar norte.



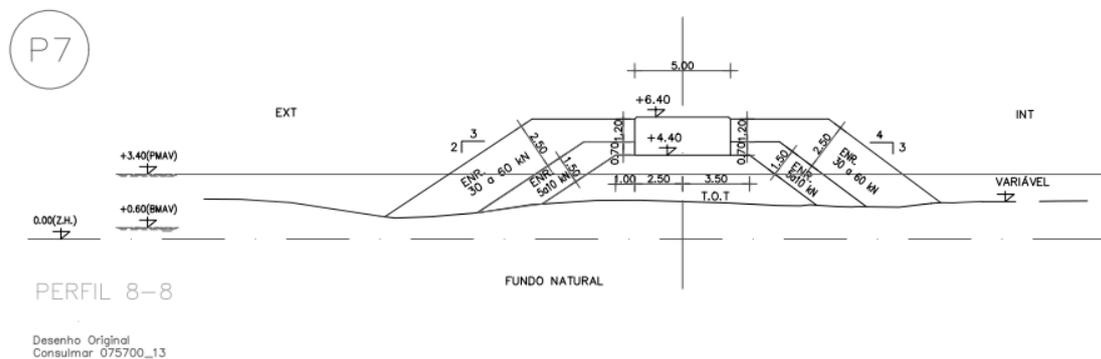
	Area (m ²)	Volume (m ³)
Betão coroamento	10.0	1100.00
Enrocamento 60 a 90 kN	44.5	4895.00
Enrocamento 30 a 60 kN	33.0	3630.00
Enrocamento 5 a 10 kN	34.13	3754.30
T.O.T.	88.5	9735.00

Comprimento aplicação = 110 m

Observações.

Este perfil é todo construído em enrocamento.

Perfil P7 – Tronco do quebra-mar norte.



	Area (m2)	Volume (m3)
Betão coroamento	10.0	1500.00
Enrocamento 30 a 60 kN	45.7	6855.00
Enrocamento 5 a 10 KN	18.5	2775.00
T.OT.	27.7	4155.00

Comprimento aplicação = 150 m

Observações.

Este perfil desenvolve-se quase sempre a cota elevada sobre o “plateau” rochoso marginal de Vila Praia de Âncora.

C.1.3 – Medição do Quebramento de rocha.

Será necessário criar um canal de acesso à cota -3.0m ZH dentro do anteporto na aproximação à passagem para a bacia portuária existente. Prevê-se que o canal de acesso seja aberto quase exclusivamente em rocha que aflora no local, ver Figura C1.

A medição do quebramento de rocha foi feita por duas vias alternativas: a) por perfis equidistantes de 20m e pela área das curvas de nível equidistantes entre si de 1.0m (curvas: -3.0m ZH; -2.0m ZH; -1.0m ZH, ZH, +1.0 ZH).

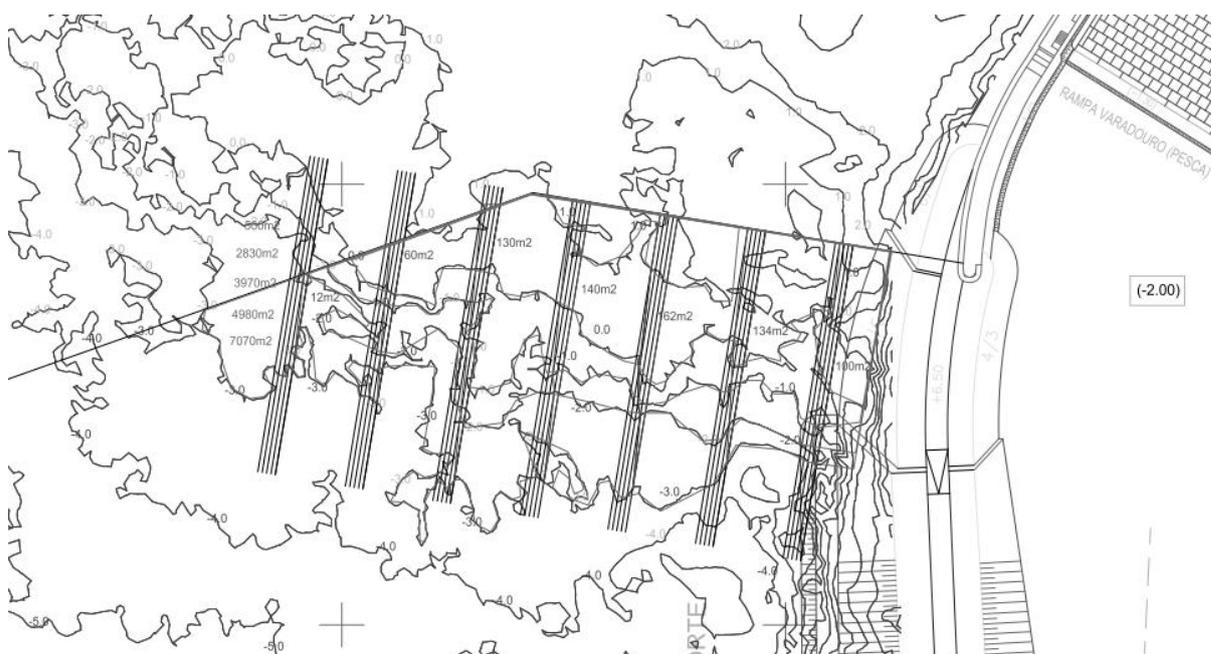


Figura C-2 – Vila Praia de Âncora. Layout previsto na Solução A – Anteporto. Quebramento de rocha no anteporto para estabelecimento de um canal de acesso à cota (-3.0 ZH). Medições

Medição por perfis:

Total da área dos perfis:

$$12\text{m}^2 + 60\text{m}^2 + 130\text{m}^2 + 140\text{m}^2 + 162\text{m}^2 + 134\text{m}^2 + 100\text{m}^2 = 730\text{m}^2$$

$$\text{Volume: } 730 \text{ m}^2 \times 20\text{m} = 14760 \text{ m}^3$$

Medição por áreas de curvas de nível:

Curva de Nível:	Area (m2)	Volume (m3)
-3.0 ZH	7070	6025
-2.0 ZH	4980	4475
-1.0 ZH	3970	3400
ZH	2830	1665
+1.0 ZH	500	
	Total:	15565 m3

O valor médio para o quebramento de rocha estimado é de cerca de 15000 m3.

C.1.4 – Notas finais.

A estimativa de custo foi obtida multiplicando os preços unitários pelas quantidades de trabalho avaliadas no âmbito do presente trabalho, Tabela C-1. Assiste-se presentemente a um grande aumento e uma certa incerteza nos preços da construção civil. A estimativa obtida tem dois valores consoante os preços unitários. Num caso, com preços fornecidos por um empreiteiro chegou-se a um valor para as obras de cerca de 20 milhões de euros. Por outro lado, com preços de um consultor de engenharia chegou-se a um valor de cerca de 40 milhões de euros. Muito provavelmente, entre estes dois valores estará a realidade. Convém notar, que não foram incluídas no custo, por falta de um levantamento de pormenor, as obras de seccionamento do molhe norte existente.