U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

# POTENCIALIDADES E CONDICIONALISMOS FÍSICOS, DO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

## Caso de estudo – Ampliação do Porto do Funchal

**RICARDO LOURENÇO TEIXEIRA DE AGUIAR RAMOS**

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA**

---

Orientador: Professor Doutor Fernando Francisco Machado Veloso Gomes

FEVEREIRO 2009

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais

**AGRADECIMENTOS**

Este trabalho contou com a colaboração de algumas pessoas e entidades, às quais queria expressar os meus agradecimentos, em especial:

- Ao Professor Doutor Fernando Francisco Machado Veloso Gomes, como orientador deste trabalho, pela sua disponibilidade ilimitada e por todo o apoio prestado relativamente ao esclarecimento de dúvidas e à concretização deste estudo.
- À Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira SA, em especial à Administradora Dr.ª Alexandra Mendonça e ao Eng. Pedro Camacho, por toda a simpatia e disponibilidade que sempre demonstraram no apoio à recolha de dados fundamentais para a realização deste trabalho.
- Ao Eng. André de Castro Machado, pela partilha de conhecimentos relativos ao software de processamento de texto.
- Ao colega e amigo Nuno Correia, pela partilha de conhecimentos relativos ao software de cálculo automático.
- À Arquitecta Isabel Ramos, pela partilha de conhecimentos relativos ao software de desenho assistido por computador.
- Aos meus Pais, aos meus Irmãos, à minha Tia, à Ana Luísa e aos meus amigos, pelo apoio e incentivo na concretização deste trabalho.

## RESUMO

O trabalho realizado, foi proposto no âmbito da unidade curricular Projecto / Investigação do Ramo de Hidráulica, do 5º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto no ano lectivo 2008/09, e refere-se ao estudo das Potencialidades e Condicionalismos Físicos, do Desenvolvimento Portuário da Região Autónoma da Madeira.

Através de uma análise das características oceanográficas e geotécnicas do Arquipélago da Madeira, incluindo especificamente o Funchal, o Caniçal e o Porto Santo, avaliaram-se as Potencialidades e os Condicionalismos Físicos do Desenvolvimento Portuário. Esta avaliação incluiu dados sobre marés e de agitação, correntes e batimetria, e visou a concepção e o dimensionamento de Quebramares, Cais e Terraplenos. Elaborou-se um estudo estatístico de agitação, com base nos dados da bóia ondógrafo da Ponta da Cruz (Funchal), e estudaram-se várias propostas de ampliação para porto do Funchal. Por último, fez-se um pré-dimensionamento de uma ampliação do quebramar sul do Porto.

No Capítulo 1 fez-se uma breve introdução ao trabalho, enquadrando o actual sistema portuário da Região Autónoma da Madeira, com especial ênfase para a descrição das estratégias de desenvolvimento, assumidas pela Administração Portuária nos últimos anos.

No Capítulo 2 pretendeu-se dar a conhecer ao leitor alguns aspectos geográficos, e geológicos do Arquipélago da Madeira, nomeadamente sobre as Ilhas da Madeira, do Porto Santo, das Desertas e das Selvagens. Neste capítulo também se descreve o regime de marés e correntes nas Ilhas da Madeira e do Porto Santo e se define os valores característicos das marés astronómicas nos portos do Funchal, do Caniçal e do Porto Santo

Nos Capítulos 3, 4 e 5, caracterizou-se detalhadamente os portos do Funchal, do Caniçal e do Porto Santo, respectivamente. Referiram-se alguns aspectos históricos, com especial ênfase para a história da baía do Funchal. Para cada um dos três portos estudados, caracterizaram-se as infra-estruturas de acostagem, a batimetria, a agitação, as soluções técnicas dos quebramares principais e o tráfego. Terminaram-se estes capítulos com uma análise SWOT, para cada um das infra-estruturas.

No Capítulo 6 analisaram-se as Potencialidades e os Condicionalismos Físicos do Desenvolvimento Portuário. Esta análise centrou-se nas características físicas da baía e da área de implantação, e nas situações geoestratégicas local e global de cada um dos três portos.

No Capítulo 7 estudaram-se alternativas de ampliação do Porto do Funchal. Fez-se um estudo estatístico de agitação e procedeu-se ao pré-dimensionamento de um prolongamento do quebramar sul do Porto.

O Capítulo 8 encerrou este estudo, com uma com uma breve síntese e discussão de resultados.


PALAVRAS-CHAVE: Porto do Funchal, Porto do Caniçal, Porto do Porto Santo, Potencialidades e condicionalismos físicos, Quebramar Misto, Dimensionamento, Análise de Agitação, Ampliação.

## ABSTRACT

This work was performed in the context of the subject Project / Research of the Hydraulic Option of the 5th Year of Integrated Master in Civil Engineering of the Faculty of Engineering of the University of Porto in the 2008/09 school year, and refers to the study of the Potentialities and Physical Limitations of Madeira's Port Development.

Starting off with an analysis of Madeira's oceanographic and geotechnical characteristics, including the Ports of Funchal, Caniçal and Porto Santo, an evaluation of Potentialities and Physical Limitations was presented. This evaluation included data from sea waves and tides, currents and batimetry, with the goal of designing breakwaters, peers and artificial plains. A statistical study was made, based on the data provided by the Ponta da Cruz's (Funchal) wave buoy. Finally, possibility designs of an alternative lay-out for the expansion of port of Funchal were discussed.

In Chapter 1, a brief introduction was made, regarding Madeira's present port system, with special attention given to the development strategies adopted by the Port Administration in the last years.

In Chapter 2, some of Madeira's geographical and geological aspects are described, particularly about the Madeira, Porto Santo, Desertas and Selvagens Islands. Also in this chapter, Madeira's and Porto Santo's tide and sea current characteristics are included, as well as values for the astronomical tides for the ports of Funchal, Caniçal and Porto Santo.

In Chapters 3 to 5, a detailed characterization of the Ports of Funchal, Caniçal and Porto Santo was made, including some historical aspects, particularly about Funchal's Bay. For each of the three ports, the study contained an analysis of the docking infrastructures, batimetry, sea wave conditions, technical solutions for the main breakwater and traffic. Each of the chapters was concluded with SWOT analysis refering a specific port.

In Chapter 6, the Potentialities and Physical Limitations of Port Development were analysed. This analysis focused on the physical characteristics of the bay and the surrounding area, as well the global and local geostrategical position, of each of the three ports.

In Chapter 7, alternatives to Funchal's Port expansion were studied. Based on a statistical data regarding the wave regime, a pre-dimensioning of an extension to the south breakwater of the Port was performed.

Chapter 8 ended this study, with a brief conclusion and discussion of the results gathered.


KEY-WORDS: Funchal's Port, Caniçal's Port, Porto Santo's Port, Potentialities and Physical Limitations, Mixed breakwater, Dimensioning, Tides Analysis, Addition, wave regime.

# ÍNDICE GERAL

**AGRADECIMENTOS** ..... **V**

**RESUMO** ..... **VII**

**ABSTRACT** ..... **IX**

**1 INTRODUÇÃO** ..... **1**

**2 CONSIDERAÇÕES GEOGRÁFICAS, GEOLÓGICAS E MAREGRÁFICAS DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA** ..... **5**

2.1 CONSIDERAÇÕES GEOGRÁFICAS ..... 5

*2.1.1 Particularidades Geográficas* ..... *6*

2.1.1.1 Ilha da Madeira ..... 6

2.1.1.2 Ilha do Porto Santo ..... 6

2.1.1.3 Ilhas Desertas ..... 7

2.1.1.4 Ilhas Selvagens ..... 8

2.2 ORIGEM GEOLÓGICA DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA ..... 8

*2.2.1 Particularidades Geológicas* ..... *8*

2.2.1.1 Ilha da Madeira ..... 8

2.2.1.2 Ilha do Porto Santo ..... 9

2.2.1.3 Ilhas Desertas ..... 9

2.2.1.4 Ilhas Selvagens ..... 10

2.3 REGIME DE MARÉS E CORRENTES NAS ILHAS DA MADEIRA E DO PORTO SANTO ..... 10

*2.3.1 Valores característicos das Marés astronómicas nos três principais Portos da Madeira* ..... *11*

**3 PORTO DO FUNCHAL** ..... **13**

3.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO ..... 13

3.2 A HISTÓRIA DA BAÍA DO FUNCHAL ..... 13

3.3 SITUAÇÃO ACTUAL DO PORTO DO FUNCHAL ..... 18

3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO PORTO DO FUNCHAL ..... 19

*3.4.1 Características das Infra-estruturas de Acostagem* ..... *20*

3.4.1.1 Zona Sul ..... 20

3.4.1.2 Zona Norte ..... 20

3.4.1.3 Marina do Funchal ..... 21

*3.4.2 Caracterização sumária dos Cais acostáveis do Porto do Funchal.* ..... *21*

*3.4.3 Caracterização Batimétrica do Porto do Funchal* ..... *22*

*3.4.4 Caracterização da agitação no Porto do Funchal* ..... *22*

3.5 CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO TÉCNICA DO MOLHE SUL DO PORTO DO FUNCHAL ..... 23

3.6 TRÁFEGO DE CRUZEIROS TURÍSTICOS NO PORTO DO FUNCHAL. ..... 24

3.7 ANÁLISE SWOT ..... 25

*3.7.1 Pontos Fortes* ..... *25*

*3.7.2 Pontos Fracos.* ..... *25*

*3.7.3 Oportunidades* ..... *25*

*3.7.4 Ameaças* ..... *26*

**4 PORTO DO CANIÇAL** ..... **27**

4.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO ..... 27

4.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PORTO DO CANIÇAL ..... 27

4.3 Caracterização Física do Porto do Caniçal ..... 28
*4.3.1 Características das Infra-estruturas de Acostagem ..... 28*
*4.3.2 Porto de Pesca ..... 29*
*4.3.3 Estaleiro Naval ..... 30*
*4.3.4 Terminal Polivalente ..... 30*
*4.3.5 Terminal de Graneis e Ro-Ro ..... 30*
*4.3.6 Caracterização sumária dos Cais acostáveis do Porto do Caniçal. ..... 31*
*4.3.7 Caracterização batimétrica do Porto do Caniçal ..... 31*
*4.3.8 Caracterização da agitação no Porto do Caniçal ..... 32*
4.4 Caracterização da Solução Técnica do Quebramar exterior do Porto do Caniçal ..... 34
4.5 Estudos de tráfego ..... 35
4.6 Análise SWOT ..... 36
*4.6.1 Pontos Fortes ..... 36*
*4.6.2 Pontos Fracos ..... 36*
*4.6.3 Oportunidades ..... 37*
*4.6.4 Ameaças ..... 37*

**5 PORTO DO PORTO SANTO ..... 39**

5.1 Enquadramento Geográfico ..... 39
5.2 O Porto do Porto Santo ..... 39
5.3 Caracterização Física do Porto do Porto Santo ..... 41
*5.3.1 Características das Infra-estruturas gerais e de Acostagem ..... 41*
5.3.1.1 Cais 1 ..... 42
5.3.1.2 Cais 2 ..... 42
5.3.1.3 Terminal de Cimentos ..... 42
*5.3.2 Caracterização sumária dos Cais acostáveis do Porto do Porto Santo ..... 42*
*5.3.3 Caracterização batimétrica do Porto do Porto Santo ..... 43*
*5.3.4 Caracterização da agitação no Porto do Porto Santo ..... 43*
5.4 Caracterização da Solução Técnica do molhe exterior do Porto do Porto Santo. ..... 44
5.5 Estudos de tráfego ..... 45
5.6 Análise SWOT ..... 46
*5.6.1 Pontos Fortes ..... 46*
*5.6.2 Pontos Fracos ..... 46*
*5.6.3 Oportunidades ..... 46*
*5.6.4 Ameaças ..... 46*

**6 POTENCIALIDADES E CONDICIONALISMOS FÍSICOS DO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO DA RAM ..... 47**

6.1 Funções das principais infra-estruturas portuárias da Região Autónoma da Madeira ..... 47
6.2 Potencialidades e Condicionalismos Físicos de uma infra-estrutura Portuária ..... 48
*6.2.1 Potencialidades e condicionalismos físicos do desenvolvimento portuário do Porto do Funchal ..... 49*
6.2.1.1 Quanto às condições físicas da baía e às características terrestres da área de implantação ..... 49
6.2.1.2 Quanto à situação geoestratégica global ..... 50
6.2.1.3 Quanto à situação geoestratégica local ..... 50
*6.2.2 Potencialidades e condicionalismos físicos do desenvolvimento portuário do Porto do Caniçal ..... 51*
6.2.2.1 Quanto às condições físicas da baía e às características terrestres da área de implantação ..... 51
6.2.2.2 Quanto à situação geoestratégica global ..... 52
6.2.2.3 Quanto à situação geoestratégica local ..... 52

*6.2.3 Potencialidades e condicionalismos físicos do desenvolvimento portuário do Porto do Porto Santo 53*
6.2.3.1 Quanto às condições físicas da baía e às características terrestres da área de implantação ..... 53
6.2.3.2 Quanto à situação geoestratégica global ..... 53
6.2.3.3 Quanto à situação geoestratégica local ..... 54

**7 CASO DE ESTUDO – AMPLIAÇÃO DO PORTO DO FUNCHAL ..... 55**

7.1 PRESSUPOSTOS DE DESENVOLVIMENTO E ESPECIALIZAÇÃO DAS FUNÇÕES PORTUÁRIAS - O TURISMO MARÍTIMO ..... 55
*7.1.1 Necessidades de postos de acostagem ..... 56*
7.2 ANÁLISE DAS PROPOSTAS DE AMPLIAÇÃO. ..... 56
*7.2.1 Proposta de ampliação 1 ..... 57*
*7.2.2 Proposta de ampliação 2 ..... 58*
*7.2.3 Proposta de ampliação 3 ..... 59*
*7.2.4 Proposta de ampliação 4 ..... 60*
*7.2.5 Proposta de ampliação 5 ..... 62*
*7.2.6 Proposta de ampliação 6 ..... 63*
*7.2.7 Proposta de ampliação 7 ..... 65*
*7.2.8 Considerações Gerais sobre a Ampliação do Porto do Funchal ..... 66*
7.3 ESTUDO DA AGITAÇÃO NO PORTO DO FUNCHAL. ..... 67
*7.3.1 Estimativas a longo prazo - Análise de Valores Extremos de Registos de Agitação Marítima ..... 67*
*7.3.2 Análise através das funções de distribuição de Fisher – Tippett, Tipo 1 (Gumbel) e Weibull com expoentes variando entre 0,75 e 2,0. ..... 69*
7.3.2.1 Metodologia de Cálculo ..... 69
7.3.2.2 Resultados Obtidos ..... 71
7.4 SOLUÇÃO TÉCNICA – QUEBRAMAR MISTO ..... 75
*7.4.1 Caracterização e Perfil Tipo ..... 75*
7.4.1.1 Definição do comportamento da ondulação que atinge um Quebramar ..... 75
7.4.1.2 Cálculo de Forças e Momentos ..... 79
7.4.1.3 Cálculo da Reacção transmitida pelas defensas e pelos cabeços de amarração à estrutura acostável. ..... 81
7.4.1.4 Verificação da Estabilidade da Estrutura ..... 84
*7.4.2 Dimensionamento do manto protector do quebramar de taludes de fundação como protecção contra correntes ..... 86*
7.5 PEÇAS DESENHADAS ..... 88

**8 SÍNTESE E CONCLUSÕES ..... 97**

**BIBLIOGRAFIA ..... 101**

**9 ANEXOS ..... 103**

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1.1 – FOTOGRAFIA AÉREA DA BAÍA DO FUNCHAL E DO CAIS DA CIDADE NO ANO 1949. ..... 1
FIG. 1.2 – FUNCHAL, "MOLHE DA PONTINHA" EM 31 DE DEZEMBRO DE 2007. ..... 2
FIG. 2.1 - REPRESENTAÇÃO DO RELEVO DA ILHA DA MADEIRA. ..... 6
FIG. 2.2 – VISTA AÉREA DA ILHA DO PORTO SANTO. ..... 6
FIG. 2.3 – VISTA AÉREA DAS ILHAS DESERTAS. ..... 7
FIG. 2.4 – VISTA AÉREA DA SELVAGEM GRANDE. ..... 8
FIG. 3.1 - IMAGEM SATÉLITE DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 13
FIG. 3.2 – LANCHAS DE VENDEDORES A RONDAR UM NAVIO ACABADO DE CHEGAR À BAÍA DO FUNCHAL – DÉCADA DE 40. ..... 14
FIG. 3.3 – EMBARCAÇÃO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS ENTRE OS GRANDES NAVIOS E O CAIS DA CIDADE NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 15
FIG. 3.4 – PORTO DE ABRIGO, CONSTITUÍDO PELO CAIS QUE FAZIA A LIGAÇÃO DO ILHÉU DO FORTE DE S. JOSÉ, À COSTA. ..... 16
FIG. 3.5 – CONSTRUÇÃO DO CAIS DE LIGAÇÃO AO ILHÉU DO FORTE DA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO – 1888. ..... 16
FIG. 3.6 – CAIS DA CIDADE, DEPOIS DE CONCLUÍDO, INAUGURADO EM 28 DE MAIO DE 1933. ..... 17
FIG. 3.7 - PROLONGAMENTO DO MOLHE DA PONTINHA, EM MAIS 317 METROS, 1938. ..... 17
FIG. 3.8 – PLANTA DO PORTO DO FUNCHAL. PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 1953 – 1955. ..... 18
FIG. 3.9 – MAQUETA DA NOVA GARE MARÍTIMA INTERNACIONAL DO PORTO DO FUNCHAL – 2008. ..... 19
FIG. 3.10 – PLANTA DO PORTO DO FUNCHAL NA ACTUALIDADE. ..... 20
FIG. 3.11 - REPRESENTAÇÃO BATIMÉTRICA DO PORTO DO FUNCHAL (COTAS AO ZERO HIDROGRÁFICO). ..... 22
FIG. 3.12 – ILUSTRAÇÃO DO PERFIL TRANSVERSAL TIPO DO PORTO DO FUNCHAL. (ESTÁ PATENTE EM ANEXO, UM PERFIL A UMA ESCALA QUE PERMITE ANALISAR TODOS OS PORMENORES CONSTRUTIVOS). ..... 23
FIG. 4.1 – IMAGEM SATÉLITE DO PORTO DO CANIÇAL. ..... 27
FIG. 4.2 – PLANTA DO PORTO DO CANIÇAL NA ACTUALIDADE. ..... 29
FIG. 4.3 - REPRESENTAÇÃO BATIMÉTRICA DO PORTO DO CANIÇAL, (COTAS AO ZERO HIDROGRÁFICO). ..... 31
FIG. 4.4 – REGISTOS DE ALTURAS DE ONDA MÁXIMA E SIGNIFICATIVA DA BÓIA ONDÓGRAFO DO CANIÇAL. ..... 34
FIG. 4.5 – ILUSTRAÇÃO DO PERFIL TRANSVERSAL TIPO DO PORTO DO CANIÇAL. (COLOCOU-SE EM ANEXO UM PERFIL A UMA ESCALA QUE PERMITA ANALISAR TODOS OS PORMENORES CONSTRUTIVOS). ..... 34
FIG. 5.1 – IMAGEM SATÉLITE DO PORTO DO PORTO SANTO. ..... 39
FIG. 5.2 – PLANTA ESQUEMÁTICA DO PORTO DO PORTO SANTO NA ACTUALIDADE. ..... 41
FIG. 5.3 – REPRESENTAÇÃO BATIMÉTRICA DO PORTO DO PORTO SANTO – JULHO 2004 (COTAS AO ZERO HIDROGRÁFICO). ..... 43
FIG. 5.4 – PERFIS TRANSVERSAIS TIPO DO PORTO DO PORTO SANTO (COLOCOU-SE EM ANEXO UM PERFIL A UMA ESCALA QUE PERMITA ANALISAR TODOS OS PORMENORES CONSTRUTIVOS). ..... 44
FIG. 6.1 – TÚNEL DE ACESSO DO PORTO DO FUNCHAL À VIA RÁPIDA, EM FASE FINAL DE CONSTRUÇÃO. ..... 51
FIG. 7.1 - PLANTA ESQUEMÁTICA DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 1. ..... 57
FIG. 7.2 - PLANTA DE PORMENOR DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 1, NO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 57
FIG. 7.3 - PLANTA ESQUEMÁTICA DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 2. ..... 58
FIG. 7.4 – PLANTA DE PORMENOR DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 2, NO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 58
FIG. 7.5 - PLANTA ESQUEMÁTICA DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 3. ..... 59
FIG. 7.6 - PLANTA DE PORMENOR DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 3, NO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 60
FIG. 7.7 - PLANTA ESQUEMÁTICA DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 4. ..... 61
FIG. 7.8 - PLANTA DE PORMENOR DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 4, NO QUEBRAMAR DA MARINA DO FUNCHAL. ..... 61
FIG. 7.9 - PLANTA ESQUEMÁTICA DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 5. ..... 62
FIG. 7.10 - PLANTA DE PORMENOR DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 5, NO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 63
FIG. 7.11 - PLANTA ESQUEMÁTICA DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 6. ..... 64
FIG. 7.12 - PLANTA DE PORMENOR DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 6, NO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 64
FIG. 7.13 - PLANTA ESQUEMÁTICA DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 7. ..... 65

FIG. 7.14 - PLANTA DE PORMENOR DA PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 7, NO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 65
FIG. 7.15 – REGISTOS DE ALTURA DE ONDA MÁXIMA E SIGNIFICATIVA, ENTRE 2000 E 2009 – FUNCHAL (LONGITUDE 016-56-30W ; LATITUDE 32-37-06N; PROFUNDIDADE 100 M). ..... 68
FIG. 7.16 – DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL COM 9 REGISTOS. ..... 71
FIG. 7.17 – DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL COM 31 REGISTOS. ..... 71
FIG. 7.18 - DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL COM 9 REGISTOS. ..... 72
FIG. 7.19 - DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL COM 31 REGISTOS. ..... 72
FIG. 7.20 – REGISTOS DE PERÍODOS MÁXIMOS E MÉDIOS, ENTRE 2000 E 2009 – FUNCHAL. ..... 74
FIG. 7.21 – PERFIL TIPO DE UM QUEBRAMAR MISTO. ..... 75
FIG. 7.22 – REBENTAÇÃO MERGULHANTE COM FRENTE DE ONDA QUASE VERTICAL (COASTAL ENGINEERING MANUAL 2006 – PÁG VI-5-132). ..... 75
FIG. 7.23 – REBENTAÇÃO MERGULHANTE, COM INTERACÇÃO COM FORMAÇÃO DE "BOLSADA" DE AR - (COASTAL ENGINEERING MANUAL 2006 – PÁG VI- 5-132). ..... 76
FIG. 7.24 - SEM REBENTAÇÃO - (COASTAL ENGINEERING MANUAL 2006 – PÁG VI- 5-132). ..... 76
FIG. 7.25 - SECÇÃO LONGITUDINAL COM REPRESENTAÇÃO DOS FUNDOS E DO PRISMA DE FUNDAÇÃO. ..... 77
FIG. 7.26 - PARÂMETROS DE CÁLCULO – MÉTODO DE GODA (FONTE: COASTAL ENGINEERING MANUAL, 2006). ..... 77
FIG. 7.27 – ILUSTRAÇÃO DA DEFENSA DIMENSIONADA (IDÊNTICA ÀS QUE EXISTEM NO PORTO DO FUNCHAL). ..... 83
FIG. 7.28 – REPRESENTAÇÃO DAS FORÇAS ACTUANTES NO CAIXÃO (COASTAL ENGINEERING MANUAL, 2006). ..... 84
FIG. 7.29 – ILUSTRAÇÃO DAS GRANDEZAS USADAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO MANTO DE FUNDAÇÃO (COASTAL ENGINEERING MANUAL, 2006). ..... 86

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - VALORES CARACTERÍSTICOS DA MARÉ ASTRONÓMICA NO PORTO DO FUNCHAL E DO CANIÇAL ..... 11
TABELA 2.2 - VALORES CARACTERÍSTICOS DA MARÉ ASTRONÓMICA NO PORTO DO PORTO SANTO ..... 11
TABELA 3.1 – CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DOS CAIS ACOSTÁVEIS DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 21
TABELA 3.2 - VALORES EXTREMOS DA ALTURA SIGNIFICATIVA "AO LARGO" – PLANO DIRECTOR DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 23
TABELA 4.1 - CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DOS CAIS ACOSTÁVEIS DO PORTO DO CANIÇAL. ..... 31
TABELA 4.2 - PROJECÇÃO TRÁFEGO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PORTO DO CANIÇAL. ..... 36
TABELA 5.1 – LEGENDA ASSOCIADA À FIG. 5.2. ..... 41
TABELA 5.2 - CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DOS CAIS ACOSTÁVEIS DO PORTO DO PORTO SANTO. ..... 42
TABELA 5.3 - VALORES EXTREMOS DA ALTURA SIGNIFICATIVA "AO LARGO". ..... 44
TABELA 6.1 - QUADRO RESUMO DAS FUNÇÕES DAS INFRA-ESTRUTURAS PORTUÁRIAS DA RAM. ..... 47
TABELA 7.1 – ALTURAS DE ONDA MÁXIMA E SIGNIFICATIVA ESTIMADA. ..... 73
TABELA 7.2 - VALORES EXTREMOS DA ALTURA SIGNIFICATIVA "AO LARGO" – PLANO DIRECTOR DO PORTO DO FUNCHAL. ..... 73
TABELA 7.3 - VALORES MÉDIOS DOS FACTORES DE CORRECÇÃO DOS ERROS SISTEMÁTICOS E DE INCERTEZA (COASTAL ENGINEERING MANUAL, 2006). ..... 80
TABELA 7.4 – PRESSÕES SOBRE O PARAMENTO VERTICAL. ..... 80
TABELA 7.5 – VALORES DE CÁLCULO DAS FORÇAS E MOMENTOS. ..... 81
TABELA 7.6 - CARACTERÍSTICAS DOS NAVIOS TIPOS (PIANC, 2002). ..... 81
TABELA 7.7 - DETERMINAÇÃO DA ENERGIA DE DIMENSIONAMENTO DAS DEFENSAS. ..... 83
TABELA 7.8 - REACÇÃO TRANSMITIDA À ESTRUTURA PELAS DEFENSAS. ..... 84

## SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

SÍMBOLOS

| | |
|---|---|
| $\beta$ | - Ângulo de incidência das ondas no talude em relação à sua normal |
| B | - Boca do Navio |
| $B_m$ | - Largura da berma do quebramar |
| $C_c$ | - Factor de configuração da estrutura de acostagem |
| $C_e$ | - Factor de excentricidade |
| $C_m$ | - Factor de massa virtual |
| $C_s$ | - Factor de rigidez relativa do casco do navio |
| d | - Profundidade de água em frente ao pé do talude |
| D | - Calado do navio |
| d' | - Profundidade de coroamento da berma |
| E | - Este |
| $\gamma$ | - Peso volúmico do material do bloco |
| g | - Aceleração da gravidade |
| $\gamma_\alpha$ | - Peso volúmico do enrocamento |
| $\eta$ | - Ângulo de atrito caixão/fundação |
| H | - Altura do bloco |
| $h_b$ | - Profundidade de água a uma distância de $5H_s$ a barlamar do quebramar |
| $h_c$ | - Distância entre o nível da água do mar de dimensionamento e a cota máxima do tardoz do caixão |
| $H_d$ | - Altura de onda de projecto |
| $H_{max}$ | - Altura de onda máxima |
| $H_s$ | - Altura de onda significativa |
| $h_t$ | - Profundidade da risberma |
| $h_w$ | - Altura do caixão |
| L | - Comprimento de onda no pé do quebramar |
| $L_0$ | - Comprimento de onda ($gT_2/2\pi$) |
| M | - Massa de água associada ao deslocamento do Navio |
| N | - Norte |
| NE | - Nordeste |
| NW | - Noroeste |

| | |
|---|---|
| $\theta$ | - Ângulo que o talude faz com a horizontal |
| $\rho_\chi$ | - Massa volúmica da estrutura |
| $\rho_\sigma$ | - Massa volúmica do betão |
| $\rho_\omega$ | - Massa volúmica da água |
| S | - Sul |
| SE | - Sudeste |
| SW | - Sudoeste |
| T | - Período de onda |
| $T_m$ | - Período de onda médio |
| $U_{FH}$ | - Factor de correcção de erros sistemáticos e de erros de incerteza relacionados com a força horizontal |
| $U_{FU}$ | - Factor de correcção de erros sistemáticos e de erros de incerteza relacionados com a força vertical |
| $U_{MH}$ | - Factor de correcção de erros sistemáticos e de erros de incerteza relacionado com o momento das forças horizontais |
| $U_{MU}$ | - Factor de correcção de erros sistemáticos e de erros de incerteza relacionados com o momento das forças verticais |
| V | - Volume do bloco |
| v | - Velocidade |
| W | - Oeste |
| W | - Peso de um bloco do manto resistente |

ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| APRAM | - Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, SA |
| BMAV | - Baixa-mar de águas vivas |
| FS | - Factor de segurança |
| IH | - Instituto Hidrográfico |
| LNEC | - Laboratório Nacional de Engenharia Civil |
| NMAM | - Nível médio da água do mar |
| PDES | - Plano de Desenvolvimento Económico e Social da Região Autónoma da Madeira |
| PDPC | - Plano Director do Porto do Caniçal |
| PDPF | - Plano Director do Porto do Funchal |
| PDPPP | - Plano Director do Porto do Porto Santo |
| PMAV | - Preia-mar de águas vivas |

| | |
|---|---|
| POPC | - Plano Operacional do Porto do Caniçal |
| POT | - Plano de Ordenamento Turístico |
| RAM | - Região Autónoma da Madeira |
| TEU | - Twenty feet Equivalent Unit. Medida standard dos contentores que relaciona todos os contentores com o de 20 pés de comprimento. 1 TEU = contentor 20 pés. |
| ZAL | - Zona de Logística Portuária |
| ZH | - Zero Hidrográfico |

# 1

# INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da ocupação do território constituinte do Arquipélago da Madeira, que as trocas com o exterior se tornaram indispensáveis, ganhando os transportes via marítima, com as manobras de acostagem, carga e descarga de navios, uma importância fundamental.



Fig. 1.1 – Fotografia aérea da Baía do Funchal e do Cais da Cidade no ano 1949.

Como se depreende da análise da evolução portuária do Arquipélago ao longo do tempo, a mesma está estreitamente relacionada com as transformações da economia das Ilhas da Madeira e do Porto Santo. Sendo assim, a sua expansão deu-se por impulsos, obedecendo às solicitações impostas por cada momento histórico, acumulando uma diversidade de funções que foram suscitando algumas incompatibilidades. Tais dificuldades surgiram essencialmente no Porto do Funchal. As limitações mais evidentes, deviam-se sobretudo à escassez da área portuária e às acessibilidades ao Porto.

Foi com base nestes constrangimentos, que o Plano de Desenvolvimento Económico e Social (PDES 2000-2006), preconizou que se devesse prosseguir os investimentos em infra-estruturas portuárias no Caniçal (para movimentação de mercadorias e apoio às pescas), de modo a conferir-lhe melhores

condições de operacionalidade, visando uma prestação de serviços de qualidade, vocacionando por outro lado, o Porto do Funchal, para o sector dos navios turísticos de cruzeiro, criando em paralelo condições para a dinamização da actividade marítima de lazer, nomeadamente no que respeita à náutica de recreio, náutica desportiva e ao desenvolvimento de zonas balneares.

Em consonância com esta orientação, o Plano de Ordenamento Turístico, aprovado em 2002, valorizava igualmente o Porto do Funchal como área de excelência para cruzeiros, actividades marítimo-turísticas e actividades náuticas de recreio, dando ênfase à criação de uma imagem de marca como "Porto de Mar" do Atlântico Norte.



Fig. 1.2 – Funchal, "Molhe da Pontinha" em 31 de Dezembro de 2007.

Em reforço das orientações descritas e no âmbito do presente estudo, foram ainda analisados dados adicionais, que entretanto surgiram, a partir de um estudo com origem numa consultora espanhola sediada nas ilhas Canárias, a Edei, no que diz respeito ao turismo de cruzeiros da área Madeira-Canárias.

Este estudo concluía que o turismo de cruzeiros da área Madeira-Canárias se encontrava em franco crescimento, que as Ilhas Atlânticas posicionavam-se como um destino altamente competitivo, dado o seu bom clima, a localização geográfica estratégica, a sua identidade própria como destino turístico, e a sua popularidade entre o turismo Europeu.

Em termos comparativos com outras áreas tradicionais de cruzeiros, o mesmo estudo concluía que apenas as Caraíbas e o Mediterrâneo Europeu excediam a popularidade das Ilhas Atlânticas. A um nível inferior, situavam-se já a Turquia e as Ilhas Gregas, os Cruzeiros Fluviais, o Norte da Europa, o Mar Báltico e os Cruzeiros Transatlânticos.

Em contrapartida, dentro do conjunto das Ilhas Atlânticas, o mesmo estudo alertava para a necessária melhoria de alguns aspectos do Porto do Funchal, nomeadamente no que diz respeito à qualidade portuária.

Foi, em conformidade com todas estas orientações, que a APRAM dotou o Porto do Caniçal das infra-estruturas necessárias, para que este se especializasse na movimentação da carga contentorizada e a granel, permitindo assim que o Porto do Funchal ficasse liberto para as actividades mais directamente ligadas ao turismo e ao lazer.

Actualmente, e em consonância com o PDES para 2007-2013, as prioridades da Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira deverão passar:

- *"Pela modernização, manutenção, conservação e ampliação das actuais infra-estruturas portuárias, de forma a fazer face às necessidades futuras do crescimento do sector, ao desgaste proveniente da sua utilização continuada, à modernização de infra-estruturas e equipamentos que venham a ser exigidos e ainda à adaptação dessas infra-estruturas a outras valências que venham a ser identificadas como necessárias;*
- *Por desenvolver modelos de gestão integrada que permitam a certificação qualitativa em toda a cadeia logística de transportes, de forma a se obterem mecanismos de funcionamento e de procedimentos que permitam uma gestão célere, racional, económica e integrada de todo o sector, sendo que, para isso seja fundamental a padronização de procedimentos entre os diversos intervenientes, e a sua interligação com as demais infra-estruturas portuárias nacionais e europeias.*
- *Por dinamizar a política destinada ao sector de cruzeiros de forma a potenciar a exploração dos recursos turísticos da Região, a sua promoção a nível do exterior e, consequentemente, a sua contribuição para o desenvolvimento do sector turístico."*

Neste âmbito, e em particular no que diz respeito ao Porto do Funchal, o PDES 2007-2013 sugere que deve ser feita uma reformulação das infra-estruturas portuárias, e construída a Gare Marítima Internacional, sugestão essa, seguida pela APRAM, que actualmente desenvolve obras e projectos visando estes objectivos.

Relativamente ao Porto Santo, o PDES 2007-2013, na linha da modernização, manutenção, conservação e ampliação, sugere unicamente que sejam ampliados o molhe principal e a Marina do Porto.

# 2

# CONSIDERAÇÕES GEOGRÁFICAS, GEOLÓGICAS E MAREGRÁFICAS DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA

## 2.1 CONSIDERAÇÕES GEOGRÁFICAS

O Arquipélago da Madeira situa-se no Oceano Atlântico entre os 30° e os 33° de latitude norte, a 978 km a sudoeste de Lisboa e a cerca de 700 km a oeste da costa Africana, quase à mesma latitude de Casablanca, e relativamente perto do Estreito de Gibraltar.

A Ilha da Madeira, dá o seu nome a este arquipélago, e constitui conjuntamente com a Ilha do Porto Santo, as Ilhas Desertas e as Ilhas Selvagens, a Região Autónoma da Madeira. A capital da ilha e da Região Autónoma da Madeira, é a cidade do Funchal.

O Arquipélago da Madeira é constituído pelos seguintes conjunto e subconjuntos de Ilhas:

- Ilha da Madeira
- Ilha do Porto Santo
- Ilhas Desertas, das quais fazem parte:
    - A Deserta Grande
    - O Ilhéu Chão
    - O Bugio
- Ilhas Selvagens, das quais fazem parte:
    - A Selvagem Grande, bem como os ilhéus adjacentes:
        - Palheiro da Terra
        - Palheiro do Mar
    - A Selvagem Pequena
    - O Ilhéu de Fora

O Arquipélago da Madeira, constitui, conjuntamente com os Arquipélagos dos Açores, das Canárias e de Cabo Verde, a região biogeográfica conhecida pela região da Macaronésia. A Macaronésia inclui também o chamado "enclave macaronésio africano" que corresponde à zona Ocidental da costa Africana situada entre as Canárias e Cabo Verde.

Toda esta região pertencente à Macaronésia, partilha características biológicas e contém comunidades de seres vivos endémicos, muitos deles em risco de extinção ou já extintos.

### 2.1.1 PARTICULARIDADES GEOGRÁFICAS

#### 2.1.1.1 Ilha da Madeira

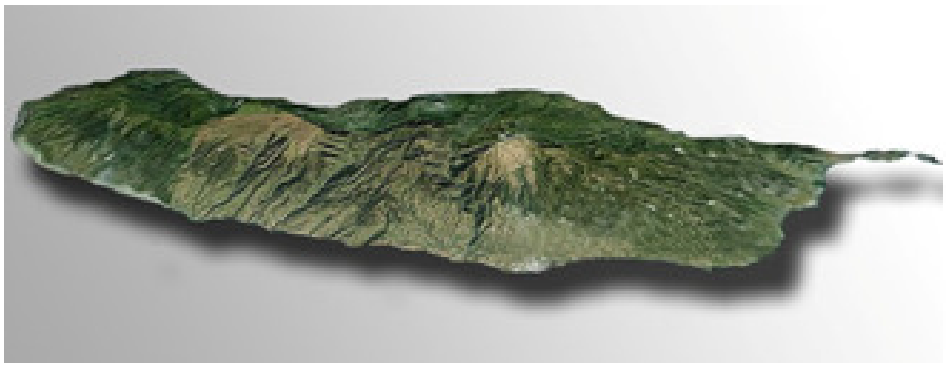


Fig. 2.1 - Representação do relevo da Ilha da Madeira.

A Ilha da Madeira é uma das maiores da Macaronésia com uma área de 740,7 km² e com cerca de 275000 Habitantes, localiza-se entre os meridianos 16º 39' 19'' W e 17º 15' 54'' W e os paralelos 32º 37' 52'' N e 32º 52' 08'' N. A cidade do Funchal, principal centro urbano e porto da ilha, situa-se na costa sul (32°38'N, e 16°55'W), e dista cerca de 700 km da costa africana, 978 km de Lisboa, 400 km da Gran Canária, e 880 km da Ilha de Santa Maria, a mais próxima do arquipélago dos Açores. A ilha tem um comprimento máximo (este-oeste) de 55 km e uma largura máxima (norte-sul) de 23 km.

#### 2.1.1.2 Ilha do Porto Santo



Fig. 2.2 – Vista aérea da Ilha do Porto Santo.

Porto Santo, é o nome do município que ocupa toda a ilha do Porto Santo. Com uma área de 42,17 km² e com cerca de 5000 habitantes, tem a particularidade de estar sediado num povoado com um nome diferente do do município, a cidade de Vila Baleira. A ilha desenvolve-se de NE para SW com o comprimento máximo de 11 km da "Ponta de Nordeste" à ponta do "Focinho do Urso", e 6 km na sua

maior largura, desde a "Ponta da Cruz", no Pedregal, até à "Ponta do Incão", em frente ao Ilhéu de cima. O território insular formado pela Ilha do Porto Santo está compreendido entre os meridianos 16º 16' 35'' W e 16º 24' 35'' W e os paralelos 32º 59' 40'' N e 33º 07' 35'' N.

O Porto Santo, é uma ilha de rara beleza paisagística. Este pequeno território reúne um conjunto muito diversificado de paisagens naturais, repleta de contrastes, onde o mar e a montanha desenham uma paisagem única, ornamentada por belas praias de "areia dourada" de natureza calcária, (a mais extensa e principal tem 9 km de comprimento), atraindo numerosos veraneantes.

#### 2.1.1.3 Ilhas Desertas



Fig. 2.3 – Vista aérea das Ilhas Desertas.

As Ilhas Desertas são constituídas pelo Ilhéu Chão, pela Deserta Grande e pelo Bugio. Situam-se a SE da Ilha da Madeira, no prolongamento para Sul da Ponta de São Lourenço, distando desta cerca de 20,4 km e do Funchal cerca de 40,8 km. A sua latitude é limitada pelos paralelos 32º e 24´05´´N e 32º 35´20´´N, e a longitude pelos meridianos 16º 27´ 45´´W e 16º 32´50´´W.

Administrativamente, fazem parte do concelho de Santa Cruz. Actualmente residem apenas dois habitantes (semi-permanentes), guardas do Parque Natural da Madeira, sendo também visitadas periodicamente por pessoal da Armada Portuguesa ao serviço da Direcção-Geral de Faróis.

As ilhas da Desertas constituem uma Reserva Natural, classificada como Reserva Biogenérica pelo Conselho da Europa.

#### 2.1.1.4 Ilhas Selvagens



Fig. 2.4 – Vista aérea da Selvagem Grande.

As Ilhas Selvagens estão situadas a cerca a 250 km a sul da cidade do Funchal, a 165 km a norte do arquipélago espanhol das Canárias, e a cerca de 250 km a oeste da costa Africana. São seus meridianos 15º 56' 15'' W e 16º 03' 05'' W e paralelos 30º 01' 35'' N e 30º 09' 10'' N.

Este conjunto de ilhas é composto pela Selvagem Grande (2,45 $km^2$), pela Selvagem Pequena (0,20 $km^2$) e o pelo Ilhéu de Fora (0.08 $km^2$). O habitat constituído pelas ilhas Selvagens, embora muito agreste, é considerado um verdadeiro santuário para muitas espécies de aves marítimas.

Administrativamente fazem parte do concelho do Funchal. Actualmente residem apenas dois habitantes (semi-permanentes), guardas do Parque Natural da Madeira, sendo também visitadas periodicamente por pessoal da Armada Portuguesa ao serviço da Direcção-Geral de Faróis.

## 2.2 ORIGEM GEOLÓGICA DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA

### 2.2.1 PARTICULARIDADES GEOLÓGICAS

#### 2.2.1.1 Ilha da Madeira

A Ilha da Madeira, teve origem num processo de formação vulcânica e resultou de uma regular e periódica acumulação e sobreposição de camadas de massa provenientes de vários focos extintos.

De acordo com o roteiro da costa de Portugal – Arquipélago da Madeira, elaborado em 2001 pelo Instituto Hidrográfico, a qualidade do magma, quantidade de gases dissolvidos, actividade e violência de ejecção, determinaram a formação de camadas de natureza, espessura e cor diferentes, sucedendo-se com certa regularidade. São visíveis na arriba da costa, e em alguns vales no interior, estas camadas de rocha compacta escura (basalto), rocha esponjosa e amarela (escória), tufos de cinzas amareladas e avermelhadas (pedra mole e areões) e ainda também bombas vulcânicas. A existência e sequência periódica de quatro séries de camadas de rocha compacta, rocha escoriácea, areões e cinzas, parecem mostrar que houve quatro períodos de grande actividade vulcânica durante a formação da maior parte da ilha, separados por períodos de repouso em que a demorada exposição das cinzas aos agentes

atmosféricos transformou os componentes ferruginosos e lhes deu cor avermelhada. Seguiu-se outro período de menor actividade durante o qual se formaram as zonas de focos secundários, se abriram as fendas por onde romperam os filões de lavas, emergiu a ponta de S. Lourenço e possivelmente se formaram as ilhas desertas. O planalto insular bastante extenso e as arribas muito altas na costa NW revelam uma predominante e activa acção erosiva dos mares e ventos deste quadrante, desde há muitos milénios. As acções erosivas do mar nas costas, e das chuvas no interior, produziram altas e profundos vales, que reduziram as dimensões e altitudes, alterando a configuração mais regular, que a ilha devia ter depois da sua formação geológica.

#### 2.2.1.2 Ilha do Porto Santo

Apesar de se localizar muito perto da maior ilha do arquipélago, a ilha do Porto Santo não podia diferir mais, em termos geológicos, da ilha da Madeira. O seu solo tem características arenosas e é muito pobre em nutrientes, a pluviosidade é muito baixa comparada com a da Madeira, e a ilha tem um relevo pouco acentuado.

Esta Ilha apresenta hoje apenas uma quinta parte da sua primitiva superfície, a julgar pela aba submersa que a rodeia em fundo alcantilado, tendo-se engolfado no oceano pelo lado norte e originado depois do mioceno um levantamento de depósitos a sul.

Metade do relevo do Porto Santo é constituído por calcários, tufos, cinzas, escórias, argilas endurecidas, areias, arenito e aglomerados. Entre as lavas, as traquites são abundantes, variáveis de coloração, mais claras, mais ácidas e menos ásperas que as da Madeira. O basalto encontra-se na região baixa, alternando por vezes com os calcários em fendas de estalamento, suporte de furnas e entre depósitos submarinos.

À semelhança do Porto Santo, as demais Ilhas do Arquipélago estendem-se em plataforma na direcção norte, exceptuando a da Madeira que o faz mais na direcção leste - Pereira, E (1989).

#### 2.2.1.3 Ilhas Desertas

Atribuem os geólogos, a formação destas ilhas, a erupções ocorridas a leste do Atlântico, no período terciário. Estas erupções ter-se-iam dado após o afastamento dos Continentes oriental e ocidental do Atlântico, a Europa e África por um lado, e as Américas do Norte e do Sul por outro, por efeito da formação da bacia daquele Oceano. Analisando a carta batimétrica do Arquipélago da Madeira, os diagramas dos perfis terrestres e marítimos das suas principais ilhas consideradas no próprio levantamento submarino, verifica-se que a Madeira, o Porto Santo e as Desertas se formaram das mesmas erupções que as ligam ao continente europeu, directamente pela Península Ibérica.

Não é portanto de admirar que todo o grupo das Desertas seja de formação vulcânica idêntica à da Madeira, entrando na sua constituição geológica as traquites e os basaltos nas zonas inferiores, intercalados em camadas paralelas de laterites, de um vermelho pardacento e nas zonas superiores predomine a forma lamelar.

Pela estrutura das Ilhas Desertas, presumem alguns geólogos que as mesmas fizeram parte da Madeira, como prolongamento da Ponta de S. Lourenço. A sustentar esta ideia, estão as semelhanças geológicas e comuns entre uma e as outras ilhas. As camadas geológicas predominantes são cinzas avermelhadas, não faltando as de cor amarelada, umas e outras bem definidas e horizontais, mas cortadas, num ou

noutro ponto por filões basálticos, de rocha preta, constituição esta idêntica à da Ponta de S. Lourenço, e que indicia um levantamento comum que deu origem às Ilhas da Madeira e Desertas.

Possuem uma extensa faixa litoral, (cerca de 37,7 km), quase toda muito rochosa, formada por escarpas muito inclinadas e quase a pique, o que as torna praticamente inacessíveis. Ao longo da costa existem várias grutas e praias de areia ou de calhau rolado - Pereira, E (1989).

#### 2.2.1.4 Ilhas Selvagens

As Selvagens são constituídas por duas ilhas principais e várias ilhotas, que, tal como quase todas as ilhas da Macaronésia, têm origem vulcânica. A Selvagem Grande tem uma altitude máxima de 164 metros, no Pico da Atalaia, enquanto a Selvagem Pequena e o Ilhéu de Fora têm respectivamente 45 e 18 metros de altitude máxima.

Todas as Ilhas deste grupo são consideradas como um ramo colunar que se esbraça do Arquipélago das Canárias a uma profundidade de 3000 metros. São de origem essencialmente vulcânica e emergem nos extremos NE e SW de um grande monte submarino que a meio tem profundidades superiores a 500 metros.

É uma região de rochas alcalinas sódias, abundando por toda a parte a nefelina, às vezes sodalite ou analcima, sem leucite. Todas as Selvagens são atravessadas em vários sentidos por muitos filões de calcários, às vezes marmorizados, com espessuras que atingem mais de 1 metro - Pereira, E (1989).

## 2.3 REGIME DE MARÉS E CORRENTES NAS ILHAS DA MADEIRA E DO PORTO SANTO

A maré que ocorre no Arquipélago da Madeira é do tipo semi-diurno regular, ocorrendo quase simultaneamente em todas as ilhas.

Na baía do Funchal e do Caniçal, as correntes têm direcções aproximadamente paralelas à costa e são geradas fundamentalmente pela acção da maré. Na baía do Porto Santo as correntes são em geral nulas ou muito fracas para norte do alinhamento dos ilhéus de Baixo e de Cima.

Na Madeira, as correntes devidas à maré são mais sensíveis em marés vivas e próximo da meia maré, atingindo as maiores velocidades junto das pontas mais salientes da ilha. Algo de similar ocorre na ilha do Porto Santo, dado que, também aqui, estas atingem maiores velocidades junto das pontas mais salientes da ilha, em especial a sul do ilhéu de Baixo e do ilhéu de Cima. Pelo contrário, em situações de marés mortas as correntes devidas à maré são nulas ou muito fracas.

Na ilha do Porto Santo, durante a enchente, a onda de maré propaga-se de sul para norte. Devido à configuração da ilha, a sul do ilhéu de Cima a propagação dá-se para este e para o quadrante nordeste, com velocidades de cerca de 1 nó em marés vivas. A sul do ilhéu de Baixo, a propagação dá-se para oeste ou para es-nordeste, com velocidade de cerca de 1 nó em marés vivas. Durante a vazante, a maré propaga-se com direcções contrárias àquelas.

No que respeita a correntes oceânicas, na zona do arquipélago da Madeira, em geral, predominam correntes de Norte, com intensidades médias ao longo do ano da ordem dos 0,5 nós. No entanto, a direcção e intensidade das correntes oceânicas num dado momento são muito dependentes das características do vento que tenha predominado ultimamente, podendo apresentar qualquer direcção, mesmo oposta à que se indicou como predominante – WW, PRIMA, CISED (2003).

### 2.3.1 VALORES CARACTERÍSTICOS DAS MARÉS ASTRONÓMICAS NOS TRÊS PRINCIPAIS PORTOS DA MADEIRA

As previsões de preia-mar e baixa-mar são apresentadas com aproximação ao decímetro. É de referir, no entanto, que os desvios entre a altura de maré observada e a altura de maré prevista podem ultrapassar frequentemente 0.1 m, devido à conjugação de efeitos meteorológicos.

*"A partir da análise sistemática das longas séries de observações maregráficas disponíveis para alguns locais do globo, concluiu-se que o nível médio do mar se encontra em fase de subida. Dado que o plano do Zero Hidrográfico (ZH) foi fixado em relação a níveis médios adoptados há várias décadas, existe presentemente uma diferença sistemática de cerca de + 10 cm entre alturas de água observadas e as alturas de maré previstas, para os portos indicados."*- APRAM (2008)

De acordo com a Tabela de Marés editada pela APRAM, os valores característicos da maré astronómica nos Portos do Funchal e do Caniçal, estão ilustrados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Valores característicos da maré astronómica no Porto do Funchal e do Caniçal

| **Nível médio teórico** | **(Zero Hidrográfico)** |
|---|---|
| Preia-mar de Águas Vivas | +2,5 m(ZH); |
| Preia-mar de Águas Mortas | +1,9 m(ZH); |
| Baixa-mar de Águas Mortas | +1,0 m(ZH) |
| Baixa-mar de Águas Vivas | +0,4 m(ZH) |

Na ausência de dados recolhidos directamente no Porto Santo, são utilizados os dados referentes ao Porto do Funchal, tendo em conta que entre este e o do Porto Santo, a relação de amplitudes é de 1,06.

A Tabela 2.2 ilustra assim os valores característicos da maré astronómica no Porto do Porto Santo.

Tabela 2.2 - Valores característicos da maré astronómica no Porto do Porto Santo

| **Nível médio teórico** | **Metros (Zero Hidrográfico)** |
|---|---|
| Preia-mar de Águas Vivas | +2,6 m(ZH); |
| Preia-mar de Águas Mortas | +2,0 m(ZH); |
| Baixa-mar de Águas Mortas | +1,1 m(ZH) |
| Baixa-mar de Águas Vivas | +0,5 m(ZH) |

# 3

# PORTO DO FUNCHAL

## 3.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

A enseada do Funchal é limitada a W pela ponta da Cruz e a E pela ponta do Garajau, a qual compreende uma área virada para S, com o comprimento de 5 M e uma largura inferior a 1 M. A costa é rochosa, baixa e irregular na parte W e alta e regular na parte E.

O Porto do Funchal localiza-se nesta enseada a 32º 38' 4'' de latitude Norte e 16º 54' 7'' de longitude oeste, e dispõe de uma bacia com fundos de natureza arenosa, entre a batimétrica –3,0 m (ZH), junto ao enraizamento do molhe Sul e -20,0 m (ZH), na extremidade leste da bacia.




Fig. 3.1 - Imagem satélite do Porto do Funchal.

## 3.2 A HISTÓRIA DA BAÍA DO FUNCHAL

Durante séculos, a localização e situação geográfica do Porto do Funchal, contribuiu para que este se assumisse como um importante porto de escala nas rotas do Atlântico e como um importante factor de desenvolvimento económico e social da cidade do Funchal e do Arquipélago da Madeira.

Dada a forma alongada da ilha, a linha de costa da Madeira, é, em geral, considerada como sub-dividida em dois troços principais, a Costa Norte e a Costa Sul.

A costa Norte, está exposta à agitação marítima dominante, proveniente dos rumos de Oeste a Norte, violenta e muito persistente, e a costa Sul, naturalmente abrigada pela própria ilha àqueles rumos, está exposta a uma agitação caracterizada por um regime médio anual relativamente moderado. A costa da baía do Funchal, por estar exposta a sul, e por possuir características favoráveis no que diz respeito ao acesso ao mar, pelas praias da baía, destacou-se desde os inícios do povoamento, pelo seu potencial portuário.

No último quartel do século XV, o crescimento da produção da cana-de-açúcar e o fabrico dos seus derivados, integraram a Madeira nos circuitos comerciais europeus, fazendo com que os portos ao longo da ilha, assumissem um papel importante. A partir da segunda metade do século XVI, com maior intensidade nos séculos XVII e XVIII, desenvolveu-se um novo ciclo na economia Madeirense, o chamado ciclo do vinho.

Quando os navios chegavam, atracavam em frente da Alfândega entre a Ribeira Grande e a Ribeira de Santa Luzia. A descarga competia ao mestre do navio e à sua tripulação, e o cabrestante era o "aparelho" utilizado para efectuar as manobras. Eram as barcaças do cabrestante a desembarcar as mercadorias desde os cargueiros até um varadouro existente no calhau. O embarque e o desembarque de passageiros eram efectuados por lanchas, que faziam o transporte desde o navio até à praia, após penosa e desgastante alagem das embarcações através do "calhau rolado".



Fig. 3.2 – Lanchas de vendedores a rondar um navio acabado de chegar à baía do Funchal – Década de 40.

No segundo decénio do século XVI, o Porto do Funchal destacou-se dos restantes pequenos portos, impondo-se, a partir daí, como principal porto do Arquipélago.

A intensidade das tarefas ligadas à actividade portuária, na baía do Funchal, movimentava uma "pequena multidão" de trabalhadores braçais, e obrigava o Patrão Mor do Calhau, a garantir a existência de uma sempre pronta frota marítima, constituída por cerca de dez embarcações grandes, cinco médias, bem como de outras pequenas embarcações de auxílio com funções polivalentes. Este tipo de actividade, manteve-se até os anos 60 e 70 do séc. XX, época em que as mercadorias deixaram de ser descarregadas e transportadas por trabalhadores.



Fig. 3.3 – Embarcação de transporte de passageiros entre os grandes navios e o Cais da Cidade na primeira década do século passado.

Entre 1843 e 1846, por iniciativa Camarária, foi construído um cais de pedra na entrada da cidade, que fora posteriormente destruído pelo mar.

Em 1879 foi efectuado um estudo para a construção de um novo cais, que possibilitasse aos passageiros que visitavam a ilha, o desembarque no centro da cidade. A obra ficou concluída em Abril de 1892. A partir daí, e atendendo às condicionantes associadas às dimensões dos navios e às condições de agitação, as operações de embarque e desembarque passaram a ser realizadas, sempre que possível, directamente do navio para o cais.

O Porto do Funchal, foi, durante séculos, paragem obrigatória para os grandes "comboios" de navios.

Já durante o século XVIII, devido ao aumento do tráfego naval, houve uma intensificação de esforços para que se completassem algumas obras portuárias.

A primeira ordem para que se procedesse ao estudo de possíveis obras marítimas, e da exploração do Porto do Funchal, data de 22 de Março de 1756, e foi emanada por carta régia de D. José I. A ideia inicial, passava pela construção de um porto de abrigo, que visava um cais até ao ilhéu do Forte de Nossa Senhora da Conceição, dotando assim o Funchal de um primeiro cais de desembarque.

Apenas foi conseguida a ligação com o primeiro ilhéu, o ilhéu do Forte de S. José. Mesmo assim, esta ligação era suficiente para abrigar e os navios, no desembarque de carga e de passageiros, quando o estado do mar não o permitia fazer na praia. Apesar dos benefícios que uma infra-estrutura deste género pudesse oferecer, a distância e a falta de um acesso terrestre digno, tornavam incómoda a utilização deste cais.



Fig. 3.4 – Porto de Abrigo, constituído pelo cais que fazia a ligação do Ilhéu do Forte de S. José, à costa.

Em Setembro de 1885, a empreitada do molhe da Pontinha foi adjudicada à engenharia Francesa. As obras duraram até 1890, data em que o Ilhéu do Forte de Nossa Senhora da Conceição, obteve em definitivo, ligação à costa.



Fig. 3.5 – Construção do cais de ligação ao Ilhéu do Forte da Nossa Senhora da Conceição – 1888.

Entre 1892 e 1910 a obra foi parcialmente destruída por diversas intempéries, tendo sido alvo de melhoramentos posteriores.

Desde que foi criada uma entidade autónoma, responsável pela gestão e desenvolvimento do Porto do Funchal, começaram a dar-se passos largos na modernização e optimização do mesmo, no sentido de suprir as necessidades de então. Em 1911 nasceu a Junta Autónoma de Obras do Porto do Funchal, que geriu a área portuária até 1936, data de criação da Junta Autónoma dos Portos.

Em 1931, foi adjudicada a obra de aumento do Cais da Cidade, (para 80 metros), à engenharia Holandesa. Os trabalhos concluíram-se em Maio de 1933. A obra foi considerada, na época, como sendo de uma notável concepção técnica, pela primeira vez realizada no País.

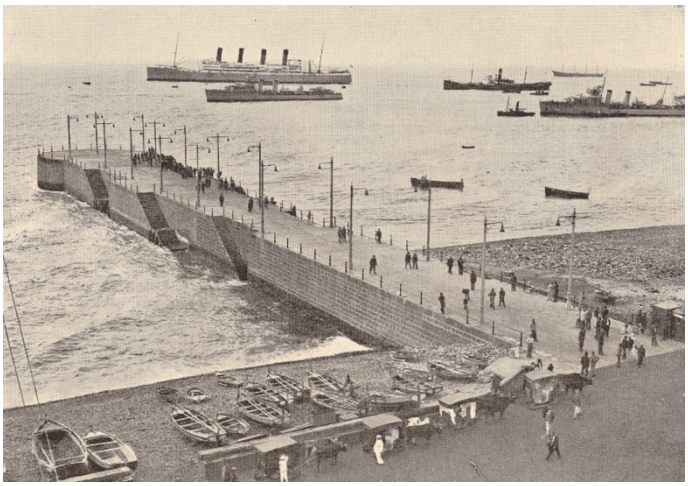


Fig. 3.6 – Cais da Cidade, depois de concluído, inaugurado em 28 de Maio de 1933.

Entre 1934 e 1939, decorreu a obra de prolongamento do Molhe da Pontinha, em mais 317 metros. Entre estas datas, aquando do decorrer desta obra, foi construído o emblemático túnel que atravessa o ilhéu do Forte da Nossa Senhora da Conceição.

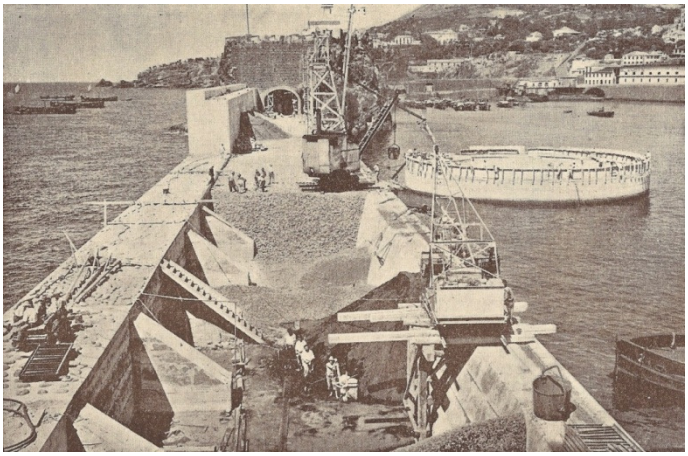


Fig. 3.7 - Prolongamento do Molhe da Pontinha, em mais 317 metros, 1938.

Em 1953, foi elaborado o projecto de ampliação do Porto do Funchal que consistia no alargamento do cais em todo o seu comprimento, e no seu prolongamento em 457 metros. A obra foi adjudicada em 1955 e concluiu-se em 1961.

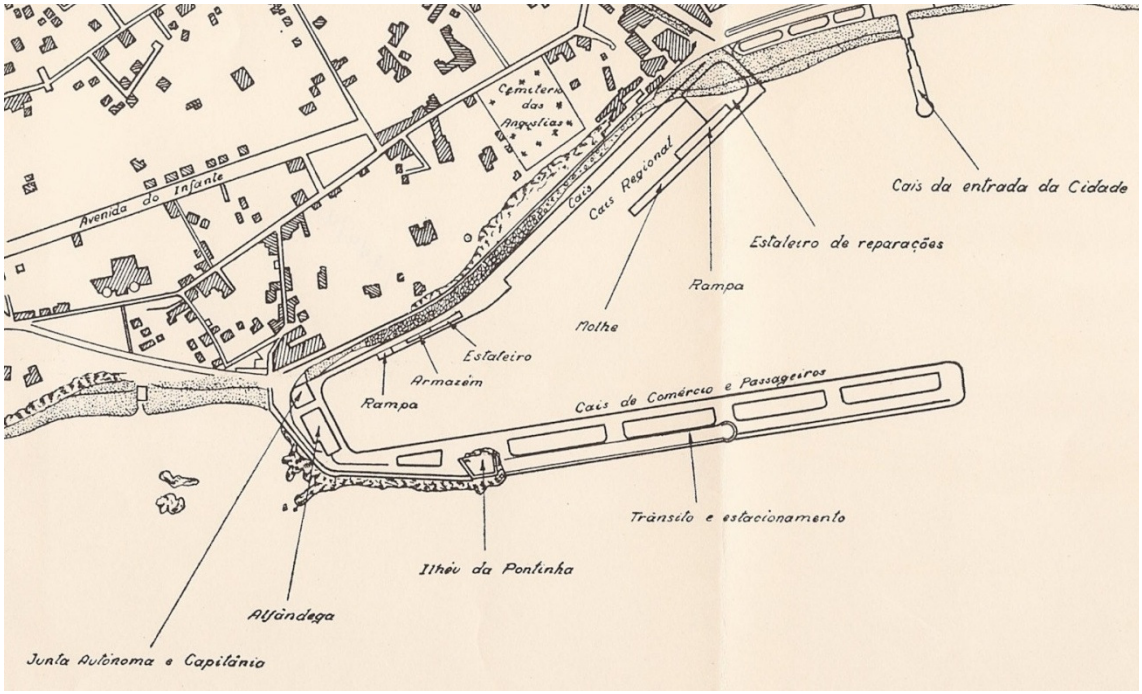



Fig. 3.8 – Planta do Porto do Funchal. Proposta de ampliação 1953 – 1955.

Também em 1955 foi concluído o Cais Regional, próximo do Cais do Carvão, que passou a ter utilização para mercadorias, transportes locais marítimos, carga e passageiros do Porto Santo, abrigo de iates e embarcações de recreio, libertando assim o Molhe da Pontinha para os grandes navios.

Com estas obras, ficaram criadas as estruturas fundamentais para o desenvolvimento do Porto do Funchal.

## 3.3 SITUAÇÃO ACTUAL DO PORTO DO FUNCHAL

A orientação seguida pela APRAM, em dotar o Porto do Caniçal das infra-estruturas necessárias, para que este se especializasse na movimentação de carga contentorizada e a granel, retirou do Porto do Funchal a responsabilidade de todos estes serviços portuários.

O Porto do Funchal, que até então havia desempenhado o papel de maior porto comercial do Arquipélago da Madeira, manifestava-se mais equidistante do restante território da ilha. Sofria, contudo, de algumas condicionantes operacionais negativas:

- Encontrava-se sobrecarregado de actividades, e o aumento da sua área operacional previa-se extremamente oneroso.
- Os acessos ao porto, nomeadamente os respeitantes às saídas norte e leste do Funchal, sobrepostos à malha urbana tradicional, apresentavam-se já com bastantes restrições, contribuindo o tráfego naturalmente ligado à actividade portuária, para um decréscimo da qualidade urbana e ambiental da cidade.

Esta orientação de deslocalização, desafogou o Porto do Funchal do excessivo tráfego marítimo e terrestre, libertou terraplenos numa área nobre da cidade e, acima de tudo, desafogou a baía do Funchal de navios de carga e de todo o equipamento responsável pelo impacte visual negativo, que este tipo de actividade poderá envolver.

Paralelamente a estas medidas, decorriam já políticas claramente direccionadas à modernização e requalificação do Porto do Funchal, com o intuito de transforma-lo num Porto Turístico de referência, e inseri-lo como porto de escala das mais importantes rotas do turismo de cruzeiros do atlântico. Saliento a futura Gare Marítima Internacional da Madeira, ilustrada na Fig. 3.9.

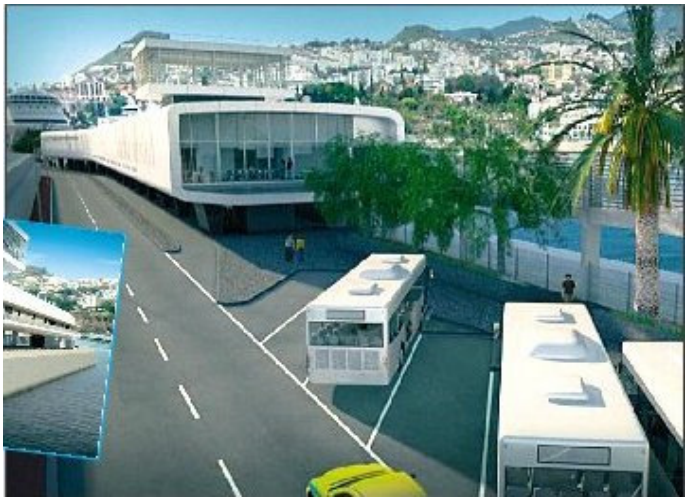


Fig. 3.9 – Maqueta da Nova Gare Marítima Internacional do Porto do Funchal – 2008.

Por outro lado, todas estas medidas contribuirão, num futuro próximo, para o máximo aproveitamento do potencial turístico que esta zona da baía da Cidade apresenta, interferindo assim, directamente, no desenvolvimento económico e turístico da Região Autónoma da Madeira.

## 3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO PORTO DO FUNCHAL

O porto do Funchal dispõe de três zonas acostáveis. A Zona Sul, constituída pelos cais do molhe da Pontinha, a Zona Norte, onde se encontra o Cais de Pesca, o Cais Regional, o antigo terminal de contentores, a Zona da Marina e o Cais de entrada da Cidade (Cais da Cidade).

A descrição das cotas de fundos e dos comprimentos dos cais foi efectuada com base na informação das agendas dos portos da Madeira.

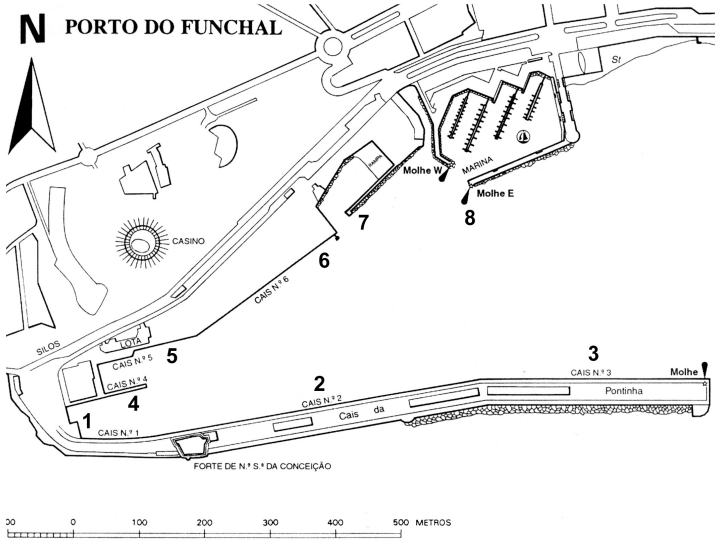



Fig. 3.10 – Planta do Porto do Funchal na actualidade.

### 3.4.1 CARACTERÍSTICAS DAS INFRA-ESTRUTURAS DE ACOSTAGEM

#### 3.4.1.1 Zona Sul

A zona Sul é composta pelo molhe da Pontinha. Enraíza no Forte de S. José, tem uma orientação próxima do W-E, dispondo de uma plataforma com uma superfície total de 32000 $m^2$. O comprimento total do cais acostável é de 922 metros, decomposto em três troços. O Cais 1, o Cais 2 e o Cais 3.

- O Cais 1, vai do enraizamento ao Forte da Nossa Senhora da Conceição, tem 150 metros de frente acostável, dos quais 60 metros têm fundos entre as cotas -6,0 m(ZH) e -8,0 m(ZH), e 90 metros têm fundos entre as cotas -3,0 m(ZH) e -6,0 m(ZH). No enraizamento do cais existe um terminal de ligações marítimas regionais, através de uma rampa Ro-Ro fixa, a qual funciona para a recepção do ferry que faz a ligação regular à ilha do Porto Santo, bem como do ferry que ultimamente tem feito a ligação entre a região, as ilhas espanholas e o Algarve.
- O Cais 2 está localizado entre o ilhéu da Nossa Senhora da Conceição, e o ponto de inflexão do molhe. O cais tem 425 metros de comprimento e fundos abaixo da cota -10,5 m(ZH), e destina-se à acostagem de navios de cruzeiro.
- O Cais 3, está situado entre o ponto de inflexão e a cabeça do molhe. Conta 347 metros de comprimento, e fundos abaixo da cota -10,5 m(ZH). Este cais, à semelhança do cais 2, destina-se à acostagem de navios de cruzeiro.

#### 3.4.1.2 Zona Norte

A Zona Norte do porto é composta por três cais, numerados de 4 a 6, caracterizáveis da seguinte forma:

- O Cais 4, encontra-se localizado no extremo oeste do porto e é constituído por uma pequena doca, limitada a sul por uma ponte-cais, destinada a apoiar a frota de pesca local, dando acesso ao Entreposto de Frio e à Lota do Funchal. O lado sul da ponte-cais que limita a doca é destinada à atracação dos navios da Marinha Portuguesa com fundos de -6,0 m(ZH).
- O Cais 5, está situado imediatamente a nascente do cais de pesca, tem 95 metros de comprimento e fundos da ordem de -6,0 m(ZH). Este cais destina-se à recepção de embarcações de pesca e a embarcações de serviço do porto.

- O Cais 6, está situado a nascente do cais 5, tem 260 metros de comprimento e fundos da ordem de -8,0 m(ZH). Este cais, que outrora se destinava à recepção de navios porta-contentores, hoje em dia, e à semelhança do cais 2, destina-se única e exclusivamente à acostagem de cruzeiros turísticos. O terrapleno adjacente com 18500 $m^2$, será cuidadosamente transformado em espaço urbano, e contemplará, equipamentos de restauração, turístico-recreativos e estacionamento automóvel.

A Este do Cais 6, existe uma pequena doca, a qual dispõe de infra-estruturas de apoio à frota de pesca e por uma rampa varadouro. A doca tem uma área molhada de 8400 $m^2$, adjacente à qual existe um terrapleno com cerca de 5600 $m^2$, ocupado com equipamentos de apoio à náutica de recreio.

#### 3.4.1.3 Marina do Funchal

A Marina do Funchal, situa-se a oeste do Cais da Cidade. Tem uma capacidade para 210 embarcações de recreio, amarradas em pontões e passadiços flutuantes. Na marina existe a possibilidade de abastecimento de água e de electricidade. A Marina do Funchal dispõe de infra-estruturas de apoio à navegação de recreio, tais como balneários, telefones e lavandaria. Em redor da Marina existem ainda restaurantes, bares, lojas dedicadas à náutica de recreio, um pequeno supermercado de apoio, entre outros equipamentos de natureza turística.

No cais acostável do molhe da marina os fundos são da ordem de -4,0 m(ZH).

### 3.4.2 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DOS CAIS ACOSTÁVEIS DO PORTO DO FUNCHAL.

O Porto do Funchal, oferece actualmente as infra-estruturas de acostagem descritas, que em síntese têm as características patentes na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Caracterização sumária dos Cais acostáveis do Porto do Funchal.

| Cais | Comprimento Total metros | | Cota da plataforma metros (ZH) | Profundidade da bacia de acostagem metros (ZH) |
|---|---|---|---|---|
| 1 (Rampa RO-RO) | 150 | 90 | + 5,1 | Varia entre -3,0 e - 6,0 |
| | | 60 | | Varia entre -6,0 e - 8,0 |
| 2 | 425 | | + 5,1 | - 11,0 |
| 3 | 347 | | + 5,1 | - 11,0 |
| 4 | 65 | | + 3,9 | - 6,0 |
| 5 | 95 | | + 4,0 | - 6,0 |
| 6 | 260 | | + 4,1 | - 8,0 |

O cais 1 destina-se aos tráfegos ferry e Ro-Ro. Os cais 2, 3 e 6 destinam-se à recepção de navios cruzeiros e os cais 4 e 5, além de manterem uma perspectiva de curto prazo o apoio à pesca, serão no futuro dedicados às actividades marítimo-turísticas e à utilização temporária de embarcações da marinha.

### 3.4.3 CARACTERIZAÇÃO BATIMÉTRICA DO PORTO DO FUNCHAL

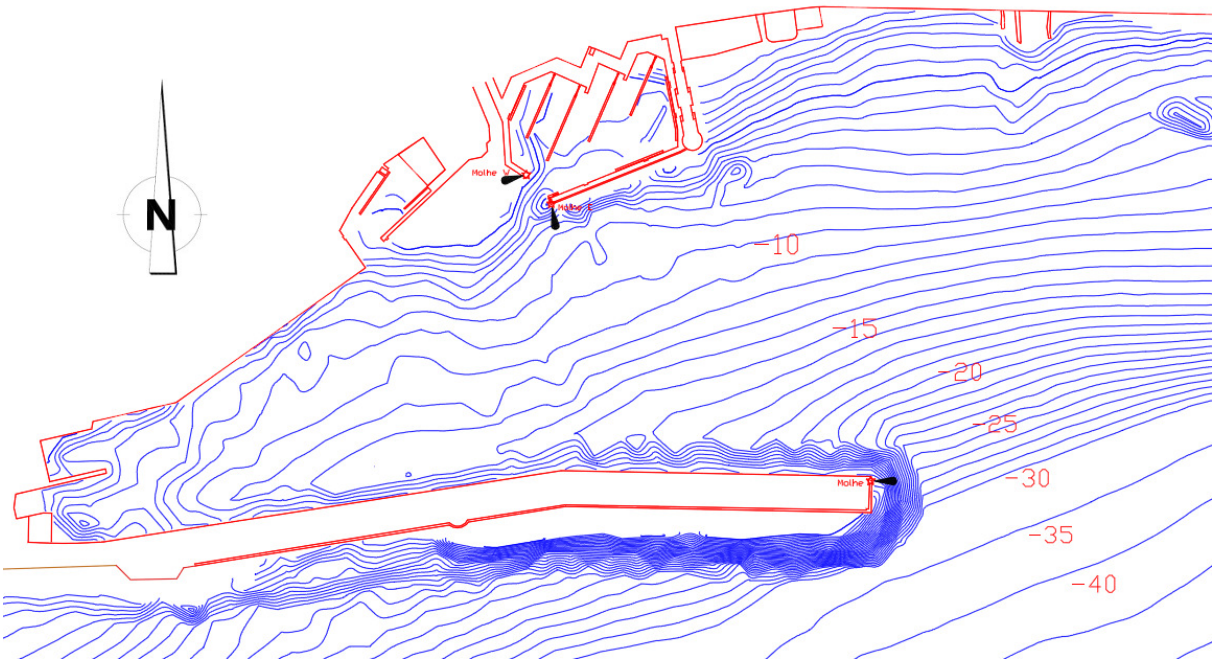



Fig. 3.11 - Representação batimétrica do Porto do Funchal (cotas ao Zero Hidrográfico).

A enseada do Funchal é limitada a W pela ponta da Cruz e a E pela ponta do Garajau, a qual compreende uma área virada para S, com o comprimento de 5 M e uma largura inferior a 1 M. A costa é rochosa, baixa e irregular na parte W e alta e regular na parte E. O Porto do Funchal localiza-se nesta enseada e dispõe de uma bacia com fundos de natureza arenosa, entre a batimétrica –3,0 m(ZH) – junto à embocadura e –20,0 m (ZH) – na extremidade leste da bacia.

Junto à cabeça do quebramar sul, as batimétricas apresentam um alinhamento sensivelmente obliquo à frente acostável, e paralelo à costa, sendo o declive médio dos fundos aproximadamente constante e inferior a 8,5%. Até à cota -30,0 m (ZH) pode observar-se com base na Fig. 3.11 uma representação das linhas batimétricas de metro a metro. Daí em diante, as linhas batimétricas identificadoras de profundidades superiores, são apresentadas de 5 em 5 metros.

### 3.4.4 CARACTERIZAÇÃO DA AGITAÇÃO NO PORTO DO FUNCHAL

A Região Autónoma da Madeira possui instaladas duas bóias-ondógrafo, a da Ponta da Cruz, (longitude 016-56-30W; latitude 32-37-06N; profundidade 100 m), e a do Caniçal, (longitude 016-43-42W; latitude 32-43-12N; profundidade 108 m). Os valores registados nas referidas bóias são relativamente baixos.

A análise da agitação marítima ao largo da RAM, patente no PDPF, teve por base o regime de agitação marítima para a costa sul da Ilha da Madeira que fora por sua vez estabelecido, com base nos dados existentes e descritos na Nota Técnica elaborada pela WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, Lda., para a APRAM, em Outubro de 1998, intitulada "Regime de Agitação marítima. Ondógrafo do Funchal."

Na ausência de elementos mais fundados, até porque os registos da bóia ondógrafo do Funchal eram sempre muito limitados no que toca à sua extensão, os autores do Plano Director recorreram a duas relações entre os períodos e as alturas de onda, representadas pelas expressões, "Carvalho" e "Tucker",

indicadas em CARVALHO, M.M., LNEC, 1998 "Valores Extremos da Agitação Marítima. Sines – Actualização do Regime de Extremos Local e Evolução das Ondas aos T Anos", Relatório 260/98 – NPP, Outubro de 1998.

$$Carvalho, 1993: Tz = 0{,}8\, Hs + 6$$

$$Tucker, 1981: Tz = 3{,}58\, \sqrt{Hs}$$

A Tabela 3.2, caracteriza o regime de valores extremos de altura significativa de onda, estimados no PDPF.

Tabela 3.2 - Valores Extremos da Altura Significativa "Ao Largo" – Plano Director do Porto do Funchal.

| Tempo de Retorno (anos) | Rumos | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W | | SE | | S | | SE | | E | |
| | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) |
| 1 | 3,7 | 7 a 9 | 3,5 | 7 a 9 | 2,6 | 6 a 8 | 2,0 | 5 a 8 | 1,0 | 4 a 7 |
| 5 | 4,6 | 8 a 10 | 4,7 | 8 a 10 | 4,0 | 7 a 9 | 2,6 | 6 a 8 | 1,2 | 4 a 7 |
| 10 | 5,3 | 8 a 10 | 5,4 | 8 a 10 | 4,8 | 8 a 10 | 3,0 | 6 a 9 | 1,3 | 4 a 7 |
| 25 | 6,1 | 9 a 11 | 6,4 | 9 a 11 | 5,9 | 9 a 11 | 3,4 | 7 a 9 | 1,4 | 4 a 7 |
| 50 | 6,7 | 9 a 11 | 7,1 | 10 a 12 | 6,8 | 9 a 11 | 3,8 | 7 a 9 | 1,5 | 4 a 7 |
| 100 | 7,3 | 10 a 12 | 7,8 | 10 a 12 | 7,6 | 10 a 12 | 4,1 | 7 a 9 | 1,6 | 5 a 7 |

No ponto 7.3 deste trabalho, através da análise de Valores Extremos de Registos de Agitação Marítima – Método de Weibull – apresenta-se um novo estudo com base nos registos compreendidos entre os anos de 1999 e 2009.

## 3.5 CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO TÉCNICA DO MOLHE SUL DO PORTO DO FUNCHAL

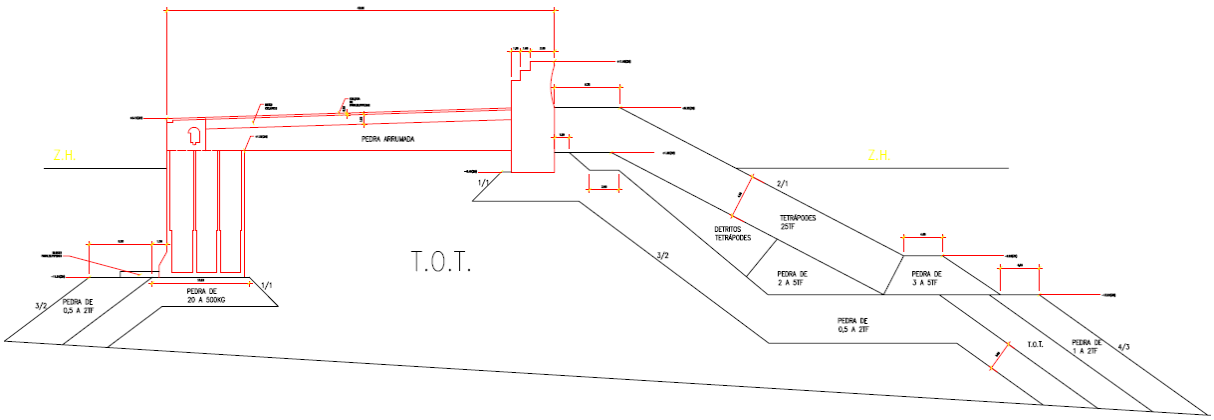



Fig. 3.12 – Ilustração do Perfil transversal tipo do Porto do Funchal. (Está patente em anexo, um perfil a uma escala que permite analisar todos os pormenores construtivos).

O porto do Funchal é protegido pelo molhe norte, do tipo quebramar misto, com um comprimento total de 970 metros e uma profundidade máxima na cabeça da ordem dos -20,0 m (ZH).

O molhe tem uma plataforma à cota +5,1 m (ZH), na extremidade do cais, uma largura de 40 metros e dispõe de um muro deflector à cota +11,0 m (ZH). O manto resistente do molhe é em talude,

constituído por duas camadas de tetrápodes de 25 toneladas e inclinação a 2(H):1(V), coroamento à cota +6,3 m (ZH) e fundação à cota -9,0 m (ZH). Os tetrápodes apoiam-se num prisma de enrocamento de 3 a 5 toneladas, fundado à cota -13,0 m (ZH), com uma largura de berma de 4,0 metros e enrocamento de 1 a 2 toneladas entre a cota -13,0m (ZH) e o terreno natural. Abaixo da cota -9,0 m (ZH), o talude tem uma inclinação de 4(H):3(V). No tardoz do molhe de abrigo o cais acostável tem fundos abaixo da cota -10,5 m (ZH) e um comprimento de 922 metros. Estruturalmente o cais é constituído por caixotões de betão armado, ligados superiormente por uma super estrutura em betão e o muro deflector é constituído por um maciço de betão entre as cotas -0,4 m (ZH) e +11,0 m (ZH).

## 3.6 TRÁFEGO DE CRUZEIROS TURÍSTICOS NO PORTO DO FUNCHAL.

Para o planeamento do desenvolvimento de um porto é indispensável estabelecer, numa base de previsão, os fluxos potenciais que determinarão a procura a médio e longo prazo dos serviços desse porto. É a procura dos serviços portuários que constitui a base para a avaliação das instalações necessárias e, consequentemente, dos projectos de melhoria ou remodelação das instalações existentes e das novas instalações.

O único estudo de previsão do movimento portuário do porto do Funchal, está patente no PDPF, e foi elaborado com base numa extrapolação simples, admitindo um crescimento linear, já que os dados então disponíveis não permitiam antever qualquer lei que pudesse reflectir uma taxa de evolução credível.

O porto do Funchal goza, hoje em dia, de uma procura sazonal. Os navios de cruzeiro têm as suas escalas muito concentradas, mais de 90% de Outubro a Maio, com especial incidência nas passagens de ano, onde é vulgar fundearem alguns navios ao largo, para além dos 5 navios que se encontram amarrados aos cais.

Por estas razões, é impreterível que a base de um futuro estudo de tráfego, associado ao porto do Funchal, não deva basear-se considerando unicamente um mero ajuste de uma curva matemática aos movimentos historicamente registados, mas sim, estabelecendo cenários de evolução de procura, dependentes da evolução económica mundial (crescimento ou recessão), de novos mercados turísticos, ou até de restrições em destinos turísticos tradicionais por motivos de insegurança.

Apesar de haver alguma dificuldade em estabelecer cenários plausíveis, no momento de grande incerteza que se vive a todos os níveis, a procura do produto de cruzeiro tem aumentado a uma escala mundial, e estará menos sujeita a fenómenos de instabilidade económica por se dirigir a segmentos de mercado com médio e alto poder de compra.

Actualmente, e atendendo ao esforço que a APRAM tem desenvolvido, no sentido de dotar o porto do Funchal de infra-estruturas que ofereçam melhores condições aos passageiros dos navios de cruzeiro, faz sentido questionar, se o porto tem ou não capacidade acostável para enfrentar os próximos anos. Segundo a APRAM, já é corrente, aquando da época alta do turismo de cruzeiros na RAM, recusar a recepção de alguns navios por sobrelotação do porto.

Uma das hipóteses para contornar este défice de cais acostáveis, passa muitas vezes por propor fundear o navio no exterior do porto. Esta hipótese é normalmente recusada por várias razões, das quais se salientam duas, como o acesso a terra para pessoas de mobilidade reduzida complicar-se muito, e o facto do navio só poder fundear se as condições o permitirem, podendo eventualmente defraudar as expectativas de alguns passageiros, que porventura esperassem visitar a Ilha da Madeira.

## 3.7 ANÁLISE SWOT

Passa-se a apresentar o resultado da aplicação de uma análise SWOT ao porto do Funchal.

### 3.7.1 PONTOS FORTES

- Aproveitamento do espaço liberto pela deslocação da actividade comercial para o porto do Caniçal;
- Aumento da eficiência das operações portuárias;
- Maior capacidade de programação de tráfego, atendendo a que os navios que operam o serviço de cruzeiros turísticos caracterizam-se por um modelo de chegadas com uma pré-programação muito rígida de chegadas e partidas;
- Rápida ligação à moderna rede viária da ilha através do novo túnel, ainda em fase de construção, que emboca na rotunda de acesso ao porto;
- Qualidade visual e ambiental da zona, como imagem de marca do porto.
- As Ilhas Atlânticas posicionam-se como um destino altamente competitivo, dado o seu bom clima, a localização geográfica estratégica, a sua identidade própria como destino turístico, e a sua popularidade entre o turismo Europeu.

### 3.7.2 PONTOS FRACOS

- Necessidade de avultados investimentos em obras marítimas, infra-estruturas de apoio e equipamentos no sentido de dotar o porto do Funchal das condições mais favoráveis;
- Cada navio realiza normalmente, uma estadia só diurna e da ordem de 8 horas, cumprindo programas que se centram fundamentalmente na satisfação de uma procura acentuadamente sazonal;
- Os navios de cruzeiro têm as suas escalas muito concentradas, mais de 90% de Outubro a Maio;
- O facto da Ribeira de S. João estar inserida no interior da bacia portuária. Para além dos naturais detritos arrastados pela ribeira, nomeadamente nas estações chuvosas, obrigarem a um controlo e a dragagens mais frequentes que o normal, há também o risco de se introduzir no interior da bacia portuária, correntes e oscilações associáveis a um caudal cheia não controlável, com todas as implicações que daí poderão advir, nomeadamente no que diz respeito a reflexões no interior do porto.

### 3.7.3 OPORTUNIDADES

- Criação de um novo pólo de desenvolvimento e de uma nova centralidade a partir da nova vocação do Porto do Funchal;
- Aproveitamento de fundos comunitários para a reformulação portuária;
- Criação de postos de trabalho (ainda que temporários) na reestruturação do porto;
- Grande desenvolvimento futuro, propiciado pela crescente atracção turística da Região e apenas condicionado pelas medidas de sustentabilidade do ambiente natural da ilha;
- O porto do Funchal é actualmente um porto de escala. Com a melhoria da acessibilidade aérea que a RAM sofreu aquando da entrada em funcionamento do Aeroporto Intercontinental do Funchal, abriram-se novos nichos de mercado turístico que a Região pode usufruir, explorando a possibilidade de desenvolver novos tráfegos, conjugando Aeroporto/Porto.

### 3.7.4 AMEAÇAS

- Desvio de tráfego transatlântico de recreio, do porto do Funchal para outros locais (nomeadamente das Canárias), com maior número de pontos de acostagem e um melhor serviço a preços concorrenciais;
- Do conjunto das Ilhas Atlânticas, o Porto do Funchal fica ainda aquém, nomeadamente no que diz respeito à qualidade das instalações portuárias de acolhimento, dos outros portos concorrentes;

# 4

# PORTO DO CANIÇAL

## 4.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

O Porto do Caniçal está situado na costa Sueste da ilha da Madeira, junto do seu extremo Este, num ponto com coordenadas 32º 44' N e 16º 44' W. A área portuária desenvolve-se numa zona adjacente à Zona Franca da ilha da Madeira. O porto tem, neste momento, acesso directo por estrada à moderna rede viária da ilha.

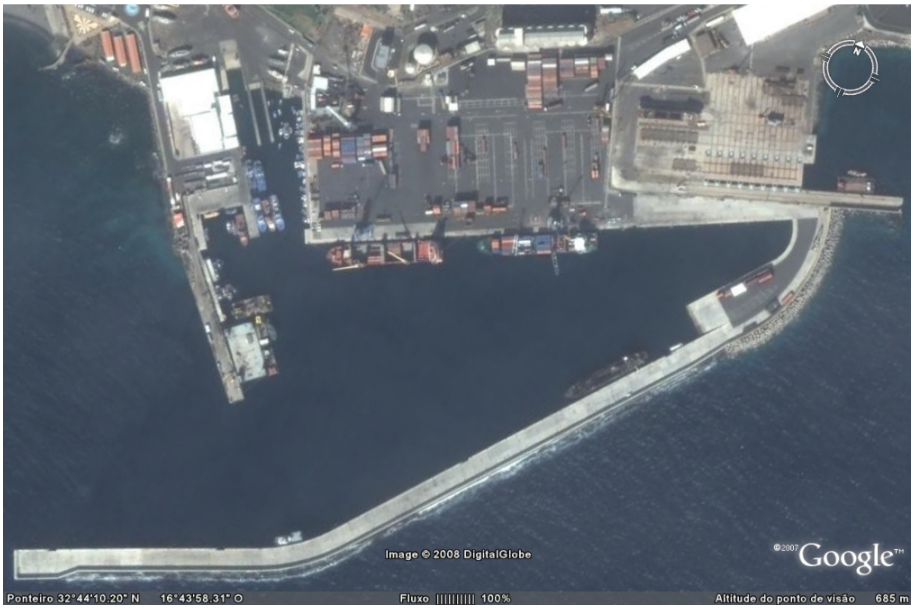



Fig. 4.1 – Imagem satélite do porto do Caniçal.

## 4.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PORTO DO CANIÇAL

O Porto do Caniçal nasceu no ano de 1990. O principal objectivo da construção desta infra-estrutura, prendia-se com a necessidade de existir um terminal de apoio à Zona Franca Industrial. Inicialmente, o Porto do Caniçal estava vocacionado para a operação de contentores e para a actividade de pesca, dispondo de duas áreas principais, cada uma delas especializada nestes tipos de carga.

Com o decorrer dos anos, os objectivos definidos para o porto foram sendo alterados. O PDES 2000-2006, sugeria que deveria ser deslocada para o Porto do Caniçal, toda a actividade comercial do Porto do Funchal. Havia, em contrapartida, novos factores que podiam fundamentar esta deslocalização para um ponto mais descentrado da ilha, nomeadamente a melhoria das acessibilidades internas e um diversificado conjunto de medidas políticas e de planeamento, tendentes a reduzir as assimetrias regionais, em termos de desenvolvimento do território e de maior equilíbrio demográfico.

A APRAM assumiu estas novas linhas de desenvolvimento portuário, e o Porto do Caniçal teve de se preparar para este novo desafio, sem esquecer no entanto o desenvolvimento da Zona Franca Industrial. Os estudos desenvolvidos com vista a enfrentar estes novos paradigmas, nomeadamente os Planos Director e Operacional do Porto do Caniçal, tiveram em conta o facto de a Região Autónoma da Madeira constituir um *"hinterland"* com procura limitada das populações residente e flutuante nas Ilhas da Madeira e do Porto Santo e basearam-se na avaliação da evolução do tráfego portuário até ao ano 2020, ano do horizonte do estudo.

Tudo isto implicou que a infra-estrutura se transformasse, no sentido de dispor de cais vocacionados para a recepção de navios e movimentação portuária de carga geral (fraccionada e contentorizada) e granéis sólidos (cereais e cimentos), bem como de novas áreas terrestres para os apoios associados a estas cargas (parqueamento, edifícios administrativos, oficinas, portarias, entre outros).

Quanto às acessibilidades, foram reforçados os níveis de mobilidade intra-regional, com o desenvolvimento de uma moderna rede viária, constituída por vias rápidas e vias expresso, promovendo ligações rápidas e seguras entre o Porto do Caniçal e grande parte dos aglomerados urbanos e rurais da ilha da Madeira.

A execução de todas estas remodelações, ampliações e novas construções, permitiram fazer do Porto do Caniçal a principal infra-estrutura de movimentação portuária para as cargas comerciais destinadas ou geradas na ilha da Madeira.

## 4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO PORTO DO CANIÇAL

### 4.3.1 CARACTERÍSTICAS DAS INFRA-ESTRUTURAS DE ACOSTAGEM

O Porto do Caniçal possui uma frente marítima de 1010 metros, ocupa uma área total de aproximadamente 26,6 ha, da qual, 10,5 ha constituem a bacia portuária interior, limitada pelo quebramar exterior de protecção. A bacia portuária tem fundos compreendidos entre as cotas -26,0 m (ZH) e -8,0 m (ZH). A largura de embocadura é da ordem de 132 metros.

O Porto do Caniçal, tal como ilustra a Fig. 4.2, subdivide-se em quatro áreas distintas. São estas o Porto de Pesca, utilizável para embarcações de pesca e outras embarcações locais, o Estaleiro Naval, o Terminal Polivalente, (movimentação de contentores e carga geral, sem prejuízo de se poder movimentar, com alguns condicionantes, granéis sólidos, tais como cimento e cereais), e o Terminal de Graneis e Ro-Ro, (cimento e agro-alimentares, incluindo a carga geral movimentada em sistema Ro-Ro no posto mais a nascente, sem prejuízo de, no futuro, se poder movimentar carga geral em sistema Lo-Lo).

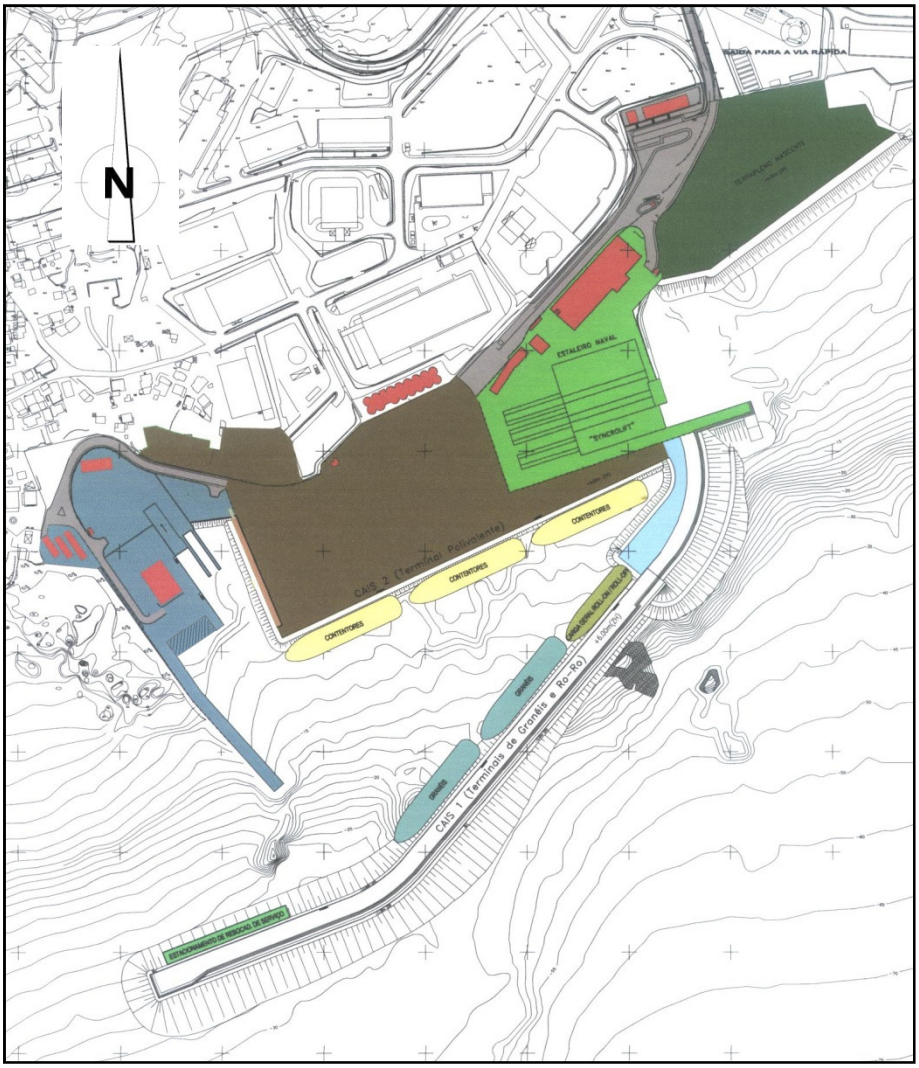



Fig. 4.2 – Planta do porto do Caniçal na actualidade.

Estas áreas integram as seguintes infra-estruturas:

### 4.3.2 PORTO DE PESCA

- Cais de Aprestos

Situado no contra-molhe, tem 183 metros de comprimento, uma largura de 12,5 metros, uma cota de coroamento de +6,0 m (ZH) e fundos compreendidos entre as cotas -16,0 m (ZH) e -7,5 m (ZH). Este cais dispõe de uma plataforma com uma superfície total de 3.390 $m^2$.

- Cais de Pesca

Situado junto ao edifício da lota, tem 73 metros de comprimento, uma cota de coroamento +4,5 m (ZH) e fundos compreendidos entre as cotas -4,0 m (ZH) e -6,0 m (ZH). Este cais destina-se à descarga de peixe e tem um terrapleno adjacente com uma área aproximada de 16.140 $m^2$.

- Cais de Pesca Artesanal

Situado no limite poente do terrapleno do parque de contentores. Este cais tem uma capacidade aproximada de 30 embarcações, com comprimentos entre 6 a 8 metros e tem um terrapleno adjacente com uma área aproximada de 2.130 $m^2$. A nascente do cais de pesca, existem infra-estruturas de apoio à frota de pesca constituídas pelo caminho de rolamento do *"travelift"* e por uma rampa varadouro com 14 metros de largura e um comprimento de 58,6 metros, entre as cotas -3,0 m (ZH) e +5,6 m (ZH).

### 4.3.3 ESTALEIRO NAVAL

Está localizado a nascente, com uma área de 3,0 ha, dispondo de um pavilhão para oficinas e armazém, e de um elevador de navios *"Syncrolift"*, com 90 metros de comprimento e 20 metros de largura, com uma capacidade de elevação para navios até 4.000 toneladas e três postos de carenagem de 60x15 $m^2$.

### 4.3.4 TERMINAL POLIVALENTE

Na zona central da bacia portuária, com uma frente acostável de 420 m e fundos à cota -8,0 m(ZH), desenvolve-se o Cais 2, que é constituído por caixotões de parede vertical em betão armado. Destinando-se, preferencialmente, à movimentação de carga geral (contentorizada ou fraccionada). O Cais 2 possui três postos de acostagem de 140 metros cada e um terrapleno com uma área aproximada de 4,3 ha, destinado ao armazenamento de contentores, e à implantação de edifícios de serviços (administrativos, capitania, e guarda fiscal, autoridades sanitárias e o de apoio aos trabalhadores portuários, portaria, leitura das básculas e posto de transformação).

### 4.3.5 TERMINAL DE GRANEIS E RO-RO

Tem um comprimento total de aproximadamente 808 metros, atingindo fundos à cota -31,0 m (ZH). Este molhe compreende um troço principal com 658 metros de extensão, ligado a terra através de um troço curvo, em talude, com 150 metros de extensão.

O intradorso do molhe exterior constitui o Cais 1, que é utilizado, principalmente, para a movimentação de graneis (sólidos ou líquidos) e carga Ro-Ro. Permite uma frente acostável com um comprimento total de 640 metros, uma largura útil mínima de 16,3 metros, fundos à cota -13,4 m(ZH), e pode ser dividida em três zonas distintas:

- Zona 1 – Rampa Ro-Ro

Situada na zona de transição entre o quebramar de talude e o quebramar vertical, com uma frente acostável localizada na zona da transição entre o troço principal do cais vertical e o troço curvo em talude, conta com uma rampa Ro-Ro fixa, com 29,2 metros de largura e um comprimento de 30 metros.

- Zona 2 – Terminal de Graneis

Constituída por um cais 360 metros de comprimento, que pode ser subdividido em dois postos de acostagem com 180 metros cada, localizados entre a rampa Ro-Ro e o ponto de inflexão do molhe.

- Zona 3 – Cais de Serviço

Situada na extremidade poente, correspondente à parte inflectida do molhe junto da cabeça, conta com 280 m de comprimento total. Esta, por ficar na zona da entrada do porto entre as cabeças dos dois molhes existentes, condiciona fortemente a acostagem de

navios de maior porte, por essa razão, é só considerada a frente acostável de 150 metros no extremo do molhe principal, destinando-se ao estacionamento das embarcações do trem naval do porto (rebocadores e lanchas de amarração) e a embarcações de outras autoridades (Capitania, Guarda Fiscal, Marinha e SANAS).

### 4.3.6 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DOS CAIS ACOSTÁVEIS DO PORTO DO CANIÇAL.

O Porto do Caniçal, oferece actualmente as infra-estruturas de acostagem descritas, que em síntese têm as características patentes na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Caracterização sumária dos Cais acostáveis do Porto do Caniçal.

| Cais | Comprimento Total metros | Cota da plataforma metros (ZH) | Profundidade da bacia de acostagem metros (ZH) |
|---|---|---|---|
| Pesca | 73 | + 4,5 | - 4,0 e - 6,0 |
| Cais 1 Rampa Ro-Ro fixa - 29,2m de largura e 30m de comprimento | 640 | + 6,0 | - 13,4 |
| Cais 2 | 420 | + 6,0 | - 8,0 |

### 4.3.7 CARACTERIZAÇÃO BATIMÉTRICA DO PORTO DO CANIÇAL

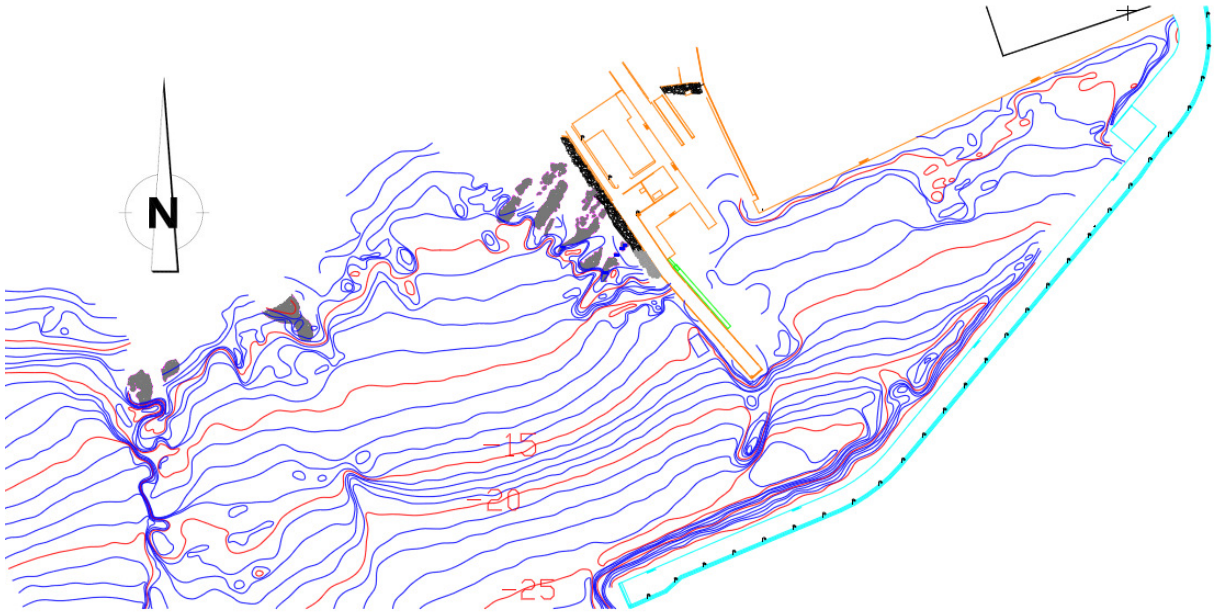



Fig. 4.3 - Representação batimétrica do Porto do Caniçal, (Cotas ao Zero Hidrográfico).

Junto à frente acostável do terminal marítimo, as batimétricas apresentam um alinhamento sensivelmente paralelo à frente acostável, sendo o declive médio dos fundos inferior a 10%. Entre as

cotas -15,0 m(ZH) e, aproximadamente, -35,0 m(ZH) verifica-se uma obliquidade das batimétricas, relativamente às zonas de cotas superiores, associada ao aumento acentuado do declive dos fundos, dando origem a um talude natural com inclinação da ordem de 40%. Este talude, com orientação W43ºS-N43ºE, desenvolve-se desde, sensivelmente, o limite nascente do estaleiro naval até cerca de 500 m para SW, deixando de se verificar a sul do contra-molhe. Abaixo da cota -35,0 m(ZH) as batimétricas mantêm-se aproximadamente paralelas, com declives que não ultrapassam os 5%.

Aquando do inicio do projecto do quebramar do Porto do Caniçal, foi mandado executar, pela APRAM., um programa de prospecção mecânica acompanhada da realização de ensaios in situ, tendo em vista a caracterização quanto à composição, espessura e compacidade das formações aluvionares marinhas, bem como a determinação da posição do firme rochoso na área de implantação da primeira fase da obra. Foram realizadas 15 sondagens de furação à percussão segundo o alinhamento previsto para o molhe. A profundidade atingida pelas sondagens foi condicionada pela ocorrência das formações rochosas "in situ", ou seja as sondagens terminavam após tocar no fundo rochoso, com confirmação através dos resultados dos ensaios SPT. Os resultados desta campanha concluíram que os fundos apresentavam:

- *"Formações sedimentares arenosas constituídas por areias finas a médias, com espessura variando entre 3 m na extremidade nascente e 10 m a poente;*
- *Camada de argila lodosa acinzentada, com cerca de 3 m de espessura, sobrejacente às areias, apenas na zona da extremidade poente da obra;*
- *Formações do Complexo Vulcânico Mio-Pliocénico, constituídas essencialmente por materiais piroclásticos com intercalações de basaltos alcalinos, subjacentes às areias, a partir de cotas variáveis desde -25,0 m(ZH) (a nascente) a -35,0 m(ZH) (a poente).*

*Já durante a execução da empreitada veio a detectar-se, em toda a extensão, uma camada de material silto argiloso sobrejacente às formações arenosas, com espessura variável chegando a atingir 10 m, a qual não tinha sido identificada na campanha de prospecção realizada."* WW, PRIMA, CISED (2003).

Em Junho de 2001, a APRAM adjudicou um estudo geológico e geotécnico do terreno de fundação do molhe exterior do Terminal Marítimo do Caniçal. Estes trabalhos constaram essencialmente da realização de levantamentos com sonar lateral, os quais permitiram avaliar a morfologia do fundo do mar, e da execução de vários perfis sísmicos de reflexão. Os dados obtidos permitiram concluir a existência, no local do molhe, de uma espessura de sedimentos de cobertura variável entre os 4,0 e os 10,0 metros e de uma depressão, situada a SE do molhe, onde os sedimentos têm mais de 18,0 m de espessura."

### 4.3.8 CARACTERIZAÇÃO DA AGITAÇÃO NO PORTO DO CANIÇAL

Analisando o exposto no PDPC, quanto à caracterização da agitação no Porto do Caniçal, pode concluir-se que não é possível avaliar com rigor a distribuição de rumos da agitação no Porto, dado que tanto o processo adoptado para determinar a direcção das ondas registadas no Funchal durante os dois primeiros anos de funcionamento, como os métodos de *"hindcast"* referidos apresentam limitações e margens de erro não desprezáveis.

O estudo apresentado no PDPC refere, e citando, que o *"regime de agitação marítima ao largo da costa sul da ilha da Madeira foi estabelecido a partir da análise de diversos elementos existentes, entre os quais os resultados do WERATLAS – European Wave Energy Atlas (European Commision*

*Joule Programme) e o artigo "Algumas Observações sobre o Clima de Ondas de Portugal" apresentado por W.Baird, J. Caldas e R. Scott nas 2asJornadas de Engenharia Costeira e Portuária realizadas em Sines em Novembro de 2001. Os dados recolhidos a partir destes elementos correspondem a estudos de reconstituição - "hindcast" - dos estados de agitação marítima a partir de outros dados climáticos existentes em períodos longos (campos de pressão e ventos).*

*Quanto aos resultados indicados no artigo referido, de acordo com informação complementar recolhida, a determinação do regime de agitação foi feita com base num modelo de "hindcast" de 2º geração WAVAD que cobre o Oceano Atlântico entre 65º e 80º N e 0º e 85ºW, com discretização de 1º. Na zona da Madeira utilizou-se um segundo modelo com discretização de 0,25º. Os dados de vento foram obtidos pelo NCAR/NCEP, compreendendo o período de 1970 a 1999.*

*A análise dos resultados ao largo, sem influência da protecção da Ilha da Madeira, mostra uma esperada predominância dos rumos do quadrante NW. Analisando os dados relativos à agitação ao largo com rumos entre W e E por Sul, verifica-se que a frequência do octante SW é francamente dominante (app. 85%) sobre os rumos de S (app. 10%) e SE (app. 5%).*

*Deve ainda considerar-se que as ondas provenientes do octante W, após sofrerem o efeito da refracção e difracção, assumem importância no regime global da costa sul ao juntarem-se às ondas com origem ao largo do octante de SW. De facto o regime de agitação na zona leste da costa sul da Ilha da Madeira, mostra uma predominância forte dos rumos próximos de SSW.*

*A outra referência, o WERATLAS consiste numa base de dados elaborada por um grupo de instituições europeias através de um programa com apoio comunitário. Contém dados sobre a energia associada à agitação marítima numa série de locais da costa atlântica e mediterrânica da Europa. A maior parte dos dados são constituídos por resultados do modelo WAM, um modelo de terceira geração que simula o efeito vento/onda desenvolvido pelo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.*

*Os resultados do WERATLAS para um ponto de coordenadas 33ºN, 15ºW a leste da Madeira mostram uma distribuição dos rumos das ondas próxima da do modelo de "hindcast" WAVAD referido atrás, sendo ligeiramente mais rodada a norte e com menor percentagem de ondas com rumos entre E e W por S."* WW, PRIMA, CISED (2003).

O problema da caracterização da agitação no porto, poderá ser melhorado com o decorrer dos anos, com a continuação dos registo e tratamento de dados da bóia ondógrafo do Caniçal (longitude 016-43-42W; latitude 32-43-12N; profundidade 108 m), que permitirão definir cada vez com maior precisão, as características da agitação que se propaga até à baía do Caniçal. Dados fornecidos pelo site do IH, indicam-nos os registos da bóia ondógrafo do Caniçal desde o ano de 2002.

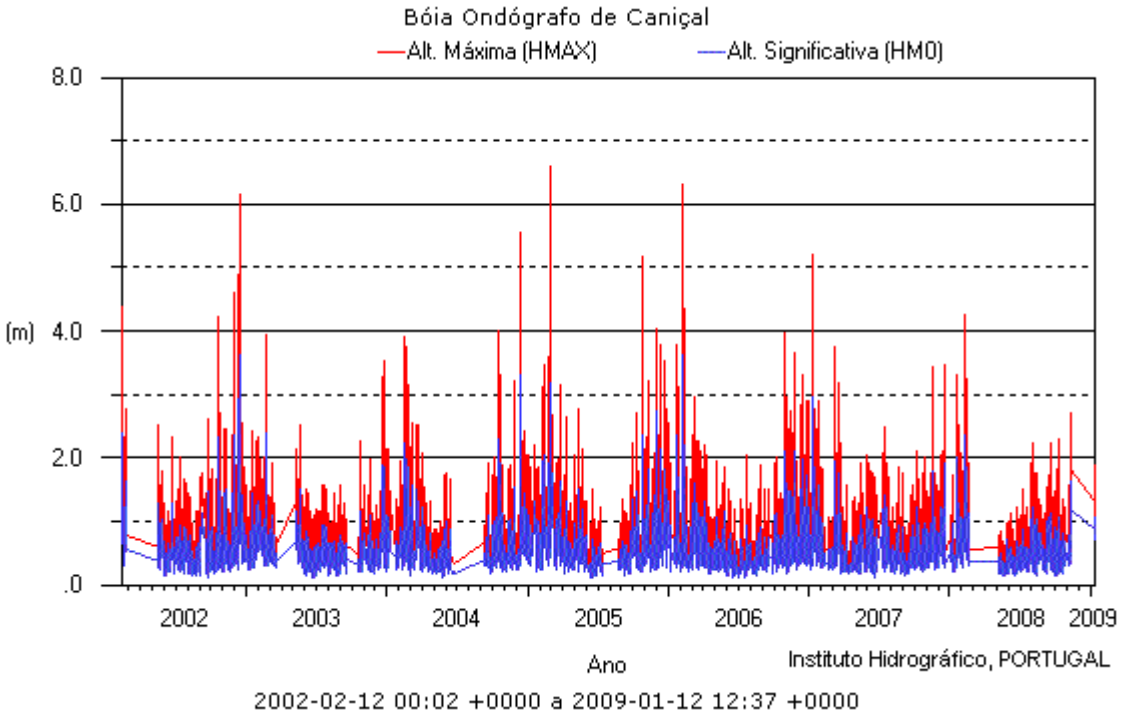



Fig. 4.4 – Registos de alturas de onda máxima e significativa da Bóia ondógrafo do Caniçal.

## 4.4 CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO TÉCNICA DO QUEBRAMAR EXTERIOR DO PORTO DO CANIÇAL.

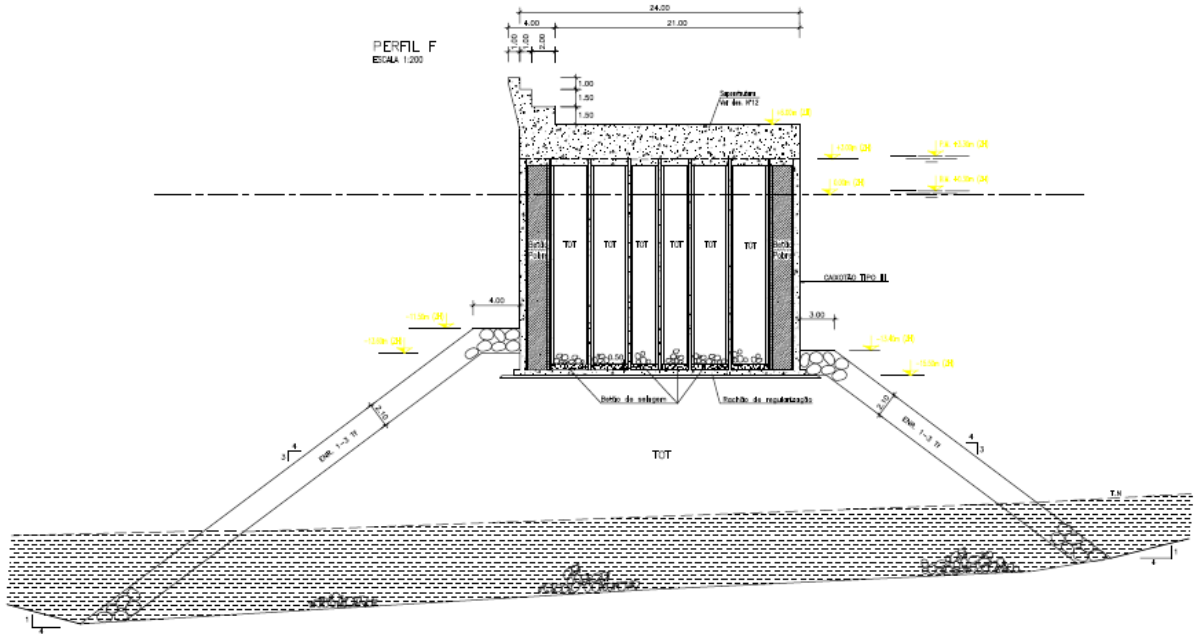



Fig. 4.5 – Ilustração do Perfil Transversal Tipo do Porto do Caniçal. (Colocou-se em anexo um perfil a uma escala que permita analisar todos os pormenores construtivos).

O molhe exterior é do tipo quebramar vertical, com um comprimento total de 808 metros e uma profundidade máxima de -31,0 m(ZH). Este molhe enraíza a nascente do Terminal Polivalente, tem um alinhamento curvilíneo, com 150 metros de extensão e é constituído por um quebramar em talude de enrocamentos, protegido no extradorso por blocos cúbicos de betão, tipo "*Antifer"*. Os restantes 658 metros do molhe são constituídos por caixotões, de parede vertical, de betão armado. A super-estrutura do quebramar tem uma plataforma à cota +6,0 m(ZH) e um muro cortina com coroamento à cota +10,0 m(ZH).

O contra-molhe tem um comprimento de 183 metros, uma largura de 12,5 metros, uma cota de coroamento +6,0 m(ZH) e fundos variáveis entre as cotas -7,5 m(ZH) e -16,0 (ZH). Estruturalmente é constituído por caixotões e por aduelas de betão armado, ligados superiormente por uma super estrutura em betão.

## 4.5 ESTUDOS DE TRÁFEGO

O Plano Director do Porto do Caniçal apresenta um estudo de tráfego, desenvolvido com base no pressuposto da Região Autónoma da Madeira constituir um *"hinterland"* com procura limitada das populações residente e flutuante nas Ilhas da Madeira e Porto Santo.

As projecções deste estudo, visam o ano de 2020, e foram feitas a partir de uma simples regressão linear, das movimentações registadas entre 1987 e 2001, já que os dados existentes não permitiam antever qualquer lei para a taxa de evolução.

Posto isto, as conclusões tiveram necessariamente que ser fundamentadas numa análise crítica, decorrente de situações especiais que pudessem condicionar ou extravasar uma evolução sustentada em cenários realistas, que foram projectados a três níveis de desenvolvimento:

1 – Baixo (conservador)

2 – Médio (moderado)

3 – Alto (optimista)

Os valores apresentados para o ano 2020 são meros indicadores de tendências, dado que se trata de um longo período de projecção, existindo inúmeras variáveis da conjuntura regional, nacional e internacional que podem afectar as tendências das previsões efectuadas.

Apresentam-se, em anexo, as projecções de tráfego.

Para efeito de projecção de tráfego no porto do Caniçal, foram tidos em conta os tráfegos históricos do porto, adicionados dos tráfegos de carga comercial do porto do Funchal, entretanto transferidos em 2004, para o primeiro.

Na Tabela 4.2, sintetizam-se, em valores arredondados, os tráfegos de referência para o POPC e que correspondem às projecções mais optimistas (nível alto) respectivamente, dos anos 2010 e 2020, sendo este último o ano do horizonte do PDPC.

Tabela 4.2 - Projecção tráfego de referência para o desenvolvimento do Porto do Caniçal.

| Tipo de Carga | Unidades | Anos | |
|---|---|---|---|
| | | 2010 | 2020 |
| Carga Geral Contentorizada | Nº de Navios | 400 | 500 |
| | TEU's | 150000 | 200000 |
| Carga Geral Fraccionada | Nº de Navios | 50 | 50 |
| | Ton. | 100000 | 100000 |
| Graneis Sólidos | Nº de Navios | 150 | 200 |
| | Ton. | 375000 | 500000 |

*"Com base nas projecções de tráfego e nas considerações de factores técnicos operacionais e económicos, descritos no estudo do Plano Operacional do Porto do Caniçal, analisam-se as necessidades de postos de acostagem e instalações de parque e equipamentos para as diversas movimentações, concluindo-se para cada um dos terminais, atrás definidos, as alternativas que satisfazem os tráfegos considerados nos três horizontes (fases) do plano."* WW, PRIMA, CISED (2003).

De salientar ainda que as condições de um futuro estudo de tráfego, podem e devem ser melhoradas, não considerando um mero ajuste a uma curva matemática, mas sim estabelecendo cenários de evolução da procura, dependentes da evolução económica mundial (crescimento ou recessão), considerando vários cenários futuros, nomeadamente a possibilidade do *"transhipment"* no porto do Caniçal, associado à zona franca *"offshore"*, que poderá assumir uma percentagem expressiva na movimentação portuária.

## 4.6 ANÁLISE SWOT

Em relação ao porto do Caniçal, uma análise SWOT permite as seguintes considerações:

### 4.6.1 PONTOS FORTES

- Localização com afastamento em relação a áreas com forte pressão urbana;
- Boa acessibilidade terrestre;
- Reduzido impacte ambiental (paisagístico, acústico e outros);
- Concentração das actividades portuárias (num espaço fechado com uma única portaria);
- Desenvolvimento de serviços de apoio à navegação, segurança e controle ambiental partilháveis por todos os terminais;
- Flexibilidade para suportar o desenvolvimento de diversos tipos de cargas comerciais;
- Gestão integrada de todos os terminais com optimização de recursos humanos e materiais, favorecendo a elaboração de um tarifário racional e económico.

### 4.6.2 PONTOS FRACOS

- Distância do transporte rodoviário ao principal centro de consumo da ilha - Cidade do Funchal;
- Efeitos na operacionalidade dos terminais, resultantes da penetração da agitação no porto;

- Envolvente terrestre com um relevo e altimetria pouco favoráveis ao estabelecimento de plataformas não desniveladas e com dimensões adequadas.

### 4.6.3 OPORTUNIDADES

- Demonstração e promoção de uma imagem de maior eficiência do serviço portuário em relação ao actual;
- Aumento da capacidade de movimentação de carga, recorrendo a processos de inovação tecnológica;
- Capacidade de resposta à procura diversificada e potencialmente gerada na área de intervenção da Zona Franca do Caniçal;
- Localização confinante com a Zona Franca que poderá tirar partido da movimentação de tráfegos em trânsito (alfandegados) em corredor próprio;
- Desenvolvimento de sinergias que (em conjugação com a carga aérea) podem contribuir para a viabilidade da criação de uma ZAL no Porto Novo, racionalizando todo o circuito de distribuição na Região.

### 4.6.4 AMEAÇAS

- Deslocação de actividades geradoras de tráfego para a parte sudoeste da ilha, justificando o desenvolvimento de um porto concorrencial (ex. Socorridos);
- Abastecimento de bens de consumo a partir das Canárias, privilegiando o transporte aéreo e o Ro-Ro.

# 5

# PORTO DO PORTO SANTO

## 5.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

O porto de Porto Santo localiza-se na extremidade leste da costa sul da ilha, num ponto com coordenadas 33º 03'N e 16º 18', na zona limite nascente de uma praia com cerca de 9 quilómetros de extensão e que tem um campo dunar associado. É um porto artificial, com um plano de água com uma forma trapezoidal, protegido por quebramares, sendo os fundos de natureza arenosa, com cotas acima da batimétrica -10,0 m(ZH).




Fig. 5.1 – Imagem satélite do Porto do Porto Santo.

## 5.2 O PORTO DO PORTO SANTO

O porto do Porto Santo, actualmente é constituído por uma bacia com uma área molhada de aproximadamente 233000 $m^2$, e conta com uma profundidade máxima de -10,0 m(ZH) e mínima de -1,0 m(ZH). A largura de embocadura medida entre as infra-estruturas de betão dos cais, é de cerca de 150 metros,

O Porto é protegido por quebramar e por um contra-molhe. O quebramar é formado por dois troços com orientação respectivamente de N-S, perpendicular à linha de costa, e N80°E, sensivelmente paralelo à linha de costa, contando com um comprimento total de aproximadamente 900 metros. O contra-molhe por sua vez, tem uma orientação N30°W, um alinhamento ligeiramente oblíquo em relação ao andamento da batimetria, e um comprimento total de cerca de 500 metros.

O acesso ao porto é efectuado pela designada Estrada Regional que é marginal à costa e estabelece a ligação ao principal núcleo urbano da ilha, que se situa a aproximadamente a 1,6 km do porto. Os edifícios de apoio à infra-estrutura portuária estão dispostos de nascente para poente segundo a seguinte ordem: balneários, bar/restaurante, escritórios (recepção da marina, polícia marítima, GNR, serviço de imigração e fronteiras e administração do porto), portaria, clube naval, sede da empresa - Assistência Náutica, armazém de embarcações, serviço de coordenação e oficinas, lota, terminal de descarga de cimentos e núcleo de sanitários de apoio.

O porto possui um terrapleno com uma área de aproximadamente 69000 $m^2$, com uma cota média da ordem de +4,0 m(ZH), onde actualmente se localiza a área de armazenamento da carga geral fraccionada e contentorizada, os edifícios de apoio às actividades marítimo/portuárias e os estacionamentos de veículos e embarcações.

O porto dispõe de infra-estruturas de apoio à frota de pesca constituídas por um caminho de rolamento de uma grua porticada para o transporte de embarcações ("travelift"), uma estrutura para a operação de um empilhador de efeito negativo e uma rampa de varadouro.

Para apoio à náutica de recreio, o porto dispõe de quatro pontões flutuantes com 175 postos de acostagem e de uma rampa para a varagem das embarcações. Existem também escritórios, barracões de reparação e parque para embarcações. Estas instalações foram construídas em 2 fases. A primeira fase incluiu, a superfície aquática, 2 pontões, um molhe de protecção, um barracão de reparação de embarcações e uma área de terrapleno de 5000 $m^2$. A segunda fase compreendeu o acréscimo do terrapleno em mais 3000 $m^2$.

Exterior à bacia portuária, a Sul do molhe principal, existe um quadro de bóias para amarração de navios tanque, integrado num sistema de descarga de combustíveis por tubagem submersa constituída por três linhas. Duas linhas, de 8", estão ao serviço da NATO, destinando-se uma à descarga de jet e outra de gasóleo e gasolina. A terceira linha, de 6", é explorada pela PETROGAL e destina-se à descarga de gasóleo e fuelóleo.

## 5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO PORTO DO PORTO SANTO

### 5.3.1 CARACTERÍSTICAS DAS INFRA-ESTRUTURAS GERAIS E DE ACOSTAGEM

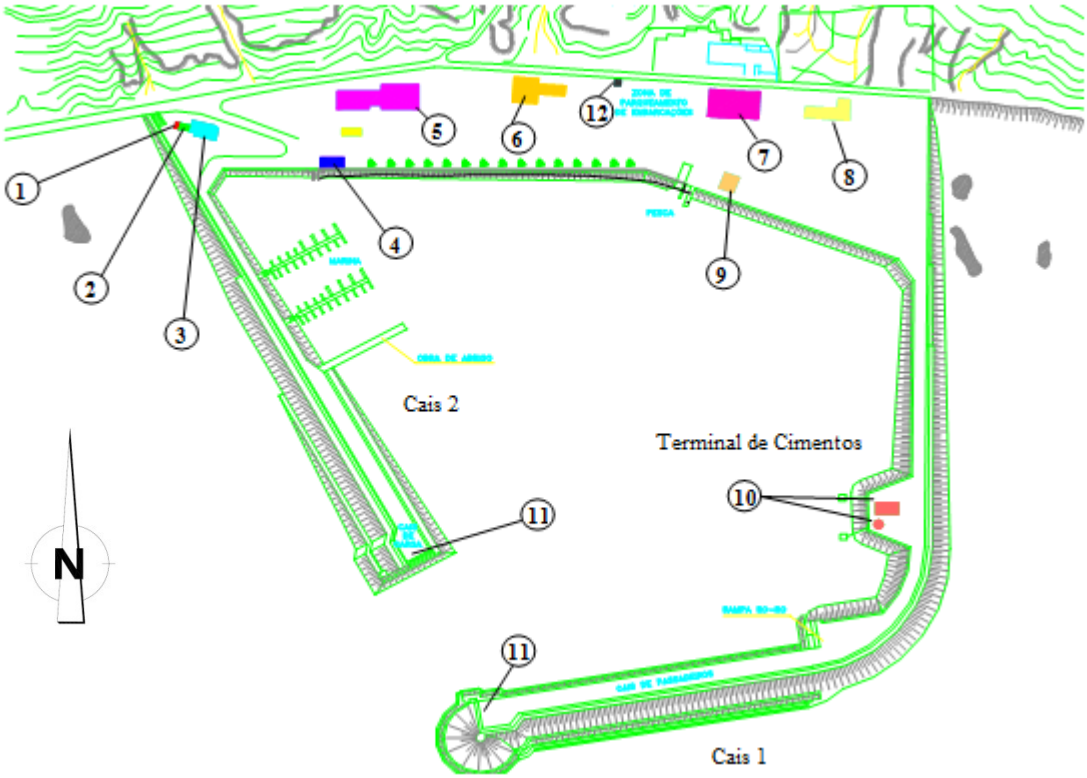



Fig. 5.2 – Planta esquemática do Porto do Porto Santo na actualidade.

Tabela 5.1 – Legenda associada à Fig. 5.2.

| Infra-estrutura | Número |
|---|---|
| Posto de Venda de Óleos e Combustível | 1 |
| Balneários de Apoio | 2 |
| Bar – Restaurante | 3 |
| Escritórios e Portaria | 4 |
| Clube Naval do Porto Santo | 5 |
| Sede de Empresa Assistência Náutica Lda. | 6 |
| Pavilhão de pequenas embarcações | 7 |
| Serviços de Coordenação e Oficinas | 8 |
| Lota | 9 |
| Terminal de Descarga de Cimentos | 10 |
| Núcleos Sanitários de Apoio | 11 |
| Armário de Distribuição de Energia Eléctrica | 12 |

#### 5.3.1.1 Cais 1

Situa-se no tardoz do molhe sul e tem 300 metros de frente acostável, dos quais 200 metros têm fundos à cota -7,0 m(ZH) e 100 metros têm fundos à cota -6,0 m(ZH). Na extremidade nascente do cais existe uma rampa Ro-Ro fixa, com 25 metros de largura. Este cais funciona actualmente para a recepção do "ferry" que faz a ligação à ilha da Madeira, tirando partido da rampa Ro-Ro, e para a acostagem de cruzeiros e navios de carga geral (contentorizada e fraccionada).

#### 5.3.1.2 Cais 2

Está localizado no tardoz do contra-molhe e tem-se destinado fundamentalmente à recepção de navios de carga geral. O cais tem 200 metros de comprimento e fundos da ordem de -6,0 m(ZH). Na extremidade do cais do lado de terra, existe uma estrutura vertical, formada por um muro em betão armado, destinada ao abrigo da zona de estacionamento das embarcações de recreio, o qual é acostável do lado de terra num comprimento de 90 metros e fundos da ordem de -4,0 m(ZH).

#### 5.3.1.3 Terminal de Cimentos

Está instalado junto ao troço curvo do molhe principal e é constituído por três duques de Alba, com fundos da ordem de -6,0 m(ZH). O cais do terminal de cimento, com um único posto de acostagem, pode receber navios de granéis sólidos com calados até 5 metros, o que corresponde a navios até 2.500 TAB, podendo receber navios maiores mas limitados a este calado.

### 5.3.2 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DOS CAIS ACOSTÁVEIS DO PORTO DO PORTO SANTO

O Porto do Porto Santo, oferece actualmente as infra-estruturas de acostagem descritas, que em síntese têm as características patentes na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Caracterização sumária dos Cais acostáveis do Porto do Porto Santo.

| Cais | Comprimento Total metros | | Cota da plataforma metros (ZH) | Profundidade da bacia de acostagem metros (ZH) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 300 | 200 | + 4,1 | - 7,0 |
| Rampa RO-RO com 25 m de largura | | 100 | | - 6,0 |
| 2 | 200 | | + 4,1 | - 4,0 |
| Terminal de Cimentos | Duques de Alba | | | - 6,0 |

### 5.3.3 CARACTERIZAÇÃO BATIMÉTRICA DO PORTO DO PORTO SANTO

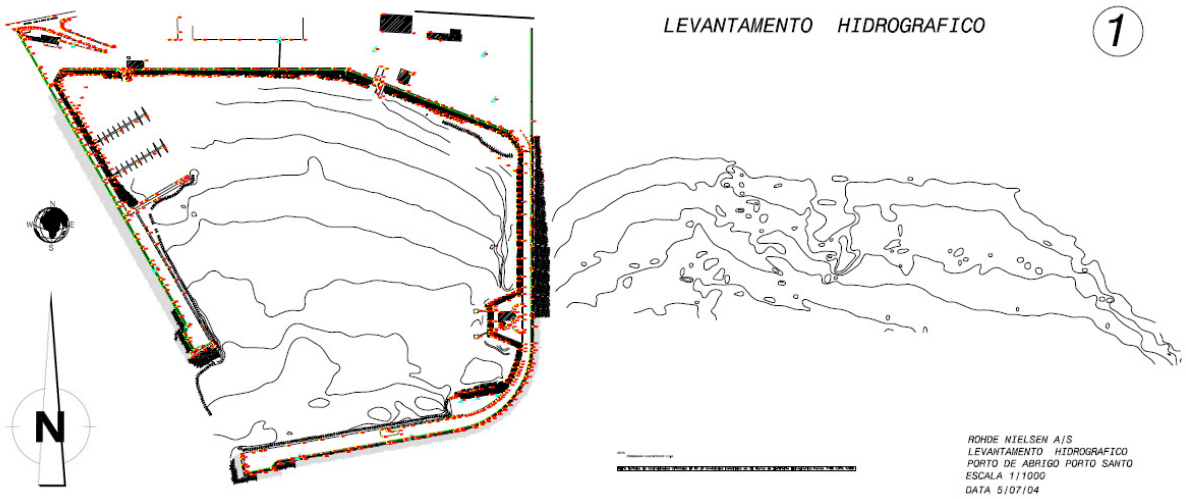



Fig. 5.3 – Representação batimétrica do Porto do Porto Santo – Julho 2004 (cotas ao Zero Hidrográfico).

A batimetria da Ilha do Porto Santo caracteriza-se por suaves declives suaves até à cota -50,0 m(ZH). Todavia a ilha de Porto Santo está circundada por alguns ilhéus, que correspondem a prolongamentos das suas maiores saliências limitados pela batimétrica dos -20,0 m(ZH), leva a admitir que integraram todos uma única ilha, a qual terá tido inicialmente uma área superior à actual.

Conforme se referiu, é na extremidade nascente da praia do Porto Santo que se localiza a principal infra-estrutura portuária da Ilha. Dispõe de uma bacia com fundos entre a batimétrica -10,0 m(ZH), junto à embocadura e -1,0 m(ZH) na extremidade nordeste da bacia, com uma área global de 233000 $m^2$ e de terraplenos à cota +4,0 m(ZH), com uma área global de aproximadamente 69000 $m^2$.

Os indicadores existentes (obtidos por comparação de sucessivos levantamentos hidrográficos) não apontam para a ocorrência de assoreamento por areias provenientes do exterior da área portuária, ainda que indiquem a existência de alguns movimentos das areias "contidas", no interior dessa bacia, pela construção das obras de abrigo e acostagem.

A fisiografia da praia do Porto Santo e a ausência de acumulação continuada de areia no enraizamento do contra-molhe do Porto e na própria bacia portuária indiciam que se trata de uma praia em equilíbrio.

A erosão que se observa entre a ponte-cais e o limite urbano nascente corresponde a uma alteração do perfil de equilíbrio da praia devido à influência da estrutura portuária na hidrodinâmica local.

### 5.3.4 CARACTERIZAÇÃO DA AGITAÇÃO NO PORTO DO PORTO SANTO

A análise da agitação marítima ao largo da Ilha do Porto Santo, patente no PDPPS, teve por base o regime de agitação marítima para a costa sul da Ilha da Madeira. Este foi por sua vez estabelecido, com base nos dados de base existentes e descritos na Nota Técnica elaborada pela WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, Lda., para a APRAM, em Outubro de 1998 e intitulada "Regime de Agitação marítima. Ondógrafo do Funchal."

Os valores de ondulação registados nas bóias ondógrafo instaladas no Funchal e no Caniçal são sempre relativamente baixos. Na ausência de elementos mais fundados, os autores do PDPPS recorreram a duas relações entre os períodos e as alturas de onda, representadas pelas expressões, "Carvalho" e "Tucker", indicadas em CARVALHO, M.M., LNEC, 1998 "Valores Extremos da

Agitação Marítima. Sines – Actualização do Regime de Extremos Local e Evolução das Ondas aos T Anos", Relatório 260/98 – NPP, Outubro de 1998.

$$Carvalho, 1993: Tz = 0{,}8\, Hs + 6$$

$$Tucker, 1981: Tz = 3{,}58\, \sqrt{Hs}$$

O regime de valores extremos de altura significativa de onda considerados para o desenvolvimento do porto do Porto Santo, foi o caracterizado pela tabela Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Valores Extremos da Altura Significativa "Ao Largo".

| Tempo de Retorno | Rumos | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W | | SE | | S | | SE | | E | |
| | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) |
| 1 ano | 3,7 | 7 a 9 | 3,5 | 7 a 9 | 2,6 | 6 a 8 | 2,0 | 5 a 8 | 1,0 | 4 a 7 |
| 5 anos | 4,6 | 8 a 10 | 4,7 | 8 a 10 | 4,0 | 7 a 9 | 2,6 | 6 a 8 | 1,2 | 4 a 7 |
| 10 anos | 5,3 | 8 a 10 | 5,4 | 8 a 10 | 4,8 | 8 a 10 | 3,0 | 6 a 9 | 1,3 | 4 a 7 |
| 25 anos | 6,1 | 9 a 11 | 6,4 | 9 a 11 | 5,9 | 9 a 11 | 3,4 | 7 a 9 | 1,4 | 4 a 7 |
| 50 anos | 6,7 | 9 a 11 | 7,1 | 9 a 11 | 6,8 | 9 a 11 | 3,8 | 7 a 9 | 1,5 | 4 a 7 |
| 100 anos | 7,3 | 10 a 12 | 7,8 | 10 a 12 | 7,6 | 10 a 12 | 4,1 | 7 a 9 | 1,6 | 5 a 7 |

## 5.4 CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO TÉCNICA DO MOLHE EXTERIOR DO PORTO DO PORTO SANTO.

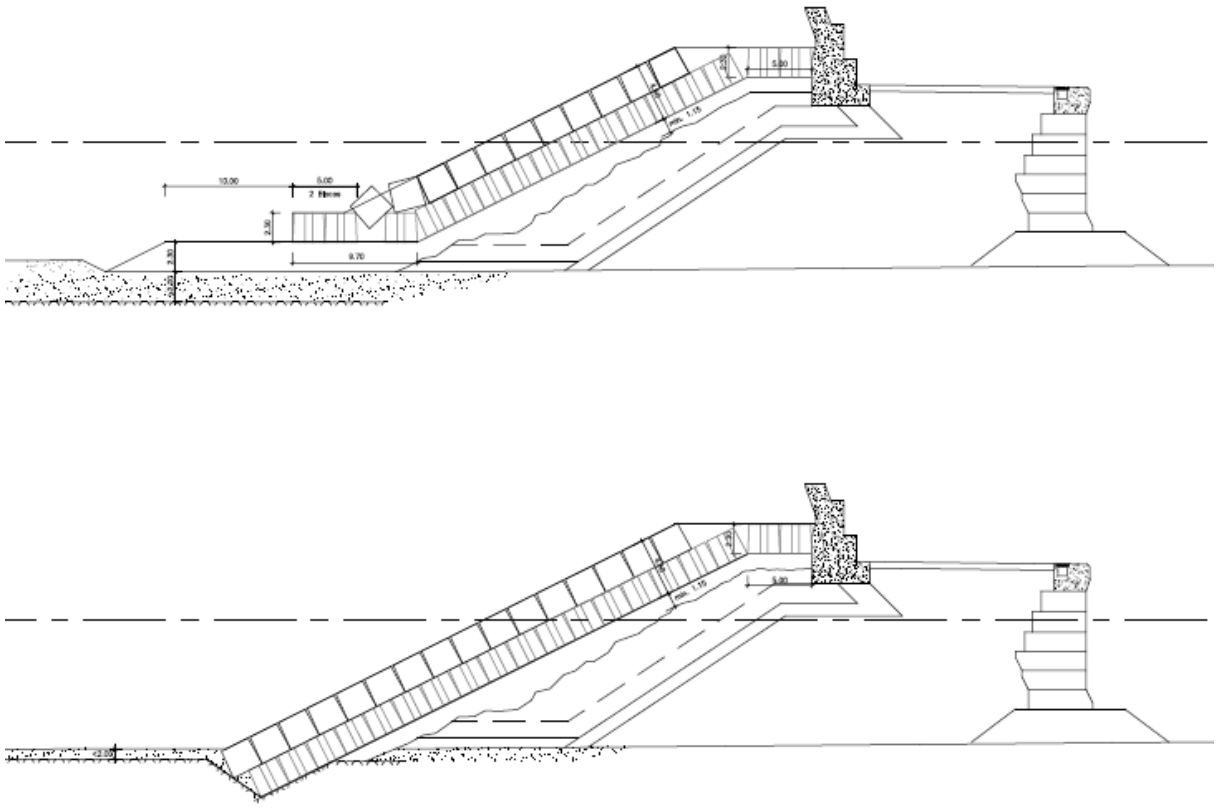


Fig. 5.4 – Perfis Transversais Tipo do Porto do Porto Santo (Colocou-se em anexo um perfil a uma escala que permita analisar todos os pormenores construtivos).

O Quebramar principal é constituído por dois troços rectos com concordância em curva, com um comprimento total de 900 metros e uma profundidade máxima na cabeça da ordem de -10,0 m(ZH). O contra-molhe tem um comprimento de 500 metros e atinge fundos máximos da ordem de -8,0 m(ZH). O molhe e o contra-molhe são do tipo quebramar misto, com plataformas à cota aproximada de +4,1 m(ZH), uma largura de 18 e 16 metros respectivamente e dispõem de um muro deflector. Os mantos resistentes são constituídos blocos cúbicos antifer 30 tf.

As retenções marginais do terrapleno são constituídas por taludes de enrocamento, com comprimento total da ordem de 1340 metros.

## 5.5 ESTUDOS DE TRÁFEGO

O Plano Director do Porto do Porto Santo apresenta um estudo de tráfego, desenvolvido com base no pressuposto da Ilha do Porto Santo constituir um *"hinterland"* único, com potencialidades limitadas de oferta externa, ao nível da recepção de navios de cruzeiro e veleiros oceânicos e movimentação de mercadorias e passageiros decorrentes de fluxos turísticos com elevada componente sazonal.

As projecções deste estudo, visam o ano de 2020, e foram feitas a partir de uma simples regressão linear, das movimentações registadas entre 1987 e 2001.

Posto isto, as conclusões tiveram necessariamente que ser fundamentadas numa análise crítica, decorrente de situações especiais que pudessem condicionar ou extravasar uma evolução sustentada em cenários realistas, que foram projectados a três níveis de desenvolvimento:

1 – Baixo (conservador)

2 – Médio (moderado)

3 – Alto (optimista)

Os valores apresentados para o ano 2020 são meros indicadores de tendências, dado que se trata de um longo período de projecção, existindo inúmeras variáveis da conjuntura regional, nacional e internacional que podem afectar as tendências das previsões efectuadas.

Em anexo, apresentam-se as projecções de tráfego.

Nalguns casos, as previsões tendem para um valor constante, tais como o movimento de carga geral, correspondendo à que é transportada diariamente pelo "ferry Lobo Marinho"entre o Porto Santo e o Funchal. Na análise efectuada pressupõe-se que as características genéricas da frota que têm vindo a operar no porto do Porto Santo não serão alteradas.

Os valores apresentados para o ano 2020 são meros indicadores de tendências, dado que se trata de um longo período de projecção existindo inúmeras variáveis da conjuntura regional, nacional e internacional que podem afectar as tendências das previsões efectuadas. De acordo com o referido, a previsão do movimento portuário foi feita com base numa extrapolação simples, admitindo um crescimento linear, já que os dados existentes não permitem antever qualquer lei para a taxa de evolução.

## 5.6 ANÁLISE SWOT

Para o porto do Porto Santo, foram estabelecidos os seguintes pontos fortes, pontos fracos, ameaças e oportunidades.

### 5.6.1 PONTOS FORTES

- As Ilhas Atlânticas posicionam-se como um destino altamente competitivo, dado o seu bom clima, a localização geográfica estratégica, a sua identidade própria como destino turístico, e a sua popularidade entre o turismo Europeu;
- Boas acessibilidades ao porto;
- O esforço que ultimamente tem sido feito, com vista a quebrar a sazonalidade do turismo no Porto Santo, nomeadamente com a construção do campo de golfe, de Hoteis de luxo e SPA's, como atractivo à escala de navios de cruzeiro;
- A qualidade, beleza e fama terapêutica do seu extenso areal;
- O clima ameno.

### 5.6.2 PONTOS FRACOS

- A sazonalidade turística que o Porto Santo ainda vive;
- A pouca diversidade de oferta turística, limitada à praia, a alguma beleza natural e mais recentemente também ao golf;
- A imagem do porto, que necessita de medidas de renovação paisagística;
- Fraco sistema de transportes públicos, nomeadamente o reduzido número de táxis e autocarros.

### 5.6.3 OPORTUNIDADES

- Estabelecimento de benefícios financeiros, aos navios que fazem escala no Funchal, para que estes possam também fazê-lo no Porto Santo;

### 5.6.4 AMEAÇAS

- Desvio de tráfego transatlântico de recreio, do porto do Porto Santo para outros locais (nomeadamente das Canárias), com maior número de pontos de acostagem e um melhor serviço a preços concorrenciais;
- Cada vez é maior a discrepância entre a população residente, e a população flutuante, podendo haver situações de sobrelotação do porto no Verão, e sub lotação do porto no Inverno;
- A falta de infra-estruturas de apoio ao turismo, nomeadamente a falta de um maior número de restaurantes de qualidade.

# 6

# POTENCIALIDADES E CONDICIONALISMOS FÍSICOS DO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO DA RAM

## 6.1 FUNÇÕES DAS PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAS PORTUÁRIAS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

A Região Autónoma da Madeira possui 6 infra-estruturas portuárias principais, que em resumo asseguram as funções indicadas na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Quadro resumo das funções das infra-estruturas Portuárias da RAM.

| Porto/Terminal | Função | Tipo de Tráfego/Actividade |
|---|---|---|
| Funchal | Passageiros | • Cruzeiros turísticos<br>• Tráfego regional (ligação Funchal - Porto Santo) |
| | Náutica de Recreio e actividades Marítimo Turísticas | • Embarcações de recreio e desporto náutico<br>• Embarcações dedicadas às actividades marítimo – turísticas |
| | Mercadorias | • Tráfego regional (ligação ferry Funchal - Porto Santo). |
| Caniçal | Mercadorias | • Carga geral contentorizada, granéis sólidos, granéis líquidos |
| | Pesca | • Embarcações de pesca regional. |
| | Reparação Naval | • Embarcações de pesca |
| Porto Santo | Passageiros | • Tráfego regional (ligação Funchal - Porto Santo)<br>• Cruzeiros turísticos |
| | Náutica de Recreio | • Embarcações de recreio e desporto náutico |
| | Mercadorias | • Tráfego regional (ligação Funchal - Porto Santo)<br>• Descarga e armazenagem de granéis sólidos (cimentos) |

| | | |
|---|---|---|
| | Pesca | • Embarcações de pesca |
| Socorridos | Mercadorias | • Descarga e armazenagem de granéis sólidos (cimentos) |
| Praia Formosa | Mercadorias | • Descarga e armazenagem de granéis líquidos (combustíveis – fuel, gasolina, gasóleo, gás) |
| Porto Novo | Mercadorias | • Descarga de granéis sólidos (areias) |

## 6.2 POTENCIALIDADES E CONDICIONALISMOS FÍSICOS DE UMA INFRA-ESTRUTURA PORTUÁRIA

As condições físicas da baía onde uma determinada infra-estrutura portuária se insere, são únicas e condicionam de um modo singular o desenvolvimento, a morfologia e o bom funcionamento de um porto.

Os factores de ordem física, como a morfologia da costa e os fenómenos relativos à hidrologia marítima responsáveis pelas características da agitação, (a batimetria, as correntes e o regime de ventos e marés), vão necessariamente condicionar o tipo, a dimensão e a orientação dos quebramares exteriores de protecção, exercendo indirectamente um papel importante na modelação dos espaços portuários e na morfologia dos portos.

Independentemente das funções desempenhadas, não existem portos iguais, existem sim soluções técnicas semelhantes, optimizadas às condições físicas locais.

Para que esta análise seja o mais objectiva possível, optou-se por distinguir fundamentalmente três factores, que afectam o desenvolvimento portuário:

- As condições físicas da baía, e as características terrestres da área de implantação

  Providenciam, regra geral, o estímulo inicial para a implantação e o desenvolvimento do porto. Os factores de ordem física, como a morfologia da costa e os fenómenos relativos à hidrologia marítima (responsáveis pela agitação), vão condicionar o desenvolvimento das obras portuárias, exercendo um papel importante na forma como o porto se configura. As características terrestres da área de implantação foram muito importantes, e mesmo decisivas, no passado, quando a tonelagem das embarcações era reduzida. Condicionam, ainda hoje, o desenvolvimento e a adaptação das infra-estruturas portuárias. A morfologia costeira condiciona o estabelecimento das áreas operacionais (área de movimentação de mercadorias, áreas complementares de armazenagem, espaços dedicados à integração com as redes de transporte terrestre) e a forma como estas se interligam - Sousa, J F (2004).

- A situação geoestratégica global

  Resulta da posição relativa do porto face aos outros portos e territórios e às principais linhas de fluxos marítimos. Dela dependerá, pelo menos em parte, o papel a desempenhar pelo porto na organização do transporte marítimo, factor que tem evoluído ao longo dos tempos de acordo com as alterações no comércio e turismo internacionais e na organização dos transportes marítimos, potenciando ou condicionando o desenvolvimento dos tráfegos nos diferentes portos - Sousa, J F (2004).

- A situação geoestratégica local

Condiciona o nível do desenvolvimento do porto (volumes e valores dos tráfegos portuários e facilidades portuárias) e é determinada pela extensão do *hinterland* e pelos seus níveis de desenvolvimento económico e turístico. As acessibilidades terrestres, rodoviárias e ferroviárias jogam aqui um papel fundamental, na medida em que da sua eficácia pode depender o alargamento da área de influência do porto - Sousa, J F (2004).

### 6.2.1 POTENCIALIDADES E CONDICIONALISMOS FÍSICOS DO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO DO PORTO DO FUNCHAL

#### 6.2.1.1 Quanto às condições físicas da baía e às características terrestres da área de implantação

A Costa Norte da ilha da Madeira, está exposta à agitação marítima dominante, proveniente dos rumos de Oeste a Norte, violenta e muito persistente. A Costa Sul, onde se implanta o Porto do Funchal, naturalmente abrigada pela própria ilha em relação aos referidos rumos, está exposta a uma agitação caracterizada por um regime médio anual relativamente moderado. O porto do Funchal, não tem apresentado problemas no que à agitação diz respeito. Actualmente, segundo a APRAM, o quebramar sul tem tido um comportamento estável e seguro, não estando previstas quaisquer intervenções, para além das de manutenção. Este tipo de conclusão resulta da experiência e da observação do comportamento do quebramar actual, dada a insuficiência do número de registos da bóia ondógrafo da Ponta da Cruz, não ter permitido, até agora, que tivesse sido elaborado um estudo conclusivo no que à agitação diz respeito. Contudo, remete-se este assunto para o ponto 7.3 deste trabalho.

As condições batimétricas, bem como a morfologia da costa da baía do Funchal, tornaram-se desde logo decisivas para que ali se implantasse o porto. As ligações entre os dois fortes e a baía, são quase na sua totalidade fundadas em rocha. Esse é, aliás, o maior segredo da sua estabilidade e durabilidade.

Um dos grandes problemas associados às condições físicas naturais, no que toca ao desenvolvimento físico da área acostável é a batimetria da baía do Funchal. Na actualidade, a cabeça do quebramar sul já se encontra fundada acima da cota -25 m (ZH).

A ampliação natural do porto, terá necessariamente que passar por um prolongamento do quebramar principal, visando pelo menos uma mais-valia no que toca à gestão de um grande cais acostável linear, se a ampliação tiver em conta um prolongamento sem inflexão, ou de um outro cais acostável flectido para o interior do porto enraizando na cabeça do molhe actual, se a ampliação tiver em conta um prolongamento com inflexão. Tal como demonstrado no ponto 7 deste estudo, e tendo por base estes pressupostos de ampliação, facilmente se atingem profundidades acima dos -35 m (ZH), o que se torna num factor limitador, em termos económicos, e construtivos.

Poder-se-á também pensar na construção de um grande cais acostável no molhe exterior da marina do Funchal, também estudado no ponto 7 deste trabalho. É sem dúvida uma solução interessante. No entanto estará sempre dependente de um prolongamento do quebramar sul do porto, não necessariamente tão extenso quanto aquele que se faria no caso da ampliação do porto se centrasse somente nessa zona, mas suficientemente extenso no sentido de proteger este novo cais do regime de agitação mais fustigador, que é o de sudeste.

Outro factor não menos importante, tem a ver com a foz da ribeira de S. João estar inserida no interior da bacia portuária. Para além dos naturais detritos arrastados pela ribeira, nomeadamente nas estações chuvosas, obrigarem a um controlo e a dragagens mais frequentes que o normal, há também o risco de se introduzir no interior da bacia portuária, perturbações de agitação, com a introdução de um caudal

cheia não controlável, com todas as implicações que daí poderão advir, nomeadamente no que diz respeito a oscilações e correntes no interior do porto.

O porto do Funchal, possui uma área assinalável de terraplenos, que outrora serviram o antigo porto comercial da região que ali se implantava. Estas áreas estão a sofrer radicais mudanças no sentido de transformar o porto do Funchal numa nova centralidade, e num novo pólo de desenvolvimento turístico - comercial. Aproveitar toda a área existente, com uma política centrada em investimentos associados a infra-estruturas turísticas, no sentido de dotar o porto de características óptimas de conforto aos turistas que visitam a ilha por intermédio dos navios de cruzeiro, mudará a sua imagem, e certamente transformará o porto num destino ainda mais atractivo para as linhas de cruzeiros que tradicionalmente operam na região, atraindo porventura outras, que certamente contribuirão para o aumento do tráfego.

#### 6.2.1.2 Quanto à situação geoestratégica global

Estudos actuais apontam que apenas as Caraíbas e o Mediterrâneo Europeu excedem a popularidade das Ilhas Atlânticas no que ao turismo de cruzeiros diz respeito. Abaixo, situam-se já a Turquia e as Ilhas Gregas, os Cruzeiros Fluviais, o Norte da Europa, o Mar Báltico e os Cruzeiros Transatlânticos.

A atractividade turística tradicional, o clima em geral estável e ameno durante todas a estações, a localização geográfica estratégica, a estabilidade social, a segurança, a sua identidade própria como destino turístico, e a sua popularidade entre o turismo Europeu, são sem dúvida factores que fazem da Madeira um "cliente de peso" do turismo de cruzeiros. O porto do Funchal tem todas as características naturais para se demarcar dos restantes concorrentes. O anfiteatro do Funchal convida os passageiros a visitar a cidade, e a usufruir do ambiente e da qualidade paisagística que a baía oferece. Aqueles turistas que pretendam conhecer um pouco mais daquilo que a Ilha da Madeira tem para oferecer, poderão sempre aventurar-se entre as paisagens e a vegetação sub-tropical da floresta Laurissilva, passear na rede de levadas, experimentar a gastronomia regional, ou até conhecer as inexploradas arribas da costa Norte da Ilha. Contudo, a concorrência entre cidades, portos e regiões para captar os diferentes tipos de tráfego é cada vez maior, ao mesmo tempo que os armadores, os operadores turísticos e os passageiros são cada vez mais exigentes. Este facto é particularmente importante porque são estes últimos que vão determinar a escolha de uns portos em detrimento de outros, de acordo com as condições de acolhimento e o nível dos serviços prestados. Não bastará o destino Madeira gozar e aproveitar-se da sua popularidade, é necessário que a oferta seja de qualidade e suficientemente diversificada, para que consiga manter-se no pelotão da frente dos destinos turísticos europeus.

#### 6.2.1.3 Quanto à situação geoestratégica local

Os portos da Madeira continuam a desempenhar um papel estratégico fundamental para o desenvolvimento económico e social do Arquipélago, assegurando os abastecimentos de que a Região carece, facilitando as poucas, mas importantes, exportações regionais, e recebendo muitos dos turistas que visitam a ilha.

Escoar o trânsito de uma melhor forma e libertar a baixa do Funchal do excessivo tráfego automóvel, são os grandes objectivos da obra de construção da via-expresso entre a Estrada da Liberdade (saída Oeste), na zona da Levada do Cavalo e a Rotunda da Pontinha, no porto do Funchal. O novo túnel de ligação à moderna rede viária da ilha, em fase final de construção (Fig. 6.1), que emboca na rotunda de acesso ao porto, é fulcral para o escoamento do trânsito oriundo do porto mas não só.

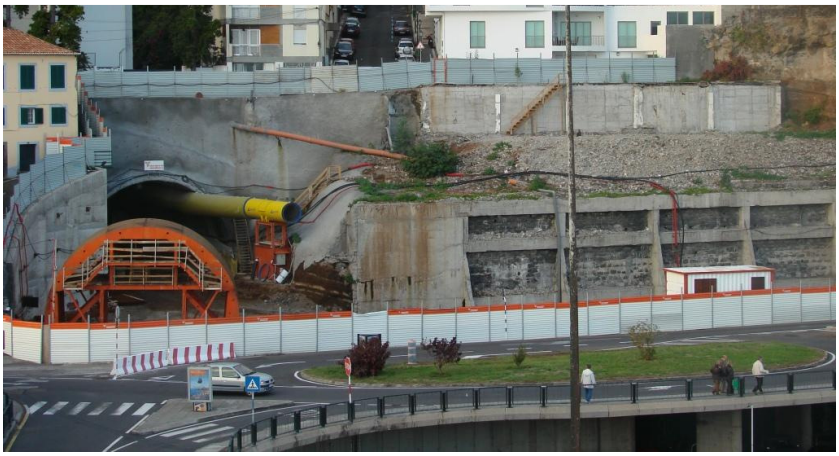


Fig. 6.1 – Túnel de acesso do porto do Funchal à via rápida, em fase final de construção.

Esta zona da cidade carece de soluções viárias de escoamento de trânsito. A partir da rotunda da pontinha, e tirando partido destas novas infra-estruturas, os automobilistas vão poder ter a possibilidade de acederem, ou à via rápida ou novamente à rede viária local com muito maior facilidade.

A reestruturação do Porto do Funchal, vai dar uma nova vida económica e social àquela zona da cidade. Criar-se-á um novo pólo de desenvolvimento e uma nova centralidade a partir das novas infra-estruturas lúdico-turísticas do Porto, desafogando o centro antigo do Funchal da sobrelotação turística existente, e criando ofertas de lazer diferenciadas. Haverá também a oportunidade da criação de novos postos de trabalho associados a esta reestruturação.

### 6.2.2 Potencialidades e condicionalismos físicos do desenvolvimento portuário do Porto do Caniçal

#### 6.2.2.1 Quanto às condições físicas da baía e às características terrestres da área de implantação

O porto do Caniçal foi pensado de raiz com o objectivo de se tornar num porto comercial, numa fase inicial de apoio à Zona Franca Industrial, e numa segunda fase como principal porto comercial da RAM. Possui, por esta razão, grande parte das características que um porto comercial deve possuir.

São de salientar alguns pontos importantes, como o afastamento de áreas com forte pressão urbana, a boa acessibilidade terrestre e a ligação à moderna rede viária da ilha, a flexibilidade para suportar o desenvolvimento de diversos tipos de cargas comerciais e a gestão integrada de todos os terminais com optimização de recursos humanos e materiais, favorecendo desta forma a elaboração de um tarifário racional e económico, como factores que favorecem o bom funcionamento deste porto.

A avaliação da capacidade operacional apresentada no POPC e os pressupostos que ditaram as circunstâncias de crescimento do porto, levaram a que não fossem estabelecidos cenários alternativos globais para a utilização do mesmo. Apenas foram considerados cenários para zonas limitadas do porto, mais precisamente as áreas ocupadas pelo Estaleiro Naval e pelo Parque de Contentores, atendendo às limitações de disponibilidade de terrapleno para parques junto dos cais. Para esta zona foram elaborados três cenários de desenvolvimento, um designado por Cenário Base e dois outros cenários por alternativos, nos quais foram considerados a reconversão parcial ou total da área de terrapleno do Estaleiro Naval para Parque de Contentores.

Tomando como admissível que a futura evolução da competitividade no sector dos estaleiros navais, faça decrescer a importância relativa da unidade existente no Porto do Caniçal, é plausível que no futuro se proceda à reconversão da área de terrapleno dos postos de carenagem, com cerca de 9240 $m^2$, para parque de contentores. Num outro cenário, o PDPC admite mesmo a reconversão da área total do estaleiro naval, com 29960 $m^2$, para parque de contentores. Esta reconversão poderá ser efectuada em duas fases, a primeira das quais corresponderá à reconversão da área de terrapleno dos postos de carenagem, e a segunda na reconversão total da área associada ao estaleiro naval.

No que toca à agitação marítima, embora o problema da quantificação da agitação no porto, possa ser melhorado dentro de alguns anos, com a continuação dos registo e tratamento de dados da bóia ondógrafo do Caniçal, que permitirão definir cada vez com maior precisão, as características da agitação que incide na baía do Caniçal, da experiencia resultam já alguns condicionamentos respeitantes à segurança com a entrada e saída de navios, bem como efeitos nas operações portuárias resultantes da ondulação, em situações de tempestades extremas, por galgamento e por difracção na cabeça do quebramar exterior.

#### 6.2.2.2 Quanto à situação geoestratégica global

A pequena dimensão do *"hinterland"* e as limitações da sua capacidade de geração/atracção de tráfegos, são resultantes da dimensão da ilha e do arquipélago, das características da sua economia e dos seus níveis de desenvolvimento socioeconómico, e serviram de pretexto, em períodos chave do desenvolvimento do porto, para justificar as opções de desenvolvimento e as limitações dos investimentos.

De salientar ainda que devem ser estabelecidos cenários de evolução de procura, dependentes naturalmente da evolução económica mundial (crescimento ou recessão), considerando vários cenários, nomeadamente a possibilidade do "transhipment" no porto do Caniçal, associado à zona franca "offshore" e à procura diversificada potencialmente gerável na área de intervenção da Zona Franca Industrial, que poderá assumir uma percentagem expressiva na movimentação portuária.

#### 6.2.2.3 Quanto à situação geoestratégica local

A deslocalização do porto comercial da RAM para um ponto mais descentrado da ilha foi fundamentada numa série de factores. A melhoria das acessibilidades internas e um diversificado conjunto de medidas políticas e de planeamento, tendentes a reduzir as assimetrias regionais, em termos de desenvolvimento do território e de maior equilíbrio demográfico, foram são dúvida alguns dos mais importantes, para que este porto, hoje, se tornasse uma realidade.

A nível de acessibilidades, foram reforçados os níveis de mobilidade intra-regional, com o desenvolvimento de uma moderna rede viária, constituída por vias rápidas e vias expresso, promovendo ligações rápidas e seguras entre o Porto do Caniçal e grande parte dos aglomerados urbanos e rurais da ilha da Madeira.

O desenvolvimento do porto deverá estar intimamente ligado às necessidades da ilha da Madeira, e deverá dar resposta em cada momento à necessidade da qualidade de vida dos seus habitantes, cujas oportunidades cada vez mais se centram nas potencialidades turísticas da ilha, como chave para o seu desenvolvimento económico e social.

### 6.2.3 POTENCIALIDADES E CONDICIONALISMOS FÍSICOS DO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO DO PORTO DO PORTO SANTO

#### 6.2.3.1 Quanto às condições físicas da baía e às características terrestres da área de implantação

O facto do Porto Santo não possuir uma bóia ondógrafo de registo de agitação marítima, limita em muito, o conhecimento e a definição da agitação que atinge o porto. Como possível consequência, foi efectuada a substituição do manto resistente do quebramar exterior, por blocos cúbicos *"Antifer"* mais pesados e estáveis que os anteriores tetrápodes, que, segundo a APRAM davam sinais de instabilidade e de pouca resistência.

O PDPPS sugere o aumento da área de terraplenos e a construção das respectivas retenções marginais, bem como a construção de uma rampa de apoio aos socorros a náufragos. É também proposta a dragagem da bacia de manobra à cota -7,0 m (ZH), e face à tendência para a fixação do calado máximo dos navios de cruzeiro em 8 metros, é proposta também a dragagem à cota -9,0 m (ZH) da bacia de acostagem do posto exterior do cais 1.

No que toca ao desenvolvimento da área destinada às embarcações de recreio, é defendido um desenvolvimento faseado do sector de recreio náutico, baseado nas necessidades de espaço que este sector do porto venha a ter ao longo dos anos. Por outras palavras, deve ser garantido o estacionamento permanente para as embarcações locais e o estacionamento temporário para as embarcações oceânicas de passagem. Deve no entanto ser revista a protecção das áreas de estacionamento das embarcações de recreio, nomeadamente com a construção de um quebramar flutuante de abrigo à marina, para absorver as ondas de esteira provocadas pela entrada e saída dos navios. Em relação a esta actividade, é previsto um forte aumento da procura de lugares de estacionamento no mar e em terra, quer por embarcações locais, quer particularmente por visitantes vindos da ilha da Madeira e do exterior.

Quanto ao espaço para reparação e manutenção de embarcações de pesca, deverá no futuro ser equacionada a hipótese da sua partilha com as embarcações de recreio, garantindo-se contudo espaços próprios para a secagem e preparação de redes e aparelhos de pesca e armazenagem da palamenta.

Para a movimentação de carga prevista para 2020 a capacidade existente é largamente excedentária, não necessitando deste ponto de vista de novas infra-estruturas portuárias de descarga para o período em análise.

Não é de descurar no entanto, a possibilidade de aumento do comprimento do quebramar principal, em 100 metros e a construção do respectivo manto resistente, permitindo o aumento do comprimento do cais 1 e, simultaneamente, o aumento do grau de abrigo em toda a área portuária.

#### 6.2.3.2 Quanto à situação geoestratégica global

Face às reduzidas dimensões da ilha de Porto Santo, a limitada oferta turística deverá respeitar as condições naturais locais, pelo que *"a atractividade como destino próprio para navios de cruzeiro é condicionada, configurando-se mais como uma escala adicional dos navios que demandam o Porto do Funchal do que como destino auto-sustentável". Estas* escalas não são superiores a um dia, pelo que a disponibilidade de um posto em permanência para a acostagem destes navios, que têm horários de chegada e partida rigidamente fixados, permite satisfazer uma procura correspondente a um navio acostado por dia satisfazendo as projecções de tráfego.

Face à tendência para a fixação do calado máximo destes navios em 8 metros, embora com larga predominância actual de navios com calados da ordem dos 6 metros, o PDPPS propõe que o posto de

acostagem exterior do cais 1, disponha de uma bacia de acostagem dragada a –9,0 m(ZH), permitindo receber estes navios sem restrições.

#### 6.2.3.3 Quanto à situação geoestratégica local

O movimento inter-ilhas (Porto Santo – Madeira) de passageiros, automóveis e carga, é efectuado pelo *ferry* "Lobo Marinho", com a periodicidade de uma a duas viagem por dia.

O ferry "Lobo Marinho" tem uma lotação máxima de 1200 pessoas a bordo (incluindo tripulação) e uma capacidade de 145 automóveis, ou uma capacidade combinada de contentores e automóveis de 18 contentores de TEU e 100 automóveis.

Este navio no Inverno é auto-suficiente no que toca ao abastecimento de carga contentorizada à ilha do Porto Santo.

O Porto é visto como a porta de entrada e saída natural desta pequena ilha.

# 7

# CASO DE ESTUDO – AMPLIAÇÃO DO PORTO DO FUNCHAL

## 7.1 PRESSUPOSTOS DE DESENVOLVIMENTO E ESPECIALIZAÇÃO DAS FUNÇÕES PORTUÁRIAS - O TURISMO MARÍTIMO

O Turismo de Cruzeiros no Arquipélago da Madeira, tem vindo a acompanhar o grande crescimento da actividade a nível mundial (Europa do Norte e Mediterrâneo), o que suscita novos desafios e responsabilidades a todas as entidades com intervenção directa ou indirecta neste sector.

A acessibilidade do destino Madeira ao mercado europeu, em franco crescimento, e a proximidade a uma série de portos de cruzeiro, a poucas horas de navegação (Canárias, Costa Noroeste de África, fachada atlântica da Europa e Mediterrâneo Ocidental), permitem aumentar as escalas e diversificar os produtos oferecidos, constituindo um conjunto de factores que favorecem a atractividade do Arquipélago como destino de cruzeiros com identidade "Atlântica". A localização geográfica permite perspectivar o crescimento sustentado desta actividade, quebrando a sua sazonalidade, particularmente se for explorada a proximidade a áreas do Mediterrâneo e do Norte de África, que são importantes regiões de referência no âmbito dos cruzeiros turísticos e um mercado em acentuada expansão.

O porto do Funchal é actualmente um porto de escala. Com a melhoria da acessibilidade aérea que a RAM sofreu aquando da entrada em funcionamento do Aeroporto Intercontinental do Funchal, abriram-se novos nichos de mercado turísticos que a Região pode usufruir, explorando a possibilidade de desenvolver novos tráfegos, conjugando aeroporto e Porto.

Os *fly cruises*, são cruzeiros associados à viagem aérea. Explorar as potencialidades do novo aeroporto, passa também por ter a oportunidade de atrair passageiros directamente para a Região, através de vôos internacionais e transcontinentais. Desta forma, e independentemente do porto do Funchal poder aspirar vir a funcionar como *home port* para alguns programas de cruzeiros, abre-se a oportunidade de um maior número de passageiros iniciarem ou terminarem o seu cruzeiro na Região, ficando hospedados alguns dias, com todos os benefícios económicos que daí poderão resultar.

Com a construção da nova Gare Marítima Internacional, de novas instalações alfandegárias, de novas condições de acessibilidade ao centro da cidade e à moderna rede viária Regional, bem como o novo ordenamento do espaço portuário, o porto do Funchal ficará dotado de mais e melhores condições, no que à recepção de passageiros diz respeito.

Paralelamente à expansão da actividade dos cruzeiros turísticos, regista-se um acréscimo da concorrência entre portos, cidades e regiões na tentativa de se posicionarem no mercado ou de atraírem mais linhas, mais navios e mais passageiros. A estratégia de desenvolvimento do porto do Funchal, deve perspectivar o desenvolvimento das actividades náuticas, marítimo-turísticas, dos cruzeiros turísticos, mas não só. É recomendável que haja uma diversidade de produtos turísticos específicos, não só associados ao mar, mas também a todos os outros sectores turísticos que a marca Madeira tão bem tem promovido.

Os portos não crescem em isolamento, mas em resposta a mudanças de oportunidade e à procura, envolvendo diferentes tempos, áreas, escalas e intensidades. A prosperidade de um porto depende, em última análise, da eficiência demonstrada na resposta à procura e da forma como se mostra capaz de valorizar a sua competitividade. A modificação da hierarquia dos portos que se verificou nas últimas décadas e que conduziu à organização actual do sistema portuário mundial, resultou da diferença entre os que souberam responder às novas exigências do transporte marítimo e outros, à partida em situação mais vantajosa, que perderam a sua posição devido à falta de modernização das suas infra-estruturas - Sousa, J F (2004).

### 7.1.1 NECESSIDADES DE POSTOS DE ACOSTAGEM

Segundo o Plano Director do Porto do Funchal, a maioria dos navios cruzeiro que operam no Atlântico e Mediterrâneo, têm características que se enquadram nos seguintes valores:

- Comprimento total: 150 a 250 m
- Calado: 6 a 10 m
- Boca: 20 a 35 m
- Número de passageiros: 500 a 1700

Os navios de maior dimensão, em número muito reduzido, poderão alcançar alguns dos seguintes valores máximos:

- Comprimento total: 350 m
- Calado: 12 m
- Boca: 40 m
- Número de passageiros: 2500

## 7.2 ANÁLISE DAS PROPOSTAS DE AMPLIAÇÃO.

O porto do Funchal possui, actualmente, quatro postos de acostagem aptos a receber a generalidade dos navios de cruzeiro que operam no atlântico. No entanto, torna-se necessário perspectivar a possibilidade de aumentar a oferta de acostagem, reproduzida num aumento do número de postos.

De seguida, apresenta-se e discute-se diversas propostas de ampliação.

### 7.2.1 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 1

Ampliação linear, em mais 300 metros, na continuidade do quebramar sul do Porto do Funchal.

- Plantas

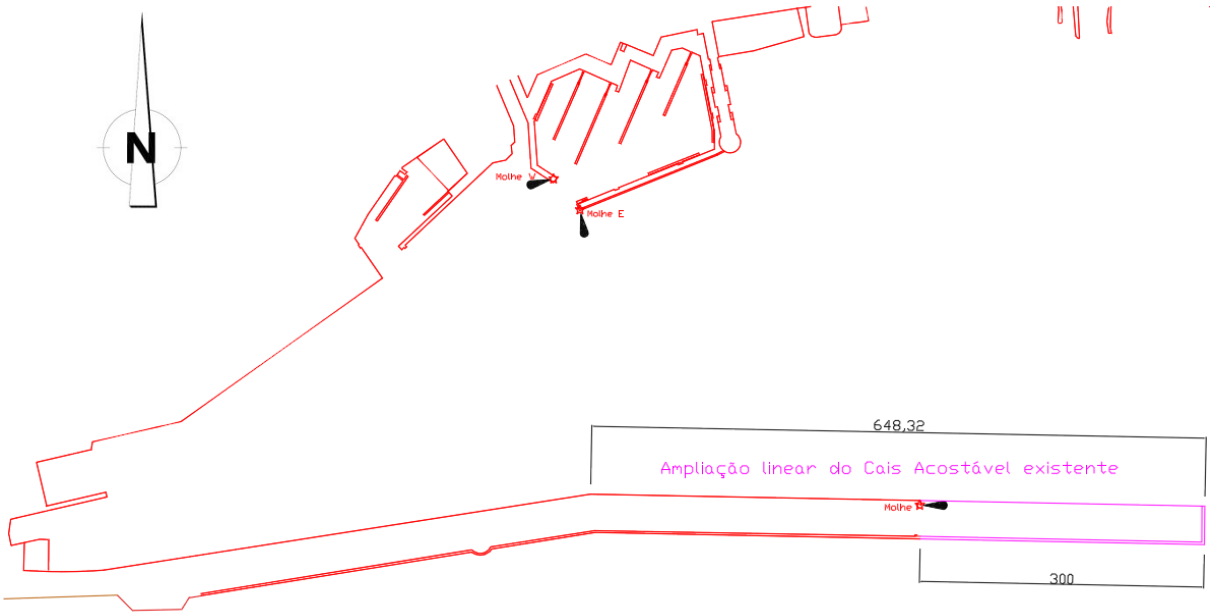



Fig. 7.1 - Planta esquemática da proposta de Ampliação 1.

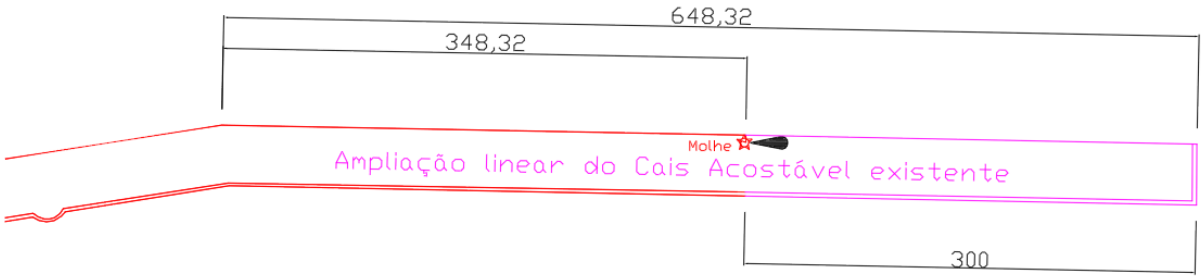



Fig. 7.2 - Planta de pormenor da proposta de Ampliação 1, no quebramar sul do porto do Funchal.

- Análise

Pontos positivos:

- Aumenta a largura de entrada do porto em relação à existente;
- A sua configuração, permite que se possa gerir um grande cais acostável, maximizando a acostagem de navios com diversos cumprimentos, permitindo uma frente acostável de cerca de 648 metros;

- O impacte visual perspectivado a partir da avenida do mar, não é significativo, dada a ampliação constituir uma continuidade do troço anterior.

Pontos Negativos:

- A cabeça deste novo quebramar atinge profundidades de cerca de - 37 m (ZH), o que vai aumentar o custo da obra, e eventualmente a própria viabilidade, visto o troço previsto nesta ampliação possuir somente 300 metros;
- Compromete uma possível futura ampliação nesta mesma zona, dado ter atingido já, profundidades relativamente elevadas;

### 7.2.2 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 2

Ampliação com um pequeno troço linear em relação ao molhe existente, com cerca de 57 metros, e um outro troço com cerca de 370 metros com inflexão para o interior do porto.

- Plantas

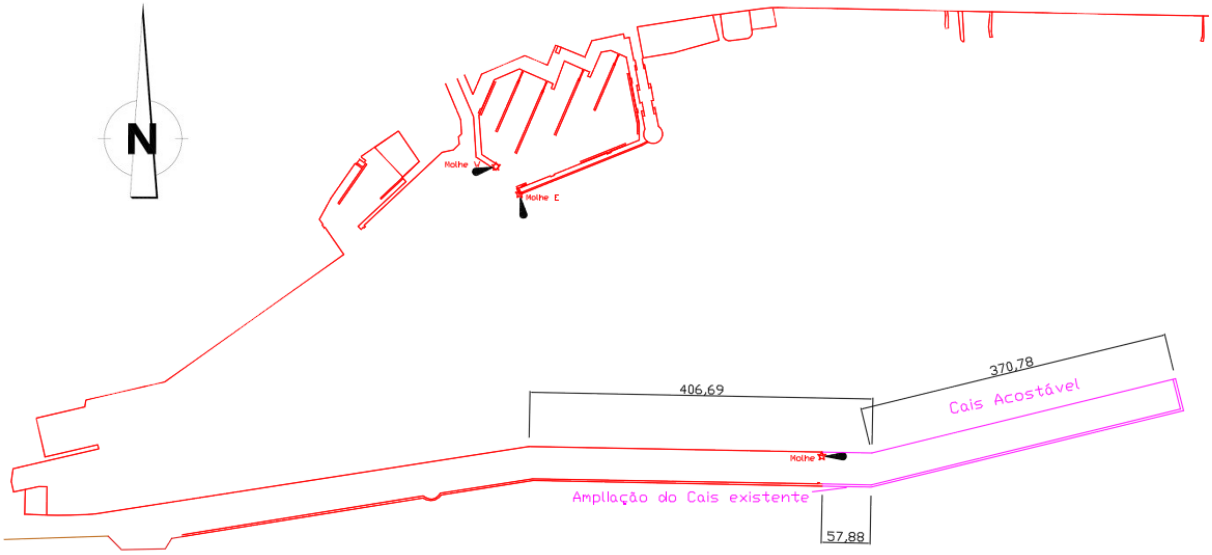



Fig. 7.3 - Planta esquemática da proposta de Ampliação 2.

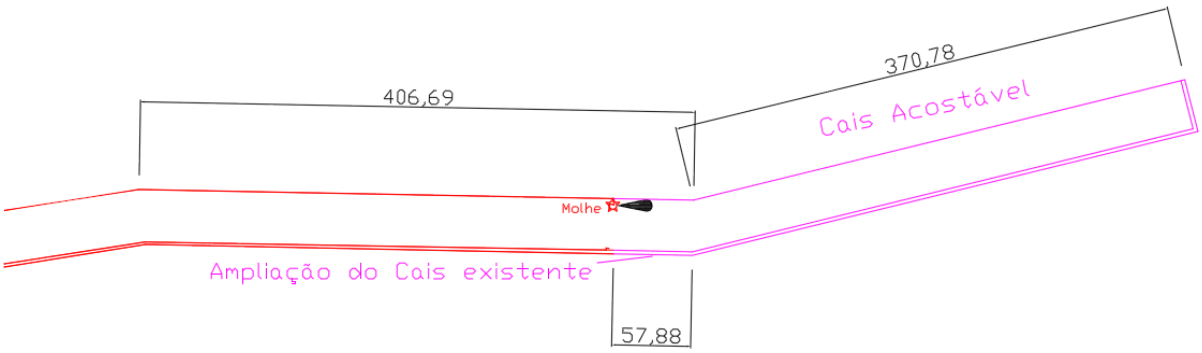



Fig. 7.4 – Planta de pormenor da proposta de Ampliação 2, no quebramar sul do porto do Funchal.

- Análise

Pontos Positivos

- Os 57 metros iniciais permitem um cai acostável anterior maior, com cerca de 406 metros, facilitando assim a manobra acostável, dificultada pela inflexão do novo troço;
- O novo troço flectido para o interior do porto, permite uma frente acostável de cerca de 370m;
- Protege com maior eficiência o interior do porto das tempestades incidentes de sudeste;
- Atinge uma profundidade máxima de cerca de - 35 m (ZH);
- "Fixa" as cotas de fundo de uma futura ampliação entre as batimétricas 30 e 35 m (ZH).

Pontos Negativos

- Reduz a largura de entrada do Porto;
- Dada a sua configuração, pode criar problemas de reflexão no interior do porto, (a averiguar mediante modelação numérica da propagação da agitação);
- Pode comprometer as manobras de acostagem do cais existente.
- O porto começará a "abraçar" a baía do Funchal, podendo confiná-la criando assim um impacte visual mais negativo na zona.

### 7.2.3 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 3

Ampliação com cerca de 370 metros, com inflexão para o interior do Porto.

- Plantas

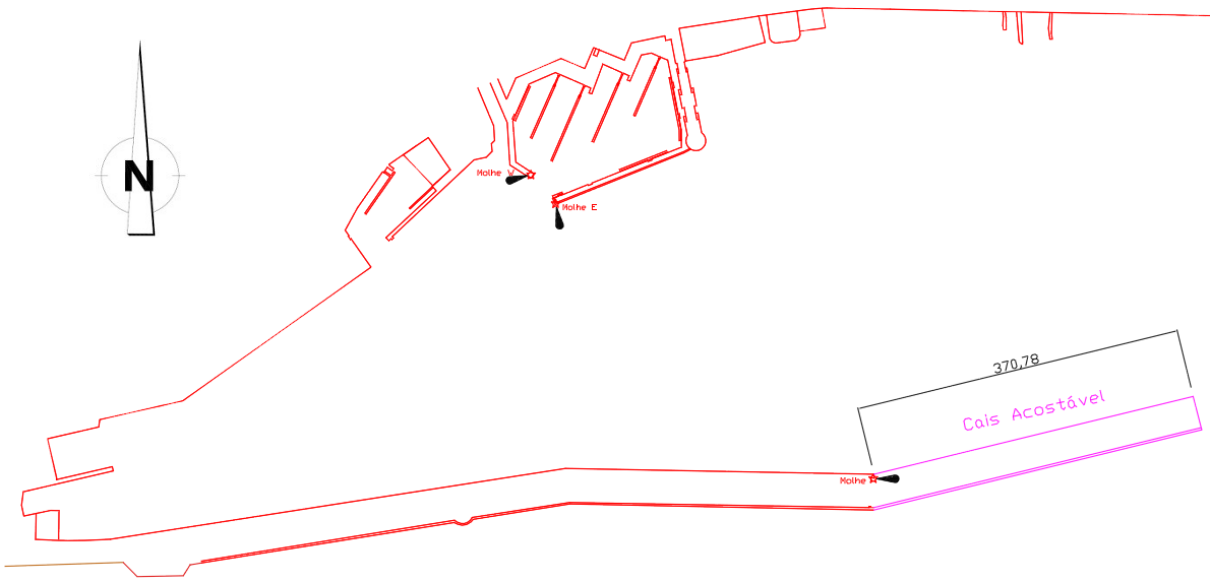



Fig. 7.5 - Planta esquemática da proposta de Ampliação 3.

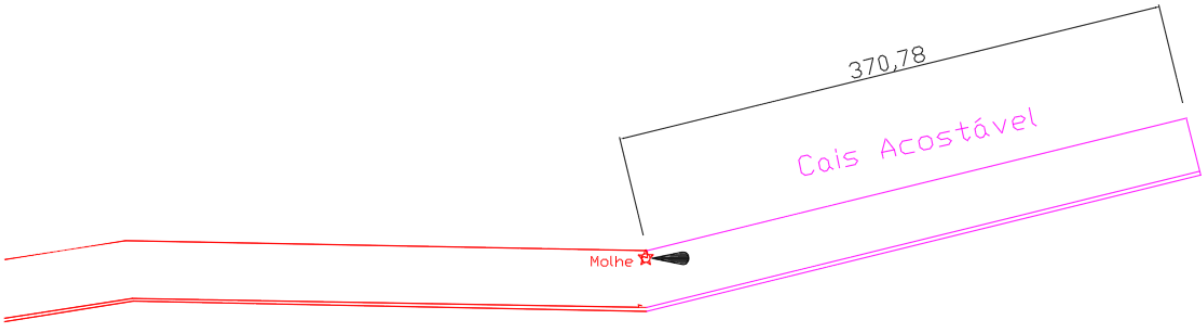



Fig. 7.6 - Planta de pormenor da proposta de Ampliação 3, no quebramar sul do porto do Funchal.

- Análise

Pontos Positivos

- Protege com maior eficiência o interior do porto das tempestades incidentes de sudeste;
- Atinge uma profundidade máxima de cerca de - 33 metros (ZH);
- "Fixa" as cotas de fundo de uma futura ampliação entre as batimétricas 30 e 35.

Pontos Negativos

- Reduz a largura de entrada do porto;
- Dada a sua configuração, pode criar problemas de reflexão no interior do porto, (a averiguar mediante modelação numérica da propagação da agitação);
- Pode comprometer as manobras de acostagem do cais existente;
- O porto começará a "abraçar" a baía do Funchal, podendo confiná-la, criando assim um impacte visual mais negativo na zona.

### 7.2.4 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 4

Ampliação no quebramar Sul semelhante à ampliação 2.

Inclusão de um cais acostável no quebramar da marina do Funchal com cerca de 350 metros, e de um pequeno cais turístico acessível a partir do enraizamento do cais acostável, para embarque e desembarque de passageiros de pequenas embarcações de turismo, (catamarans, "dolphins watch"…). Inclusão de terraplenos e de infra-estruturas turísticas e de lazer, rearranjo arquitectónico da zona e valorização do Cais da Cidade como património histórico da baía.

- Plantas

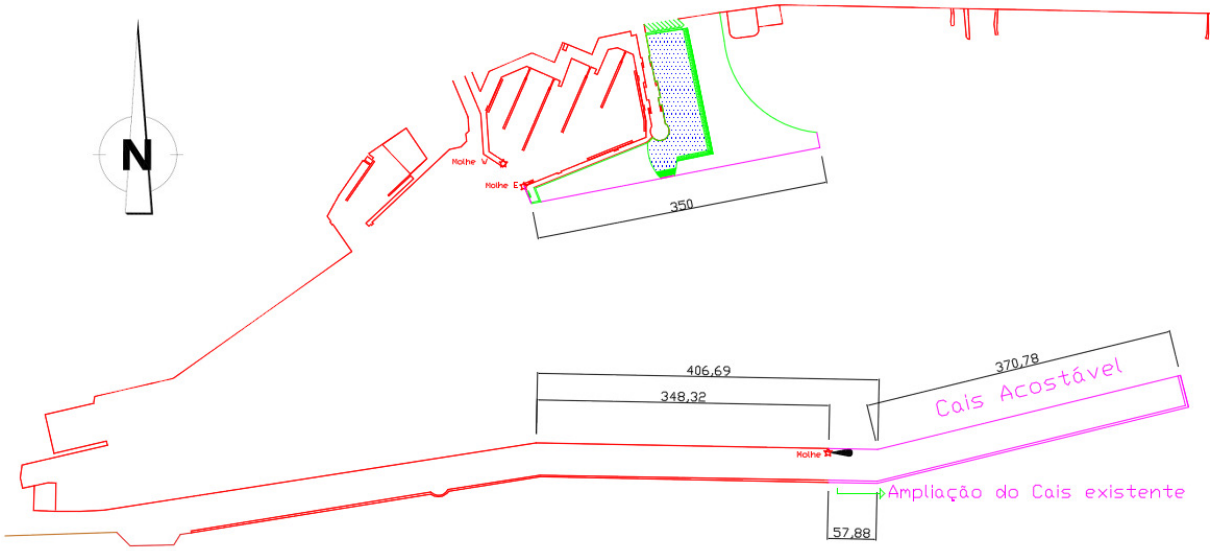



Fig. 7.7 - Planta esquemática da proposta de Ampliação 4.

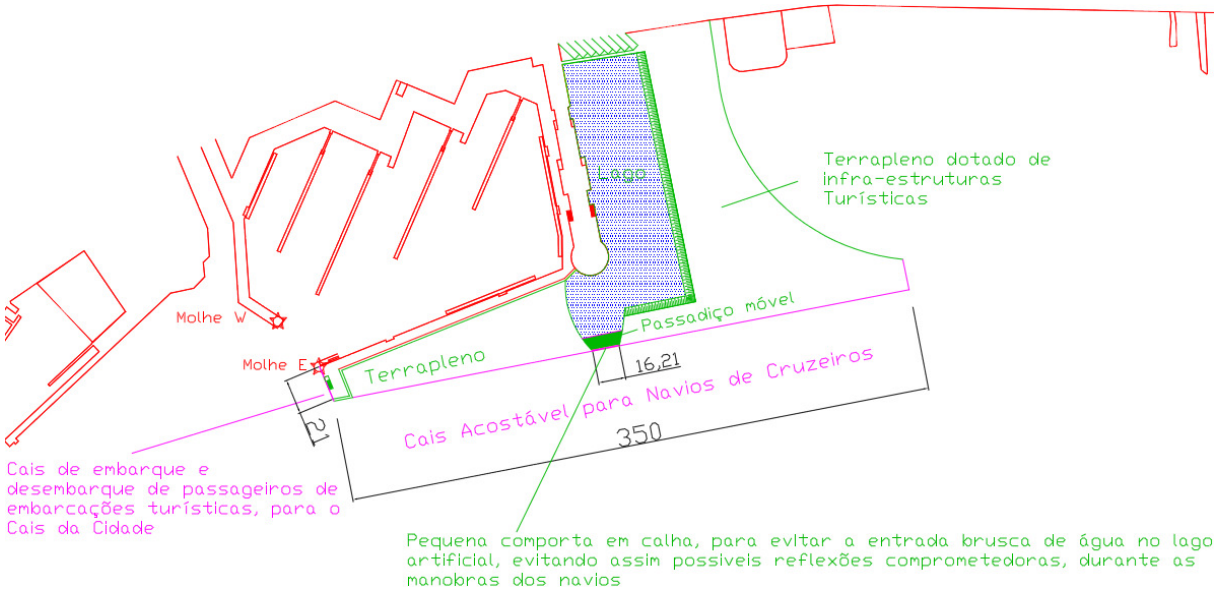



Fig. 7.8 - Planta de pormenor da proposta de Ampliação 4, no quebramar da marina do Funchal.

- Análise

No que toca ao quebramar Sul, remete-se para a análise da proposta de Ampliação 2.

Quanto à zona do quebramar da marina:

Pontos Positivos

- Construção a baixas profundidades, atendendo a que estas atingem cotas máximas da ordem dos -9 m (ZH);

- Aproveitamento da protecção, que o novo cais proposto para o quebramar Sul, oferece;
- Requalificação da Zona, onde existem estabelecimentos de restauração com notória falta de "qualidade visual";
- Oferecer ao Cais da Cidade uma nova vida, voltando a utilizar a infra-estrutura como um cais turístico, e valorizando-o como zona de lazer;
- O cais oferece uma grande frente acostável de 350 metros;
- Aproveitamento do Plano de Dragagem que prevê manter esta área à cota -11 m (ZH).

Pontos negativos

- Contribui para o estrangulamento da entrada do porto.
- Pode contribuir para fenómenos de reflexão no interior do porto, dado que os tetrápodes existentes no molhe da Marina serão retirados e substituídos por um cais, (a averiguar mediante modelação numérica da propagação da agitação);
- Há o risco de descaracterizar o Cais da Cidade;
- Um navio de cruzeiro de grandes dimensões pode criar alguma Asfixia avenida do Mar. No entanto, este ponto até pode ser visto como um ponto positivo, dada a grandiosidade e beleza de um navio deste tipo. Também é necessário frisar que Porto do Funchal é um porto de escala, e que os navios ficam no máximo 1 a 2 dias acostados. A rotatividade de navios também ajuda a dar movimento à própria baía do Funchal.+

### 7.2.5 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 5

Ampliação no molhe Sul semelhante à ampliação 2, mas o troço flectido para o interior do porto possui 200 metros de comprimento, menos 170 metros em relação à configuração apresentada na ampliação 2.

Inclusão de um cais acostável no quebramar da marina do Funchal, com cerca de 350 metros, à semelhança do caracterizado na proposta de ampliação 4.

- Plantas

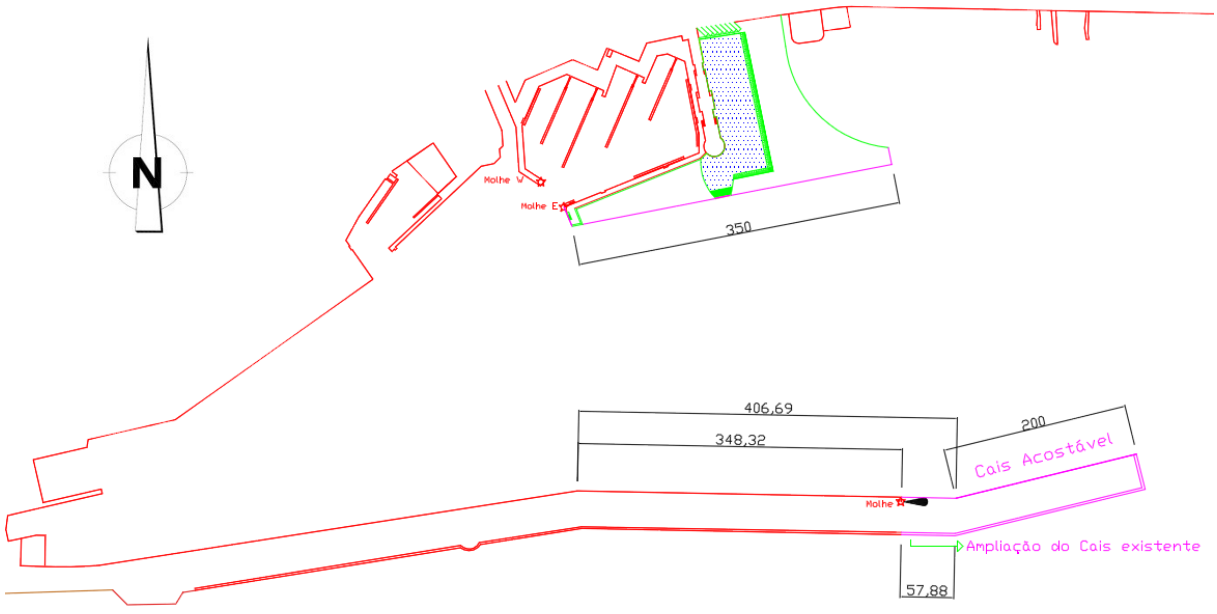



Fig. 7.9 - Planta esquemática da proposta de Ampliação 5.

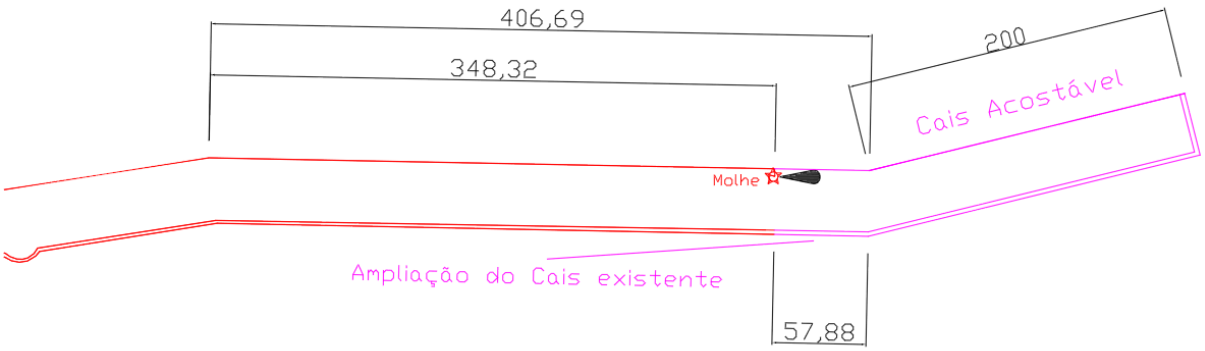



Fig. 7.10 - Planta de pormenor da proposta de Ampliação 5, no quebramar sul do porto do Funchal.

- Análise

No que toca à análise do cais situado no quebramar da marina do Funchal, remete-se para a análise caracterizada na proposta de ampliação 4.

Quanto ao quebramar Sul:

Pontos positivos

- Os 57 metros iniciais permitem um cais acostável anterior maior, com cerca de 406 metros, facilitando assim a manobra acostável, dificultada pela inflexão do novo troço;
- Protege o interior do porto das tempestades incidentes de sudeste;
- Atinge uma profundidade máxima de cerca de - 32 metros (ZH);
- Possibilita que as ampliações na marina e no molhe Sul sejam feitas em consonância uma com a outra, sendo que a do molhe Sul poderá ser feita por fases, em função das necessidades futuras do Porto.

Pontos negativos

- Reduz a largura de entrada do Porto, (redução inferior à da ampliação 2);
- Dada a sua configuração, pode criar problemas de reflexão no interior do porto, (a averiguar mediante modelação numérica da propagação da agitação);
- Pode comprometer as manobras de acostagem do cais anterior.
- O porto começará a abraçar a baía do Funchal, podendo confiná-la, criando assim um impacte visual mais negativo na zona.

### 7.2.6 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 6

Ampliação no molhe Sul semelhante à ampliação 3, mas o troço flectido para o interior do porto possui 250 metros de comprimento, menos 120 metros que a configuração apresentada na proposta de ampliação 3.

Inclusão de um cais acostável no quebramar da marina do Funchal, com cerca de 350 metros, à semelhança do caracterizado na proposta de ampliação 4.

- Plantas

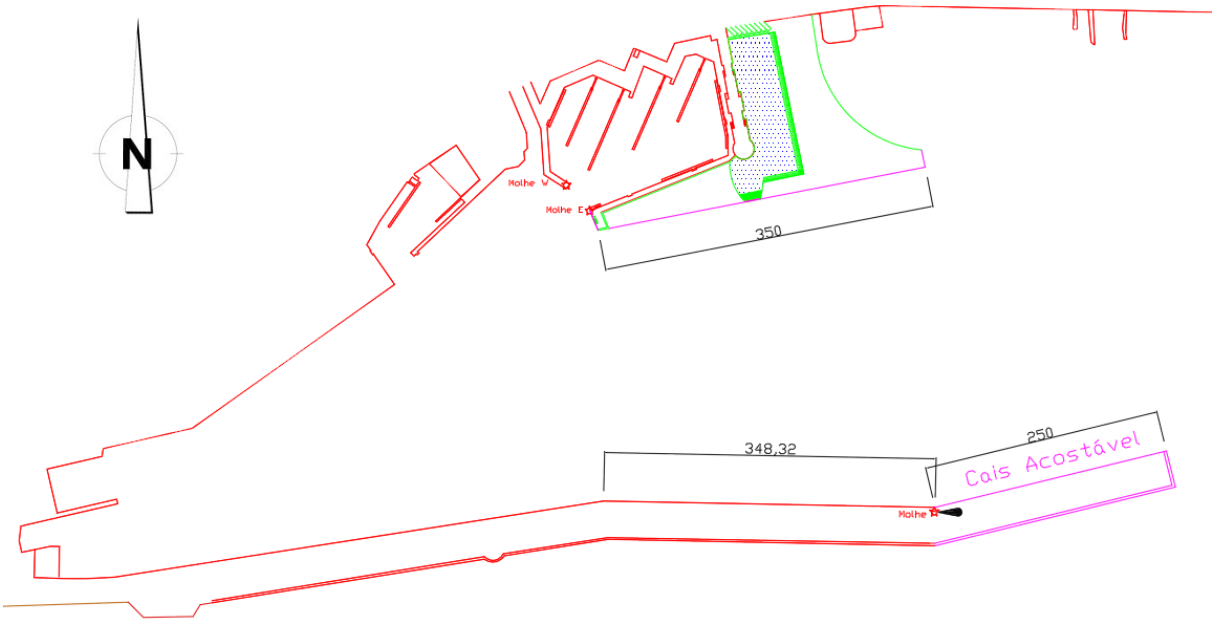



Fig. 7.11 - Planta esquemática da proposta de Ampliação 6.

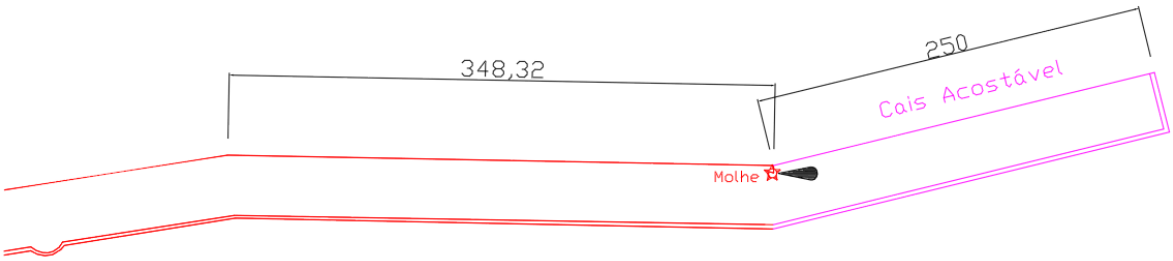



Fig. 7.12 - Planta de pormenor da proposta de Ampliação 6, no quebramar sul do porto do Funchal.

- Análise

No que toca à análise do cais situado no quebramar da marina do Funchal, remete-se para a análise caracterizada na proposta de ampliação 4.

Quanto ao quebramar sul:

Pontos positivos

- Protege o interior do porto das tempestades incidentes de sudeste;
- Atinge uma profundidade máxima de cerca de - 31 metros (ZH);
- "Fixa" as cotas de fundo de uma futura ampliação entre as batimétricas - 28 e - 31;
- Possibilita que as ampliações na marina e no molhe Sul sejam feitas em consonância uma com a outra, sendo que a do molhe sul poderá ser feita por fases, em função das necessidades futuras do Porto.

Pontos negativos

- Reduz a largura de entrada do Porto (redução inferior à da ampliação 3);
- Dada a sua configuração, pode criar problemas de reflexão no interior do porto, (a averiguar mediante modelação numérica da propagação da agitação);
- Pode comprometer as manobras de acostagem do cais existente;
- O porto começará a abraçar a baía do Funchal, podendo confiná-la, criando assim um impacte visual negativo na zona.

### 7.2.7 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 7

Ampliação no quebramar Sul à semelhança da caracterizada na proposta de ampliação 1, conjugada com a inclusão de um cais acostável no quebramar da marina do Funchal, com cerca de 350 metros, à semelhança do caracterizado na proposta de ampliação 4.

- Plantas

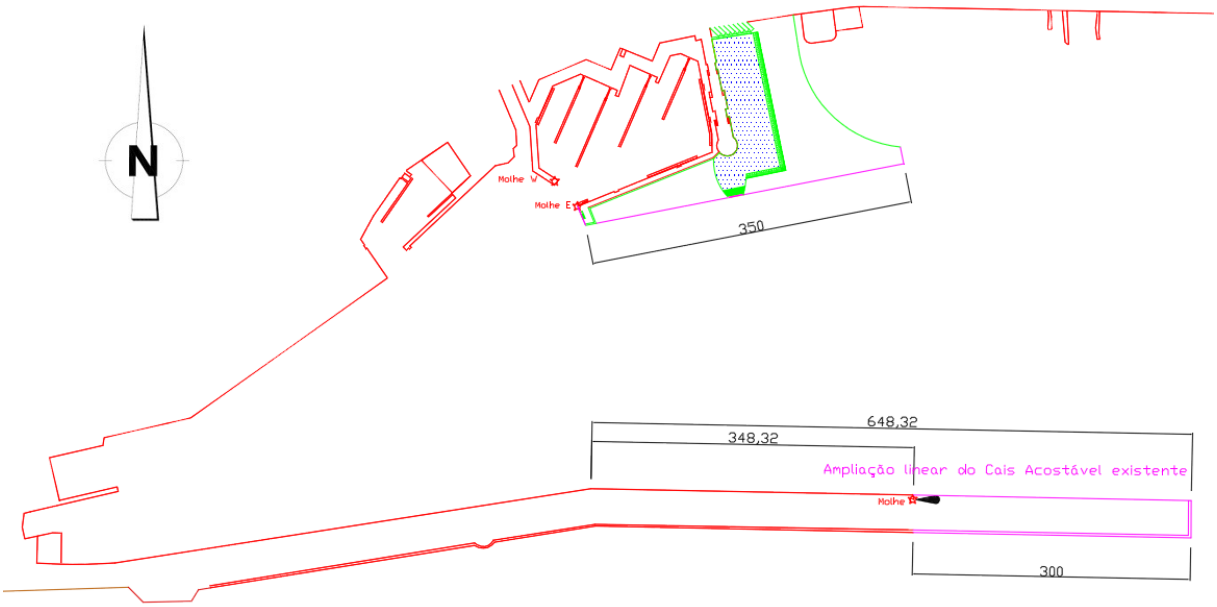



Fig. 7.13 - Planta esquemática da proposta de Ampliação 7.

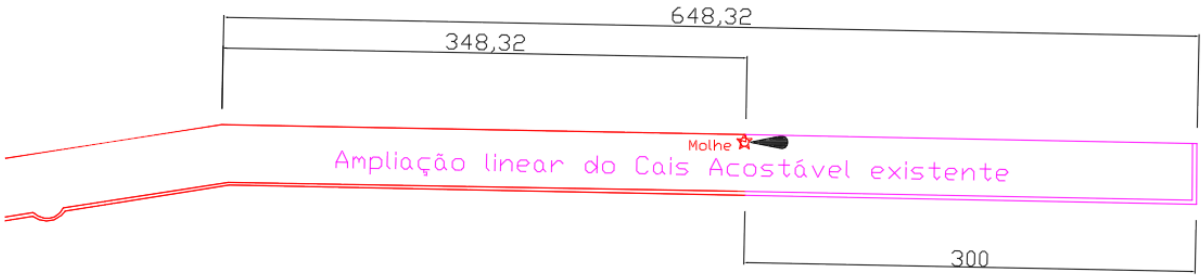



Fig. 7.14 - Planta de pormenor da proposta de Ampliação 7, no quebramar sul do porto do Funchal.

- Análise

No que toca à análise do cais situado no quebramar da marina do Funchal, remete-se para a análise caracterizada na proposta de ampliação 4. Quanto à ampliação do cais do quebramar sul, remete-se para a análise patente na proposta de ampliação 1.

### 7.2.8 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A AMPLIAÇÃO DO PORTO DO FUNCHAL

Ainda que a inclusão de um cais acostável no quebramar da marina do Funchal seja economicamente aliciante no sentido de procurar suprir as necessidades acostáveis do porto, não se aconselha a sua construção, sem que antes sejam acauteladas medidas de protecção, no que à agitação diz respeito. Além disso, propõe-se que seja elaborado um plano de ampliação faseado e sustentado nas necessidades de acostagem, que necessariamente se vão modificando ao longo do tempo. Este plano deverá ter por base, entre outros estudos, um estudo de tráfego elaborado não só considerando unicamente um mero ajuste a uma curva matemática, mas sim, estabelecendo cenários de evolução de procura, dependentes da evolução económica mundial (crescimento ou recessão), de novos mercados turísticos, ou até de restrições em destinos turísticos tradicionais por motivos de insegurança. Não é de descurar também, o natural aumento da procura do "destino" Funchal por parte de alguns armadores internacionais mais exigentes, (no que ao conforto dos seus passageiros diz respeito), resultado natural da modernização do porto, associada às obras de requalificação e à construção da nova gare marítima internacional, que o dotarão de condições ímpares.

Propõe-se duas fases distintas de ampliação. É impreterível que uma primeira fase passe por um prolongamento do quebramar sul do Porto. O prolongamento do quebramar sul não só protegerá a bacia portuária da agitação incidente de sudeste, como também garantirá a segurança necessária à construção de um possível cais construído numa segunda fase, a situar-se no quebramar da marina do Funchal. Além disso, permitirá a gestão de um grande cais, com uma frente acostável linear, a rondar os 650m, o que, atendendo a que maioria dos navios de cruzeiro que operam no Atlântico e Mediterrâneo, têm características que se enquadram entre os 150 e os 250 m, permitiria por exemplo acostar três navios de 175, 200 e 250 metros respectivamente. Por outro lado, se porventura fosse solicitada a acostagem de dois navios de 300 metros cada um, esta podia ser concretizada sem problemas de maior.

De salientar ainda que o cais acostável a construir no quebramar da marina do Funchal, numa segunda fase, obrigará a retirar os tetrápodes que neste momento ali existem, o que irá modificar necessariamente as condições de agitação no interior do Porto. Não obstante do futuro cais constituir-se de elementos estruturais que permitam absorver, de alguma forma, a agitação no interior do porto, com vista a reduzir as reflexões e aumentar a segurança na bacia portuária, deverá ser elaborado um estudo de modelação numérica de propagação da agitação, complementado por um outro em modelo reduzido, com vista a avaliar o comportamento da agitação associada a esta alteração física.

## 7.3 ESTUDO DA AGITAÇÃO NO PORTO DO FUNCHAL

### 7.3.1 ESTIMATIVAS A LONGO PRAZO - ANÁLISE DE VALORES EXTREMOS DE REGISTOS DE AGITAÇÃO MARÍTIMA

A determinação da altura de onda de projecto é de extrema importância no dimensionamento de uma estrutura marítima, dada a sua relação com a solicitação sobre a obra marítima, no que respeita à segurança e ao custo da construção. De facto, quanto maior for o primeiro parâmetro de cálculo maiores serão os níveis destes últimos.

É muito importante garantir uma base de dados de agitação marítima satisfatória, relativamente ao número de anos de registos, na medida em que a especificação da altura de onda de projecto está intimamente associada ao tratamento estatístico destes registos.

Uma das formas de trabalhar com extremos de valores de altura de onda para obter inferências ou projecções estatísticas que obedeçam a requisitos de validade estatística (independência de observação, constância ao longo do tempo das características estatísticas ou da distribuição), é considerar valores máximos anuais, obtendo-se um valor por ano. Assim, quantos mais forem os anos de observação, maior precisão terá a estimativa. São seleccionadas as alturas de onda significativas máximas anuais ou das tempestades mais "importantes". Estes dados poderão ser complementados pelas alturas de onda significativas máximas a partir de observações ou avaliadas a partir de registos de ventos.

As inferências a longo prazo, a que correspondem a previsões de valores de alturas de onda significativas extremas, por exemplo, podem ser efectuadas recorrendo-se à distribuição de Weibull ou à distribuição de Gumbel. Em geral utilizam-se várias distribuições e verifica-se a que apresenta a melhor correlação.

Atendendo a que inicialmente se admitiu que estariam disponíveis 9 anos de registos de agitação marítima, (entre 2000 e 2009), planeou-se de imediato, muito embora o espaço temporal de registos fosse manifestamente pequeno, elaborar uma análise estatística de extremos, com vista a estimar a altura de onda de projecto.

Aquando da recolha de dados, só se teve acesso a quatro anos de registos disponíveis para análise directa, (entre 2003 e 2007). Contudo, através do sítio do Instituto Hidrográfico na internet, acedeu-se a um gráfico, (Fig. 7.15), que ilustrava os máximos diários, de altura de onda, entre os nove anos de registos disponíveis.

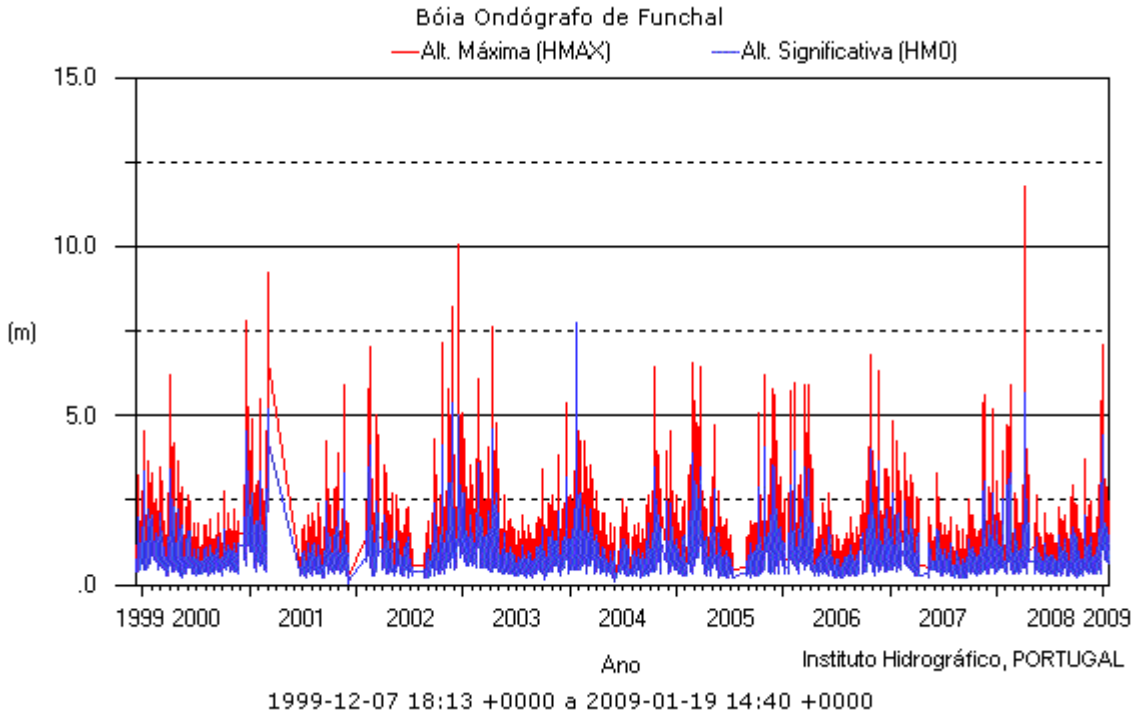



Fig. 7.15 – Registos de altura de onda máxima e significativa, entre 2000 e 2009 – Funchal (Longitude 016-56-30W ; Latitude 32-37-06N; Profundidade 100 m).

Para ultrapassar esta limitação, recolheu-se por leitura directa no gráfico, os valores máximos anuais de $H_{max}$, associada aos anos não conhecidos, (2000, 2001, 2002, 2007, 2008). Juntaram-se estes valores aos retirados das tabelas de registos dos anos conhecidos, (2003, 2004, 2005, 2006), perfazendo assim os nove registos pretendidos para os nove anos do estudo.

Recolheram-se também, das tabelas de registos, todos os valores de $H_{max}$, superior a 5 metros (um máximo diário), e fez-se a leitura directa no gráfico supracitado dos valores que respeitavam esta premissa, tendo-se obtido um total de 31 registos.

Na posse destes dados, precedeu-se ao respectivo tratamento estatístico com base nas distribuições de Fisher – Tippett, Tipo 1 (Gumbel), e de Weibull., (com nove registos para nove anos, e 31 registos para os mesmos nove anos). Verificou-se das distribuições, qual aquela que apresentava melhor correlação.

Não obstante, fez-se a comparação com o estudo patente na nota técnica que a WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, Lda., havia elaborado para a APRAM em Outubro de 1998, e fez-se uma análise de sensibilidade no que toca ao estudo do período de projecto.

### 7.3.2 ANÁLISE ATRAVÉS DAS FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE FISHER – TIPPETT, TIPO 1 (GUMBEL) E WEIBULL COM EXPOENTES VARIANDO ENTRE 0,75 E 2,0.

As duas distribuições são expressas pelas seguintes funções de distribuição:

- Distribuição de Fisher – Tippett Tipo I (FT – I) ou de Gumbel

$$F\left(\mathrm{H}_s \leq \widehat{\mathrm{H}}_\mathrm{s}\right) = e^{-e^{-\left(\frac{\widehat{H}_S - B}{A}\right)}} \tag{1}$$

- Distribuição de Weibull

$$F\left(\mathrm{H}_s \leq \widehat{\mathrm{H}}_\mathrm{s}\right) = 1 - e^{-e^{-\left(\frac{\widehat{H}_S - B}{A}\right)^{\mathrm{k}}}} \tag{2}$$

em que $F\left(\mathrm{H}_s \leq \widehat{\mathrm{H}}_\mathrm{s}\right)$ representa a probabilidade de $\widehat{\mathrm{H}}_\mathrm{s}$ não ser excedida, $\mathrm{H}_s$ a altura de onda significativa, $\widehat{\mathrm{H}}_\mathrm{s}$ o valor particular de $\mathrm{H}_s$, B o parâmetro local, A o parâmetro de escala e K o parâmetro de forma, que toma os valores 0,75, 1,0, 1,4, 2 2,0 (se K = 1,0 a distribuição é também designada de LOG-NORMAL).

No caso particular deste estudo, na vez dos valores de $\mathrm{H}_s$, utilizaram-se os valores de $\mathrm{H}_{max}$, por facilidade de leitura no gráfico ilustrado na Fig. 7.15. Os valores finais de $\mathrm{H}_s$ foram obtidos com base na relação 3.

$$\mathrm{H}_{max} = 1.768\ \mathrm{H}_s \tag{3}$$

- Pressupostos e limitações

Os valores extremos devem corresponder a uma única população estatística de eventos, ou seja, mesmo local e tempestades idênticas.

Os valores extremos não estão limitados por nenhum factor físico, como baixas profundidades de água.

#### 7.3.2.1 Metodologia de Cálculo

- Dispor os valores de $\mathrm{H}_s$ por ordem decrescente.
- Cálculo da probabilidade ou posição gráfica:

(FT – I)
$$F(\mathrm{H}_s \leq \mathrm{H}_{sm}) = 1 - \frac{\mathrm{m} - 0{,}44}{\mathrm{N_T} + 0{,}12} \tag{4}$$

(Weibull)
$$F(\mathrm{H}_s \leq \mathrm{H}_{sm}) = 1 - \frac{\mathrm{m} - 0{,}20 - \frac{0{,}27}{\sqrt{\mathrm{k}}}}{\mathrm{N_T} + 0{,}20 + \frac{0{,}23}{\sqrt{\mathrm{k}}}} \tag{5}$$

em que $F(\mathrm{H}_s \leq \mathrm{H}_{sm})$ representa a probabilidade da m-ésima $\mathrm{H}_s$ não ser excedida e $\mathrm{H}_{sm}$ o m-ésimo valor de $\mathrm{H}_s$ existente, m o número de ordem de $\mathrm{H}_s$ (1, 2, …, N) e $\mathrm{N_T}$ o número total de $\mathrm{H}_s$ do registo, obtidos em k anos.

- Cálculo dos parâmetros A e B usando a regressão linear:

$$H_{sm} = \hat{A}\, Y_m + \hat{B}\,, m = 1, 2, \ldots N \quad (6)$$

(FT – I)
$$Y_m = -\ln\left(-\ln\left(F(H_s \leq H_{sm})\right)\right) \quad (7)$$

(Weibull)
$$Y_m = \left\{-\ln\left(-\ln\left(1 - F(H_s \leq H_{sm})\right)\right)\right\}^{1/k} \quad (8)$$

em que $\hat{A}$ e $\hat{B}$ representam as estimativas do parâmetro local e de escala da análise de regressão linear, que podem ser obtidos considerando $x_i = Y_{m,i}$ e $y_i = H_{sm,i}$, pelas expressões 9 e 10.

$$\hat{B} = \frac{\sum_1^N x_i y_i - \frac{\sum_1^N x_i \sum_1^N y_i}{N}}{\sum_1^N x_i^2 - \frac{(\sum_1^N x_i^2)}{N}} \quad (9)$$

$$\hat{A} = \bar{y} - \hat{B}\,\bar{x} \quad (10)$$

com um coeficiente de correlação dado pela expressão 11.

$$R^2 = \frac{\sum_1^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_1^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_1^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (11)$$

- Determinar o período de retorno, que representa o intervalo de tempo médio entre eventos sucessivos de uma $H_s$ extrema, para que seja igualada ou excedida.
-

$$H_{sr} = \hat{A}\, Y_r + \hat{B} \quad (12)$$

em que $H_{sr}$ representa a $H_s$ com um período de retorno Tr,

(FT – I)
$$Y_r = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{\lambda\, Tr}\right)\right) \quad (13)$$

(Weibull)
$$Y_r = (\ln(\lambda\, Tr))^{1/k} \quad (14)$$

$$\lambda = \frac{N_T}{k} \quad (15)$$

onde $\lambda$ é o número médio de eventos por ano, Tr o período de retorno (anos) e k o comprimento do registo (anos).

#### 7.3.2.2 Resultados Obtidos

Verificou-se através da análise dos coeficientes de correlação, $R^2$, patentes nos gráficos apresentados entre as Fig. 7.16 e Fig. 7.19, que a distribuição de Gumbel, associada a um máximo para cada um dos nove anos do registo, era a que apresentava maior coeficiente de correlação $R^2 \cong 0{,}97$.

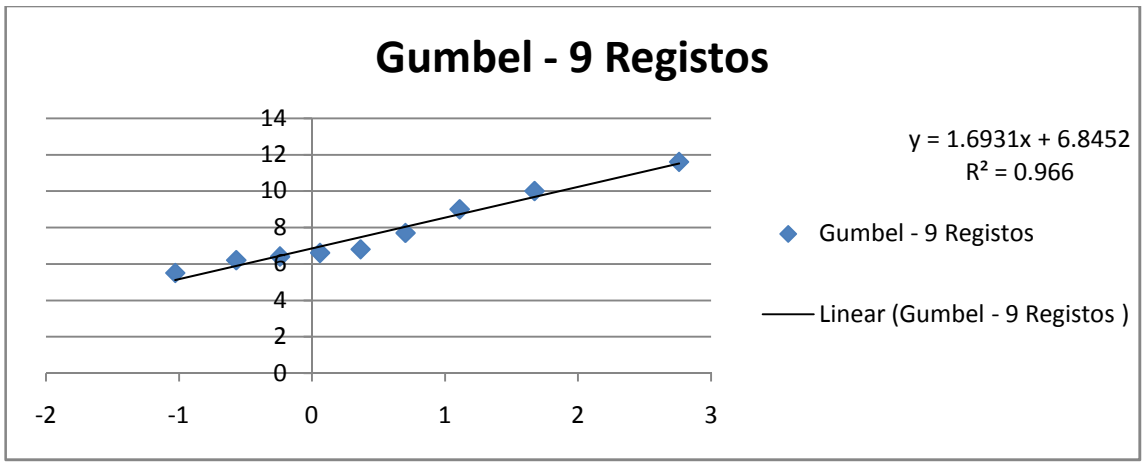



Fig. 7.16 – Distribuição de Gumbel com 9 registos.

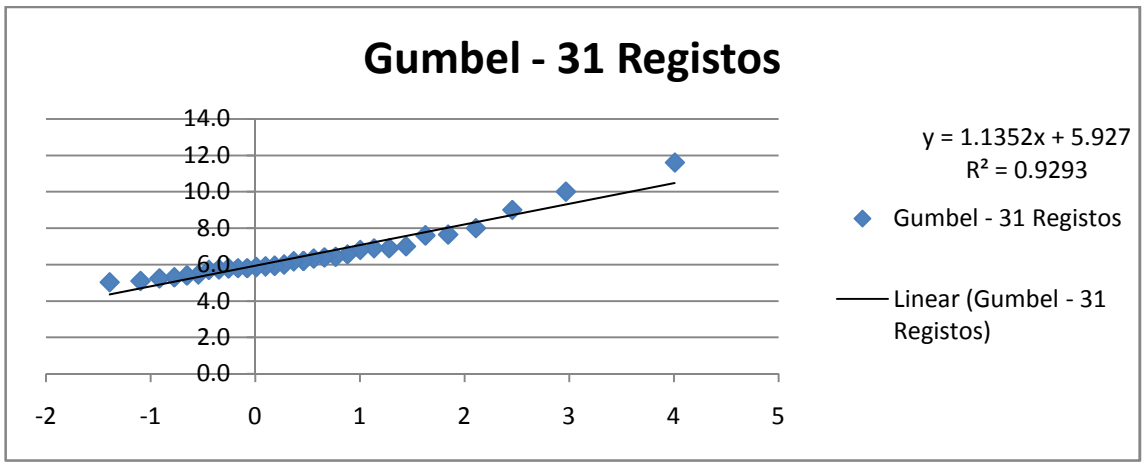



Fig. 7.17 – Distribuição de Gumbel com 31 registos.

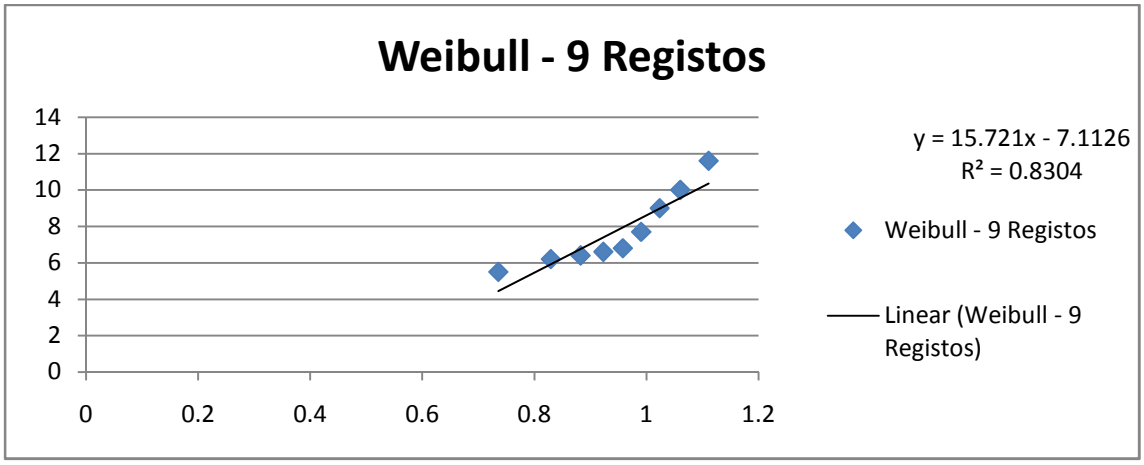



Fig. 7.18 - Distribuição de Weibull com 9 registos.

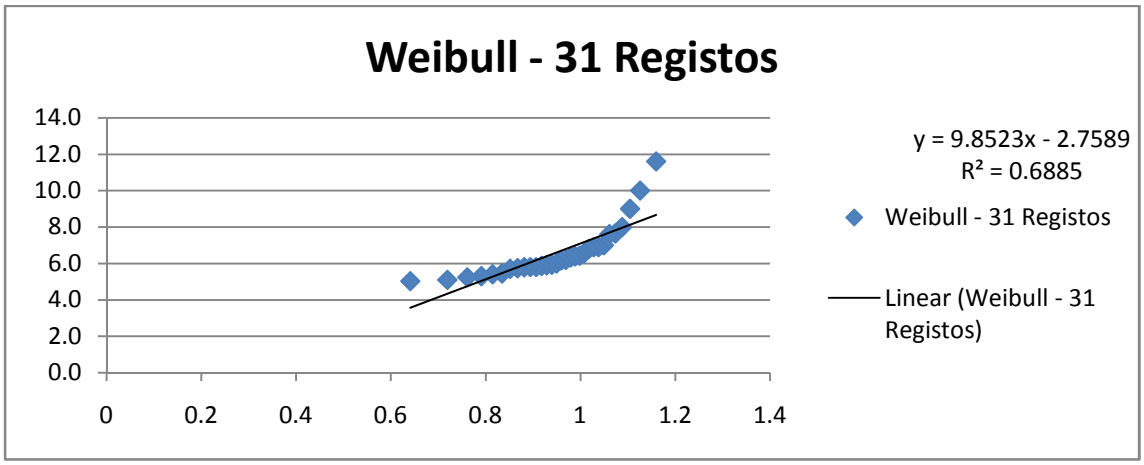



Fig. 7.19 - Distribuição de Weibull com 31 registos.

Com base nos valores dos coeficientes de correlação, concluiu-se que a distribuição de Gumbel era a que apresentava melhores condições, no sentido de se estimar o valor da altura de onda de projecto, para a qual se definiu um período de retorno de 100 anos.

De salientar ainda, que este estudo pressupõe uma onda perpendicular ao quebramar (situação mais desfavorável), daí a razão pela qual não se identificam os rumos das ondas.

A Tabela 7.1 apresenta os resultados finais para os diferentes períodos de retorno.

Tabela 7.1 – Alturas de onda máxima e significativa estimada.

| Tempo de Retorno (anos) | $H_{max}$ (metros) | $H_s$ (metros) |
|---|---|---|
| 5 | 9.38 | 5.31 |
| 10 | 10.66 | 6.03 |
| 15 | 11.37 | 6.43 |
| 20 | 11.87 | 6.72 |
| 25 | 12.26 | 6.93 |
| 30 | 12.58 | 7.11 |
| 50 | 13.45 | 7.61 |
| 75 | 14.14 | 8.00 |
| 100 | 14.63 | 8.28 |

A análise da agitação marítima ao largo da RAM, patente no PDPF, teve por base o regime de agitação marítima para a costa sul da Ilha da Madeira que fora por sua vez estabelecido, com base nos dados existentes e descritos na Nota Técnica elaborada pela WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, Lda., para a APRAM, em Outubro de 1998, intitulada "Regime de Agitação marítima. Ondógrafo do Funchal."

Na ausência de elementos mais fundamentados, até porque os registos da bóia ondógrafo do Funchal eram sempre muito limitados no que toca à sua extensão, os autores do Plano Director recorreram-se de duas relações, representadas pelas expressões, "Carvalho" e "Tucker", indicadas em CARVALHO, M.M., LNEC, 1998 "Valores Extremos da Agitação Marítima. Sines – Actualização do Regime de Extremos Local e Evolução das Ondas aos T Anos", Relatório 260/98 – NPP, Outubro de 1998.

$$Carvalho, 1993: Tz = 0{,}8\, Hs + 6$$

$$Tucker, 1981: Tz = 3{,}58\, \sqrt{Hs}$$

A Tabela 7.2, caracteriza o regime de valores extremos de altura significativa de onda, estimados no PDPF.

Tabela 7.2 - Valores Extremos da Altura Significativa "Ao Largo" – Plano Director do Porto do Funchal.

| Tempo de Retorno (anos) | Rumos | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W | | SE | | S | | SE | | E | |
| | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) | Hs(m) | Tz(s) |
| 1 | 3,7 | 7 a 9 | 3,5 | 7 a 9 | 2,6 | 6 a 8 | 2,0 | 5 a 8 | 1,0 | 4 a 7 |
| 5 | 4,6 | 8 a 10 | 4,7 | 8 a 10 | 4,0 | 7 a 9 | 2,6 | 6 a 8 | 1,2 | 4 a 7 |
| 10 | 5,3 | 8 a 10 | 5,4 | 8 a 10 | 4,8 | 8 a 10 | 3,0 | 6 a 9 | 1,3 | 4 a 7 |
| 25 | 6,1 | 9 a 11 | 6,4 | 9 a 11 | 5,9 | 9 a 11 | 3,4 | 7 a 9 | 1,4 | 4 a 7 |
| 50 | 6,7 | 9 a 11 | 7,1 | 10 a 12 | 6,8 | 9 a 11 | 3,8 | 7 a 9 | 1,5 | 4 a 7 |
| 100 | 7,3 | 10 a 12 | 7,8 | 10 a 12 | 7,6 | 10 a 12 | 4,1 | 7 a 9 | 1,6 | 5 a 7 |

A altura de onda significativa máxima, para um período de retorno de 100 anos, estimada na análise da agitação marítima do PDPF, (Tabela 7.2), tem 7,8 metros, e está associada a um rumo de sudeste.

Esta onda é inferior à que se estimou no presente trabalho, (8,3 metros), por intermédio dos métodos estatísticos acima referidos.

A onda utilizada no pré-dimensionamento da ampliação do quebramar sul do porto do Funchal, foi a mais desfavorável das duas.

O período mais desfavorável patente no Plano Director tem uma duração compreendida entre 10 e 12 segundos. Com base nestes dados e no gráfico de registo de períodos da bóia ondógrafo do Funchal, (Fig. 7.20), disponível no sítio da internet do Instituto Hidrográfico, pode verificar-se que o período de onda médio nunca ultrapassou os 14 segundos. Optou-se então por admitir um intervalo de períodos desfavorável, compreendido entre 12 e 14 segundos, e por proceder a uma análise de sensibilidade, verificando o quanto a variação deste parâmetro poderá afectar as dimensões da estrutura, para que esta verifique a segurança.

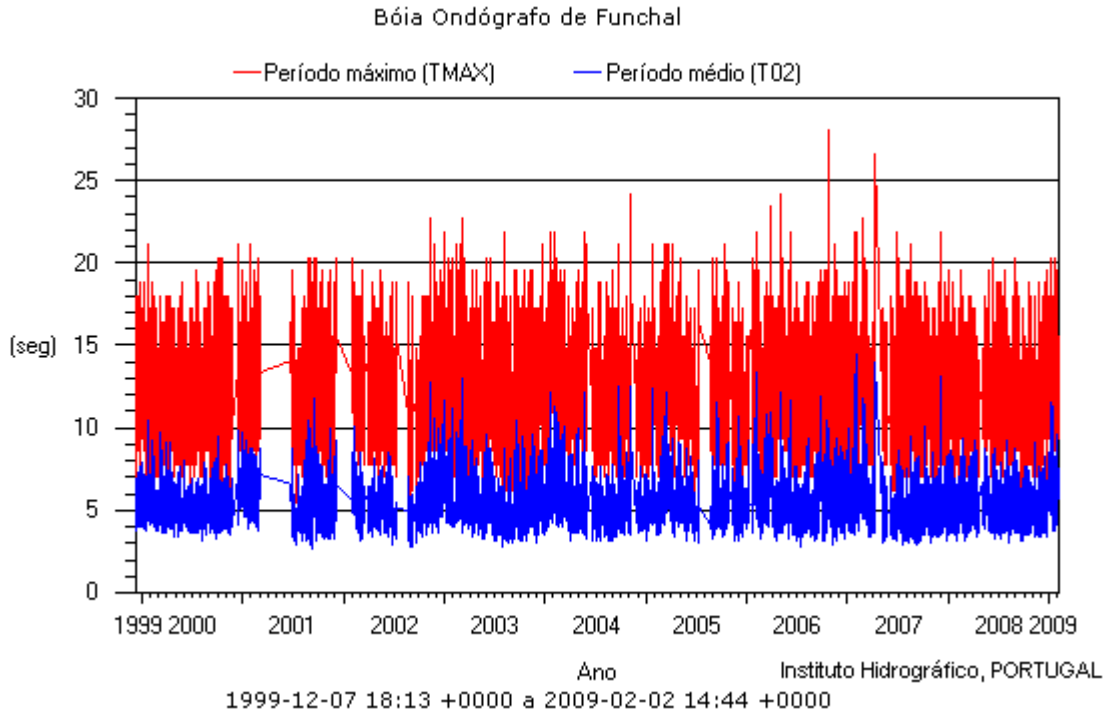



Fig. 7.20 – Registos de Períodos máximos e médios, entre 2000 e 2009 – Funchal.

## 7.4 SOLUÇÃO TÉCNICA – QUEBRAMAR MISTO

### 7.4.1 CARACTERIZAÇÃO E PERFIL TIPO

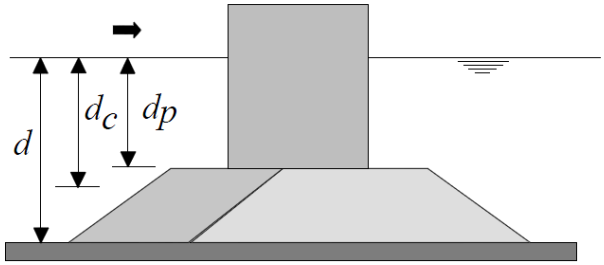



Fig. 7.21 – Perfil tipo de um Quebramar Misto.

Um quebramar misto, é constituído por um prisma de enrocamento que se desenvolve desde o fundo até uma certa cota, sobre o qual é assente uma estrutura vertical, de caixões ou blocos.

O seu funcionamento é, até uma altura de onda igual a 0,78d, (enquanto não se verificar rebentação), análogo ao do quebramar de parede vertical. Para alturas de onda superiores, ao verificar-se rebentação, funciona em parte como quebramar de talude e em parte como quebramar de parede vertical.

#### 7.4.1.1 Definição do comportamento da ondulação que atinge um Quebramar

Regra geral, a energia de onda que ataca um talude é essencialmente dissipada por turbulência (especialmente na rebentação mergulhante). A energia remanescente é convertida em energia potencial ao longo do processo de espraiamento, ocorrendo também perdas por atrito no fundo, por percolação e por alteração no perfil. A energia que não é dissipada, é reflectida.

No caso específico da interacção de uma onda com um quebramar de paramento vertical, poder-se-á identificar dois tipos de incidência diferente: com rebentação mergulhante, ou sem rebentação.

A incidência com rebentação mergulhante, por sua vez, pode caracterizar-se de duas formas:

- Com uma frente de onda quase vertical;
- Com a formação de "bolsada" de ar entre a onda e o paramento.

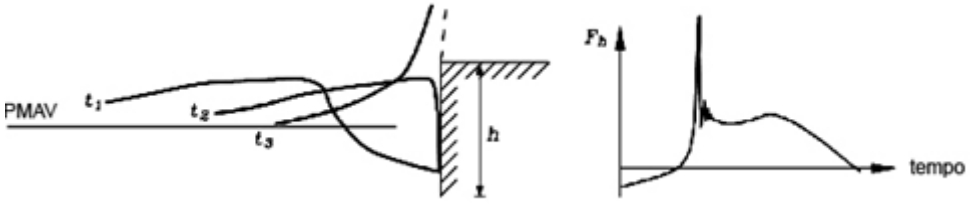



Fig. 7.22 – Rebentação Mergulhante com frente de onda quase vertical (Coastal Engineering Manual 2006 – pág VI- 5-132).

No caso de uma onda incidir no quebramar com uma frente quase vertical, poderão gerar-se pressões muito elevadas com especial ênfase para o grande pico inicial, de pouca duração, ilustrado no gráfico da Fig. 7.22, e provocado pela violência do choque.

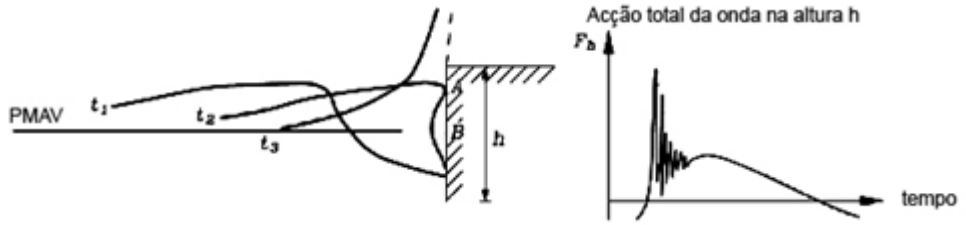



Fig. 7.23 – Rebentação Mergulhante, com interacção com formação de "bolsada" de ar - (Coastal Engineering Manual 2006 – pág VI- 5-132).

No caso de uma onda incidir no quebramar formando uma "bolsada" de ar junto do paramento, (como ilustrado na Fig. 7.23), verifica-se uma oscilação da força transmitida pela onda ao paramento vertical do quebramar. No gráfico desta oscilação, podem ser observados dois picos de pressão. O primeiro pico resulta do choque inicial da onda com o quebramar, sendo que o segundo resulta da máxima compressão da bolsa de ar da bolsa que entretanto se tinha formado no momento do choque.

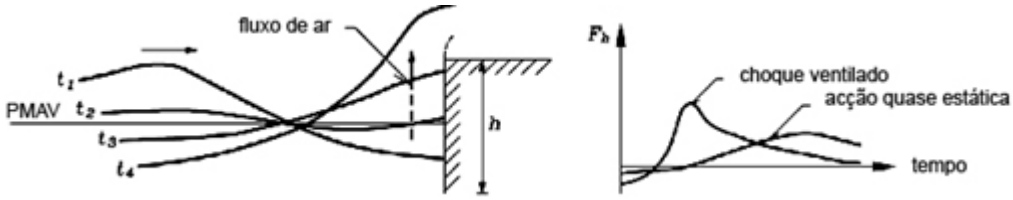



Fig. 7.24 - Sem rebentação - (Coastal Engineering Manual 2006 – pág VI- 5-132).

A incidência de uma onda não rebentada num paramento vertical, exerce uma acção do tipo pulsatório, com pouca variação no tempo e quase em fase com a elevação da onda. Este tipo de interacção pode ser tratado, quase como se de uma acção estática se tratasse. (Fig. 7.24)

Pelo exposto, infere-se que o comportamento de um quebramar vertical, no que toca à interacção com uma onda não rebentada, é significativamente mais previsível e eficiente do que o comportamento de um outro, interagindo com uma onda rebentada.

As condições batimétricas associadas ao prolongamento do quebramar Sul do porto do Funchal, definem que a sua fundação percorrerá, necessariamente, as cotas de -29,3 m (ZH) a -37,9m (ZH).

Sabendo que a onda máxima estimada para um período de retorno de 100 anos, ronda os 14.63 metros, e que a onda máxima não rebentada, ($H_{max}$), para uma determinada profundidade, (d), é dada pela expressão 16,

$$H_{max} = 0{,}78\, d \qquad (16)$$

determinou-se que a profundidade máxima do coroamento do manto superior de protecção do prisma de fundação, para que não fosse verificada rebentação, teria que ser igual ou superior a -18,76m (ZH).

Com base neste dado, e para que o pré-dimensionamento do quebramar em estudo fosse feito, tendo em conta uma onda não rebentada, fixou-se a cota máxima do coroamento do manto superior de protecção do prisma de fundação, nos -20,00m (ZH), tal como ilustra o esquema apresentado na Fig. 7.25.

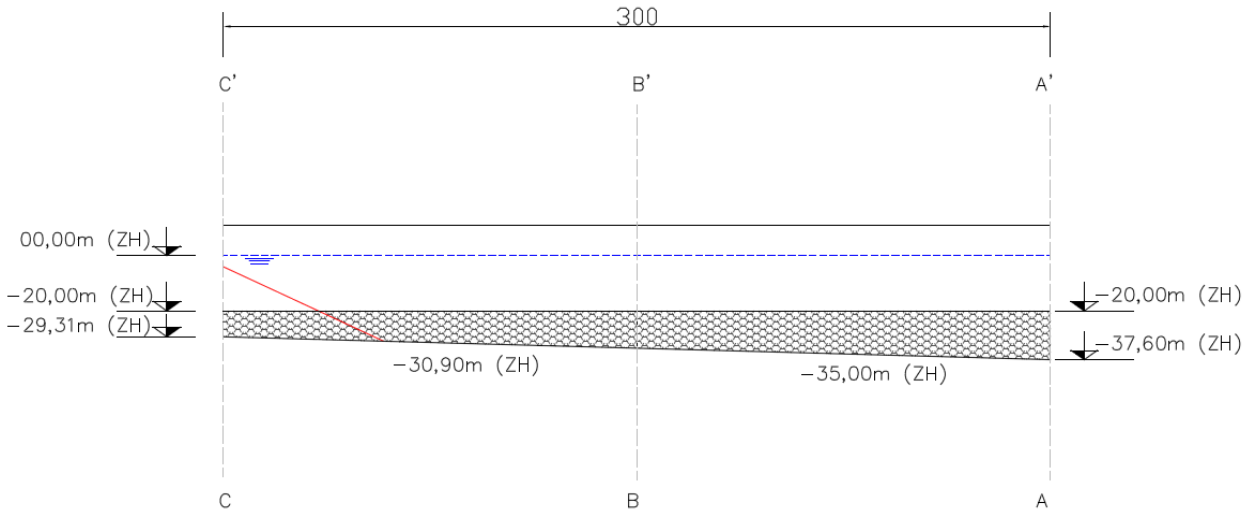



Fig. 7.25 - Secção Longitudinal com representação dos fundos e do prisma de fundação.

O método usado no pré-dimensionamento do quebramar misto em estudo, foi método de Goda (1974) para ondas irregulares, proposto pelo Coastal Engineering Manual 2006. Este método define o dimensionamento de quebramares mistos, sob a acção de ondas irregulares, com ou sem rebentação. Neste caso particular, e dado ter-se definido a cota do coroamento do manto superior de protecção do prisma de fundação, de tal forma que não se pudesse verificar rebentação para um $H_{max}$, com um tempo de retorno de 100 anos, aplicou-se o formulário associado a este pressuposto.

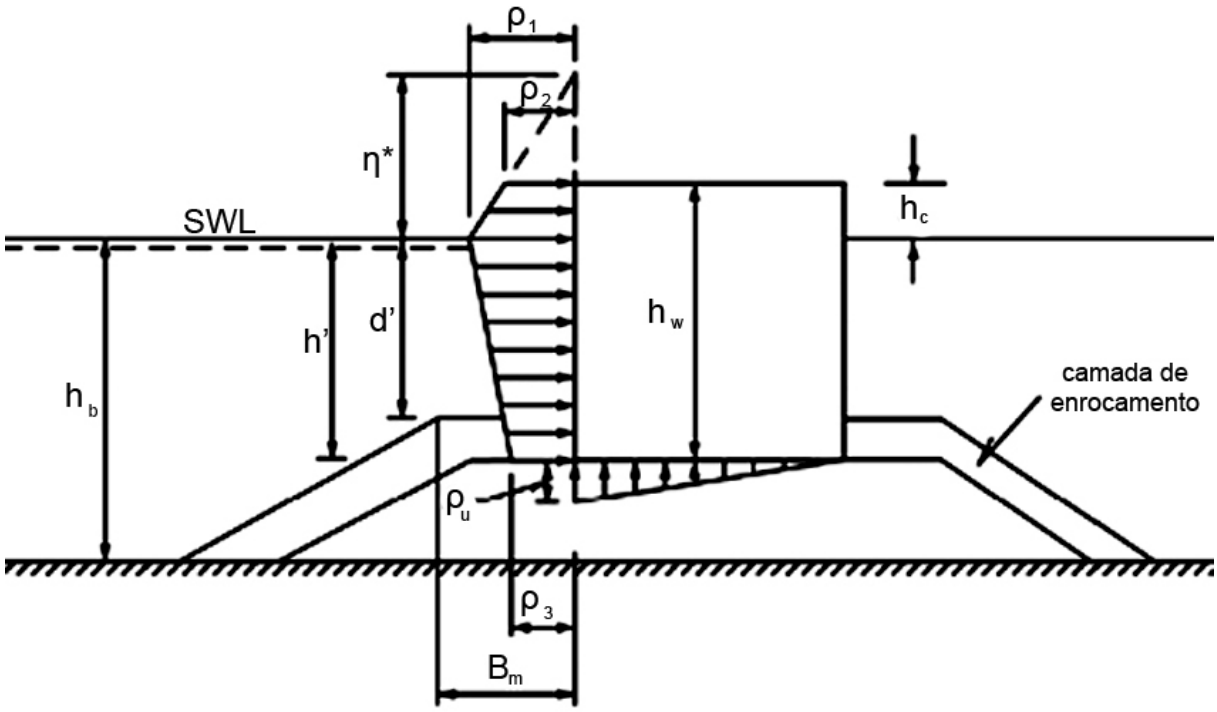



Fig. 7.26 - Parâmetros de cálculo – Método de Goda (Fonte: Coastal Engineering Manual, 2006).

O método de Goda é baseado em ensaios em modelo reduzido, e pressupõe que:

- A onda de dimensionamento deverá ser, por definição, a maior onda que pode atingir a estrutura. Hmax= 14,63m (Tr 100 anos);
- $H_d$ é estimada a uma distância de 5Hs a partir do lado não abrigado quebramar;
- $h_b$ define-se como a profundidade à distância de $5H_s$ a partir do lado não abrigado do quebramar;
- d define-se como a profundidade de água em frente ao pé do talude,
- $k = \frac{2\,\pi}{L}$ e é calculado em $h_b$ com $T_s = 1.1T_m$ (onde $T_m$ é o período de onda médio), tomando como $L_0 = \frac{g\,T^2}{2\,\pi}$;
- Assume um diagrama trapezoidal para a distribuição das pressões ao longo do lado não abrigado do quebramar, e o diagrama de forças de direcção vertical com sentido ascendente é considerado triangular;
- A pressão da água provocada pela elevação resultante do choque é dada pela expressão 17.

$$\eta^* = 0.75\ (1 + \cos\beta)\ H_d \tag{17}$$

  - β é o ângulo que a onda faz com o paramento vertical do quebramar, tendo como referencial a normal. (para ondas com direcção perpendicular ao quebramar, toma-se β=0)

- As pressões P1, P2 e P3, são determinadas pelas expressões 18, 19 e 20, respectivamente.

$$p_1 = 0.5\ (1 + \cos\beta)\ (\alpha_1 + \alpha_* \cos^2\beta)\ \rho_w\ g d \tag{18}$$

$$p_2 = \begin{cases} \left(1 - \frac{h_c}{\eta^*}\right) p_1 & , para\ \eta^* > h_c \\ 0 & , para\ \eta^* \leq h_c \end{cases} \tag{19}$$

$$p_3 = \alpha_3\ p_1 \tag{20}$$

- O impulso vertical Pu é dado por:

$$p_u = 0.5\ (1 + \cos\beta)\ \alpha_1\ \alpha_3\ \rho_w\ g\ H_d \tag{21}$$

- O efeito do período de onda $\alpha_1$ é dado por:

$$\alpha_1 = 0.6 + 0.5\left(\frac{2\,k\,d}{\sinh(2\,k\,d)}\right) \tag{22}$$

  - Águas profundas: $\alpha_1 = 0{,}6$ (valor mínimo)
  - Baixas profundidades: $\alpha_1 = 1{,}1$ (valor máximo)
- O aumento na pressão associado à diminuição de altura de água $\alpha_*$ é dado por:

$$\alpha_* = \alpha_2 \tag{23}$$

$$\alpha_2 = \min\left[\frac{h_b - d'}{3\,h_b}\left(\frac{H_d}{d'}\right)^2 ; \frac{2\,d'}{H_d}\right] \tag{24}$$

- A distribuição Linear de pressões $\alpha_3$ é dada por:

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h_w - h_c}{d}\left(1 - \frac{1}{\cosh(k\,d)}\right) \tag{25}$$

Tanimoto et al. (1976) adicionaram a estas fórmulas factores de modificação da estrutura ($\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$) que, para um paramento vertical são iguais a 1 ($\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1$).

$$\eta^* = 0.75\ (1 + \cos\beta)\,\lambda_1\,H_d \tag{26}$$

$$p_1 = 0.5\,(1 + \cos\beta)\,(\,\lambda_1\alpha_1 + \,\lambda_2\,\alpha_*\cos^2\beta)\,\rho_w\,g\ \ H_d \tag{27}$$

$$p_2 = \begin{cases} \left(1 - \dfrac{h_c}{\eta^*}\right)\,p_1 & ,para\ \eta^* > h_c \\ 0 & ,para\ \eta^* > h_c \end{cases} \tag{28}$$

$$p_3 = \alpha_3\,p_1 \tag{29}$$

$$p_u = 0.5\,(1 + \cos\beta)\,\lambda_3\,\alpha_1\,\alpha_3\,\rho_w\,g\,H_d \tag{30}$$

#### 7.4.1.2 Cálculo de Forças e Momentos

As expressões 31, 32 e 33 traduzem as equações de Goda e Takahashi:

$$F_H = U_{F_H}\left[\frac{1}{2}(p_1 + p_2)h_c + \frac{1}{2}(p_1 + p_3)h'\right] \tag{31}$$

$$F_U = U_{F_U}.\frac{1}{2}p_u.B \tag{32}$$

$$F_G = \rho_c.g.B.h_w - \rho_w.b.B.h' \tag{33}$$

Com:

- $F_H$ - somatório das forças horizontais;
- $F_U$ - o somatório das forças verticais;
- $F_G$ - o peso da estrutura, reduzido da impulsão;
- ρc define-se como sendo a massa volúmica da estrutura;
- ρw define-se como sendo a massa volúmica da água;
- UFH define-se como sendo o factor de correcção de erros sistemáticos e de erros de incerteza relacionados com a força horizontal;
- UFU define-se como sendo o factor de correcção de erros sistemáticos e de erros de incerteza relacionados com a força vertical;
- h' define-se como sendo a altura submersa da estrutura;
- B define-se como sendo a largura da estrutura

Os momentos na aresta inferior da estrutura vertical, são traduzidos pelas expressões 34, 35,e 36.:

$$M_H = U_{M_H}\left[\frac{1}{6}(2p_1 + p_3)h'^2 + \frac{1}{2}(p_1 + p_2)h' \;\; h_c + \frac{1}{6}(p_1 + 2p_2)h_c^2\right] \quad (34)$$

$$M_U = U_{M_U}.\frac{1}{3}p_u.B^2 \quad (35)$$

$$M_G = \frac{1}{2}B^2 g(\rho_c h_w - \rho_w h') \quad (36)$$

Com:

- $U_{M_H}$ e $U_{M_U}$ – Como factores de correcção de erros sistemáticos e de incerteza relacionados com o momento das forças horizontais e verticais, respectivamente.

Tabela 7.3 - Valores médios dos factores de correcção dos erros sistemáticos e de incerteza (Coastal Engineering Manual, 2006).

| Variável estocática Xi | Valor médio μxi | Sem testes em modelo | | Com testes em modelo | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Desvio padrão σxi | $\frac{\sigma xi}{\mu xi}\%$ | Desvio padrão σxi | $\frac{\sigma xi}{\mu xi}\%$ |
| UFH | 0.90 | 0.25 | 0.22 | 0.05 | 0.055 |
| UFU | 0.77 | 0.25 | 0.32 | 0.05 | 0.065 |
| UMH | 0.81 | 0.40 | 0.49 | 0.10 | 0.12 |
| UMU | 0.72 | 0.37 | 0.51 | 0.10 | 0.14 |

Por fim, apresentam-se os valores das pressões sobre o paramento vertical (Tabela 7.4), e os valores de cálculo das Forças e Momentos (Tabela 7.5).

Tabela 7.4 – Pressões sobre o paramento vertical.

| Cálculo de pressões | | |
|---|---|---|
| η* | 21.95 | Kn.m/m |
| P1 | 190.87 | Kn.m/m |
| P2 | 170.86 | Kn.m/m |
| P3 | 162.21 | Kn.m/m |
| Pu | 140.19 | Kn.m/m |
| α1 | | 1.10 |
| α* | | 0.17 |
| α2 | | 0.06 |
| α3 | | 0.85 |

Tabela 7.5 – Valores de Cálculo das Forças e Momentos.

| **Cálculo de forças e momentos** | | |
|---|---|---|
| Fh | 4632.49 | kN/m |
| Fu | 1322.33 | kN/m |
| Fg | 9810.29 | kN/m |
| Mh | 64202.55 | kN.m/m |
| Mu | 20195.60 | kN.m/m |
| Mg | 120176.05 | kN.m/m |

#### 7.4.1.3 Cálculo da Reacção transmitida pelas defensas e pelos cabeços de amarração à estrutura acostável.

O cálculo da energia de dimensionamento das defensas foi realizado para a embarcação de projecto, definida como o maior navio que se prevê vir a utilizar a estrutura de acostagem. Na

Tabela 7.6 apresentam-se as características do navio de projecto, obtidos por extrapolação dos valores apresentados no anexo C da publicação "Guidelines for the design of Fenders Systems: 2002" da PIANC.

Tabela 7.6 - Características dos navios tipos (PIANC, 2002).

| **Tipo de Navio** | **Comprimento total [1] (m)** | **Comprimento entre perpendiculares [1] (m)** | **Calado (m)** | **Boca [1] (m)** | **Deslocamento [2] (t)** | **Porte bruto GRT (t)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cruzeiro | 350 | 300 | 12 | 42 | 107000 | 135000 |

[1] Valores correspondentes a um limite de confiança de 75%.

[2] Valores correspondentes a um limite de confiança de 95%.

A energia máxima a absorver por cada defensa, em condições normais de acostagem ($E_d$), será uma fracção da energia cinética associada ao navio em manobra de acostagem, e segundo o método cinemático clássico, pode ser determinada com base na seguinte expressão:

$$E_d = \frac{1}{2} M V^2 C_e C_m C_s C_c \qquad (37)$$

- Ed representa a energia a absorver pela defensa (em condições normais de acostagem) em kJ;
- M a massa do navio de projecto – deslocamento, em toneladas;
- V a velocidade de aproximação do navio, em m/s;

A velocidade de aproximação do navio é definida como a velocidade da embarcação no momento imediatamente anterior ao primeiro contacto com a defensa, e é medida na direcção perpendicular à estrutura de acostagem. Considerou-se que a acostagem do navio de cruzeiro se realiza segundo condições de acostagem difíceis, numa zona portuária abrigada, fez-se a leitura no ábaco, e adoptou-se v = 0,10 m/s.

- $C_e$ o factor de excentricidade;

O factor de excentricidade ($C_e$) está relacionado com a fracção da energia cinética que é dissipada durante o movimento de rotação do navio na manobra de acostagem. Na determinação deste factor considerou-se um ângulo de acostagem de 12º e o ponto do primeiro impacto localizado a 0.25L da popa do navio.

$$C_e = \frac{k^2 + k^2 \cos^2 \alpha}{k^2 + R^2} \quad (38)$$

Onde:

- k – Raio de giração do Navio (m);

$$K = (0{,}19C_b + 0{,}11)L \quad (39)$$

- R – Distancia do ponto de contacto ao centro de massa do navio (m)
- L – Comprimento total do Navio (m)

- $C_m$ o factor de massa virtual;

O factor de massa virtual ($C_m$) refere-se ao acréscimo da massa aparente do navio devido à massa de água que, situada nas proximidades do contorno do navio, se desloca juntamente com este na manobra de acostagem, animada de uma certa aceleração. Na bibliografia da especialidade poderão ser encontras várias fórmulas de carácter empírico, que permitem o cálculo do factor $C_m$. Neste trabalho, o valor do coeficiente de massa virtual usado é o correspondente à média dos resultados obtidos pela aplicação das fórmulas propostas por Vasco Costa e Shigeru Ueda.

Vasco Costa

$$C_m = 1 + \frac{2\,D}{B} \quad (40)$$

Shigeru Ueda

$$C_m = 1 + \frac{\pi\,D}{2C_b\,B} \quad (41)$$

Onde:

- D – Calado (m)
- B – Boca (m)
- $C_b$ – Block Coefficent

$$C_b = 1 + \frac{M}{L\,B\,D\,\rho w} \quad (42)$$

- L – Comprimento total do Navio (m)
- M – deslocamento (t)
- $\rho_w$ – peso volúmico da água do mar ($t/m^3$)

- $C_s$ o factor de rigidez relativa do casco do navio;

O factor de rigidez relativa do casco do navio ($C_s$) contabiliza a fracção da energia cinética que é gasta na deformação elástica do casco da embarcação sob efeito das pressões de contacto com a

defensa. O valor deste factor está assim dependente da relação entre a rigidez da defensa e a rigidez do casco do navio. Devido à utilização de defensas do tipo flexível considerou-se um factor $C_s$ igual à unidade.

- $C_c$ o factor de configuração da estrutura de acostagem.

Quer a estrutura de acostagem seja do tipo contínuo ou não, devido à amplitude do ângulo de acostagem, não é de esperar a criação de uma "almofada" de água entre a face do navio e o paramento vertical do cais, com capacidade de absorver parte da energia cinética do navio. Considera-se portanto um factor de configuração da estrutura de acostagem igual à unidade para todas as situações.

Devido à possibilidade de ocorrência de impactos anormais na defensa originados durante acostagens de carácter excepcional, e de modo a garantir a segurança da estrutura resistente nessas condições, utilizou-se um factor de majoração para $E_d$ igual a 2 (ROM 0.2-90). A energia de dimensionamento para o navio tipo está apresentada na tabela 2.

Tabela 7.7 - Determinação da energia de dimensionamento das defensas.

| Tipo de Navio | Comp. total (m) | Vel. de Apróx. (m/s) | Ce | Cm | Cc | Cc | Factor de impacto anormal | Desloc. (t) | Energia de acostagem (kN.m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cruzeiro | 350 | 0,10 | 0,86 | 1,66 | 1 | 1 | 1,8 | 107000 | 1374 |

A força de acostagem dos navios sobre a estrutura depende, entre outros factores, do tipo de defensas a instalar no terminal. Na análise efectuada foi considerado um tipo de defensa, pneumática, na linha das que já existem no porto do Funchal (Fig. 7.27). As reacções transmitidas à estrutura de acostagem para a energia de acostagem de projecto estão apresentadas na Tabela 7.8.

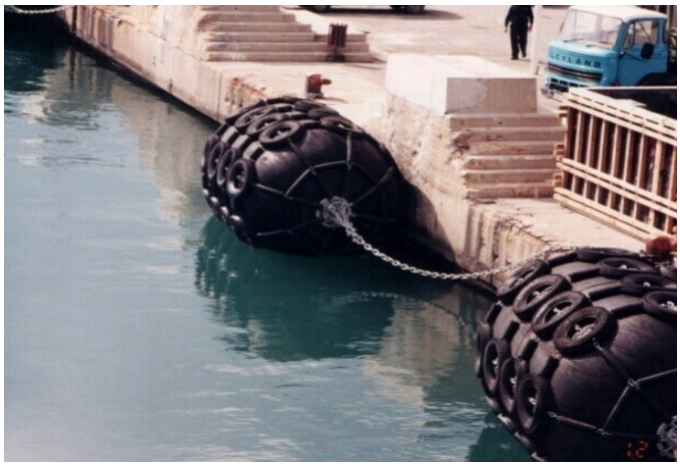


Fig. 7.27 – Ilustração da defensa dimensionada (Idêntica às que existem no Porto do Funchal).

Tabela 7.8 - Reacção transmitida à estrutura pelas defensas.

| Tipo de Defensa | Reacção transmitida à estrutura (kN) |
|---|---|
| Pneumática (3m x 5m) | 2786 |

A estabilidade da estrutura de acostagem deverá no entanto ser verificada para reacções superiores às apresentadas na tabela anterior. A PIANC recomenda a utilização de valores 2 a 3 vezes superiores às reacções correspondentes a um impacto anormal do navio de projecto na defensa, especialmente quando o dimensionamento da estrutura de acostagem é particularmente sensível ao valor desta acção. A força de acostagem considerada no cálculo foi de 8000kN. Considerou-se um afastamento entre defensas de 20 metros, (na linha do afastamento actual entre as existentes no Porto do Funchal).

A força de amarração foi considerada igual a 1000 kN por cabeço de amarração, valor apresentado pelas normas ROM 0.2-90 para navios de deslocamento idêntico ao navio de projecto.

#### 7.4.1.4 Verificação da Estabilidade da Estrutura

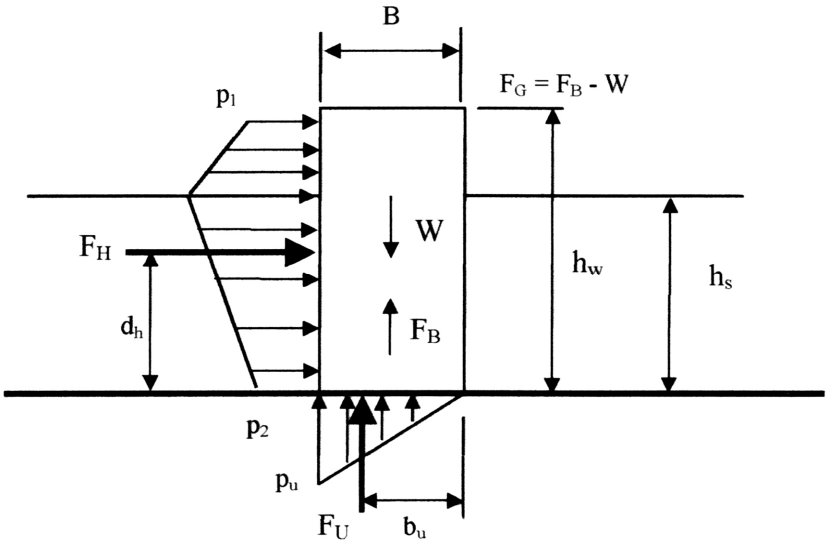



Fig. 7.28 – Representação das Forças actuantes no caixão (Coastal Engineering Manual, 2006).

Partiu-se do princípio que o quebramar em estudo estaria fundado em rocha, e portanto sem risco de ocorrerem rupturas no que diz respeito à fundação.

Verificou-se a estabilidade do quebramar ao derrube e ao escorregamento, com vista a encontrar a menor secção possível, assumindo que os caixões, (cheios), teriam uma constituição de aproximadamente 90% de betão pobre e 10% de betão armado.

Considerou-se que sobre a estrutura, actuavam dois tipos de acções: as acções permanentes e as acções variáveis. As acções permanentes, englobam o peso próprio da estrutura bem como os impulsos hidrostáticos verticais e horizontais da água.

Impôs-se, por fixação de cotas de fundo, que a actuação da agitação no lado não abrigado do quebramar, se fazia sem rebentação, e estudou-se a sua interacção através do método de Goda (1947).

No que diz respeito às acções variáveis, considerou-se que a estrutura era solicitada por uma força de amarração com cabeços distanciados de 20 em 20 m, e de intensidade 1000 kN. Também se considerou a energia transmitida pelas defensas ao quebramar, aquando da acostagem de um navio. Estas acções foram estudadas, em separado, partindo do princípio que o nível do mar estaria fixado à cota da Preia-Mar de água vivas, e de que não ocorria qualquer agitação.

Foram estudadas 3 hipóteses de ruptura.

- Hipótese 1:

Escorregamento e Derrube associado às condições de agitação, resultantes do estudo do método de Goda.

- Hipótese 2:

Escorregamento e derrube associado à acostagem de um navio, com um embate acidental na defensa, e o nível da água fixado à cota da preia-mar de águas vivas.

- Hipótese 3:

Escorregamento e derrube associado à amarração de um navio, com um esticão no cabeço de amarração, e o nível da água fixado à cota da preia-mar de águas vivas.

Concluiu-se desta análise, que o quebramar em estudo, entrava em ruptura em primeiro lugar, pelas acções caracterizadas pela hipótese 1. Desta forma, fixou-se a largura mínima do caixão, em 24,5 metros, com o pressuposto de este ser constituído por 90% de betão pobre e 10% de betão armado. Voltou a testar-se cada uma das hipóteses referidas, e observou-se que o quebramar verificava a segurança, no que toca ao derrube e ao escorregamento.

- Escorregamento:

$$(F_G - F_U)\tan\eta \geq FS\, F_H \tag{43}$$

onde:

  - η, é ângulo de atrito entre superfícies caixão/fundação, (considerou-se betão in situ enrocamento η = 40º)
  - FS é o factor de segurança, que se considerou igual a 1,5.

- Derrube

$$M_{F_G} \geq FS\left(M_{F_U} + M_{F_H}\right) \tag{44}$$

onde:

  - FS é o factor de segurança, que se considerou igual a 1,5.

### 7.4.2 DIMENSIONAMENTO DO MANTO PROTECTOR DO QUEBRAMAR DE TALUDES DE FUNDAÇÃO COMO PROTECÇÃO CONTRA CORRENTES

O manto resistente da fundação foi dimensionado pela expressão 45, proposta por Tanimoto, Yagyu e Goda (1982) e por Takahashi, Tanimoto e Shimosako (1980). (Coastal Engineering Manual, 2006)

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = max\left\{1{,}8, 1.3\frac{1-\kappa\, h'}{\kappa^{1/3}\, H_s} + 1.8\, e^{\left(-1.5\frac{(1-\kappa)^2\, h'}{\kappa^{1/3}\, H_s}\right)}\right\} \quad (45)$$

onde:

- $\kappa = \kappa_1 \kappa_2$
- $\kappa_1 = \frac{2Kh'}{senh(2Kh')}$
- $\kappa_2 = max\{0.45\, sen^2\theta(\kappa B cos\theta),\ cos^2\theta\, sen(\kappa B cos\theta)\}$
- Hs – altura de onda significativa
- $\Delta = 1{,}65$
- $B_m$ – Largura da berma
- K – numero de onda ($k = \frac{2\,\pi}{L}$)
- $\theta$ - ângulo de incidência das ondas (0 se perpendicular ao quebramar)
- h' – Cota de coroamento do núcleo

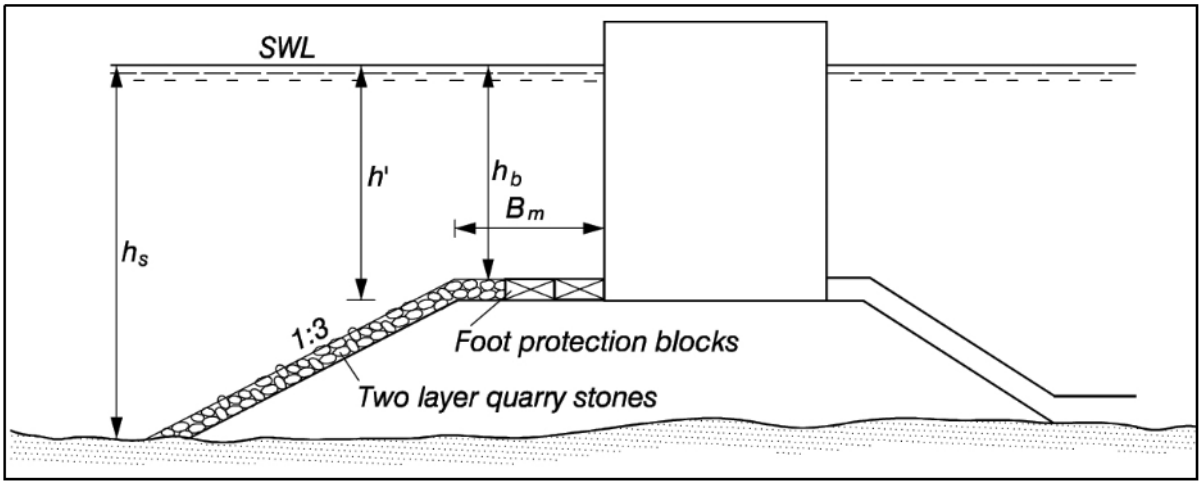



Fig. 7.29 – Ilustração das grandezas usadas para o dimensionamento do manto de fundação (Coastal Engineering Manual, 2006).

A largura da berma, $B_m$, é dada pela expressão 46.

$$B_m = 0.4\, d \quad (46)$$

Determinou-se o comprimento da berma para as profundidades mínima, média e máxima. De seguida, calculou-se através da expressão 45, a dimensão dos blocos do manto resistente (constituído por duas camadas de blocos), para a maior profundidade, - 37,6 m (ZH), tendo-se chegado à conclusão que cada um dos blocos deveria medir, de aresta, 1,73m.

Por se considerar difícil de se obter blocos de enrocamento natural com estas dimensões, adoptou-se no cálculo, um peso volúmico de 24 kN/m$^3$, considerando que se constituíam de betão. De seguida, após o cálculo do peso equivalente, (expressão 47), procedeu-se ao cálculo da espessura da segunda camada, esta sim de enrocamento. A segunda camada deverá constituir-se de duas subcamadas de enrocamento com aproximadamente 80 cm de espessura, cada uma.

$$W_{eq} = \frac{W}{\gamma s}\ \gamma a \tag{47}$$

De salientar ainda, o facto de se considerar que os blocos constituintes do manto resistente, possuem dimensões um pouco superiores àquelas que se esperava obter.

Em suma, o manto resistente calculado, é composto por:

- Blocos de betão de 12,4 toneladas – blocos do manto resistente;
- Enrocamento de 1,2 toneladas - blocos da segunda camada;
- Nucleo – TOT.

O facto de se considerar que os blocos constituintes do manto resistente, possuem dimensões um pouco superiores àquelas que se esperava obter, fez com que se tenha tentado recalcular novamente o manto protector da fundação do quebramar, desta feita pela expressão 48, proposta por Madrigal e Valdés (1995).

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = \left(5.8\frac{d'}{d} - 0.6\right) N_{od}^{0.19} \tag{48}$$

Sendo d' a profundidade do coroamento do manto resistente de fundação, d a cota dos fundos em frente ao manto de fundação e Nod o número de blocos deslocados numa faixa com a largura de Dn50.

$$N_{od} = \begin{cases} 0.5 & início\ dos\ danos \\ 2 & danos\ aceitáveis \\ 5 & danos\ severos \end{cases}$$

Restrições associadas:

Os mantos protectores da berma, devem ser formados por duas camadas de enrocamento,

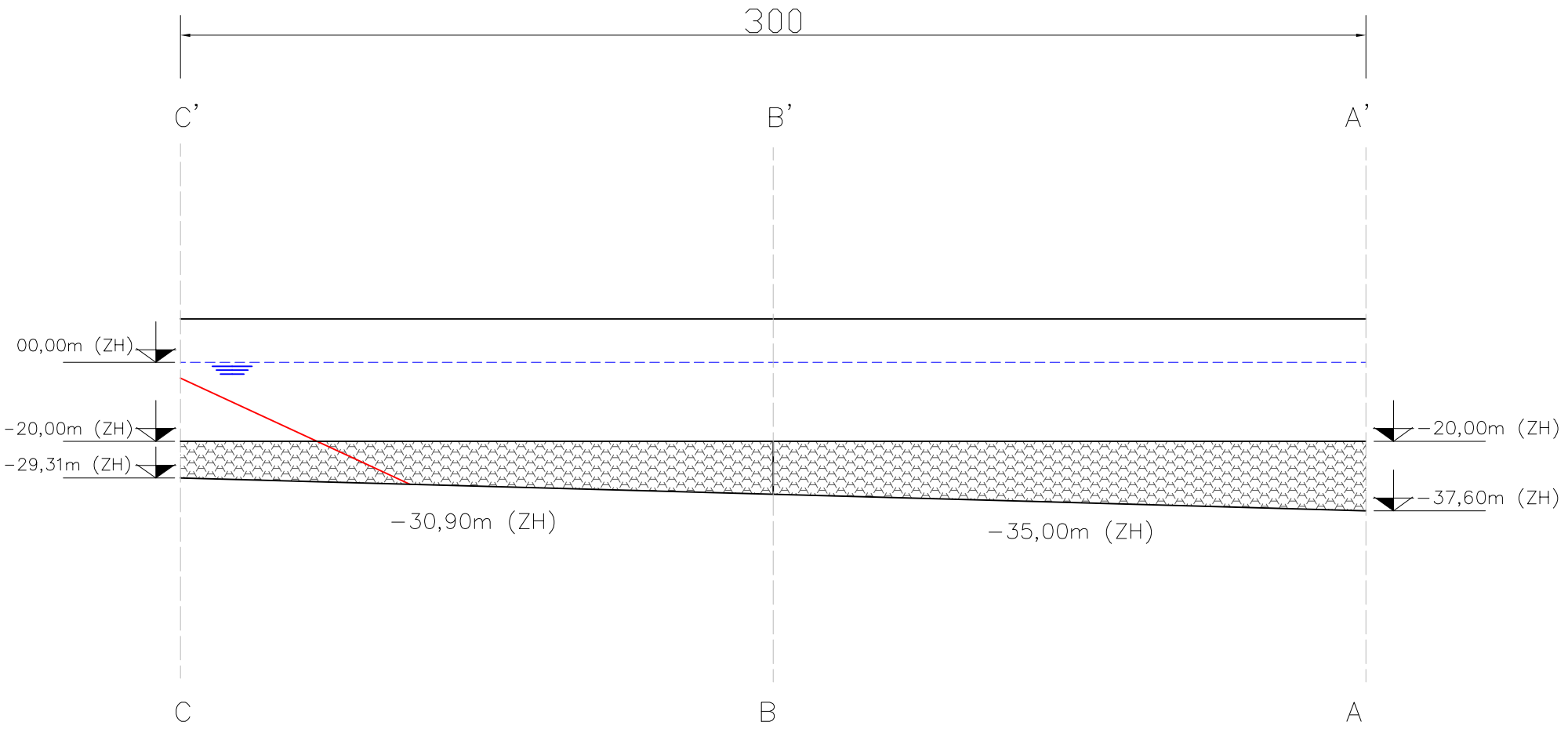
- $0.5 < d'/d < 0.8$
- $7.5 < d'/D_{n50} < 17.5$
- $0.3 < B_m/d < 0.55$.

A dimensão das arestas dos blocos constituintes do manto resistente, calculado por este método alternativo, diferiu unicamente em 2 cm em relação ao primeiro cálculo. No primeiro cálculo chegou-se ao valor de 1,73 m de dimensão de aresta, neste segundo cálculo, determinou-se que as arestas dos blocos constituintes do manto resistente deveriam medir 1,71 m. Assumiram-se os valores do primeiro cálculo como valores de projecto.

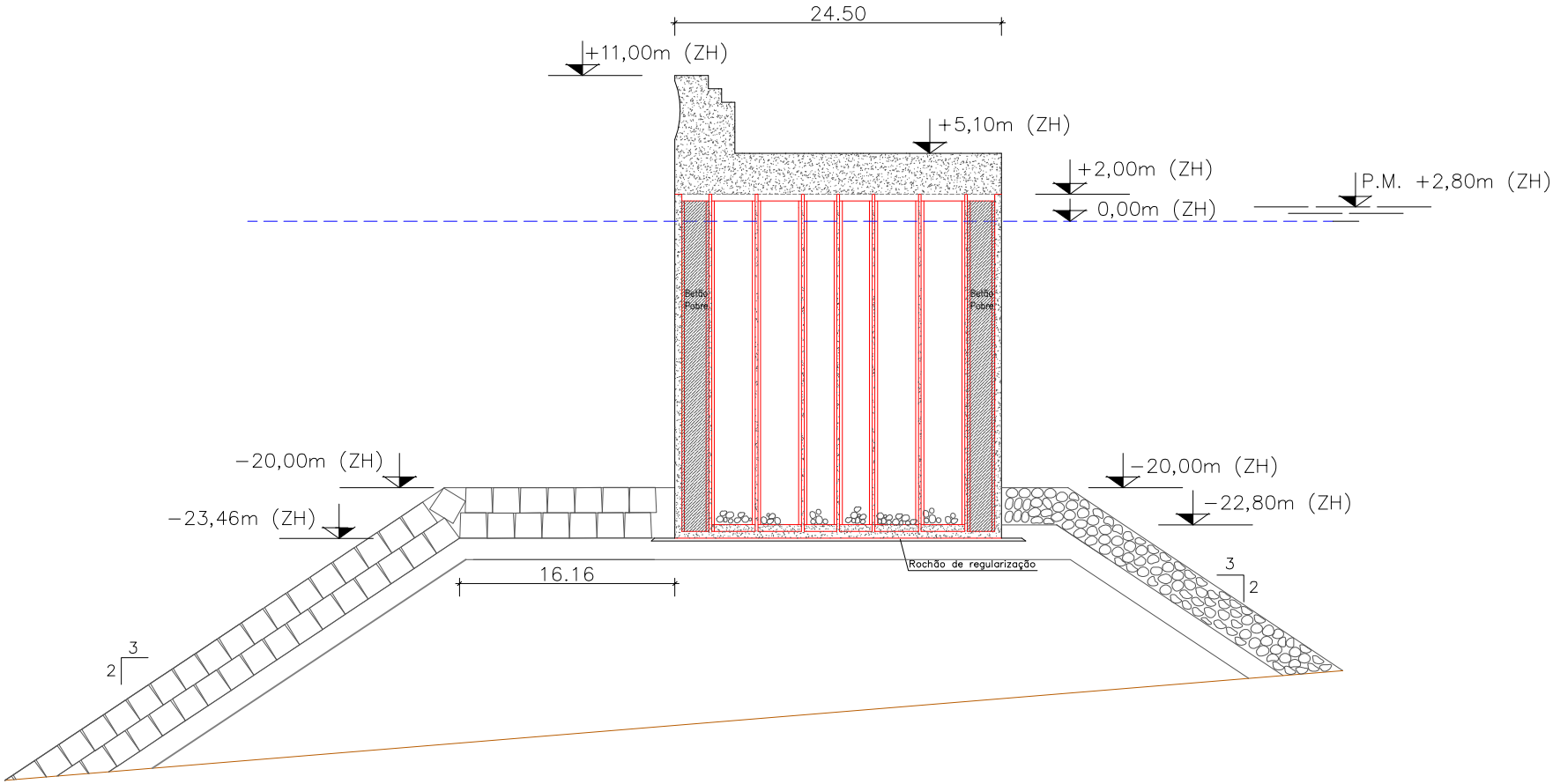
## 7.5 PEÇAS DESENHADAS

De seguida, apresentam-se à escala 1:1500 o perfil longitudinal, e à escala 1:500 os perfis transversais AA', BB' e CC', referentes às profundidades máxima, média e mínima, respectivamente, do quebramar misto com secção mínima de 24,5 metros, composta por 90% de betão pobre (23 KN/$m^3$) e 10% de betão armado (25 KN/$m^3$).

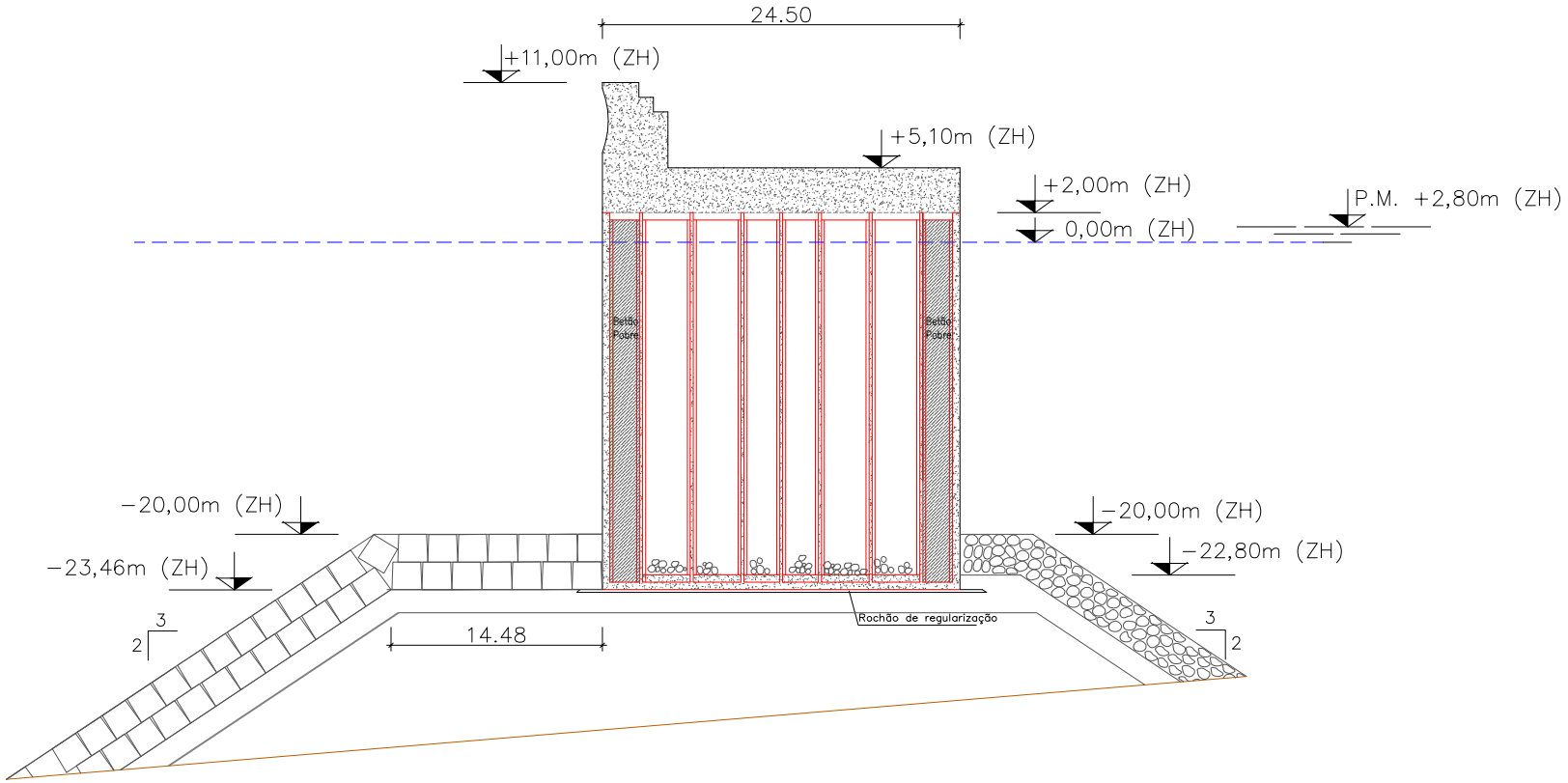
Apresentam-se também os mesmos perfis transversais, com secção de largura máxima, (40 metros, na continuidade do cais anterior), composta por 90% de um material cujo peso volúmico seja igual ou superior a 18 KN/$m^3$ e 10% de betão armado (25 KN/$m^3$), para que se verifique a segurança ao derrube e ao escorregamento.



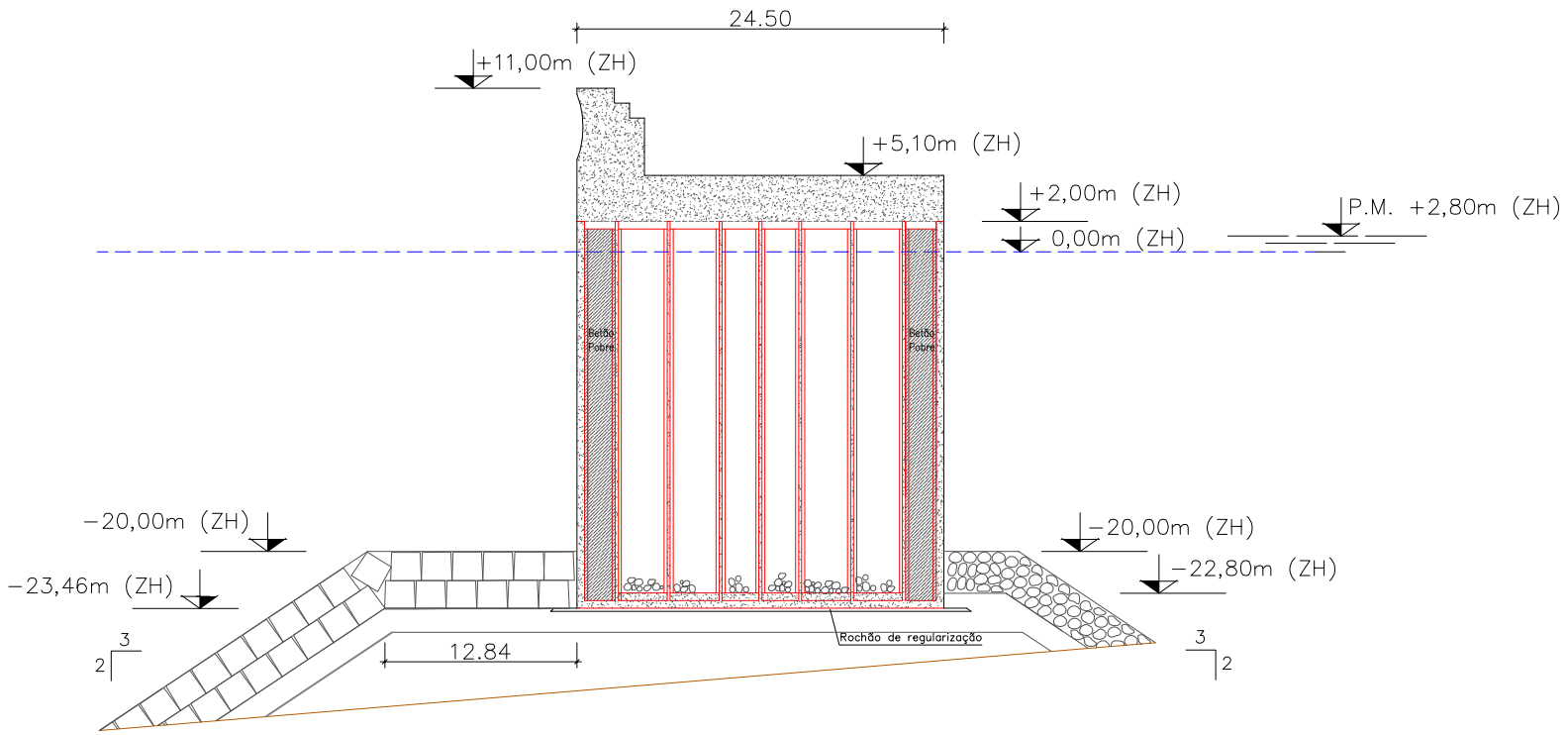

PERFIL Longitudinal | ESCALA 1:1500



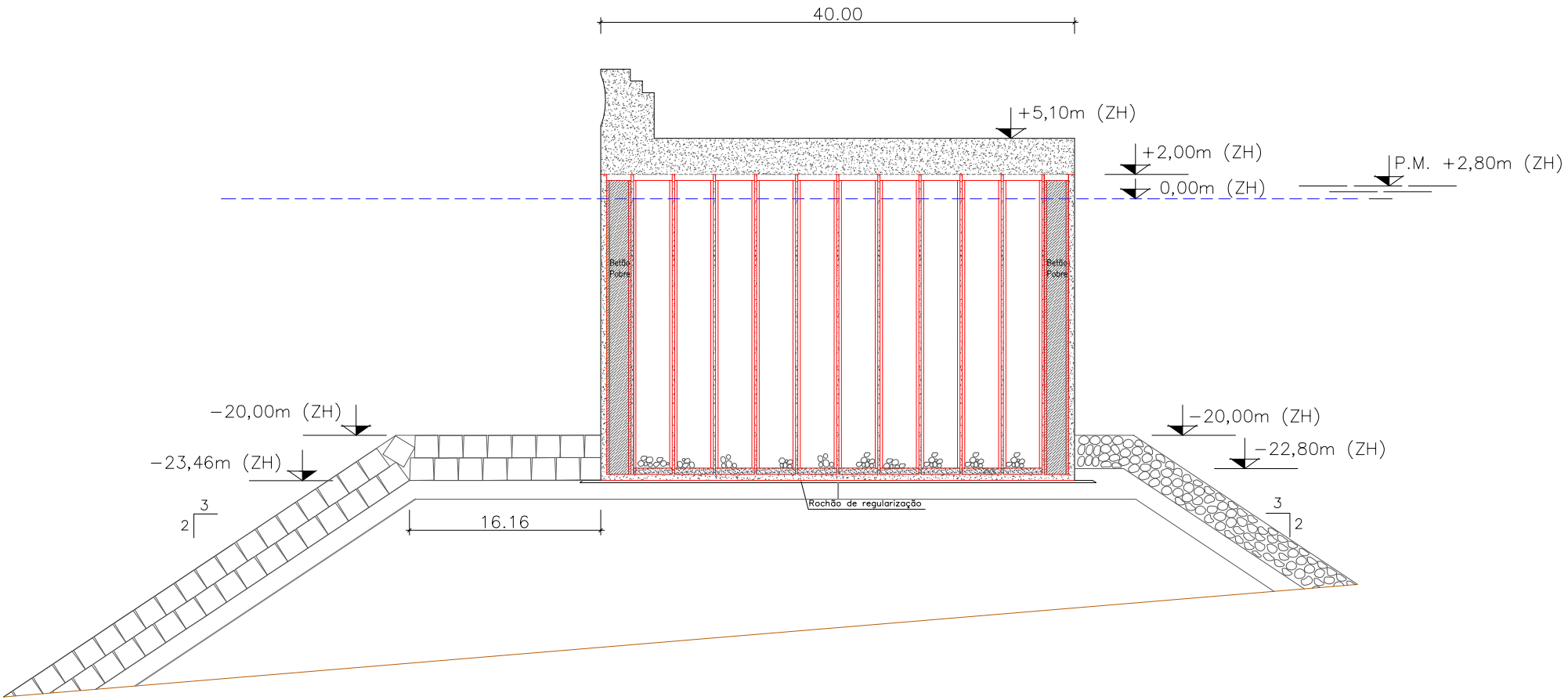

PERFIL AA' | adoptando a largura mínima ESCALA 1:500



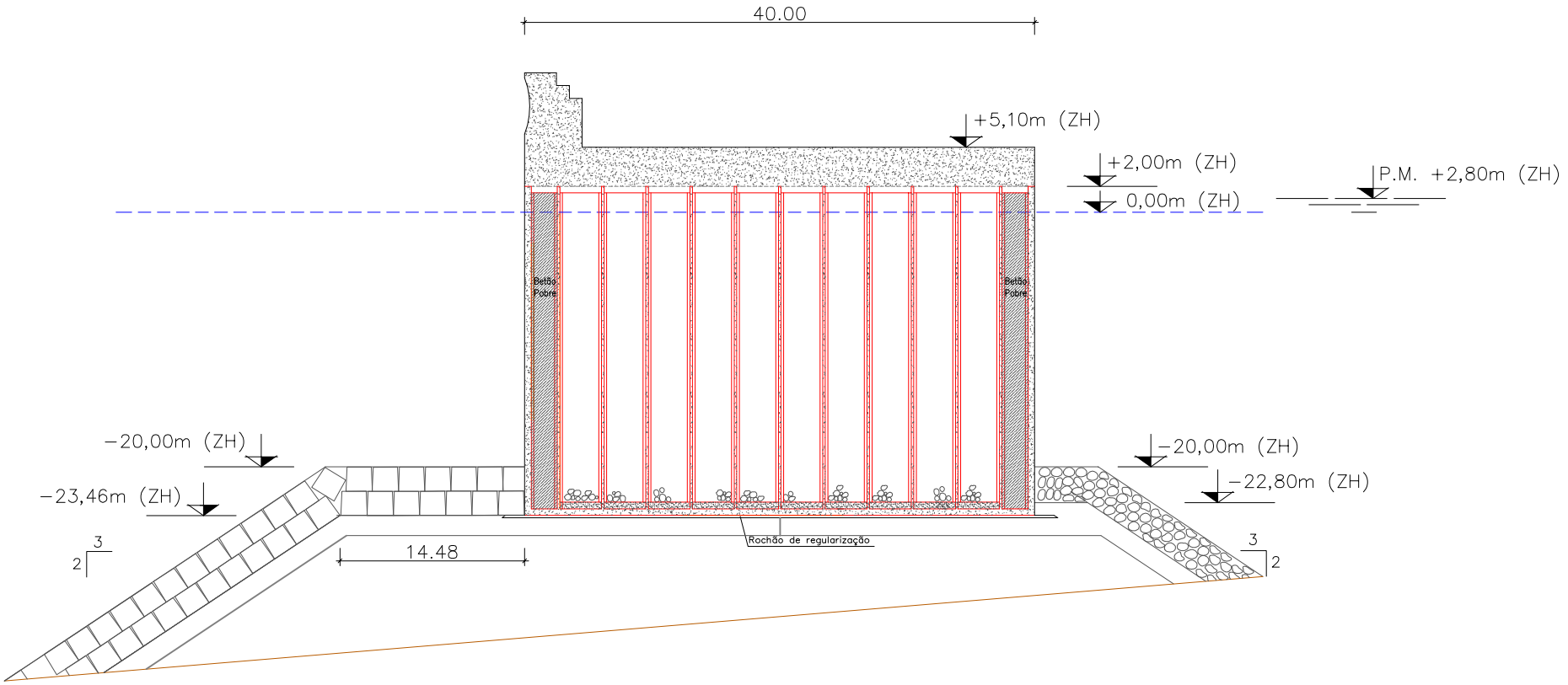

PERFIL BB' | adoptando a largura mínima ESCALA 1:500



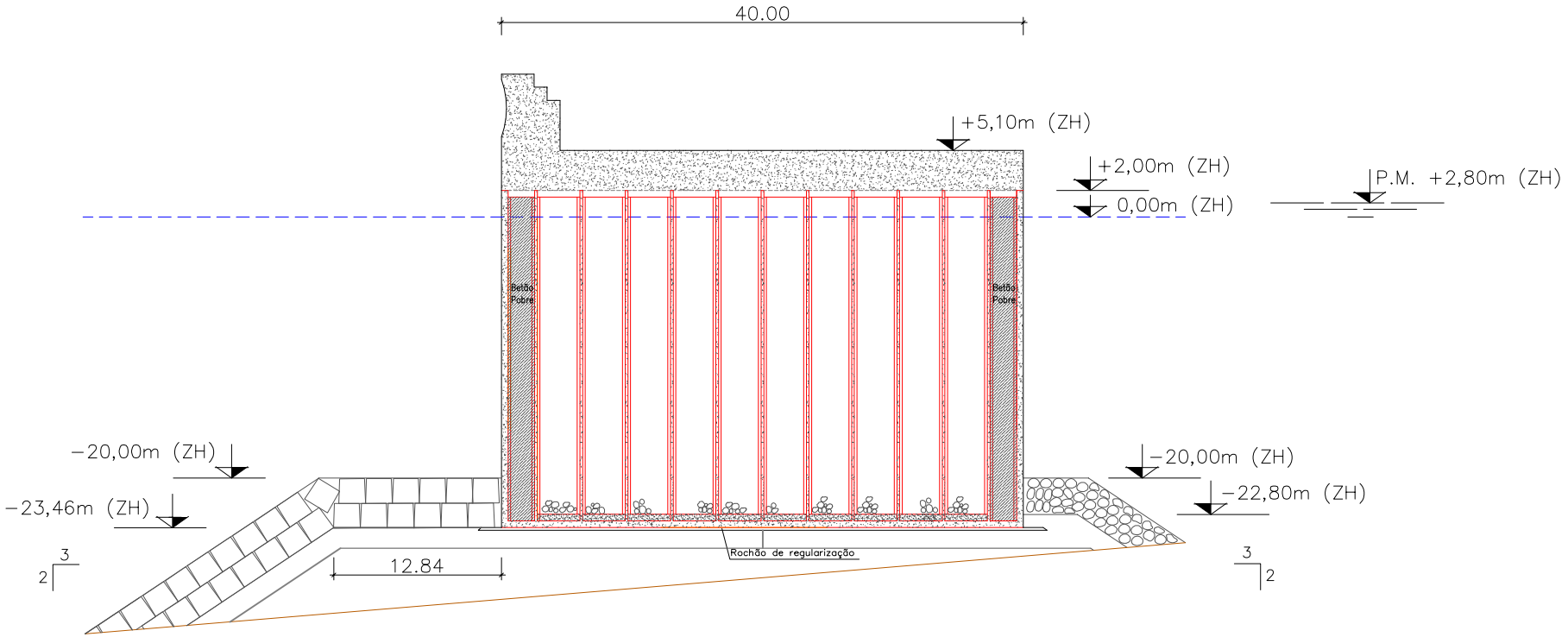

PERFIL CC' | adoptando a largura mínima ESCALA 1:500




PERFIL AA' | adoptando a largura do cais existente ESCALA 1:500




PERFIL BB' | adoptando a largura do cais existente ESCALA 1:500




PERFIL CC' | adoptando a largura do cais existente ESCALA 1:500

# 8

# SÍNTESE E CONCLUSÕES

O desenvolvimento portuário de uma determinada região, está estreitamente relacionado com as transformações económicas e sociais que essa região vai vivendo ao longo do tempo. Da análise histórica do desenvolvimento portuário da Região Autónoma da Madeira, verifica-se isso mesmo. A evolução portuária do arquipélago, deu-se por impulsos, obedecendo a solicitações impostas por cada momento histórico, acumulando uma diversidade de funções que foram suscitando algumas incompatibilidades.

Da evolução do porto do Funchal, podem retirar-se algumas conclusões no que diz respeito às potencialidades e condicionalismos físicos que a própria baía começou por oferecer, nos primórdios da ocupação do território. A costa Norte, está exposta à agitação marítima dominante, proveniente dos rumos de Oeste a Norte, violenta e muito persistente. A costa Sul, naturalmente abrigada pela própria ilha, está exposta a uma agitação caracterizada por um regime médio anual relativamente moderado. A costa da baía do Funchal, por estar exposta a sul, e por possuir características favoráveis no que diz respeito ao acesso ao mar, pelas praias da baía, destacou-se desde logo pelo seu potencial portuário. As condições batimétricas, bem como a morfologia da costa da baía do Funchal, tornaram-se decisivas para que ali se implantasse o porto. As ligações entre os dois rochedos fortificados e a baía, são quase na sua totalidade fundadas em afloramentos rochosos que ali existiam. Esse é, aliás, o maior segredo da sua estabilidade e durabilidade.

Um dos grandes problemas associados às condições físicas naturais, no que toca ao desenvolvimento físico da área acostável é a batimetria da baía do Funchal. Actualmente, a cabeça do quebramar sul já se encontra fundada a uma cota que ronda os -25 m (ZH).

Outro factor não menos importante, tem a ver com o facto da foz da ribeira de S. João estar inserida no interior da bacia portuária. Para além dos naturais detritos arrastados pela ribeira, nomeadamente nas estações chuvosas, obrigarem a um controlo e a dragagens mais frequentes que o normal, há também o risco de se introduzir no interior da bacia portuária um caudal cheia não controlável, com todas as implicações que poderão daí advir, nomeadamente no que diz respeito a oscilações e correntes no interior do porto.

O porto do Funchal, possui grandes áreas de terraplenos que outrora serviram o antigo porto comercial da região que ali se implantava. Estas áreas estão a sofrer radicais mudanças no sentido de transformar o porto do Funchal numa nova centralidade, e num novo pólo de desenvolvimento turístico - comercial. Aproveitar toda a área existente, com uma política centrada em investimentos associados a infra-estruturas turísticas, no sentido de dotar o porto de características óptimas de conforto aos

turistas que visitam a ilha por intermédio dos navios de cruzeiro, mudará a sua imagem, e certamente transformará o porto num destino ainda mais atractivo para as linhas de cruzeiros que tradicionalmente operam na região, atraindo porventura outras, que certamente contribuirão para o aumento do tráfego.

Quanto ao porto comercial da Região, o porto do Caniçal, são de salientar alguns pontos importantes, como o afastamento em relação a áreas com forte pressão urbana, a flexibilidade para suportar o desenvolvimento de diversos tipos de cargas comerciais e a gestão integrada de todos os terminais com optimização de recursos humanos e materiais, favorecendo desta forma a elaboração de um tarifário racional e económico, como factores que favorecem o bom funcionamento deste porto.

Quanto às acessibilidades, foram reforçados os níveis de mobilidade intra-regional, com o desenvolvimento de uma moderna rede viária, constituída por vias rápidas e vias expresso, promovendo ligações rápidas e seguras entre o Porto do Caniçal e grande parte dos aglomerados urbanos e rurais da ilha da Madeira.

No que toca à agitação marítima, o problema da quantificação da agitação no porto, poderá ser melhorado dentro de alguns anos, com a continuação dos registo e tratamento de dados da bóia ondógrafo do Caniçal, os quais permitirão definir cada vez com maior precisão, as características da agitação que incide na baía do Caniçal. Analisando o exposto no Plano Director do Porto do Caniçal, conclui-se que não é possível avaliar com rigor a distribuição de rumos da agitação no Porto. Tanto o processo adoptado para determinar a direcção das ondas registadas no Funchal durante os dois primeiros anos de funcionamento, como os métodos de *"hindcast"*, apresentam limitações e margens de erro não desprezáveis. Da experiência resultam já alguns condicionamentos respeitantes à segurança com a entrada e saída de navios, bem como efeitos nas operações portuárias resultantes da ondulação, em situações de tempestades extremas, por galgamento e por difracção na cabeça do quebramar exterior.

Um dos factores mais importantes no desenvolvimento do porto do Caniçal, tem a ver com a Região Autónoma da Madeira constituir um *"hinterland"* com procura limitada das populações residente e flutuante nas Ilhas da Madeira e do Porto Santo. Só estabelecendo cenários de evolução da procura, dependentes da evolução económica mundial (crescimento ou recessão), considerando várias hipóteses, nomeadamente a possibilidade do *"transhipment"* no porto do Caniçal, associado à zona franca *"offshore"*, que poderá assumir uma percentagem expressiva na movimentação portuária, é que se poderão obter algumas respostas concretas no que ao aumento de tráfego, no porto do Caniçal diz respeito.

O Porto do Porto Santo é o mais pequeno dos três portos da Região. É sem dúvida aquele que menos perspectivas de desenvolvimento terá, a curto e médio prazo.

No que à agitação diz respeito, o facto do Porto Santo não possuir uma bóia ondógrafo de registo de agitação marítima, limita em muito, o conhecimento e a definição da agitação que atinge o porto. Como possível consequência, foi recentemente efectuada a substituição do manto resistente do quebramar exterior, por blocos cúbicos *"Antifer"* mais pesados e estáveis que os anteriores tetrápodes, que, segundo a Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, davam sinais de instabilidade e de pouca resistência.

Face às reduzidas dimensões da ilha do Porto Santo, e à pouca diversidade de oferta turística, limitada à praia, a alguma beleza natural e mais recentemente também ao golfe, a atractividade do Porto Santo, no que ao turismo de cruzeiros diz respeito é necessariamente menor. Contudo, admite-se que politicas de promoção do destino poderão ser implementadas, como por exemplo, a oferta de descontos em taxas portuárias aos navios que façam escala no Funchal, e de seguida no Porto Santo.

O porto do Funchal possui, actualmente, quatro postos de acostagem aptos a receber a generalidade dos navios de cruzeiro que operam no atlântico. No entanto, torna-se necessário perspectivar a possibilidade de aumentar a oferta de acostagem, reproduzida num aumento do número de postos.

Por proposta da Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira SA, estudaram-se neste trabalho várias hipóteses de ampliação para porto do Funchal e fez-se um pré-dimensionamento de uma ampliação do quebramar sul do Porto.

Ainda que a inclusão de um cais acostável no quebramar da marina do Funchal seja economicamente aliciante no sentido de procurar suprir as necessidades acostáveis do porto, não se aconselha a sua construção, sem que antes sejam acauteladas medidas de protecção, em relação à agitação. Propõe-se duas fases distintas de ampliação. É impreterível que uma primeira fase passe por um prolongamento do quebramar sul do porto. O prolongamento do quebramar sul não só protegerá a bacia portuária da agitação incidente de sudeste, como também garantirá a segurança necessária à construção de um possível cais construído numa segunda fase, a situar-se no quebramar da marina do Funchal. De salientar ainda que o cais acostável a construir no quebramar da marina do Funchal, numa segunda fase, obrigará à remoção dos tetrápodes que neste momento ali existem, o que irá modificar necessariamente as condições de agitação no interior do Porto. Não obstante o futuro cais poder incluir elementos estruturais que permitam absorver, de alguma forma, a agitação no interior do porto, com vista a reduzir as reflexões e aumentar a segurança na bacia portuária, deverá ser elaborado um estudo de modelação numérica de propagação da agitação, complementado por um outro em modelo reduzido, com vista a avaliar o comportamento da agitação associada a esta alteração física.

Elaborou-se um estudo estatístico de análise de valores extremos de registos de agitação marítima, com base nos dados da bóia ondógrafo da Ponta da Cruz (Funchal). A determinação da altura de onda de projecto é de extrema importância no dimensionamento de uma estrutura marítima, dada a sua relação com a solicitação sobre a obra marítima, no que respeita à segurança e ao custo da construção. De facto, quanto maior for o primeiro parâmetro de cálculo maiores serão os níveis destes últimos. Com base nos valores dos coeficientes de correlação, concluiu-se que a distribuição de Gumbel era a que apresentava melhores condições, no sentido de se estimar o valor da altura de onda significativa, para a qual se definiu um período de retorno de 100 anos, e obteve-se o valor de 8,3 m.

Da análise de sensibilidade do período de onda, concluiu-se que de cada vez que se somava 2 segundos ao período médio, a largura da secção da estrutura vertical teria que ser aumentada em cerca de 25 cm, para que se verificasse a segurança ao derrube e ao escorregamento. Dada esta variação não ser muito significativa, optou-se por aplicar um período intermédio do intervalo de valores previamente estabelecido, isto é, T = 13 segundos.

Fez-se o pré-dimensionamento de uma ampliação do quebramar sul do porto do Funchal, com o pressuposto dos caixotões serem constituídos por 90% de betão pobre e 10% de betão armado. Neste pressuposto, concluiu-se que para que se verificasse a segurança, os caixotões teriam de medir pelo menos 24,5 metros de largura.

Por outro lado, fez-se também o pré-dimensionamento de uma ampliação do quebramar sul do porto, com o pressuposto de que os caixotões assumiam a largura do cais actualmente existente (40 metros). Neste pressuposto, concluiu-se que para que se verificasse a segurança, os caixotões deveriam ser compostos por 90% de um material cujo peso volúmico fosse igual ou superior a 18 KN/m$^3$ e 10% de betão armado (25 KN/m$^3$).

Partiu-se do principio que a fundação era estável e em rocha, calcularam-se as forças transmitidas ao cais pelas defensas e pelos maciços de amarração, e verificou-se a segurança ao derrube e ao escorregamento.

Apresentam-se elementos técnicos de dimensionamento que permitem a preparação de uma estimativa dos custos associáveis a uma possível intervenção, no porto do Funchal. Qualquer intervenção que se venha a fazer, no que diz respeito ao aumento da capacidade acostável do porto, terá que ser criteriosamente equacionada e estudada no sentido de se proceder a uma análise custo/beneficio que ultrapassa o âmbito deste estudo.

## BIBLIOGRAFIA

Figueira de Sousa, J. (2004). *O porto do Funchal no contexto do sistema portuário insular Regional.* Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa

Pereira, E (1989a). *Ilhas de Zarco vol. I.* Câmara Municipal do Funchal, Funchal

Pereira, E (1989b). *Ilhas de Zarco vol. II.* Câmara Municipal do Funchal, Funchal

PIANC e IAHP. (1997*). Approach Channels. A guide for design.* International Navigations Association.

PIANC. (2002). *Guidelines for the design of fenders systems.* International Navigations Association.

PIANC. (2003a). *State-of-the-Art of Designing and Constructing Berm Breakwaters.* International Navigations Association.

PIANC. (2003b). Brakwaters with Vertical and Inclined Concret Walls. International Navigations Association.

Portos da Madeira (2000) *…do passado…* . Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, SA. Funchal.

SEIA – Sociedade de Engenharia e Inovação Ambiental, SA (2000). *Estudo de Incidências Ambientais da Marina Leste do Funchal,* Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A, Funchal

Taveira Pinto, F. (s.d.). Design of vertical breakwaters submitted to the wave action.

Trelleborg (2001). *Fentek Marine Fendering Systems (2001).* Fentek Marine Systems GmbH.

Veloso Gomes, F. (1986). Estruturas marítimas expostas à agitação (Documentos de apoio à disciplina de Trabalhos Marítimos 1). FEUP.

Veloso Gomes, F., & Taveira Pinto, F & Carneiro Barros, R. (1985, revisão 1996). Agitação marítima Irregular (Documentos de apoio à disciplina de Trabalhos Marítimos 1). FEUP.

Veloso Gomes, F., & Taveira Pinto, F. (2008). Marés (Elementos de apoio às aulas da disciplina Trabalhos Marítimos 1). FEUP.

Veloso Gomes, F., & Taveira Pinto, F. (s.d.). Marés (Elementos de apoio às aulas da cadeira Trabalhos Marítimos 1). FEUP.

WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, LDA (1998). *Regime de Agitação Marítima, ondógrafo do Funchal – Nota Técnica.* Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A, Funchal

WW, PRIMA, CISED (2002). *Plano Director do porto do Funchal*. Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A, Funchal

WW, PRIMA, CISED (2003a). *Plano Director do porto do Caniçal*. Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A, Funchal

WW, PRIMA, CISED (2003b). *Plano Director do porto do Porto Santo.* Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A, Funchal

WW, PRIMA, CISED (2003c). *Plano Operacional do porto do Caniçal.* Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A, Funchal

# 9

# ANEXOS

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Registos Fotográficos históricos, e maquetas, (FEUP), da 3ª Fase de ampliação do Quebramar Sul do Porto do Funchal (Cabeça e Corpo do Quebramar). ..... 3

Anexo 2 - Registo e Previsão de movimentação Portuária. ..... 35

Anexo 3 - Actuais Perfis transversais tipo , Plano de Dragagens do Porto do Funchal, e Mapa de estradas da Ilha da Madeira. ..... 47

## ÍNDICE DE FIGURAS


FIG. 9.1 - PLANTA DO PORTO DO FUNCHAL. PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO 1953 – 1955. ..... 3
FIG. 9.2 – PLANTA DO CAIS DO PAUL DO MAR (SD). ..... 4
FIG. 9.3 – PLANTA DO CAIS DO PORTO MONIZ (SD). ..... 4
FIG. 9.4 – PLANTA DO MOLHE-CAIS DE MACHICO (SD). ..... 5
FIG. 9.5 – PLANTA DO CAIS DE PONTA DELGADA (SD). ..... 5
FIG. 9.6 – BAÍA DO FUNCHAL, AINDA SEM LIGAÇÃO ENTRE OS DOIS ILHÉUS – 1800. ..... 6
FIG. 9.7 - PORTO DE ABRIGO, CONSTITUÍDO PELO CAIS QUE FAZIA A LIGAÇÃO DO ILHÉU DO FORTE DE S. JOSÉ, À COSTA – 1800. ..... 6
FIG. 9.8 - CONSTRUÇÃO DO CAIS DE LIGAÇÃO AO ILHÉU DO FORTE DA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO – 1888. ..... 7
FIG. 9.9 – LIGAÇÃO ENTRE AS DUAS FORTIFICAÇÕES – DÉCADA DE 30 DO SÉCULO PASSADO. ..... 7
FIG. 9.10 - A CHEGADA DOS NAVIOS À CIDADE – PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 8
FIG. 9.11 – FORTE DA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO – DÉCADA DE 30 DO SÉCULO PASSADO. ..... 8
FIG. 9.12 - FORTE DA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO – 1934. ..... 9
FIG. 9.13 – DOIS NAVIOS ABRIGADOS ENTRE AS DUAS FORTIFICAÇÕES – 1934. ..... 9
FIG. 9.14 - NAVIOS ABRIGADOS ENTRE AS DUAS FORTIFICAÇÕES – DÉCADA DE 30 DO SÉCULO PASSADO. ..... 10
FIG. 9.15 – PEQUENAS EMBARCAÇÕES ABRIGADAS ENTRE AS DUAS FORTIFICAÇÕES DA BAÍA. ..... 10
FIG. 9.16 – EMBARCAÇÕES ABRIGADAS ENTRE AS DUAS FORTIFICAÇÕES - FINAIS DA DÉCADA DE 30 DO SÉCULO PASSADO. ..... 11
FIG. 9.17 – MOVIMENTAÇÃO COMERCIAL NA PRAIA DA BAÍA - PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 11
FIG. 9.18 - EMBARCAÇÃO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS ENTRE OS GRANDES NAVIOS E O CAIS DA CIDADE NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 12
FIG. 9.19 – NAVIO ENCALHADO NA BAÍA. ..... 12
FIG. 9.20 - MOVIMENTAÇÃO COMERCIAL NA PRAIA DA BAÍA - PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 13
FIG. 9.21 - MOVIMENTAÇÃO COMERCIAL NA PRAIA DA BAÍA - PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 13
FIG. 9.22 – BAÍA DO FUNCHAL NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 14
FIG. 9.23 - BAÍA DO FUNCHAL NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 15
FIG. 9.24 - MOVIMENTAÇÃO COMERCIAL NA PRAIA DA BAÍA - PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 15
FIG. 9.25 – PORTAS DA CIDADE – DÉCADA DE 30 DO SÉCULO PASSADO. ..... 16
FIG. 9.26 ACTIVIDADE SOCIAL NA MARGINAL DA BAÍA DO FUNCHAL – PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 16
FIG. 9.27 – VISTA OESTE DA BAÍA DO FUNCHAL - PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO PASSADO. ..... 17
FIG. 9.28 - ANTIGA LINHA FÉRREA DE ACESSO AO MONTE. ..... 17
FIG. 9.29 - A PERIFERIA DA CIDADE. ..... 18
FIG. 9.30 - VISTA AÉREA DA BAÍA – 1933. ..... 18
FIG. 9.31 – CAIS DA CIDADES, DEPOIS DE CONCLUÍDO, INAUGURADO EM 1933. ..... 19
FIG. 9.32 – PASSAGEIROS A EMBARCAR E DESEMBARCAR NO CAIS DA CIDADE – 1935. ..... 19
FIG. 9.33 – LANÇAMENTO DE UM CAIXOTÃO EM BETÃO ARMADO, DESTINADO AO QUEBRAMAR SUL DO PORTO – 1937. ..... 20
FIG. 9.34 - LANÇAMENTO DE UM OUTRO CAIXOTÃO EM BETÃO ARMADO, DESTINADO AO QUEBRAMAR SUL DO PORTO – 1937. ..... 20
FIG. 9.35 – QUEBRAMAR DA PONTINHA EM CONSTRUÇÃO, COM CAIXOTÕES COLOCADOS – 1937. UMA MAQUETA DESTES CAIXOTÕES, (PROPRIEDADE DA FEUP), PODE SER OBSERVADA NA FIG. 9.36. ..... 21
FIG. 9.36 - REGISTO FOTOGRÁFICO DA MAQUETA DO CAIXOTÃO TIPO DO CORPO DO QUEBRAMAR SUL, DA AMPLIAÇÃO DE 1938 (MUSEU FEUP). ..... 21
FIG. 9.37 – LANÇAMENTO DO CAIXOTÃO CELULAR, CIRCULAR, DESTINADO À CABEÇA DO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL – 1938. UMA MAQUETA DESTE CAIXOTÃO, (PROPRIEDADE DA FEUP), PODE SER OBSERVADA NA FIG. 9.38. ..... 22
FIG. 9.38 - REGISTO FOTOGRÁFICO DA MAQUETA, (EM BETÃO), DO CAIXOTÃO CIRCULAR DA CABEÇA DO QUEBRAMAR SUL, DA AMPLIAÇÃO DE 1938 (MUSEU FEUP). ..... 22
FIG. 9.39 – CAIXOTÃO CELULAR, CIRCULAR, DESTINADO À CABEÇA DO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL – 1938. ..... 23

FIG. 9.40 - QUEBRAMAR DA PONTINHA EM CONSTRUÇÃO, COM CAIXÕES COLOCADOS, E CAIXOTÃO CIRCULAR DESTINADO À CABEÇA EM FLUTUAÇÃO – 1938. ..... 23
FIG. 9.41 – BLOCO CIRCULAR DA CABEÇA DO QUEBRAMAR NA OCASIÃO DA COLOCAÇÃO – 1938. ..... 24
FIG. 9.42 – CAIXOTÃO DESTINADO À CABEÇA – 1938. ..... 24
FIG. 9.43 – CONSTRUÇÃO DA AVENIDA MARGINAL DO FUNCHAL – 1938. ..... 25
FIG. 9.44 – VISTA DO TÚNEL DO ILHÉU DE NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO – 1938. ..... 25
FIG. 9.45 – VISTA DO NOVO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL – 1938. ..... 26
FIG. 9.46 – ARMAZENAMENTO DE MERCADORIAS NO PORTO DO FUNCHAL – DÉCADA DE 40. ..... 26
FIG. 9.47 – COMPLEXO BALNEAR DO LIDO. ..... 27
FIG. 9.48 COMPLEXO BALNEAR DO LIDO FUSTIGADO PELA AGITAÇÃO MARÍTIMA. ..... 27
FIG. 9.49 - VISTA ESTE DA CIDADE. ..... 28
FIG. 9.50 - CAIS DA CIDADE FUSTIGADO PELA AGITAÇÃO MARÍTIMA. ..... 28
FIG. 9.51 - HIDROAVIÃO AMARADO NA BAÍA DO FUNCHAL. ..... 29
FIG. 9.52 - LANCHAS DE VENDEDORES A RONDAR UM NAVIO ACABADO DE CHEGAR À BAÍA DO FUNCHAL – DÉCADA DE 40. ..... 29
FIG. 9.53 - LANCHAS DE VENDEDORES A RONDAR UM NAVIO ACABADO DE CHEGAR À BAÍA DO FUNCHAL – DÉCADA DE 40. ..... 30
FIG. 9.54 - LANCHAS DE VENDEDORES A RONDAR UM NAVIO ACABADO DE CHEGAR À BAÍA DO FUNCHAL – DÉCADA DE 40. ..... 30
FIG. 9.55 – ESPECTÁCULO PIROTÉCNICO NA BAÍA DO FUNCHAL. ..... 31
FIG. 9.56 - ESPECTÁCULO PIROTÉCNICO NA BAÍA DO FUNCHAL. ..... 31
FIG. 9.57 - ESPECTÁCULO PIROTÉCNICO NA BAÍA DO FUNCHAL. ..... 32
FIG. 9.58 - DÉCADA DE 40 COM A AVENIDA DO MAR JÁ CONSTRUÍDA. ..... 32
FIG. 9.59 - A BAÍA E O CAIS DA CIDADE – DÉCADA DE 40 DO SÉCULO PASSADO. ..... 33
FIG. 9.60 - PORTO DO CANIÇAL - NAVIOS DE CARGA GERAL CONTENTORIZADA. ..... 35
FIG. 9.61 - PORTO DO CANIÇAL - MOVIMENTO DE CONTENTORES (ENTRADAS) EM T.E.U.´S. ..... 35
FIG. 9.62 - PORTO DO CANIÇAL - MOVIMENTO DE CONTENTORES (ENTRADAS) EM TONELADAS. ..... 36
FIG. 9.63 - PORTO DO CANIÇAL - NAVIOS DE CARGA GERAL FRACCIONADA (ENTRADAS). ..... 36
FIG. 9.64 – PORTO DO CANIÇAL - MOVIMENTO DE CARGA GERAL FRACCIONADA (ENTRADAS) EM TONELADAS. ..... 37
FIG. 9.65 - PORTO DO CANIÇAL - NAVIOS DE GRANÉIS SÓLIDOS (ENTRADAS) ..... 37
FIG. 9.66 - PORTO DO CANIÇAL - MOVIMENTO DE GRANÉIS SÓLIDOS (ENTRADAS) EM TONELADAS. ..... 38
FIG. 9.67 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE CARGA GERAL CONTENTORIZADA. ..... 38
FIG. 9.68 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE CONTENTORES (ENTRADAS) EM T.E.U.´S. ..... 39
FIG. 9.69 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE CONTENTORES (ENTRADAS) EM TONELADAS. ..... 39
FIG. 9.70 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE CARGA GERAL FRACCIONADA (ENTRADAS). ..... 40
FIG. 9.71 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE CARGA GERAL FRACCIONADA (ENTRADAS) EM TONELADAS. ..... 40
FIG. 9.72 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE GRANEIS SÓLIDOS (ENTRADAS). ..... 41
FIG. 9.73 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE GRANÉIS SÓLIDOS (ENTRADAS). ..... 41
FIG. 9.74 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE GRANEIS LÍQUIDOS (ENTRADAS). ..... 42
FIG. 9.75 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE GRANÉIS LÍQUIDOS (ENTRADAS). ..... 42
FIG. 9.76 - PORTO DO PORTO SANTO - ESCALAS DE NAVIOS DE TRANSPORTE REGIONAL. ..... 43
FIG. 9.77 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE PASSAGEIROS DO TRÁFEGO REGIONAL (DESEMBARCADOS) ..... 43
FIG. 9.78 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE AUTOMÓVEIS DO TRÁFEGO REGIONAL (ENTRADAS). ..... 44
FIG. 9.79 - PORTO DO PORTO SANTO NAVIOS CRUZEIROS TURÍSTICOS. ..... 44
FIG. 9.80 - PORTO DO PORTO SANTO - EMBARCAÇÕES DE RECREIO (ENTRADAS). ..... 45
FIG. 9.81 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE GUERRA. ..... 45
FIG. 9.82 - REDE DE ESTRADAS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA, (EM MAIOR DETALHE EM SUPORTE INFORMÁTICO) ..... 48

## 9.1 ANEXO 1 - REGISTOS FOTOGRÁFICOS HISTÓRICOS, E MAQUETAS, (FEUP), DA 3ª FASE DE AMPLIAÇÃO DO QUEBRAMAR SUL DO PORTO DO FUNCHAL (CABEÇA E CORPO DO QUEBRAMAR).

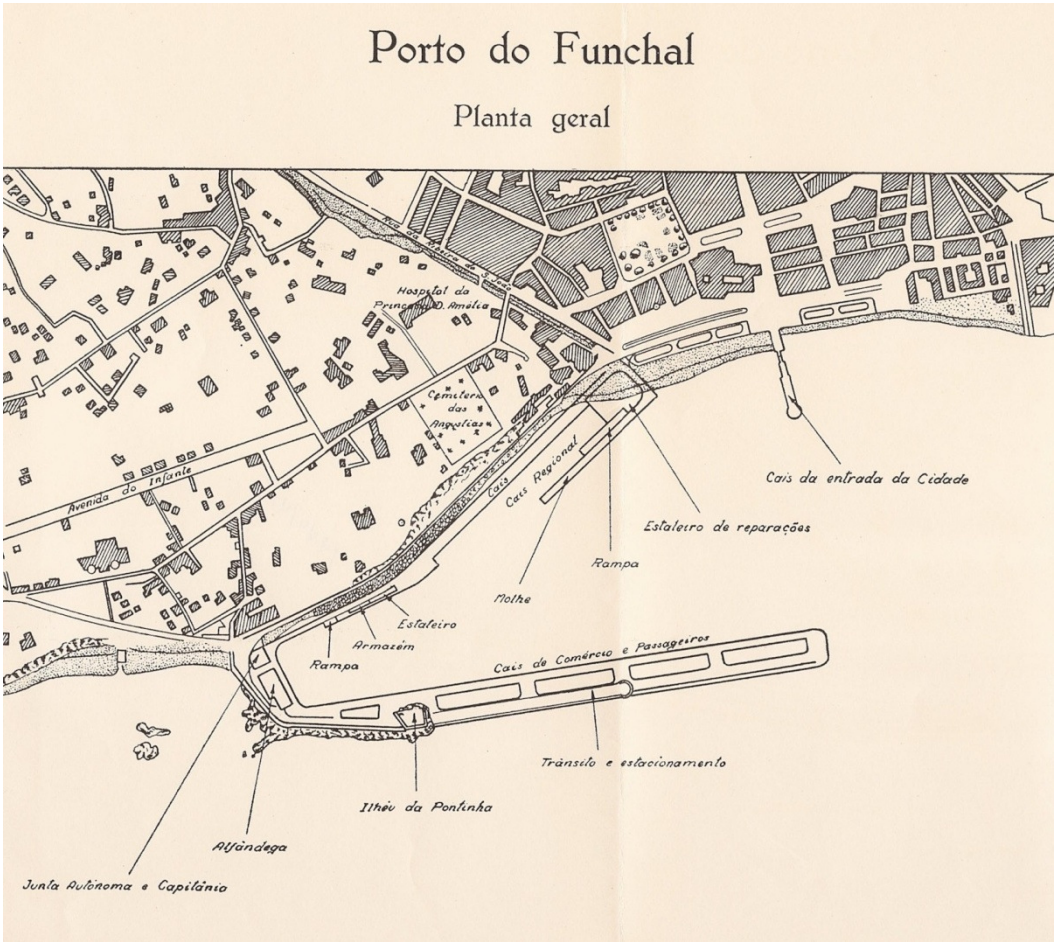



Fig. 9.1 - Planta do Porto do Funchal. Proposta de ampliação 1953 – 1955.

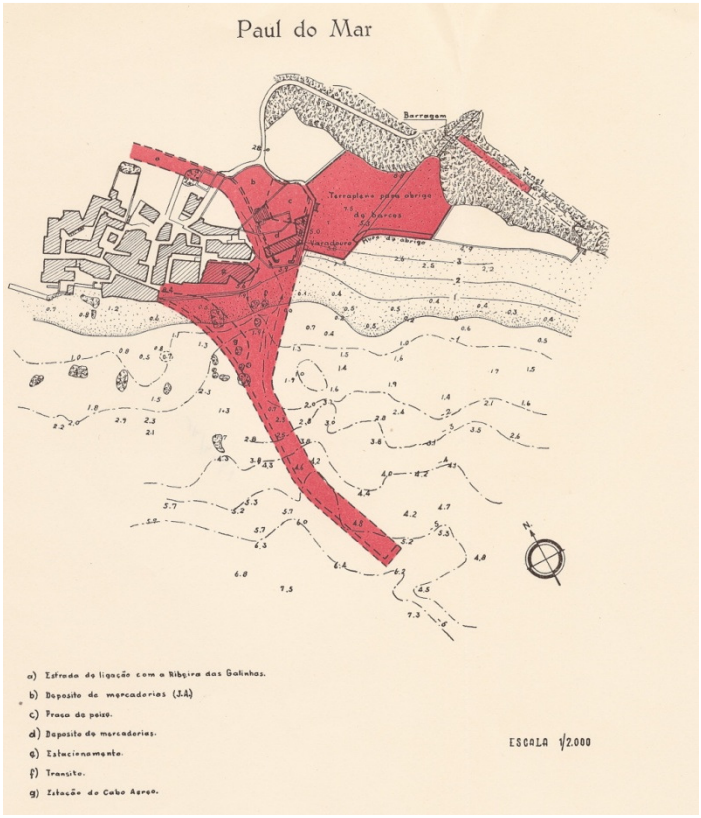



Fig. 9.2 – Planta do cais do Paul do Mar (sd).

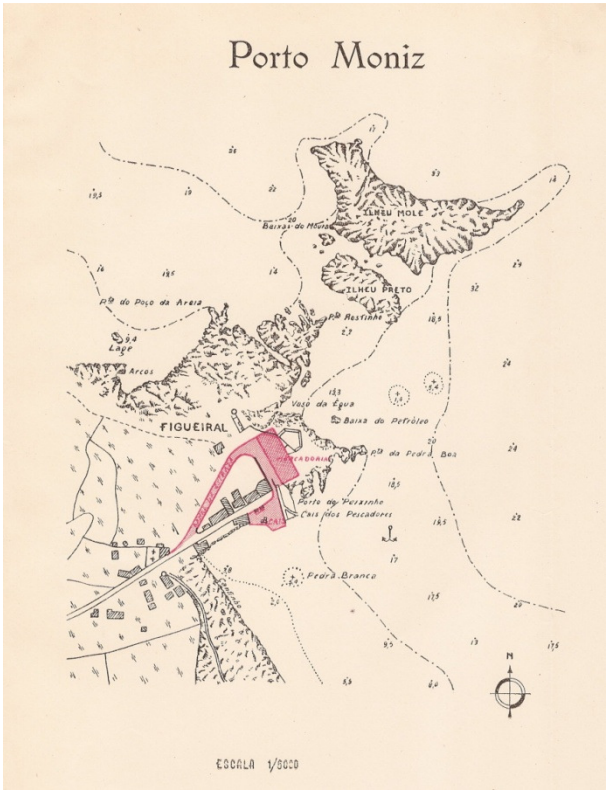



Fig. 9.3 – Planta do cais do Porto Moniz (sd).

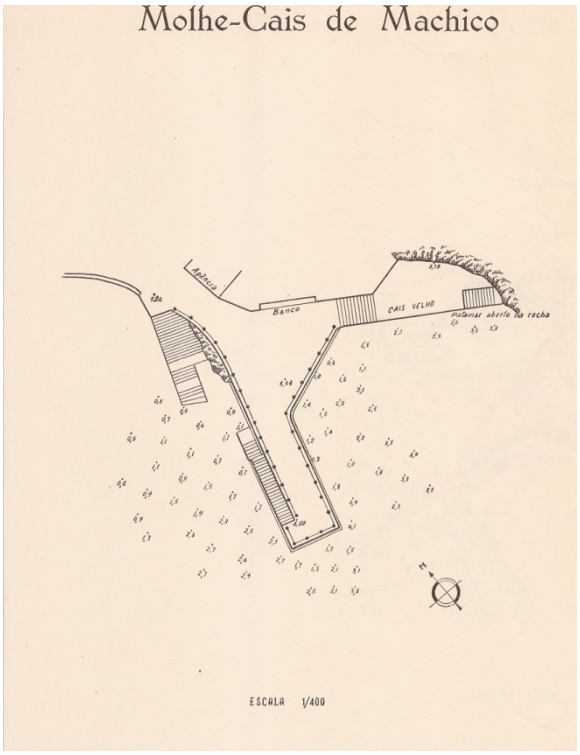



Fig. 9.4 – Planta do molhe-cais de Machico (sd).




Fig. 9.5 – Planta do cais de Ponta Delgada (sd).

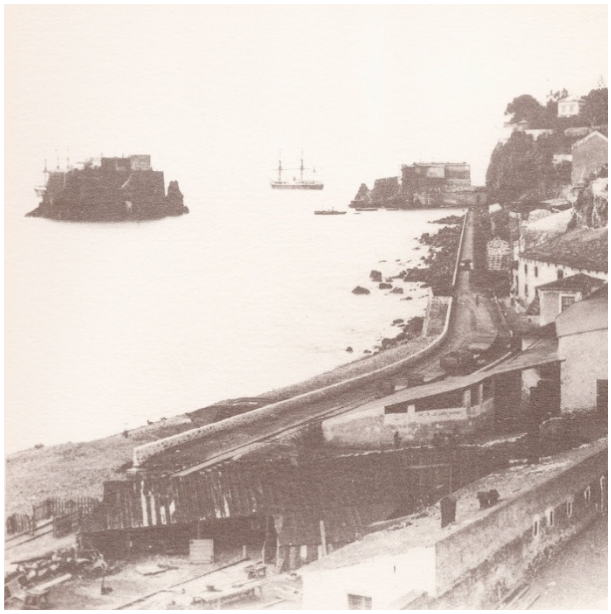


Fig. 9.6 – Baía do Funchal, ainda sem ligação entre os dois ilhéus – 1800.



Fig. 9.7 - Porto de Abrigo, constituído pelo cais que fazia a ligação do Ilhéu do Forte de S. José, à costa – 1800.

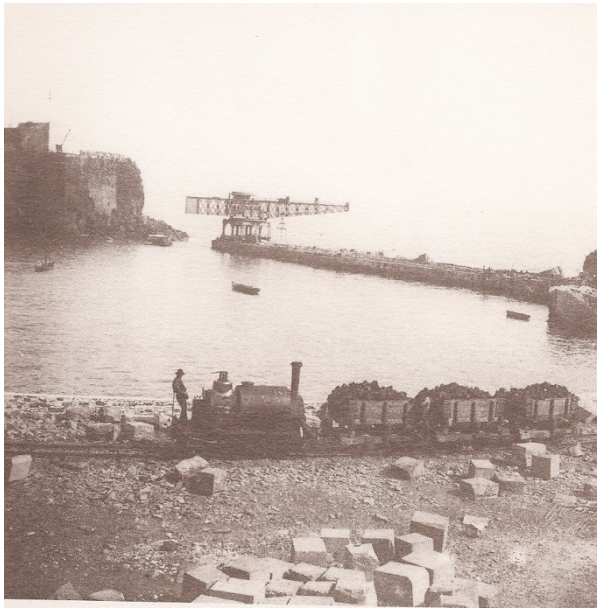


Fig. 9.8 - Construção do cais de ligação ao Ilhéu do Forte da Nossa Senhora da Conceição – 1888.



Fig. 9.9 – Ligação entre as duas fortificações – década de 30 do século passado.



Fig. 9.10 - A chegada dos navios à Cidade – primeira década do século passado.

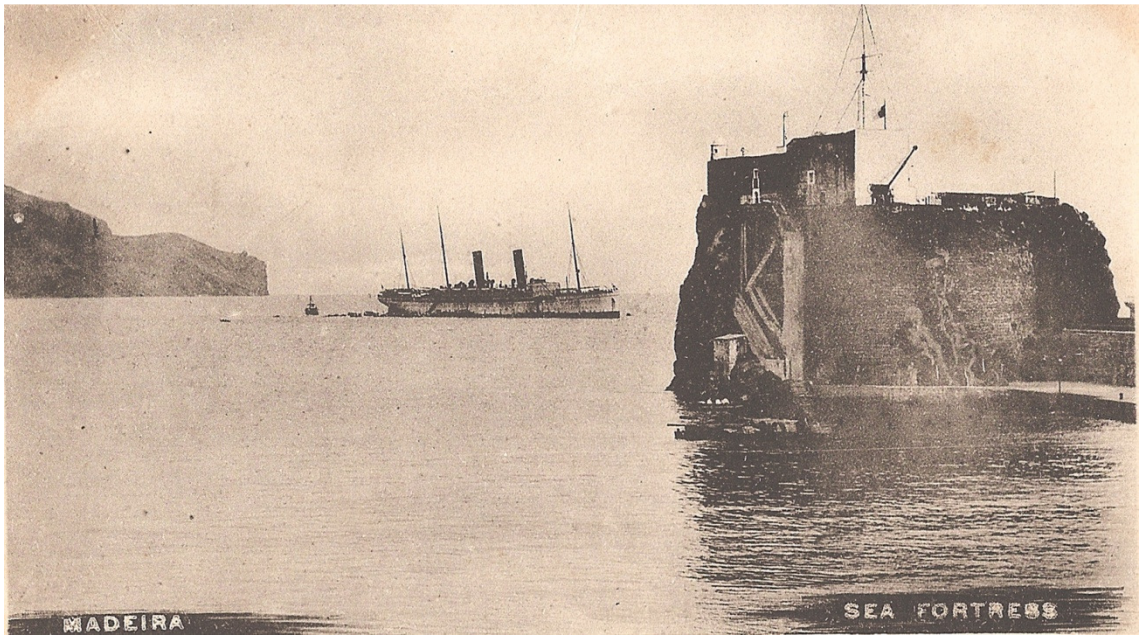



Fig. 9.11 – Forte da nossa senhora da Conceição – década de 30 do século passado.

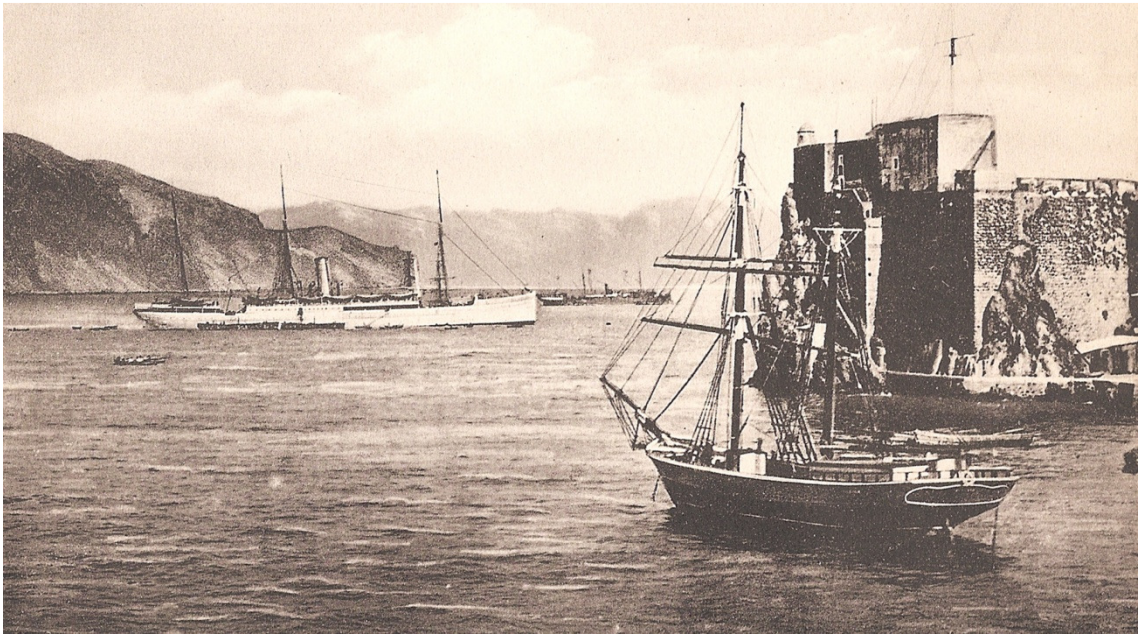


Fig. 9.12 - Forte da nossa senhora da Conceição – 1934.

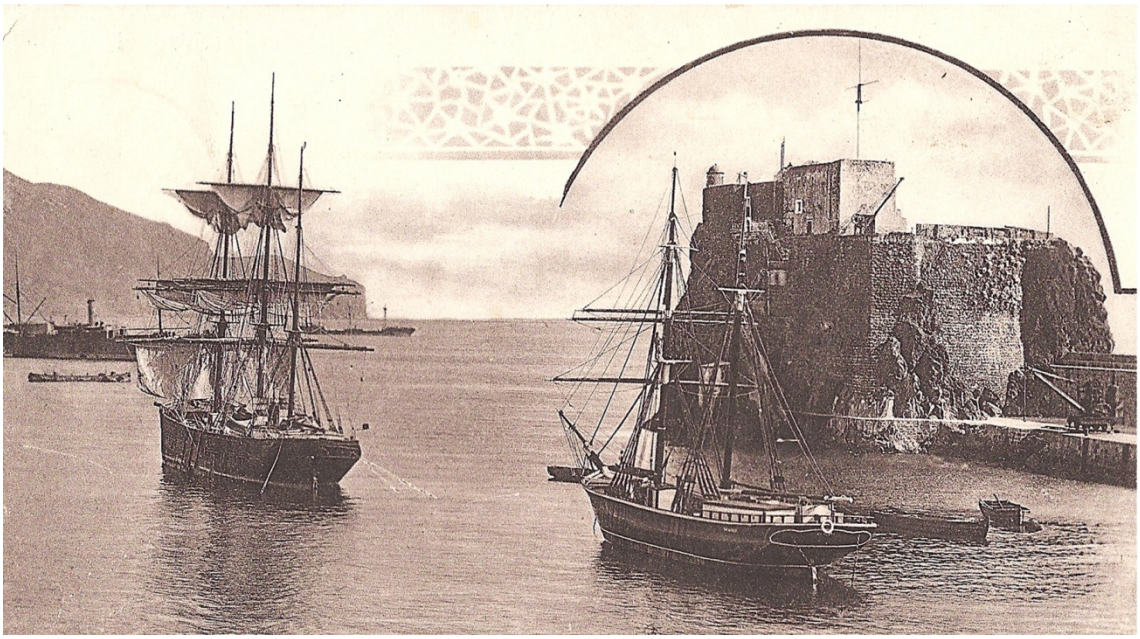


Fig. 9.13 – Dois navios abrigados entre as duas fortificações – 1934.

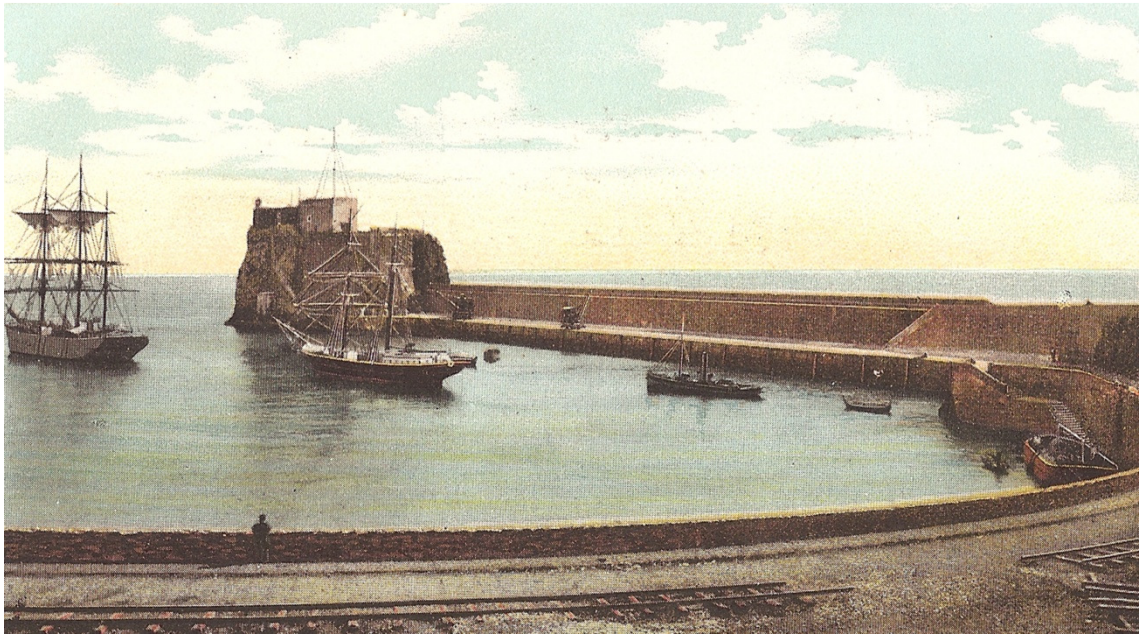


Fig. 9.14 - Navios abrigados entre as duas fortificações – década de 30 do século passado.



Fig. 9.15 – Pequenas embarcações abrigadas entre as duas fortificações da baía.



Fig. 9.16 – Embarcações abrigadas entre as duas fortificações - Finais da década de 30 do século passado.



Fig. 9.17 – Movimentação comercial na praia da baía - primeira década do século passado.



Fig. 9.18 - Embarcação de transporte de passageiros entre os grandes navios e o Cais da Cidade na primeira década do século passado.




Fig. 9.19 – Navio encalhado na baía.

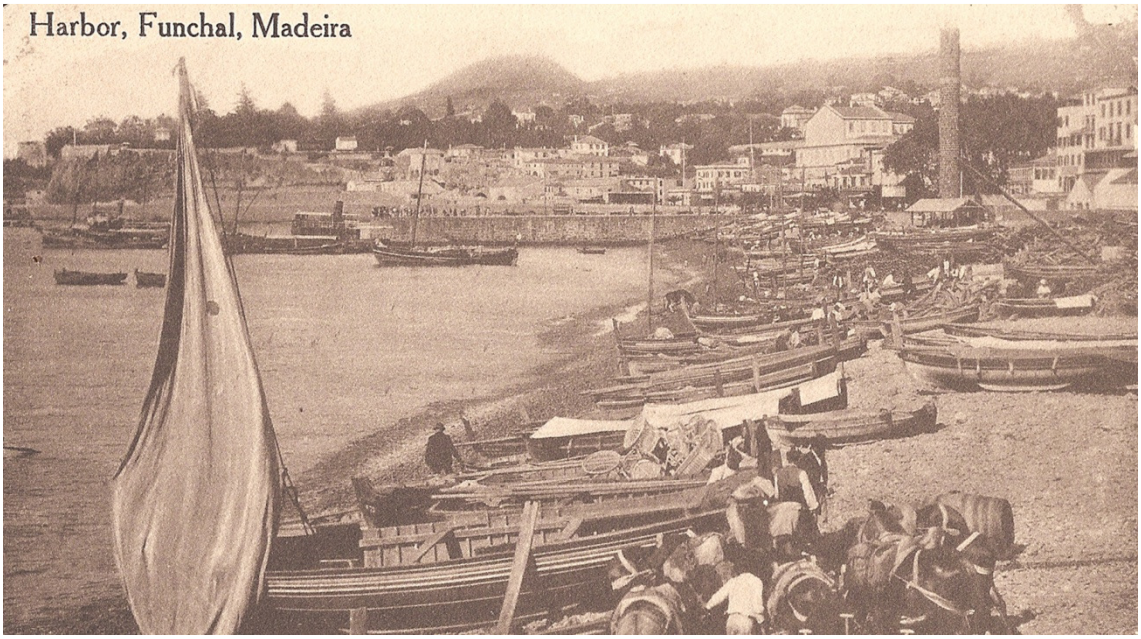



Fig. 9.20 - Movimentação comercial na praia da baía - primeira década do século passado.

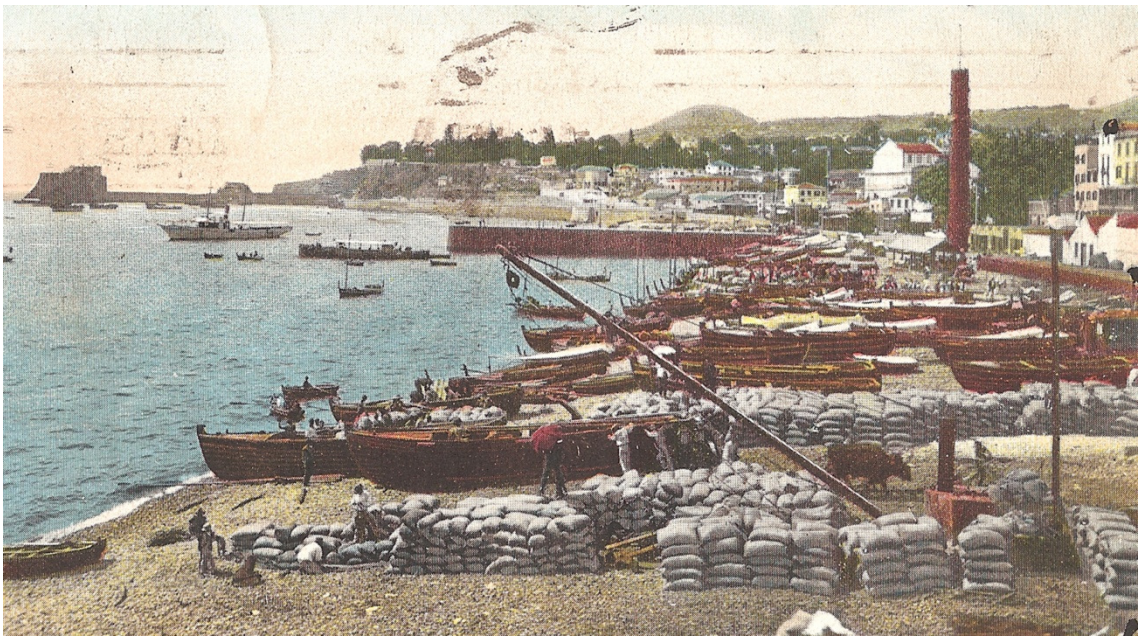


Fig. 9.21 - Movimentação comercial na praia da baía - primeira década do século passado.




Fig. 9.22 – Baía do Funchal na primeira década do século passado.




Fig. 9.23 - Baía do Funchal na primeira década do século passado.




Fig. 9.24 - Movimentação comercial na praia da baía - primeira década do século passado.

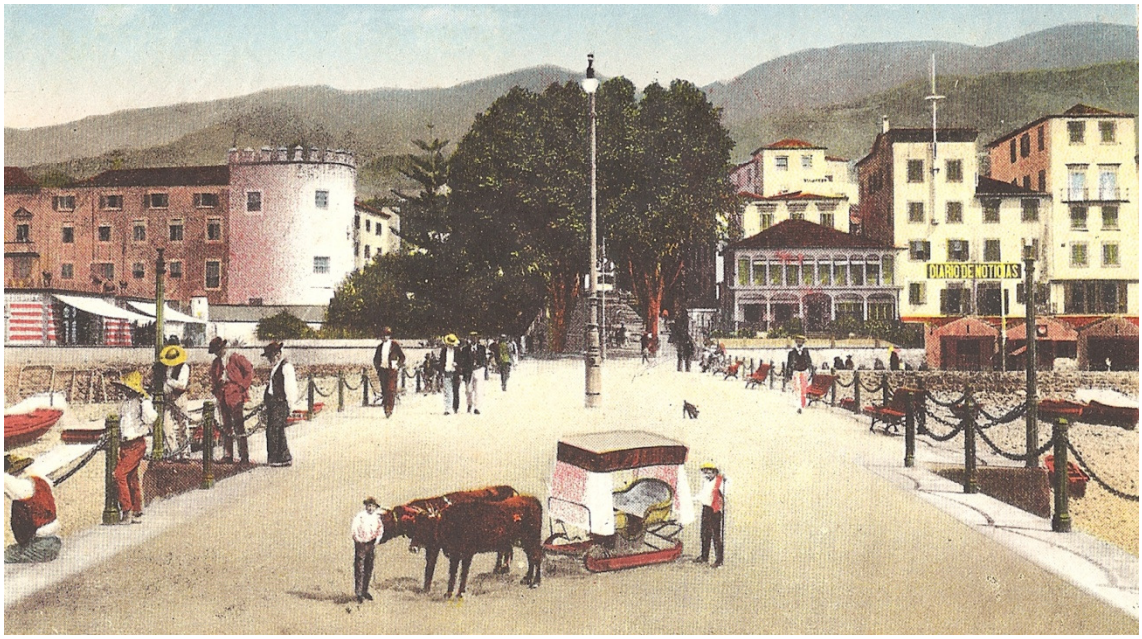



Fig. 9.25 – Portas da Cidade – década de 30 do século passado.



Fig. 9.26 Actividade social na marginal da baía do Funchal – primeira década do século passado.



Fig. 9.27 – Vista Oeste da baía do Funchal - primeira década do século passado.

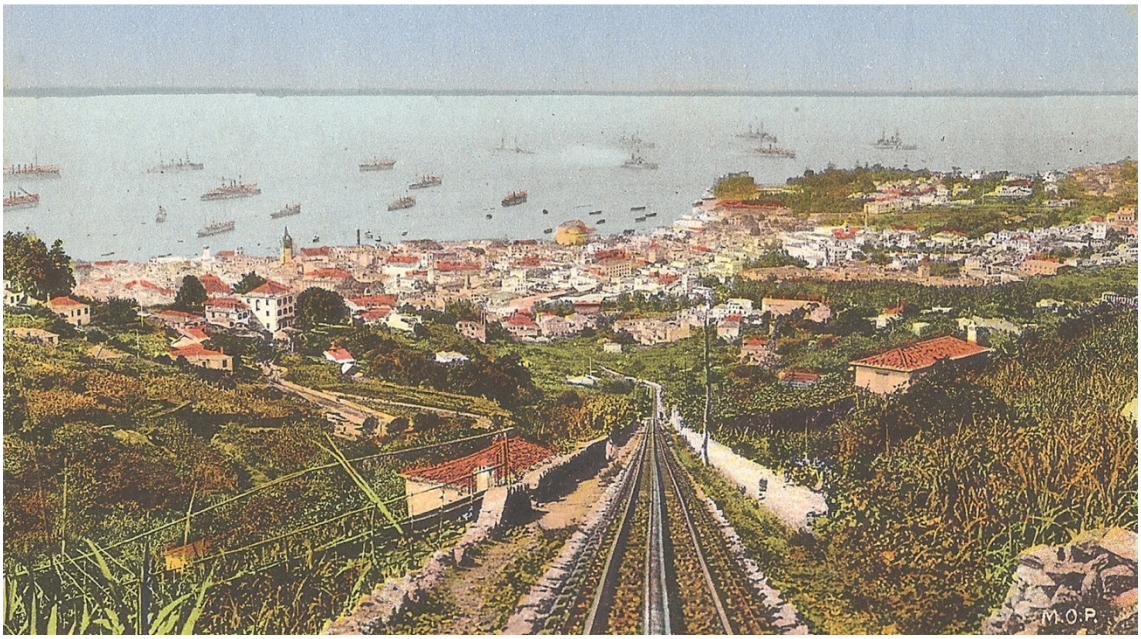



Fig. 9.28 - Antiga linha férrea de acesso ao Monte.



Fig. 9.29 - A periferia da Cidade.



Fig. 9.30 - Vista aérea da Baía – 1933.

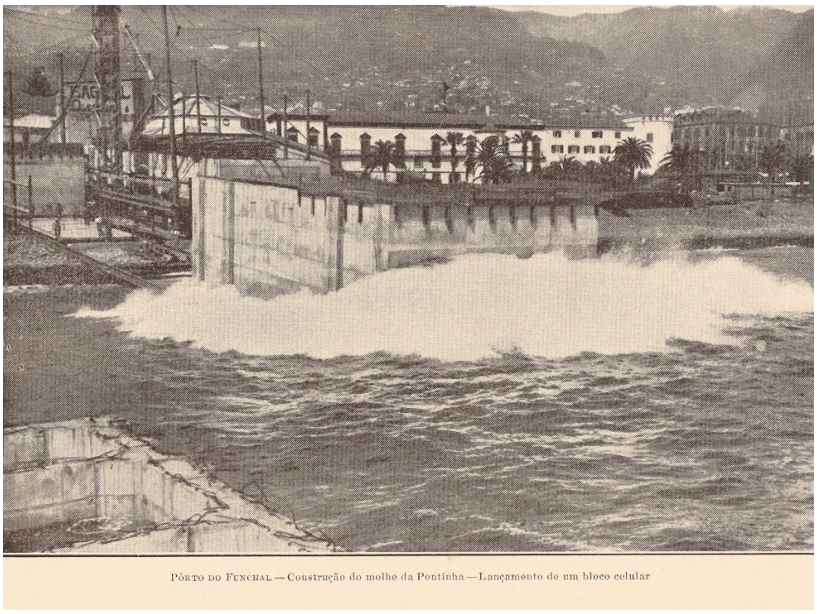


FUNCHAL — Cais da cidade, depois de concluído, inaugurado em 28 de Maio de 1933

Fig. 9.31 – Cais da Cidades, depois de concluído, inaugurado em 1933.

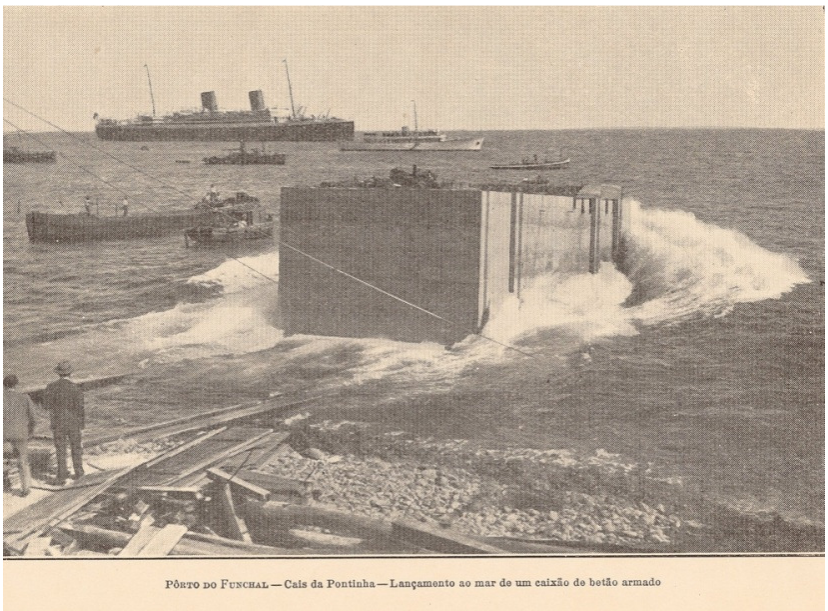


Fig. 9.32 – Passageiros a embarcar e desembarcar no cais da cidade – 1935.



PÔRTO DO FUNCHAL — Construção do molhe da Pontinha — Lançamento de um bloco celular

Fig. 9.33 – Lançamento de um caixotão em betão armado, destinado ao quebramar Sul do Porto – 1937.



PÔRTO DO FUNCHAL — Cais da Pontinha — Lançamento ao mar de um caixão de betão armado

Fig. 9.34 - Lançamento de um outro caixotão em betão armado, destinado ao quebramar Sul do Porto – 1937.

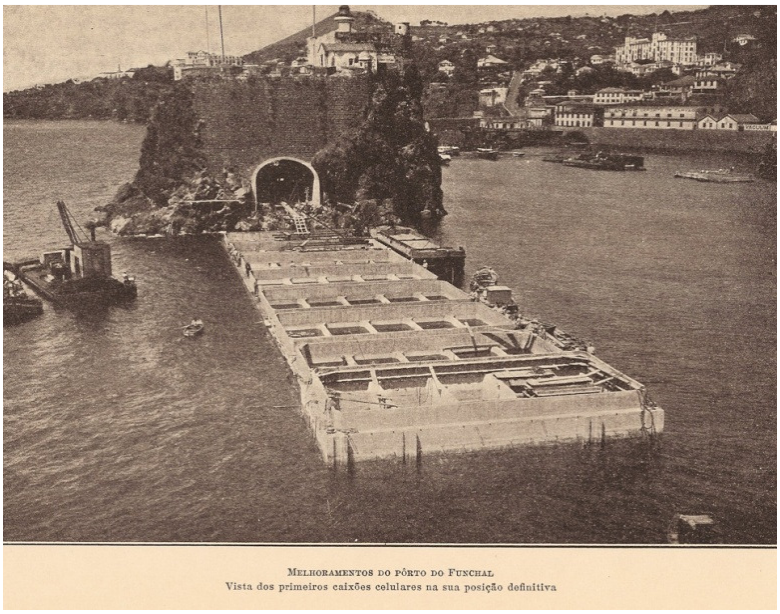



Fig. 9.35 – Quebramar da Pontinha em construção, com caixotões colocados – 1937. Uma maqueta destes caixotões, (propriedade da FEUP), pode ser observada na Fig. 9.36.



Fig. 9.36 - Registo fotográfico da maqueta do caixotão tipo do corpo do quebramar Sul, da ampliação de 1938 (Museu FEUP).



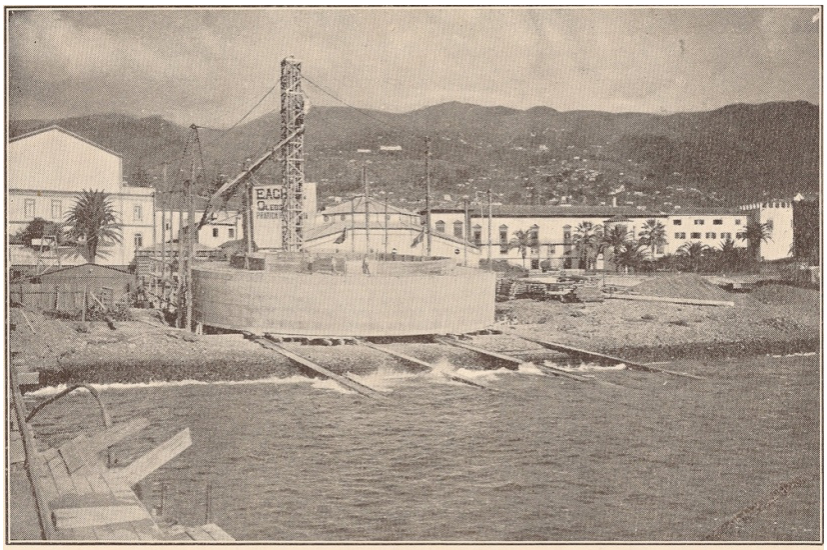
PÔRTO DO FUNCHAL

Lançamento ao mar do caixão celular, circular, de 28 metros de diâmetro, de betão armado, destinado à cabeça do quebra-mar da Pontinha, construído em carreira até à altura de 4m,50

Fig. 9.37 – Lançamento do caixotão celular, circular, destinado à cabeça do quebramar Sul do Porto do Funchal – 1938. Uma maqueta deste caixotão, (propriedade da FEUP), pode ser observada na Fig. 9.38.

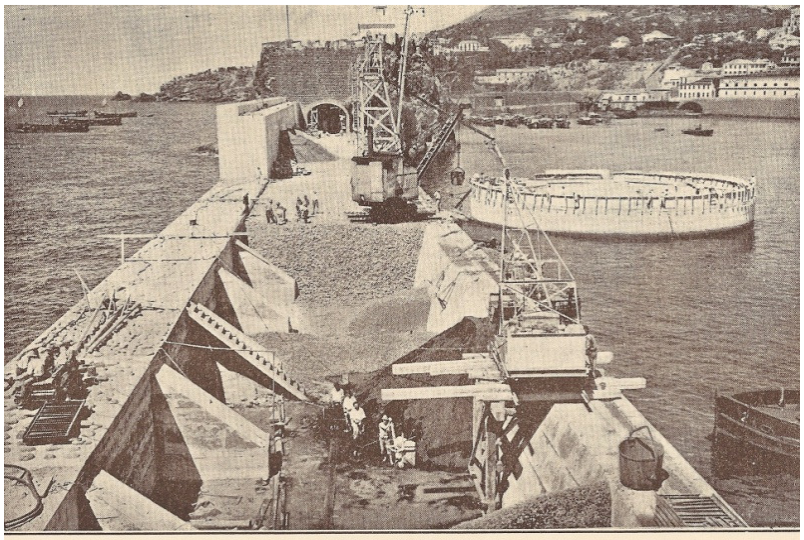


Fig. 9.38 - Registo fotográfico da maqueta, (em betão), do caixotão circular da cabeça do quebramar Sul, da ampliação de 1938 (Museu FEUP).



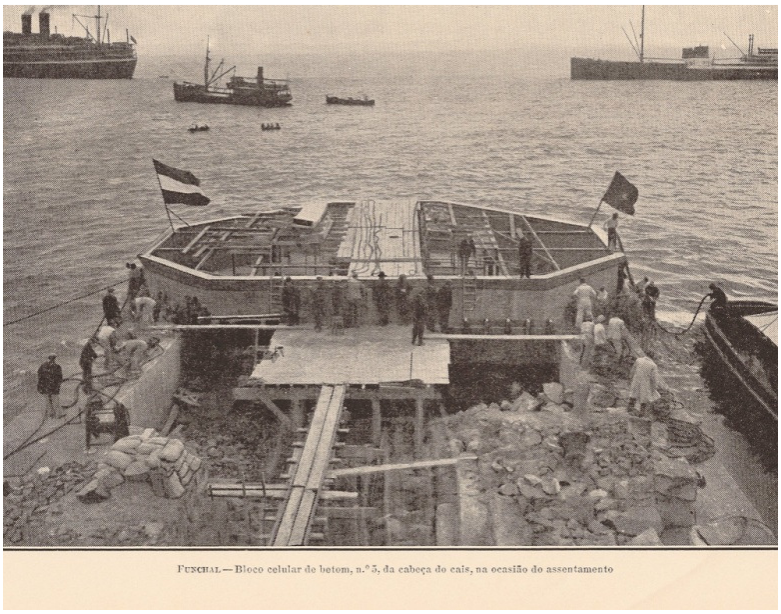
PÔRTO DO FUNCHAL — Caixão celular, circular, destinado à cabeça do quebra-mar da Pontinha — Outro aspecto

Fig. 9.39 – Caixotão celular, circular, destinado à cabeça do quebramar Sul do Porto do Funchal – 1938.



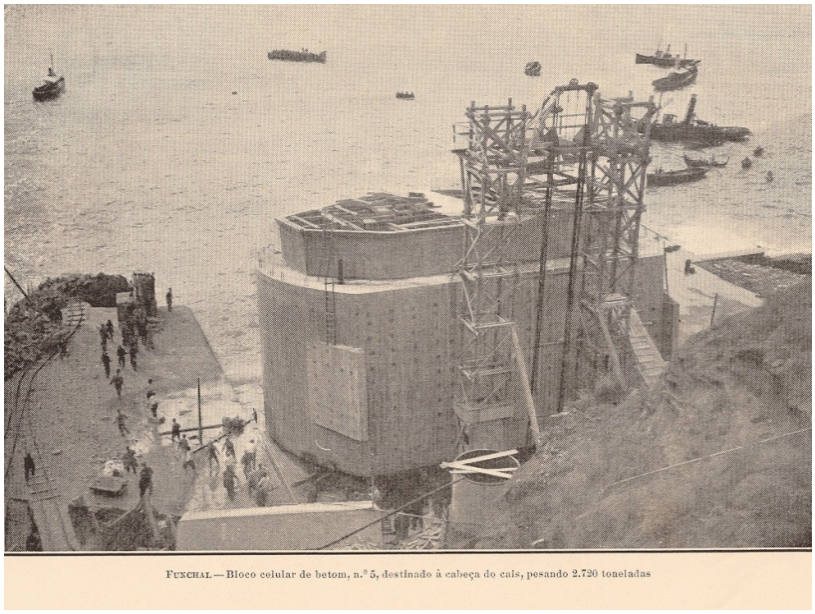
PÔRTO DO FUNCHAL — 1938
Construção do quebra-mar da Pontinha, vendo-se à direita o caixão circular destinado à cabeça, em flutuação

Fig. 9.40 - Quebramar da Pontinha em construção, com caixões colocados, e caixotão circular destinado à cabeça em flutuação – 1938.



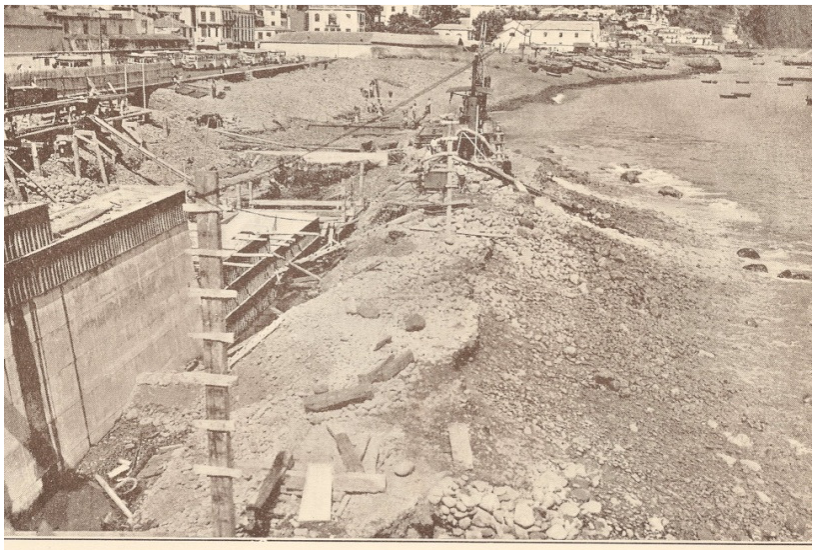
FUNCHAL — Bloco celular de betom, n.º 5, da cabeça do cais, na ocasião do assentamento

Fig. 9.41 – Bloco circular da cabeça do quebramar na ocasião da colocação – 1938.



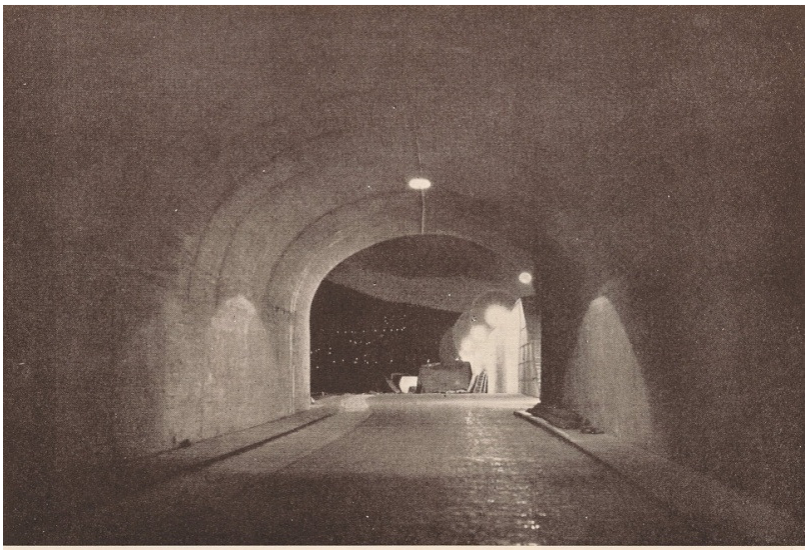
FUNCHAL — Bloco celular de betom, n.º 5, destinado à cabeça do cais, pesando 2.720 toneladas

Fig. 9.42 – Caixotão destinado à cabeça – 1938.



PÔRTO DO FUNCHAL — 1938
Construção do muro de suporte da Avenida Marginal

Fig. 9.43 – Construção da Avenida Marginal do Funchal – 1938.



ILHA DA MADEIRA
Vista nocturna do túnel através do Ilhéu da Pontinha, no Funchal

Fig. 9.44 – Vista do Túnel do Ilhéu de Nossa Senhora da Conceição – 1938.

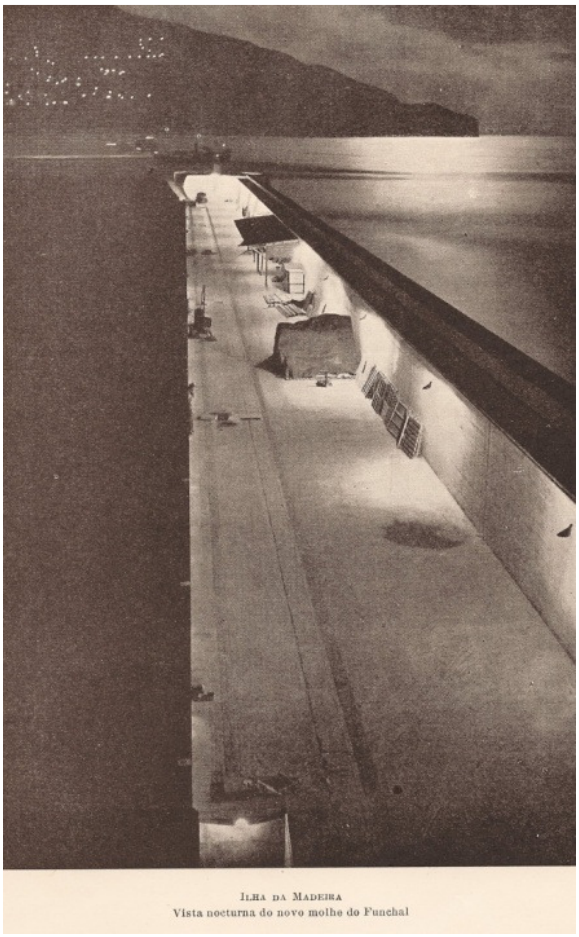



Fig. 9.45 – Vista do novo quebramar Sul do Porto do Funchal – 1938.



Fig. 9.46 – Armazenamento de mercadorias no Porto do Funchal – Década de 40.




Fig. 9.47 – Complexo Balnear do Lido.

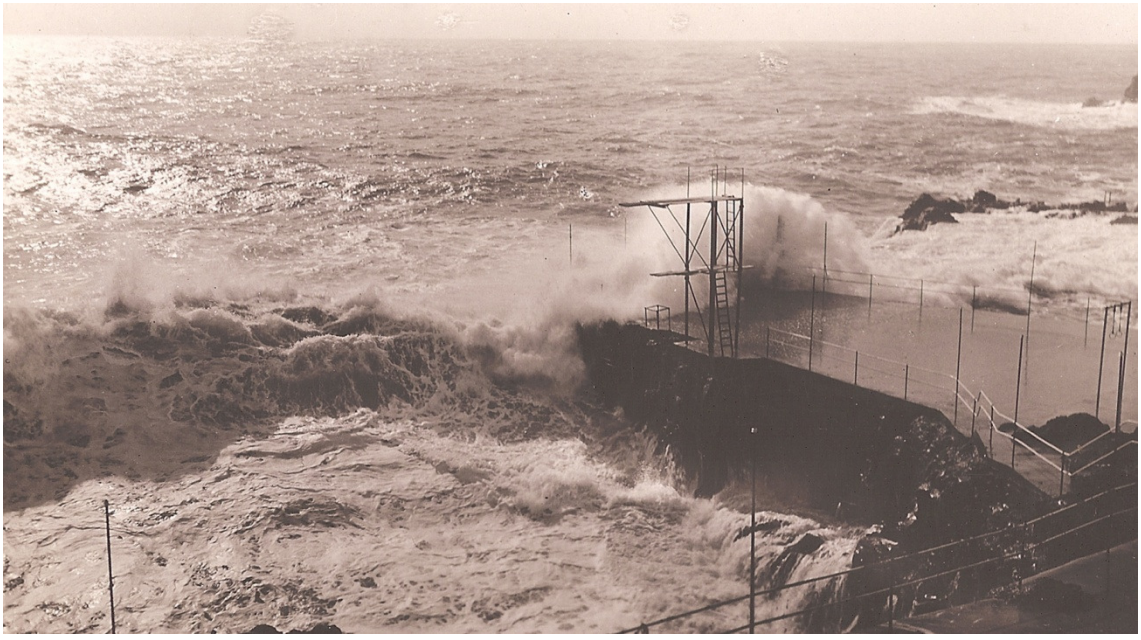


Fig. 9.48 Complexo Balnear do Lido fustigado pela agitação marítima.

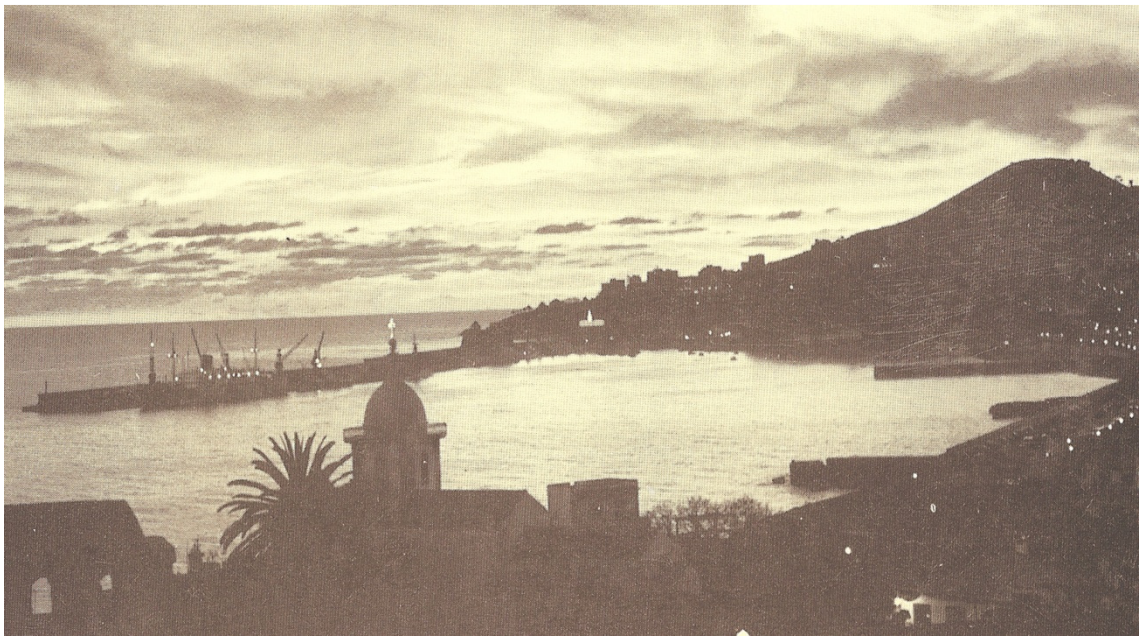


Fig. 9.49 - Vista Este da Cidade.

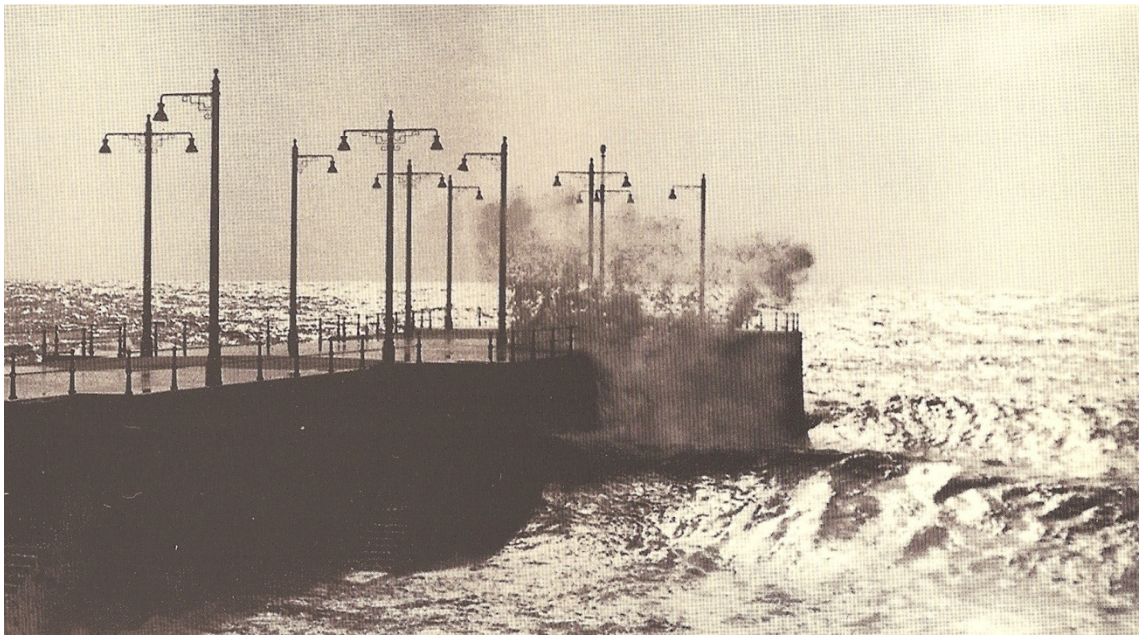


Fig. 9.50 - Cais da Cidade fustigado pela agitação marítima.



Fig. 9.51 - Hidroavião amarado na baía do Funchal.



Fig. 9.52 - Lanchas de vendedores a rondar um navio acabado de chegar à baía do Funchal – Década de 40.



Fig. 9.53 - Lanchas de vendedores a rondar um navio acabado de chegar à baía do Funchal – Década de 40.



Fig. 9.54 - Lanchas de vendedores a rondar um navio acabado de chegar à baía do Funchal – Década de 40.



Fig. 9.55 – Espectáculo pirotécnico na baía do Funchal.



Fig. 9.56 - Espectáculo pirotécnico na baía do Funchal.



Fig. 9.57 - Espectáculo pirotécnico na baía do Funchal.



Fig. 9.58 - Década de 40 com a Avenida do Mar já construída.



Fig. 9.59 - A baía e o cais da cidade – década de 40 do século passado.

## 9.2 ANEXO 2 – REGISTO E PREVISÃO DE MOVIMENTAÇÃO PORTUÁRIA.

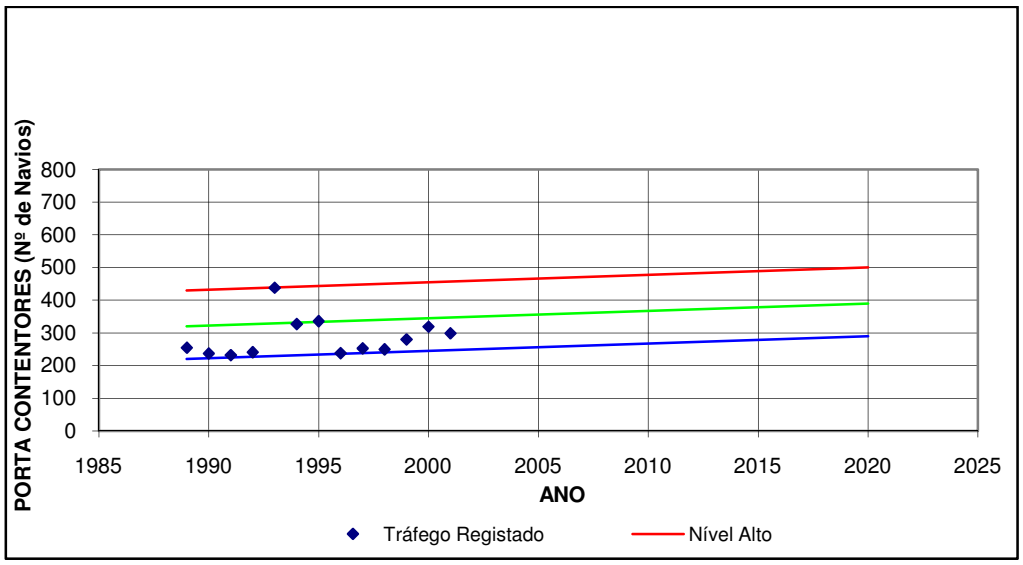



Fig. 9.60 - PORTO DO CANIÇAL - NAVIOS DE CARGA GERAL CONTENTORIZADA.

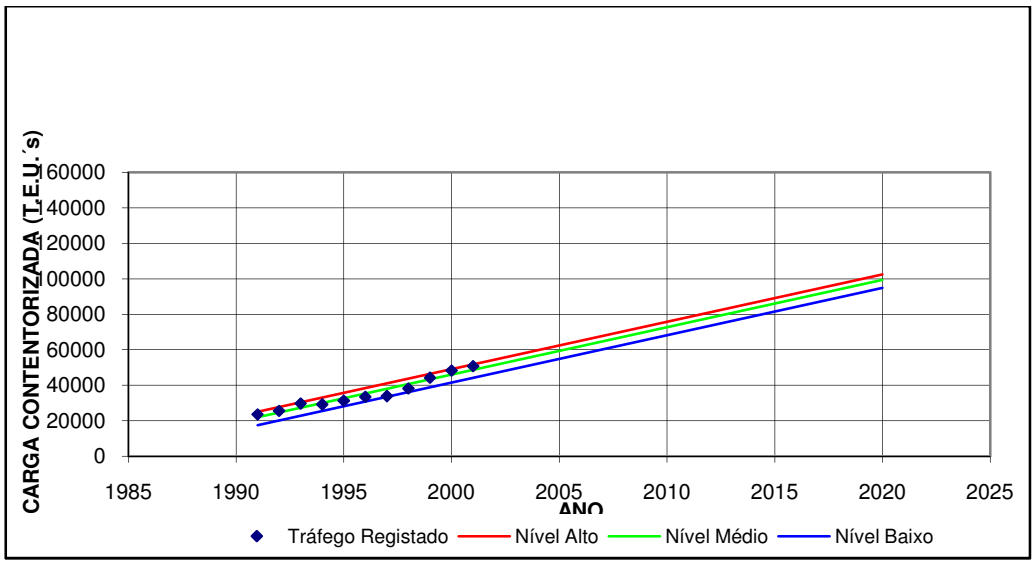



Fig. 9.61 - PORTO DO CANIÇAL - MOVIMENTO DE CONTENTORES (ENTRADAS) EM T.E.U.´s.

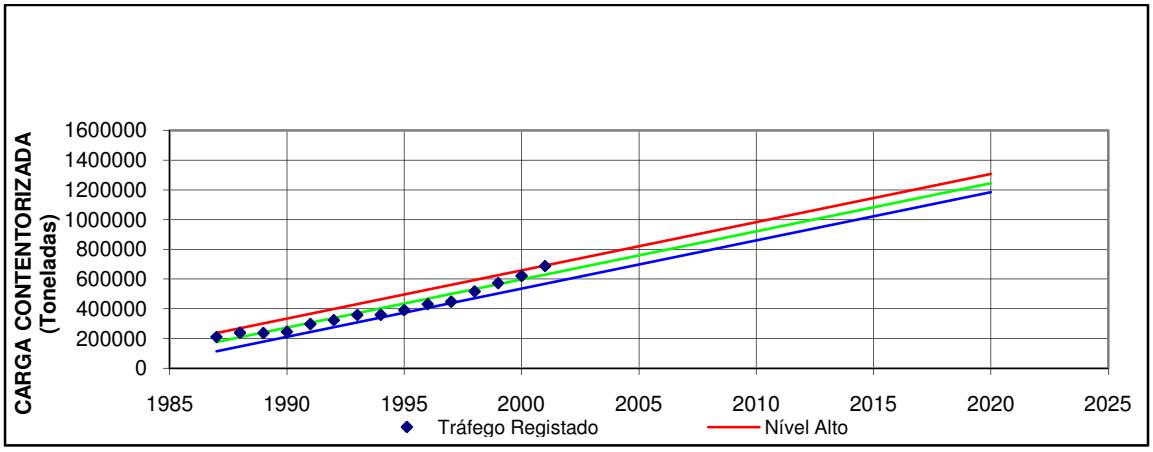



Fig. 9.62 - PORTO DO CANIÇAL - MOVIMENTO DE CONTENTORES (ENTRADAS) EM TONELADAS.

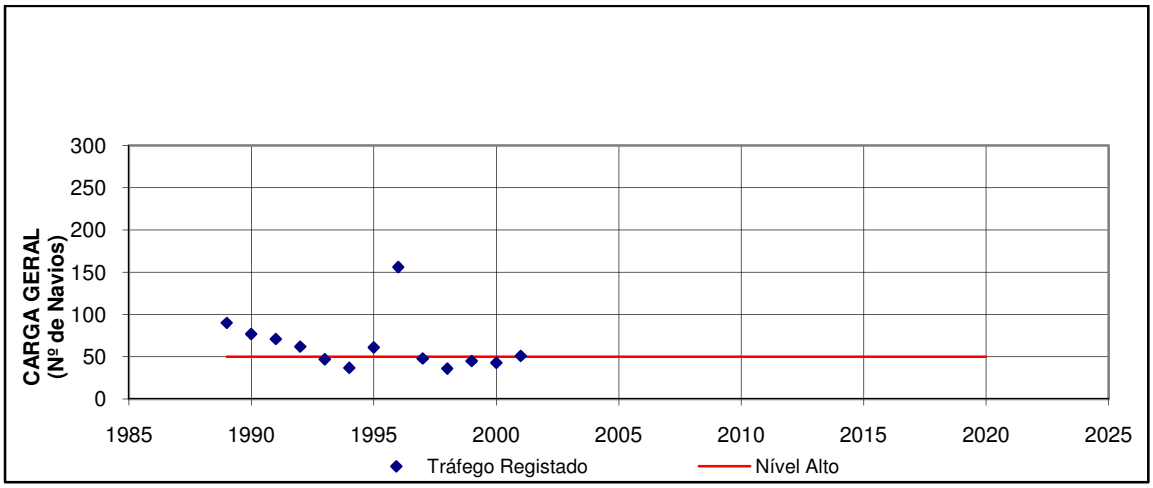



Fig. 9.63 - PORTO DO CANIÇAL - NAVIOS DE CARGA GERAL FRACCIONADA (ENTRADAS).

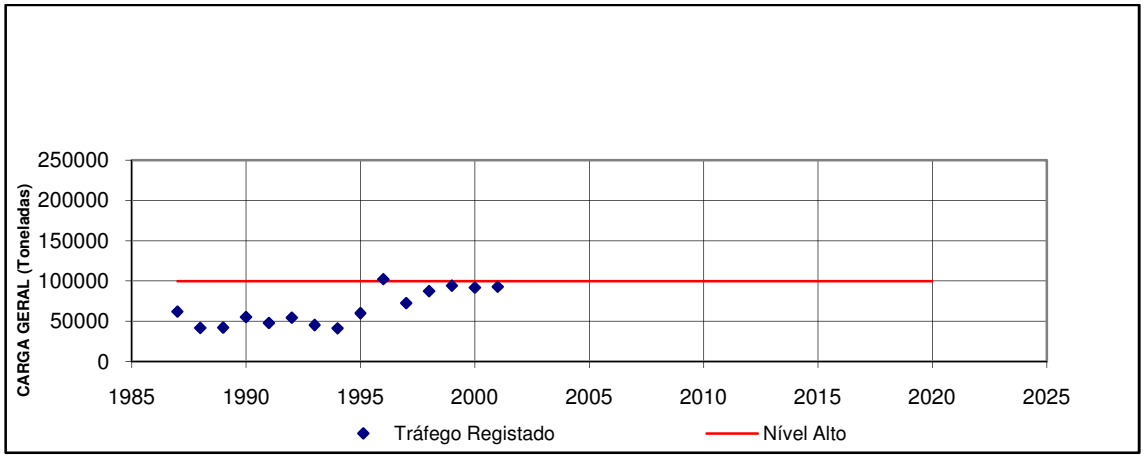



Fig. 9.64 – PORTO DO CANIÇAL - MOVIMENTO DE CARGA GERAL FRACCIONADA (ENTRADAS) EM TONELADAS.

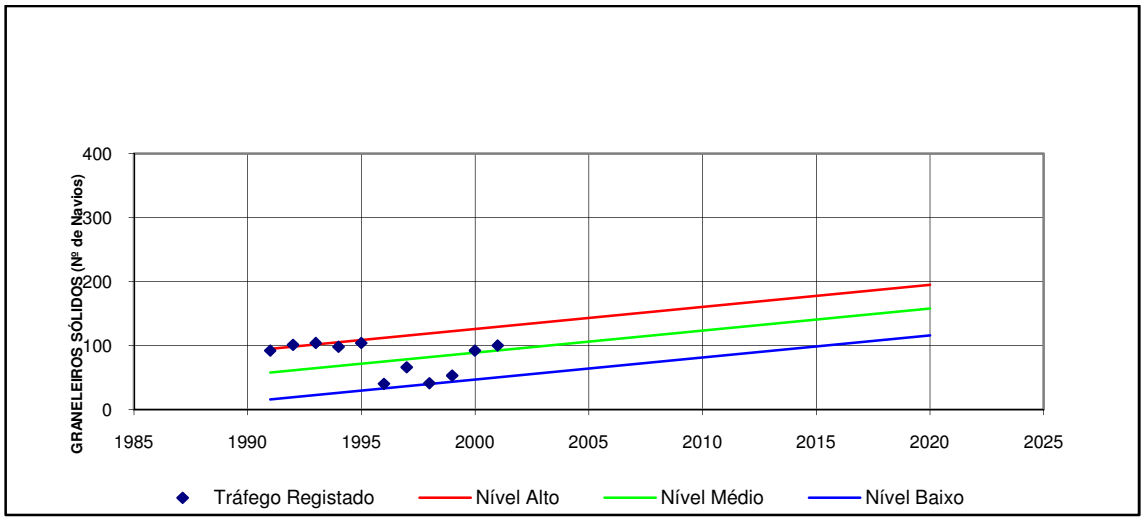



Fig. 9.65 - PORTO DO CANIÇAL - NAVIOS DE GRANÉIS SÓLIDOS (ENTRADAS)

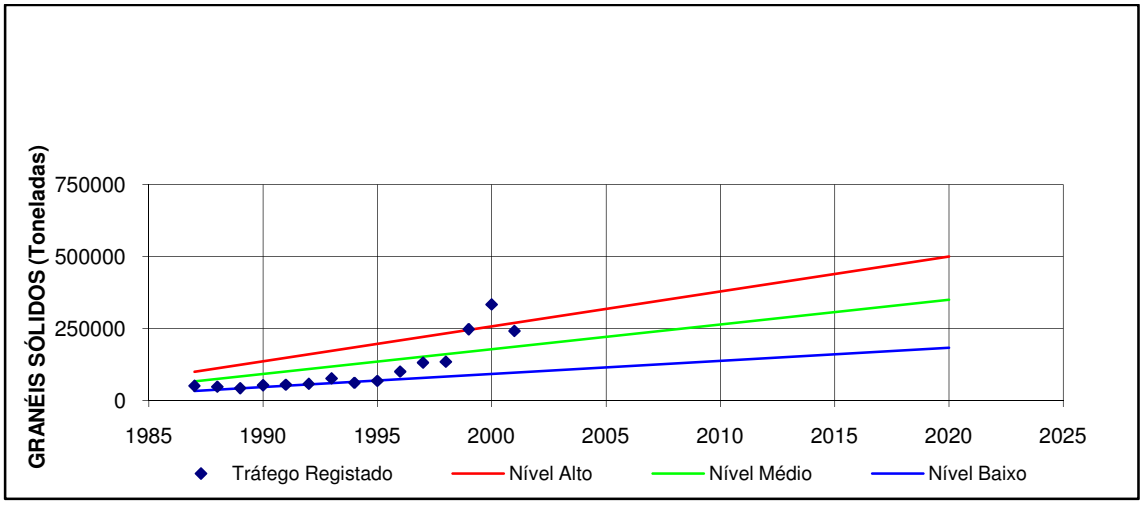



Fig. 9.66 - PORTO DO CANIÇAL - MOVIMENTO DE GRANÉIS SÓLIDOS (ENTRADAS) EM TONELADAS.

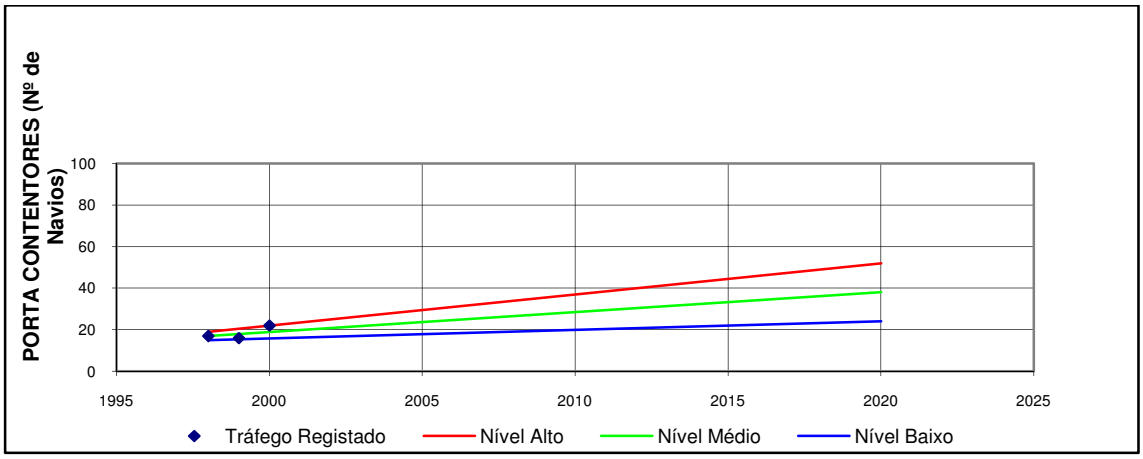



Fig. 9.67 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE CARGA GERAL CONTENTORIZADA.

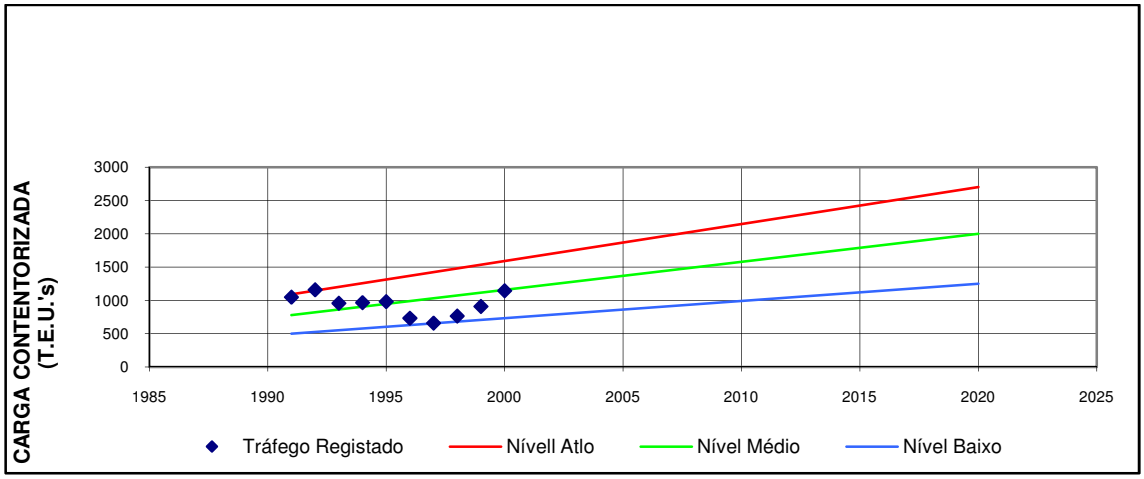



Fig. 9.68 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE CONTENTORES (ENTRADAS) EM T.E.U.´s.

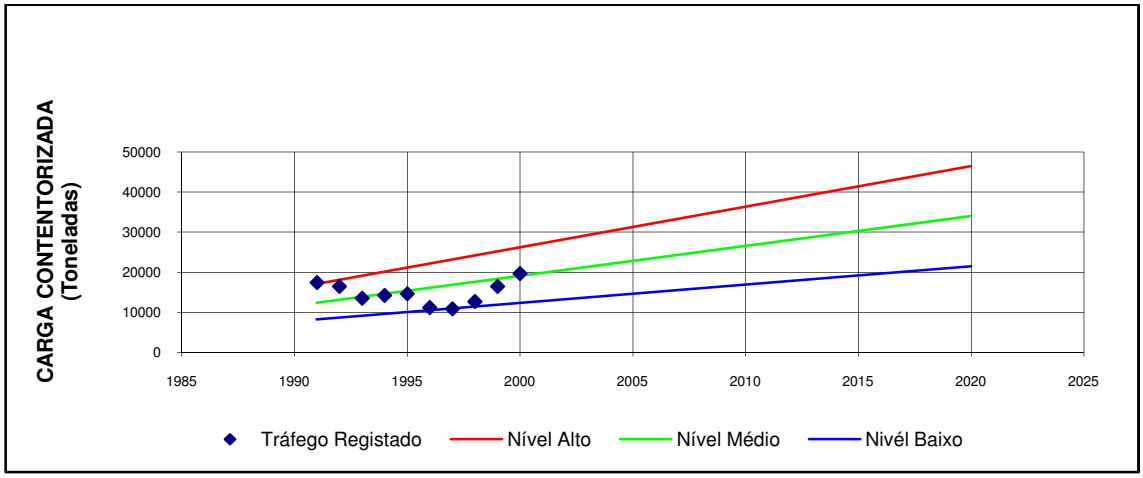



Fig. 9.69 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE CONTENTORES (ENTRADAS) EM TONELADAS.

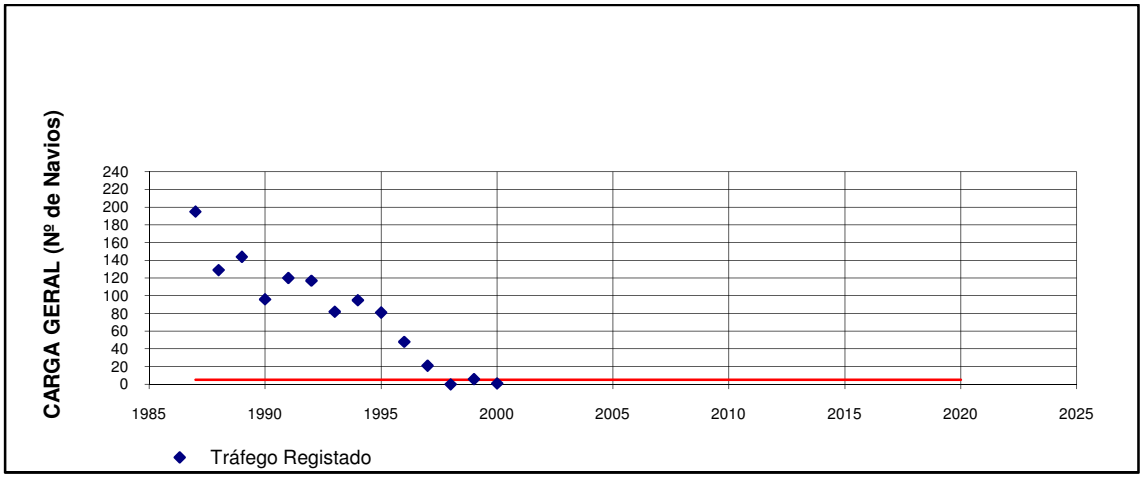



Fig. 9.70 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE CARGA GERAL FRACCIONADA (ENTRADAS).

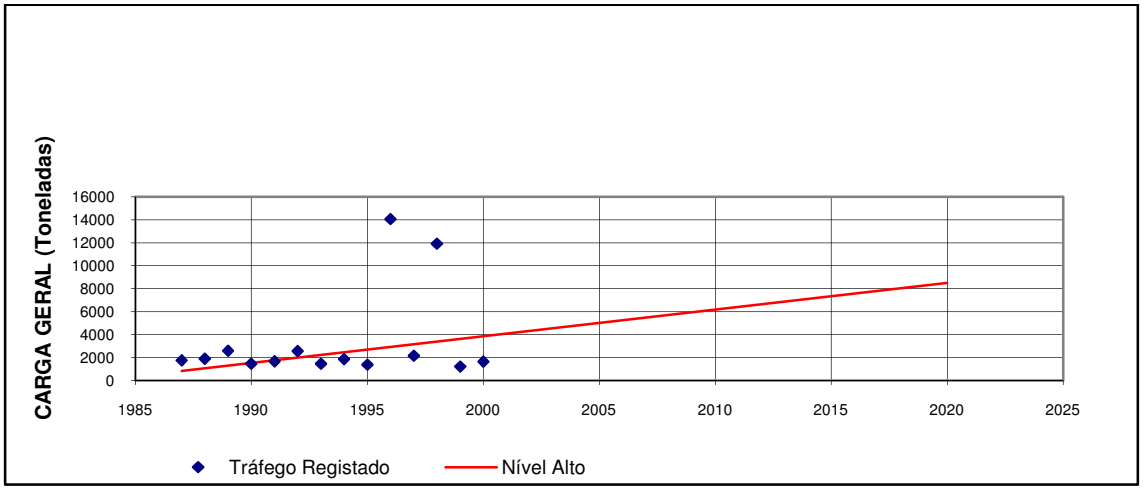



Fig. 9.71 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE CARGA GERAL FRACCIONADA (ENTRADAS) EM TONELADAS.

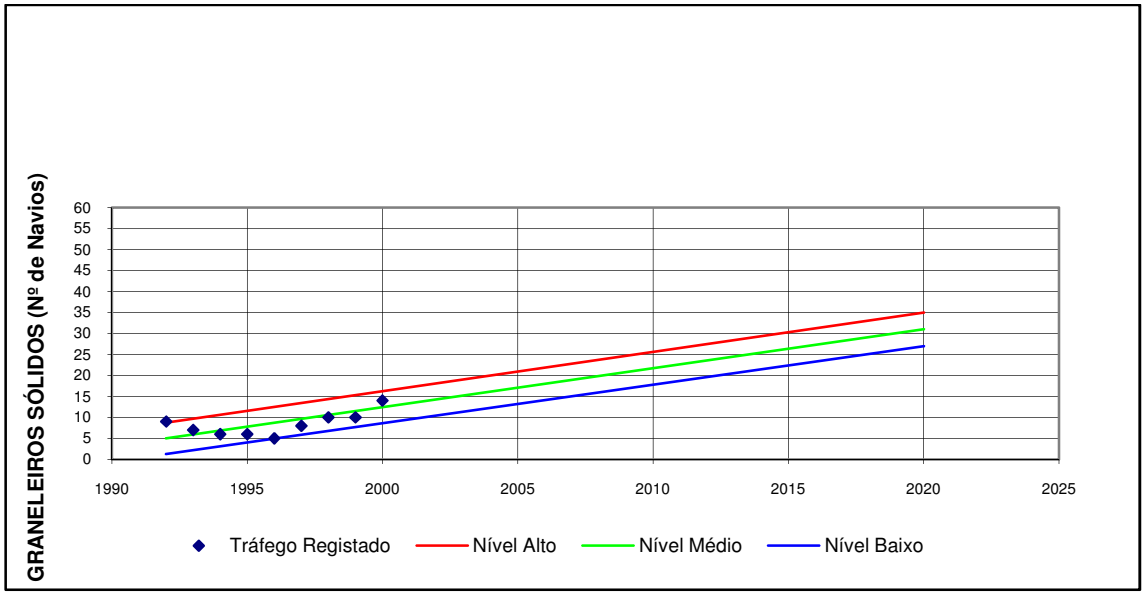



Fig. 9.72 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE GRANEIS SÓLIDOS (ENTRADAS).

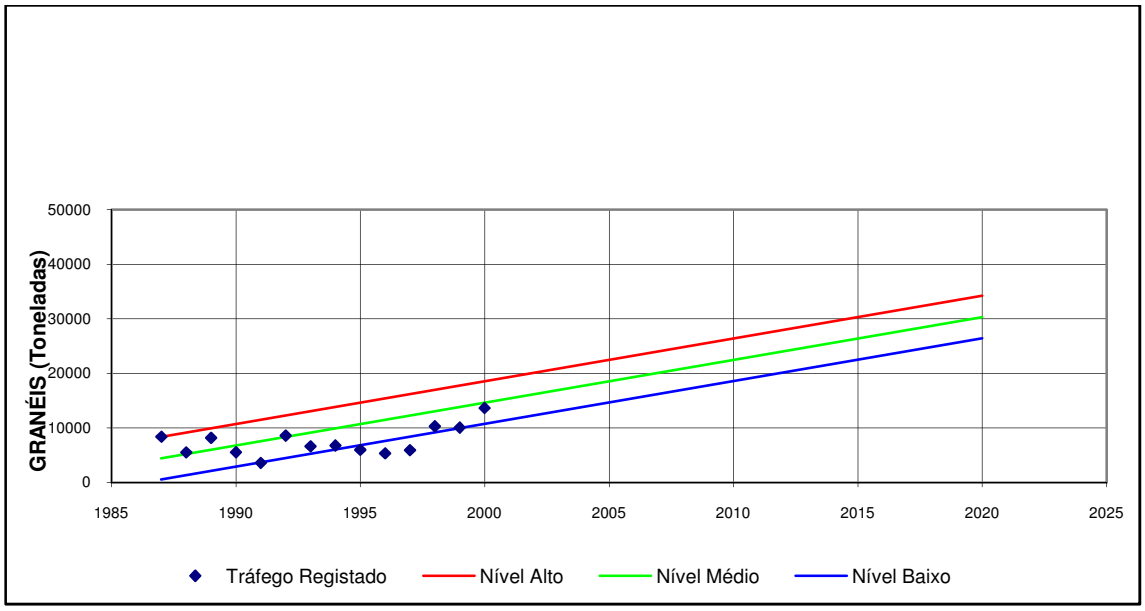



Fig. 9.73 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE GRANÉIS SÓLIDOS (ENTRADAS).

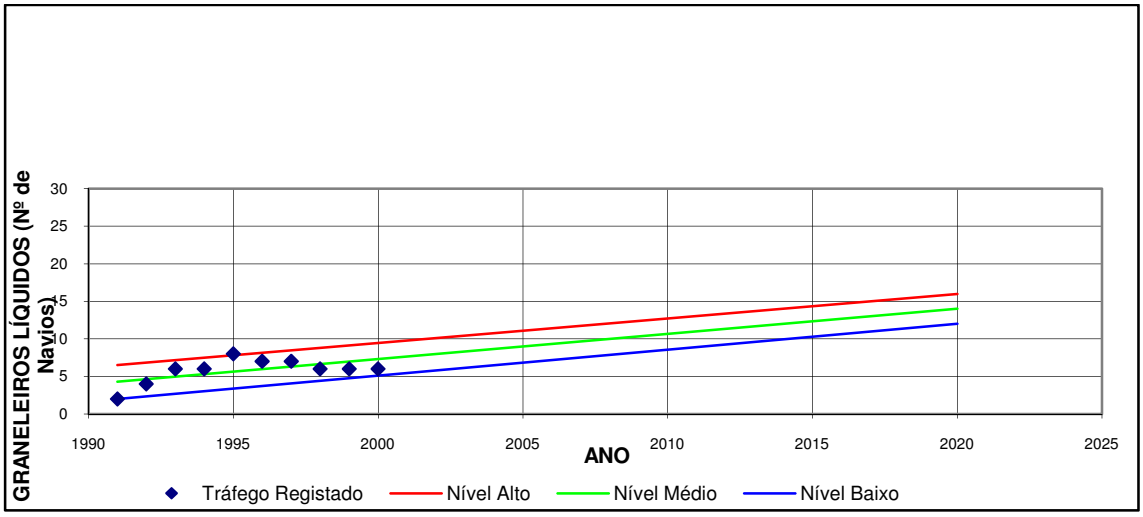



Fig. 9.74 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE GRANEIS LÍQUIDOS (ENTRADAS).

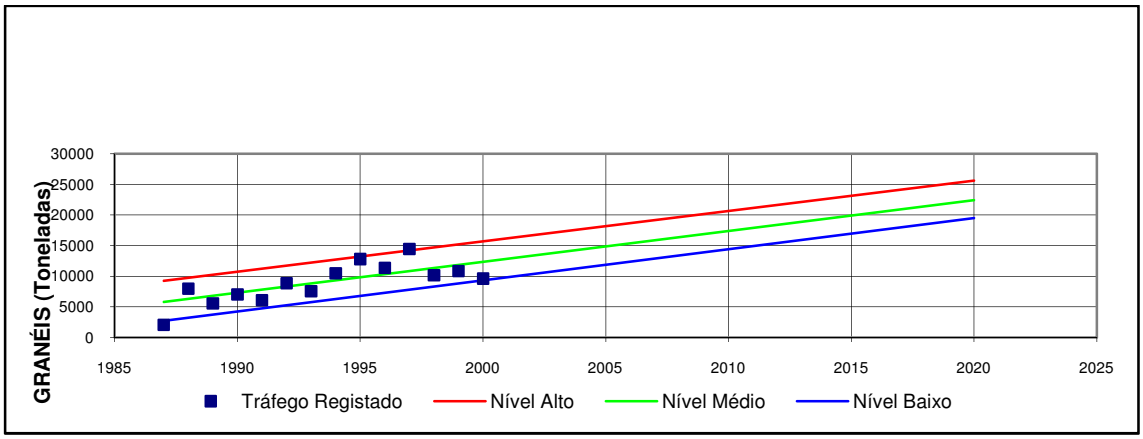



Fig. 9.75 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE GRANÉIS LÍQUIDOS (ENTRADAS).

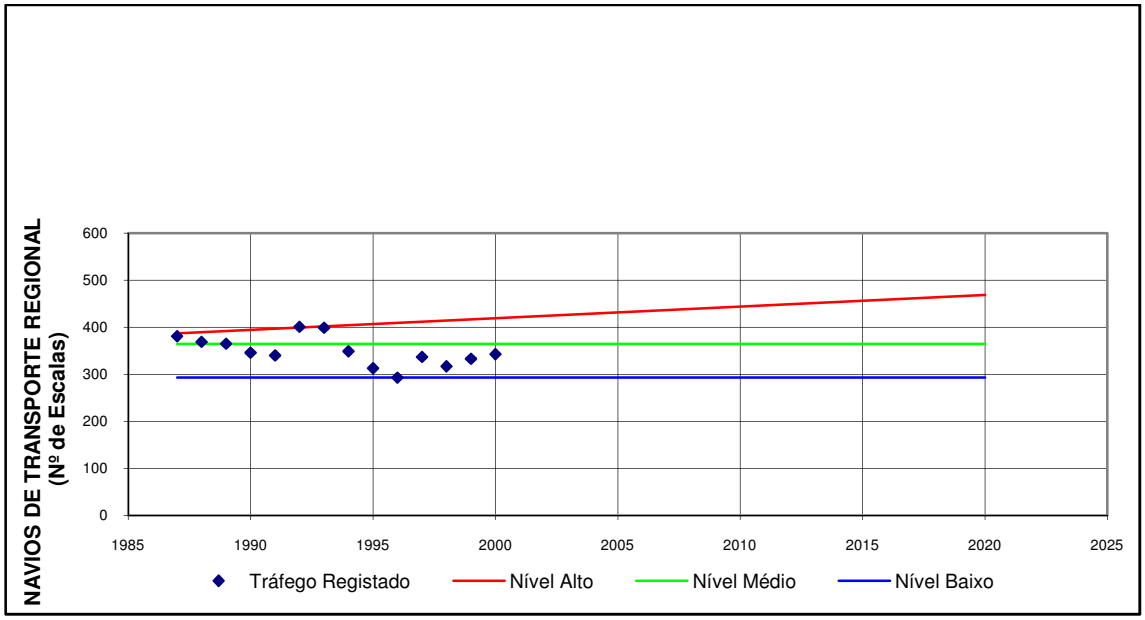



Fig. 9.76 - PORTO DO PORTO SANTO - ESCALAS DE NAVIOS DE TRANSPORTE REGIONAL.

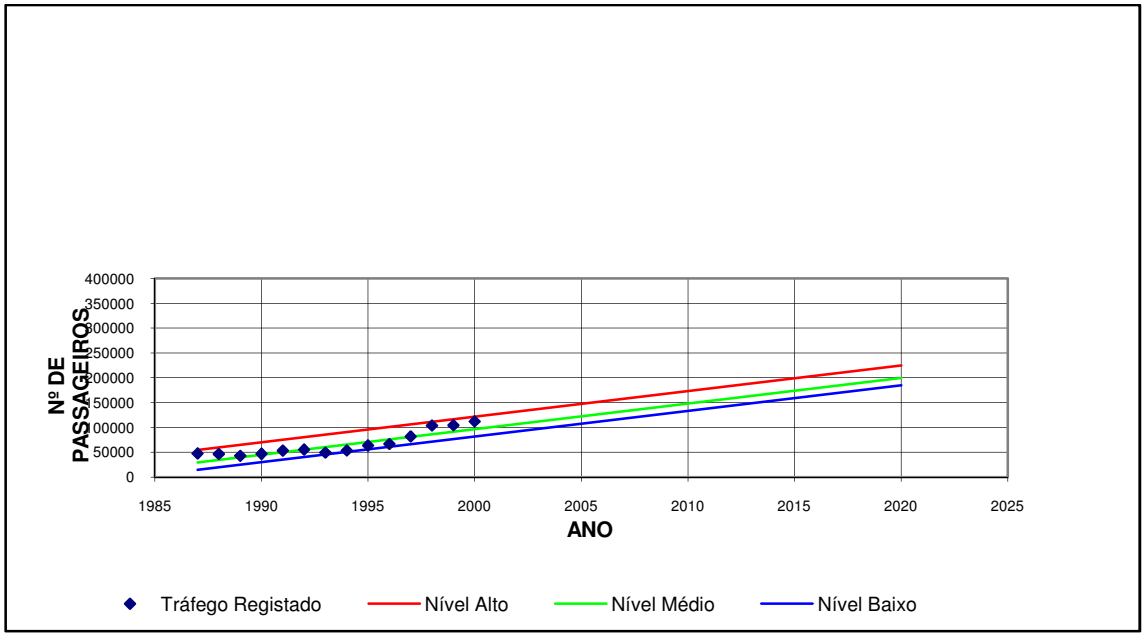



Fig. 9.77 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE PASSAGEIROS DO TRÁFEGO REGIONAL (DESEMBARCADOS)

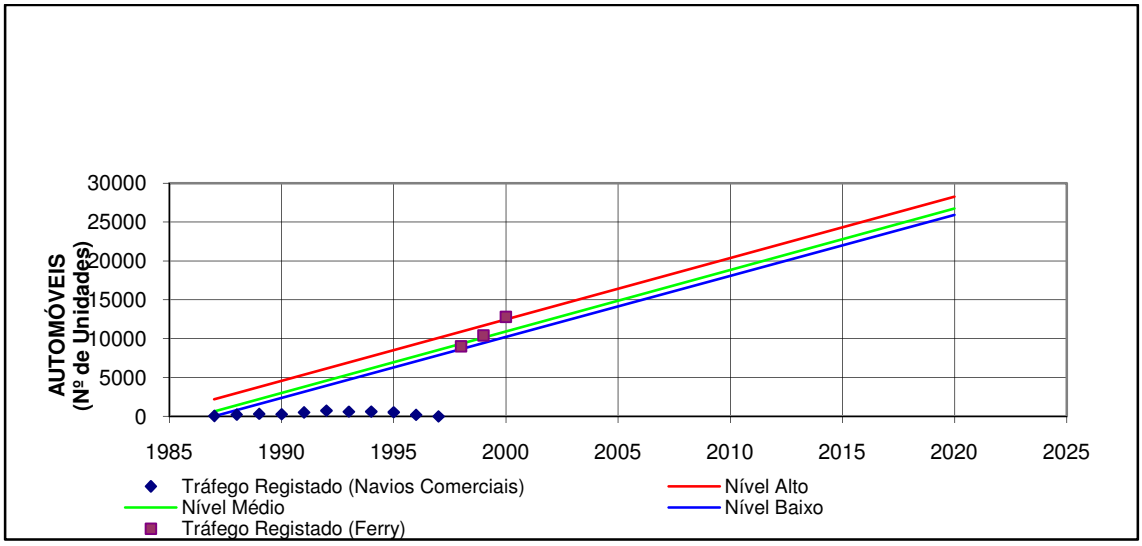



Fig. 9.78 - PORTO DO PORTO SANTO - MOVIMENTO DE AUTOMÓVEIS DO TRÁFEGO REGIONAL (ENTRADAS).

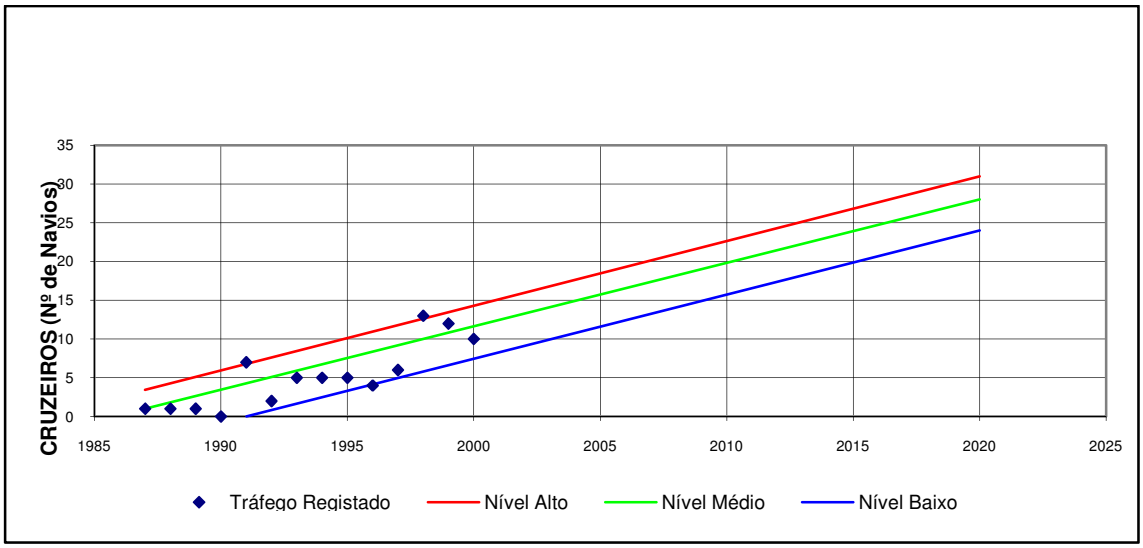



Fig. 9.79 - PORTO DO PORTO SANTO NAVIOS CRUZEIROS TURÍSTICOS.

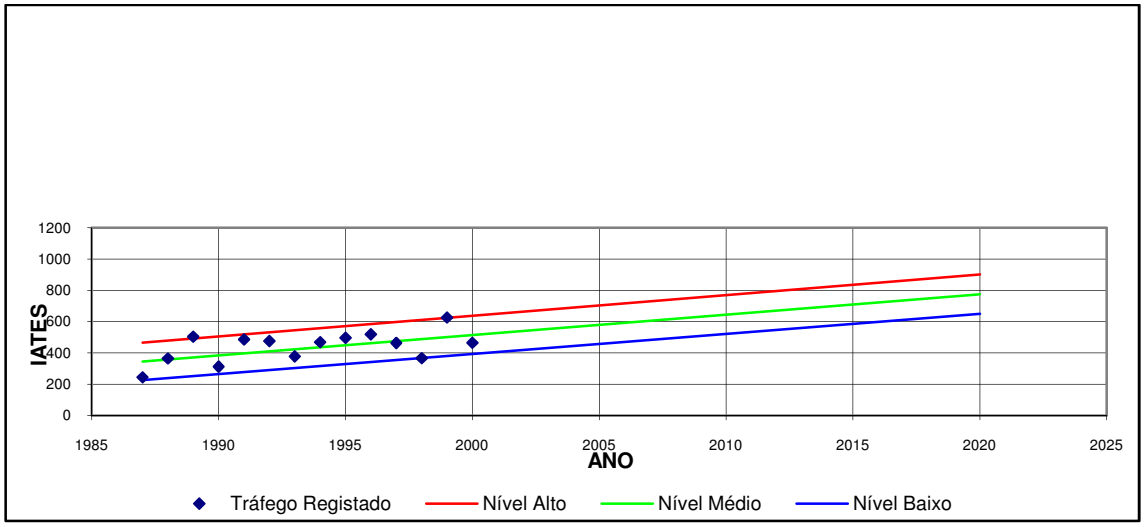



Fig. 9.80 - PORTO DO PORTO SANTO - EMBARCAÇÕES DE RECREIO (ENTRADAS).

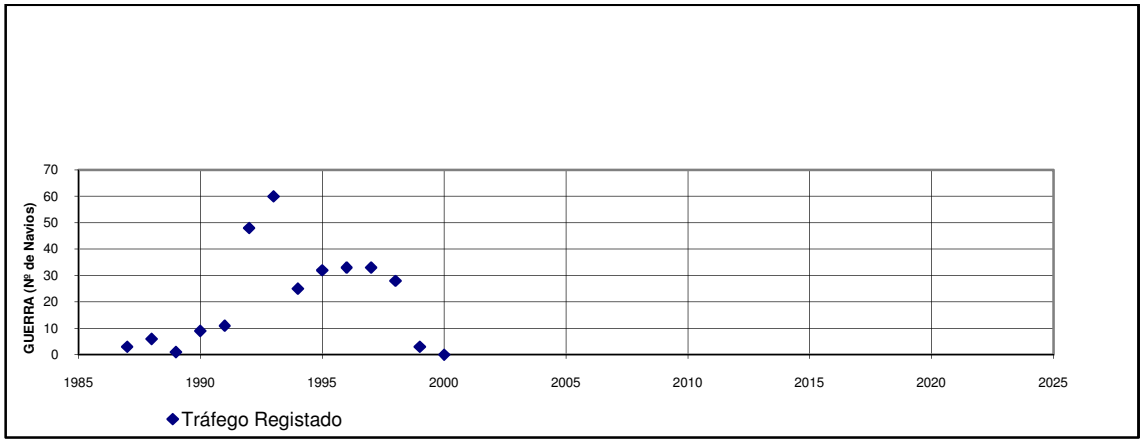



Fig. 9.81 - PORTO DO PORTO SANTO - NAVIOS DE GUERRA.

## 9.3 ANEXO 3 – ACTUAIS PERFIS TRANSVERSAIS TIPO , PLANO DE DRAGAGENS DO PORTO DO FUNCHAL, E MAPA DE ESTRADAS DA ILHA DA MADEIRA.




# Sugestões para percursos de montanha a pé
## Suggestions for mountain walks

**Os passeios abaixo descritos constituem apenas algumas sugestões com um carácter meramente informativo. Para aqueles que realmente estão interessados em efectuar algum destes percursos recomandamos a compra de um programa organizado por uma Agência de Viagens ou Empresa de Animação Turística, as quais organizam Passeios a Pé devidamente acompanhados por um guia de montanha. A Direcção Regional de Turismo da Madeira declina qualquer responsabilidade no que concerne ao estado e conservação das veredas.**

**Responsabilidade**
**Os percursos pedonais recomendados não isentam os seus utentes ou as pessoas que os promovam da assunção da responsabilidade por eventuais danos materiais ou humanos que ocorram no decurso da sua realização. (Decreto Legislativo Regional 7-B/2000/M, Artigo 9.º)**

The walks described bellow constitute a few suggestions merely for the purpose of providing information. For those who are very interested in doing some of these walks we recommend that you contact one of the Travel Agencies or a Tourist Entertainment Firm which organises Walk Programmes with mountain guides to accompany walkers. Madeira Tourist Board declines any responsability on the footphats maintenance and conditions.

Responsability Liability
Persons using, or promoting the use of the recommended footphats shall remain liable for property damage or personal injury incurred in the course of such usage. (Regional Legislative Decree N.º 7-B/2000/M, Article 9)

### 1 PICO DO AREEIRO - PICO RUIVO

Extensão/Distance: **6 Km** Tempo/Time: **3 h** Grau de Dificuldade/Grade: **Peritos**/Expert
Obs.: **A parte mais difícil deste percurso é a subida que vai desde o último túnel das Torres até à casa de abrigo do Pico Ruivo. É necessário lanterna.**
This is a difficult walk. The most difficult section is the climb that goes from the last tunnel (Torres) up to the Casa de Abrigo do Pico Ruivo rest house. You will need a flashlight.

### 2 QUEIMADAS - CALDEIRÃO VERDE - QUEIMADAS

Extensão/Distance: **12 Km** Tempo/Time: **5/6 h** Grau de Dificuldade/Grade: **Moderado**/Moderate
Obs.: **A levada até ao Caldeirão Verde está protegida nos locais mais perigosos. O Caldeirão Verde fica à esquerda da levada e para lá chegar basta subir algumas dezenas de metros pelo leito do ribeiro. É necessário lanterna.**
The levada to Caldeirão Verde is protected at the most dangerous points. Caldeirão Verde is to the left of the levada, and to get to it, one needs only to walk a few dozen metres along the streambed. You will need a flashlight.

### 3 RIBEIRO FRIO - PORTELA

Extensão/Distance: **10 Km** Tempo/Time: **4 h** Grau de Dificuldade/Grade: **Moderado**/Moderate
Obs.: **É um percurso acessível feito quase sempre na esplanada da levada da Serra do Faial. A descida para a Portela também é acessível.**
This is an easy route and its path is almost entirely alongside the Serra do Faial levada. The descent to Portela is also easy.

### 4 RABAÇAL - RISCO - 25 FONTES

Extensão/Distance: **5 Km** Tempo/Time: **3/4 h** Grau de Dificuldade/Grade: **Moderado**/Moderate
Obs.: **O percurso inicia-se na Casa do Rabaçal indo até ao Risco, a cerca de 1 Km (15 minutos). Deve então regressar à casa do Rabaçal, de onde parte para as 25 Fontes por uma vereda estreita seguindo depois a levada. Apesar do percurso não ser difícil, em alguns locais a vereda é bastante estreita e não tem protecções, pelo que não é aconselhável a pessoas com vertigens.**
The route starts off at Casa do Rabaçal and leads up to Risco, at approximately 1 Km (15 minutes). One should return to Casa do Rabaçal, and start on towards 25 Fontes along a narrow path that follows the levada. Although the route is not a difficult one, it is very narrow at some points and has no protection, for which reason it is not advisable to people who suffer from vertigo.

## LEGENDA - LEGEND - LEGENDE

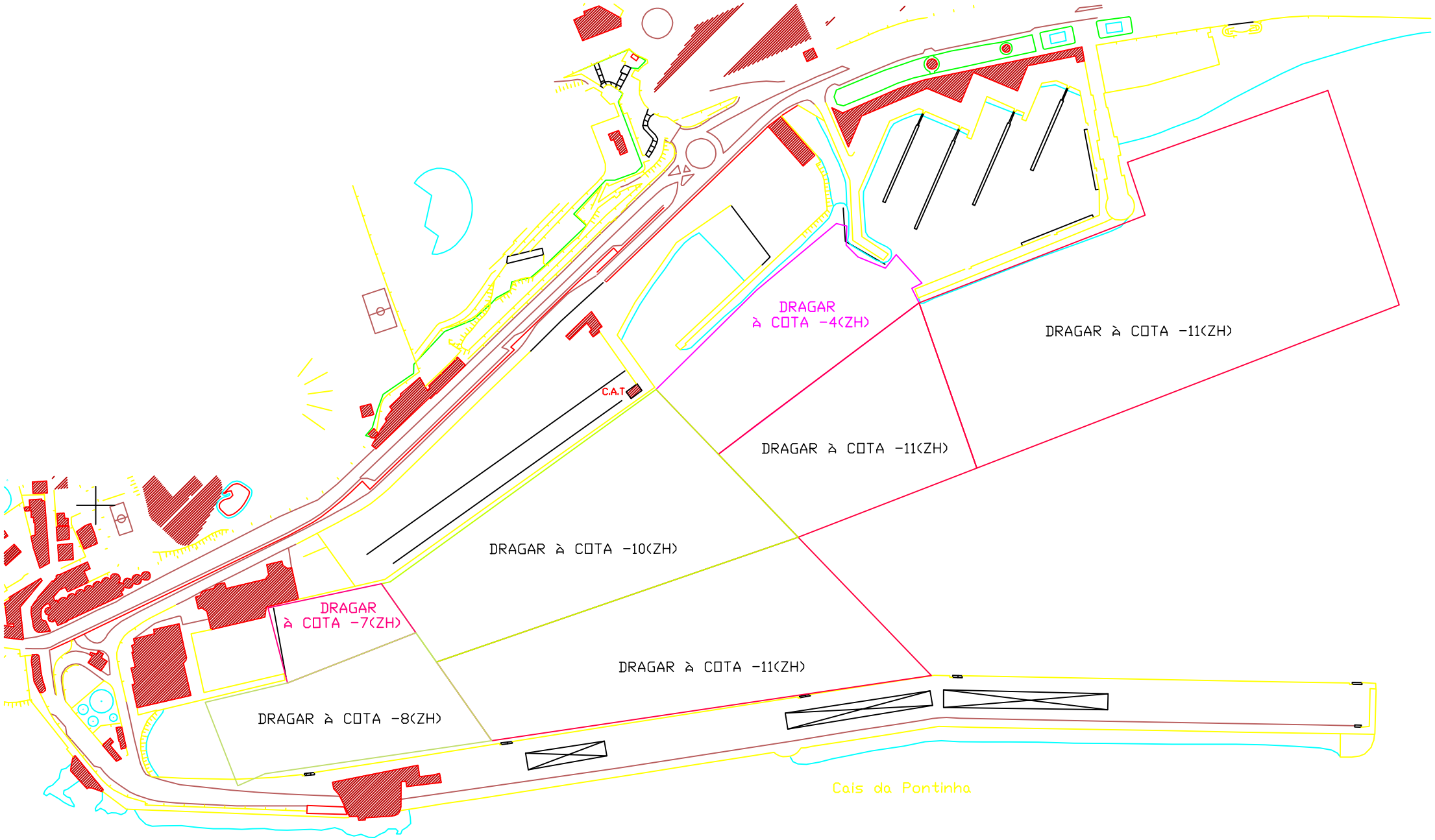
- Via Rápida - Freeway - Autobahn
- Estradas Principais - Main Roads - Hauptstraßen
- Estrada em construção - Road under construction - im Straßenbau
- Estradas Secundárias - Secondary Roads - Nebenstraßen
- Outra via - Other road - Anderestraßen
- Túnel - Tunnel
- Veredas Turísticas - Footpath - Fußweg
- Levada - Water Channel - Bewässerungssystem
- Ribeira - River - Fluß

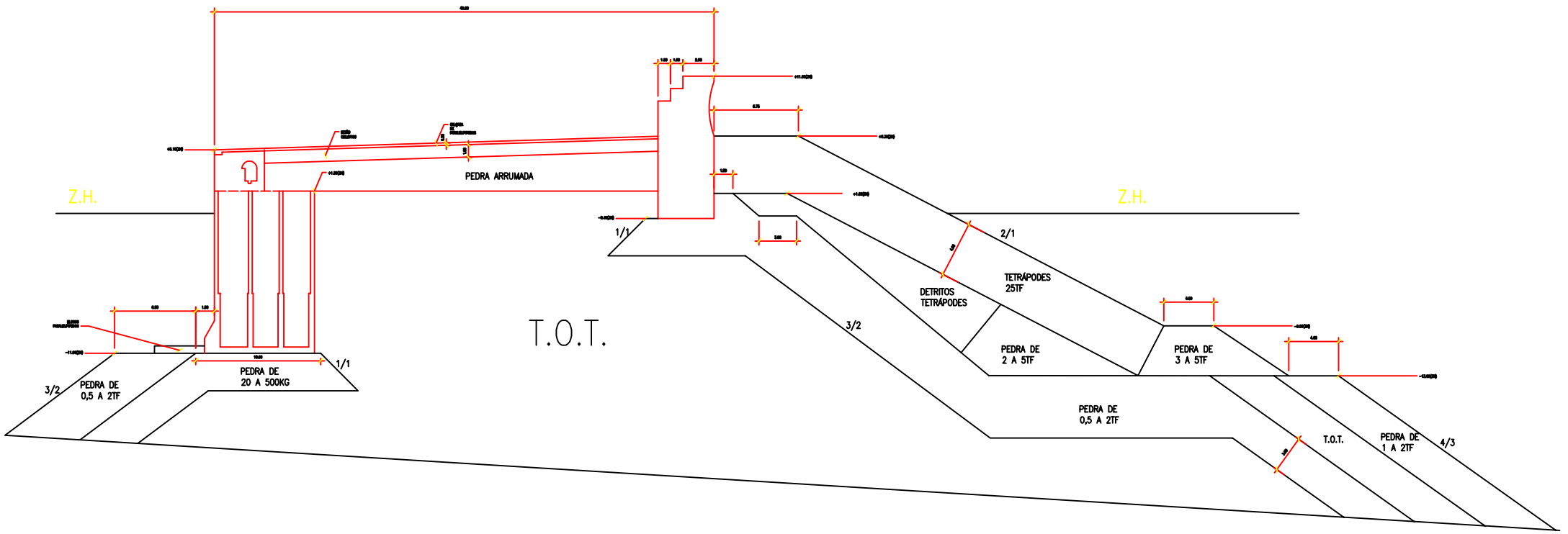
- Palácios/Solares • Palaces/Mansions • Paläste/Herrenhaus
- Posto de Turismo • Tourism Office • Fremdenverkehrsbüro
- Veredas • Footpath • Fussweg
- Parque de Merendas • Picnic Site • Picknick Platz
- Marina • Marina • Yachtshafen
- Porto Comercial • Harbour • Hafen
- Praia • Beach • Strand
- Miradouro • Belvedere • Aussichtspunkt
- Polícia • Police • Polizei
- Terminal de Autocarros • Terminal Station • Busbahnhof
- Táxi • Taxi • Taxi
- Teatro • Theatre • Theater
- Biblioteca • Library • Bibliothek
- Centro Hípico • Riding • Reiten
- Cinema • Cinema • Kino
- Golfe • Golf • Golf
- Parque de Campismo • Camping • Camping
- Surf • Surf • Surf
- Grutas • Caves • Grotten
- Clínica Veterinária • Veterinary • Veterinär
- Farmácia • Chemist's shop • Apotheke
- Pavilhão/Complexo Desportivo • Sport Centre • Sport Zentrum
- Jardim • Garden • Garten
- Quinta Pedagógica • Pedagogic Farm • Bauernhof mit Streichelzoo
- Parque Temático • Theme Park
- Aquaparque • Aquapark • Wasserpark
- Casa de Chá • Tea House • Teehause
- Centro Ciência Viva • Living Cience Centre • Zentrum der Lebendigen Wissenschaften
- Aquário • Aquarium
- Teleférico • Cable Car • Seilbahn

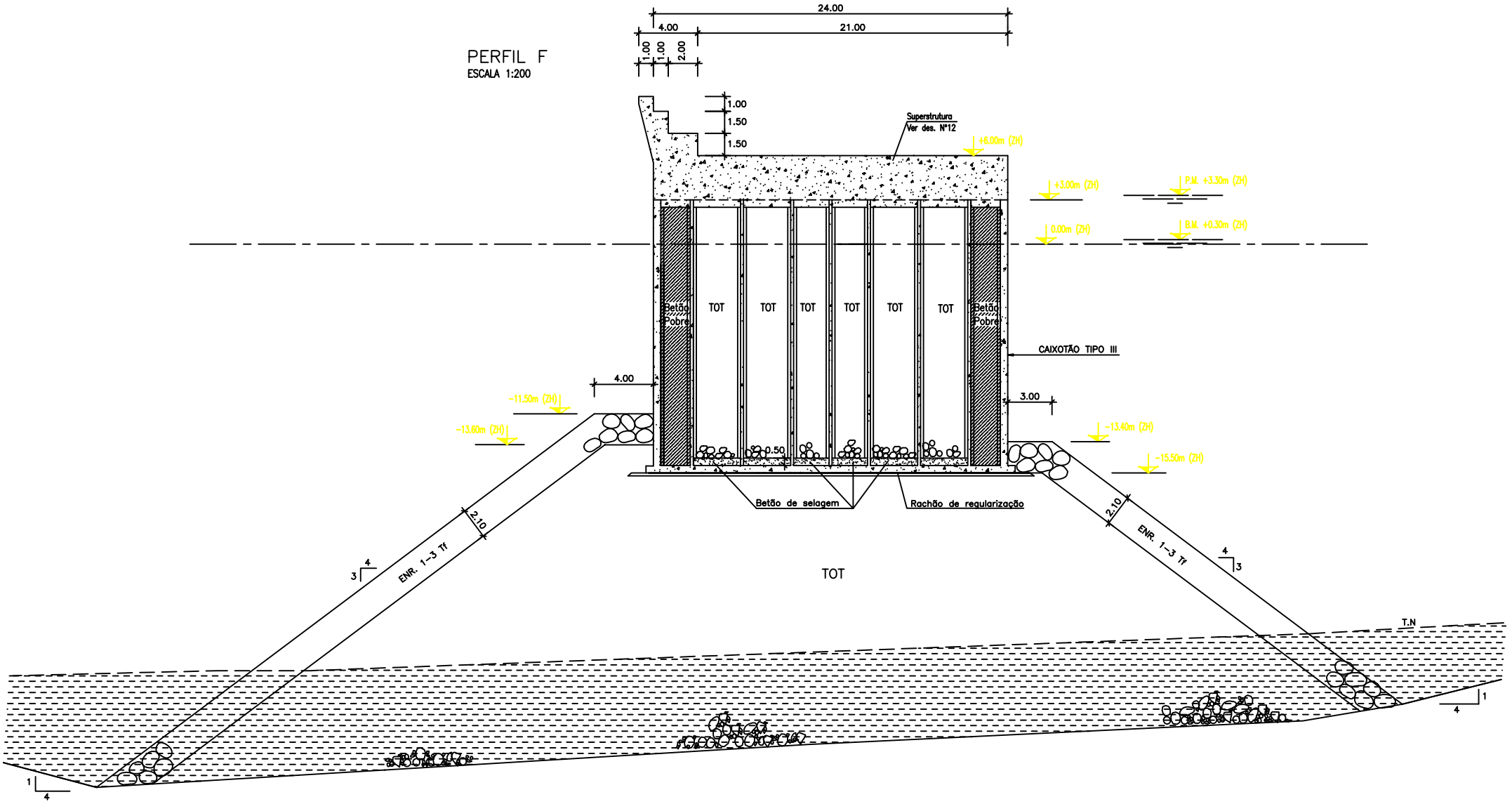
**Para mais informações contactar:**
For further information...
Direcção Regional do Turismo
Av. Arriaga, 18 • 9004-519 Funchal • Madeira
T: 351 291 211 900 • F: 351 291 232 151
www.madeiraislands.travel
info@madeiratourism.com

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Intervir+
madeira islands

# Plano de Dragagens do Porto do Funchal




Z.H.
PEDRA ARRUMADA
Z.H.
1/1
2/1
TETRÁPODES
25TF
DETRITOS
TETRÁPODES
T.O.T.
3/2
PEDRA DE
2 A 5TF
PEDRA DE
3 A 5TF
PEDRA DE
20 A 500KG
1/1
3/2
PEDRA DE
0,5 A 2TF
PEDRA DE
0,5 A 2TF
T.O.T.
PEDRA DE
1 A 2TF
4/3


PERFIL F
ESCALA 1:200
24.00
4.00
21.00
1.00
1.00
2.00
1.00
1.50
1.50
Superstrutura
Ver des. Nº12
+6.00m (ZH)
+3.00m (ZH)
P.M. +3.30m (ZH)
0.00m (ZH)
B.M. +0.30m (ZH)
Betão Pobre
TOT
TOT
TOT
TOT
TOT
TOT
Betão Pobre
CAIXOTÃO TIPO III
4.00
3.00
-11.50m (ZH)
-13.60m (ZH)
-13.40m (ZH)
-15.50m (ZH)
0.50
Betão de selagem
Rachão de regularização
2.10
2.10
ENR. 1-3 Tf
ENR. 1-3 Tf
3
4
4
3
TOT
T.N
1
4
1
4

≥2.00
09
min. 1.15
2.30
5.00


≥2.00
2.30
10.00
2.30
2 Blocos
5.00
9.70
09
min. 1.15
2.30
5.00