



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil



Ampliação do Porto de Pesca de Rabo de Peixe, Ilha de São Miguel, Açores

Peças Escritas

LUCÍLIA ALVES LUÍS
Licenciada em Engenharia Civil

Trabalho de Projecto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de
Especialização em Hidráulica

Orientador:

Licenciado – Equiparado a Prof. Adjunto do ISEL,
Especialista da OE - José Pedro Fernandes

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier Brito Machado, Prof.
Coordenadora (ISEL)

Vogais:

Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos, Prof. Coordenador
(ISEL)

Licenciado José Pedro Coelho Fernandes, Eq. Prof. Adjunto
(ISEL)

Dezembro de 2010



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

Ampliação do Porto de Pesca de Rabo de Peixe, Ilha de São Miguel, Açores

Peças Escritas

LUCÍLIA ALVES LUÍS
Licenciada em Engenharia Civil

**Trabalho de Projecto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de
Especialização em Hidráulica**

Orientador:

**Licenciado – Equiparado a Prof. Adjunto do ISEL,
Especialista da OE - José Pedro Fernandes**

Júri:

**Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier Brito Machado, Prof.
Coordenadora (ISEL)**

Vogais:

**Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos, Prof. Coordenador
(ISEL)**

**Licenciado José Pedro Coelho Fernandes, Eq. Prof. Adjunto
(ISEL)**

Dezembro de 2010

AGRADECIMENTOS

À equipa técnica que participou na elaboração deste trabalho, nomeadamente à Sofia Freire, ao Miguel Robert, ao João Prado, ao Sérgio Santos, à Fátima Correia e à Ana Maria Santos.

Quero também manifestar o meu agradecimento à Consulmar – Projectistas e Consultores, Lda. e à Lotaçor – Serviço de Lotas dos Açores, S.A. por permitirem o uso deste trabalho prático para fins académicos.

RESUMO

Refere-se o presente trabalho ao Estudo Prévio de Ampliação do Porto de Pesca de Rabo de Peixe, situado na costa norte da ilha de São Miguel, no arquipélago dos Açores.

Trata-se de um estudo que se reveste de alguma complexidade, não só pelas condições de agitação severas que assolam frequentemente toda a costa norte da ilha, como pelas particularidades das infra-estruturas existentes e programa de necessidades a satisfazer.

A sua realização envolveu o uso de várias ferramentas de cálculo, designadamente de um programa matemático de Refracção Espectral, para transferência da agitação do largo para o local, modelação matemática da propagação da agitação para o interior do porto, e formulações várias para predimensionamento estrutural dos mantos de protecção, muros-cortina e verificação da estabilidade do molhe em estrutura mista.

O Estudo Prévio inicia com a descrição das infra-estruturas portuárias existentes e historial do porto, passa depois para a caracterização das condições naturais locais, procedendo-se posteriormente à definição do programa de necessidades.

Por ter envolvido o estudo de um grande número de soluções (cerca de onze), antes da descrição das soluções preseleccionadas e posteriormente analisadas mais detalhadamente (apenas três), procede-se à descrição de todas as soluções alternativas e variantes inicialmente consideradas, enumeram-se as suas principais características, vantagens e desvantagens, bem como as razões que levaram à sua exclusão.

Para cada uma das três soluções alternativas preseleccionadas apresenta-se:

- Descrição e justificação do Arranjo Geral;
- Caracterização do comportamento hidráulico e estrutural esperado das obras de abrigo;
- Descrição das obras interiores propostas;
- Interferência nas condições actuais de entrada no porto;
- Processo construtivo;
- Estimativa de custo.

Finalmente, procede-se à análise comparativa das soluções propostas e à recomendação da que se considera técnica e economicamente mais vantajosa.

ABSTRACT

This paper covers a Preliminary Expansion Study for the fishing port of Rabo de Peixe, situated on the north coast of the island of São Miguel in the Azores.

This study is somewhat complex, not only because of frequently severe wave agitation along the island's whole northern coast, but also because of the existing infrastructure's specific conditions and the programmed needs to be met.

The study involved applying various calculation tools, particularly a Spectral Refraction mathematical program to transfer nearshore agitation to the respective location, the mathematical modelling of agitation propagated into the port, various formulas for the structural pre-design of protection layers, curtain walls and to confirm the stability of the jetty built of a mixed structure.

The Preliminary Study begins by describing the port's existing infrastructures and history, characterizes the location's natural conditions and then defines the requirements program.

Since the study covered a wide number of solutions (about eleven), before describing the pre-selected solutions (only three), which were analyzed in greater detail, all the alternative and variant solutions initially taken into account are also described and a list was made of their main features, advantages and disadvantages, as well as the reasons for their exclusion.

The following was presented for each of the three preselected alternatives:

- Description and justification of the General Arrangement;
- Characterization of the structural and hydraulic behaviour expected from the protection works;
- Description of proposed works inside the port;
- Interference with the port's current entrance conditions;
- Construction process;
- Estimated cost.

Lastly, the proposed solutions are subject to a comparative analysis, after which the technically and economically more advantageous solution is recommended.

PALAVRAS CHAVE

Portos de pesca, propagação da agitação para o interior de bacias portuárias, onda de projecto, dimensionamento estrutural e hidráulico das obras de abrigo.

KEYWORDS

Fishing ports, propagation of agitation into port basins, design wave, structural and hydraulic design of protection structures.

NOTA PRÉVIA

A anteceder a apresentação do conteúdo deste Trabalho Final de Mestrado (TFM), cuja escolha recaiu sobre um Projecto realizado pelo autor e sua equipa técnica, no âmbito da sua actividade profissional, faz-se notar que se trata de um trabalho de cariz eminentemente prático.

Assim, foi opção do autor manter a sua apresentação o mais fiel possível à original sem, no entanto, deixar de a conjugar com as regras de apresentação dos TFM instituídas, nomeadamente a inclusão do sumário e das palavras chaves, que no mundo profissional normalmente não constam do conteúdo deste tipo de projectos, bem como a descrição pormenorizada dos métodos de cálculo adoptados que, por constarem da bibliografia da especialidade, geralmente não são descritos, mas apenas referenciados.

De registar também que o Projecto seleccionado para este TFM foi o Estudo Prévio de Ampliação do Porto de Pesca de Rabo de Peixe. A motivação para esta escolha está associada a características do local e da estrutura preexistente, que tornam o projecto particular, complexo, e logo, mais interessante, quer do ponto de vista prático quer do ponto de vista académico. A título de exemplo enumeram-se:

- A sua localização – costa norte da ilha de São Miguel que é caracterizada por um clima de agitação dos mais severos de Portugal;
- As infra-estruturas portuárias preexistentes:
 - ◆ seu aproveitamento;
 - ◆ melhoria das suas condições de funcionamento, segurança e operacionalidade;
 - ◆ integração com as novas infra-estruturas;
- Tipo de utilizadores destas infra-estruturas – a comunidade piscatória mais carenciada do país;
- Programa de Necessidades a satisfazer e conjugação das pretensões dos seus utilizadores com as das entidades tutelares;
- Limitações físicas:
 - ◆ plataforma continental estreita;
 - ◆ reduzido número de dias com condições para trabalhar, devido ao clima de agitação severo característico do local;
 - ◆ limitações na obtenção de enrocamento de grandes dimensões (no máximo 60 a 90 kN, enquanto no continente se pode obter enrocamento até 150 kN);

- ◆ ausência de meios humanos e materiais para realização deste tipo de obras, obrigando à deslocação destes do continente;
- Limitações orçamentais – sempre presentes na elaboração de projectos em geral, nestes, em particular, pelo facto de as obras marítimas serem muito onerosas, neste caso, agravadas pelas limitações físicas referidas.

A opção pela apresentação da fase de projecto correspondente ao Estudo Prévio também não foi inadvertida. A sua escolha assenta no facto de se tratar da fase de concepção por excelência, e logo, a mais complexa e exigente do ponto de vista do conhecimento da Hidráulica Marítima e Engenharia Costeira e Portuária exigindo, igualmente, noções de Planeamento Portuário.

É nesta fase que se elaboram os estudos de caracterização da agitação marítima ao largo, efectua-se a sua transposição para o local, se estimam as alturas de onda de projecto e se predimensionam os elementos constituintes das estruturas de abrigo (blocos dos mantos de protecção e muros-cortina). Com base nos levantamentos topo-hidrográficos e geotécnicos existentes, ou elaborados para o efeito, gizam-se as diferentes soluções alternativas de “layout” e estruturais, que melhor se ajustam às condições locais. Soluções estas que são posteriormente validadas, excluídas ou melhoradas, com recurso a modelos matemáticos de propagação da agitação para o interior das bacias portuárias, permitindo assim avaliar as soluções que serão mais eficientes do ponto de vista do abrigo portuário que se pretende conferir.

Analisadas as várias soluções alternativas, do ponto de vista hidráulico e estrutural, procede-se à elaboração das respectivas estimativas de custo, passando-se finalmente para a sua análise comparativa, tarefa na qual se entra em conta com inúmeros parâmetros de avaliação (e.g.: melhoria das condições de abrigo, número de postos de estacionamento em flutuação criados, redução dos galgamentos, aumento das áreas molhadas e de terraplano, criação de postos de estacionamento para embarcações de recreio e marítimo-turísticas, processo construtivo, custo das obras e relação custo/benefício), concluindo-se com a recomendação da solução que se afigura técnica e economicamente mais vantajosa.

Concluída a fase de Estudo Prévio, as fases seguintes (Projecto Base e Projecto de Execução) consistem apenas na confirmação dos pressupostos que levaram à recomendação da solução seleccionada e a pequenas afinações (Projecto Base) e ao desenvolvimento e pormenorização (Projecto de Execução).

Uma destas fases é normalmente antecedida da realização de ensaios em modelo físico reduzido tridimensional para verificação da estabilidade, avaliação dos galgamentos e das condições de abrigo da bacia portuária, cujas especificações são também elaboradas na fase de Estudo Prévio.

Finalmente, de referir que, embora o Estudo Prévio realizado incluía também as estruturas interiores (cais, pontes-cais, doca de pórtilco, rampas-varadouro, etc.), neste TFM, embora se faça referência a estas estruturas, optou-se por suprir o seu dimensionamento da Memória Cálculo pelo facto de este tipo de dimensionamento estrutural não fazer parte do âmbito da especialidade da Hidráulica Marítima.

ÍNDICE DO TEXTO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - DESCRIÇÃO SUCINTA DAS INFRA-ESTRUTURAS PORTUÁRIAS EXISTENTES.....	3
2.1 - Historial do porto de pesca de Rabo de Peixe	3
2.2 - Identificação das infra-estruturas portuárias existentes	3
2.2.1 - Molhe-cais	4
2.2.2 - Cais de descarga.....	5
2.2.3 - Ponte-cais de descarga	5
2.2.4 - Retenção de aterro	6
2.2.5 - Doca de pórtico.....	6
2.3 - Caracterização das condições de operacionalidade actuais	8
3 - CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES NATURAIS LOCAIS	11
3.1 - Considerações prévias	11
3.2 - Topo-hidrografia e natureza dos fundos.....	11
3.3 - Ventos.....	12
3.4 - Maré e correntes.....	13
3.5 - Agitação marítima.....	17
3.5.1 - Regime ao largo	17
3.5.2 - Regime médio local	18
3.5.3 - Valores extremos.....	20
4 - PROGRAMA DE NECESSIDADES.....	25
5 - DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PREVIAMENTE CONSIDERADAS	27
5.1 - Considerações prévias	27
5.2 - Solução Alternativa 1 e Variantes.....	27
5.3 - Solução Alternativa 2 e Variantes.....	31
5.4 - Solução Alternativa 3 e Variantes.....	33
5.5 - Soluções preseleccionadas	36
5.6 - Minimização dos galgamentos do actual molhe	36
6 - DESCRIÇÃO PORMENORIZADA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PRESELECCIONADAS	37
6.1 - Considerações prévias	37
6.2 - Solução Alternativa 1	37
6.2.1 - Descrição e justificação do Arranjo Geral.....	37

6.2.2 - Comportamento hidráulico e estrutural das obras de abrigo.....	39
6.2.3 - Caracterização das obras interiores.....	41
6.2.4 - Alteração das condições de entrada	43
6.2.5 - Processo construtivo	43
6.2.6 - Estimativa de custo	44
6.3 - Solução Alternativa 2.....	45
6.3.1 - Descrição e justificação do Arranjo Geral	45
6.3.2 - Comportamento hidráulico e estrutural das obras de abrigo.....	47
6.3.3 - Caracterização das obras interiores.....	49
6.3.4 - Alteração das condições de entrada	50
6.3.5 - Processo construtivo	51
6.3.6 - Estimativa de custo	52
6.4 - Solução Alternativa 3.....	52
6.4.1 - Descrição e justificação do Arranjo Geral	52
6.4.2 - Comportamento hidráulico e estrutural das obras de abrigo.....	54
6.4.3 - Caracterização das obras interiores.....	56
6.4.4 - Alteração das condições de entrada	57
6.4.5 - Processo construtivo	57
6.4.6 - Estimativa de custo	58
6.5 - Solução para minimizar os problemas de galgamento do actual molhe.....	58
7 - ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PROPOSTAS	61
7.1 - Resumo das características das soluções	61
7.2 - Análise Comparativa de Soluções.....	62
7.3 - Conclusão - Solução recomendada	67
REFERÊNCIAS CONTIDAS NO TEXTO	69
REFERÊNCIAS NÃO CONTIDAS NO TEXTO	71

PEÇAS DESENHADAS

APÊNDICES:

- APÊNDICE I – FIGURAS – VENTOS E AGITAÇÃO EXTERIOR (ao largo e local)
- APÊNDICE II – RESULTADOS DO MODELO MATEMÁTICO MIKE 21 (Propagação da agitação local para o interior da bacia)
- APÊNDICE III – MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS CONSTITUINTES DAS OBRAS DE ABRIGO
- APÊNDICE IV – ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
- APÊNDICE V – ESPECIFICAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS EM MODELO FÍSICO REDUZIDO

ANEXO – LISTAGEM DA FROTA DE PESCA LOCAL

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fot. 1 – Fotografia aérea da baía de Rabo de Peixe (Google, 2007)	4
Fot. 2a) – Fotografia aérea das infra-estruturas portuárias de Rabo de Peixe (Google, 2007)	7
Fot. 2b) – Fotografia oblíqua da baía de Rabo de Peixe (Lucília, 2009)	7

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Valores de Hs (m) em Q0, a -30 m (ZH)	21
Quadro 2 – Valores de Hs (m) em Q1, a -14 m (ZH)	22
Quadro 3 – Valores de Hs (m) em P1, a -10 m (ZH)	22
Quadro 4 – Valores da altura de onda limitada pela profundidade	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Solução 1 e Variante A	28
Fig. 2 – Solução 1 Variantes B e C	30
Fig. 3 – Solução 1 – Variante D	30
Fig. 4 – Solução Alternativa 2 e Variante A	31
Fig. 5 – Solução 2 – Variante B	33
Fig. 6 – Solução Alternativa 3 e Variante A	34
Fig. 7 – Solução Alternativa 3 – Variante B	35
Fig. 8 – Alteamento do muro-cortina do molhe existente	36

ÍNDICE DE DESENHOS

Des. 1 – Planta da Situação Actual	
Des. 2 – Solução Alternativa 1 – Planta	
Des. 3 – Solução Alternativa 1 – Perfis	
Des. 4 – Solução Alternativa 2 – Planta	
Des. 5 – Solução Alternativa 2 – Perfis	
Des. 6 – Solução Alternativa 3 – Planta	
Des. 7 – Solução Alternativa 3 - Perfis	

1 - INTRODUÇÃO

Refere-se o presente documento ao Estudo Prévio de Ampliação do Porto de Pesca de Rabo de Peixe, na ilha de S. Miguel. Deste Estudo Prévio consta o estudo de várias soluções alternativas das quais se preseleccionaram e desenvolveram as três que revelaram maior viabilidade.

Antecederam a elaboração deste Estudo, uma visita ao local e a realização de uma reunião com representantes das entidades tutelares.

Este documento é constituído pelos seguintes capítulos:

- Descrição das infra-estruturas portuárias existentes;
- Caracterização das condições naturais locais;
- Estabelecimento do Programa de Necessidades;
- Descrição das soluções alternativas consideradas;
- Estudo mais detalhado das Soluções alternativas preseleccionadas;
- Análise comparativa das soluções alternativas propostas,

fazendo igualmente parte deste documento, a estimativa orçamental das várias soluções preseleccionadas, bem como as peças desenhadas que ilustram cada uma das soluções.

2 - DESCRIÇÃO SUCINTA DAS INFRA-ESTRUTURAS PORTUÁRIAS EXISTENTES

2.1 - Historial do porto de pesca de Rabo de Peixe

Desconhece-se a data em que teriam sido construídas as primeiras infra-estruturas portuárias na baía de Rabo de Peixe. Sabe-se, no entanto, que até ao início dos anos 80, as infra-estruturas existentes limitavam-se a uma pequena rampa-varadouro e a uma área para estacionamento de embarcações a seco, situada cerca de 14 m acima do ZH ⁽¹⁾.

No decurso da década de 80, as instalações foram alargadas com a construção de uma segunda área de estacionamento à cota +7,00 m (ZH), terraplino este que terá sido protegido da agitação marítima por um muro-cortina e Tetrápodos. Nesta altura foi também construída uma segunda rampa para acesso ao novo terraplino e em terra, uma lota.

No período entre 1998-2000 foram construídas novas obras na bacia de Rabo de Peixe, para melhorar as condições de segurança na entrada das embarcações de pesca artesanal às referidas rampas.

2.2 - Identificação das infra-estruturas portuárias existentes

O porto de pesca de Rabo de Peixe é actualmente constituído por obras de acostagem, obras de alagem e varagem e terraplino para estacionamento de embarcações. Para o abrigar, existe um molhe, com a orientação aproximada de NE-SW (ver Fot. 1) (Consulmar, 1999).

No intradorso do molhe está construído, adjacente ao mesmo, um cais de descarga com fundos de serviço a -5 e -3,00 m (ZH) e cota de coroamento à +3,0 m (ZH).

Aderente ao cais, na zona do enraizamento com o terraplino, existe uma doca de pósito com 5 m de largura por 15 m de comprimento. Também nesta zona, para reter os terraplinos, existe uma retenção perpendicular ao cais, a qual é interrompida por uma ponte-cais de 40 m de comprimento por 5,5 m de largura.

⁽¹⁾ - Nos Açores o Zero Hidrográfico encontra-se 1 m abaixo do nível médio do mar.



Fot. 1 - Fotografia aérea da baía de Rabo de Peixe (Google, 2007)

2.2.1 - Molhe-cais

O molhe-cais enraíza na Av. Marginal e apresenta cerca de 240 m de comprimento (ver Fots. 2a) e b) – ponto 1).

É constituído por um núcleo trapezoidal de enrocamento de todo o tamanho (tot), revestido por mantos de enrocamento seleccionados e de blocos artificiais (cubos Antifer) e encimado por uma superestrutura de betão simples.

O núcleo é revestido exteriormente por um manto de enrocamento de 10 a 30 kN, com 2,0 m de espessura e inclinação do talude de 1/1,5 (V/H), e por um manto de protecção exterior constituído por blocos Antifer de 150 kN, com uma espessura de 3,90 m até o molhe atingir a batimetria de -5,00 m (ZH) e blocos Antifer de 300 kN, com uma espessura de 4,90 m, no restante corpo do molhe e na cabeça.

No intradorso, excepto na extensão do cais, é revestido por um manto de enrocamento de 10 a 30 kN, com 2 m de espessura, sobre o qual está colocado o manto de protecção de blocos Antifer de 150 kN, com 3,90 m de espessura.

A cabeça do molhe é tronco-cónica, sendo o manto de protecção constituído, também, por blocos Antifer de 300 kN, com a inclinação do talude de 1/1,5 (V/H).

A superestrutura é em betão simples, assente sobre a núcleo de tot. Dispõe de uma plataforma com 8 m de largura à cota +2,5 m (ZH) e de um muro em degrau, com uma altura total de 7,0 m no extradorso, para apoio do manto de protecção. No intradorso a cota do muro atinge apenas a +6,0 m (ZH).

2.2.2 - Cais de descarga

A infra-estrutura do cais (ver Fots. 2a) e b) – ponto 3) corresponde a um tradicional muro em colunas de blocos de betão simples em forma de “I”, com os poços entre os pilares, cheios de enrocamento e encimados por uma superestrutura de betão simples, betonada “in situ” (Consulmar, 1997).

Nos remates dos cantos de cais, foram utilizadas aduelas de betão armado, preenchidas com betão.

Os blocos assentam sobre um prisma de enrocamento de 0,2 a 0,5 kN, com espessura mínima de 0,50 m e plataforma regularizada com brita.

No tardo das colunas de blocos localiza-se o prisma de alívio constituído por enrocamento de todo o tamanho (tot).

2.2.3 - Ponte-cais de descarga

A ponte-cais (ver Fots. 2a) e b) – ponto 4) é constituída por pilares de aduelas de betão armado preenchidas com betão simples, assente sobre prismas de enrocamento de fundação de 0,3 a 0,5 kN.

Estas aduelas têm o coroamento à cota +1,50 m (ZH) e sobre elas assente a superestrutura de betão “in situ”, em toda a largura (5,50 m) à custa de vigas prefabricadas com comprimento de 8,5 m e secção rectangular de 0,70 m x 0,50 m. Sobre as vigas apoia uma laje de tabuleiro com 0,20 m de espessura.

2.2.4 - Retenção de aterro

A retenção existente implanta-se perpendicularmente ao cais de descarga (ver Fots. 2a) e b) – ponto 5), apresenta uma extensão de 40 m, e é constituída por um prisma de enrocamento de todo o tamanho (tot), revestido exteriormente por uma protecção de enrocamento de 10 a 30 kN, com 2,0 m de espessura.

No coroamento da retenção encontra-se um bloco de betão simples de secção prismática, que faz o remate do pavimento.

2.2.5 - Doca de pórtilco

Aderente ao cais, sobre a retenção marginal (ver Fots. 2a) e b) – ponto 6), foi construída uma doca de pórtilco com fundos de serviço de -3,0 m (ZH). A estrutura é do tipo gravidade e apresenta uma largura de 5,0 m, um comprimento útil de 15 m e total de 26 m, dos quais, 9 m ficam sobre a retenção.

AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA



Fot. 2a) - Fotografia aérea das infra-estruturas portuárias de Rabo de Peixe (Google, 2007)



Fot. 2b) - Fotografia oblíqua da baía de Rabo de Peixe (Lucília, 2009)

2.3 - Caracterização das condições de operacionalidade actuais

O porto de pesca de Rabo de Peixe, tal como existe actualmente, devido à sua localização totalmente exposta à agitação do quadrante de norte, ao programa de necessidades então estabelecido e a restrições de ordem financeira, foi concebido, projectado e construído para ter condicionantes importantes de operacionalidade, (Consulmar, 2001).

Foi assumido e verificado nos ensaios em modelo físico reduzido (LNEC, 1998) que a obra de abrigo era francamente galgável; só se previa estacionamento em flutuação de embarcações em condições favoráveis; a operacionalidade do cais só se mantinha enquanto as condições de agitação permitiam a faina no mar.

Por isso, apesar do porto de pesca dispor de uma série de infra-estruturas (cais, doca de póstico, terraplenos, etc.), que posteriormente foram sendo adicionadas, foi concebido apenas com o intuito de melhorar as condições de acesso das embarcações às rampas preexistentes. O que significa, obviamente, que, à sua utilização em condições de agitação desfavoráveis, estão associados riscos para as pessoas e bens.

A operacionalidade do porto é essencialmente afectada pelos galgamentos de lâminas de água que começam a ocorrer no início das tempestades quando, de acordo com os resultados dos ensaios em modelo reduzido (LNEC, 1998), as ondas começam a exceder alturas significativas da ordem dos 5 m, valor cuja probabilidade de ocorrência é relativamente elevado (período de retorno da ordem de 1 ano), como se verá no capítulo da caracterização da agitação.

As limitações de uso das diferentes infra-estruturas portuárias são genericamente as seguintes:

- **Estacionamento de embarcações em flutuação** – Não se pode estacionar, quer no cais quer fundear na bacia, em condições de agitação caracterizada por $H_s > 2$ m;
- **Estacionamento de embarcações a seco** – É permitido nos terraplenos do cais de descarga em condições de agitação com $H_s < 3$ m. Dada a frequência de condições superiores a estas no período de Inverno, este é interdito nesse período;
- **Póstico de alagem** – Este poderá movimentar-se até serem atingidas condições de agitação de $H_s < 4$ m, altura em que deve ser deslocado para uma zona abrigada;

AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

- **Edifícios sobre o terrapleno** – Caso venham a ser construídos devem ser implantados o mais recuados possível, com cota de soleira elevada e de preferência com as portas opostas à zona exposta;
- **Circulação sobre o molhe-cais e sobre a ponte-cais** – É interdita sempre que ocorrem situações de mau tempo ($H_s > 4$ m).

3 - CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES NATURAIS LOCAIS

3.1 - Considerações prévias

Neste capítulo apresentam-se os dados mais relevantes que caracterizam as condições naturais locais.

Relativamente a alguns dos domínios sobre que incide esta caracterização, a informação disponível é escassa ou diz respeito a uma caracterização genérica para toda a Ilha de S. Miguel.

No caso particular da topo-hidrografia, devido às condições de agitação, não foi possível efectuar o levantamento antes da elaboração deste estudo, tendo-se recorrido ao levantamento existente, datado de Maio de 1995, e à Carta Hidrográfica N.º 162.

Prevê-se que na fase seguinte – Projecto Base – já se disponha do levantamento topo-hidrográfico, procedendo-se nessa altura, à completagem da respectiva caracterização.

3.2 - Topo-hidrografia e natureza dos fundos

O Porto de Pesca de Rabo de Peixe situa-se na costa norte, no lado nascente de uma baía virada a NNW, apresentando abertura e recorte de cerca de 570 e 340 m, respectivamente.

O seu molhe de abrigo tem cerca de 240 m de comprimento, estando orientado sensivelmente de ENE para WSW, enraizado sobre a “Ponta do Baixio”, onde se estende por mais cerca de 140 m, protegendo a estrada de acesso ao porto.

No intradorso do molhe existe um cais de descarga com cerca de 104 m de comprimento, formando uma plataforma com 23 m de largura dotado de fundos de serviço a -5,0 m e -3,0 m (ZH). Na sua perpendicular, desenvolve-se retenção marginal em talude de enrocamentos que contem e protege o pequeno terraplano portuário. Sensivelmente a meio da retenção enraíza uma ponte-cais de descarga paralela ao cais, com cerca de 40 m de comprimento. O porto dispõe ainda de duas rampas-varadouro situadas na parte sul do porto.

O levantamento hidrográfico realizado em Maio de 1995, revela uma configuração dos fundos ondulada, denotando a presença de três calas de fundos submersos, uma por poente, apontada ao “Canto do Teatro”, outras imediatamente a nascente e centradas com a baía.

A batimétrica -5 m (ZH) apresenta distâncias variáveis à orla costeira, com valores na ordem de 100 a 200 m e um declive máximo de cerca de 5%.

Na zona frontal à baía, entre as batimétricas de -5 e -10 m (ZH), os fundos são extremamente irregulares, definindo uma extensa plataforma com um declive médio menor.

A partir da cota -10 m (ZH), as profundidades crescem mais rapidamente, mantendo ainda os fundos a configuração geral da baía definida pela linha da costa.

Para além de um reconhecimento superficial e pontual dos fundos, realizado aquando da construção da obra de varagem de embarcações, na década 80, não se dispõe de qualquer levantamento geológico específico dos fundos do local da obra, prevendo-se a realização de uma prospeção geotécnica que antecederá a próxima fase de projecto (Projecto Base).

No entanto, tendo em conta a irregularidade da batimetria, detectável no levantamento hidrográfico disponível, é provável que, em grande parte, os fundos sejam de rocha, podendo estar, em certas zonas, nomeadamente na faixa com menores fundos e situada mais próxima da costa, cobertos com areia, calhau rolado ou blocos de pedra.

A linha de costa é formada por uma escarpa de grande altura (da ordem dos 30 m), sendo o seu perímetro caracterizado pelo afloramento de plataforma rochosa e pela presença de pequenas praias de pedra de razoável dimensão.

3.3 - Ventos

Para analisar o regime de ventos foram considerados os valores dos registos correspondentes à estação sinóptica mais próxima de Rabo de Peixe, localizada em Ponta Delgada/Nordela. Os dados, extraídos de uma publicação de 1989 do Serviço de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, abrangem um período de 15 anos consecutivos (1971/85), com oito observações diárias, estando referidos à altura de 10 m.

Na Fig. I.1 são apresentadas as rosas dos ventos anuais e sazonais (Inverno e Verão marítimos) de frequências e velocidades e nas Fig. I.2 a I.5, as rosas dos ventos mensais (agrupadas por período sazonal), correspondentes a esses registos. Na Fig. I.6 é apresentada a relação entre as velocidades máximas e médias, por rumo.

De acordo com estas figuras, o regime de ventos em Ponta Delgada pode caracterizar-se do seguinte modo:

- Os ventos dominantes (mais fortes) no conjunto anual apresentam a seguinte ordem decrescente – W, N, NE, NW e S, SW, SE, E;
- Os ventos mais rápidos no conjunto anual apresentam a seguinte ordem decrescente – NE, W, NW, N e SW, E, SE, E;
- Os ventos reinantes (mais frequentes) no conjunto anual apresentam a seguinte ordem decrescente – N, NE, W, NW e S, SW, SE, E;
- O regime de velocidades é marcadamente sazonal. Com efeito, os valores mais elevados da velocidade média mensal ocorrem durante o período de Inverno marítimo (meses de Outubro a Março), sendo máximos no sector NW-W-S (23,5 a 24,5 km/h);
- Durante o Verão marítimo (meses de Abril a Setembro), as maiores velocidades provêm do sector W-N-NE (16,5 a 18,5 km/h);
- O vento N reina durante todos os meses do ano (19% no Inverno e 25% no Verão), seguido dos rumos W no Inverno (15,3%) e NE no Verão (18,4%) e inversamente, nos períodos opostos;
- As velocidades máximas são superiores às médias mensais em cerca de 2 a 5 vezes, não ultrapassando aquelas valores de cerca de 80 km/h (força 9 na escala de Beaufort – vento e mar tempestuoso), durante o período abrangido;
- A percentagem de calmas é de 2,5% em ano médio, apresentando o máximo em Agosto (4,7%) e o mínimo em Janeiro (1,3%).

3.4 - Maré e correntes

As **marés** no Arquipélago dos Açores são do tipo semi-diurno regular, apresentando amplitudes médias da ordem de 1,0 m e as máximas próximas de 1,9 m.

De acordo com as previsões do Instituto Hidrográfico, elaboradas com base em registos maregráficos realizados no Porto de Ponta Delgada (Tabelas de Marés de 1982 a 2009), aplicáveis a Rabo de Peixe, os elementos característicos da maré apresentam os seguintes valores:

- Preia-mar máximo 1,98 m (ZH)
- Preia-mar de águas vivas 1,69 m (ZH)
- Preia-mar de águas mortas 1,30 m (ZH)
- Nível médio 1,00 m (ZH)
- Baixa-mar de águas mortas 0,70 m (ZH)
- Baixa-mar de águas vivas 0,31 m (ZH)
- Baixa-mar mínimo 0,09 m (ZH)

As Preias-mares e Baixas-mares médias (média dos correspondentes valores em águas-vivas e águas-mortas) têm alturas de água de +1,50 m (ZH) e +0,50 m (ZH), respectivamente.

O Zero Hidrográfico (ZH), utilizado como plano de referência dos levantamentos hidrográficos e das tabelas de marés, situa-se 1,00 m abaixo do nível médio das águas do mar.

Dado se basearem em medições realizadas há muitos anos, a estas alturas deverá ser somado 0,1 m, assim se tendo em conta a lenta subida do nível do mar.

Sob condições meteorológicas anómalas, ventos fortes ou grandes perturbações da pressão atmosférica, a altura de água passa a ter uma importante componente meteorológica sobreposta à componente devida à maré, podendo verificar-se variações significativas das cotas indicadas.

A rebentação contínua de frentes de onda extensas também pode originar a subida do nível do mar (set-up). Trata-se do resultado do transporte e acumulação progressiva no sentido de terra das massas de água mobilizadas durante a rebentação.

Estes efeitos são particularmente sentidos em Rabo de Peixe devido à configuração côncava e total exposição da sua orla costeira às condições de agitação marítima e de vento mais frequentes e intensos. A duração destes fenómenos desempenha aqui também um importante papel.

Em 2001, no âmbito das 2.^{as}JPECP da PIANC, foi apresentada por Trigo Teixeira, A. *et al* (2001) uma análise sobre o temporal de Outubro de 1999, que se apoia em observações visuais de fotografias, onde se refere que os níveis de água no tardo do molhe excederam em 1 m os níveis estáticos teóricos, “...*sobreelevação excepcional do nível do mar provocada pela rebentação da onda antes de atingir a obra de abrigo existente*”. No entanto, não existem quaisquer registos ou dados que corroborem as referidas alturas de sobreelevações.

Apesar disso, tendo por base a referida análise, assim como hipóteses simplificativas de funcionamento hidrodinâmico, considerou-se neste estudo que os níveis do mar, nas proximidades e interior do porto, podem elevar-se cerca de 0,8 a 1,0 m sobre os níveis estáticos teóricos, em condições de tempestade excepcionais, valores estes que serão confirmados aquando da realização dos ensaios em modelo físico tridimensional.

De acordo com o *Roteiro do Arquipélago dos Açores, 2000*, “nos Açores ainda se encontram por estudar as **correntes de maré**, se bem que observações empíricas revelem que estas se fazem sentir, quer na enchente quer na vazante, embora com valores moderados de intensidade. Em geral, as correntes de maré são mais fortes durante águas vivas e próximo da inversão da maré (meia-maré), atingindo maiores velocidades junto às pontas salientes das ilhas”.

Segundo o Instituto Hidrográfico, no exterior do porto, as correntes de maré, que regra geral não excedem 1 nó, na vazante correm para W e na enchente para E, paralelamente à costa.

As *correntes oceânicas* na zona do arquipélago dos Açores integram-se na circulação geral do Atlântico Norte. À superfície, a circulação geral do Atlântico Norte é formada por um giro anticiclónico. Esta circulação anticiclónica é essencialmente constituída a sul pela corrente Equatorial do Norte, a oeste pela corrente do Golfo, a norte pelas correntes do Golfo e do Atlântico Norte, a este e a sudeste pelas correntes de Portugal e das Canárias.

A corrente Equatorial do Norte, induzida pelos ventos alísios de NE, desloca-se para W juntando-se a S à parte da corrente Equatorial do Sul que atravessa o equador. Parte da corrente resultante da confluência destas duas flui para NW formando a corrente das Antilhas, a outra parte desloca-se em direcção ao Golfo do México, induzida pelos ventos de E, fluindo em seguida, através do estreito da Flórida, onde se passa a chamar corrente da Florida. Da confluência desta com a corrente das Antilhas resulta a corrente do Golfo que se desloca para NE ao longo da costa da América do Norte numa faixa relativamente estreita.

Na sua progressão para norte, a corrente do Golfo vai-se afastando da costa tornando-se mais larga e mais fraca. A partir aproximadamente de 40° N 50° W forma um largo fluxo para E e NE e passa a ser chamada corrente do Atlântico Norte. A parte sul da corrente do Atlântico Norte roda no sentido anticiclónico, para direcções que vão desde SE até SW, e é conhecida como corrente dos Açores.

A corrente dos Açores integra-se na corrente Subtropical do Norte e na corrente Equatorial do Norte completando a circulação anticiclónica principal. A parte norte da corrente do Atlântico Norte dirige-se para NE entre a Escócia e a Islândia contribuindo para a circulação nos mares da Noruega, Gronelândia e Árctico. Parte deste ramo da corrente do Atlântico Norte roda para sul dando origem à corrente de Portugal que flui ao longo das costas Portuguesa e do Norte de África onde se passa a chamar corrente das Canárias. A corrente das Canárias integra-se na corrente Equatorial do Norte completando assim a circulação Anticiclónica do Atlântico Norte.

Como acontece com a grande maioria das correntes do lado este dos oceanos, a corrente dos Açores é relativamente fraca, com valores geralmente inferiores a 0,5 m/s (1 nó). Esta corrente é essencialmente influenciada pela corrente do Golfo e pela corrente Subtropical do Norte. A corrente de Portugal e a corrente das Canárias, determinantes na circulação geral do Atlântico junto à costa Europeia e à costa do Norte de África, têm apenas influência na franja Oriental da corrente dos Açores.

De acordo com o *Roteiro do Arquipélago dos Açores*, a corrente dos Açores tem direcções normalmente para SE e S. De Dezembro a Abril predominam as direcções para SE, enquanto de Maio a Novembro predominam as direcções para S.

Não se dispõe de dados sobre as correntes oceanográficas locais, e desconhece-se se foi realizada alguma campanha de medição. De qualquer modo, atendendo à localização e configuração batimétrica do local, é de esperar que sejam fracas.

3.5 - Agitação marítima

3.5.1 - Regime ao largo

Para caracterização do regime de agitação ao largo de S. Miguel recorreu-se aos resultados do modelo de reconstituição da agitação ("hindcast") do Instituto Meteorológico Britânico (UKMO, Meteorological Office), correspondentes a um ponto ao largo do grupo oriental do Arquipélago dos Açores, para um período de cerca de 25 anos (1978 a 2002).

Estes elementos foram utilizados em inúmeros estudos idênticos para a totalidade das Ilhas dos Açores e confrontados com registos de ondógrafos e outras fontes de dados, observações e relatos de tempestades, revelando-se fidedignos.

Na Fig. I.7 apresentam-se os resultados obtidos do tratamento dos dados do "hindcast", em termos das distribuições de rumos, alturas significativas (H_s) e períodos de pico (T_p) das ondas ao largo (valores médios anuais), em escalões de 22,5°, 0,5 m e 2 s, respectivamente, verificando-se que:

a) - Rumos

O Porto de Rabo de Peixe encontra-se exposto à agitação dos quadrantes (sectores de 90°) NW e NE (quase 80%), sendo do primeiro que provém a agitação mais frequente e intensa ao largo (56%).

A percentagem de ocorrência de agitação por octantes de rumos (sectores de 45°) toma valores máximos de 17% (NW) e 18% (NNW), diminuindo depois até 8% a oeste e 2% a este.

b) - Alturas

Tendo em conta a totalidade dos rumos (360°), as alturas inferiores a 1 m têm uma ocorrência média de cerca de 7%. As maiores frequências correspondem a ondas com alturas entre 1 e 2 m, com aproximadamente 43% das ocorrências.

As ondas com alturas superiores a 3 e 5 m representam aproximadamente 23% e 4 % das ocorrências, respectivamente.

c) - Períodos

Verifica-se a predominância dos escalões relativamente baixos, com a quase totalidade (99%) das ondas com períodos inferiores a 11 s. Os períodos mais frequentes pertencem ao escalão dos 6 s, com cerca de 53% das ocorrências. O segundo escalão mais frequente é o de 8 s com aproximadamente 28% dos valores.

Os períodos inferiores a 5 s têm uma frequência média anual de cerca de 10%.

3.5.2 - Regime médio local

A localização de Rabo de Peixe na costa norte da Ilha de S. Miguel faz com que este Porto seja directamente exposto às maiores tempestades geradas ao largo. Embora a agitação mais intensa seja limitada em altura na aproximação ao Porto, o molhe existente é atingido com frequência por ondas de grande altura, sendo galgado e apresentando o plano de água um grau de abrigo limitado.

A agitação ao largo foi transposta para as proximidades do Molhe através de um programa de cálculo automático de Refracção Espectral, desenvolvido pela Consulmar que tem em conta o empolamento não linear das ondas e a sua rebentação. Para o efeito, foram seleccionados os pontos Q0 a -30 m (ZH), Q1 a -14 m (ZH) e P1 a -10 m (ZH) (Fig. I.8), representativos das condições de agitação na aproximação ao porto.

Na Fig. I.9 são apresentadas as distribuições de rumos, alturas significativas (H_s) e períodos de pico (T_p) da agitação marítima local, para o ponto Q0, em escalões de 22,5°, 0,5 m e 2 s, respectivamente.

Todas as frequências indicadas estão referidas ao total da agitação transferida do largo (360°), podendo incluir ondas que não chegam a atingir o ponto considerado. Este efeito é aqui, contudo, pouco sentido. Com efeito, tratando-se de uma orla costeira virada a norte, a exposição à agitação dominante é quase total, verificando-se que quase 90% das ondas ao largo atingem Rabo de Peixe nos pontos considerados.

Assim, no que diz respeito ao regime médio da agitação, pode-se constatar que:

a) - Rumos

A agitação que atinge o ponto Q0 abrange uma “janela” de direcções entre NW e ENE, sendo claramente mais frequentes os rumos do octante NW.

De poente para nascente, verificam-se frequências de 32, 25, 12, 6, 7 e 3%, no nos octantes NW, NNW, N, NNE, NE e ENE.

b) - Alturas

A frequência de alturas de onda inferiores a 1 m é da ordem de 27%, sendo máxima para alturas entre 1 e 2 m (aproximadamente 35%). As ondas com alturas superiores a 3 e 5 m representam cerca de 9 e 1% das ocorrências, respectivamente.

c) - Períodos

Os períodos inferiores a 7 s apresentam frequência máxima, quase 44%, seguindo-se períodos de 8 e 10 s, com uma frequência total de aproximadamente 42%. Os períodos superiores a 11 s representam apenas 1,0% das ocorrências.

Nas Figs. I.10 e I.11 são apresentadas as distribuições de rumos, alturas significativas (H_s) e períodos de pico (T_p) da agitação marítima local, para respectivamente os pontos Q1 e P1, em escalões de 22,5°, 0,5 m e 2 s, respectivamente.

A configuração côncava e presença de duas calas na baía de Rabo de Peixe, assim como a súbita elevação dos fundos, introduzem forte variabilidade nas distribuições de altura e rumo exibidas pelas ondas na sua propagação ao longo da baía. Considera-se que o Ponto Q1 representa aproximadamente as condições na zona central da baía, enquanto que o Ponto P1 representa as que actuam pelas suas extremidades.

Assim, no que diz respeito ao regime médio da agitação, pode-se constatar que:

a) - Rumos

A agitação que atinge ambos os pontos abrange uma “janela” de direcções entre NW e NE, sendo claramente mais frequentes os rumos do octante NNW.

De poente para nascente, verificam-se frequências de 12, 36, 21, 9 e 9%, no Ponto Q1, e de 21, 37, 15, 10 e 5%, no Ponto P1, nos octantes NW, NNW, N, NNE e NE.

O ponto P1 apresenta assim mais ocorrências de NW do que Q1, mas neste são maiores as frequências de N e NE do que em P1.

b) - Alturas

A frequência de alturas de onda inferiores a 1 m é da ordem de 30%, sendo máxima para alturas entre 1 e 2 m (aproximadamente 35%). As ondas com alturas superiores a 3 e 5 m representam cerca de 6 e 0,5% das ocorrências, respectivamente.

c) - Períodos

Os períodos inferiores a 7 s apresentam frequência máxima, quase 50%, seguindo-se períodos de 8 e 10 s, com uma frequência total de aproximadamente 38%. Os períodos superiores a 11 s representam apenas 0,5 e 1,3% das ocorrências (Q1 e P1).

3.5.3 - Valores extremos

A onda de projecto considerada no dimensionamento de obras marítimas está, em geral, associada a períodos de retorno na ordem dos 50 e 100 anos, consoante a importância da obra. Para a sua obtenção é necessário extrapolar-se os dados de agitação local existentes para os períodos de retorno considerados. Os dados disponíveis, relativos a cerca de

AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

25 anos, permitem já uma estima relativamente segura das condições de agitação com períodos de retorno compatíveis com a onda de projecto a adoptar.

Assim, com base no regime geral local obtido em cada ponto, seleccionaram-se, para cada rumo, as alturas significativas (H_s) máximas anuais. Estes dados foram em seguida agrupados em amostras representativas e extrapolados para vários períodos de retorno, adoptando a distribuição de máximos de Gumbel, geralmente aceite como representativa dos valores máximos anuais das alturas de onda significativas. A forma desta distribuição é dada por:

$$F(H) = \exp [- \exp (- \alpha (H - \beta))],$$

onde α e β são parâmetros que podem ser determinados directamente a partir da amostra de dados.

Os valores extremos obtidos em cada ponto são apresentados nos quadros seguintes:

Quadro 1 - Valores de H_s (m) em Q0, a -30 m (ZH)

Período de Retorno (anos)	RUMO LOCAL (em Q0, a -30 m)				
	NW	NNW	N	NNE	NE
1	3.8	5.7	5.3	4.3	3.3
2	4.2	6.5	6.2	5.1	3.8
5	4.6	7.5	7.3	6.3	4.5
10	4.9	8.2	8.2	7.2	5.0
20	5.3	9.0	9.1	8.0	5.5
50	5.7	10.0	10.2	9.2	6.1
100	6.1	10.7	11.1	10.0	6.6

A informação contida no Quadro 1 servirá parcialmente para a estimativa da avaliação do abrigo no interior das novas bacias portuárias proporcionado por cada uma das soluções alternativas estudadas, estando o ponto Q0, localizado na fronteira do domínio adoptado para o estudo em modelação matemática da propagação da agitação no interior do porto. A associação dos valores extremos da altura significativa aos índices de agitação obtidos com base no estudo da propagação da agitação permitirá estimar alturas de onda no interior das novas bacias portuárias.

Como se verá mais à frente, isso só será possível para alturas de ondas com períodos de retorno da ordem dos 1 a 2 anos, dado que as alturas de onda são limitadas pelos fundos,

AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

assumindo valores inferiores aos estimados para a generalidade dos períodos de retorno indicados.

Quadro 2 - Valores de Hs (m) em Q1, a -14 m (ZH)

Período de Retorno (anos)	RUMO LOCAL (em Q1, a -14)				
	NW	NNW	N	NNE	NE
1	1.2	4.1	5.5	4.0	2.4
2	1.5	4.5	6.1	4.8	2.7
5	1.9	4.9	6.9	5.7	3.0
10	2.3	5.2	7.5	6.4	3.2
20	2.6	5.6	8.1	7.2	3.5
50	3.0	6.0	9.0	8.1	3.8
100	3.3	6.3	9.6	8.8	4.0

Quadro 3 - Valores de Hs (m) em P1, a -10 m (ZH)

Período de Retorno (anos)	RUMO LOCAL (em P1, a -10)				
	NW	NNW	N	NNE	NE
1	1.9	5.5	5.0	2.5	0.8
2	2.2	6.2	5.8	2.8	1.0
5	2.5	7.1	6.8	3.2	1.3
10	2.7	7.8	7.6	3.6	1.5
20	3.0	8.5	8.4	3.9	1.8
50	3.3	9.4	9.5	4.4	2.1
100	3.5	10.1	10.3	4.7	2.3

A leitura dos Quadros 2 e 3 mostra que as condições de agitação extremas são, para a maioria dos rumos, superiores em P1 do que em Q1. Tal se deve, por um lado, a um maior empolamento das ondas junto a P1 (menor profundidade) e, por outro lado, ao facto deste ponto se situar sobre zona cuja batimetria é mais exposta aos rumos dominantes de NW. Pelo contrário, o Ponto Q1 situa-se sobre convexidade dos fundos mais virada a NE, apresentando por isso maiores alturas para rumos destes sectores. Note-se que a poente desta convexidade surge nova cala de fundos, na qual se estima ocorrerem condições de agitação semelhantes às de P1 que por isso se considera representativo das condições de agitação actuantes pelas extremidades da baía.

No entanto, as ondas de maior altura patentes nestes quadros não têm condições de actuar directamente sobre as obras de abrigo exterior, existente e propostas, por limitação dos fundos. São aliás características nesta baía as frentes de rebentação que se sucedem para barlamar do molhe existente, em ocasião de tempestade.

AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Conforme verificado nos ensaios em modelo reduzido do projecto do Porto, (LNEC, 1998) a onda de projecto do molhe existente tem uma altura significativa máxima, limitada pelos fundos, de 6,5 m.

No quadro seguinte apresentam-se os valores da altura de onda (H_s e $H_{1/250}$) limitada pelos fundos, determinados pelo método de Goda (Takahashi,1996)⁽²⁾, para uma gama de profundidades variável entre 13,5 m e 3,5 m.

Quadro 4 – Valores da altura de onda limitada pela profundidade

Batimétrica mZH	H_s (m) *	H_s (m) **	H_s (m) ***	$H_{1/250}$ (m) *	$H_{1/250}$ (m) **	$H_{1/250}$ (m) ***
-11,0	9,5	9,4	8,3	12,1	11,9	11,8
-10,0	8,9	8,8	8,3	11,3	11,2	11,0
-9,0	8,2	8,2	8,1	10,6	10,5	10,3
-8,0	7,6	7,5	7,5	9,9	9,7	9,6
-7,0	7,0	6,9	6,8	9,1	9,0	8,8
-6,0	6,4	6,3	6,2	8,4	8,3	8,1
-5,0	5,8	5,7	5,6	7,7	7,5	7,4
-4,0	5,2	5,1	5,0	6,9	6,8	6,6
-3,0	4,6	4,5	4,4	6,2	6,0	5,9
-2,0	3,9	3,9	3,8	5,5	5,3	5,2
-1,0	3,3	3,2	3,2	4,7	4,6	4,4

Calculado para ondas com um período de retorno de 50 anos, período de onda de 12 s, rumo norte e nível de água correspondente a 2,5 m:

* ponto ao largo

** ponto Q0

*** ponto Q1

Estes resultados foram corroborados recorrendo a outros dois métodos constantes na bibliografia da especialidade, designadamente o método proposto na publicação do CERC – Estimating Nearshore Significant Wave Height, 1980 e Weggel, 1972.

Como se pode observar pelos valores apresentados no Quadro anterior, a partir da batimétrica dos 10 m, as alturas de onda limite que aí ocorrem são condicionadas pela profundidade, sendo estes os valores a adoptar para o predimensionamento estrutural das obras de abrigo (H_s – mantos de protecção e $H_{1/250}$ – estabilidade dos muros-cortina).

⁽²⁾ - Ver Memória de Cálculo – Apêndice III.

4 - PROGRAMA DE NECESSIDADES

Conforme referido no ponto relativo à actuais condições de operacionalidade do porto, apesar do porto de Rabo de Peixe dispor de uma ampla bacia e infra-estruturas portuárias de protecção e acostagem, as suas obras de abrigo actuais, projectadas com o objectivo de apenas melhorar as condições de acesso às rampas de varagem, não lhe conferem o resguardo necessário para permitir que a frota de pesca fique permanentemente estacionada em flutuação, obrigando assim, à alagem de embarcações para estacionamento a seco, o que tem implicações de ordem operacional significativas.

Actualmente, aquando da ocorrência de tempestades, cuja frequência é elevada, e para as quais o porto de Rabo de Peixe não usufrui de qualquer abrigo natural, dado que se localiza na costa norte da ilha de S. Miguel, verificam-se galgamentos de massas de água que inundam o cais e o terraplano.

Para além dos galgamentos do muro-cortina, as inundações do terraplano dão-se também por efeito da insuficiente dissipação de energia em consequência da difracção sobre a cabeça do molhe, que resulta do facto de este apresentar um comprimento reduzido, propagando-se as ondas para o seu interior, inundando o terraplano junto à doca de pósito, através do espraiamento sobre a retenção.

Por outro lado, a área de terraplano actual é escassa para a frota artesanal existente (aproximadamente 100 embarcações com comprimento médio de 11 m – ver anexo), prevendo-se que esta venha ainda a aumentar, frota que o porto não tem capacidade para albergar, quer por insuficiência de terraplenos, insuficiência de condições de abrigo, quer por insuficiência de infra-estruturas de acostagem e estacionamento.

Pretende-se também que o porto possa proporcionar abrigo às embarcações de maior porte que navegam na costa norte, em situações de tempestade, já que este é o porto de abrigo de maior importância desta costa.

Da frota a servir por este porto fazem também parte atuneiros, embarcações com comprimentos da ordem dos 15 a 16 m e calados de cerca de 3,3 m, que continuarão a utilizar o cais e ponte-cais actualmente existentes.

Resumidamente, é pretensão da comunidade piscatória de Rabo de Peixe que sejam eliminados os problemas resultantes da:

- Insuficiência de abrigo da bacia portuária;
- Insuficiência de postos de estacionamento em flutuação;
- Inundações resultantes do espraiamento sobre a retenção;
- Inundações resultantes dos galgamentos.

Face aos problemas de operacionalidade e segurança detectados, à perspectiva de crescimento da frota de pesca local, às pretensões da comunidade piscatória de Rabo de Peixe, e aos recursos financeiros disponíveis para a região estabeleceu-se, em conjunto com as entidades tutelares, como PROGRAMA DE NECESSIDADES a satisfazer, o seguinte (por ordem decrescente de importância):

1. Melhorar as condições de abrigo do porto (sem alterar o actual rumo de entrada);
2. Criar postos de estacionamento em flutuação para cerca de 100 embarcações com comprimentos inferiores a 11 m e calados inferiores a 2 m;
3. Eliminar as inundações do terraplano actual (resultantes do espraiamento sobre a retenção);
4. Aumentar a área de terraplano portuário;
5. Reduzir as inundações resultantes dos galgamentos do molhe-cais actual;
6. Prever também postos de acostagem para embarcações de recreio e para embarcações marítimo-turísticas.

Atendendo às características da frota, foi também definido e acordado que a cota mínima à entrada o porto seria a -4,0 m (ZH), enquanto a cota de serviço das novas bacias de estacionamento seria -2,0 m (ZH).

5 - DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PREVIAMENTE CONSIDERADAS

5.1 - Considerações prévias

Nos pontos seguintes descrevem-se as várias soluções consideradas, fazem-se referência às principais vantagens e desvantagens de cada uma, e explica-se de que forma é que foram dando origem a outras soluções variantes ou alternativas (que na generalidade dos casos são resultado da combinação das soluções estudadas no âmbito do Estudo Preliminar).

Para facilitar a compreensão das diferentes soluções consideradas, apresentam-se um conjunto de esquemas extraídos das simulações em modelo matemático ⁽³⁾.

As Soluções Alternativas 1, 2 e 3 surgiram quase em simultâneo, tendo cada uma delas sido modificada com vista, quer à sua melhoria técnica, quer à sua melhoria económica, tendo dado origem a várias variantes.

As alternativas consideradas têm por base a satisfação das pretensões da comunidade piscatória de Rabo de Peixe e dos quatro primeiros requisitos estabelecidos no Programa de Necessidades, sendo cada um deles abordado em cada solução. O quinto requisito (relativo à redução dos galgamentos do molhe actual) por envolver intervenções independentes das restantes e por ser comum a todas as soluções, é abordado num sub-capítulo autónomo.

5.2 - Solução Alternativa 1 e Variantes

Há já muito que a comunidade piscatória de Rabo de Peixe vem exigindo soluções para os problemas de operacionalidade e de segurança do seu porto, tendo-se manifestado, em várias ocasiões, sobre qual a solução que consideram resolver os actuais problemas sem alterar as presentes condições na entrada, consistindo esta na construção de um contra-molhe enraizado na ponta de S. Sebastião.

⁽³⁾ - Nestes esquemas aparece apenas a parte da estrutura que se encontra acima do nível da água considerado, ficando a parte emersa oculta.

Foi com base nesta sugestão que surgiram as Solução 1 e 1A, cujos esquemas se apresentam nas figuras seguintes.

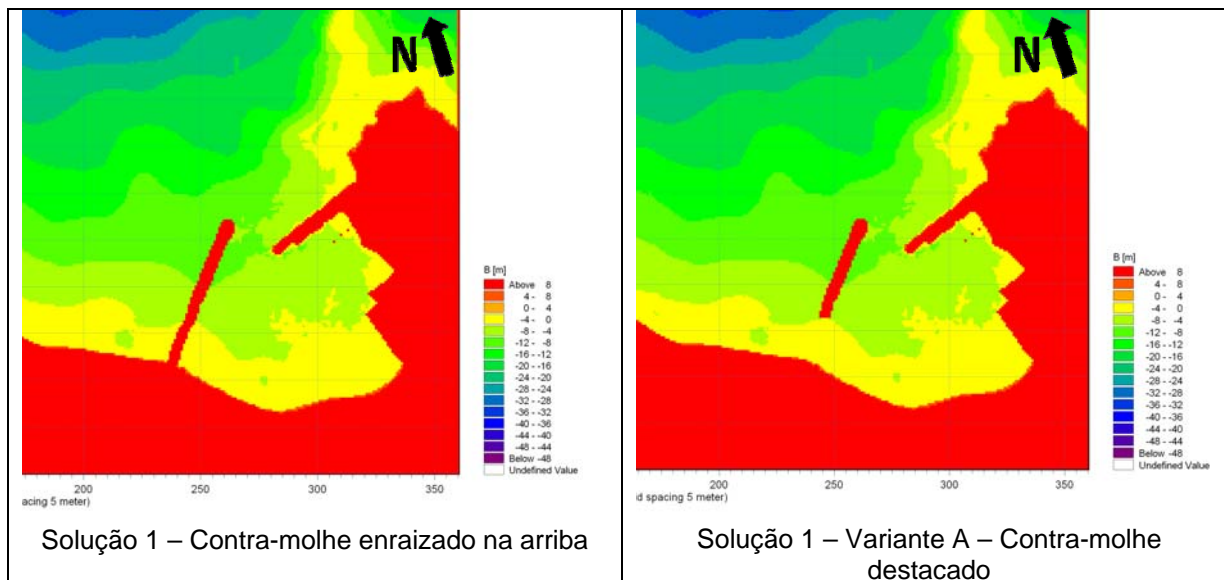


Fig. 1 – Solução 1 e Variante A

A Solução 1 apresenta assim um quebra-mar enraizado ligeiramente a este da ponta de S. Sebastião, com uma orientação próxima de SW - NE, implantando-se sobre uma faixa com fundos que variam entre -2 m (ZH) e -10 m (ZH), apresentando um desenvolvimento de cerca de 320 m e um canal de acesso de cerca de 50 m de largura.

Feita uma análise qualitativa da Solução 1 identificaram-se as suas principais vantagens e desvantagens que, resumidamente, se enumeram:

Vantagens da Solução 1:

- Melhora significativamente as condições de abrigo, essencialmente para os rumos de NW;
- Não altera as actuais condições de entrada;
- Elimina as inundações do terrapleno;
- Cria uma ampla bacia;
- Permite a criação dos postos de estacionamento necessários;
- Aumenta as áreas de terrapleno;
- Permite a expansão futura do porto.

Desvantagens da Solução 1

- Apesar do seu comprimento e cruzamento das cabeças, esta solução não oferece o grau de abrigo necessário para os rumos de norte, penetrando a agitação pela entrada;
- Além disso, trata-se de uma solução muito ambiciosa, pois excede largamente o estabelecido no Programa de Necessidades, sendo muito onerosa por:
 - ◆ Incluir uma obra de abrigo muito extensa (320 m), com o troço final e cabeça implantado a profundidades elevadas [da ordem dos -10 m (ZH)];
 - ◆ Pelos mantos de protecção da cabeça e grande parte do tronco terem que ser constituídos por blocos artificiais de peso consideravelmente elevado (800 a 600 kN);
 - ◆ Não existir acesso directo por terra ao enraizamento do contra-molhe, o que obriga à construção de um caminho de acesso muito longo, que onera significativamente a obra ou obriga à sua construção por via marítima, processo que apresenta também custos muito elevados.

Assim, para fazer face aos problemas relacionados com os custos da obra, estudou-se a Solução Alternativa 1A, que consistiu em eliminar os primeiros 100 m de molhe, tornando-o destacado. Se por um lado, com esta alteração se conseguiu uma economia significativa, embora não expressiva, por outro, assistiu-se também a uma diminuição das condições de abrigo da bacia, principalmente para os rumos mais rodados para NW, o que punha em causa a instalação de estruturas flutuantes de acostagem tendo sido, por isso, abandonada.

Como a comunidade piscatória pretendia manter as condições de entrada na bacia portuária nas condições actuais, inicialmente, as soluções consideradas, não incluíam o prolongamento do molhe-cais actual.

No entanto, abandonada a Solução Alternativa 1A, e sendo necessário melhorar as condições de abrigo no interior da bacia por forma a permitir a instalação de estruturas de estacionamento flutuantes no seu interior, procederam-se a ajustes na Solução 1. Esses ajustes consistiram na combinação do prolongamento do contra-molhe e do molhe-cais actual, conforme esquematizado nas figuras seguintes.

AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

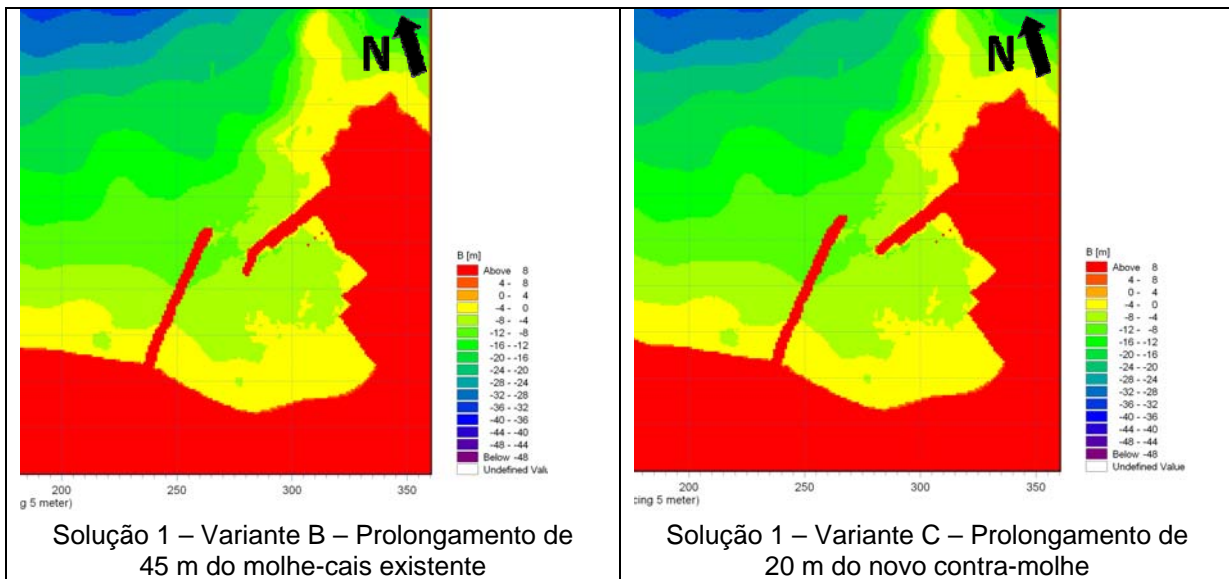


Fig. 2 – Solução 1 Variantes B e C

Tendo-se constado que as Variantes B e C da Solução 1, por si só, embora melhorassem as condições de abrigo, não atingiam os índices necessários para permitir a instalação de equipamento flutuante, chegou-se finalmente à Solução Alternativa 1D, que consiste na combinação das duas anteriores.

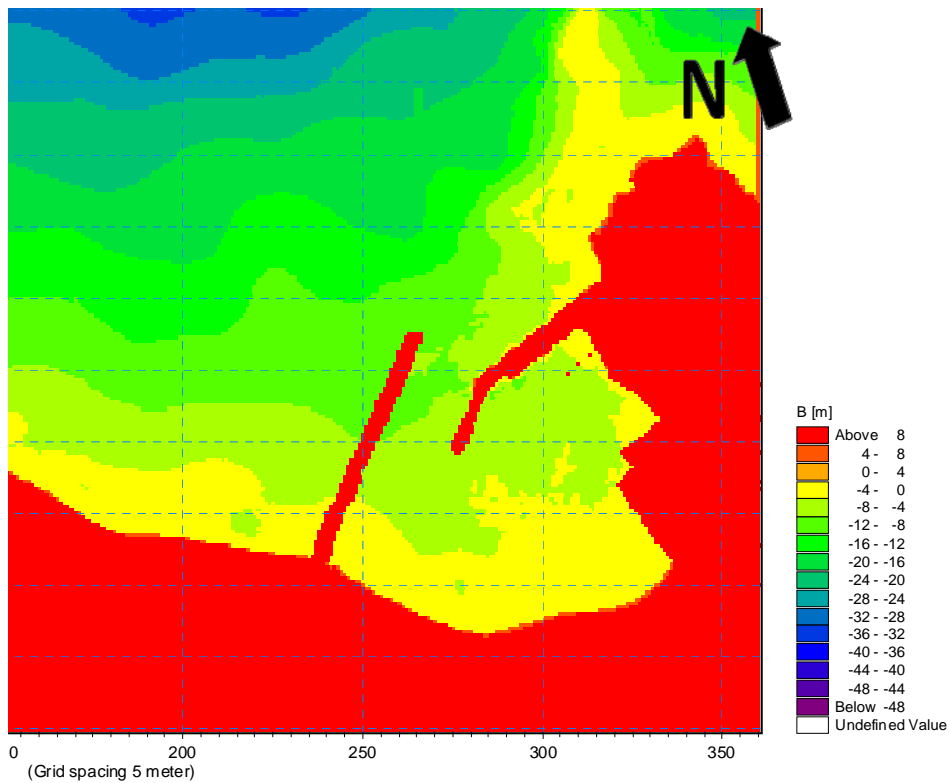


Fig. 3 – Solução 1 – Variante D

5.3 - Solução Alternativa 2 e Variantes

Em paralelo com o estudo da Solução Alternativa 1 e suas variantes, por se considerar que se tratavam de soluções muito ambiciosas, pois excediam largamente o estabelecido no Programa de Necessidades e muito onerosas e, por conseguinte, muito provavelmente economicamente inviáveis, estudou-se uma solução minimalista (quando comparada com a Solução 1 e variantes), designada de Solução Alternativa 2, cujo esquema se apresenta.

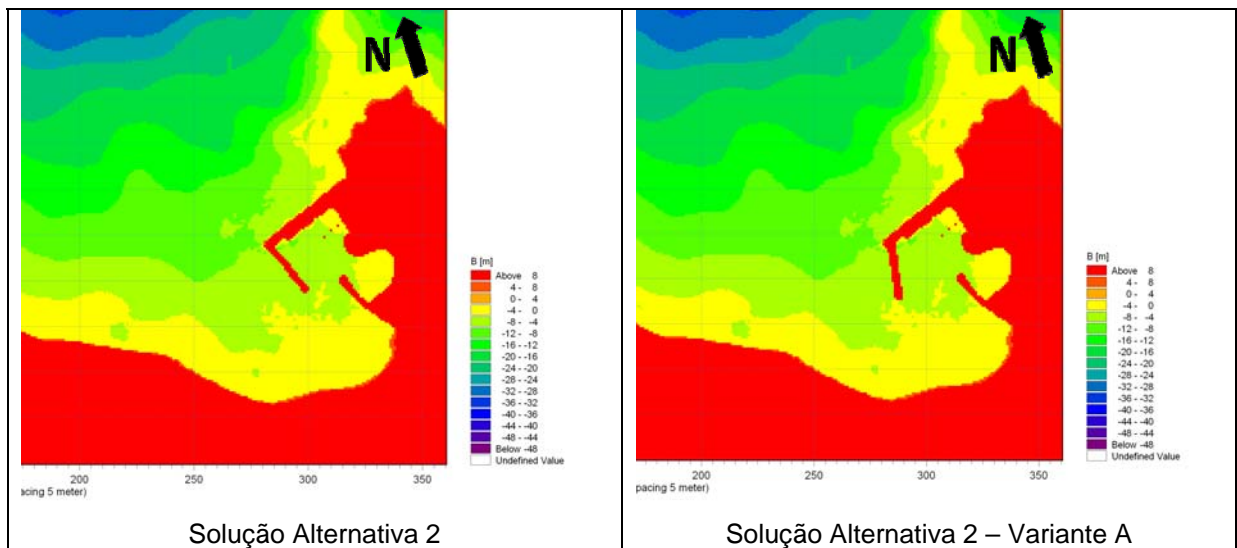


Fig. 4 – Solução Alternativa 2 e Variante A

Esta solução consiste na protecção da parte norte da bacia portuária face aos rumos provenientes do quadrante NW, através do prolongamento do molhe-cais actual com um troço de cerca de 60 m perpendicular ao existente, e na construção de um pequeno contra-molhe, enraizado na base da arriba, com 70 m de extensão, para abrigo de uma pequena bacia a E.

Feita igualmente uma análise qualitativa desta solução, identificaram-se as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens:

- Melhora significativamente as condições de abrigo;
- Elimina as inundações do terrapleno;
- Aumenta ligeiramente as áreas de terrapleno;
- É substancialmente menos onerosa do que a Solução 1 e respectivas variantes.

Desvantagens:

- Altera as actuais condições de entrada;
- Obriga a executar dragagens em rocha para criação dos fundos necessários na zona de entrada e área circundante;
- Apresenta maior número de dias de inoperacionalidade porque a entrada se encontra a profundidades mais baixas, logo onde se dá rebentação com maior frequência;
- Apresenta uma reduzida área de plano de água abrigado;
- Não cumpre o Programa de Necessidades no que diz respeito ao número de postos de estacionamento, dado que apenas permite alojar cerca de 70 embarcações.

Para resolver os problemas da entrada, estudou-se uma Solução Alternativa 2A, muito semelhante à Solução Alternativa 2, mas em que a implantação do prolongamento do molhe-cais deixa de ser perpendicular ao existente, passando a fazer um ângulo de 120º, dando origem a um canal mais largo, minimizando-se desta forma os problemas relativos à entrada.

Apesar disso, esta solução continua a apresentar duas desvantagens consideradas importantes. São elas:

- Altera o actual rumo da entrada e não garante as condições de segurança necessárias;
- Não cumpre o Programa de Necessidades no que se refere ao número do postos de acostagem necessários.

Como garantir as condições de segurança na entrada, assume uma importância preponderante em relação aos restantes requisitos a satisfazer, estudou-se outra variante (B) à Solução 2, que consiste em construir um terceiro molhe, exterior ao pequeno contra-molhe, por forma a criar um canal de acesso, numa zona em que a rebentação é menos frequente, e um anteporto, conforme se esquematiza na figura seguinte.

AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

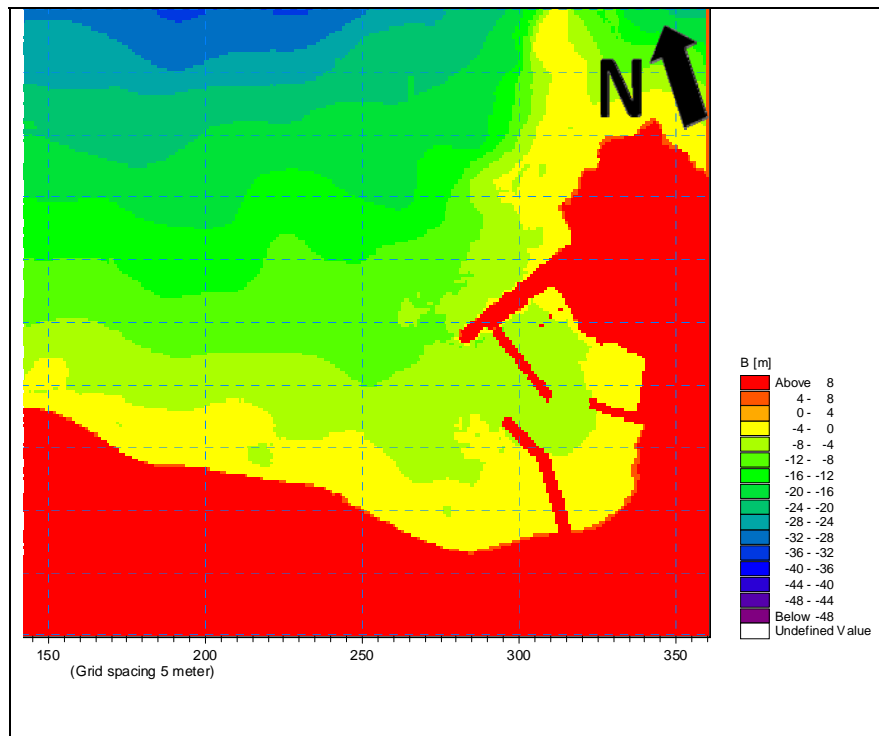


Fig. 5 – Solução 2 – Variante B

Esta Solução, apesar de melhorar as condições da entrada, quando comparada com a anterior, afigurou-se bastante onerosa, uma vez que envolve a construção de três molhes, com um comprimento total de 425 m e a dragagem de rocha na zona da entrada.

Além disso, trata-se de uma solução que limita a expansão futura do porto, já que boa parte da sua área fica obstruída com as obras fixas de abrigo. À semelhança das Soluções 2 e Variante A, também não permite alojar a frota estabelecida no Programa de Necessidades.

As desvantagens apontadas a estas soluções, levou assim a que se estudassem outras alternativas em que as mesmas fossem suprimidas e em que o Programa de Necessidades fosse cumprido.

5.4 - Solução Alternativa 3 e Variantes

Perante, por um lado, uma solução alternativa economicamente inviável (Solução Alternativa 1 – Variante D) e, por outro, uma solução alternativa tecnicamente desfavorável (Solução Alternativa 2 – Variante A e Variante B), estudou-se uma terceira Solução Alternativa (3), com o objectivo de suprir as principais desvantagens apresentadas pelas soluções

alternativas anteriores, que correspondesse a uma solução técnica e economicamente viável e que apresentasse uma relação custo/benefício equilibrada.

Assim, nasceu a Solução Alternativa 3, cujo esquema se apresenta na figura seguinte. Esta consistiu em criar uma bacia de estacionamento suficientemente ampla para cumprir o estabelecido no Programa de Necessidades no que se refere ao número de postos de estacionamento e não interferir com o actual rumo de entrada, não envolvendo por isso o prolongamento do molhe existente.

A Solução Alternativa 3 consiste assim na construção de um contra-molhe enraizado na base da arriba, com uma extensão de aproximadamente 240 m, dividida por dois troços, um com direcção aproximada de SSW-NNE e o outro inflectindo cerca de 45° para este.

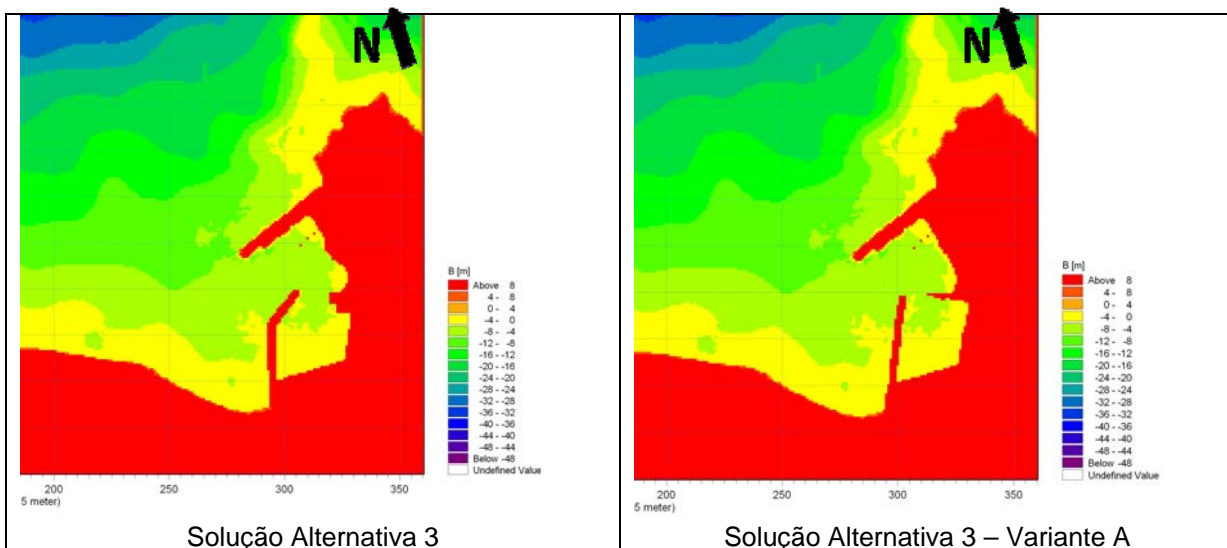


Fig. 6 – Solução Alternativa 3 e Variante A

Efectuada a respectiva análise, verificou-se que esta solução alternativa cumpria grande parte o estabelecido no Programa de Necessidades, nomeadamente no que se referia a manter as actuais condições de entrada, à criação de uma bacia abrigada para estacionamento permanente em flutuação de cerca de 100 embarcações e ao aumento do terrapleno. No entanto, apresentava também grandes desvantagens: não só não resolvia os problemas das inundações do terrapleno existente, como agravava as condições de operacionalidade do cais actual, por efeito da reflexão gerada no troço terminal do novo contra-molhe.

Para resolver este último problema, optou-se por uma solução em que o contra-molhe apresenta um único troço recto, com orientação SSW-NNE e cerca de 240 m de extensão – Solução Alternativa 3 – Variante A.

AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Resolvido que ficou o problema do agravamento das condições de operacionalidade actuais em virtude dos efeitos de reflexão, permaneceu o problema das inundações do terrapleno, desvantagem que assume uma grande importância, tendo assim surgido uma outra variante à Alternativa 3 (Variante B) que resulta da combinação da Solução Alternativa 3 A com a Solução Alternativa 2 A.

A combinação destas duas soluções foi sendo sucessivamente ajustada, quer no que se refere ao comprimento do prolongamento do molhe-cais existente, quer no que se refere à sua implantação e largura do canal de entrada, sendo a solução que se apresenta na figura seguinte a que demonstrou satisfazer, simultaneamente, as seguintes condições:

1. Melhora as condições de abrigo do porto, tanto na bacia norte como na bacia sul, sendo a melhoria superior nesta última;
2. Altera ligeiramente as condições de entrada no porto mantendo, no entanto, as condições de segurança;
3. Elimina (ou pelo menos reduz) as inundações do terrapleno;
4. Permite a criação de um número de postos de estacionamento em flutuação para a pesca, recreio e marítimo-turísticas;
5. Aumenta a área de terrapleno;
6. É menos onerosa do que as anteriores soluções.

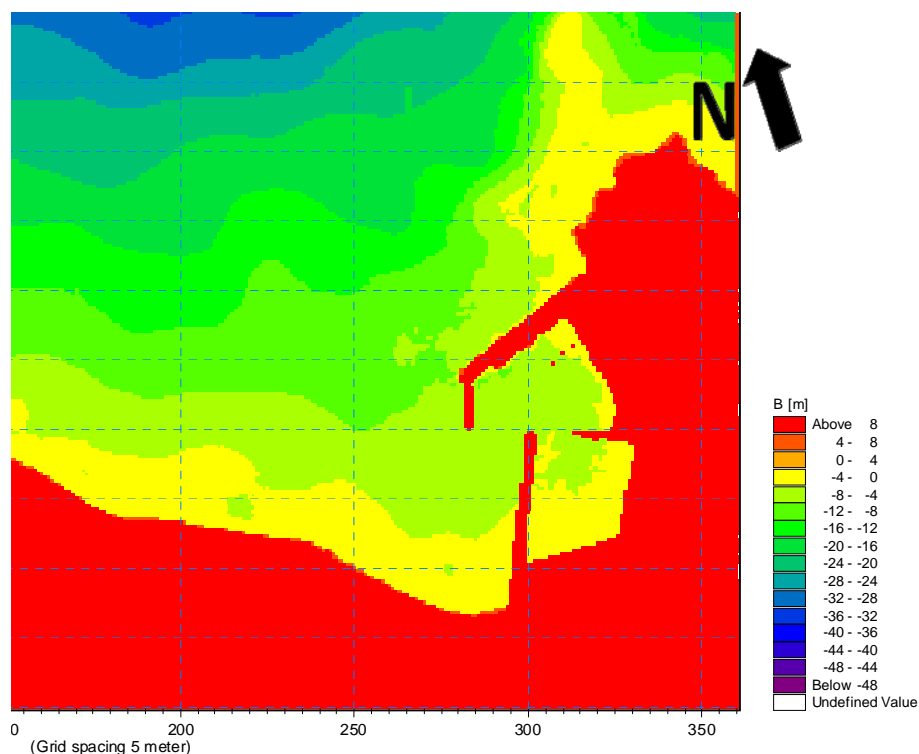


Fig. 7 – Solução Alternativa 3 – Variante B

5.5 - Soluções preseleccionadas

Foram avaliadas qualitativamente três soluções alternativas: Solução 1, 2 e 3 e respectivas variantes, tendo-se concluído que as que melhor satisfazem o Programa de Necessidades são as:

- Solução Alternativa 1 – Variante D;
- Solução Alternativa 2 – Variante B;
- Solução Alternativa 3 – Variante B.

Sendo, por isso, estas as soluções preseleccionadas e analisadas mais detalhadamente nos capítulos seguintes.

5.6 - Minimização dos galgamentos do actual molhe

Para minimizar os galgamentos do actual molhe propõe-se que o muro-cortina seja alteado em cerca de 2 a 2,5 m. Para não instabilizar este muro que, quanto mais alto mais fica exposto à acção das ondas, a par do alteamento, será também necessário efectuar o seu alargamento, para assim se garantir a sua estabilidade, quer ao derrubamento quer ao deslizamento.

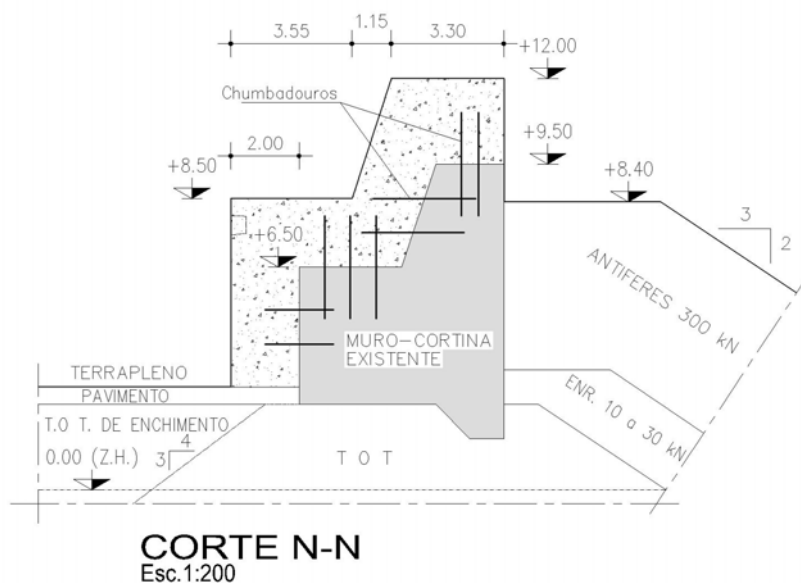


Fig. 8 – Alteamento do muro-cortina do molhe existente

6 - DESCRIÇÃO PORMENORIZADA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PRESELECIONADAS

6.1 - Considerações prévias

Neste capítulo apresenta-se uma descrição mais detalhada das soluções alternativas preseleccionadas, tanto no que se refere às obras de abrigo como às infra-estruturas interiores. Procede-se também à análise do comportamento hidráulico de cada uma e à descrição estrutural, bem como aos efeitos na segurança da navegação à entrada do porto.

Finalmente procede-se à descrição do(s) processo(s) construtivo(s) associado(s) e na forma como estes se repercutem nos custos, concluindo-se com a apresentação da estimativa orçamental de cada solução alternativa.

A designação que se adopta seguidamente corresponde à solução alternativa preseleccionada, suprimindo a designação da variante correspondente. Deste modo, a Solução Alternativa 1 – Variante D passa a designar-se apenas por Solução Alternativa 1, e assim sucessivamente.

6.2 - Solução Alternativa 1

6.2.1 - Descrição e justificação do Arranjo Geral

A Solução Alternativa 1 caracteriza-se por apresentar um contra-molhe, galgável, exterior ao actual, com um desenvolvimento de cerca de 340 m (medido do enraizamento ao centro da cabeça), enraizado no Canto do Teatro, implantando-se com uma direcção aproximada de SW-NE, cujo objectivo é proteger a baía dos rumos provenientes de NW (Des. 2).

Dado que a protecção conferida por este molhe, de acordo com as simulações matemáticas, não era suficiente para os rumos provenientes de NNE e NE, foi necessário prolongar o actual molhe, numa extensão de cerca de 75 m e implantação aproximadamente paralela ao novo contra-molhe.

Com estas duas obras de abrigo, cujas cabeças se cruzam a profundidades da ordem dos -9 a -10 m (ZH), proporcionam-se condições de acesso em relativa segurança através de

um canal com uma largura útil da ordem dos 45 m e fundos de serviço (no seu eixo) da ordem dos -9 m (ZH).

Estas obras proporcionam o abrigo de um plano de água com cerca de 4,5 ha de área útil e 12 ha de área total, na parte E do qual, se instalam as novas infra-estruturas de acostagem e estacionamento constituídas por:

- Uma ponte-cais de 150 m de extensão e 5,5 m de largura;
- Uma ponte-cais de 170 m de extensão e 5,5 m de largura;
- Duas pontes-cais de 85 m de extensão e 5,5 m de largura;
- Um passadiço flutuante com 110 m de comprimento;
- Uma rampa-varadouro;
- E um terraplano com cerca de 1,5 ha.

Estando as pontes-cais destinadas à actividade da pesca, o passadiço flutuante ao estacionamento de embarcações de recreio e marítimo-turísticas, sendo as restantes estruturas para utilização comum e ordenada de todas as actividades. Com estas novas infra-estruturas de acostagem, estima-se que se possam alojar embarcações permanentemente em flutuação, de cerca de:

- Acostagem directa nas pontes cais – 98 embarcações;
- Acostagem abraçada a outras embarcações – +98 embarcações;
- Acostagem em postos flutuantes – 24 embarcações;
- Total de postos de acostagem – 122 a 220.

Com esta ampliação, o porto passa a dispor de duas áreas portuárias: a actual, localizada a norte com cerca de 0,7 ha e a futura, localizada a sul e a este com cerca de 1,5 ha, ligando ambas na zona do farolim, através do avanço do terraplano no sentido da bacia e do corte do conto do terraplano sobrelevado do Clube Náutico.

O acesso ao porto continua a processar-se por norte, fazendo-se a ligação à parte sul e este do terraplano, superiormente, através do acesso ao Clube Náutico e, inferiormente, através do terraplano norte.

Os terraplenos são limitados, do lado do mar, por estruturas pouco reflectoras, constituídas por retenções marginais revestidas por enrocamento seleccionado, e do lado de terra pela base da arriba que, nesta extensão, passa a ficar protegida da erosão marítima por estes.

A protecção dos terraplenos contra o risco de desprendimentos de materiais constituintes da arriba em resultado da erosão do vento e da chuva, efectua-se através de uma vala de dejecção de grande dimensão, da ordem dos 15 m de largura, separada do terraplano através de um muro de betão.

Para garantir a segurança da navegação no interior do porto será necessário efectuar algumas dragagens, delimitar e sinalizar as zonas de perigo.

Nesta nova configuração será também necessário fazer a adaptação do assinalamento marítimo, prevendo-se manter o actual farol na cabeça do molhe existente, instalar outro na cabeça do novo contra-molhe e na cabeça do prolongamento do molhe actual.

6.2.2 - Comportamento hidráulico e estrutural das obras de abrigo

Para a avaliação do grau de abrigo no interior da bacia portuária, recorreu-se ao modelo matemático MIKE21 – BW, desenvolvido pelo DHI (Danish Hydraulic Institute), modelo bidimensional de propagação de ondas, que se baseia nas equações de Boussinesq, e permite simular os fenómenos de refacção, difracção e reflexão das ondas, cuja descrição se encontra no Apêndice II. No mesmo Apêndice, nas Figs. 16-II a 30-II, apresentam-se os resultados dos estudos de modelação matemática da agitação local efectuados para esta solução.

Através dos resultados obtidos nas simulações, constata-se que, para os rumos mais frequentes, o índice de agitação nas zonas de estacionamento das embarcações encontra-se generalizadamente no escalão dos 0,00 a 0,05, apresentando pontualmente valores no escalão imediatamente acima. Este padrão altera-se um pouco apenas para os rumos mais rodados a E, em que o escalão dominante é o de 0,05 a 0,1.

Na zona do canal de entrada as condições são obviamente menos favoráveis, variando entre 0,30 e 0,75, valores que vão diminuindo à medida que se desloca para o interior da bacia portuária.

A fixação da onda de projecto teve em conta a caracterização do regime de agitação marítima ao largo e junto à costa, a análise dos valores extremos, bem como a avaliação da altura de onda limitada pelos fundos, feitas no sub-capítulo 3.5.

Seguindo os critérios usualmente recomendados para o pré-dimensionamento do manto de protecção do corpo e da cabeça dos novos molhes (ver Apêndice III) adoptaram-se como ondas de projecto, as alturas de onda limitadas pelos fundos sempre que estas assumem valores inferiores às estimadas para um período de retorno de 50 anos.

Assim, tendo em conta as alturas de onda de projecto, bem como o peso dos blocos capazes de resistir à sua acção, além das limitações construtivas e financeiras, optou-se por um contra-molhe convencional de secção transversal trapezoidal, simétrica, com manto exterior constituído por blocos do tipo Antifer de grandes dimensões, colocados de forma regular⁽⁴⁾, que se estimam ser de 800 kN na cabeça e 600 kN no tronco, e cota de coroamento variável entre 7,9 m (ZH) e 6,3 m (ZH).

Para reduzir os volumes de material necessário, e conseqüentemente, os custos, previu-se que esta estrutura fosse fracamente galgável, funcionando essencialmente como uma estrutura de dissipação de energia.

Por outro lado, o prolongamento do actual molhe-cais corresponde a uma estrutura que já se encontra parcialmente protegida pelo novo contra-molhe, surgindo da necessidade de impedir a agitação incidente dos rumos do sector N-NNE, que correspondem aos rumos mais gravosos, de penetrar no interior do porto. Assim, esta estrutura apresenta-se bastante mais ligeira que a anterior, não só no que se refere à altura do coroamento, como na protecção das camadas sendo, no entanto, o manto de protecção exterior quase sempre constituído por blocos do tipo Antifer, mas de menor dimensão, estimando-se que sejam de 150 kN.

Sob os mantos de protecção são colocadas camadas de filtros de enrocamentos classificados, com pesos unitários da ordem de 1/10 a 1/20 do peso dos blocos da camada respectiva.

⁽⁴⁾ - Dado que se tratam de obras fracamente galgáveis em que a estabilidade assume claramente uma maior importância, optou-se por uma colocação regular (Neves, M.G., et al., 2003).

O núcleo dos molhes é constituído por um prisma de enrocamento de todo o tamanho (tot) e o coroamento do prolongamento do molhe existente é em betão simples betonado “in situ”.

Prevê-se que a inclinação dos mantos de protecção seja de 2/3 (V/H), com excepção da cabeça do molhe exterior e troço adjacente, em que se adoptou, como medida de segurança e por forma a reduzir a elevada dimensão e peso dos blocos, a inclinação de 1/2 (V/H). Nos taludes interiores dos troços mais protegidos ou que se encontram implantados em cotas mais baixas adoptou-se, para economia de material, uma inclinação de 3/4 (V/H).

Como nesta fase dos estudos não se conhece com rigor a natureza dos fundos, admitindo-se, no entanto, que sejam predominantemente rochosos e eventualmente cobertos por uma camada superficial de sedimentos, optou-se por fundar os mantos de protecção directamente no fundo natural.

Na fase seguinte do estudo - Projecto Base - quando já se dispuser de informação sobre a natureza dos fundos, se se considerar necessário adoptar-se-á a realização de um tapete de fundação, no caso de se encontrar fundos arenosos, ou vala de encaixe, no caso de se encontrar fundos rochosos e os ensaios em modelo reduzido assim o recomendarem.

6.2.3 - Caracterização das obras interiores

Com a ampliação e o aumento do grau de abrigo da bacia portuária, adoptou-se como solução de estacionamento no plano de água a instalação de pontes-cais fixas, que permitem o estacionamento em permanência de embarcações acostadas directamente sobre a face acostável ou “abraçadas”.

Paralelamente ao actual cais e a aproximadamente 80 m de distância deste, prevê-se a construção de uma ponte-cais com 5,5 m de largura e 150 m de comprimento. Esta ponte-cais deverá ser semelhante à actual, ou seja, constituída por pilares de aduelas de betão armado preenchidas com betão, assentes sobre prismas de enrocamento. As aduelas devem apresentar o coroamento à cota +1,50 m (ZH) e sobre estas será construída a superestrutura de betão “in situ”, em toda a largura (5,50 m) à custa de vigas prefabricadas, sobre as quais assentará a laje de tabuleiro.

Paralelamente a esta ponte-cais e afastada desta cerca de 40 m, surge outra ponte-cais de estrutura semelhante, mas com 170 m de extensão, à qual se segue o passadiço flutuante destinado às embarcações de recreio e a rampa-varadouro.

Na parte S do terraplano enraízam mais duas pontes-cais, também de estrutura semelhante, mas com 85 m de comprimento cada.

Estas pontes-cais permitem o estacionamento de cerca de 100 embarcações em acostagem directa e cerca de 200 embarcações em acostagem “abraçada”.

O passadiço flutuante tem capacidade para alojar cerca de 24 embarcações e destina-se às de recreio e marítimo-turísticas.

Tendo em conta que a solução apresentada suprime a rampa-varadouro existente de forma a criar novas áreas de terraplano, propõe-se a criação de uma nova rampa-varadouro, com uma largura de 15 m e inclinação de 10%, com o pé à cota de -1,50 m (ZH).

A solução estrutural preconizada consiste em lajetas de betão prefabricadas na zona imersa e em lajes betonadas “in situ” na zona emersa, assentes em prismas de enrocamento de fundação, rematando o pé da rampa com blocos de betão especiais para contenção e protecção das lajetas.

Para garantir a operacionalidade do porto, serão necessárias algumas dragagens em zonas onde não estão asseguradas as cotas de fundo que foram fixadas para a frota a servir. No Des. 2 encontram-se assinaladas as áreas a dragar e as respectivas cotas de dragagem, admitindo-se que em todas elas seja necessário efectuar quebramentos de rocha e dragagem de sedimentos.

Dado que não existem depósitos de sedimentos nas imediações das obras e a profundidades convenientes para servirem de manchas de empréstimo, considera-se que a execução dos aterros para constituição dos terraplenos portuários deverá ser feita com materiais provenientes de locais de extracção de inertes, situados o mais próximo possível de Rabo de Peixe.

Uma vez que o limite dos terraplenos existentes corresponde ao parque de varagem antigo, actual localização do Clube Náutico, que se situa a uma cota 3,5 m superior à dos restantes

terraplenos existentes e a construir, prevê-se a redução desse parque, de forma a permitir, ao nível inferior, a criação de uma ligação entre o actual e o novo terrapleno.

A contenção e protecção desses aterros será garantida pelas retenções marginais, prevendo-se a delimitação dos novos terraplenos através de retenções em talude de enrocamento seleccionado e núcleo em material de todo o tamanho com uma berma de aproximadamente 3,0 m e uma inclinação de 2/3 (V/H), encimadas por bloco de coroamento em betão simples de secção prismática para remate do pavimento.

O acesso às novas áreas de terrapleno propostas com aproximadamente 1,5 ha, será garantido através de uma ligação entre a estrada de acesso ao porto, a rampa de acesso ao parque de varagem antigo, actual Clube Náutico, e os novos terraplenos no extremo sul do porto, sendo o mesmo, contido por um muro de suporte em betão armado.

6.2.4 - Alteração das condições de entrada

Com a Solução 1 alteram-se substancialmente as condições de entrada actuais. No entanto, como esta apresenta a entrada franca e profundidades consideráveis, admite-se que será uma entrada bastante segura, mesmo em situações de agitação desfavoráveis.

6.2.5 - Processo construtivo

O processo construtivo de um porto com a configuração e soluções alternativas propostas será o convencional para a generalidade das obras que o constituem. Excepto o contra-molhe que, por enraizar na base da arriba, que não tem acesso pelo topo, terá que ser construído recorrendo:

- À construção de um caminho de acesso na base da arriba com cerca de 600 m (a contar do terminus do novo terrapleno) ou
- À construção, por via marítima, usando o actual cais, sem por em causa a operacionalidade do porto.

A optar-se por um caminho de acesso, o mesmo terá que ser posteriormente removido.

Além disso, o elevado peso dos blocos de protecção do contra-molhe, que se estima serem da ordem de 800 kN na cabeça e 600 kN na generalidade do tronco, obriga à mobilização de equipamento muito potente.

6.2.6 - Estimativa de custo

Com base nos desenhos de projecto, estimaram-se as principais quantidades de trabalho, às quais se aplicaram preços unitários de obras de idêntica natureza, executadas no arquipélago dos Açores, tendo-se obtido os seguintes valores:

Trabalhos Preparatórios e Acessórios	2 000 000 €
Contra-molhe	15 408 076 €
Prolongamento do molhe	1 869 221 €
Obras interiores	4 977 126 €
Minimização dos galgamentos	1 500 000 €
Imprevistos e arredondamentos	2 575 442 €
TOTAL	28 329 865 €

No Apêndice IV apresenta-se a discriminação dos custos, quer por estrutura, quer por metro linear de estrutura, bem como as principais quantidades de trabalho e volumes de material.

Faz-se notar que este estudo foi realizado com base num levantamento parcial da baía, datado de 1995 e com base na Carta Hidrográfica N.º 162, cuja edição reimpressa data de Setembro 1970, informação esta, não só desactualizada, como não totalmente coincidente.

Assim, será de esperar que, na fase mais avançada dos estudos, se venham a detectar diferenças, quer na avaliação do peso dos blocos de protecção dos mantos das obras de abrigo, quer nos volumes de materiais, diferenças estas que se poderão repercutir expressivamente na avaliação dos custos, pelo que os valores indicados deverão ser tomados apenas como ordem de grandeza dos custos das obras.

6.3 - Solução Alternativa 2

6.3.1 - Descrição e justificação do Arranjo Geral

A Solução Alternativa 2 caracteriza-se por apresentar as obras de abrigo complementares, na sua maioria, implantadas na zona de sombra (dos rumos mais intensos) do actual molhe, e a pequenas profundidades, tornando-as por isso, apesar de mais longas, generalizadamente mais ligeiras.

Neste caso as obras de abrigo, são constituídas por três molhes e destinam-se a abrigar um plano de água de muito menor dimensão, da ordem dos 2,4 ha apenas.

Com vista a abrigar o plano de água adjacente ao actual cais (bacia norte) da agitação proveniente de NW e da proveniente dos restantes rumos que, por difracção, entram na bacia portuária, prevê-se o prolongamento do molhe, implantado perpendicularmente e enraizado no extremo do ao actual cais. Complementarmente, para abrigar a zona este da bacia com vista à criação de postos de estacionamento permanentes em flutuação, projectou-se um segundo molhe (molhe interior).

Como, com esta configuração, a nova entrada na bacia portuária passa a processar-se a cotas menos profundas, e logo, em zonas onde a rebentação se faz sentir com mais frequência, limitando significativamente a entrada e saídas das embarcações em situações menos favoráveis de agitação, que mesmo não sendo de temporal, tornam a entrada impraticável, podendo esta situação repercutir-se significativamente na operacionalidade do porto, optou-se por projectar um contra-molhe exterior, cujo troço terminal paralelo ao prolongamento do molhe, forma um canal de entrada alinhado com a direcção da onda incidente, seguido de um anteporto (na zona da Baía do Poço) onde a energia dessas ondas se dissipa, permitindo assim que a entrada se faça em melhores condições de segurança.

Resumidamente, as principais características destas obras de abrigo são:

- Prolongamento do molhe actual, perpendicular a este e enraizado no limite do cais, com 130 m de extensão;
- Contra-molhe exterior, constituído por dois troços, o primeiro com uma orientação N-S e um comprimento aproximado de 130 m e o segundo com uma orientação NNW-SSE e um comprimento aproximado de 75 m, a enraizar entre a Baía do Lobo e a Baía do Poço;

- E um contra-molhe interior com uma orientação NW-SE e um comprimento de 90 m, a enraizar na base da arriba, no alinhamento da via de acesso à Igreja do Bom Jesus.

No interior do plano de água norte, no intradorso do prolongamento do molhe, dispõe-se de um cais de acostagem com cerca de 110 m de extensão útil e fundos de serviço de -4,0 m (ZH), prevendo-se igualmente nesta área a construção de uma nova ponte-cais paralelamente à actual, mas com uma extensão de cerca de 55 m.

Na bacia este, para estacionamento da frota de pesca, prevê-se a construção de duas pontes-cais com cerca de 85 m de extensão cada e para o estacionamento da frota de recreio e marítimo-turísticas, prevê-se a instalação de um passadiço flutuante com 55 m de comprimento. Com estas estruturas, nesta configuração, é possível alojar:

- Acostagem directa nas pontes-cais – 45 embarcações;
- Acostagem abraçada a outras embarcações – +11 embarcações;
- Acostagem em postos flutuantes – 14 embarcações;
- Total de postos de acostagem – 59 a 70.

Para alagem das embarcações mais pequenas, maioritariamente de recreio, e para apoio do Clube Náutico, prevê-se também a construção de uma pequena rampa.

Todo o perímetro da bacia é limitado por uma retenção constituída por um talude enrocamentos, cuja finalidade é, por um lado dissipar a energia das ondas que ainda conseguem penetrar no porto e pelas ondas geradas pela deslocação das embarcações e por outro lado, servir de contenção ao novo terraplano portuário.

Nesta solução alternativa, a área de terraplano é consideravelmente menor do que na solução anterior, sendo apenas da ordem dos 0,4 ha.

O acesso ao porto continua a processar-se por norte, fazendo-se a ligação à parte este do terraplano, superiormente através do acesso ao Clube Náutico e inferiormente através do terraplano norte.

De igual forma, os terraplenos são limitados, do lado do mar, por estruturas pouco reflectoras, constituídas por retenções marginais revestidas por enrocamento seleccionado,

e do lado de terra pela base da arriba que, nesta extensão, passa a ficar protegida da erosão marítima.

Devido à configuração dos fundos na zona de implantação da nova bacia de estacionamento e às elevadas cotas que apresentam, será necessário efectuar dragagens cuja a natureza dos fundos se admite que sejam fundamentalmente rochosa. O mesmo se passa em parte do canal de entrada, cujo troço mais externo apresenta cerca de 40 m de largura útil e fundos de serviço mínimo a -4 m (ZH) e o troço mais interno apresenta 30 m de largura e fundos da mesma ordem.

Como parte da área do anteporto, nomeadamente a adjacente à base da arriba, se encontra a cotas elevadas, será necessário delimitar a zona a partir da qual os fundos são inferiores a -3, para evitar riscos de acidente.

A protecção dos terraplenos, contra o risco de desprendimentos de materiais constituintes da arriba, efectua-se através de uma vala de dejecção de grande dimensão, da ordem dos 15 m de largura, separada do terraplano através de um muro de betão.

Nesta nova configuração será também necessário fazer a adaptação do assinalamento marítimo, prevendo-se manter o actual farol na cabeça do molhe existente, instalar um em cada uma das três novas cabeças.

6.3.2 - Comportamento hidráulico e estrutural das obras de abrigo

As obras de abrigo preconizadas nesta solução permitem proteger o porto dos rumos de incidência da agitação para os quais ainda se encontrava exposto, garantindo as condições de tranquilidade necessárias para alojar parte da frota de pesca permanentemente em flutuação.

À semelhança da solução já descrita, foram igualmente avaliadas as condições de tranquilidade no interior da bacia portuária, recorrendo-se ao modelo matemático MIKE21 – BW. No Apêndice II, nas Figs. 31-II a 45-II, apresentam-se os resultados obtidos nos estudos de modelação matemática.

Através dos resultados obtidos nas simulações, verifica-se que para a generalidade das condições simuladas, no interior da bacia portuária, o escalão dominante é o de 0 a 0,05, verificando-se no entanto que a bacia norte é mais abrigada que a bacia sul.

No anteporto, como seria de esperar, os índices são maiores, atingindo pontualmente o escalão dos 0,2 a 0,3. Já na zona de entrada, junto às cabeças das obras de abrigo, os índices chegam ao escalão dos 0,5 a 0,75.

Neste caso, o novo molhe exterior (contra-molhe) apresenta uma secção transversal também trapezoidal, mas assimétrica, com o manto exterior de protecção da cabeça que se estima ser com cubos Antifer de 300 kN e parte do tronco com cubos Antifer de 150 kN colocados de forma regular (ver memória de cálculo – Apêndice III). Só no enraizamento, devido às pequenas profundidades e onde a acção da onda já é muito limitada e reduzida, é que se adoptaram enrocamentos na camada de protecção.

Como não dispõe de infra-estruturas no seu intradorso e tem como objectivo principal, dissipar a energia das ondas, este contra-molhe é francamente galgável, encontrando-se a cota de coroamento próxima de +6,0 m (ZH).

O prolongamento do actual molhe corresponde a uma estrutura que já se encontra parcialmente protegida, surgindo da necessidade de impedir a agitação incidente dos rumos do sector NW-N, que correspondem aos rumos mais frequentes, de penetrarem na parte norte da bacia portuária. Assim, esta estrutura apresenta um manto exterior com blocos do tipo Antifer que se estima serem de 150 kN, também colocados de forma regular. No intradorso deste molhe foi previsto um cais vertical, de forma a compensar a redução do espaço da bacia e a permitir mais algum comprimento de estrutura acostável, que nesta solução é bastante reduzido.

O molhe interior consiste numa estrutura mais ligeira, por se localizar numa zona já bastante resguardada, correspondendo a uma estrutura de taludes, apenas constituída por enrocamento, quer seja nas sub-camadas ou no manto de protecção. À semelhança do material que o compõe, a sua cota de coroamento também é menor face às das outras estruturas de abrigo, correspondendo à cota +5,0 m (ZH).

Sob os mantos de protecção serão colocadas camadas de filtros de enrocamentos classificados com pesos unitários necessários.

O núcleo dos molhes será constituído por um prisma de enrocamento de todo o tamanho (tot) e o coroamento e muro-cortina dos novos molhes será em betão simples construídos “in situ”.

A inclinação dos mantos de protecção será de 2/3 (V/H), com excepção dos taludes interiores para os quais se adoptou, para economia de material e espaço, uma inclinação de 3/4 (VH), e o talude exterior da extensão correspondente ao corte c-c, que será de 1:3 (V:H), para assim se garantir a estabilidade do manto.

Como nesta fase dos estudos não se conhece com rigor a natureza dos fundos, admitindo-se, no entanto, que sejam predominantemente rochosos e eventualmente cobertos por uma camada superficial de sedimentos, optou-se por fundar os mantos de protecção directamente no fundo rochoso.

Na fase seguinte do estudo – Projecto Base – quando já se dispuser de informação sobre a natureza dos fundos, se se considerar necessário adoptar-se-á a realização de um tapete de fundação, no caso de se encontrar fundos arenosos, ou vala de encaixe, no caso de se encontrar fundos rochosos e os ensaios em modelo reduzido assim o recomendarem.

6.3.3 - Caracterização das obras interiores

Para estacionamento das embarcações no plano de água foi considerada a construção de pontes-cais convencionais em estrutura fixa de betão armado, equipadas com os acessórios adequados ao tipo e dimensão das embarcações a servir.

Para acostagem e estacionamento das embarcações foram ainda considerados 100 m de cais vertical no intradorso do prolongamento do molhe existente. Este cais apresentará fundos de serviço de -4,00 m (ZH) e como solução estrutural propõe-se uma obra de gravidade, constituída por caixotões, ligados por uma superestrutura contínua de betão “in situ”. Neste cais será igualmente considerada uma escaleira, para facilitar o embarque e desembarque das tripulações, as descargas de pescado e as movimentações dos aprestos.

Tendo em conta que a solução de arranjo geral apresentada suprime a rampa-varadouro existente de forma a criar novas áreas de terraplano, propõe-se a criação de uma nova rampa-varadouro, próxima da actual, mas perpendicular a esta, com uma largura de 10 m e inclinação de 10%, com o pé à cota de -1,50 m (ZH). A solução estrutural preconizada para a rampa será semelhante à descrita na solução anterior.

Para garantir a operacionalidade do porto serão necessárias algumas dragagens em zonas onde não estão asseguradas as cotas de fundo que foram fixadas para a frota a servir, dragagens à cota -4,0 m (ZH) nas zonas de manobra no interior do anteporto e à cota -2,0 m (ZH) no interior da bacia de estacionamento.

No Des. 4 encontram-se assinaladas as áreas a dragar e as respectivas cotas de dragagem, admitindo-se que em todas elas seja necessário efectuar quebramentos de rocha e dragagem de sedimentos.

Esta solução também permite a criação de novas áreas de terraplano, mas de muito menor dimensão, com apenas cerca de 0,4 ha, sendo os aterros contidos e protegidos por obras de retenção marginal. As retenções marginais previstas correspondem a estruturas em talude de enrocamento seleccionado, com núcleo em material de todo o tamanho, com berma de aproximadamente 3,0 m à cota 2,7 m (ZH) e com uma inclinação de 2/3 (V/H), encimadas por bloco de coroamento de secção prismática, em betão simples, para remate do pavimento.

O acesso por via terrestre às novas áreas de terraplano propostas será garantido através de uma ligação entre a actual estrada de acesso ao porto, a rampa de acesso ao parque de varagem antigo, actual localização do Clube Náutico e os novos terraplenos no extremo sul do porto.

6.3.4 - Alteração das condições de entrada

As condições de segurança na entrada dos portos são tanto maiores, quanto maiores forem as profundidades a que esta se processa, pois entradas a menores profundidades estão sujeitas, com maior frequência, à ocorrência de rebentação, situação que provoca geralmente o fecho das barras, implicando não só com a segurança, como também com a operacionalidade portuária.

A Solução Alternativa 2 apresenta a entrada a cotas menos profundas, logo sujeita a rebentação com maior frequência, podendo tornar-se impraticável, mesmo em situações de agitação um pouco desfavoráveis.

Acresce ainda o facto de, sempre que a agitação não for exactamente coincidente com a direcção do canal, se vão dar múltiplas reflexões nos paramentos das estruturas criando-se no canal situações de agitação semelhante a “mar cruzado”, o que torna a entrada muito insegura.

Além disso, devido à necessidade de assinalar as quatro cabeças das diferentes obras de abrigo, a entrada num porto com esta configuração, torna-se particularmente difícil à noite, mesmo com boas condições de agitação e visibilidade, em consequência da presença dos inúmeros farolins de cor diferente e sua proximidade relativa.

6.3.5 - Processo construtivo

O processo construtivo de um porto com a configuração proposta será o convencional para a generalidade das obras que o constituem.

Apenas a construção do prolongamento do molhe se reveste de alguma complexidade por exigir o fabrico, transporte e colocação de caixotões, trabalho que não só terá que ser feito sem por em causa a operacionalidade portuária, como é arriscado pelo facto de a bacia portuária não dispor de boas condições de abrigo podendo, mesmo no Verão, ocorrer condições de agitação que ponham em causa a integridade destas estruturas na fase de construção.

Além disso, a construção do contra-molhe exigirá a construção de um caminho de acesso provisório, destacado da base da arriba para prevenir eventuais acidentes resultantes de desprendimentos, caminho este que terá que ser posteriormente parcialmente removido.

6.3.6 - Estimativa de custo

Com base nos desenhos de projecto, estimaram-se as principais quantidades de trabalho, às quais se aplicaram preços unitários de obras de idêntica natureza executadas no arquipélago dos Açores, tendo-se obtido os seguintes valores:

Trabalhos Preparatórios e Acessórios	1 500 000 €
Contra-molhe	3 924 851 €
Prolongamento do molhe	4 453 596 €
Obras interiores	2 924 692 €
Minimização dos galgamentos	1 500 000 €
Imprevistos e arredondamentos	1 485 165 €
TOTAL	16 336 819 €

No Apêndice IV apresenta-se a discriminação dos custos, quer por estrutura, quer por metro linear de estrutura, bem como as principais quantidades de trabalho e volumes de material.

À semelhança do já referido anteriormente, faz-se notar que este estudo foi realizado com base num levantamento parcial da baía, datado de 1995 e com base na Carta Hidrográfica N.º 162, cuja edição reimpressa data de Setembro 1970, informação esta, não só desactualizada como não totalmente coincidente.

Assim, será de esperar que na fase mais avançada dos estudos, se venham a detectar diferenças quer na avaliação do peso dos blocos de protecção dos mantos das obras de abrigo, quer nos volumes de aterros e dragagens, diferenças estas que se poderão repercutir expressivamente na avaliação dos custos, pelo que os valores indicados deverão ser tomados apenas como ordem de grandeza dos custos das obras.

6.4 - Solução Alternativa 3

6.4.1 - Descrição e justificação do Arranjo Geral

A Solução Alternativa 3 caracteriza-se por apresentar um contra-molhe, com uma orientação aproximada SW-NE e um comprimento de cerca de 260 m, que enraíza na base da arriba, entre a Baía do Lobo e a Baía do Poço, e que protege o sector SE da bacia portuária, com

cerca de 4,1 ha. Abrigo esse que é complementado com o prolongamento do molhe actual em cerca de 40 m, implantando-se exterior e paralelamente ao novo contra-molhe, formando um canal de entrada com uma largura útil de 45 m.

Com esta configuração proporciona-se o abrigo necessário ao plano de água, quer dos rumos de agitação incidente compreendidos entre NW e NNW, quer dos restantes rumos (sector NW-NE) que penetram na bacia por difracção na cabeça do actual molhe.

Esta solução apresenta não só a vantagem de abrigar um extenso plano de água, como não interfere significativamente com as actuais condições de entrada, prevendo-se um largo canal de acesso, cujo troço exterior apresenta cerca de 100 m de largura, estreitando gradualmente até cerca de 45 m de largura útil, na zona interior e mais abrigada, coincidente com o cruzamento da cabeça dos molhes.

No extenso plano de água abrigado pelo contra-molhe, prevê-se a construção de quatro ponte-cais de estacionamento, com cerca de 85 m cada, para servir a frota de pesca artesanal. No canto sul deste espaço, dispõe-se também de passadiços flutuantes, destinados a embarcações de recreio e marítimo-turísticas, bem como de uma rampa-varadouro.

Com estas estruturas, nesta configuração, alojam-se:

- Acostagem directa nas pontes cais – 68 embarcações;
- Acostagem abraçada a outras embarcações – +59 embarcações;
- Acostagem em postos flutuantes – 46 embarcações;
- Total de postos de acostagem – 114 a 173.

Com esta ampliação, o porto passa a dispor de duas áreas portuárias terrestres: a actual localizada a norte com cerca de 0,7 ha e a futura localizada a sul e a este com cerca de 2,6 ha, ligando ambas na zona do Clube Náutico, através do avanço do terraplano no sentido da bacia e do corte do conto sobrelevado do terraplano deste Clube.

À semelhança das soluções alternativas anteriores, o acesso ao porto continua a processar-se por norte, fazendo-se a ligação à parte sul e este do terraplano, superiormente através do acesso ao Clube Náutico e inferiormente através do terraplano norte.

De igual forma, os terraplenos são limitados, do lado do mar, por estruturas pouco reflectoras, constituídas por retenções marginais revestidas por enrocamento seleccionado, e do lado de terra pela base da arriba que, nesta extensão, passa a ficar protegida da erosão marítima.

A protecção dos terraplenos contra o risco de desprendimentos de materiais constituintes da arriba em resultado da erosão causada pelo vento e/ou pela chuva, efectua-se através de uma vala de dejecção de grande dimensão, da ordem dos 15 m de largura, separada do terraplano através de um muro de betão.

Esta é a solução que requer menor volume de dragagens dentro da bacia portuária sendo, no entanto, necessário dragar à entrada do canal, especialmente a faixa correspondente à sobrelargura de segurança.

Nesta configuração será também necessário fazer a adaptação do assinalamento marítimo, prevendo-se retirar o actual farol na cabeça do molhe existente, instalar outro na cabeça do novo contra-molhe e na cabeça do prolongamento do molhe actual.

6.4.2 - Comportamento hidráulico e estrutural das obras de abrigo

Com estas estruturas é possível proteger o porto dos rumos de incidência da agitação para os quais ainda se encontrava exposto, garantindo as condições de tranquilidade necessárias para alojar permanentemente em flutuação a frota de pesca, de recreio e marítimo-turística.

Para a avaliação das condições de tranquilidade no interior da bacia portuária, à semelhança das Soluções Alternativas 1 e 2, recorreu-se ao modelo matemático MIKE21 – BW. No Apêndice II, nas Figs. 46-II a 60-II, apresentam-se os resultados da modelação matemática da propagação da agitação, efectuada para esta Solução.

Nesta solução, a redução dos índices de agitação no interior do porto são também bastante apreciáveis sendo, no entanto, menores na bacia sul do que na bacia norte. Para a generalidade das condições simuladas, o escalão encontrado na bacia sul é o do 0 a 0,05, enquanto que na bacia norte é, em média, o 0,05 a 0,1 e, pontualmente, o 0,10 a 0,20.

Seguindo os critérios usualmente recomendados para o pré-dimensionamento do manto de protecção do corpo e da cabeça dos novos molhes (ver Apêndice III) adoptaram-se como ondas de projecto, as alturas de onda limitadas pelos fundos sempre que estas assumem valores inferiores às estimadas para um período de retorno de 50 anos.

Também neste caso, optou-se por prolongar o actual molhe através de uma estrutura de configuração trapezoidal, sendo o seu manto de protecção igualmente constituído por blocos Antifer de 300 kN colocados de forma regular. A sua secção transversal é simétrica, e a superestrutura encontra-se à cota +6,5 m (ZH), de forma a permitir ligação entre ambas as superestruturas. Esta cota de coroamento é bastante inferior à do muro-cortina do molhe existente, admitindo-se que esta estrutura seja galgável com alguma frequência, embora usufrua de algum abrigo proporcionado pela cabeça do actual molhe.

O novo contra-molhe apresenta uma secção transversal sempre assimétrica, com manto exterior apenas constituído por blocos do tipo Antifer de 300 e 150 kN colocados de forma regular, e cotas de coroamento e berma exterior variáveis entre os 7,0 m (ZH) e 7,5 m (ZH) e 5,8 m (ZH) e 8,6 m (ZH), respectivamente. A variação das cotas cresce da cabeça para o enraizamento, por esta estar protegida pelo prolongamento do actual molhe e por junto ao enraizamento se localizar a área de terraplano, a qual se pretende proteger dos galgamentos.

Sob os mantos de protecção serão colocadas camadas de filtros de enrocamentos classificados com pesos unitários que seguem as recomendações sobre esta matéria e cujo dimensionamento se encontra no Apêndice III.

O núcleo dos molhes será constituído por um prisma de enrocamento de todo o tamanho (tot) e o coroamento e muros-cortina serão em betão simples construídos "in situ".

A inclinação dos mantos de protecção será de 2/3 (V/H), com excepção dos taludes interiores para os quais se adoptou, para economia de material e espaço, uma inclinação de 3/4 (VH) e da extensão correspondente ao corte c-c, para assim se garantir a estabilidade do manto e simultaneamente se aumentar o grau de protecção do terraplano aos galgamentos.

Como nesta fase dos estudos não se conhece com rigor a natureza dos fundos, admitindo-se, no entanto, que sejam predominantemente rochosos e eventualmente

cobertos por uma camada superficial de sedimentos, optou-se por fundar os mantos de protecção directamente no fundo rochoso.

Na fase seguinte do estudo – Projecto Base – quando já se dispuser de informação sobre a natureza dos fundos, se se considerar necessário adoptar-se-á a realização de um tapete de fundação, no caso de se encontrar fundos arenosos, ou vala de encaixe, no caso de se encontrar fundos rochosos e os ensaios em modelo reduzido assim o recomendarem.

6.4.3 - Caracterização das obras interiores

À semelhança das soluções anteriores, foi adoptada para solução de estacionamento no plano de água, pontes-cais fixas que permitem o estacionamento em permanência de embarcações acostadas directamente sobre a face acostável ou “abraçadas”.

As pontes-cais, em número de quatro, dispõem-se radialmente à bacia e apresentam cerca de 85 m cada.

Tendo em conta que a solução apresentada suprime a rampa-varadouro existente de forma a criar novas áreas de terrapleno, propõe-se a criação de uma nova rampa-varadouro, junto ao enraizamento do novo contra-molhe, com uma largura de 15 m e inclinação de 10%, com o pé à cota de -1,50 m (ZH).

A solução estrutural preconizada para a rampa será constituída por lajetas de betão prefabricadas na zona submersa e por lajes construídas “in situ” na zona emersa, assentes em prismas de enrocamento de fundação, rematando o pé da rampa com blocos de betão especiais para contenção e protecção das lajetas.

Para garantir a operacionalidade do porto serão necessárias algumas dragagens em zonas onde não estão asseguradas as cotas de fundo que foram fixadas para a frota a servir, dragagens à cota -4,0 m (ZH) nas zonas à entrada da bacia e à cota -2,0 m (ZH) no interior da bacia.

No Des. 6 encontram-se assinaladas as áreas a dragar e as respectivas cotas de dragagem, admitindo-se que em todas elas seja necessário efectuar quebramentos de rocha e dragagem de sedimentos.

À semelhança da Solução Alternativa 1, foi igualmente considerada uma redução do parque de varagem antigo, actual localização do Clube Náutico, numa área de aproximadamente 125 m², de forma a ser possível a criação de um caminho de comunicação entre os actuais e os novos terraplenos.

A contenção e protecção desses aterros será garantida pelas retenções marginais e obras de abrigo. As retenções marginais são estruturas em talude de enrocamento seleccionado, com núcleo em material de todo o tamanho, uma berma de aproximadamente 3,0 m, à cota 2,7 m (ZH) e uma inclinação de 2/3 (V/H), encimadas por bloco de coroamento em betão simples de secção prismática com 1,5 m de largura para remate do pavimento.

O acesso às novas áreas de terraplano propostas, que correspondem a aproximadamente 2,5 ha, será garantido através de uma ligação entre a estrada de acesso ao porto, a rampa de acesso ao parque de varagem antigo, actual localização do Clube Náutico e os novos terraplenos no extremo sul do porto.

6.4.4 - Alteração das condições de entrada

Nesta configuração, em que o prolongamento do molhe existente é o menos extenso, as alterações das condições de entrada são também menores. Além disso, por se ter previsto um canal de 50 m associado a uma sobrelargura de mais 50 m, a segurança das condições de entrada fica também garantida para a generalidade dos estados de mar, mesmo que as embarcações sofram abatimentos, quer devido à acção das ondas, quer devido à acção do vento, ou à conjugação de ambas.

6.4.5 - Processo construtivo

Sobre o processo construtivo das estruturas que integram esta Solução Alternativa, admite-se que seja o convencional, e em tudo muito semelhante ao adoptado para construir as estruturas que compõem o actual porto de pesca.

Neste caso particular, devido à extensão dos terraplenos, não será necessário remover o caminho de acesso para construir o contra-molhe, na medida em que este fica integrado nele.

6.4.6 - Estimativa de custo

Com base nos desenhos de projecto, estimaram-se as principais quantidades de trabalho, às quais se aplicaram preços unitários de obras de idêntica natureza executadas no arquipélago dos Açores, tendo se obtido os seguintes valores:

Trabalhos Preparatórios e Acessórios	1 000 000 €
Contra-molhe	3 803 012 €
Prolongamento do molhe	1 729 104 €
Obras interiores	5 334 144 €
Minimização dos galgamentos	1 500 000 €
Imprevistos e arredondamentos	1 336 626 €
TOTAL	14 702 887 €

No Apêndice IV apresenta-se a discriminação dos custos, quer por estrutura, quer por metro linear de estrutura, bem como as principais quantidades de trabalho e volumes de material.

Conforme já foi referido para a Solução Alternativa 1 e 2, faz-se notar mais uma vez, que este estudo foi realizado com base num levantamento parcial da baía, datado de 1995 e com base na Carta Hidrográfica N.º 162, cuja edição reimpressa data de Setembro 1970, informação esta, não só desactualizada como não totalmente coincidente.

Assim, será de esperar que na fase mais avançada dos estudos se venham a detectar diferenças, quer na avaliação do peso dos blocos de protecção dos mantos das obras de abrigo, quer nos volumes de aterros e dragagens, diferenças estas que se poderão repercutir expressivamente na avaliação dos custos, pelo que os valores indicados deverão ser tomados apenas como ordem de grandeza dos custos das obras.

6.5 - Solução para minimizar os problemas de galgamento do actual molhe

Para minimizar os galgamentos ao longo da extensão útil do actual molhe (cerca de 200 m), propõe-se efectuar ao alteamento do muro-cortina, prevendo-se, nesta fase do estudo, que este seja da ordem dos 2 a 2,5 m, valores que serão aferidos aquando da realização dos ensaios em modelo físico reduzido.

**AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

Por razões de estabilidade, não é possível apenas altear o muro-cortina, sendo também necessário alargá-lo, dado que ao alteá-lo está-se a expor uma maior área da estrutura à acção das ondas. Assim, para garantir a estabilidade do muro-cortina será necessário alargá-lo para o intradorso, conforme se esquematiza nas peças desenhadas.

Para garantir a aderência dos betões de diferentes idades, as superfícies de contacto, serão escarificadas, prevendo-se igualmente a colocação de chumbadouros.

Como o alargamento se faz para o intradorso e na face interna do muro-cortina onde existem as cavidades que alojam as armaduras de iluminação, será também necessário transferi-las para a nova face do muro-cortina.

7 - ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PROPOSTAS

7.1 - Resumo das características das soluções

Com vista a facilitar a análise comparativa das soluções alternativas, no quadro seguinte apresentam-se resumidamente as principais características de cada uma das soluções propostas e analisadas.

Quadro comparativo de soluções

Características	Solução Alternativa 1	Solução Alternativa 2	Solução Alternativa 3
Comprimento total das obras de abrigo (m):	415	425	300
• Contra-molhe	340	205	260
• Prolongamento do Molhe	75	130	40
• Molhe interior		90	
Peso dos blocos (kN):			
• Contra-molhe	800; 600; 300 e 150	300 e 150	150
• Prolongamento do Molhe	150	150	300
• Molhe interior		30 a 60	
Área molhada abrigada (ha)	Área total – 12 Área útil – 4.5	2.4	4.1
Área do novo terrapleno (ha)	1.5	0.4	2.6
Extensão dos novos cais de acostagem para a pesca (m)	490 98 postos 196 “abraçados”	335 45 postos 56 “abraçados”	340 68 postos 127 “abraçados”
Extensão dos novos cais de acostagem para o recreio (m)	105 m (24 postos)	55 m (14 postos)	155 m (46 postos)
Meios de alagem	Rampa com 715 m ²	Rampa com 477 m ²	Rampa com 715 m ²
Volume de materiais (m ³):			
• Enrocamento	172 100	97 800	85 200
• Betão	83 100	39 000	36 700
Grau de abrigo	Bom	Bom	Bom
Condições de entrada	Boas	Difíceis, especialmente à noite	Boas
Custo total	28.3 M€	16.3 M€	14.7 M€
Custo por hectare de área molhada abrigada	6.3 M€/ha	6.8 M€/ha	3.6 M€/ha

7.2 - Análise Comparativa de Soluções

Na análise comparativa das soluções alternativas estudadas tiveram-se em conta várias componentes, nomeadamente as constantes do Programa de Necessidades (PN) que, resumidamente estabelece que sejam:

- Melhoradas as condições de abrigo do porto;
- Criados postos de estacionamento em flutuação para cerca de 100 embarcações com comprimentos inferiores a 11 m e calados inferiores a 2 m;
- Eliminadas as inundações do terraplano actual;
- Aumentada a área de terraplano;
- Reduzidas as inundações resultantes dos galgamentos do actual molhe;
- Previstos também postos de acostagem para embarcações de recreio e para embarcações marítimo-turísticas.

Adicionalmente, tiveram-se também em conta as seguintes componentes:

- Processo construtivo;
- Custo das obras;
- Relação custo/benefício.

Relativamente a cada componente, comparativamente, constata-se que:

Melhoria das condições de abrigo do porto

- Em todas as soluções são conseguidas as necessárias condições de abrigo, para permitir o estacionamento permanente em flutuação. Estas condições de abrigo apesar de boas, excedem ligeiramente o limite aceitável para a instalação de equipamento flutuante, tendo-se por isso, em todas as soluções, optado por estruturas fixas para a frota de pesca, prevendo-se apenas nas zonas mais abrigadas das bacias, a instalação de equipamento flutuante, destinando-se estes postos de acostagem às embarcações de recreio e marítimo-turísticas;
- No caso da Solução 1, a melhoria das condições de abrigo é conseguida à custa de uma obra de abrigo muito extensa e estruturalmente muito pesada, por esta se implantar a profundidades elevadas, enquanto nas Soluções 2 e 3 as estruturas são

mais ligeiras, por se localizarem parcialmente na zona de sombra do actual molhe e a menores profundidades;

- Por sua vez, a Solução Alternativa 2 é a que apresenta uma maior extensão de obras de abrigo (cerca de 425 m = 205 + 130 + 90) enquanto que a Solução 3 é a que apresenta obras de abrigo em menor número, extensão e dimensão.

Criação de postos de estacionamento permanente em flutuação

- Apenas as Soluções 1 e 3 cumprem o estabelecido no PN, na medida em que só estas permitem alojar toda a frota de pesca artesanal, além de preverem também postos de estacionamento suplementares para embarcações de recreio e marítimo-turísticas.
- A Solução 1 apresenta um vasto plano de água abrigado, do qual cerca de 4,5 ha são úteis, e postos de estacionamento que excedem em muito o PN, na medida em que o vasto canal entre pontes-cais permite a acostagem de embarcações “abraçadas”, elevando assim o número de postos de acostagem directa de aproximadamente 100 para cerca de 200. Para além disso, dispõem ainda de 24 postos de acostagem para embarcações de recreio e marítimo-turísticas.
- Pelo contrário, a Solução 2, apresenta um reduzido plano de água abrigado, com apenas cerca de 0,4 ha, áreas de manobra exíguas e número de postos de estacionamento insuficientes, não permitindo, não só alojar toda a frota de pesca artesanal, bem como as restantes embarcações, quer as de recreio, quer as marítimo-turísticas.
- Já a Solução 3 apresenta um vasto plano de água, com cerca de 4,1 ha, todo ele útil e com áreas de manobra generosas, dispondo das infra-estruturas de acostagem necessárias quer para a frota de pesca, quer para o recreio e marítimo-turísticas. Através da inclusão de um cais aderente ao intradorso do contra-molhe pode ver ainda aumentada a sua capacidade de acostagem, podendo esta solução vir a exceder o número de postos de acostagem apresentados na Solução 1.

Condições de segurança na entrada

- Em todas as soluções, as condições de entrada são alteradas em relação à situação actual, não tendo sido possível resolver os actuais problemas de agitação da bacia aderente ao cais e eliminar o galgamento do terraplano, sem prolongar o molhe existente.
- A solução em que as condições de entrada são menos alteradas em relação às condições actuais é a Solução 3, por envolver uma menor extensão do prolongamento do molhe. Esta solução oferece condições de entrada seguras, na medida em que o canal de acesso apresenta uma sobrelargura, exibindo no total cerca de 100 m, permitindo que a entrada se faça em segurança, mesmo que as embarcações sejam sujeitas a abatimentos resultantes da acção das ondas ou do vento.
- A Solução 1 apresenta a entrada a maiores profundidades e alinhada com os rumos de agitação mais intensos sendo, por isso, uma entrada relativamente segura, mesmo em situações de agitação menos favoráveis.
- A Solução Alternativa 2 apresenta a entrada a cotas menos profundas, logo sujeita a rebentação com maior frequência, podendo tornar-se impraticável mesmo em situações de agitação um pouco severas. Acresce ainda o facto de, sempre que a agitação não for exactamente coincidente com a direcção do canal, se vão dar múltiplas reflexões nos paramentos das estruturas criando-se no canal situações de agitação semelhante a “mar cruzado”, o que torna a entrada muito insegura. Além disso, devido à necessidade de assinalar as quatro cabeças das diferentes obras de abrigo, a entrada num porto com esta configuração, torna-se particularmente difícil à noite, mesmo com boas condições de agitação e visibilidade, em consequência dos inúmeros farolins de cor diferente e sua proximidade relativa.

Ampliação do terraplano

Todas as soluções conduzem a um aumento da área de terraplano. A Solução 3 é a que apresenta uma maior área (cerca de 2,6 ha), enquanto a Solução 2 conduz a uma menor ampliação, de apenas cerca de 0,4 ha.

Se for considerada excessiva, a área de terraplano da Solução 3 pode ser reduzida, beneficiando-se desta forma a área do plano de água.

Inundações do terrapleno actual e galgamentos do molhe-cais

Em todas as soluções, por incluírem o prolongamento do actual molhe, em maior ou menor extensão, e independente, do seu alinhamento, conduzem à redução das inundações do terrapleno, que actualmente ocorre em determinadas condições devido às sobreelevações e por insuficiente difracção das ondas na cabeça do molhe actual.

Os galgamentos do molhe-cais existente serão também reduzidos de igual forma em todas as soluções alternativas, uma vez que, a solução proposta é comum a todas, e envolve o alteamento do muro-cortina em cerca de 2 a 2,5 m.

Assim, nestas duas componentes não existem vantagens comparativas a registar.

Processo construtivo

Relativamente ao processo construtivo, admite-se que o mesmo seja o convencional para a generalidade das estruturas que constituem as soluções alternativas propostas, com a excepção:

- Do contra-molhe da Solução Alternativa 1 que, por não ter acesso terrestre, provavelmente, teria de ser construído recorrendo a meios marítimos, além de requerer meios de elevação muito potentes, com capacidade para colocação dos cubos Antifer com pesos da ordem dos 800 kN;
- Do prolongamento do molhe da Solução 2, que prevê a construção de um cais no intradorso, com caixotões ou aduelas de grande dimensão, tendo que se recorrer a uma plataforma flutuante para construção dos caixotões ou a equipamento de elevada capacidade para colocar as aduelas.

Para construir a Solução Alternativa 3, não seriam necessários meios mais potentes do que aqueles que foram usados na construção das estruturas do actual porto.

Custo das obras e relação custo benefício

Por ordem decrescente, a solução mais onerosa é a Solução Alternativa 1, que está estimada em cerca de 28,3 milhões de euros, seguida da Solução Alternativa 2, cujo custo

de construção se prevê que ascenda a 16,3 milhões de euros, sendo a mais económica a Solução Alternativa 3, avaliada em cerca de 14,7 milhões de euros.

Analisados alguns rácios, nomeadamente o custo do hectare de plano de água útil abrigado, custo da face acostável de cais ou ainda o custo dos postos de estacionamento, observa-se que:

Custo do hectare de plano de água útil abrigado

- Solução Alternativa 1 – 4,7 M€/ha;
- Solução Alternativa 2 – 6,8 M€/ha;
- Solução Alternativa 3 – 3,6 M€/ha.

Custo de cais/ponte-cais acostável

- Solução Alternativa 1 – 47 570 €/m;
- Solução Alternativa 2 – 41 800 €/m;
- Solução Alternativa 3 – 29 700 €/m.

Custo dos postos de estacionamento

- | | |
|--------------------------------------|-----------|
| • Solução Alternativa 1 | |
| • Acostagem directa | 232 000 € |
| • Acostagem “abraçados” | 128 650 € |
| • Solução Alternativa 2 | |
| • Acostagem directa | 276 300 € |
| • Acostagem “abraçados” | 232 900 € |
| • Solução Alternativa 3 – 29 700 €/m | |
| • Acostagem directa | 129 000 € |
| • Acostagem “abraçados” | 85 000 € |

Conforme se constata a Solução Alternativa 3 é, não só a mais económica, como a que apresenta rácios mais baixos, logo a de melhor relação/custo benefício.

7.3 - Conclusão - Solução recomendada

A Solução Alternativa 1, apesar de cumprir ou exceder mesmo os requisitos do Programa de Necessidades, é uma solução muito ambiciosa, desproporcionada em relação às necessidades e excessivamente onerosa injustificando-se, por isso, a sua recomendação, apesar das muitas vantagens que evidencia.

Por outro lado, a Solução Alternativa 2, não cumpre as condições estabelecidas no Programa de Necessidades, além de ser uma solução cuja relação custo/benefício é desfavorável, sendo por isso de excluir.

Por último, a Solução Alternativa 3, é a que se afigura técnica e economicamente mais vantajosa. Trata-se da solução mais equilibrada, que cumpre todos o requisitos do Programa de Necessidades, apresenta um processo construtivo convencional, sendo também a Solução mais económica e cujos rácios são mais baixos, ou seja, é a solução que apresenta uma melhor relação custo/benefício sendo, por isso, a Solução recomendada.

REFERÊNCIAS CONTIDAS NO TEXTO

Afonso, C., Neves, M.G., Silva, L.G., Trigo Teixeira, A. (2007) “Influência de obliquidade da agitação e da densidade de colocação dos blocos Antifer na estabilidade de obras marítimas de talude”, 5.ªs Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, PIANC, Lisboa.

CONSULMAR, Região Autónoma dos Açores – Secretaria Regional da Habitação e Equipamentos – - Direcção Regional de Obras Públicas, *Empreitada de Reformulação e Melhoramento do Porto de Pesca de Rabo de Peixe na ilha de S. Miguel – Obras interiores – Projecto de Execução*, Tomo I, Agosto de 1997.

CONSULMAR, Região Autónoma dos Açores – Secretaria Regional da Habitação e Equipamentos – - Direcção Regional de Obras Públicas e Transportes Terrestres, *Empreitada de Reformulação e Melhoramento do porto de Pesca de Rabo de Peixe na ilha de S. Miguel, Molhe – Projecto de Execução*, Março 1999.

CONSULMAR, Região Autónoma dos Açores – Secretaria Regional da Habitação e Equipamentos – - Direcção Regional de Obras Públicas, *Porto de Pesca de Rabo de Peixe na ilha de S. Miguel, Condições actuais de operacionalidade condicionada pelo estado do mar*, Janeiro 2001.

CERC – Coastal Engineering Research Center – Department of the Army Corps of Engineers, *Estimating Nearshore Conditions for Irregular Waves*, Technical paper n.º 80-3, 1980.

CERC – Coastal Engineering Research Center – Department of the Army Corps of Engineers, *Fundamentals of Design, Coastal Engineering Manual (CEM)*, U.S. Army, Washington, DC, versão provisória (2005).

DHI Software, 1999. MIKE 21: *Waves – Boussinesq Wave Module*. Scientific Documentation.

Goda Y., 1985, *Random seas and design of maritime structures*, University of Tokyo Press.

IH – Instituto Hidrográfico, Ministério da Defesa Nacional – Marinha, *Roteiro da Costa de Portugal – Arquipélago dos Açores*, 2.ª edição, 2000.

IH – Instituto Hidrográfico, Ministério da Defesa Nacional – Marinha, *Roteiro da Costa de Portugal – Arquipélago dos Açores*, 2.ª edição, Suplemento n.º 1, 05 de Dezembro 2003.

IH – Instituto Hidrográfico, Ministério da Defesa Nacional – Marinha, *Tabelas de Marés*, 2010.

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, *Ensaio adicionais em modelo reduzido do quebra-mar de protecção do porto de pesca de Rabo de Peixe*, Relatório Final, Relatório 289/98 – NPP, Lisboa, Novembro 1998.

Madsen, P. A. and Sorensen, O. R., 1992. *A New Form of the Boussinesq Equations with Improved Linear Dispersion Characteristics*, Part 2: A Slowly – varying Bathymetry. *Coastal Engineering*, 18, pp 183-204.

Madsen, P. A., Murray, R. and Sorensen, O. R., 1991. *A New Form of the Boussinesq Equations with Improved Linear Dispersion Characteristics*, Part 1. *Coastal Engineering*, 15, pp 371-388.

Madsen, P. A., 1983. *Wave reflection from a Vertical Permeable Wave Absorber*. *Coastal Engineering*, 7, pp 381-396.

MAST III – PROVERBS, 1996-1999, *Probabilistic Design Tools for Vertical Breakwaters*, comissão da União Europeia, contrato MAS3-CT95-0041.

Neves, M.G., Silva L.G. e Reither S., (2003) “Estabilidade e Galgamento de quebra-mares de taludes - influência do modo e densidade de colocação de blocos cúbicos”, 3.ªs Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, PIANC, Aveiro.

Oliveira M., 1986, Apontamentos da Cadeira de Hidráulica Marítima, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Pita, C., 1985 – *Dimensionamento Hidráulico do Manto Resistente de Quebra-Mares de Talude*, LNEC.

Takahashi S., 1996, *Design of vertical Breakwaters*; Reference Document No. 34, Port and Harbour Research Institute, Japan.

Taveira Pinto, Francisco e Neves, Ana Cristina, *A importância da consideração do carácter irregular da agitação marítima no dimensionamento de quebra mares de taludes*, Edição da revista "Engenharia" da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Número 16, (2003).

Trigo Teixeira, A., Mota Oliveira, I., Pires Silva, A. A. (2001), *Acção do Temporal de Outubro de 1999 sobre a Obra de Reformulação do Porto de Pesca de Rabo de Peixe*, 2.ªs Jorn. Port. de Engng. Costeira e Portuária, PIANC, Sines.

Weggel, J. R. 1972. "Maximum Breaker Height," *Journal of the Waterways, Harbors and Coastal, Engineering Division*, Vol 98, No. WW4, pp 529-548.

REFERÊNCIAS NÃO CONTIDAS NO TEXTO

BS 6349, Part 1, 2000, British Standard, *Code Of Practice for Marine Structures*, 4th Am., BSI, London, England.

BS 6349, Part 7, 1991, British Standard, *Guide to the design and construction of breakwaters*. BSI, London, England.

CEHIDRO-IST, TECNOVIA-Açores, *Porto de pesca de Rabo de Peixe. Acidente de 22 Outubro de 1999. Parecer*, Dezembro 1999.

CONSULMAR, Região Autónoma dos Açores – Secretaria Regional da Agricultura e Pescas – - Direcção Regional de Pescas, *Porto de Rabo de Peixe – Reformulação e Desenvolvimento Portuário, Estudo Prévio*, Agosto 1995.

CONSULMAR, Região Autónoma dos Açores – S.R.H.O.P.T.C. – Direcção Regional de Obras Públicas, *Empreitada de Reformulação e Melhoramento do porto de Pesca de Rabo de Peixe na Ilha de S. Miguel – Processo de Concurso, Volume 3, Projecto Base*, Junho de 1996.

CONSULMAR, Região Autónoma dos Açores – S.R.H.O.P.T.C. – Direcção Regional de Obras Públicas, *Molhes de protecção do porto de pesca da Ribeira Quente e do porto de pesca de Rabo de Peixe, Especificação para ensaios em modelo reduzido*, Dezembro, 1996.

C863: The rock manual. *The use of rock in hydraulic engineering*, CIRIA/CUR/CETMEF, London, 2007.

Decreto Lei n.º 18/2008 de 29 de Janeiro – Código dos Contratos Públicos (CCP).

Decreto Legislativo Regional n.º 34/2008/A – Regras especiais da contratação pública na Região Autónoma dos Açores.

EurOtop. *Wave overtopping of sea defenses and related structures – Assessment manual*, 2007.

Frada J., *Guia Prático para a elaboração e apresentação de trabalhos científicos*, 4.ª edição, 1994.

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, *Memória n.º 114, A previsão das características das ondas do Mar*, F. Manzanares Abecasis, J. Pires Castanho, J. Reis de Carvalho, 1957, Relatório 119/92 – NPP, Lisboa.

PIANC, *Analysis of Rubble Mound Breakwaters*, 1992.

Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho – Honorários e conteúdo das Fases de Projecto.

**AMPLIAÇÃO DO PORTO DE PESCA DE RABO DE PEIXE
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

PEÇAS DESENHADAS