

PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO E FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PORTUÁRIAS

Estudo de Caso

TIAGO JOSÉ TEIXEIRA RIBEIRO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de A. Faria

JULHO DE 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011

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 - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

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.

A todos que tornaram possível a realização deste trabalho!

“Mas esforçai-vos, e não desfaleçam as vossas mãos; porque a vossa obra tem uma recompensa.”

2 Crónicas 15:7

AGRADECIMENTOS

Quero começar por agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Amorim Faria, pela competência com que orientou esta minha tese e o tempo que generosamente me dedicou, transmitindo-me os melhores e mais úteis ensinamentos e críticas, com paciência, lucidez e confiança.

Aos Engenheiros Pedro Braga da Cruz e João Pedro Neves, da Administração dos Portos do Douro e Leixões, S.A., pela autorização concedida para a realização do Estudo de Caso.

Ao Engenheiro Santiago Miranda e Engenheiro Silva Pereira, ao Ranção Ferreira, Sr. Américo Duarte, Sr. Jorge Alcarpe e à Célia, da Cinclus, S.A., meus amigos e colegas de trabalho, por todos os conhecimentos e esclarecimentos transmitidos sobre o estado da arte em estudo, que, diária e incansavelmente, me permitiram conseguir realizar e aperfeiçoar este trabalho.

Aos Engenheiros Vítor Costa e Luís Adão, da CPTP, S.A. e ETERMAR, S.A., respectivamente, pela sua total disponibilidade e por toda a documentação técnica por eles disponibilizada.

À minha família e à Manuela Passos, a pessoa mais importante da minha vida que, com paciência, amor e carinho sempre me incentivou e me fez acreditar na realização desta dissertação.

A todos muito obrigado!

RESUMO

Esta dissertação insere-se num projecto de investigação relacionado com o controlo da qualidade em obras marítimas e portuárias, como resultado de acções reais de fiscalização. É um documento a apresentar para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil na especialização de Construções Cíveis e pretende ser um marco e o ponto de partida de uma futura série de trabalhos que visam discutir a problemática da fiscalização em obras marítimas e portuárias, dada a diversidade de estruturas que se podem construir no âmbito desta disciplina da engenharia.

Os portos portugueses têm uma necessidade crescente de evolução, existindo a possibilidade de realizar, nos próximos anos, um vasto número de obras com o objectivo de aumentar a sua operacionalidade, permitindo o acesso de embarcações com cada vez maiores dimensões, com fim turístico ou mercadorias.

Abordaram-se as obras marítimas e portuárias mais relevantes, sendo apresentadas as soluções construtivas a que se recorre mais frequentemente em cada caso, tentando destacar a adequabilidade de cada uma delas à realidade específica que cada obra encerra.

Assim, conclui-se que o investimento em portos, com o objectivo de receber navios com cada vez maior capacidade, é fundamental para a dinâmica da economia regional/nacional, logo o controlo de qualidade neste tipo de obras é basilar pois tem a finalidade de propiciar um aumento crescente da qualidade das intervenções efectuadas. Isto torna os investimentos mais rentáveis, uma vez que os gastos com intervenções de reabilitação e manutenção, são menores, dado que se dotam, à partida, as novas estruturas, de uma durabilidade/qualidade superior à praticada anteriormente.

Com base no estudo de caso de uma obra realizada no Porto de Leixões, a investigação realizada teve como objectivo principal demonstrar a metodologia a seguir no que respeita aos procedimentos de Controlo da Qualidade de um obra marítima/portuária e consequente realização de documentação de apoio à fiscalização das actividades mais marcantes.

Para finalizar, é necessário ressaltar a complexidade crescente e custo das obras deste tipo que, aliada aos recursos cada vez mais escassos, obrigam a realizar uma fiscalização eficaz, que englobe um plano completo e complexo que abarque o controlo custos, segurança, saúde, ambiente, planeamento e controlo da qualidade cada vês mais eficaz, tendo, o presente trabalho, tentado dar o seu contributo no que a este capítulo se refere.

PALAVRAS-CHAVE: Portos, Trabalhos Marítimos, Soluções Construtivas, Controlo de Qualidade, Fiscalização.

ABSTRACT

This work is part of a research project related to quality control in maritime and port works, as a result of real supervision work. It is a document to be submitted for partial fulfilment of the requirements of Civil Engineering Master Degree, specializing in Civil Construction, and aims to be a milestone and inspiration for future works destined to approach the maritime and port works supervision, since the diversity of structures related to this theme.

Portuguese ports have an increasing need for development, with the possibility of accomplish in the coming years, a vast number of works in order to develop the capacity of ports, allowing the passage of vessels with increasing sizes with tourist or charge reasons.

Were studied most relevant maritime and port works and presented the constructive solutions most used in each case, trying to highlight the suitability of each to the specific reality that each work contains.

Thus, we conclude that investment in ports in order to receive vessels with increasing capacity is fundamental to the dynamics of the regional/national level, so the quality control on this type of work is fundamental because it aims to provide a increasing quality of operations. This makes investment more profitable, because maintenance and rehabilitation interventions are inexpensive, since durability/quality of structures are higher than previously practiced.

Based on case study of a work held in Leixões Port, the investigation's main goal was to demonstrate the methodology of Quality Control procedures for a maritime/port work and the corresponding execution of documents to support the supervision for the most important activities.

Finally, it is necessary emphasize the increasing complexity and cost of the works of this kind, with increasingly scarce resources, forces to an effective supervision, involving a complex and complete plan that covers cost control, safety, health, environment, planning and quality control further and further effective. The present work, tried to make a contribution in this chapter contents.

KEYWORDS: Ports, Maritime Works, Constructive Solutions, Quality Control, Supervision.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE QUADROS	xxiii
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xxv
GLOSSÁRIO.....	xxvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJECTO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO	1
1.2. OBJECTIVOS.....	1
1.3. BASES DO TRABALHO PRODUZIDO	2
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. OBRAS MARÍTIMAS E ESTRUTURAS PORTUÁRIAS	3
2.1. INTRODUÇÃO	3
2.2. TIPOS DE PORTOS	4
2.2.1. PORTOS NATURAIS	4
2.2.2. PORTOS SEMI-NATURAIS	4
2.2.3. PORTOS ARTIFICIAIS	5
2.2.4. PORTOS DE REFÚGIO.....	5
2.2.5. PORTOS MILITARES	5
2.2.6. PORTOS COMERCIAIS	6
2.3. PROCESSOS DE ESCOLHA DE LOCALIZAÇÃO DE PORTOS	6
2.4. OBRAS DE ACOSTAGEM DE NAVIOS	6
2.5. OBRAS DE PROTECÇÃO	10
2.6. DIMENSIONAMENTO E PROJECTO DE OBRAS PORTUÁRIAS.....	11
2.7. AGITAÇÃO MARÍTIMA E MARÉS	13
2.7.1. AGITAÇÃO MARÍTIMA	13
2.7.2. MARÉS.....	14

2.8. ESTUDO DOS SOLOS NA ÁREA DOS PORTOS E CANAL DE ENTRADA	16
2.9. OPERAÇÃO E EQUIPAMENTO PORTUÁRIO	17
2.10. DEFENSAS E ACESSÓRIOS DE AMARRAÇÃO DE NAVIOS	18
2.10.1. NATUREZA DOS ESFORÇOS DE ACOSTAGEM E AMARRAÇÃO	18
2.10.2. DEFENSAS	19
2.10.2.1. Considerações Sobre Defensas	19
2.10.2.2. Principais Tipos de Defensas	20
2.10.2.3. Processo de Escolha do Tipos de Defensas.....	22
2.10.3. ACESSÓRIOS DE AMARRAÇÃO DE NAVIOS.....	22
2.10.3.1. Linhas de Amarração	22
2.10.3.2. Alguns Modelos de Cabeços de Amarração	23
2.10.3.3. Ganchos de Desengate Rápido	24
2.11. TIPOS DE QUEBRAMARES	24
2.12. CONSTRUÇÃO DE OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS	26
2.12.1. ANÁLISE DE PROJECTO DE EXECUÇÃO - DOCUMENTAÇÃO.....	26
2.12.1.1. Memória Descritiva	26
2.12.1.2. Condicionamentos Ambientais	27
2.12.1.3. Condicionamentos Meteorológicos	28
2.12.1.4. Geologia, Geotecnia e Sismologia	28
2.12.1.5. Outras Bases de Projecto.....	29
2.12.1.6. Ensaio e Recolha de Informações “In Situ”	29
2.12.1.7. Pedreiras e Empréstimo de Terras.....	29
2.12.1.8. Fases Intermédias da Obra. Verificação.	30
2.12.1.9. Cláusulas Técnicas Específicas	31
2.12.1.10. Orçamento	31
2.12.2. ANÁLISE DOS CONDICIONAMENTOS	31
2.12.2.1. Prazos.....	32
2.12.2.2. Disponibilidade de Equipamentos de Trabalho.....	33
2.12.2.3. Materiais Mais Importantes	34
2.12.2.4. Clima Marítimo e Meteorologia.....	34
2.12.2.5. Condicionamentos Ambientais	35
2.12.2.6. Condicionamentos Arqueológicos	35
2.12.2.7. Segurança	36

2.12.2.8. Licenças e Autorizações	37
2.12.2.9. Instalações e Infraestruturas	37
2.12.2.10. Acessos	38
2.12.2.11. Interferência com as Populações Vizinhas	38
2.12.3. ANÁLISE DO PLANO DE TRABALHOS	39
2.12.3.1. Memória Descritiva do Empreiteiro	39
2.12.3.2. Mobilização e Montagem de Equipamentos	39
2.12.3.3. Contratação de Subempreiteiros	40
2.12.3.4. Actividades em Espera.....	40
2.12.3.5. Volumes de Obra	40
2.12.3.6. Atribuição de Recursos	40
2.12.3.7. Dependência Entre Tarefas	41
2.12.3.8. Procedimentos Específicos de Produção	41
2.12.4. DRAGAGENS E QUEBRAMENTO DE ROCHA	41
2.12.4.1. Introdução	41
2.12.4.2. Escolha dos Equipamentos.....	42
2.12.4.3. Tipos de Dragas	43
2.12.4.4. Quebramento de Rocha com Explosivos.....	48
2.12.4.5. Recomendações sobre Dragagens.....	48
2.12.5. ATERROS	49
2.12.5.1. Aterros com Materiais de Empréstimos	49
2.12.5.2. Aterros com Dragados	51
2.12.5.3. Aterros Especiais	53
2.12.5.4. Acções de Melhoria das Características dos Aterros	54
2.12.5.5. Aterros de Tardoz.....	54
2.12.5.6. Enchimento de Células de Pré-fabricados.....	56
2.12.5.7. Prismas de Fundação	57
2.12.6. QUEBRAMARES DE TALUDE E MISTOS	58
2.12.6.1. Introdução	58
2.12.6.2. Antes do Início da Obra.....	59
2.12.6.3. Protecção da Obra da Acção do Mar Durante a Construção	59
2.12.6.4. Sequência Construtiva dos Quebramares de Talude	61
2.12.6.5. Construção do Coroamento de Quebramares de Talude.....	63

2.12.7. QUEBRAMARES DE PAREDE VERTICAL.....	68
2.12.7.1. Introdução.....	68
2.12.7.2. Sequência Construtiva dos Quebramares de Parede Vertical.....	69
2.12.7.3. Construção do Coroamento de Quebramares de Parede Vertical	71
2.12.8. MUROS DE GRAVIDADE DE ADUELAS E CAIXOTÕES.....	72
2.12.8.1. Introdução.....	72
2.12.8.2. Sequência Construtiva dos Muros de Gravidade de Aduelas e Caixotões	72
2.12.8.3. Construção do Coroamento em Muros de Gravidade de Aduelas e Caixotões	74
2.12.9. MUROS DE GRAVIDADE DE BLOCOS MACIÇOS	74
2.12.9.1. Introdução.....	74
2.12.9.2. Sequência Construtiva dos Muros de Gravidade de Blocos Maciços.....	75
2.12.10. MUROS DE GRAVIDADE COM BETONAGEM SUBMERSA	76
2.12.10.1. Introdução.....	76
2.12.10.2. Sequência Construtiva dos Muros de Gravidade com Betonagem Submersa.....	76
2.12.11. PONTES-CAIS EM BETÃO ARMADO	77
2.12.11.1. Introdução.....	77
2.12.11.2. Sequência Construtiva das Pontes-Cais em Betão Armado.....	77
2.12.11.3. Construção da Superestrutura das Pontes-Cais	80
2.12.12. CAIS COM CORTINA E VIGA DE COROAMENTO EM BETÃO ARMADO	81
2.12.12.1. Paramento em Estacas-Prancha Metálicas	81
2.12.12.2. Execução de Cortinas de Estacas-Prancha Metálicas	84
2.12.12.3. Paramento em Estacas de Betão.....	86
2.12.12.4. Superestrutura dos Cais com Cortina	87
2.12.13. OBRAS AUXILIARES.....	88
3. DEFINIÇÃO DA OBRA EXEMPLO	91
3.1. OBJECTO E OBJECTIVOS.....	91
3.2. O PORTO DE LEIXÕES – RESENHA HISTÓRICA.....	92
3.3. ESTRUTURAS EXISTENTES ANTES NO NOVO EMPREENDIMENTO	95
3.4. QUADRO RESUMO COM OS NÚMEROS DA OBRA.....	97
3.5. INTERVENIENTES NA OBRA	97
3.6. DESCRIÇÃO GERAL DA OBRA.....	98
3.6.1. PEÇAS DESENHADAS MAIS RELEVANTES E PLANTA DO ESTALEIRO	98

3.6.2. DRAGAGENS.....	105
3.6.3. QUEBRAMENTO DE ROCHA COM EXPLOSIVOS.....	108
3.6.4. ATERROS	112
3.6.4.1. Cláusulas Técnicas	112
3.6.4.2. Execução dos Trabalhos – Plataforma do Edifício	112
3.6.4.3. Execução dos Trabalhos – Área de Apoio Náutico	113
3.6.5. RETENÇÕES MARGINAIS.....	114
3.6.5.1. Execução dos Trabalhos – Cais Acostável de Navios de Cruzeiro.....	114
3.6.5.2. Execução dos Trabalhos – Plataforma do Edifício da Gare de Passageiros.....	115
3.6.5.3. Execução dos Trabalhos – Protecção do Prisma de Fundação das Aduelas	116
3.6.5.4. Execução dos Trabalhos – Reperfilamento do Molhe Sul (Talude Interior)	117
3.6.6. CAIS ACOSTÁVEL DE NAVIOS DE CRUZEIRO	119
3.6.6.1. Aspectos Gerais	119
3.6.6.2. Caracterização Geométrica	119
3.6.6.3. Processos Construtivos do Cais Acostável de Navios de Cruzeiro.....	121
3.6.7. PORTO DE RECREIO E CAIS FLÚVIO-MARÍTIMO.....	131
3.6.7.1. Aspectos Gerais	131
3.6.7.2. Processos Construtivos e Cláusulas Técnicas	132
3.6.8. PLATAFORMA DE APOIO AO PORTO DE RECREIO – MURO-CAIS EM ADUELAS.....	135
3.6.8.1. Aspectos Gerais	135
3.6.8.2. Processos Construtivos.....	136
3.6.9. PRODUÇÃO DAS ADUELAS EM ESTALEIRO	142
3.6.10. FOTOGRAFIA DA OBRA CONCLUÍDA.....	144

4. PROCEDIMENTOS DE CONTROLO DA QUALIDADE, SEGURANÇA, SAÚDE E AMBIENTE

145

4.1. INTRODUÇÃO.....	145
----------------------	-----

4.2. METODOLOGIA DE FISCALIZAÇÃO DA OBRA EXEMPLO.....	145
---	-----

4.3. PROCESSO DE ESCOLHA DE TAREFAS CRÍTICAS	147
--	-----

4.4. METODOLOGIA DE CONTROLO DA QUALIDADE DOS MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	147
---	-----

4.5. ENQUADRAMENTO NORMATIVO DOS MATERIAIS E DA EXECUÇÃO DOS PRINCIPAIS TRABALHOS EM OBRA.....	148
--	-----

4.5.1. PROJECTOS DE EXECUÇÃO	148
------------------------------------	-----

4.5.2. MATERIAIS E EXECUÇÃO DE TRABALHOS.....	149
---	-----

4.6. CONTROLO DA QUALIDADE DOS MATERIAIS E DA EXECUÇÃO DOS TRABALHOS	149
4.6.1. BETÃO/BETONAGENS	149
4.6.2. ARMADURAS DE AÇO PARA BETÃO ARMADO E ESTACAS-PRANCHA	155
4.6.3. FABRICO E COLOCAÇÃO DE ESTRUTURAS E ELEMENTOS METÁLICOS	157
4.6.4. FABRICO DAS ADUELAS EM ESTALEIRO	158
4.6.5. COLOCAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS	159
4.6.6. QUEBRAMENTO DE ROCHA COM EXPLOSIVOS NOS PONTÕES “MONTEMOR” E “SÁ NOGUEIRA”	160
4.6.7. ROCEGA APÓS DRAGAGEM	161
4.6.8. EXECUÇÃO DA CORTINA DE ESTACAS-PRANCHA.....	161
4.6.9. EXECUÇÃO DAS ESTACAS DE BETÃO ARMADO.....	162
4.6.10. RECEPÇÃO E COLOCAÇÃO DE CABEÇOS DE AMARRAÇÃO.....	162
4.6.11. RECEPÇÃO E COLOCAÇÃO DE DEFENSAS.....	163
4.6.12. EXECUÇÃO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO.....	163
4.7. CONTROLO DE NÃO CONFORMIDADES EXTERNAS	164
4.8. GESTÃO AMBIENTAL NA OBRA EXEMPLO	164
4.8.1. SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL.....	164
4.8.2. MEDIDAS GERAIS INTEGRADAS NO PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL.....	165
4.8.3. MEDIDAS ESPECÍFICAS INTEGRADAS NO PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL.....	166
4.9. SEGURANÇA E SAÚDE NA OBRA EXEMPLO	167
4.9.1. PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE	167
4.9.2. AVALIAÇÃO DE RISCOS E MEDIDAS PREVENTIVAS	168
4.9.3. ACÇÕES CORRECTIVAS/PREVENTIVAS	172
5. CONTROLO DA QUALIDADE DOS TRABALHOS	175
5.1. INTRODUÇÃO	175
5.2. FICHAS DE REGISTO DAS ACTIVIDADES PRODUZIDAS ESPECIFICAMENTE NO ÂMBITO DA OBRA EXEMPLO	176
5.3. FICHAS DE REGISTO DE ACTIVIDADES PROPOSTAS NO ÂMBITO DA OBRA EXEMPLO	183
5.4. FICHAS DE INSPECÇÃO PROPOSTAS NO ÂMBITO DA OBRA EXEMPLO	184
5.5. ASPECTOS MARCANTES NA CONSTRUÇÃO E FISCALIZAÇÃO DA OBRA EXEMPLO	188
5.5.1. INTRODUÇÃO	188
5.5.2. MÃO-DE-OBRA E EQUIPAMENTOS	188
5.5.3. QUESTÕES CLIMATÉRICAS.....	190

5.5.4. SÍNTESE – IMPORTÂNCIA DA PREFABRICAÇÃO EM OBRAS MARÍTIMAS 191

6. CONCLUSÃO 193

6.1. AVALIAÇÃO DA REALIZAÇÃO DOS OBJECTIVOS E LIMITAÇÕES SENTIDAS 193

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS..... 193

BIBLIOGRAFIA..... 195

ANEXO I – NORMAS, REGULAMENTOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS APLICÁVEIS NA FISCALIZAÇÃO DA OBRA EXEMPLO

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 - Porto do Rio de Janeiro, Brasil – Baía de Guanabara (exemplo de porto natural)	4
Fig. 2.2 - Porto de Plymouth, Reino Unido – Quebramar de protecção (exemplo de porto semi-natural)	4
Fig. 2.3 - Porto de Hamburgo, Alemanha (exemplo de porto comercial artificial)	5
Fig. 2.4 - Delaware Bay, Estado Unidos da América (exemplo de porto de refúgio)	5
Fig. 2.5 - Soluções de cais contínuo em paramento fechado (b) e paramento aberto (c).	7
Fig. 2.6 - Solução do tipo ponte-cais	7
Fig. 2.7 - Cais de cortina ancorada	8
Fig. 2.8 - Esquema de terminal de graneis líquidos em elementos discretos	8
Fig. 2.9 - Esquema de terminal de graneis sólidos em elementos discretos.....	9
Fig. 2.10 - Esquema de protecção de um porto com molhes	10
Fig. 2.11 - Terminal “offshore”.....	10
Fig. 2.12 - Esquema de um porto em zona “estuarina”.	11
Fig. 2.13 - Planta geral do Porto de Leixões.....	11
Fig. 2.14 - Esquema de uma onda progressiva sinusoidal.	13
Fig. 2.15 - Influência da Lua sobre as marés.....	14
Fig. 2.16 - Periodicidade dos níveis de marés.....	15
Fig. 2.17 - Efeito do Sol sobre as marés (Lua Nova e Lua Cheia).	15
Fig. 2.18 - Efeito do Sol sobre as marés (Quarto Crescente e Quarto Minguante).....	16
Fig. 2.19 - Possível modo de rotura geotécnica num cais.....	17
Fig. 2.20 - Equipamentos de carga utilizados no Porto de Leixões.....	18
Fig. 2.21 - Graus de liberdade de movimento de um navio	19
Fig. 2.22 - Diagrama genérico de performance de uma defesa	20
Fig. 2.23 - Defensas elásticas do tipo “Cone”, “Cell” e “V”	21
Fig. 2.24 - Defensas elásticas de perfil do tipo “Cylindrical”, “Wing” e “D-D-Bore”.....	21
Fig. 2.25 - Defesa pneumática e do tipo “Pile Wrap”.	22
Fig. 2.26 - Tipos mais comuns de linhas de amarração	23
Fig. 2.27 - Modelos: “Single Bitt”, “Double Bitt”, “T-Head” e “Cleats”.....	23
Fig. 2.28 - Ângulos de amarração de cabeços tipo “Staghorn” e “Kidney”.....	24
Fig. 2.29 - Gancho de desengate rápido.....	24
Fig. 2.30 - Tipos de quebramares	25
Fig. 2.31 - Perfil transversal tipo de um quebramar de talude de estrutura mista	25

Fig. 2.32 – Alguns modelos de blocos de betão do manto resistente.....	26
Fig. 2.33 - Porto de Victoria, Hong Kong, China	28
Fig. 2.34 - Ensaio em laboratório	28
Fig. 2.35 - Frente de exploração de pedreira	29
Fig. 2.36 - Fabrico e armazenamento em estaleiro de aduelas pré-fabricadas na obra exemplo.....	33
Fig. 2.37 - Câmara de descompressão para mergulhadores.....	36
Fig. 2.38 - Início e fim da montagem do “Perna Longa” – Plataforma “Jack-up” da obra exemplo	39
Fig. 2.39 - Draga de baldes com porão de transporte.....	44
Fig. 2.40 - Draga retroescavadora (Backacter BA1100)	45
Fig. 2.41 - Antiga draga de alcatruzes.....	46
Fig. 2.42 - Grande draga de sucção e repulsão e exemplo de “cutter”.....	47
Fig. 2.43 - Construção de ilhas artificiais com dragas de sucção no Dubai.....	47
Fig. 2.44 - Aterro de 2.000.000m ³ do Terminal Roll-on Roll-off do Porto de Setúbal	50
Fig. 2.45 - Aterro criado com descarga por tubagem de repulsão de uma draga	52
Fig. 2.46 - Esquema de vibrossubstituição e vibrocompactação de solos moles	54
Fig. 2.47 - Aterro de tardoz na obra exemplo (TOT, filtro geotêxtil e material de aterro geral)	56
Fig. 2.48 - Porto de Malabo, Guiné Equatorial (enchimento de caixotões de um muro de gravidade) 56	
Fig. 2.49 - Reconstrução do Molhe Sul do Porto da Praia da Vitória, Açores	60
Fig. 2.50 - Colocação de tetrápodes de 400kN no Molhe Norte do Porto de Leixões	63
Fig. 2.51 - Reparação do manto resistente com pré-fabricados no Molhe Principal do Porto de Porto Santo.....	63
Fig. 2.52 - Esquema construtivo de um quebramar misto.....	64
Fig. 2.53 - Muro de coroamento de um quebramar.....	65
Fig. 2.54 - Execução do muro de coroamento com deflector do quebramar do Porto do Ferrol.....	66
Fig. 2.55 - Esquema construtivo do quebramar do Porto de Gijón.	67
Fig. 2.56 - Quebramar exterior de parede vertical do Porto do Caniçal – Madeira	69
Fig. 2.57 - Esquema construtivo de um quebramar de parede vertical	70
Fig. 2.58 - Construção do coroamento de um quebramar de parede vertical.....	71
Fig. 2.59 - Corte-tipo de um muro de gravidade em caixotões	72
Fig. 2.60 - Muro de gravidade num Porto de Recreio no Dubai.....	75
Fig. 2.61 - Corte-tipo de um muro de gravidade com blocos de betão	75
Fig. 2.62 - Cofragens de duas e quatro faces utilizadas nos muros de gravidade betonado “in situ” no Porto de Ibiza.....	76
Fig. 2.63 - Corte tipo de uma ponte-cais em estacas.....	77

Fig. 2.64 - Cais acostável em estacas de betão armado construído parcialmente desde plataforma terrestre	78
Fig. 2.65 - Esquema de cravação de camisa metálica e transporte de betão em plataformas flutuantes	78
Fig. 2.66 - Utilização de cembre auto-lançado na construção do Terminal Norte e Terminal RO-RO do Porto de Aveiro.....	80
Fig. 2.67 - Corte-tipo e construção do Porto Amboim, Angola	81
Fig. 2.68 - Corte-tipo e construção de um cais acostável do “tipo dinamarquês” em Altenwerder, Alemanha	81
Fig. 2.69 - Exemplos de junções de estacas-prancha (em cima) e alguns conectores (em baixo).	82
Fig. 2.70 - Perfis-tipo de várias configurações possíveis de “Box” com estacas-prancha.	83
Fig. 2.71 - Cortina de vedação, económica, com estacas-prancha de perfil “Z”	83
Fig. 2.72 - Perfil-tipo de uma parede especial em “U”.	83
Fig. 2.73 - Perfil-tipo de uma parede combinada estaca-prancha / “Box”	84
Fig. 2.74 - Perfil-tipo de uma parede combinada perfis metálicos / estacas-prancha.....	84
Fig. 2.75 - Perfil-tipo de uma parede combinada tubos metálicos / estacas-prancha.....	84
Fig. 2.76 - Construção do porto de águas profundas de Northport, Nova Zelândia com estacas-prancha, recorrendo a equipamentos flutuantes (várias actividades construtivas em simultâneo).	85
Fig. 2.77 - Construção de um cais acostável em doca artificial com estacas-prancha, recorrendo a equipamentos terrestres (paramento exterior, ancoragens e estacas em betão para fundação de uma viga de tardoz para suporte de carril de guindaste).....	85
Fig. 2.78 - Melhoria dos terrenos de fundação por vibrossubstituição com equipamentos flutuantes ..	87
Fig. 2.79 - Execução de uma cortina de estacas de betão armado.....	87
Fig. 2.80 - Cais com cortina de estacas-prancha metálicas com viga de coroamento em betão armado.	88
Fig. 2.81 – Aterro e enrocamento como obra auxiliar para a colocação de aduelas (Molhes do Douro).....	88
Fig. 2.82 - Estruturas auxiliares para abastecimento de batelões com enrocamento.	89
Fig. 3.1 - Novo Terminal de Cruzeiros de Leixões.....	91
Fig. 3.2 - Perfil da curva do molhe norte construído 1884-1892.....	92
Fig. 3.3 - Perfil do quebramar exterior construído 1938-1942.	92
Fig. 3.4 - Evolução de Leixões de Porto de Abrigo a Porto Comercial.....	93
Fig. 3.5 - Ampliação do Porto de Leixões em 1966.	93
Fig. 3.6 - Molhe Sul antes da revitalização.	93
Fig. 3.7 - Evolução do volume anual de dragagens.....	94
Fig. 3.8 - Fotografia do cais multiusos.	95

Fig. 3.9 - Corte exemplo do muro-cais em blocos “noref” do cais multiusos.	95
Fig. 3.10 - Foto da cabeça do Molhe Sul.....	96
Fig. 3.11 - Foto do guindaste “Titan”.	96
Fig. 3.12 - Planta do anteporto e trajectória provável dos navios no acesso ao Porto de Leixões.	96
Fig. 3.13 - Vista geral da área de Apoio Náutico (Arq. Luís Pedro Silva).	97
Fig. 3.14 - Porto de Recreio do novo Terminal de Cruzeiros de Leixões.	98
Fig. 3.15 - Planta das zonas de quebramento de rocha e dragagem (imagem do projecto de execução).	98
Fig. 3.16 - Planta do arranjo geral da obra (imagem do projecto de execução).	99
Fig. 3.17 - Planta do estaleiro com caminho de circulação e de evacuação de emergência.	100
Fig. 3.18 - Implantação das aduelas do muro-cais da área de Apoio Náutico (imagem do projecto de execução).	101
Fig. 3.19 - Corte-tipo da Galeria Técnica – geometria e armaduras (imagem do projecto de execução).	101
Fig. 3.20 - Corte do arranjo geral do Cais Acostável e Flúvio-Marítimo (imagem do projecto de execução).	102
Fig. 3.21 - Corte-tipo do Cais Acostável e Cais Flúvio-Marítimo (imagem do projecto de execução).	103
Fig. 3.22 - Corte-tipo do Cais Acostável (imagem do projecto de execução).	104
Fig. 3.23 - Corte dos passadiços e acesso ao Porto de Recreio (imagem do projecto de execução).	104
Fig. 3.24 - Fotografia da draga de sucção “Viking R”.....	105
Fig. 3.25 - Remoção de objectos encontrados no fundo do anteporto de Leixões.....	105
Fig. 3.26 - Esquema de funcionamento draga de sucção “Viking R”.....	105
Fig. 3.27 - Draga “Peniche” - sistema DipMate®.	106
Fig. 3.28 - Draga “Peniche” e batelão “Obelix”.....	106
Fig. 3.29 - Esquema de funcionamento da draga “Peniche” – Donge Backacter 600.....	106
Fig. 3.30 - Draga “Dragamar” e batelão “Philae”.....	107
Fig. 3.31 - Esquema de um batelão a fazer descarga em vazadouro.	107
Fig. 3.32 - Rocega no batelão “Sá Nogueira”.....	107
Fig. 3.33 - “Print screen” do software utilizado na rocega.....	107
Fig. 3.34 - Esboço do sistema de rocega utilizado em obra no pontão “Sá Nogueira”.....	108
Fig. 3.35 - Pontão “Montemor” – CPTP, S.A.	109
Fig. 3.36 - Sistema de DGPS do pontão “Sá Nogueira”.....	109
Fig. 3.37 - Explosivos Emulex 731 e detonadores de micro-retardo.	109
Fig. 3.38 - Preparação dos explosivos no pontão “Montemor” (25-02-2011).	110
Fig. 3.39 - Ohmímetro “SCHAFFLER – DIGOHM”.....	110

Fig. 3.40 - Explosor “ZÜNDERWERKE ERNST BRÜN”.....	110
Fig. 3.41 – “Bit” de furação (07-07-2010).....	111
Fig. 3.42 - Torre de furação no “Montemor” (07-07-2010).....	111
Fig. 3.43 - Pontão “Sá Nogueira” – ETERMAR, S.A.....	111
Fig. 3.44 - Atlas Copco ROC D7 em funcionamento.	111
Fig. 3.45 - Esquema de furação e colocação de explosivos com torre de furação e ROC D7.	111
Fig. 3.46 - Instantes da detonação de pegas de fogo.....	112
Fig. 3.47 – Fotografias do início e progressão do aterro da plataforma do edifício.....	113
Fig. 3.48 - Esquema do início do aterro no cais das aduelas antes da execução dos prisma de fundação e colocação das aduelas.....	113
Fig. 3.49 - Esquema do aterro no tardo do muro-cais.....	114
Fig. 3.50 - Fotografia da retenção marginal do cais acostável (26-06-2010).	114
Fig. 3.51 - Retenção marginal do cais acostável (imagem do projecto de execução).	115
Fig. 3.52 - Retenção marginal do aterro da Gare de Passageiros com geotêxtil e enrocamento.....	115
Fig. 3.53 - Corte exemplificativo da retenção marginal no terraplano da gare de passageiros (imagem do projecto de execução).	116
Fig. 3.54 - Retenção marginal do aterro da gare de passageiros (22-02-2011).....	116
Fig. 3.55 - Esquema de execução da protecção do prisma de fundação das aduelas.	117
Fig. 3.56 - Protecção do prisma de fundação das aduelas com enrocamento numa cassamba.....	117
Fig. 3.57 – Perfil-tipo dos trabalhos de reperfilamento do molhe (imagem do projecto de execução).....	118
Fig. 3.58 - Situação inicial do Molhe Sul.....	118
Fig. 3.59 - Trabalhos de reperfilamento do Molhe Sul.....	118
Fig. 3.60 - Execução da Galeria Técnica.....	118
Fig. 3.61 - Reperfilamento do Molhe concluído.	118
Fig. 3.62 - Foto do cais acostável visto do plano da água em baixa-mar.....	119
Fig. 3.63 – Corte-tipo do trecho de cais com 13m de largura (imagem do projecto de execução).....	120
Fig. 3.64 - Apoio topográfico ao “Perna Longa”.....	121
Fig. 3.65 - Fotografia do “Perna Longa”.....	121
Fig. 3.66 - Extremidade de uma estaca com sistema “Symmetrix” acoplado.....	121
Fig. 3.67 - Esquema de funcionamento do sistema “Symmetrix”.	122
Fig. 3.68 - Empalme de armaduras das estacas.....	122
Fig. 3.69 - Pormenor das estacas do alinhamento A (imagem do projecto de execução).	122
Fig. 3.70 - Saneamento de uma estaca com “air-lift”.....	123

Fig. 3.71 - Colocação de armadura com grua-torre	123
Fig. 3.72 - Colocação da “rolha” no “tremie”.	123
Fig. 3.73 - Decorrer da betonagem de uma estaca.....	123
Fig. 3.74 - Fim da betonagem de uma estaca.....	124
Fig. 3.75 - Ensaio sónico a uma estaca betonada.	124
Fig. 3.76 - Cravação de estacas-prancha com “vibrofonceur”.	124
Fig. 3.77 - Fotografia do conjunto solidarizado.	125
Fig. 3.78 - Fotografia do maciço betonado.....	125
Fig. 3.79 - Estacas-prancha, viga HEA500 e maciço de solidarização (imagem do projecto de execução).	125
Fig. 3.80 - Esquema da progressão dos trabalhos no cais acostável.....	125
Fig. 3.81 - Colocação de um escudete pré-fabricado	126
Fig. 3.82 - Colocação de armadura num escudete	126
Fig. 3.83 - Colocação de um canaleta pré-fabricado	126
Fig. 3.84 - Colocação da armadura numa viga	126
Fig. 3.85 - Colocação de um painel do intradorso.....	127
Fig. 3.86 - Colocação de uma série de pré-lajes.....	127
Fig. 3.87 - Início de uma betonagem de laje	127
Fig. 3.88 - Acabamento superficial final	127
Fig. 3.89 - Execução de carotagem.....	128
Fig. 3.90 - Aplicação de defensas.	128
Fig. 3.91 - Chumbadouros e cércea de um cabeço	128
Fig. 3.92 - Cabeço de amarração colocado	128
Fig. 3.93 - Negativo após descofragem.....	129
Fig. 3.94 - Aglomerado negro de cortiça e neoprene.....	129
Fig. 3.95 - Armadura do “dente” da junta	129
Fig. 3.96 - Junta tipo “Algaflex T50” no pavimento.....	129
Fig. 3.97 - Negativo na laje e chumbadouros.....	130
Fig. 3.98 - Negativo descofrado e mesas transversais	130
Fig. 3.99 - Colocação do carril sobre as mesas	130
Fig. 3.100 - Acabamento final com betuminoso	130
Fig. 3.101 - Simulação nocturna das opções lumínicas para o Porto de Recreio	131
Fig. 3.102 - Rampa de acesso ao cais Flúvio-Marítimo	132
Fig. 3.103 - Quebramar flutuante com convés revestido	132

Fig. 3.104 - “Skyline Barge 18” em furação	132
Fig. 3.105 - Coluna de furação com “bit” acoplado	132
Fig. 3.106 - Esquema de cravação de estacas metálicas com sistema “Symmetrix”	133
Fig. 3.107 - Estaca com sistema “Symmetrix” acoplado.....	133
Fig. 3.108 - “Perna Longa” em furação	134
Fig. 3.109 - Estacas metálicas terminadas	134
Fig. 3.110 - Ilha Ecológica – planta geral (imagem do projecto de execução).	134
Fig. 3.111 - Ilha Ecológica – corte (imagem do projecto de execução).	135
Fig. 3.112 - Betonagem da Ilha Ecológica	135
Fig. 3.113 - Ilha Ecológica concluída	135
Fig. 3.114 - Muro-cais em aduelas	136
Fig. 3.115 - Execução do prisma de fundação das aduelas	136
Fig. 3.116 - Compactador submersível “Dynamack CR 31”.	137
Fig. 3.117 - Esquema de compactação dinâmica dos prismas de fundação.	137
Fig. 3.118 - Aplicação de brita e regularização da base de assentamento	138
Fig. 3.119 - Esquema de colocação das aduelas de fundo	138
Fig. 3.120 - Colocação da primeira aduela de fundo	139
Fig. 3.121 - Equipamento vídeo dos mergulhadores	139
Fig. 3.122 - Fotografia da progressão do muro-cais	139
Fig. 3.123 - Esquema tridimensional do muro-cais.....	139
Fig. 3.124 - Esquema de colocação de aduelas intermédias e de coroamento	139
Fig. 3.125 - Preenchimento das células com brita	140
Fig. 3.126 - Início da sobrecarga nas aduelas	140
Fig. 3.127 - Esquema de betonagem das células/pilar	140
Fig. 3.128 - Colocação da armadura no pilar	141
Fig. 3.129 - Estrutura do “travelift” (22-03-2011).....	141
Fig. 3.130 - Alçado nascente do muro-cais em aduelas (imagem do projecto de execução).	141
Fig. 3.131 - Pormenor construtivo da viga de coroamento do muro-cais (imagem do projecto de execução)	141
Fig. 3.132 - Núcleo/pilar em betão armado (imagem do projecto de execução)	142
Fig. 3.133 - Viga de coroamento completa	142
Fig. 3.134 - Corte construtivo vertical das aduelas do tipo A1 (imagem do projecto de execução)....	142
Fig. 3.135 - Corte construtivo horizontal das aduelas do tipo A6 (imagem do projecto de execução)....	143
Fig. 3.136 - Armadura e cofragem de uma laje de fundo.....	143

Fig. 3.137 - Armadura e cofragem das células.....	143
Fig. 3.138 - Armadura e cofragem de uma laje de fundo.....	144
Fig. 3.139 - Desmoldagem das células de uma aduela	144
Fig. 3.140 - Fotografia da obra concluída (18-03-2011).....	144
Fig. 4.1 - Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1 – Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection (Adaptado).....	148
Fig. 4.2 - Cofragem não conforme da Ilha Ecológica	152
Fig. 4.3 - Cofragem da Ilha antes da betonagem	152
Fig. 4.4 - Cuidados com a altura de queda do betão	153
Fig. 4.5 - Esquema de betonagem submersa com “tremie”.....	153
Fig. 4.6 – “Slump Test” em obra.....	154
Fig. 4.7 - Provetes (cubos) de betão para ensaio	154
Fig. 4.8 - Resultados do ensaio de determinação da composição química das estacas-prancha	157
Fig. 4.9 - Medição da espessura da galvanização com medidor de sonda destacável (26-07-2011).157	
Fig. 4.10 - Acabamento de superfície (pintura)	158
Fig. 4.11 - Tratamento anticorrosivo em estaca soldada	158
Fig. 4.12 - Movimentação de uma aduela em estaleiro	159
Fig. 4.13 - Colocação de aduela com mergulhador	159
Fig. 4.14 - Valores das velocidades registadas ao longo do mês de Agosto 2010 nos 4 sismógrafos	160
Fig. 4.15 - Ensaio Sónico (Método da Resposta Dinâmica) da Estaca EA51 – Curva de resposta... 162	
Fig. 4.16 - Recepção das defensas em obra	163
Fig. 4.17 - Localização dos pontos de amostragem para monitorização da qualidade da água	167
Fig. 4.18 - Unidade de Protecção Ambiental da obra exemplo.....	169
Fig. 4.19 - Exemplo de recurso a guarda corpos nas operações de colocação de armaduras na obra exemplo	170
Fig. 5.1 - Esquema auxiliar de preenchimento do Quadro 5.2.....	178
Fig. 5.2 - Grande disponibilidade de equipamentos em obra (gruas, batelões, plataformas)	188
Fig. 5.3 - Colocação de armaduras de duas estacas em simultâneo com recurso a duas gruas.	190
Fig. 5.4 - Levantamento da armadura de uma estaca, tarefa realizada com duas gruas em simultâneo.	190
Fig. 5.5 - Galgamento do Molhe do Douro, um quebramar de parede vertical, perto do Porto de Leixões.....	190
Fig. 5.6 - Nevoeiro marítimo serrado (18-08-2010).....	190
Fig. 5.7 - Armazenamento em estaleiro de moldes de estacas, pequenos pré-fabricados e de aduelas	191

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 2.1 – Tipos de dragas mais aconselhadas em função do terreno a dragar.....	44
Quadro 3.1 – Quadro resumo dos números da obra exemplo	97
Quadro 5.1 – Quebramento de Rocha com Atlas Copco Roc D7 no “Sá Nogueira”.....	176
Quadro 5.2 – Quebramento de Rocha com Torre de Perfuração no “Montemor” (ver Fig. 5.1).	177
Quadro 5.3 – Cortina de Estacas-Prancha	179
Quadro 5.4 – Estacas de Betão – 1ª Fase (Perfuração na Rocha e Cofragem).	180
Quadro 5.5 – Estacas de Betão – 2ª Fase (Armaduras e Betonagem).	180
Quadro 5.6 – Estacas de Betão – Ficha de Execução de Estacas	181
Quadro 5.7 – Registo de Montagem de Aduelas em Muro-Cais	182
Quadro 5.8 – Estacas de Betão – Registo dos Ensaios de Integridade (ensaio sónico).	183
Quadro 5.9 – Registos do Betão de Fabrico das Aduelas com Laje de Fundo.....	184
Quadro 5.10 – Registos do Betão de Fabrico das Aduelas sem Laje de Fundo.....	184
Quadro 5.11 – Quebramento de Rocha – Inspecção de Detonação de Uma Pega de Fogo	185
Quadro 5.12 – Fabrico de Aduelas de Betão Armado	186
Quadro 5.13 – Colocação de Pré-fabricados de Betão Armado – Aduelas	187
Quadro 5.14 – Mapa de Equipamentos em Obra num Mês de Pico.	189

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

F – Força [N]

G – constante universal de gravitação [$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$]

M_t – massa da terra [kg]

M_l – massa da lua [kg]

R – distância entre os centros da Lua e Terra [m]

APDL – Administração dos Portos do Douro e Leixões, S.A.

ASTM – American Society for Testing and Materials

BS – British Standard

CEM - Coastal Engineering Manual

CEN – Comité Européen de Normalisation (European Committee for Standardization)

DIA – Declaração de Impacte Ambiental

DIN – Deutsches Institut für Normung (German Institute for Standardization)

DGPS – Differential Global Positioning System

EIA – Estudo de Impacte Ambiental

EN – Normas Europeias Harmonizadas

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

HDPE – High-density Polyethylene (Polietileno de Alta Densidade)

IHRH – Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos

IPAC – Instituto Português de Acreditação

ISO – International Organization for Standardization

NACE – National Association of Corrosion Engineers

NBR – Norma Brasileira

NP – Norma Portuguesa

PIANC – Permanent International Commission for Navigation Congresses

PSS – Plano de Segurança e Saúde

PVC – Polyvinyl Chloride (Policloreto de Vinilo)

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SIS – Swedish Standards Institute

TOT – Enrocamento de Todo o Tamanho (materiais pétreos de granulometria extensa)

ZHL – Zero Hidrográfico de Leixões

GLOSSÁRIO

Atracação – acto ou efeito de um navio atracar num porto ou terminal, a fim de realizar a operação de carga e descarga de mercadoria.

Batelão – embarcação, com ou sem motor, para transporte de diferentes tipos de carga (areia, lodo). Não possuindo força motriz própria, poderá ser rebocado.

Batimetria – medição da profundidade dos oceanos, lagos e rios, expressa cartograficamente por curvas batimétricas que unem pontos com a mesma profundidade com equidistâncias verticais, à semelhança das curvas de nível topográfico.

Cabeço de Amarração – poste vertical, normalmente de ferro fundido, instalado no cais ou molhe (ou no convés do navio) para segurar os cabos, servindo para amarração do navio.

Cais – estrutura junto da qual os navios procedem à acostagem a fim de efectuarem operações de embarque/desembarque de passageiros ou mercadorias.

Calado – profundidade de um navio abaixo da linha de água, medida na vertical até à parte mais baixa do casco, hélices, ou outros pontos de referência.

Cotas de Fundos – profundidade a que os cais ou molhes estão dragados, abaixo do zero hidrográfico, de modo a permitir a acostagem de navios e embarcações e a flutuação livre dos mesmos. A leitura é expressa em números negativos.

Decantação (sólido-líquido) – processo de separação que permite separar misturas heterogéneas.

Defensa – estrutura fixa ao cais utilizadas para absorver o impacto do navio.

Deflexão – movimento de abandonar uma linha que se descreveria, para seguir outra; desvio do caminho normal.

Difracção (ondas) – desvio da propagação rectilínea de uma onda; ondas com baixo comprimento de onda são facilmente difractadas.

Fichas de Projecto (estacas) – profundidade de penetração no solo que é considerada em projecto para fim de resistência dos esforços actuantes na estaca.

Galgamento – transpor ou passar por cima.

Geotêxtil – materiais têxteis utilizados em contacto com o solo ou com outros materiais em aplicações de engenharia civil e geotécnica, geralmente são do tipo tecido ou não-tecido, embora também existam geotêxteis tricotados e reforçados.

Granulometria – é o processo que visa definir, para determinadas faixas pré-estabelecidas de tamanho de grãos, a percentagem em peso que cada fracção possui em relação à massa total da amostra em análise.

Hidrografia – ramo da geografia física que estuda as águas da superfície da Terra.

“Hinterland” – zona de influência em toda a área industrial e comercial interior ligada ao porto e por ele servida.

Lastro – diz-se do líquido ou outro material carregado ou bombeado para os porões ou cisternas, a fim de alterar o calado do navio, ou ainda para contrabalançar uma inclinação.

Molhe – projecção das partes laterais das docas ou portos e rios, ao longo do qual os navios podem acostar para carga ou descarga.

Muro-cais – estrutura artificial e vertical do porto, passível de acostagem, de acordo com a profundidade das águas e o calado dos navios.

Nadir – é o ponto inferior da esfera celeste, segundo a perspectiva de um observador; na superfície do planeta é a projecção do alinhamento vertical que está sob os pés do observador, à esfera celeste superior.

Navio Ro-Ro – navio no qual se utiliza o método de acesso na horizontal, através de rampas laterais ou de popa. Tratando-se de veículos automóveis, estes poderão ser carregados/descarregados pelos seus próprios meios, necessitando apenas de um condutor.

Ponte-cais – estrutura, em estacas e tabuleiro, junto da qual os navios procedem à acostagem, a fim de efectuarem operações de embarque/desembarque de passageiros ou mercadorias.

Promontório – cabo elevado formado de rochas que avançam sobre o mar.

Quebramar – barreira concebida e construída para dentro de água, a fim de quebrar a força da água num local específico. Proporciona a protecção artificial necessária quando um porto é construído numa localização exposta, para completar ou complementar esse abrigo.

Rampa Ro-Ro – ponte de carga para navios Ro-Ro.

Reflexão (ondas) – quando uma onda volta para a direcção de onde veio, devido à ao choque com um material.

Refracção (ondas) – mudança da direcção das ondas, devido à entrada em meio diferente; a velocidade da onda varia, pelo que o comprimento de onda também, mas a frequência permanece sempre igual, pois é característica da fonte emissora.

Ressonância (ondas) – é a tendência de um sistema de ondas oscilar em máxima amplitude em certas frequências.

Tardoz – superfície de um elemento construtivo (muro, etc.) voltada para o interior.

Terminal – instalações especializadas para a movimentação de contentores, carga, passageiros, etc.

Topo-hidrografia – elaboração de cartas e mapas que mostram a forma dos litorais, a profundidade das águas, e a localização de canais, recifes, bancos de areia, rochas e correntes.

1

INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO

Foram as circunstâncias curriculares, aliadas à indelével ligação ao mar do autor e à sua própria experiência profissional, que levaram à escolha do tema da dissertação.

Assim se entender que as obras portuárias constituem uma matéria de grande interesse prático para a vida profissional dos engenheiros civis em geral, procurou-se assim dar a conhecer, reunindo numa só compilação, os diversos assuntos que constituem o tema, de um modo geral pouco divulgado, quer no meio académico quer no meio da própria engenharia civil como profissão.

Trata-se de matéria de natureza marcadamente multidisciplinar, conjugando conhecimentos diversos nas áreas de equipamentos e apetrechamentos portuários, navegação, meteorologia, hidrologia, geotecnia, estruturas e topografia para além dos problemas gerais do planeamento e fiscalização de obras, comuns a todo o tipo de obras.

A preparação de documentação de registo e inspecção das actividades em obras marítimas e portuárias, constitui assim o objecto fundamental da presente dissertação. Tal documentação materializa-se sob a forma de Fichas de Registo de Actividades e Fichas de Inspeção, documentação de suporte às acções dos agentes de fiscalização em obra.

O tema e âmbito do trabalho, têm a sua justificação, na necessidade de ter acesso a ferramentas simples de apoio ao trabalho de controlo da qualidade de execução das principais tarefas, constituindo no fundo documentos síntese de conhecimento aplicáveis a obras portuárias. É fundamental, que o agente de fiscalização, possa ter a documentação necessária para controlar e registar os aspectos mais relevantes, e assim, assegurar a correcta realização das tarefas pela entidade executante. É essa a motivação fundamental da presente dissertação.

1.2. OBJECTIVOS

Com o presente trabalho, pretende-se assim compilar a informação relativa aos aspectos mais relevantes relacionados com as obras marítimas e portuárias mais representativas, numa perspectiva de produção em obra e fiscalização, atentando e alertando para os mais diversos factores, desde o estudo e análise dos projectos de execução, do planeamento da obra, e dos condicionamentos diversos inerentes a projectos desta espécie, bem como listar e caracterizar as soluções técnicas possíveis para a execução de algumas actividades, mostrando alguns dos pontos fortes e fracos que lhes estão associados, bem como os aspectos mais relevantes a reter em cada uma delas, fruto da síntese/estudo de variadas fontes bibliográficas consultadas.

Com isto, e na perspectiva da entidade fiscalizadora, com base no estudo de caso da obra exemplo, prepararam-se três novas Fichas de Registo de Actividades e três Fichas de Inspeção para trabalhos

portuários, produzidas e propostas especificamente no âmbito da obra exemplo, mas que podem ser utilizadas, ou servir de base para utilização das mesmas em obras com actividades/tarefas de espécie semelhante.

Foram também utilizadas e parcialmente melhoradas pelo autor outras sete fichas, produzidas na empresa de fiscalização, especificamente para esta obra. Esclarece-se desde já que o autor realizou esta dissertação integrada no exercício da actividade de elemento de fiscalização residente na obra exemplo, fiscalização realizada pela CINCLUS, S.A.

1.3. BASES DO TRABALHO PRODUZIDO

Como ponto de partida para a realização desta dissertação, são de referir os seguintes elementos:

- Documentos de apoio às disciplinas de Fiscalização, Mecânica dos Solos e de Trabalhos Marítimos da FEUP;
- Diversas páginas Web de entidades nacionais e internacionais com a sua actividade directamente relacionada com os assuntos em estudo e empresas que produzem e/ou comercializam os materiais no âmbito das obras marítimas;
- Bibliografia geral associada ao tema;
- Bibliografia técnica baseada em trabalhos de carácter monográfico produzidos em instituições universitárias de referência nacional e internacional na área da dissertação;
- Caderno de encargos da obra exemplo;
- Conhecimento adquirido pelo “know-how” transmitido pelos intervenientes da obra exemplo.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em seis capítulos. Começa-se, neste capítulo, por realizar um enquadramento geral do âmbito a que esta dissertação se refere, os objectivos a atingir, as bases de partida para a sua realização e a definição da área temática abordada.

No Capítulo 2 é feita uma ampla descrição das obras marítimas e estruturas portuárias mais representativas, numa vertente prática, abordando-se os processos e soluções construtivas mais interessantes em função das características do local de implantação da obra e da função a que se destina, salientando os aspectos mais relevantes no que se refere à produção em obra e respectivos aspectos a fiscalizar/controlar/monitorizar, produzindo-se um suporte teórico/tecnológico essencial aos intervenientes em obra.

Com o objectivo de estudar os procedimentos de controlo de qualidade de uma obra portuária, no Capítulo 3, é feita uma descrição aprofundada das soluções construtivas utilizadas na sua concepção, função das condições locais, bem como uma descrição das tecnologias construtivas utilizadas. Este capítulo conta ainda com uma resenha histórica da evolução do Porto de Leixões, e do seu enquadramento geográfico bem como do surgimento da empreitada em estudo, nesse contexto.

Baseado no caso apresentado no Capítulo 3, o Capítulo 4, concretiza os procedimentos de controlo de qualidade, segurança, saúde e ambiente implementados em obra, sendo esse trabalho, a base das fichas de registo do progresso das actividades e de inspecção produzidas no Capítulo 5.

Para finalizar, no Capítulo 6, tecem-se algumas considerações finais relacionadas com o trabalho desenvolvido.

Todos os capítulos são ilustrados ao longo do texto por um vasto conjunto de esquemas, fotografias e quadros, registados nos índices correspondentes.

2

OBRAS MARÍTIMAS E ESTRUTURAS PORTUÁRIAS

2.1. INTRODUÇÃO

No momento em que o homem começou a explorar o mundo em seu redor e tomou contacto com os mares e rios, sonhou ir cada vez mais longe e conquistar novos territórios por necessidades de sobrevivência ou poder civilizacional. Criou embarcações primitivas, cavadas em troncos retirados à floresta virgem e aprendeu a beneficiar das condições que a natureza lhe proporcionava: marés, correntes e ventos.

Depois de dominadas as condições de navegação, estudou as formas mais seguras de acostagem e de desembarque de pessoas e mercadorias. Surgem, assim, as primeiras concepções de estruturas acostáveis, que estimularam uma emergente economia mercantil. De facto, o mais notável resultado deste tipo de economia foi a expansão marítima que o levou a percorrer e conhecer todos os mares do planeta.

Actualmente, ao falar de engenharia portuária ficamos envolvidos em tudo o que se refere ao planeamento, estudo, projecto e construção de, por exemplo:

- Canais de navegação em portos;
- Estruturas “offshore” relativamente bem protegidas de ventos e ondas;
- Sistemas de apoio à aproximação de navios a um porto;
- Estruturas que facilitem a atracação de navios, transferência de passageiros e a movimentação e armazenamento de mercadorias;
- Estruturas de protecção como quebramares e molhes;
- Edifícios para as autoridades portuárias, alfândegas, transferência de passageiros e bens da terra para os navios;
- Portos de recreio;
- Infraestruturas de abastecimento a navios, nomeadamente electricidade, água, combustíveis e serviços de manutenção.

Assim, e dada a sua natureza singular, algumas destas matérias serão estudadas de forma resumida, ficando-se mesmo em alguns casos pela sua mera enunciação, visto que cada uma só por si justificaria um trabalho específico, incidindo o estudo, principalmente nos processos construtivos e acções a seguir nas obras marítimas e portuárias mais relevantes (subcapítulo 2.12).

2.2. TIPOS DE PORTOS

Os portos, simplificada, podem ser classificados como portos naturais, semi-naturais, artificiais e portos de refúgio, militares ou comerciais, que de seguida são apresentados [6].

2.2.1. PORTOS NATURAIS

Os portos naturais são estruturas, que pela sua configuração natural criam protecção de tempestades e ondas a uma dada área, não necessitando de estruturas especiais de protecção do tipo quebramar ou molhes. Mesmo a configuração natural da entrada, usualmente, permite boa navegabilidade, embora a zona portuária em si seja mais tranquila.

Estes portos naturais localizam-se em baías, estuários e foz de rios.



Fig. 2.1 – Porto do Rio de Janeiro, Brasil – Baía de Guanabara (exemplo de porto natural) [41].

2.2.2. PORTOS SEMI-NATURAIS

São assim denominados os portos localizados numa enseada ou protegidos por promontórios em ambos os lados, sendo apenas necessário garantir uma protecção artificial na sua entrada. A exploração destas condições naturais aproxima-se às dos portos naturais, fazendo de locais com estas características dos mais desejáveis a este tipo de exploração.



Fig. 2.2 – Porto de Plymouth, Reino Unido – Quebramar de protecção (exemplo de porto semi-natural) [42].

2.2.3. PORTOS ARTIFICIAIS

Tais portos surgem por motivos de interesse económico, mesmo faltando inicialmente as condições mínimas de abrigo e acesso. São portos protegidos dos efeitos das ondas por quebra-mares destacados, molhes ou como resultado de dragagens para permitir o acesso, caracterizam-se assim por uma forte intervenção humana na sua concepção.



Fig. 2.3 – Porto de Hamburgo, Alemanha (exemplo de porto comercial artificial) [43].

2.2.4. PORTOS DE REFÚGIO

Estas estruturas podem ser utilizadas unicamente para abrigar navios numa tempestade ou servir como porto comercial. No essencial, devem permitir boas condições de amarração ou ancoragem, em segurança e de fácil acesso a partir do mar durante qualquer estado climatérico e de correntes marítimas.



Fig. 2.4 – Delaware Bay, Estado Unidos da América (exemplo de porto de refúgio) [44].

2.2.5. PORTOS MILITARES

Um porto militar ou base naval tem como objectivo acomodar navios patrulha, porta-aviões ou fragatas e servir de depósito de armamento e de bens necessários à prestação de serviços militares. Dos mais conhecidos e prestigiados destacam-se: Guantánamo (Cuba), Hampton Roads, Virgínia (USA) e Pearl Harbor, Hawaii (USA).

2.2.6. PORTOS COMERCIAIS

Os portos comerciais são portos dotados de equipamentos necessários à carga e descarga dos navios, garantindo ainda o seu abastecimento de bens essenciais e combustível, sendo servidos por uma vasta rede de infraestruturas viárias e apoio administrativo. Possuem autoridades aduaneiras e de fiscalização e são dotados, muitas vezes, de docas secas para reparação de navios.

2.3. PROCESSOS DE ESCOLHA DE LOCALIZAÇÃO DE PORTOS

Uma obra portuária obriga a um conhecimento prévio e firmado das condições do meio em que vai ser desenvolvida para o cumprimento de determinada função.

Com efeito, a execução de um projecto deste tipo tem que ter em conta as condições naturais, nomeadamente de mar, marés e do terreno, não desprezando o regime de ventos e condições climáticas. A combinação destes factores com o tipo de utilização a dar à estrutura portuária, irão condicionar determinadamente as características e morfologia da obra.

O local de implantação da estrutura portuária poderá oferecer condições mais ou menos favoráveis já que a sua escolha é deliberada por imposições distintas relacionadas com condições do “hinterland”: localização das vias de comunicação terrestres, das infraestruturas industriais e dos factores de produção.

A escolha desse local pode oferecer boas condições de abrigo e protecção à acção do mar, ou por outro lado exigir obras especiais de defesa. As condições ideais de localização correspondem sempre à possibilidade de ser encontrada uma bacia abrigada e com fundos a cotas suficientes para permitir o acesso dos navios ou embarcações, sem obras adicionais de dragagem ou quebramento de rocha.

No caso de não existirem tais condições naturais, torna-se essencial realizar obras adicionais de abrigo, como molhes e quebramares, além de serviços de dragagem que, muitas vezes, representam investimentos da mesma ordem de grandeza ou mesmo superiores aos investimentos correspondentes às estruturas de acostagem.

No caso de não serem encontradas condições adequadas para implantação das obras na região costeira, recorre-se às chamadas instalações “offshore”, nas quais os navios operam praticamente com os seus próprios recursos, mediante apoio de sistemas auxiliares de bóias de fixação. É o caso de certos terminais petrolíferos em mar aberto.

A abordagem do tema das obras e estruturas portuárias torna necessário que se faça uma classificação dos seus tipos principais, segundo vários critérios.

2.4. OBRAS DE ACOSTAGEM DE NAVIOS

Na abordagem da problemática das obras e estruturas acostáveis em portos torna-se necessário conceber uma classificação dos seus tipos principais, surgindo então alguns critérios possíveis de classificação das obras de acostagem:

- Localização: marítimas, fluviais ou lacustres (em lagos);
- Condições de abrigo: protegidas ou em mar aberto;
- Função: Carga geral, graneis sólidos ou líquidos e navios de cruzeiro;
- Equipamentos de carga/descarga: contentores e roll-on/roll-off;

- Mobilidade dos equipamentos: móveis e fixos;
- Tipo ou natureza da estrutura: estrutura contínua ou estrutura discreta.

Destas últimas, as primeiras geram normalmente as chamadas soluções em muro-cais ou paramento aberto ou fechado. Os muro-cais fechados possuem uma cortina frontal que assegura a contenção do terraplino do tardoz. Nos cais de paramento aberto, esta cortina ou não existe ou está na retaguarda do cais. A zona sob a plataforma é em talude suave a partir do extremo interno da secção estrutural, até atingir a linha de dragagem (Fig. 2.5(c)).

Nas soluções em estruturas discretas, estas estão subdivididas em elementos isolados, realizando funções específicas de acostagem, suporte de equipamentos e amarração dos navios ou embarcações.

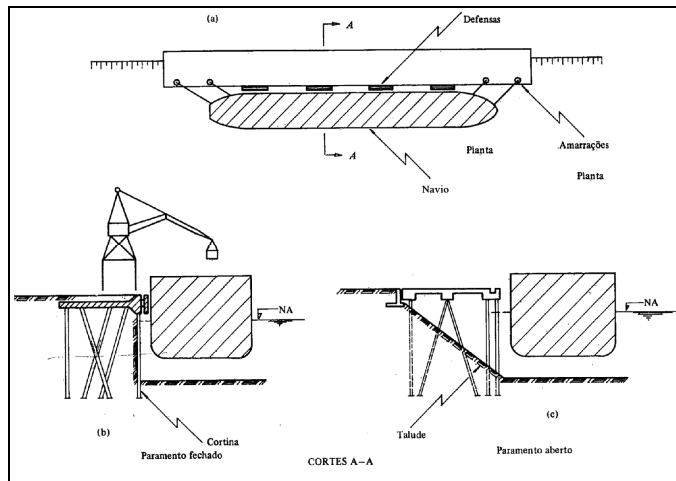


Fig. 2.5 – Soluções de cais contínuo em paramento fechado (b) e paramento aberto (c) [3].

A Fig. 2.5, apresenta uma solução em cais contínuo, com um lado acostável, em opções de paramento fechado e de paramento aberto. No corte representado à esquerda, observa-se uma solução na qual o terraplino de retaguarda é contido por uma cortina. Este tipo de obra é também denominado "cais com plataforma de alívio", já que a plataforma protege a cortina contra os impulsos. No da direita, pode-se observar a solução equivalente em paramento aberto, na qual o terreno se apresenta em talude, sob a plataforma.

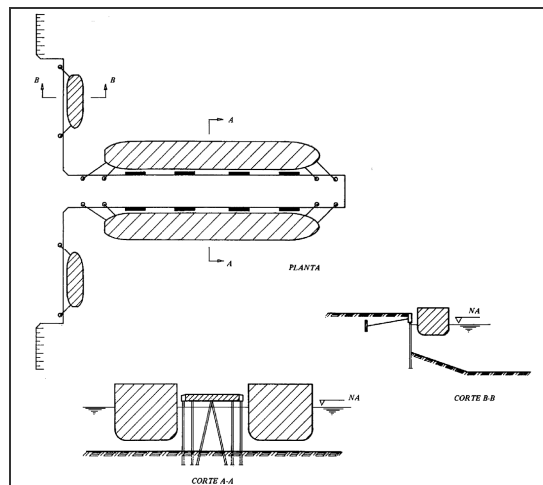


Fig. 2.6 – Solução do tipo ponte-cais [3].

Ainda em plataforma contínua, temos obras do tipo ponte-cais, com dois lados acostáveis. O esquema estrutural baseia-se, nestes casos, em geral, numa plataforma apoiada em estacas. Além disso, podem existir cais auxiliares para pequenas embarcações de apoio, tais como, rebocadores ou lanchas de amarração dos navios. Essas instalações estão indicadas na Fig. 2.6 por um cais contínuo, em cortina ancorada, perpendicular ao cais principal.

Esta solução, com dois lados acostáveis, apresenta maior rendimento operacional em relação à solução com apenas um lado acostável. A sua adopção depende, contudo, de uma série de condições suplementares, tais como, condições topográficas e batimétricas do fundo da bacia, desempenho dos equipamentos, etc.

As soluções em cais contínuo são, evidentemente, mais ajustáveis a tipos de equipamento de carga e descarga de navios do tipo móvel, isto é, que se desloca ao longo da frente acostável.

Uma variante estrutural de solução para os cais do tipo contínuo que, muitas vezes pode manifestar apreciáveis vantagens económicas, é constituída pelo cais de cortina ancorada, com fundações independentes para suportar o equipamento móvel de carga e descarga.

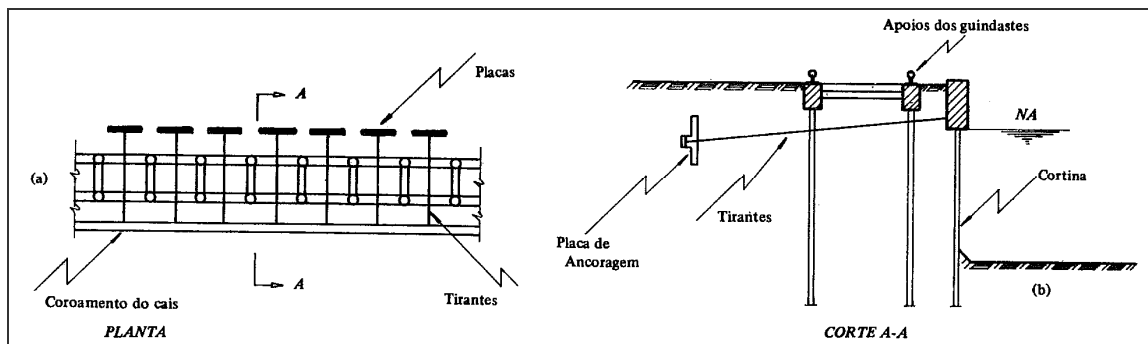


Fig. 2.7 – Cais de cortina ancorada [3].

Passando agora para estruturas acostáveis em elementos discretos, do tipo duques d'alba, destacam-se agora as duas situações mais usuais.

Mostra-se de seguida uma solução esquemática típica de um terminal para graneis líquidos, em particular para navios petroleiros, embora este esquema possa ser usado para operar certos tipos de graneis sólidos (Fig. 2.8).

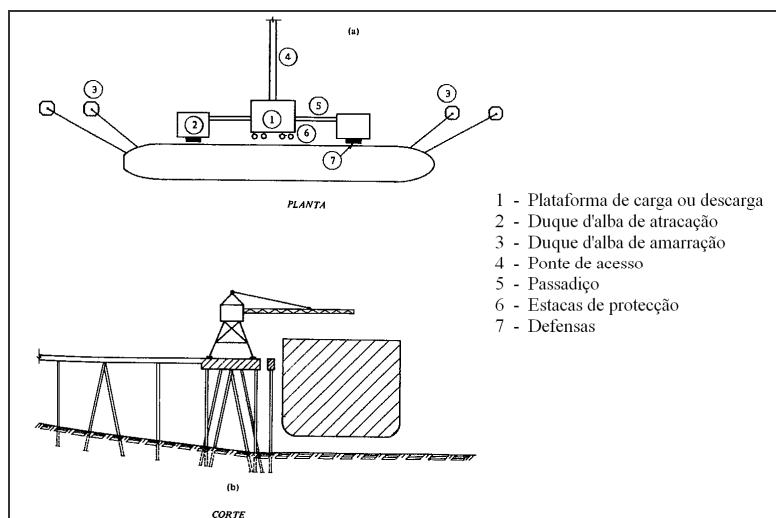


Fig. 2.8 – Esquema de terminal de graneis líquidos em elementos discretos [3].

Estes terminais são constituídos por diversos elementos e plataformas isoladas, cada qual desempenhando uma função específica.

A plataforma de carga ou descarga, apresenta-se recuada em relação à linha de acostagem sendo protegida por estacas de protecção contra o possível choque dos navios, e encontra-se ligada ao terreno por uma ponte de acesso que conduz as tubagens e permite, em geral, também o tráfego de veículos.

As plataformas de acostagem possibilitam a amarração dos navios e estão apetrechadas com defensas elásticas de grande capacidade de absorção de choques. A amarração dos navios e sua fixação para fins operacionais é feita aos duques d'alba de amarração.

Estas soluções construtivas, em geral são as mais indicadas, uma vez que reduzem consideravelmente o vulto das obras em relação às soluções em estruturas contínuas. A sua adopção, no entanto, depende do tipo de equipamento e da possibilidade de demarcar nitidamente as funções dos vários elementos estruturais.

Quando se trata de terminais de graneis sólidos, com meios de carga e descarga isolados, adopta-se também um terminal constituído por elementos discretos. Nesse tipo de terminais, os carregadores deslocam-se sobre estruturas isoladas, lançando a carga nos porões dos navios. As plataformas de transferência servem para a trasladação da carga a granel, através de um transportador de esteiras rolantes, para as lanças dos carregadores. O terminal é complementado pelos duques d'alba de amarração e de atracação.

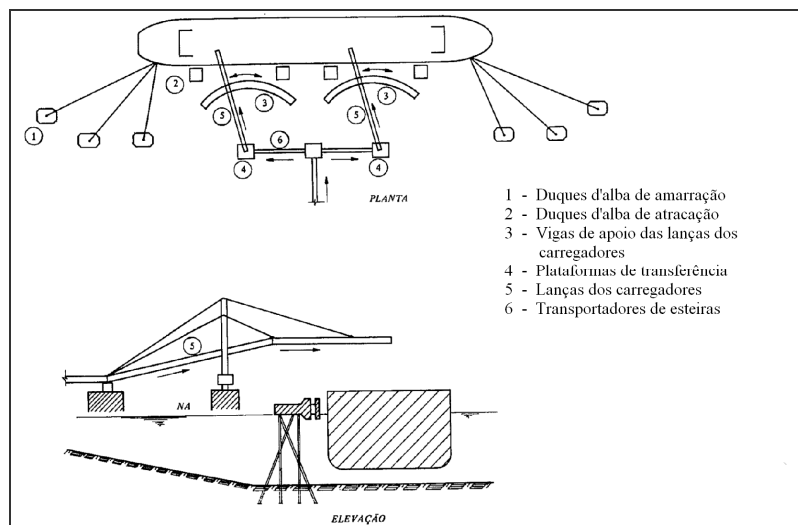


Fig. 2.9 – Esquema de terminal de graneis sólidos em elementos discretos [3].

Para sítios com amplitudes de marés muito grandes na bacia de acostagem, não condizente com a realidade dos portos portugueses, estas soluções apresentadas podem não ser viáveis, podendo ponderar-se o recurso a, por exemplo, cais com estrutura flutuante.

Actualmente existem outras soluções, com vista a cargas e descargas, especialmente de granéis líquidos, como são o caso das monobóias ou terminais oceanográficos. São estruturas flutuantes, fundeadas em mar aberto, cuja transfeção do produto é cumprida através de condutas submersas. Neste caso, o navio amarra à própria monobóia, permanecendo aí, muitas vezes auxiliado por rebocadores.

Nas soluções em estrutura contínua, as funções de suporte dos equipamentos de amarração dos navios e de protecção contra choques estão todas integradas na plataforma principal. Seria possível retirar a

função de absorção dos impactos dos navios da plataforma, projectando, por exemplo, estacas de protecção flexíveis, separadas da mesma.

Poder-se-á, similarmemente, antever a amarração dos navios em estruturas especiais separadas da plataforma, o que resultará numa solução em estruturas de função inteiramente diferenciada.

Cabe certamente ao projectista escolher, de entre as inúmeras possibilidades existentes, da que melhor se enquadre nas circunstâncias inerentes a cada situação e dos riscos que ele concorde em assumir, ao serem integradas algumas das funções distintas em elementos estruturais únicos.

As soluções com estruturas de atracação e amarração diferenciadas garantem, em geral, mais segurança às obras, uma vez que os danos que podem ocorrer resultantes de acidentes ficam restringidos a determinados elementos discretos.

Podem ainda subsistir outros elementos, desempenhando funções complementares às das estruturas principais, tais como funções de apoio na operação dos navios, funções de protecção contra as acções do mar e outras.

2.5. OBRAS DE PROTECÇÃO

A localização mais interessante das obras atrás referidas será, certamente, numa bacia “fechada”, sem necessidade de obras de protecção.

No caso de tal não ser possível, como ocorre nos terminais em mar aberto, são previstas obras especiais de protecção, tais como molhes em enrocamento ou diques reflectores das ondas. Em caso de fortes correntes marítimas ou de maré, podem ser necessários diques ou molhes de protecção contra as correntes.

As diferentes possibilidades de concepção de obras acostáveis e de protecção são extremamente variadas e dependem de muitos factores, como a morfologia das costas, a direcção das ondas e dos ventos, etc.

No caso do cais acostável ser implantado numa linha de costa sensivelmente rectilínea podemos garantir a sua protecção contra a acção das ondas, por uma linha de molhes, formando um segmento trapezoidal (Fig. 2.10).

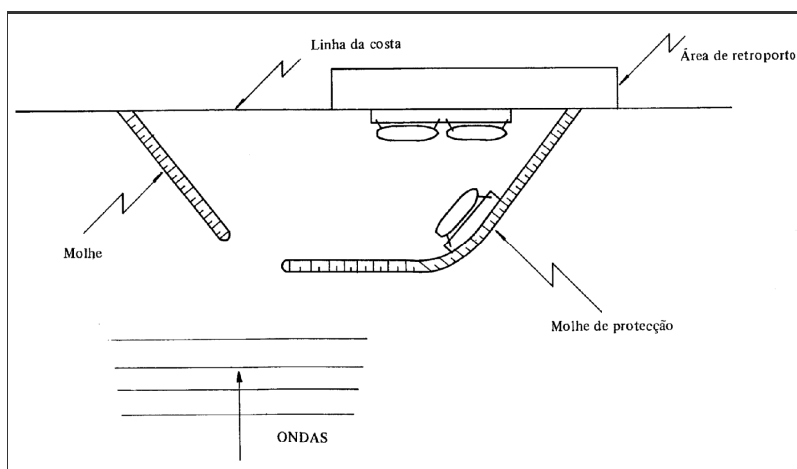


Fig. 2.10 – Esquema de protecção de um porto com molhes [3].

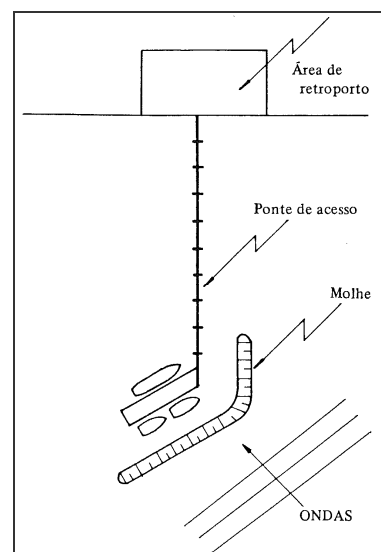


Fig. 2.11 – Terminal “offshore” [3].

Caso seja viável conceber uma solução típica de um terminal do tipo “offshore” no qual um posto de atracação é protegido por um molhe em “L” (Fig. 2.11) o acesso à linha de costa é assegurado por uma longa ponte de acesso, podendo esta assumir configurações diversas.

A Fig. 2.12 apresenta uma solução dita "estuarina" ou construída em canal aberto desde a linha da costa. Esta solução é muitas vezes adoptada em zonas de estuários em que os trabalhos de dragagem são complementares a um delta ou bacia fluvial pré-existente.

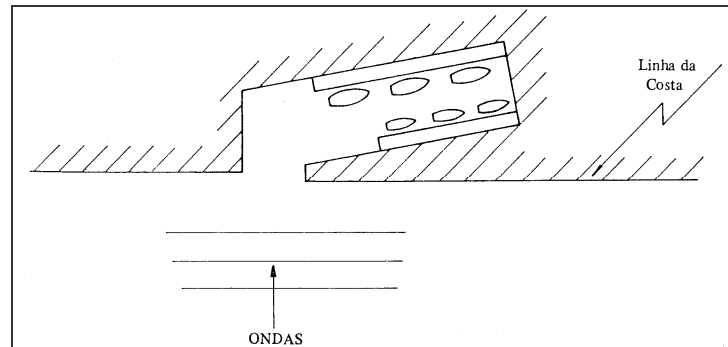


Fig. 2.12 – Esquema de um porto em zona “estuarina” [3].

De referir, que o Porto de Leixões, alvo deste estudo, apresenta alguma diversidade quanto ao tipo de estruturas de protecção portuárias e acostáveis.

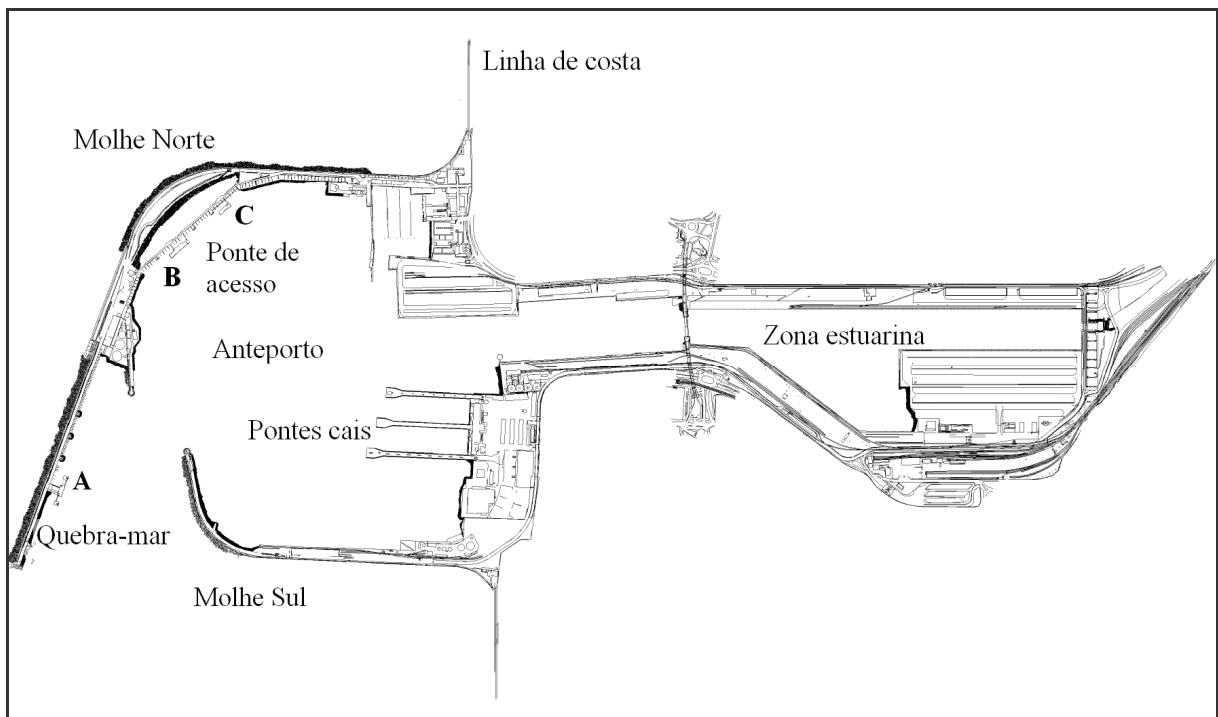


Fig. 2.13 – Planta geral do Porto de Leixões [3].

2.6. DIMENSIONAMENTO E PROJECTO DE OBRAS PORTUÁRIAS

É agora oportuno referir, de forma simples, os problemas mais básicos que os projectistas destes tipos de obra encontram na sua abordagem ao problema. O projecto e dimensionamento destas obras envolvem conhecimentos de natureza tipicamente multidisciplinar, a serem encontrados nas áreas da

Hidrodinâmica e Hidráulica Marítima, Geotecnia, Estática e Dinâmica das Estruturas, Engenharia Naval, Navegação e Equipamentos, Operações e Planeamento Portuário.

A Hidrodinâmica e a Hidráulica Marítima fornecem elementos para a determinação da acção do mar, através das ondas, correntes e marés, nas estruturas de acostagem e para o projecto de obras, com vista ao seu controlo. Além disso, ensinam a dimensionar as obras de tranquilização da bacia portuária, em função do problema de reflexão, refacção e difracção das ondas e vagas.

Para certos tipos de obras portuárias, os preceitos relativos aos processos de engenharia costeira, transporte de sedimentos e dinâmica de estuários assumem redobrada importância. No entanto, tais problemas não serão abordados neste trabalho, dado o seu carácter especializado.

A Geotecnia e a Mecânica dos Solos assumem um papel muito relevante no projecto das obras portuárias uma vez que, pela génese da formação dos estuários, os terrenos nestas regiões costumam ser de natureza argilosa e altamente compressíveis, exigindo, não raramente, trabalhos complementares de consolidação e estabilização.

Assim, os conhecimentos de Geotecnia e Mecânica dos Solos interessam no estudo das fundações das obras portuárias, no estudo da estabilidade dos terraplenos e áreas de armazenagem, no estudo da estabilidade geral de estruturas, quer se trate de muros de gravidade, ponte-cais em estacas, duques d'alba, obras celulares (aduelas e caixotões), cais de cortinas, etc.

Tratando-se de obras acostáveis, estas requerem frequentemente a solução de problemas complexos de natureza estática e dinâmica. Nessa análise, é importante conhecer o comportamento estrutural sob a acção das cargas dos equipamentos e das forças de impacto e amarração dos navios. Actualmente, esses problemas são resolvidos com o recurso a programas de cálculo automático de estruturas.

Dominar alguns conhecimentos básicos de Engenharia Naval, pelo menos de ordem qualitativa, são também desejáveis e úteis no projecto das obras portuárias. Interessa conhecer melhor as características estruturais mais importantes dos navios e embarcações, as suas dimensões e condições de flutuação e estabilidade.

Certos princípios de navegação, em particular os problemas de manobra e aproximação dos navios às obras de atracação, devem também ser observados na fixação dos parâmetros de projecto e no dimensionamento da bacia de manobra.

Os equipamentos portuários preenchem também um papel marcante na definição, na concepção do tipo de solução estrutural e na determinação das solicitações a que estão sujeitas as obras acostáveis. Como os equipamentos estão em constante evolução, deverá o projectista procurar, junto de fabricantes especializados, as características e parâmetros de base das acções tipo exercidas.

Em resumo, as componentes de dimensionamento e projecto de uma obra acostável deverão percorrer as seguintes etapas essenciais:

- a) Definição do tipo de obra, de acordo com a sua função e as condições topográficas, hidráulicas e geotécnicas do local escolhido;
- b) Determinação dos parâmetros de projecto, esforços e acções de cálculo, em função do tipo de embarcações que dela se servirão, bem como dos equipamentos portuários;
- c) Dimensionamento das obras estruturais e de defesa eventualmente necessárias, além de outras obras complementares.

Assim, no final da fase de estudos e projecto, deveremos obter os “layouts” relativos a:

- i) Bacia de rotação necessária e fundos de serviço;
- ii) Estruturas de protecção portuária (quebramares);
- iii) Entrada do porto;
- iv) Profundidade do canal de entrada;
- v) Largura do canal de entrada;
- vi) Alinhamento do canal de entrada;
- vii) Estruturas acostáveis.

2.7. AGITAÇÃO MARÍTIMA E MARÉS

2.7.1. AGITAÇÃO MARÍTIMA

Apesar de não existir uma total compreensão dos fenómenos da agitação marítima, dada a sua complexidade, é sabido que a agitação marítima gerada pelo vento (a agitação marítima também pode ser formada por outros fenómenos tais como deslizamentos de terra, passagem de barcos, sismos, etc.) depende de quatro factores: duração ou persistência do vento, direcção dominante, a velocidade ou intensidade e o comprimento da zona de geração da tempestade (“fetch”) medida na direcção dominante do vento.

No âmbito deste tema, importa conhecer com pormenor a agitação marítima, essencialmente nas fronteiras de interacção com a referida obra. Tal ondulação ou agitação num determinado local depende dos fenómenos refacção, difracção, reflexão, ressonância, empolamento e galgamentos, cuja abordagem exhaustiva foge um pouco do intuito deste trabalho.

O conceito de agitação regular consiste numa grande simplificação da realidade. A agitação real, ou irregular, não é um fenómeno determinístico, pelo que, por exemplo, a altura de onda ou o período são variáveis aleatórias. A agitação real consiste na soma de um número de curvas sinusoidais com alturas de onda e períodos distintos.

Em termos de altura de onda, a variável mais utilizada consiste na altura de onda entre zeros ascendentes, ou seja, a diferença de cota entre uma cava e uma crista consecutivas.

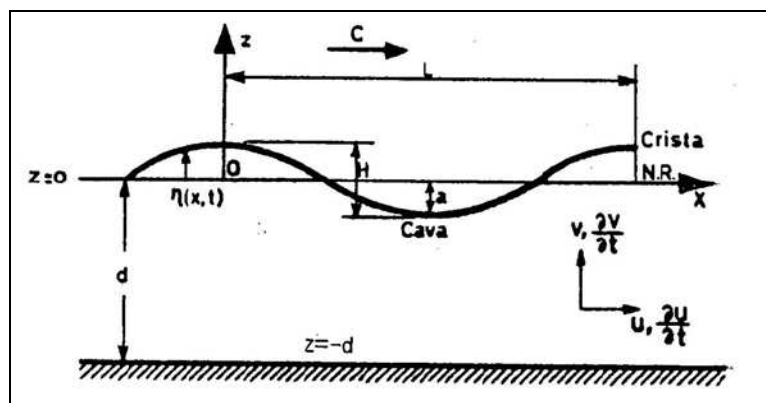


Fig. 2.14 – Esquema de uma onda progressiva sinusoidal [17].

2.7.2. MARÉS

Trata-se agora, sucintamente a problemática das marés, cujo efeito tem importante repercussão na escolha do tipo de estrutura de acostagem, uma vez que determina as alturas máximas e mínimas, de preia-mar e baixa-mar respectivamente, com base num determinado período de ocorrência.

Esta temática foi alvo de muitos estudos por parte de cientistas ao longo dos séculos. Newton, Laplace, Airy, Kelvin, entre outros, dedicaram-se arduamente ao estudo de tal fenómeno. A matéria que se vai tratar a seguir e que reporta a Newton, mostra dos aspectos essenciais do problema.

As marés têm origem em efeitos gravitacionais da Lua e do Sol, aos quais podem associar-se os efeitos locais devido à morfologia da costa e aos possíveis aspectos de ressonância em bacias fechadas.

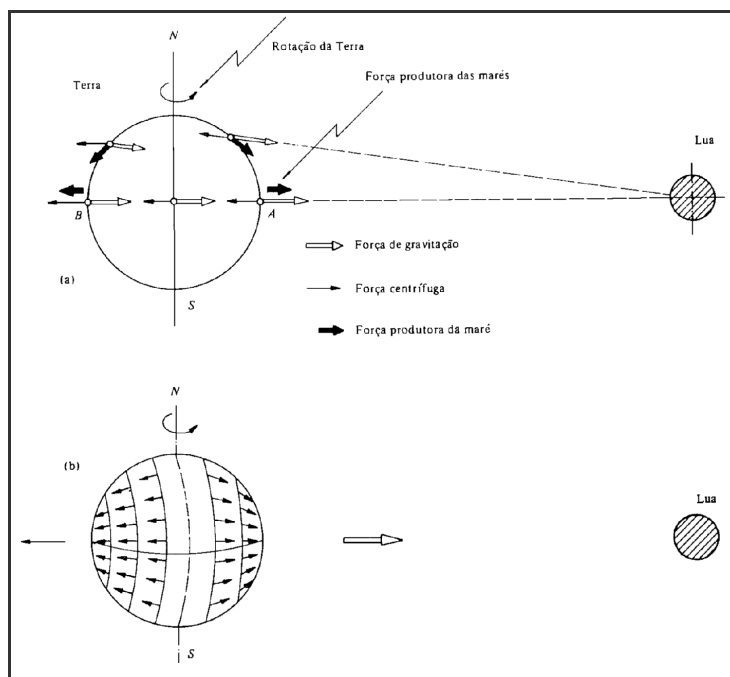


Fig. 2.15 – Influência da Lua sobre as marés [3].

Atentando no esquema acima, observa-se a Terra e a Lua em qualquer posição relativa das suas órbitas estão em equilíbrio e sob a acção das forças de gravidade e centrífuga. Não se considere, de início, o movimento de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo. A Terra e a Lua exercem mutuamente acções gravitacionais dadas pela lei geral da gravitação universal,

$$F = G \times M_t \times M_l / R^2 \quad (2.1)$$

A atracção gravitacional que a Lua exerce será maior ou menor, de acordo com sua posição mais próxima ou mais distante da Terra, dado que esta é aproximadamente esférica e de dimensões finitas.

Deve ter-se presente, em primeiro lugar, que a força centrífuga equilibra precisamente a força de atracção que a Lua exerce sobre o elemento de massa da Terra. Por outro lado, ao imaginar o pressuposto de suprimir instantaneamente a força centrífuga sobre a Terra, esta deveria cair sobre a Lua, num movimento de trajectória rectilínea que une os centros dos dois astros, com uma determinada aceleração que corresponde às forças de inércia (que nada mais são do que a força centrífuga).

Embora no centro da Terra, a força centrífuga equilibre exactamente a força de atracção da Lua, nos pontos tangentes à superfície terrestre não se passa a mesma situação.

Sabe-se que as forças que provocam as marés, em todas as situações, tendem a afastar-se do círculo máximo do globo terrestre que é normal à recta que une os centros da Terra e Lua. De notar, que o campo de forças que produz as marés, faz com que o nível dos oceanos se eleve em maior ou menor grau, conforme as coordenadas geográficas do local considerado.

Se considerarmos agora o facto de a Terra ter um movimento constante de rotação em torno de um eixo, as forças esquematizadas na Fig. 2.15, provocarão uma onda de maré que se dissemina pelos oceanos, sendo detida na orla costeira dos continentes.

Sendo o período de rotação da Terra de 24 horas, e o esquema de forças o discutido, a periodicidade dos níveis de maré é a indicada na figura seguinte. A preia-mar está desfasada de 12 horas aproximadamente da preia-mar seguinte, e corresponde à passagem do lugar pelo ponto sublunar ou pelo nadir (pontos A e B na Fig. 2.15).

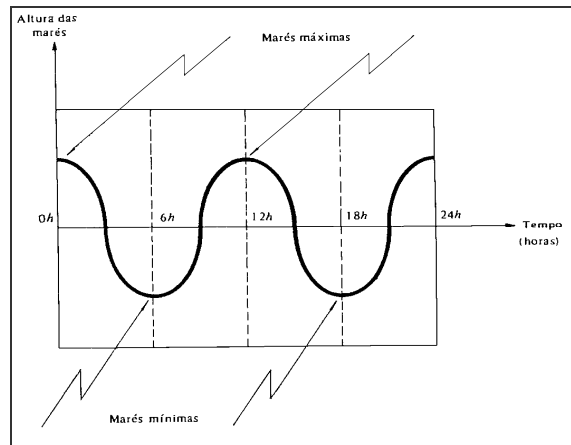


Fig. 2.16 – Periodicidade dos níveis de marés [3].

A baixa-mar ocorre nos instantes de tempo intermédios entre os instantes de níveis máximos, correspondentes à passagem do local por pontos a 90° com o ponto sublunar ou o nadir lunar.

Esta situação é de facto muito mais complexa do que foi aqui retratada. Factores como a morfologia litoral, alterações da pressão atmosférica, e mesmo o efeito solar, explicam a discrepância de variações dos níveis de marés que ocorrem nos diferentes locais da costa.

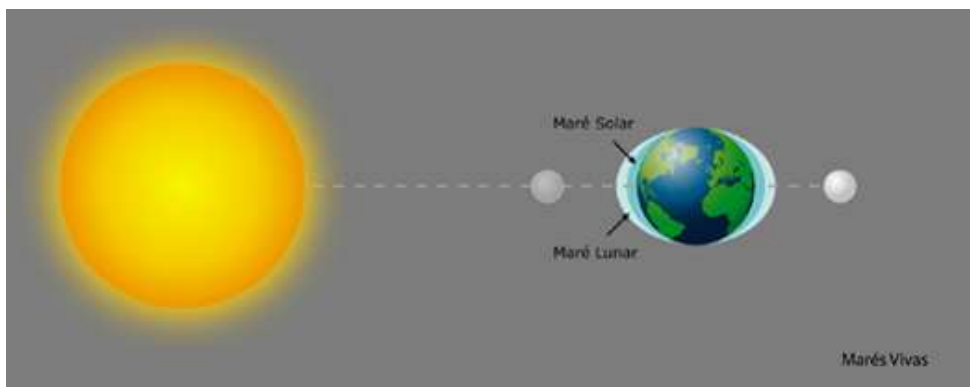


Fig. 2.17 – Efeito do Sol sobre as marés (Lua Nova e Lua Cheia) [45].

É oportuno ainda referir a causa das chamadas marés vivas e marés mortas e a sua periodicidade. Como já foi dito, o Sol influencia também as deslocções das águas dos oceanos no planeta, embora com aproximadamente metade da intensidade da Lua. Quando a Lua está em fase de Lua Cheia ou Lua Nova, o Sol, a Terra, e a Lua estão alinhados e portanto o efeito do Sol soma-se ao do nosso satélite natural. Neste caso estamos perante as situações de marés vivas.

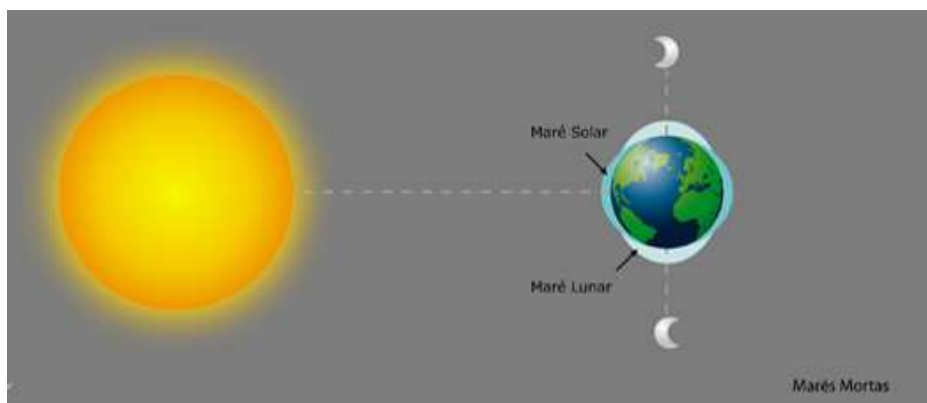


Fig. 2.18 – Efeito do Sol sobre as marés (Quarto Crescente e Quarto Minguante) [45].

Por outro lado, quando a Lua está em Quarto Crescente ou Quarto Minguante as marés não serão muito elevadas pois o efeito do Sol não contribui na mesma direcção em que se encontra a Terra com a Lua.

Esta temática, assume elevada importância tanto na elaboração de projectos de obras portuárias, como na construção das mesmas. Em obra, a consulta das tabelas de marés, permite saber a cota do nível da superfície do mar em relação a um dado referencial, por exemplo o ZHL (Zero Hidrográfico de Leixões), permitindo programar a evolução ou realização de determinados trabalhos, que convém serem realizados em baixa-mar.

2.8. ESTUDO DOS SOLOS NA ÁREA DOS PORTOS E CANAL DE ENTRADA

Por se entender que são assuntos basilares para a concepção de uma obra portuária, não se poderão deixar de referir, num trabalho deste âmbito, os temas da Geotecnia.

Porém, sendo a Geotecnia e Mecânica dos Solos um problema comum e recorrente às diversas especialidades de engenharia, não irá ser objecto de desenvolvimento. Citar-se-ão somente e a título de mera referência as questões que se consideram mais importantes e usuais verificarem-se em obras portuárias.

Um grande número de obras portuárias é implantado em zonas de estuários, constituídos por terrenos sedimentares argilosos ou lodos. Por esta razão, importa referir que, dentro dos problemas geotécnicos mais importantes neste tipo de terrenos, encontram-se os problemas da compactação e da melhoria dos terrenos argilosos.

Será também de ter em conta o problema de pressões horizontais transmitidas pelas cargas de aterros sobre paramentos ou pela descompressão provocada por escavações em terrenos argilosos. De referir também as situações relativas ao atrito negativo exercido em estacas, devido à consolidação dos terrenos da espécie dos anteriores, que tendem a “arrastar as estacas para baixo”.

A própria situação geotécnica do local de implantação pode também ser o motivo de escolha do esquema estrutural. A existência de uma altura muito grande de sedimentos, com características pouco

competentes, obrigará certamente a optar por soluções de fundações indirectas remetendo para uma solução do tipo ponte-cais. Por outro lado, se existirem a possibilidade de executar fundações directas em terrenos com boas características é possível realizar estruturas do tipo muro-cais, mas apenas, se tal esquema estrutural for mais proveitoso.

Deixa-se a referência de que para cálculo de estabilidade e dimensionamento de cais de cortinas de estacas-prancha deverão ser atendidos, entre outros aspectos, elementos da teoria de impulso de terras. No caso de estruturas do tipo duques d'alba, é importante verificar a sua estabilidade ao derrube e deslizamento.

Outros assuntos que serão de referir e que têm profunda repercussão nos cálculos de Mecânica dos Solos são a pressão no solo e sua resistência ao corte. Interessa considerar os conceitos de tensão efectiva entre as partículas que constituem o solo e a tensão neutra (pressão da água). É importante conhecer as características do solo relativas à sua capacidade de expulsar a água intersticial, pois permite estimar a sua deformação em função do tempo. Por outro lado a resistência ao corte depende da tensão efectiva do solo, para além da coesão e ângulo de atrito interno.

Como referido, uma situação que ocorre frequentemente é a necessidade de consolidação de terrenos argilosos sujeitos a sobrecargas elevadas, como é o caso de terraplenos para a movimentação e armazenagem das cargas movimentadas, particularmente no caso de terminais de contentores. Para esse efeito é usual a remoção total ou parcial do terreno argiloso e a sua substituição por areia ou outro material com melhores características. Outra solução é a de provocar a aceleração da consolidação das camadas argilosas sob o efeito de sobrecargas adicionais, conjugado com a colocação de drenos de areia ou utilização de estacas de brita, tecnologia mais recente.

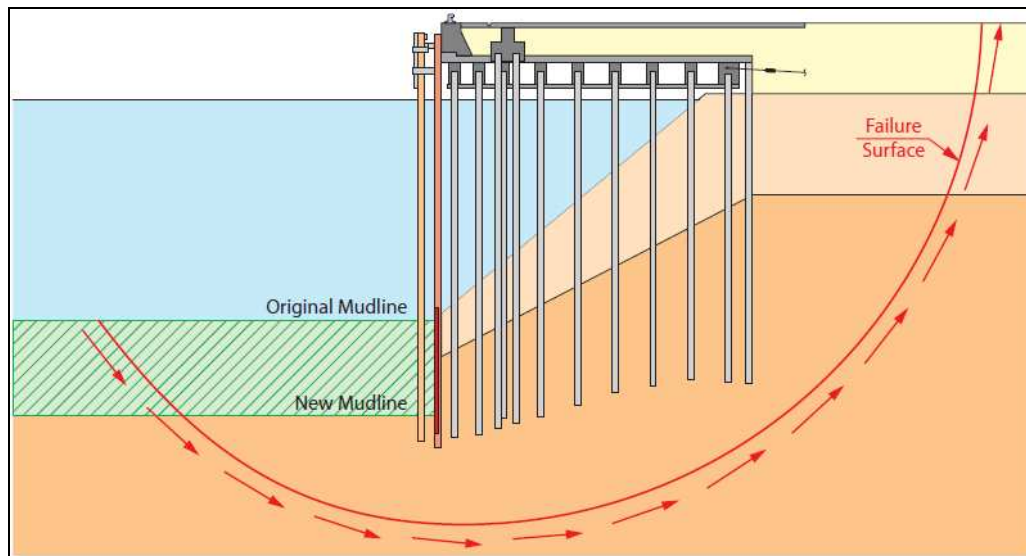


Fig. 2.19 – Possível modo de rotura geotécnica num cais [64].

2.9. OPERAÇÃO E EQUIPAMENTO PORTUÁRIO

Num projecto de obras portuárias, a operação e equipamentos portuários assumem grande relevância. Com efeito, o estudo da operação portuária enquadra a movimentação de carga e descarga dos navios, em função dos volumes, tipo e natureza das cargas e dos equipamentos empregados. Dependendo dos volumes movimentados e das diferentes naturezas das cargas, bem como do tipo de navios, o estudo

operacional define as taxas de ocupação dos cais e terraplenos e a quantidade e dimensão dos postos de atracação.

Do resultado deste estudo surge a definição e fixação dos parâmetros mais importantes do porto e, conseqüentemente, das obras, de acordo com as condições locais.

É ainda através do estudo operacional que se define o dimensionamento das principais instalações de infraestruturas e apoio, necessárias ao bom funcionamento do porto, tais como instalações de abastecimento de navios, áreas de administração, áreas cobertas (armazéns), acessibilidades terrestres, entre outras.

Complementarmente e conjugado com o estudo operacional, deverá ser determinado o tipo mais adequado de equipamentos de movimentação de cargas. Podem ser utilizados equipamentos de carga e descarga dos navios cujos tipos e natureza podem variar de acordo com as suas funções. Dos principais tipos de equipamento móvel que operam na carga e descarga dos navios, podem citar-se, os guindastes e os pórticos de cais ou de terra. Estes guindastes podem operar com garras, guinchos ou outros apetrechos para manuseamento das cargas, de acordo com a sua natureza.



Fig. 2.20 – Equipamentos de carga utilizados no Porto de Leixões [46].

2.10. DEFENSAS E ACESSÓRIOS DE AMARRAÇÃO DE NAVIOS

2.10.1. NATUREZA DOS ESFORÇOS DE ACOSTAGEM E AMARRAÇÃO

Os navios e embarcações, sob a acção da água/mar, estão sujeitos a movimentos que deverão ser do conhecimento do projectista de obras de acostagem.

Um corpo flutuante (navio) é um sólido com seis graus de liberdade, três translações e três rotações. Tendo como referencial um sistema de eixos ortogonais (x,y,z), consideram-se os seguintes movimentos (ver Fig. 2.21):

- Deslocamento (“surge”): translação ao longo do comprimento do navio, segundo o eixo “x”;
- Abatimento (“sway”): translação num plano horizontal, segundo o eixo “y”;
- Arfagem (“heave”): translação num plano vertical, segundo o eixo “z”
- Balanço (“roll”): rotação em torno do eixo “x”;
- Caturro (“pitch”): rotação em torno do eixo dos “y”;
- Cabeceio (“yaw”): rotação em torno do eixo dos “z”.

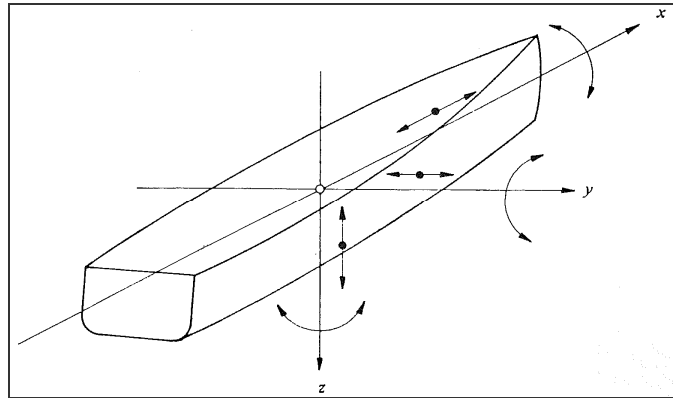


Fig. 2.21 – Graus de liberdade de movimento de um navio [3].

Na situação de projectista de obras portuárias, interessa conhecer, pelo menos em ordem de grandeza alguns destes movimentos, de forma a poder fixar certos parâmetros de projecto que poderão ter implicações nos dispositivos de fixação dos navios atracados.

De entre os parâmetros mais importantes para o projecto estrutural das obras portuárias e acostáveis estão os esforços correspondentes à acostagem e à amarração dos navios e embarcações.

As informações básicas para o projecto dos sistemas de defensas das obras acostáveis são fornecidas pelo estudo do impacto dos navios contra as estruturas de atracação. Ao tocar a estrutura de acostagem, o navio transmite-lhes parte da energia cinética de que está animado. O restante dessa energia será empregue no movimento de rotação do navio, em torno do ponto de impacto e em outras dissipações diversas.

O objectivo da análise é determinar qual a parcela da energia cinética que é efectivamente transmitida às obras de acostagem.

Os esforços de acostagem são determinados pela acção do impacto dos navios e embarcações na altura da atracação, enquanto os esforços de amarração são maioritariamente causados pela acção dos ventos e correntes sobre os navios atracados. Podem ocorrer outros efeitos importantes, tais como os efeitos de oscilações dos navios sob a acção das ondas ou efeitos ressonantes em bacias portuárias fechadas.

Estes últimos poderão exercer uma grande influência na operação portuária e nos esforços transmitidos às obras estruturais e devem ser evitados através de uma correcta concepção do “layout” portuário e das obras de defesa e tranquilização da bacia.

O estudo dos efeitos de impacto dos navios e embarcações contra as estruturas acostáveis, baseia-se na transmissão da energia cinética dos navios à obra e sua transformação em energia de deformação das defensas e das estruturas. No processo intervêm perdas e dissipações de energia diversas, que deverão ser levadas em conta.

2.10.2. DEFENSAS

2.10.2.1. Considerações Sobre Defensas

Nas manobras de acostagem, quando o navio choca com as defensas, deforma-as (incluí-se também a deformação da própria estrutura) até que a velocidade do seu ponto de contacto se anule. No momento do choque, parte da energia é restituída ao navio, fazendo com que mude instantaneamente os seus parâmetros de velocidade e forma de movimento, sendo parte da energia cinética inicial do navio utilizada na deformação das defensas.

A deformação máxima das defensas está associada a um esforço que deve ser absorvido pela estrutura de acostagem, sendo valor de elevada relevância para o projecto.

Se o navio tiver incidência oblíqua sobre o cais, a energia restituída pode ser suficiente para provocar a rotação do navio, com um segundo impacto no outro extremo.

Conhecida a energia básica transmitida pelo navio à estrutura, resta escolher um sistema de defensas adequado a absorver tal energia. Para a escolha e dimensionamento da defesa, deverão ser tidos em consideração uma série de requisitos principais a serem preenchidos, e que são:

- A capacidade de absorção total da energia transmitida pelo navio, executando um percurso suficiente para manter a força aplicada na estrutura dentro de limites capazes de serem suportados;
- Não causar danos aos cascos dos navios;
- Impedir, tanto quanto possível, o contacto directo do navio com partes desprotegidas da obra;
- Boa capacidade de absorção de esforços locais, aplicados a pequeno número de elementos protectores;
- As partes constituintes das defensas e seus elementos de fixação deverão ter resistência suficiente aos esforços a que estão sujeitos, bem como às forças tangenciais que possam ocorrer.

A principal fonte de informação a respeito das defensas é o seu diagrama força-deslocamento, do qual se deduzirá o diagrama da energia absorvida, quer em função da força, quer em função do deslocamento.

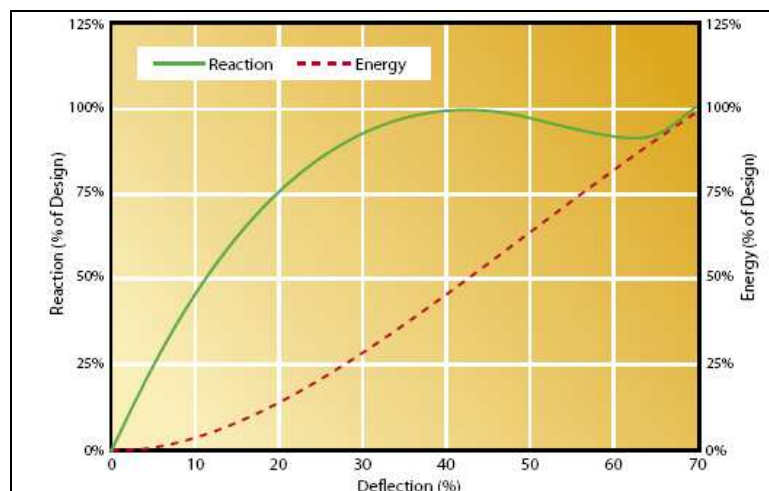


Fig. 2.22 – Diagrama genérico de performance de uma defesa [47].

A força transmitida pela defesa à estrutura da obra pressupõe outra igual, em sentido contrário aplicada ao navio, devendo esta ficar abaixo dos limites que possam causar danos ao seu casco.

2.10.2.2. Principais Tipos de Defensas

De modo geral, agrupam-se as defensas em três categorias: elásticas, de gravidade e de tipos diversos.

Resumidamente, as primeiras, operam na base da deformação do sistema, com absorção de energia elástica. O princípio das defensas de gravidade consiste em usar a energia do choque para fazer subir o

baricentro de um determinado peso, existindo ainda outros tipos que tiram proveito de fenómenos diversos, tais como compressão de ar. Com base no catálogo da “Maritime International” [47], referem-se os modelos mais comuns de defensas elásticas e de tipos diversos.

a) Defensas Elásticas

A maior parte das variantes de defensas elásticas preconiza o emprego de elementos de borracha, submetida a processos tecnológicos especiais, destinados a dar-lhe resistência à acção da água do mar, existindo diversos modelos desenvolvidos e patenteados por fabricantes.

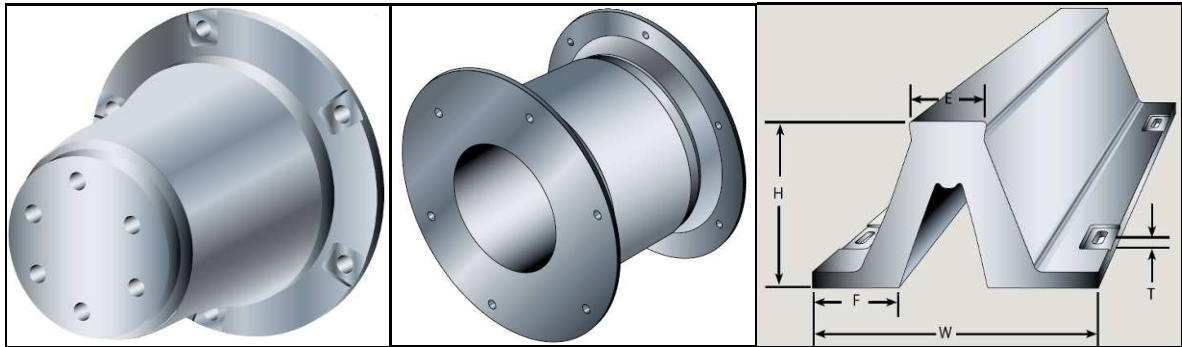


Fig. 2.23 – Defensas elásticas do tipo “Cone”, “Cell” e “V” [47].

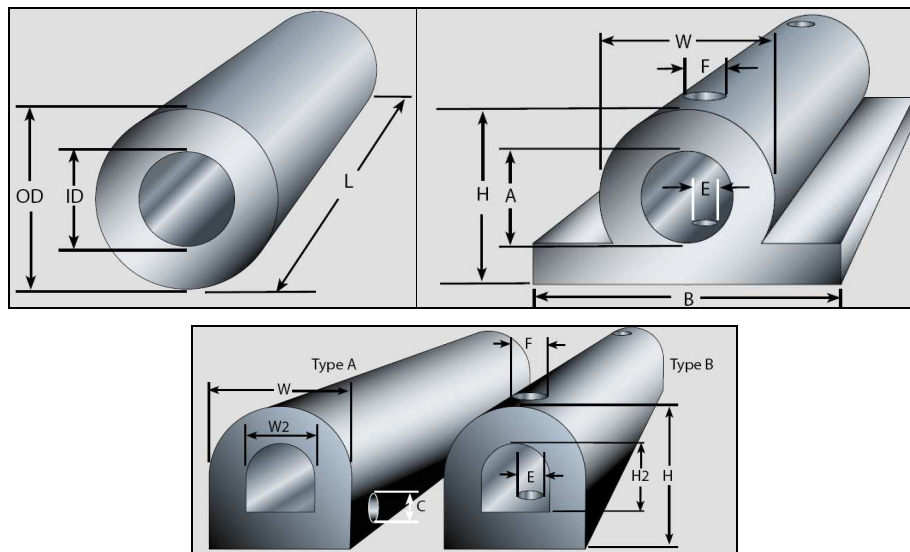


Fig. 2.24 – Defensas elásticas de perfil do tipo “Cylindrical”, “Wing” e “D-D-Bore” [47].

b) Defensas de Gravidade

O princípio das defensas de gravidade consiste em transformar a energia de impacto da embarcação em trabalho de elevação do centro de gravidade de um peso.

Utilizam este princípio, adoptando diferentes disposições construtivas, com recurso a grandes massas de material, uma vez que as energias a absorver são grandes, podendo vir a constituir uma importante sobrecarga adicional à estrutura. De referir ainda que alguns problemas de ordem construtiva não permitem o movimento do peso além de certos limites, limitando a sua eficácia.

Basicamente, estas podem ser divididas nas que operam na vertical ou na horizontal.

c) Outros Tipos de Defensas

Nesta categoria, referem-se apenas as defensas pneumáticas, hidropneumáticas e de protecção de estacas.

As defensas pneumáticas constam de bolsões de borracha cheios de ar, que se interpõem entre o navio e o cais, podendo a absorção de energia chegar a valores muito elevados, com forças relativamente baixas sobre a estrutura e o navio. Os bolsões possuem válvula de segurança que não permite a subida excessiva da pressão do ar.

As defensas hidropneumáticas baseiam-se em princípio análogo, incluindo, porém, juntamente com o ar, água ou espuma no interior do bolsão. A água é também expelida acima de certos limites de pressão.



Fig. 2.25 – Defesa pneumática e do tipo "Pile Wrap" [47].

2.10.2.3. Processo de Escolha do Tipo de Defensas

O processo de escolha do tipo de defesa a empregar depende de várias considerações, segundo a natureza da obra, além das questões de ordem económica.

Tratando-se de uma obra em infraestrutura vazada e esbelta, incapaz de resistir a grandes esforços horizontais, o projectista é normalmente conduzido à solução de defesa elástica que sofre grandes deformações, de modo a reduzir o módulo da força aplicada na estrutura.

No caso de obras maciças, capazes de resistirem a grandes esforços horizontais, poder-se-á adoptar a solução de defensas elásticas de menor flexibilidade, em geral mais económicas, não esquecendo, no entanto, que entre o casco do navio e a defesa se desenvolve uma força igual à que comprime a defesa contra o cais e que, se for demasiado grande, poderá causar danos ao casco do navio.

As defensas de gravidade são sempre elementos de grande peso e contribuem para o aumento de dimensões da superestrutura, sendo, portanto, pouco usadas.

2.10.3. ACESSÓRIOS DE AMARRAÇÃO DE NAVIOS

2.10.3.1. Linhas de Amarração

Os métodos utilizados na amarração dos navios têm por finalidade eliminar ou balizar os seus movimentos. Na Fig. 2.26 indicam-se os tipos mais comuns de linhas de amarração, podendo, para efeitos práticos, considerá-los actuando no plano horizontal, apesar de possuírem também inclinações verticais.

Existem assim três tipos principais de cabos de amarração de navios:

- 1) Cabos lançantes, com a finalidade principal de resistir às forças das correntes, com os navios sensivelmente alinhados com a direcção das mesmas;
- 2) Cabos transversais, destinados principalmente a resistirem às forças transversais do vento;
- 3) “Springlines”, que têm a finalidade complementar de absorver, tanto as forças longitudinais, como as forças transversais.

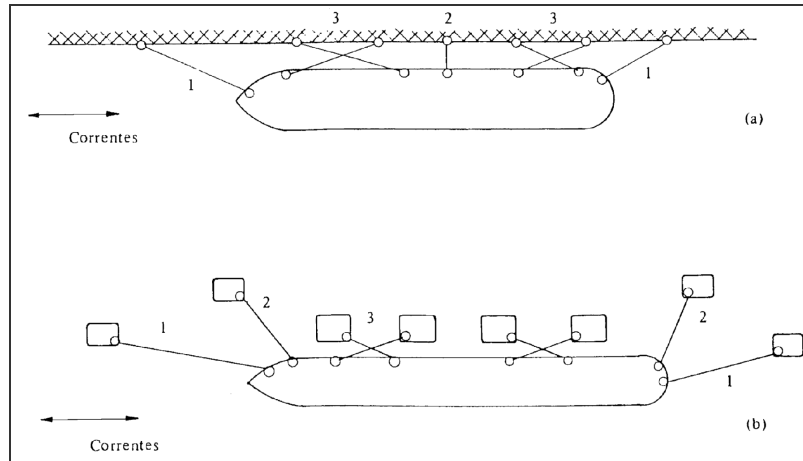


Fig. 2.26 – Tipos mais comuns de linhas de amarração [3].

Os cabos de amarração estão ainda sujeitos a outros esforços, como os devidos aos movimentos e oscilações do mar, em especial por ocasião dos temporais. Embora possam ser elaborados modelos teóricos ou experimentais para estimar os esforços nos cabos devido a tais fenómenos, as informações que os mesmos poderão fornecer são de pouca fiabilidade prática, em virtude da complexidade e do carácter aleatório das solicitações. Pode contornar-se o problema, verificando as estruturas de amarração para os esforços-limite dos cabos, correspondentes à sua ruptura.

A disposição atribuída aos cabeços de amarração depende das dimensões dos navios ou embarcações e do tipo de obra de acostagem.

No caso de obras com elementos discretos (terminais de granéis líquidos, por exemplo), o posicionamento dos cabeços de amarração é por si só já definido pela própria configuração estrutural.

2.10.3.2. Alguns Modelos de Cabeços de Amarração

Também com base no catálogo da “Maritime International” [47], apresentam-se de seguida os modelos mais comuns de cabeços de amarração e os ângulos de tracção dos cabos em dois dos modelos.



Fig. 2.27 – Modelos: “Single Bitt”, “Double Bitt”, “T-Head” e “Cleats” [47].

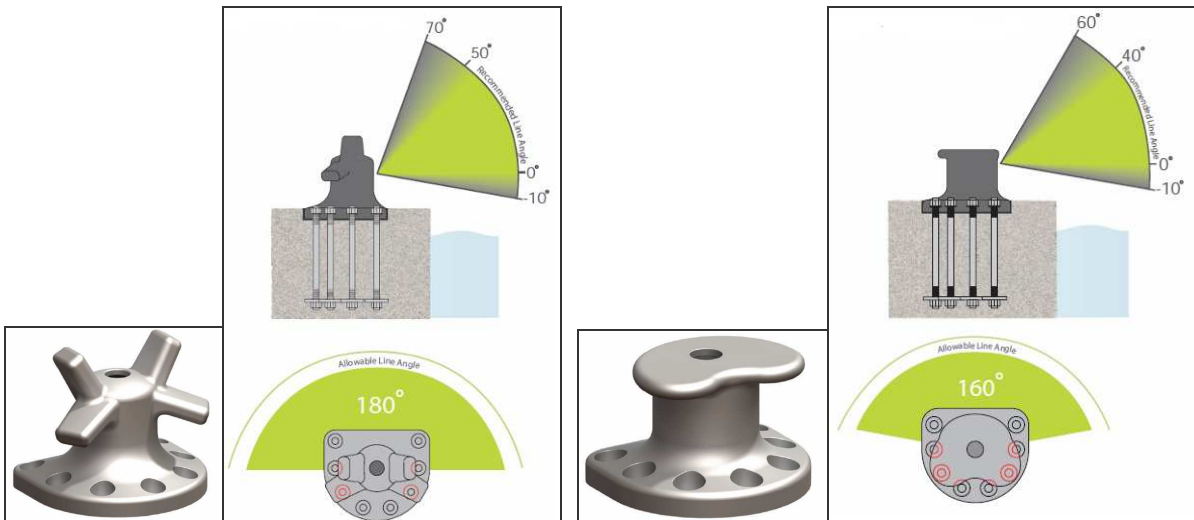


Fig. 2.28 – Ângulos de amarração de cabeços tipo “Staghorn” e “Kidney” [47].

2.10.3.3. Ganchos de Desengate Rápido

Em certos terminais marítimos de grande porte para os quais as exigências de segurança são elevadas, os cabeços de amarração podem ser substituídos por ganchos de desengate rápido (“quick-release hooks”), que permitem a libertação imediata do navio das suas amarras, por um simples accionamento manual.

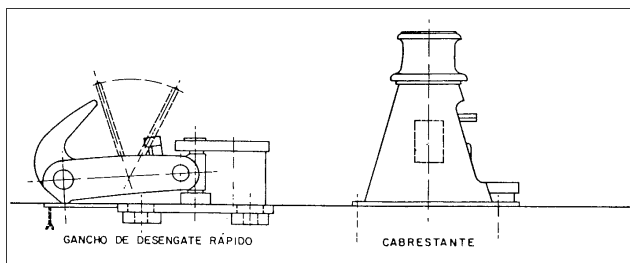


Fig. 2.29 – Gancho de desengate rápido [48].

2.11. TIPOS DE QUEBRAMARES

Os quebramares são estruturas construídas relativamente perto da linha de costa, tradicionalmente quase paralelos a esta, estando a sua forma dependente do tamanho e da organização da zona portuária a proteger, da direcção predominante da ondulação incidente aquando da ocorrência de tempestades, das correntes dominantes de transporte de sedimentos assim como da necessidade de manobrabilidade das embarcações que se servem do porto. Eventualmente, o quebramar pode acomodar, no paramento abrigado, estruturas de carga e descarga das embarcações.

Um quebramar ligado a terra, designa-se por quebramar enraizado, e por quebramar destacado quando está desligado desta. Se a cota de coroamento do quebramar não é suficiente para impedir os galgamentos, este diz-se galgável. Caso contrário, designa-se por não galgável.

Por vezes os quebramares são concebidos apenas com a função de favorecer a rebentação das ondas, como forma de, por exemplo, proteger um quebramar principal situado mais perto da linha de costa ou simplesmente para promover a deposição de areia. Se o quebramar tiver uma cota de coroamento mais baixa que a mais baixa baixa-mar previsível, designa-se por quebramar submerso. Estas estruturas podem ser mais aligeiradas pois apenas visam promover a rebentação das ondas de maior altura.

Podem-se então definir quatro tipos de quebramares de acordo com o seu tipo de concepção (Fig. 2.30):

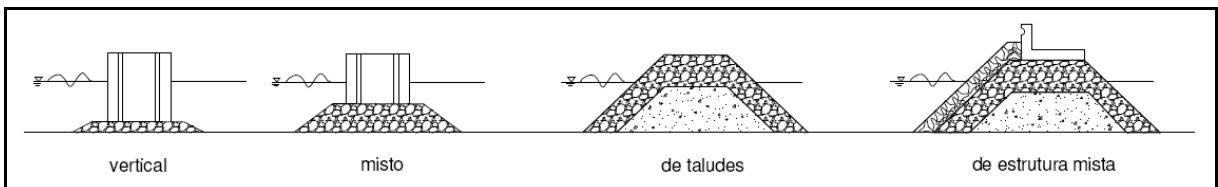


Fig. 2.30 – Tipos de quebramares [5].

a) Quebramares de Parede Vertical

Neste tipo de quebramares, as estruturas de paramento vertical são impermeáveis, reflectindo a energia das ondas para o largo sem sofrer rebentação. Estes são geralmente mais robustos, de forma a suportarem o impacto da agitação incidente sem qualquer dissipação, e são constituídos essencialmente por um destes tipos:

- Blocos de betão;
- Caixotões de betão;
- Blocos de pedra;
- Estruturas de betão e estacas prancha metálicas;
- Pré-fabricados pré-esforçados com células circulares ocas.

b) Quebramares de Talude (Fig. 2.31)

Estes são caracterizados geometricamente por um perfil tipo transversal trapezoidal, sendo grande parte da energia das ondas dissipada no talude através de uma emulsão ar-água e a restante reflectida para o largo. O manto resistente é a faixa externa do talude anterior, sobre a qual se dá o embate directo da agitação sendo constituído por blocos (naturais ou artificiais), em geral colocados em duas camadas ou fiadas, não atingindo necessariamente o pé do talude. Tem como principal função a dissipação de energia, protegendo também as camadas subjacentes da erosão provocada pela agitação.

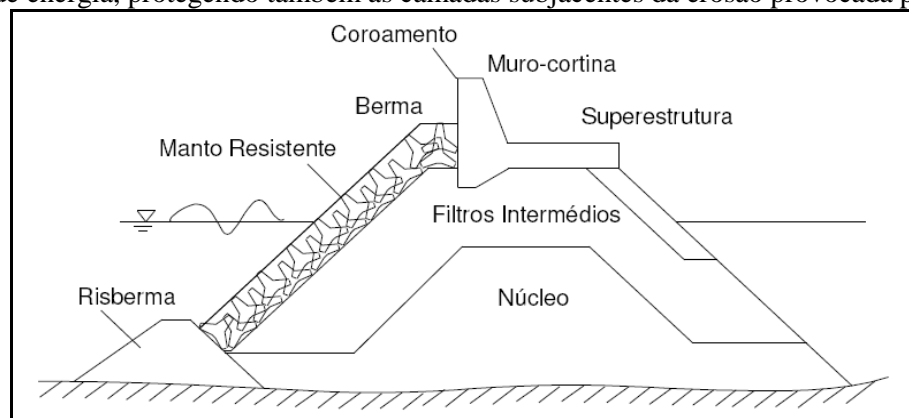


Fig. 2.31 – Perfil transversal tipo de um quebramar de talude de estrutura mista [5].

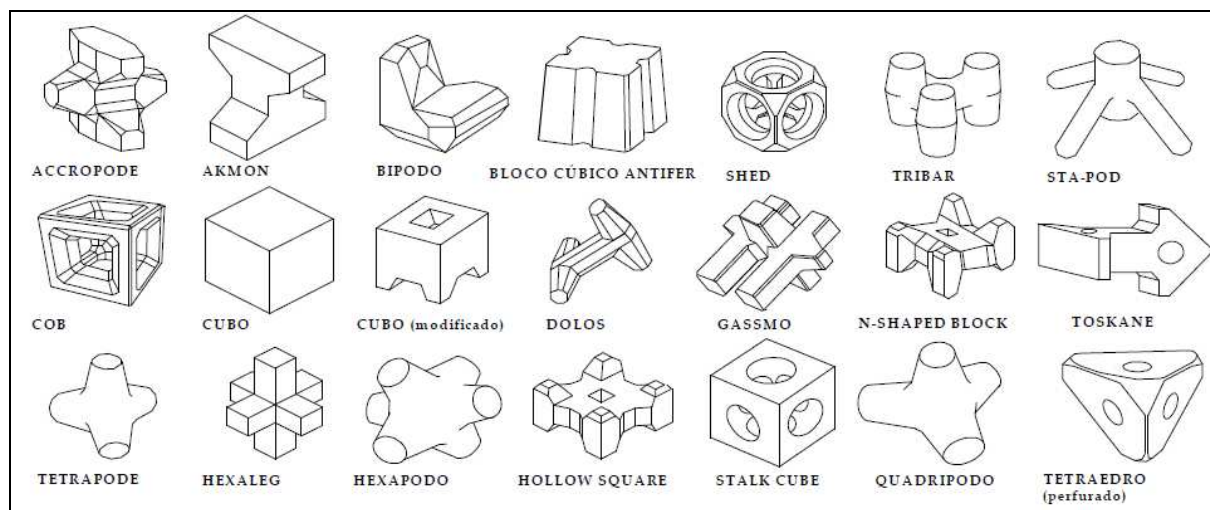


Fig. 2.32 – Alguns modelos de blocos de betão do manto resistente [17].

c) Quebramares Mistos

Certos quebramares são denominados de mistos, por terem um funcionamento como quebramares de taludes até um certo nível de agitação, acima do qual funcionam como quebramares verticais.

d) Quebramares de Estrutura Mista

Sempre que um quebramar possui uma superestrutura de tamanho considerável, constituindo o muro cortina que frequentemente possui um deflector (ou muro cortina), denomina-se de quebramar de estrutura mista, constituindo um caso particular dos quebramares de talude.

2.12. CONSTRUÇÃO DE OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS

2.12.1. ANÁLISE DO PROJECTO DE EXECUÇÃO – DOCUMENTAÇÃO

2.12.1.1. Memória Descritiva

Numa fase preparatória dos trabalhos a realizar em obra, tem-se contacto com o projecto de execução e documentos anexos que desempenham um papel importante na planificação da obra.

Neste ponto e nos seguintes, mostra-se o que de mais relevante podemos encontrar num Caderno de Encargos, em especial na Memória Descritiva, Anexos, Plano de Trabalho, Prescrições Técnicas e Orçamentos e dados mais importantes a reter no estudo de cada um deles.

O principal documento será a Memória Descritiva, em que se deverá prestar atenção aos seguintes pontos ou assuntos:

- i) Antecedentes;
- ii) Objectivos do projecto;
- iii) Estudo de soluções alternativas;
- iv) Descrição da solução adoptada.

Podemos ainda contar com uma série de anexos, sendo os mais importantes:

- i) Dados locais iniciais;
- ii) Clima e estudos sobre as marés, correntes e ventos;
- iii) Geologia e geotecnia;
- iv) Dinâmica litoral;
- v) Cálculos estruturais;
- vi) Mapa de preços e quantidades;
- vii) Processos construtivos;
- viii) Programa de trabalhos;
- ix) Serviços afectados pelos trabalhos;
- x) Plano de segurança e saúde;
- xi) Plano de controlo de qualidade;
- xii) Sistema de gestão ambiental;
- xiii) Cuidados arqueológicos;
- xiv) Gestão de resíduos.

Além disto deve ter-se atenção ao nível de referência hidrográfico que o projecto se refere, tomando conhecimento se no local da obra há referências físicas precisas que mostrem, numa escala graduada, as cotas referentes ao zero hidrográfico definido em projecto.

2.12.1.2. Condicionamentos Ambientais

Os aspectos ambientais numa obra marítima podem:

- i) Balizar os períodos de trabalho de algumas frentes de obra em:
 - Épocas de criação ou de passagem de espécies marinhas e aves em rota migratória;
 - Actividades pesqueiras;
 - Actividades turísticas e desportivas.
- ii) Limitar o recurso a métodos construtivos que produzem demasiadas:
 - Poeiras;
 - Ruídos e/ou odores;
 - Impacto visual.
- iii) Requerer a adopção de medidas complementares como:
 - Barreiras para evitar a contaminação e a turbidez da água;
 - Correção das possíveis alterações induzidas nas praias pela construção;
 - Actuar nas pedreiras, empréstimos de terras e aterros de apoio à obra;
 - Protecção ou recuperação de vestígios arqueológicos.



Fig. 2.33 – Porto de Victoria, Hong Kong, China [49].

2.12.1.3. Condicionamentos Meteorológicos

Como as frentes de trabalho das obras marítimas estão, na maior parte das vezes, sujeitas a grandes solicitações produzidas pelo mar, para garantir o bom progresso dos trabalhos e bom funcionamento dos equipamentos, devemos ter a informação de aspectos como as alturas e períodos de onda, marés, correntes, vento, chuva, nevoeiro e temperatura.

2.12.1.4. Geologia, Geotecnia e Sismologia

Neste tipo de obras, como em qualquer outras, é essencial conhecer bem as características dos solos ligados à construção.

Deverá ser comprovado que o projecto de execução define inequivocamente a natureza e estratigrafia do terreno, assim como os parâmetros geotécnicos destes, em especial os que servem para a determinação de:

- Capacidade de carga do terreno;
- Estabilidade dos taludes;
- Acções para melhorar características dos terrenos;
- Processos de execução de fundações profundas.

É aconselhado fazer um estudo dos dados e processos que permitam determinar tais características, em especial os que são referentes às campanhas geofísicas, ao ensaio Vibrocorer Eléctrico, às sondagens mecânicas, ensaios “in situ” ou em laboratório, caracterização de materiais dragados ou outras informações geotécnicas relevantes.

Deve-se ainda comprovar se no projecto foi aplicada a regulamentação relativa à acção sísmica em vigor à data.



Fig. 2.34 – Ensaio em laboratório [50].

2.12.1.5. Outras Bases de Projecto

Há ainda alguns anexos na Memória Descritiva, relativos às obras marítimas, nos quais se destacam:

- i) Características dos materiais de construção;
- ii) Características dos navios tipo;
- iii) Cargas durante o uso e exploração da obra;
- iv) Forças de acostagem e amarração;
- v) Repercussão de outros projectos neste, ou vice-versa.

Normalmente, neste documento não constam:

- i) Os meios de produção previstos: dragas, pontões flutuantes, guas, etc;
- ii) Estruturas marítimas auxiliares, portos de serviços ou sistemas de ancoragem; Estes, no entanto têm de constar da proposta do empreiteiro.

2.12.1.6. Ensaio e Recolha de Informações “In Situ”

A fase de projecto por vezes inclui a realização de campanhas de recolha de dados, execução de ensaios e análises adicionais para verificar o grau de fiabilidade dos parâmetros considerados. Estas campanhas podem ser onerosas e requerer um período de tempo elevado.

Outras vezes, entre a execução de diferentes partes da obra, devem recolher-se informações sobre determinados coeficientes, parâmetros de assentamentos, consolidação, drenagem e comportamento à ondulação, exigindo monitorizações, instrumentação, etc.

Nas obras em mar aberto, com pouca protecção da ondulação, deve-se verificar se o projecto prevê a implementação de algum sistema de previsão da ondulação para poder programar, com suficiente antecipação, os processos de execução das diferentes actividades e definir os rendimentos e condições de segurança durante a execução dos trabalhos.

2.12.1.7. Pedreiras e Empréstimo de Terras

É recomendado comprovar se as pedreiras e locais de empréstimos definidos:

- Produzem materiais que cumprem as especificações requeridas para os materiais;
- Têm capacidade para fornecer as quantidades de material necessárias;
- Dispõem de autorização legal para exploração.



Fig. 2.35 – Frente de exploração de pedra [51].

2.12.1.8. Fases Intermédias da Obra. Verificação.

Em todos os projectos de execução, é tomado certo a estabilidade de secções definitivas da obra ao longo da sua concretização. No entanto, em certas ocasiões não está estudada a estabilidade em todas as fases intermédias da obra.

As fases intermédias da obra condicionam todos os procedimentos de execução e os prazos a cumprir. Assim, é muito importante verificar quais as fases construtivas intermédias consideradas no projecto e os dados iniciais considerados.

Os períodos de retorno e coeficientes de segurança adoptados devem corresponder às necessidades e características específicas das fases construtivas de cada obra.

Se em algum caso, os estados intermédios não tiverem sido estudados no projecto, devem-se identificar e realizar estudos ou ensaios suficientes para assegurar que as obras, nesses estados, têm a resistência necessária. Todos esses ensaios e estudos devem ficar registados por escrito, comprovando o estado de segurança conseguido.

Como mera orientação, referem-se de seguida os aspectos mais frequentes das fases intermédias que se devem analisar de acordo com a obra em causa:

a) Quebramares de Talude

i) Secção do Núcleo

- Cota de coroamento e largura da plataforma de trabalho sobre a qual se avança durante a construção;
- Estabilidade à acção da ondulação e galgamento.

ii) Mantos intermédios do quebramar

- Estabilidade à acção da ondulação e galgamento;
- Sequência e avanço das diferentes fases construtivas.

iii) Taludes interiores

- Grau de exposição à ondulação durante as distintas fases construtivas.

iv) Superestrutura – Muro de Coroamento

- Sequência de construção;
- Ligação entre as diferentes fases do muro (juntas estruturais e construtivas).

b) Caixotões de Betão Pré-fabricados

i) Acções durante a betonagem, transporte e afundamento;

ii) Enchimento das células dos caixotões, verificando a diferença máxima de altura de enchimento em célula contíguas.

c) Muros de Gravidade

i) Preenchimento e filtro geotêxtil: características, modo e sequência de colocação, drenagem e compactação, etc;

ii) Superestrutura: ligações com a estrutura;

iii) Assentamentos: estimativa dos assentamentos para realizar as devidas correcções com a finalidade de ajustar a cota de coroamento.

2.12.1.9. Cláusulas Técnicas Específicas

As Cláusulas Técnicas do Caderno de Encargos devem ser bem estudadas, dado que mostram as prescrições que devem cumprir os materiais, as instruções para realizar os trabalhos e os critérios de medição e pagamento para as diferentes unidades.

Usualmente divide-se nos seguintes capítulos:

- i) Descrição das obras e normas aplicáveis;
- ii) Condições que os materiais devem satisfazer;
- iii) Execução dos trabalhos;
- iv) Medições e pagamento;
- v) Disposições gerais.

2.12.1.10. Orçamento

Relativamente ao orçamento deve-se verificar se o projecto contém:

- i) Os critérios de medição;
- ii) A medição das distintas unidades da obra para a qual se realizará uma verificação cuidada;
- iii) A tabela de preços devidamente pormenorizada;
- iv) O próprio orçamento inicial;
- v) As cláusulas da revisão de preços e as suas condições de aplicação;
- vi) É essencial comprovar e fazer uma revisão actualizada dos preços das diferentes componentes da obra, devidamente justificada por cálculos. Para isto, é essencial que o projecto tenha um detalhe suficiente para se poder medir de forma inequívoca todas as parcelas da referida obra.

2.12.2. ANÁLISE DOS CONDICIONAMENTOS

Após analisar o projecto de execução, devem-se estudar todos os aspectos que possam vir a condicionar a execução dos trabalhos das obras a realizar. Mencionam-se apenas os condicionamentos específicos que podemos encontrar nas obras marítimas, sendo eles os que se referem à navegação ou flutuação de embarcações e plataformas e sobre os processos construtivos específicos destas obras. Dominar tal temática é fundamental tanto para o Dono de Obra e Fiscalização, como para o Empreiteiro, pois permite realizar um planeamento mais objectivo, em que todos os aspectos expostos de seguida sejam considerados e não venham a causar surpresa caso ocorram.

2.12.2.1. Prazos

Ao realizar o contrato de empreitada, estabelecem-se entre outros aspectos, os seguintes pontos:

- O prazo de realização da obra;
- Os prazos de realização parcial da obra;
- Datas de início e fim dos trabalhos.

Na proposta elaborada pelo empreiteiro, é fornecido um cronograma em que se estabelecem as datas de início e fim de cada parte da obra e prazos parciais de realização de certos trabalhos.

Neste tipo de obras, para estabelecer um calendário de trabalho correcto é fundamental analisar, a meteorologia local, o clima marítimo, as normas a aplicar, o Sistema de Gestão Ambiental, os condicionamentos geotécnicos e a dinâmica de funcionamento do porto.

i) A meteorologia pode condicionar:

- O número de dias úteis de trabalho por cada período considerado (meses por exemplo); Estes dias obtêm-se descontando o número de dias, em que previsivelmente, não se poderá trabalhar devido a intempéries;
- O número de horas diárias de trabalho, dado que podem variar de acordo com as horas de luz diurna, nevoeiro, temperatura, vento, chuva, etc;
- O funcionamento de equipamentos ou execução de actividades como betonagens em tempo muito frio/quente, pavimentação com chuva, trabalho com gruas sujeitas a fortes rajadas de vento, etc.

ii) O calendário de trabalho conta-se em horas, dias ou meses, embora seja necessário ter em conta que:

- O clima marítimo pode condicionar de forma determinante as actividades de construção em zonas expostas, sendo necessário realizar uma previsão realista dos dias de trabalho para cada actividade, em cada um dos meses;
- Realizar uma análise de ocorrência de determinados acontecimentos e valores máximos admissíveis, como por exemplo, as alturas de onda e período da mesmas, que comparados com as limitações de funcionamento dos equipamentos permitirá estimar, para cada período temporal, os dias e horas em que seja possível trabalhar; tal análise pode estabelecer que seja mais vantajoso ter períodos por vezes longos de inactividade para determinados trabalhos;
- A maré é outro factor que condiciona muito os horários de trabalho, pelo que se devem ajustar os horários das actividades directamente afectadas por ela, como as betonagens submersas, colocação de caixotões ou aduelas, etc;
- A legislação pode também limitar o horário de trabalho, chegando a proibir algumas actividades em determinados horários ou períodos de tempo concretos; é o caso por exemplo do quebramento de rocha com explosivos, que só se pode realizar, em dias úteis, entre as 8 e as 20 horas (no Porto de Leixões);
- O Sistema de Gestão Ambiental pode obrigar a que alguns dos trabalhos, em particular dragagens ou descargas em batelão, não se possam realizar em determinadas épocas do ano, dado coincidirem com os períodos de criação de espécies marinhas, pesca ou influência com zonas turísticas com muita afluência nas proximidades;

- Podemos ter ainda limitações em termos geotécnicos uma vez que podem ser exigidos tempos para consolidação ou drenagem dos solos entre diferentes fases construtivas;
- A operacionalidade do porto pode restringir os horários de trabalho quando há interferência directa com o tráfego portuário na chegada de cruzeiros, na realização de eventos desportivos, manobras militares, chegada de navios com mercadorias perigosas, etc;

Se for estabelecido um calendário tendo por base as considerações anteriores, em conjunto com uma monitorização real da variabilidade dos elementos assinalados, podemos nos aperceber atempadamente de possíveis desvios nos prazos, permitindo reconsiderar os rendimentos das equipas de trabalho, permitindo suprimir ou recuperar parte do tempo perdido.

2.12.2.2. Disponibilidade de Equipamentos de Trabalho

As obras marítimas requerem a utilização de equipamentos e equipas de trabalho, com um custo muito elevado e de disponibilidade um pouco limitada. Podem-se referir:

- Dragas;
- Batelões para descarga de enrocamento;
- Equipamento para fabrico, movimentação e transporte de blocos, caixotões e aduelas;
- Equipamentos de mergulho;
- Gruas de grande capacidade;
- Pontões, plataformas “jack-up”, etc.;
- Transportes especiais.

Analogamente, é frequente que a realização de grandes volumes de trabalhos, requeira instalações importantes como:

- Britadeiras;
- Centrais de betão;
- Grandes áreas de terreno para fabrico de blocos, caixotões ou aduelas;
- Armazenamento de cofragens de grandes dimensões (para pré-fabricados, estacas...).



Fig. 2.36 – Fabrico e armazenamento em estaleiro de aduelas pré-fabricadas na obra exemplo.

A disponibilidade de tais equipamentos e instalações condiciona todas as actividades e a totalidade da obra, pelo que é fundamental garantir a sua correcta utilização, garantindo que todos os processos construtivos se desenvolvem com ritmo e níveis de segurança previstos.

2.12.2.3. Materiais Mais Importantes

Na generalidade das obras marítimas é frequente a utilização de uma grande quantidade de materiais, excedendo a capacidade de fornecimento imediato de grandes quantidades:

- Materiais para aterros;
- Materiais de pedreira: pedra e “tout-venant”;
- Areia para betões;
- Cimentos;
- Aços.

Deve ser realizado um estudo na fase inicial para confirmar a disponibilidade de materiais que se prevê gastar grandes quantidades, verificando, se há necessidade de ampliar os meios de produção ou a possibilidade de abrir novas instalações para garantir o fornecimento desses materiais.

Ocasionalmente é conveniente recorrer ao armazenamento dos materiais que em determinada altura se possam gastar a um ritmo superior ao que é possível fornecer. Isto ocorre quando os prazos de fabrico ou extracção são superiores ao estabelecido no plano de trabalhos da obra para ritmos de consumo.

2.12.2.4. Clima Marítimo e Meteorologia

As condições atmosféricas e o estado do mar, condicionam de forma muito directa os trabalhos das obras marítimas, em especial as que não estão protegidas da acção directa do mar obrigando, muitas vezes, a paragens por não se reunirem as condições de segurança necessárias aos trabalhos. Há ainda o perigo real, e isso por vezes acontece, de se danificarem partes da obra que estavam já parcialmente concluídas.

Com o intuito de minimizar os riscos de estragos provocados por fenómenos meteorológicos, aconselha-se que se implementem dois tipos de sistemas:

i) Um sistema de previsão das condições marítimas, adequado aos trabalhos e ao local onde se realizam, fornecendo informação de alguns parâmetro como:

- Marés;
- Ondulação: altura de onda, período e direcção;
- Correntes.

ii) Um sistema de previsão meteorológica, com informações de:

- Nevoeiro;
- Temperatura;
- Velocidade e direcção do vento;
- Pluviosidade.

Em alguns locais, onde não há fornecimento de tais dados, é conveniente instalar bóias de ondulação, marégrafos e estações meteorológicas nas obras onde as condições marítimas e atmosféricas influenciam de forma determinante os processos construtivos.

Em Portugal, podemos obter online, informações actualizadas sobre as previsões atmosféricas e marítimas para muitos locais da costa, em especial nos seguintes endereços:

- Instituto Hidrográfico – www.hidrografico.pt
- Instituto de Meteorologia – www.meteo.pt

Conhecer os rendimentos e as capacidades de trabalho dos equipamentos e equipas para distintos valores de parâmetros meteorológicos, permitirá conceber sistemas de aviso para o caso de algum dos parâmetros obtidos em tempo real ultrapassarem os valores máximos de segurança. Isto permite actuar em conformidade com a situação em causa, executando os procedimentos estabelecidos para situações de risco.

Recomenda-se ainda a realização de registos das medições dos fenómenos meteorológicos registados de modo a poder analisar possíveis desvios dos prazos de execução, permitindo também, disponibilizar experiências empíricas para projectos futuros e seguintes fases da obra.

2.12.2.5. Condicionamentos Ambientais

Ao garantirmos o cumprimento das prescrições que se encontram na Declaração de Impacto Ambiental, no Estudo de Impacto Ambiental e no Sistema de Gestão Ambiental, bem como as disposições de todos os organismos europeus, estatais e locais, estamos perante condicionamentos que vão afectar os prazos e processos de execução da obra.

Do ponto de vista ambiental, na generalidade das obras marítimas deve-se prestar especial atenção:

- À flora e fauna marinhas, colocando, por exemplo, barreiras para impedir o transporte de sedimentos em suspensão para zonas sensíveis;
- Ao derramamento de materiais contaminados procedentes das dragagens.

É ainda recomendável analisar algumas amostras recolhidas em fases distintas da obra:

- Antes do início dos trabalhos, nas zonas onde a obra vai influenciar mais as condições ambientais, podem-se recolher amostras da qualidade da água com distintas intensidades de corrente, com direcção e alturas de onda distintas e com diferentes marés, para obter um panorama geral o mais vasto possível das condições ambientais iniciais;
- Durante a execução das obras, de acordo com o Sistema de Gestão Ambiental do projecto;
- No final dos trabalhos, para determinar a influência provocada pelas mesmas, e verificar as ocasiões em que as obras marítimas melhoraram as condições relativas à fauna e flora marinhas.

2.12.2.6. Condicionamentos Arqueológicos

Em algumas obras marítimas, no seguimento da Declaração de Impacte Ambiental, pode ser necessário tomar medidas com a finalidade de preservar ou recuperar vestígios arqueológicos, o que pode implicar a realização de:

- Estudo da possibilidade de existência de restos arqueológicos, com base em documentação histórica existente;

- Estudos antes do início da obra para detectar possíveis vestígios arqueológicos com recurso a métodos cartográficos, geofísicos, hidrográficos, etc;
- Projecto de recuperação e preservação dos vestígios arqueológicos encontrados;
- Verificação, no decorrer da obra, em especial dos materiais dragados.

Os condicionamentos desta ordem podem afectar toda a obra e projecto desde a fase dos estudos prévios, passando pelo projecto de execução, e obviamente durante o decorrer dos trabalhos em obra.

É fundamental, no caso de se pôr a possibilidade de tais ocorrências, considerá-las no plano de trabalhos, contemplando os tempos médios para a sua resolução.

No caso de serem encontrados vestígios deste tipo, os procedimentos para a sua recolha e elaboração de documentos necessários, devem seguir o definido pelas entidades competentes sobre os trabalhos a realizar nesse sentido.

2.12.2.7. Segurança

A par dos riscos existentes na generalidade das grandes obras de construção civil, no que se relaciona com exploração de pedreiras, transportes especiais, prefabricação em betão armado ou trabalhos com guias, nas obras marítimas, existem outros riscos específicos destes tipos de obras, destacando-se:

- Interferência com o tráfego marítimo, o que obriga à colocação de bóias de sinalização delimitando a área de trabalho;
- Trabalhos com mergulhadores a grandes profundidades, exigem cuidados muito especiais, podendo mesmo ser necessária uma câmara de descompressão em obra;
- Risco de acidentes provocados pelo impacto da ondulação sobre pessoas e equipamentos;
- As ondas reflectidas ou afectadas pela existência de “baixos” podem amplificar de maneira significativa a altura da onda incidente;
- Riscos inerentes à colocação de dragados ou peças estruturais com recurso a guias instaladas em pontões flutuantes;
- Trabalho em pontões flutuantes sujeitos à acção directa do mar;
- Fabrico, transporte e afundamento de caixotões e aduelas em betão, sendo necessário elaborar um procedimento específico de execução de cada tarefa;
- Utilização de explosivos para quebraamento de rocha.



Fig. 2.37 – Câmara de descompressão para mergulhadores [52].

2.12.2.8. Licenças e Autorizações

São muitas as autorizações e licenças necessárias para levar a cabo a realização de uma obra marítima:

- i) No âmbito portuário é necessário tomar diligências sobre:
 - Navegação;
 - Ocupação de docas, cais e zonas de passagem;
 - Acesso ao porto;
 - Construção de obras auxiliares;
 - Balizamento das áreas de trabalho;
 - Dragagens.
- ii) No âmbito das administrações locais ou centrais, a documentação a preparar refere-se a:
 - Património artístico e arqueológico;
 - Requisitos de minimização dos efeitos no meio ambiente estabelecidos no DIA;
 - Transportes especiais;
 - Explosivos;
 - Extracção de areias do mar;
 - Dragados e depósitos a levar a aterro;
 - Embarcações e tripulações.

Muitas das autorizações referidas acima exigem a elaboração e posterior aprovação de projectos específicos, pelo que se deve ter em conta tais ocorrências na elaboração do Plano de Trabalhos.

2.12.2.9. Instalações e Infraestruturas

Neste tipo de empreitadas, as instalações e a área de estaleiro são de grande importância e podem requerer, entre outros aspectos:

- Grandes áreas de armazenamento e trabalho;
- Abastecimento de electricidade;
- Abastecimento de água;
- Molhes auxiliares;
- Acessos para equipamentos pesados do exterior até à frente de obra;
- Zonas de amarração provisória de equipamentos flutuantes;
- Áreas que suportem grandes cargas;
- Em casos extraordinários, pode ser necessário construir previamente uma protecção provisória do mar.

Recorrentemente, os terrenos onde se fabricam ou armazenam os materiais gastos na obra, passam posteriormente a formar parte da própria obra pelo que, a sua libertação gradual ao longo da construção deverá estar correctamente planeada.

O mais frequente é que a possível localização em estaleiro das instalações, zonas de armazenamento e fabrico estejam já definidas na proposta do empreiteiro.

2.12.2.10. Acessos

As obras marítimas requerem em geral a utilização de grandes quantidades de materiais pesados e volumosos (pedra por exemplo) e geram um tráfego de camiões muito grande, atingindo facilmente as mil viagens por dia, sendo para isso necessário:

- Avaliar a intensidade de tráfego que se vai gerar;
- Estudar a capacidade que a rede viária existente possui;
- Verificar se não existem restrições à circulação dos meios de transporte que se pretende utilizar;
- Estudar o tipo, frequência e duração de possíveis transportes especiais.

Ocasionalmente, pode ser necessário:

- Construir novos caminhos de acessos;
- Ampliar acessos já existentes;
- Construir e sinalizar desvios aos caminhos existentes;
- Utilizar molhes e estruturas auxiliares.

De qualquer modo, deverá estar prevista a correcta manutenção das vias de acesso às diferentes zonas da obra, de modo a minimizar os impactes da obra nessas vias e assegurar uma boa rentabilidade económica nos transportes.

2.12.2.11. Interferência com as Populações Vizinhas

Por vezes as actividades na obra interferem com as pessoas e influenciam negativamente a vizinhança, pelo que obrigam a tomar medidas que minimizem o seu impacto.

Quando a área de intervenção ou passagem consecutiva de equipamentos está muito próxima de zonas habitacionais, é necessário garantir que os processos construtivos utilizados não provocam muitos transtornos, em especial devido aos seguintes casos:

- Produção elevada de poeira;
- Ruídos intensos podem obrigar à instalação de barreiras acústicas e limitar o horário de trabalho;
- Maus odores;
- Dificuldade de mobilidade das populações devido à intensidade de tráfego provocada pelos acessos à obra, sendo necessário estudar vias alternativas;
- Vibrações produzidas por explosões ou cravação de estacas que podem afectar as estruturas nas imediações.

É aconselhável resolver atempadamente e de forma pacífica, as interferências com a população, de modo a evitar atrasos, interrupções ou conflitos durante a realização dos trabalhos.

2.12.3. ANÁLISE DO PLANO DE TRABALHOS

2.12.3.1. Memória Descritiva do Empreiteiro

A Memória dá uma explicação da sequência de execução dos trabalhos e deve contemplar os seguintes pontos:

- Descrição dos processos construtivos;
- Conclusões obtidas na análise do projecto;
- Os principais condicionamentos dos processos construtivos e acções a realizar;
- Estudo mais cuidado sobre a estabilidade estrutural nas diferentes fases construtivas e riscos na construção;
 - Autorizações e licenças necessárias;
 - Medições mais representativas da obra;
 - Procedimentos específicos de produção dos trabalhos mais importantes;
 - Pessoal associado às diferentes partes da obra;
 - Identificação e disponibilidade de equipamentos necessários;
 - Listagem dos principais materiais, suas procedências, quantidades e cronograma de fornecimento;
- Esquema do Plano de Trabalhos.

2.12.3.2. Mobilização e Montagem de Equipamentos

A mobilização, transporte e montagem dos equipamentos é demorada e tem influência directa nos processos construtivos, pelo que tais trabalhos devem ser considerados como uma actividade do Plano de Trabalhos, o que pode ocorrer nos seguintes casos:

- Os equipamentos de dragagem por vezes necessitam substituir alguns dos acessórios de trabalho de acordo com o terreno a dragar, profundidades, etc;
- Batelões para transporte de materiais;
- Gruas em pontões flutuantes;
- Docas flutuantes;
- Gruas terrestres de grandes dimensões, com elementos específicos de elevação de peças, muitas vezes desenhados especialmente para a obra em causa.



Fig. 2.38 – Início e fim da montagem do “Perna Longa” – Plataforma “Jack-up” da obra exemplo.

2.12.3.3. Contratação de Subempreiteiros

É fundamental realizar um bom estudo de mercado, de modo a encontrar empresas de mão-de-obra ou equipamentos, especializadas em determinada área, e que possam vir a ser necessários à obra, de modo a obter uma equipa de trabalho competente, e com capacidade de cumprir as especificações requeridas para a obra, cumprindo os prazos e custos definidos inicialmente.

2.12.3.4. Actividades em Espera

Na construção de obras marítimas, há duas situações em que tal sucede com alguma frequência, sendo necessário considerar esse facto no planeamento das actividades. São elas:

- Consolidação de aterros;
- Obtenção da resistência mínima dos betões que possibilitem a progressão da obra.

2.12.3.5. Volumes de Obra

Por actividade, e com base nas medições do projecto, geralmente temos uma boa aproximação das quantidades de trabalhos a realizar. No entanto, deve ter-se em conta que esses valores podem vir a mudar substancialmente, dependendo das condições reais que se encontram no local da obra.

A título exemplificativo, podemos ter variações das quantidades referentes aos volumes a dragar, volumes de aterro ou pedra a utilizar. Assim, é fundamental controlar as diferenças encontradas ao longo da realização dos trabalhos, fazendo, sempre que possível, medições intercalares e não só depois da tarefa realizada, visto que podem ser necessários recursos extra que previamente não estavam contabilizados.

Nestas actividades, em que a incerteza das medições é maior, os critérios de medição e pagamento devem estar bem definidos em contrato, desde a fase inicial.

2.12.3.6. Atribuição de Recursos

Por cada tipo de actividade, deve ser atribuída uma quantidade de recursos que permita realizar os trabalhos, com as condições de segurança necessários e com o rendimento pretendido. Depois de conhecidos os recursos disponíveis para determinada actividade, e conhecidas as quantidade de trabalho, podemos determinar a duração das mesmas. É conveniente agrupar os recursos da seguinte forma:

- Mão-de-obra;
- Equipamentos;
- Materiais;
- Instalações;
- Subcontratações;
- Outros.

2.12.3.7. Dependência Entre Tarefas

As actividades de uma obra, estão maioritariamente relacionadas com outras, podendo a relação entre elas ser de variados tipos:

- Conclusão-Início;
- Início-Início;
- Conclusão-Conclusão;
- Início-Conclusão;
- Nenhuma relação.

Conhecidas as relações entre actividades, constrangimentos, condicionamentos, recursos e duração das mesmas, pode-se elaborar o Plano de Trabalho para a obra.

É comum ser utilizado software adequado para o efeito, executando um diagrama de Gantt, contendo toda a informação sobre o caminho crítico, histogramas de recursos, fluxos, entre outras informações relevantes, podendo ser actualizadas e corrigidas a qualquer momento.

2.12.3.8. Procedimentos Especificos de Produção

Os Procedimentos Especificos de Produção, são documentos elaborados pela entidade executante, para cada uma das actividades, em que constam, normalmente, as seguintes informações:

- Características dos materiais a utilizar;
- Características dos equipamentos;
- Procedimentos de execução;
- Controlo e monitorizações durante a execução;
- Critérios, procedimentos e unidades de medição;
- Implementação dos Planos de Segurança e Saúde, Qualidade e Sistema de Gestão Ambiental.

2.12.4. DRAGAGENS E QUEBRAMENTO DE ROCHA

2.12.4.1. Introdução

A dragagem é uma técnica de engenharia que consiste em remover solos, sedimentos ou rocha do fundo de zonas portuárias, rios, canais ou portos com o objectivo de:

- i) Conseguir calados de serviço, devendo as profundidades finais ser, pelo menos, as previstas no projecto; é de notar que os taludes nos limites das zonas dragadas apenas serão estáveis a longo prazo;
- ii) Obter materiais para aterros, devendo os materiais extraídos satisfazer as especificações exigidas para esse feito;
- iii) Sanear terrenos pouco competentes; esta situação ocorre principalmente quando é necessário realizar fundações directas em locais onde temos materiais com pouca capacidade resistente ou muito deformáveis;

iv) Eliminar materiais contaminados ou contaminantes da água, fazendo posterior descarga em locais destinados a esse efeito;

Esta actividade carece de grande atenção, pois um planeamento deficiente ou erros graves nas medições dos volumes, podem originar uma derrapagem muito grande dos prazos e custos.

2.12.4.2. Escolha de Equipamentos

Dada a oferta de tipos de equipamentos de dragagens, é fundamental escolher o que melhor se adapta aos trabalhos a realizar. A escolha dos equipamentos deve ser determinada pela análise dos seguintes pontos:

i) Características do local:

- Condições de abrigo;
- Proximidade com estruturas que podem limitar a operacionalidade dos equipamentos;
- Necessidade de não interromper o tráfego marítimo.

ii) Distância a que se realiza a descarga dos dragados pode condicionar o tipo de transporte.

iii) Meios de descarga:

- Batelões;
- Directo das dragas de pá;
- Por tubagem;
- Por jacto (areias).

iv) Características dos lugares de descarga:

- A profundidade do local condiciona o calado das embarcações;
- Determinados locais podem ter restrições em termos de horário para descarga.

v) As condições do estado do mar, sobretudo a altura de onda afectam os trabalhos, na media em que:

- As dragas estacionárias podem trabalhar com pequena ondulação, mas com alturas superiores aos 2m devem refugiar-se da ondulação;
- As tubagens flutuantes devem ser removidas se a ondulação for superior a 2m;
- As dragas de sucção em andamento só estão operacionais com ondulação até 2/2,50m;
- A corrente pode ter influência na operatividade das dragas a partir de 1m/s, principalmente na instalação de tubagens flutuantes; mesmo que não afecte muito o funcionamento da draga, é necessário verificar se arrasta os sedimentos em suspensão para zonas sensíveis.

vi) Tráfego marítimo, portuário ou fluvial:

- É fundamental ajustar as operações de dragagem com o tráfego, em especial o posicionamento dos equipamentos, âncoras, guinchos, tubagem, etc;
- Balizar com devida antecedência as áreas a dragar;

- Um tráfego muito intenso pode dificultar demasiado o trabalho das dragas estáticas.

vii) Meio ambiente:

- A fauna e flora que possam existir nas zonas a dragar ou proximidades podem obrigar à colocação de barreiras de protecção para impedir a migração de sedimentos em suspensão, evitar o derrame de sedimentos dos batelões de transporte durante a viagem, ou mesmo obrigar à paragem temporária das dragagens.

viii) Arqueologia:

- No caso de existirem vestígios arqueológicos nas zonas a dragar, é necessário tomar as medidas descritas anteriormente em 2.12.2.6.
- Depois de iniciados os trabalhos de dragagem, pode ser possível recuperar algumas peças ou vestígios, nos locais de descarga ou nos batelões de transporte.

ix) Disponibilidade de equipamentos:

- A maior parte das dragas tem um índice de ocupação grande pelo que, se for necessário dar parte dos trabalhos a subempreiteiros especializados na área, deve-se garantir a sua disponibilidade com bastante antecedência.

2.12.4.3. Tipos de Dragas

Este ponto tem como objectivo identificar os principais tipos de dragas existentes no mercado, mostrando as potencialidades e limitações dos modelos mais comuns e os tipos de serviço que melhor se adaptam a cada uma delas.

Podemos dividir as dragas em dois tipos:

i) Dragas de acção mecânica:

- Dragas de balde rígido (“dipper”);
- Dragas de balde articulado (“grab”, “clameshell”);
- Draga de alcatruzes (“bucket dredge”);
- Dragas com pá frontal ou retroescavadora (“backhoe”);
- Dragas tipo “dragline”.

ii) Dragas de sucção:

- Dragas hidráulicas:
 - Draga estacionária de corte e sucção (“cutter”);
 - Draga de sucção em andamento (“trailer”);
 - Draga de sucção com descarga lateral;
 - Dragas de sucção especiais.
- Dragas pneumáticas;
- Dragas submersas.

Quadro 2.1 – Tipos de dragas mais aconselhadas em função do terreno a dragar.

TERRENO A DRAGAR	DRAGA				
	Balde	Rectroescavadora	Alcatruzes	Estacionária de Corte, Sucção e Repulsão	Sucção em Andamento
Areia Compacta		●	●	●	●
Areia Solta			●	●	●
Areia com Brita	●	●	●	●	●
Lodos	●		●	●	●
Argilas Moles	●		●	●	
Argilas Médias	●	●	●	●	
Argilas Duras		●	●	●	
Rocha sem Quebramento		●	●	●	
Rochas com Quebramento Prévio	●	●	●		

a) Draga de Balde

O modo de funcionamento é simples, sendo a draga formada por um batelão onde se instalam guias de grande capacidade. A grua tem um balde (que pode ser de vários tipos), que faz descer até ao fundo, e traz para a superfície o material dragado, descarregando no seu porão ou em outro batelão.

O seu funcionamento está limitado a ondulação não superior a 1m e são embarcações com pouco calado, podendo este tipo de draga ser usada para abrir canais em zonas pouco profundas.

As dragas de balde com porão são muito versáteis, podendo fazer a descarga do material com descarga de fundo ou pelas guias, sendo utilizadas em obras com aterros ou colocação de enrocamento.

Uma draga deste tipo não ultrapassará os 1500m³/dia de rendimento.



Fig. 2.39 – Draga de baldes com porão de transporte [53].

b) Dragagem com Pá Frontal ou Retroescavadora

Estas dragas são formadas por um pontão flutuante onde se instala uma pá frontal ou retroescavadora. O pontão é dotado de duas estacas na proa, uma na ré e quatro ou seis âncoras ligadas a guinchos, que permitem imobilizá-lo enquanto trabalha. A estaca da ré, permite dar “um passo”, ou seja, faz uma rotação sobre um eixo, fazendo a plataforma andar para trás, possibilitando variar a posição na área a dragar. Este conjunto de equipamentos permite:

- Movimentos do pontão provocados pelo “passo” da estaca da ré e dos guinchos;
- Descarregar as acções da máquina de dragagem sobre o terreno do fundo através das estacas, algo que não era possível se estivesse apenas a flutuar;
- Reduzir o efeito da ondulação sobre o pontão, deixando-o praticamente na horizontal enquanto funciona;
- Dependendo do terreno a dragar e da capacidade da máquina de dragagem, o balde pode variar dos 2 aos 25m³, podendo também ser adaptado um “ripper” para revolver terrenos mais compactos antes de os dragar.

Podem-se resumir a de operacionalidade deste tipo de dragas nos seguintes pontos:

- As dragas de maior braço permitem dragar até 35m de profundidade;
- Despejo do balde directamente para um batelão encostado ao pontão;
- O calado mínimo para dragar corresponde ao calado do pontão ou do batelão, inferior a 3m;
- Não devem funcionar com ondulação superior a 1m;
- Têm capacidade de dragar uma variedade muito grande de materiais (argilas, areias, rochas brandas, rocha previamente quebrada com explosivos, etc.);
- O custo por m³ dragado é elevado;
- O rendimento pode chegar a 6000 m³/dia, ainda que muito condicionado pelo tipo de terreno;
- Há poucas variedades de modelos disponíveis no mercado.



Fig. 2.40 – Dragagem retroescavadora (Backacter BA1100) [54].

c) Draga de Alcatruzes

As dragas de alcatruzes funcionam com uma sequência de baldes, tendo as seguintes características:

- Não têm propulsor para se deslocarem, sendo essa tarefa realizada por âncoras e guinchos;
- Descarregam o material dragado para um batelão;
- Podem dragar até 30m de profundidade;
- Não devem funcionar com ondulação superior a 1m;
- Podem ser utilizados diversos tipos de balde de acordo com as características do material a dragar;
- O rendimento depende do material a dragar, podendo variar de 2500 m³/dia para rocha branda até 10000 m³/dia para solos soltos;
- Dragam com muita precisão geométrica;
- Podem ser utilizadas para regularização de fundos, podendo varrer uma área até 1500 m²/dia.

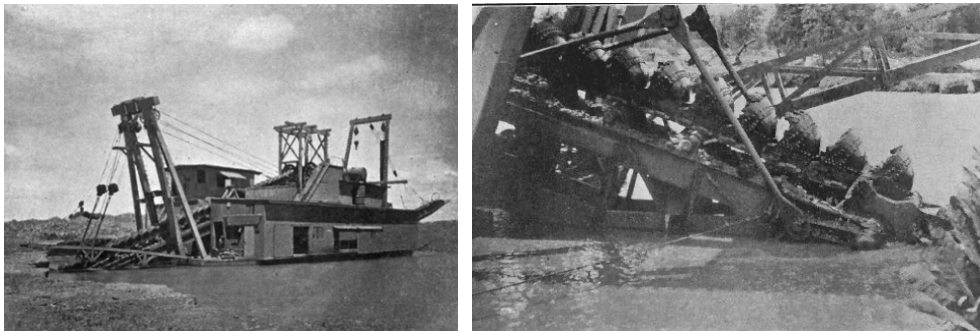


Fig. 2.41 – Antiga draga de alcatruzes [55].

d) Draga Estacionária de Corte, Sucção e Repulsão

Este tipo de draga funciona com uma tubagem instalada numa estrutura rígida, podendo ser instalado na ponta do tubo de sucção um “cutter” rotativo, accionado por um motor, que ajuda a desagregar o terreno a dragar.

O material dragado pode ser encaminhado por tubagem para o local de descarga ou ser vertido para um batelão de transporte através de difusores na parte lateral da draga.

No mercado há uma variedade muito grande de dragas deste tipo, sendo as mais potentes capazes de desagregar e dragar rochas com resistência à compressão até 50MPa, e bombear material por tubagens até 25Km de distância, tendo como características de funcionamento e operacionalidade:

- Profundidade de dragagem até 30m;
- Possuem um calado em torno dos 3m, podendo dragar abrindo um canal;
- São adequadas para dragar docas e realizar aterros;
- As tubagens de bombagem podem estar apoiadas no fundo não interferindo com a navegação;
- Podem dragar muitos tipos de materiais (argilas, areias, rochas brandas, etc.);
- Dada a grande variedade de modelos no mercado podem ter rendimentos entre 500 e 100000 m³/dia.



Fig. 2.42 – Grande draga de sucção e repulsão e exemplo de “cutter” [56].

e) Draga de Sucção em Andamento

Estas dragas são auto-propulsionadas, e o material sugado pelo tubo é depositado no porão da própria draga. Estes equipamentos caracterizam-se essencialmente por ter:

- Habitualmente 5m de calado, podendo os modelos de maiores dimensões atingir os 12m;
- Profundidades de dragagem até 100m;
- Podem dragar a velocidades de 2 nós e em viagem atingir os 12 nós;
- Em funcionamento contínuo, o porão demora aproximadamente 1 hora a ficar cheio;
- O porão pode ter 1500m³ de capacidade nas dragas pequenas e 38000m³ nas maiores;
- A descarga pode ser feita:
 - Abrindo o fundo do porão;
 - Repelido por um tubo;
 - Projectado por um canhão.



Fig. 2.43 – Construção de ilhas artificiais com dragas de sucção no Dubai [57].

O sistema de descarga por repulsão ou projecção demora praticamente o mesmo tempo, sendo que por descarga do fundo é muito mais rápido.

No caso de materiais soltos, como areias, há equipamentos com rendimentos de 100000 m³/dia. Há ainda a possibilidade de dragar materiais mais compactos, instalando no tubo de sucção um equipamento que injecta água a pressões muito elevadas para desagregar o material. Os equipamentos mais recentes têm sistemas de posicionamento e navegação muito sofisticados.

2.12.4.4. Quebramento de Rocha com Explosivos

Este procedimento é utilizado quando, não é possível dragar mecanicamente o material devido à localização deste em zonas inacessíveis a dragas capazes de o dragar, quando não se dispõem de dragas com capacidade de dragar o material ou quando a rocha a quebrar é em volumes muito reduzidos, não sendo economicamente viável contratar uma draga que consiga fazer o trabalho.

O sistema mais utilizado é o O.D. (“Overburden Drilling”), sendo a perfuração e colocação da carga explosiva realizada a partir da superfície, pelo interior de um tubo exterior ou caixa que é, previamente à execução do furo, descido até ao estrato rochoso, tendo a vantagem de não ser necessário dragar previamente os materiais soltos ou moles sobre o estrato rochoso.

É recomendado quebrar a rocha a maior profundidade do que é necessário dragar, evitando repetir a tarefa no caso de não ser possível dragar correctamente a rocha quebrada. A dimensão dos fragmentos resultantes do quebramento vai ser o resultado da combinação da malha escolhida para os furos, em combinação com os explosivos e tipo de rocha.

Para a realização dos furos, podemos ter equipamentos típicos de pedreiras (tipo ROC’s) ou torres de perfuração específicas para este tipo de trabalho, instalados em pontões flutuantes dotados de estacas e guinchos como acontece nas dragas.

É fundamental cumprir todos os requisitos legais no que diz respeito ao manuseamento de explosivos, seu armazenamento e transporte, sendo necessário planear estas actividades com alguma antecedência.

2.12.4.5. Recomendações sobre Dragagens

Neste tema, há ainda que compilar os principais cuidados a ter durante a dragagem, descarga, medições de volumes, entre outros.

Relativamente aos trabalhos de dragagem, é importante definir inequivocamente:

- Áreas da dragagem;
- Cotas de referência;
- Levantamentos topo-hidrográficos das zonas dragadas e afectadas pelas dragagens;
- Comprovar que os taludes finais correspondem aos de projecto;
- Os terrenos que se vão dragar de modo a obter terrenos competentes para fundações directas;
- Dragagens de assoreamentos que se verifiquem durante a realização da obra.

O controlo de descarga dos materiais dragados depende se têm como destino vazadouro no mar ou se vão servir para aterros. No caso de terem como destino um local de vazadouro, é necessário garantir que as descargas ocorrem em locais previamente aprovados para o efeito, devendo ser criado um registo desses locais, com a hora e coordenadas GPS exactas da descarga.

Caso o destino seja um aterro, é necessário garantir que o material cumpre as características necessárias para cumprir essa tarefa.

Como os equipamentos de dragagem são muito dispendiosos, antes da sua chegada à obra é necessário realizar uma série de trabalhos preparatórios:

- Obtenção de licenças e autorizações;
- Disponibilidade de locais para montagem dos equipamentos;

- Balizamento das áreas a dragar;
- Restrições ao tráfego marítimo.

No que se refere aos critérios de medição, devem estar considerados no projecto os seguintes pontos:

- Tolerâncias;
- Sobredragagens e seus critérios de pagamento;
- Diferenciação entre materiais a dragar e preço de cada um deles.

As actividades de dragagem, devem ser controlados de forma contínua com os objectivos de:

- Encontrar perda involuntária de materiais pelos batelões;
- Localizar deslizamentos em taludes adjacentes às zonas a dragar;
- Determinar as distâncias de transporte porque em muitos contratos condicionam o preço a pagar pelo trabalho;
- Calcular o rendimento real dos equipamentos e comparar com o definido no Plano de Trabalhos de modo a aferir a respectiva produtividade;
- Controlar os deslizamentos de taludes.

2.12.5. ATERROS

Os aterros vulgarmente são formados por materiais de vários tipos com a função de criar, alargar ou regularizar um local, criando uma plataforma utilizável. Quando falamos em aterros em obras marítimas, estes nascem normalmente em zonas inundadas ou de influência de marés.

Geralmente gastam milhares ou mesmo milhões de metros cúbicos de material, sendo necessárias milhares de viagens de camião ou batelões/dragas, pelo que se utiliza o mais possível materiais disponíveis na proximidade do local de utilização.

Quando se criam aterros em zonas marítimas, é normal encontrar-se no fundo materiais com pouca consistência como lodos, que por razões económicas e/ou ambientais, não costumam ser removidos previamente.

Os aterros podem ser classificados como:

- i) Aterros com materiais de empréstimo;
- ii) Aterros com dragados;
- iii) Aterros especiais.

2.12.5.1. Aterros com Materiais de Empréstimo

O fornecimento e escolha dos materiais que vão dar origem a aterros em zonas marítimas, com origem em empréstimos, devem seguir um processo de selecção bastante rigoroso. Com o objectivo de otimizar a solução encontrada deve-se estudar:

- i) Distância entre o local de empréstimo e aterro;
- ii) Acessibilidades ao local;

- iii) Características do material do empréstimo;
- iv) Volume disponível para empréstimo;
- v) Custos correspondentes à:
 - Abertura do local de empréstimo;
 - Extração do terreno;
 - Saneamento de solos não aptos;
 - Manutenção e possível construção de novos acessos ao local;
 - Arranjo final do terreno.

A colocação dos aterros deve ser realizada com o intuito de:

- i) Evitar que existam migrações dos terrenos pouco consistentes que existem no fundo para lugares pouco desejados podendo, para isso:
 - Realizar os aterros de forma que empurrem os lodos para zonas previamente definidas onde podem depois ser extraídos, tratados, consolidados ou ignorados;
 - Criar um tapete sobre os lodos com descargas em batelão;
 - Não realizar o aterro com uma frente de progressão, mas começar em vários locais diferentes confinando a área a aterrar;
- ii) Assegurar que os aterros não entram em contacto directo com o tardo das estruturas;
- iii) Facilitar futuros procedimentos para melhorar as características mecânicas dos terrenos;
- iv) Permitir a evacuação de água das zonas a preencher;
- v) Avaliar as condições de segurança (deslizamentos do talude ou movimentação dos equipamentos perto da água);
- vi) Proceder a uma compactação adequada.



Fig. 2.44 – Aterro de 2.000.000m³ do Terminal Roll-on Roll-off do Porto de Setúbal [58].

2.12.5.2. Aterros com Dragados

A utilização destes materiais para aterros em obras marítimas é usual e de interesse prático muito relevante. Estes materiais são aproveitados para estes fins quando:

- Existem materiais no fundo do mar com boas características para o aterro e em condições de serem extraídos;
- Está previsto no Projecto de Execução ou na DIA;
- Há necessidade de descarregar os materiais procedentes de dragagens que não podem ser levados a vazadouro no mar, podendo posteriormente ser necessário melhorar as suas características resistentes ou acelerar a compactação/consolidação;
- Há um custo baixo na realização de aterros com materiais provenientes de dragagens;
- Esta solução é economicamente mais vantajosa do que o recurso a locais de empréstimo.

De todos os materiais que podem resultar de dragagens, considera-se que são válidos para aterros os seguintes:

- Dragagem de rocha;
- Areias com um teor de finos residual;
- Areias com um teor de finos considerável estão sujeitas a medidas adicionais, com o objectivo de diminuir o número desses finos ou acções para melhorar as características do aterro;
- Os materiais mais plásticos têm períodos de consolidação muito grandes e são pouco competentes. A utilização destes produtos requer tratamentos de consolidação, por vezes demorados, até que a plataforma resultante possa ser utilizada.

No caso de apenas ser necessária parte do material dragado para o aterro, devem realizar-se os seguintes procedimentos:

- Estudo completo de todos os solos a dragar, e em especial verificar os seus teores de finos;
- Utilizar equipamentos de dragagem que permitam seleccionar o material como:
 - Dragas de sucção com “overflow”, processo que permite eliminar grande parte dos finos e dragar espessuras pequenas do terreno, seleccionando os estratos a dragar;
 - Dragas que vertem os dragados para um batelão, podendo ser levados para vazadouro ou para o aterro de acordo com o material que for dragado em determinado local.

Os materiais com origem em dragagens podem ser levados para o local do aterro das seguintes formas:

- No porão de uma draga de sucção;
- Através de tubagem procedente de uma draga de sucção em andamento ou estacionária;
- Por jacto de uma draga;
- Por batelão de transporte com abertura de fundo;
- Por transporte terrestre quando não é possível o acesso das dragas ou tubagens directas das dragas ao local.

No caso do aterro ser realizado com recurso a descarga directa por uma embarcação, é necessário garantir que:

- O local seja acessível pela embarcação;
- A descarga dos batelões ocorre inicialmente nas zonas de maior profundidade;
- Se conciliam as descargas com as marés, de modo a aterrar até cotas maiores com este método;
- Se controla a posição de cada descarga;
- Não há descargas em zonas não previstas no projecto;
- Se realizam controlos batimétricos frequentes.

Por outro lado, se o aterro for realizado com recurso ao transporte por tubagem, ocorre uma desagregação do material, em que as partículas maiores se decantam na saída do tubo e as finas nas zonas de menor velocidade do jacto.

Com a finalidade de melhorar a qualidade dos aterros podem-se realizar estudos de sedimentação, da forma e sectorização dos locais de aterro, dos locais de descarga e da movimentação da parte do material de aterro utilizado no final com meios terrestres.

Nos pequenos aterros ou na parte final de aterros, quando há muita água à superfície, é muito mais difícil que ocorra a sedimentação. Para que isto não suceda é recomendado:

- Colocar geotêxtil nos canais de drenagem da água;
- Modificar os canais de drenagem e fazer movimentação de material de aterro na superfície;
- Para aterros de grandes dimensões é aconselhado que estes sejam construídos por sectores, possibilitando:
 - Decantação dos finos para alguns sectores ainda não concluídos evitando que se percam na totalidade; isto permite recolhê-los ou tratá-los posteriormente;
 - Realização de sobrecarga para acelerar a consolidação por sectores;
 - Abertura à utilização faseada.

A possível realização de um Procedimento Específico de Produção destas tarefas deverá conter:

- Estudo de sedimentações;
- Cálculos de estabilidade dos aterros e possível liquefacção dos solos;
- Barreiras de protecção ambiental;
- Estudos sobre consolidação, compactação e assentamentos do aterro.



Fig. 2.45 – Aterro criado com descarga por tubagem de repulsão de uma draga [59].

O controlo da geometria do aterro, sua correcta implantação e execução pretende:

- Conferir a implantação, cortes e alçados;
- Tomar conhecimento dos assentamentos diferidos no tempo;
- Monitorização no local do aterro verificando a progressão do aterro submerso e emerso e possíveis migrações de material.

Para se realizar estas tarefas é necessário:

- Definir os limites de implantação do aterro;
- Conhecer a batimetria e topografia iniciais;
- Realizar controlos de batimetria e topografia regularmente;
- Colocar marcos, estacas e instrumentos de medição dos assentamentos por consolidação, após a conclusão do aterro;
- Registrar e conhecer os exactos locais de descarga do material;
- Registrar e arquivar os dados recolhidos.

2.12.5.3. Aterros Especiais

Há ainda a possibilidade de realizar aterros aproveitando materiais contaminados, subprodutos de processos construtivos/industriais e materiais reciclados sempre que se tomem medidas preventivas e minimizadores de impactos negativos.

Dos materiais contaminados ou subprodutos de processos construtivos/industriais destacam-se:

- Resíduos de extracção mineira, podendo conter materiais pesados apresentando uma densidade superior aos aterros comuns, utilizados por vezes para enchimento das células de caixotões e aterros, sendo neste caso necessário:
 - Impermeabilizar total ou parcialmente os locais de aterro;
 - Verificar os estudos e projectos dada a densidade dos materiais.
- Escórias e cinzas de altos-fornos:
 - Adequadas para aterros gerais;
 - O aproveitamento das cinzas exige a aplicação de filtros para evitar fuga de finos;
 - Não utilização de escórias expansivas;
 - Verificar a interferência com lençóis freáticos e possível contaminação;
 - Evitar depositar as cinzas em ocasiões de ventos fortes.

É necessário ter em atenção todos estes aspectos e sempre que seja possível deve-se utilizar este tipo de materiais, dando-lhes uma aplicação e solução ambientalmente aceitável.

Os materiais reciclados são os que procedem de uma utilização anterior e são essencialmente os seguintes:

- Excedentes de escavações de outras obras de engenharia;
- Resíduos de demolições ou desmantelamento de estruturas.

Dada a grande variedade das características e proveniências desses materiais é necessário:

- Comprovar que as características físicas e químicas dos materiais são compatíveis com as definidas no projecto;
- Verificar exaustivamente os materiais recebidos em obra;
- Por vezes criar um armazenamento para posterior selecção do material a utilizar.

2.12.5.4. Acções de Melhoria das Características dos Aterros

Dados os grandes assentamentos que frequentemente acontecem nas zonas portuárias, é necessário tomar medidas de consolidação e melhoria das características dos aterros aí realizados. Para acelerar os assentamentos diferidos no tempo e aumentar a compacidade desses aterros é possível tomar algumas medidas como:

- Substituição parcial do terreno;
- Sobrecarga;
- Vibrossubstituição e vibrocompactação;
- Colunas de britas;
- Compactação dinâmica clássica e rápida;
- Drenos verticais;
- Inclusões rígidas ou semi-rígidas no terreno;
- Injecções de materiais no terreno.

A escolha de determinado método realiza-se em função de parâmetros como:

- Natureza do terreno a melhorar;
- O nível de melhoria que se pretende atingir;
- O tempo que existe para obtenção dos resultados pretendidos;
- O custo das distintas opções analisadas.

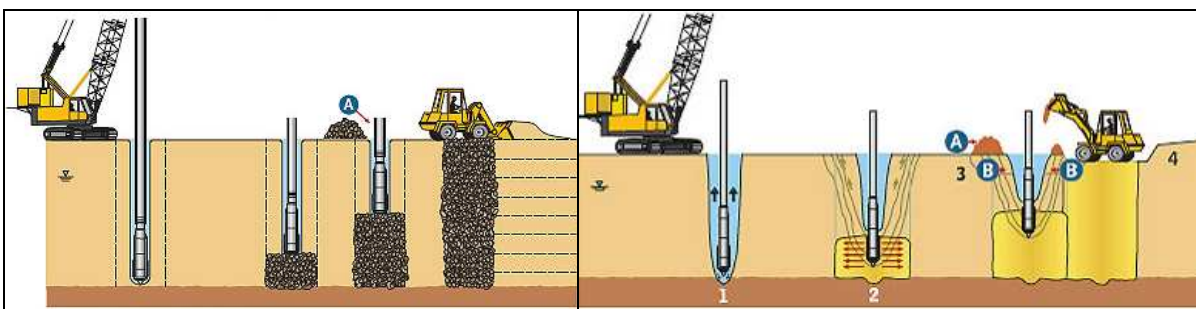


Fig. 2.46 – Esquema de vibrossubstituição e vibrocompactação de solos moles [60].

2.12.5.5. Aterros de Tardoz

Os aterros no tardoz de muros são aqueles que estão em contacto directo ou próximos dos muros de contenção dos aterros. Os materiais de aterro aí utilizados são fundamentais para assegurar o bom funcionamento e estabilidade das estruturas.

Os materiais aplicados devem cumprir as especificações do projecto e normalmente são utilizados materiais do tipo enrocamento TOT, por ser um material com ângulo de atrito interno grande, muita permeabilidade e ser um subproduto das pedreiras, sendo recomendável a sua selecção no local de origem com os seguintes objectivos:

- Evitar que tenha muitos finos que fazem diminuir o ângulo de atrito interno dos aterros e o ângulo de atrito aterro/paramento;
- Permitir separar as pedras maiores que podem ter outra utilidade na obra evitando-se assim danos acidentais na parede provocados pela sua colocação.

Quando está prevista a construção de estacas no local do aterro, deve-se limitar a dimensão das partículas com a finalidade de facilitar a sua execução; na generalidade dos materiais recebidos em obra é recomendável:

- Comparar as características do material recebido com o expectável e proceder à sua aprovação ou rejeição;
- Controlar o local e forma de colocação do material;
- Controlar a granulometria.

Antes e durante a execução dos aterros de tardo, deve-se garantir o cumprimento do estipulado no projecto e procedimentos de produção, sendo essencial:

- Comprovar que não foi colocado outro material no local do aterro de tardo;
- Realizar a tarefa com cuidado para não movimentar materiais indesejáveis para o tardo;
- Verificar a colocação dos filtros ou telas referidas no projecto;
- Evitar que haja fuga de material pelas juntas estruturais ou entre pré-fabricados se for esse o caso;
- Colocar o aterro apenas depois da estrutura ter resistência suficiente para receber os impulsos;
- Realizar verificações batimétricas e topográficas antes, durante e depois de terminados os aterros.

De acordo com a granulometria do material a aplicar no aterro do tardo, e do material que está em contacto em ele, podemos ter filtros formados por material granular ou por geotêxtil.

Os filtros de geotêxtil devem ter as seguintes características:

- Cumprir a função de filtro, limitando a passagem de partículas de determinados tamanhos;
- Possuir permeabilidade à água suficiente e capacidade resistente adequada;
- Ter durabilidade nas condições ambientais a que vão estar sujeitos;
- Assegurar que não facilitam o aparecimento de superfícies de deslizamento.

O manuseamento, armazenamento e aplicação devem seguir as recomendações de cada fabricante, devendo no entanto:

- Ser garantida uma sobreposição entre tiras de geotêxtil suficiente para criar um filtro eficiente em toda a área;
- Estarem dispostos sobre o talude do TOT ou directamente entre o TOT e o tardo do muro;
- Evitar situações favoráveis à ocorrência de punçamento.



Fig. 2.47 – Aterro de tardoz na obra exemplo (TOT, filtro geotêxtil e material de aterro geral).

2.12.5.6. Enchimento de Células de Pré-fabricados

Estes aterros em particular têm o objectivo de preencher as células de caixotões ou aduelas pré-fabricadas, que formam a estrutura de um muro-cais. Após correcta colocação dos pré-fabricados pode dar-se início ao enchimento das células existindo três procedências para o material:

- Escavações ou empréstimos;
- Pedreiras;
- Dragados.

Dependendo da origem do material, pode-se aterrar com descargas directas de camião, com recurso a uma “telebelt” ou com as dragas.

Os materiais devem ser colocados de modo que:

- A diferença entre as alturas de aterro em células contíguas não exceda o previsto no projecto;
- As juntas entre módulos sejam betonadas apenas após os assentamentos dos caixotões cheios estarem estabilizados, evitando esforços nas juntas;
- Os movimentos e assentamentos estejam devidamente monitorizados durante o enchimento, de modo a poder ser corrigidos se necessário.



Fig. 2.48 – Porto de Malabo, Guiné Equatorial (enchimento de caixotões de um muro de gravidade) [58].

2.12.5.7. Prismas de Fundação

Os prisma de fundação de muros de gravidade, são formados por enrocamento TOT com os objetivos de:

- Suportar as cargas transmitidas pelas estruturas e transmiti-las ao terreno;
- Criar uma superfície de apoio dos caixotões ou aduelas suficientemente uniforme;
- Suportar as acções das ondas e das hélices das embarcações;
- Permitir que os assentamentos das estruturas sejam homogéneos.

Estes muros de gravidade são muito sensíveis às condições de fundação, em especial às características dos materiais que a formam, destacando-se as seguintes:

- Granulometria porque condiciona a permeabilidade, ângulo de atrito interno e atrito com a base da estrutura;
- Características físico-químicas dos materiais que condicionem a resistência à compressão e durabilidade;
- Para a construção do núcleo de um prisma de fundação, considera-se adequado TOT com as seguintes características:
 - Partículas com menos de 20mm não superiores a 10%;
 - Peso das partículas maiores inferior a 5kN;
 - Respeitar as características físico-químicas de projecto.

A colocação do material do núcleo é feita usualmente por grua, batelões ou dragas enquanto os mantos de protecção laterais exigem maior precisão. Pode ainda ser efectuada compactação dinâmica com placa vibratória, do núcleo antes da colocação do manto de protecção.

Os mantos de protecção devem ser realizados o mais rápido possível de modo a reduzir o risco de estragos provocados pela ondulação que pode escavar o núcleo. O manto pode ser realizado por materiais naturais ou com blocos artificiais de vários modelos.

Após realização do prisma de fundação com material de dimensões consideráveis, é necessário criar uma plataforma o mais nivelada possível para um correcto posicionamento dos pré-fabricados.

A regularização da plataforma é essencial para a segurança e boa execução dos muros uma vez que:

- Evita esforços pontuais diferenciados na base dos pré-fabricados;
- Facilita o exacto posicionamento das peças;
- Permite compensar possíveis assentamentos diferenciados do núcleo do prisma.

Se o núcleo for formado por partículas muito grandes, maiores que a tolerância da plataforma de regularização, é necessário aplicar um material com as seguintes características:

- Ângulo de atrito interno, coeficiente de atrito entre plataforma e pré-fabricado e permeabilidade requerida no projecto;
- Que permita regularizar a plataforma com as tolerâncias requeridas;
- Que tenha uma granulometria que evite a sua penetração e fuga pelo núcleo;
- Que tenha suficiente capacidade resistente.

No caso do núcleo ter partículas de grande dimensão pode-se usar material tipo rachão, ou se por outro lado, for formado por material de menores dimensões ou granulometria extensa, pode-se utilizar uma brita grossa (mais de 40mm) para esse efeito. A plataforma pode ser regularizada directamente se for formada por TOT que não tenha partículas com peso superior a 2kN.

Os métodos para colocação do material para regularização da plataforma dependerão da/do:

- Quantidade de material a colocar;
- Profundidade a colocar;
- Clima marítimo;
- Rendimento necessário.

O material pode ser colocado a partir de:

- Terra com guas equipadas com baldes ou cassamba;
- Pontões flutuantes equipados com guas ou retroescavadoras;
- Batelões de abertura de fundo parcialmente carregados com o material necessário.

Por outro lado, a regularização e nivelamento dos fundos pode ser realizado com auxílio de mergulhadores que fazem o trabalho manualmente com umas guias e réguas ou com elementos mecânicos muito variados.

2.12.6. QUEBRAMARES DE TALUDE E MISTOS

2.12.6.1. Introdução

Estas estruturas são construídas normalmente em mar aberto com o objectivo de dar abrigo a uma determinada zona, podendo ser construídas com recurso a materiais naturais ou pré-fabricados de betão. Os quebramares de talude são constituídos pelos seguintes elementos (Fig. 2.31):

- i) Núcleo: é a parte central do quebramar que suporta os mantos e filtros e possibilita a sua execução. Têm de resistir a deformações consideráveis e ter a permeabilidade definida no projecto;
- ii) Filtros Intermédios: São executados sobre a parte exterior do núcleo; usualmente, são constituídos por uma ou várias camadas de pedra de granulometria crescente, do interior para exterior; esta disposição de granulometria evita a perda e passagem de partículas do núcleo para o exterior;
- iii) Manto Resistente: é o manto colocado sobre a camada exterior do filtro intermédio; pode ser constituído por elementos em pedra ou artificiais, de grande tamanho com a função de resistir à ondulação que actua sobre ele;
- iv) Risberma: serve de apoio inferior ao manto resistente;
- v) Coroamento do Quebramar: é uma estrutura em betão armado, sobre a superestrutura, com o objectivo de eliminar ou reduzir os efeitos dos galgamentos;
- vi) Superestrutura: serve como caminho de circulação e como protecção ao núcleo no caso de galgamentos;
- vii) Manto Interior: tem como função proteger o talude interior da agitação na zona abrigada e dos galgamentos.

Os quebra-mares devem ser estruturalmente estáveis não só depois de estarem concluídos, mas também durante todas as suas fases construtivas, sendo necessário que em qualquer momento se verifique que:

- i) As cargas sob as fundações são compatíveis com a capacidade resistente do solo;
- ii) Os efeitos da ondulação sobre a estrutura são admissíveis;
- iii) Os taludes e altura de queda do material nas fases construtivas asseguram a estabilidade ao deslizamento.

2.12.6.2. Antes do Início da Obra

Ao dar início à obra, e para que não ocorram situações imprevistas, é necessário tomar algumas medidas e realizar algumas tarefas essenciais para uma boa execução, destacando-se:

- Reconhecimento batimétrico de toda a área de intervenção e zonas adjacentes;
- Previsões meteorológicas e do estado do mar;
- Estudo da propagação da ondulação durante as distintas fases construtivas, visto que durante a construção podem ocorrer propagações de ondulação diferentes das que vão existir depois da obra terminada;
- Determinação das situações limites de risco;
- Definição das medidas a tomar no caso de situações de risco, tais como:
 - Reforço dos taludes;
 - Retirada do pessoal da zona de perigo;
 - Remoção dos equipamentos do quebramar;
 - Retirada das embarcações para locais de refúgio;
- Definição dos sinais de alarme a emitir no caso de se estar numa situação de risco e colocação de um sistema de sinalização dos perigos existentes no local.

2.12.6.3. Protecção da Obra da Acção do Mar Durante a Construção

No decorrer da construção dos quebra-mares como nas demais obras marítimas, é fundamental garantir que o progresso da frente de obra se dê sem deterioração do que já está construído, visto serem zonas mais sujeitas à acção do mar.

Nos quebra-mares de talude, na construção da zona do núcleo, há ocasiões em que este ainda não se encontra protegido pelos filtros e mantos. Para garantir que a construção decorre sem problemas de segurança estrutural, e para sabermos qual o desfaseamento ideal entre fases construtivas consecutivas, devem ter-se em atenção os seguintes pontos:

- Verificar se a cota da plataforma de avanço da colocação do material é compatível com o clima marítimo do local durante o período de construção e se os equipamentos estão em posições seguras;
- Estimar para cada camada de material colocado a altura de onda que pode provocar danos não admissíveis;

- Estudar a altura e propagação de ondulação incidente sobre as distintas zonas do quebramar durante as diferentes fases construtivas;
- Relacionar os registos das alturas de ondas incidentes com as alturas admissíveis;
- Determinar os períodos em que a ondulação é tal que provoca danos em determinada fase construtiva e planear os desfases construtivos das diferentes camadas e dos mantos;
- Prever as alturas de onda incidentes nas zonas mais críticas com recurso a registos das bóias e da previsão do estado do mar, com resultados fiáveis das previsões com pelo menos 7 dias de antecedência;
- Ter planos de actuação para o caso de estar prevista ondulação tal, com risco de provocar danos nas partes já construídas;
- Garantir armazenamento de pedra de distintos tamanhos, para poder reforçar o quebramar com alguma rapidez, de acordo com a previsão do estado alterado do mar;
- Estudar a combinação de altura de onda, marés e cota de construção do quebramar que podem produzir galgamentos com risco de danificar o talude interior e equipamentos. Este facto exige sistemas de aviso e protocolos de segurança muito importantes na construção de quebramares de talude;
- Necessidade de construção de estruturas auxiliares para os períodos de Inverno no caso da construção ultrapassar os meses de melhor estado de tempo, sendo necessário:
 - Se não estão definidas no projecto é necessário projectá-las como obras provisórias;
 - Retirar todos os materiais e equipamentos armazenados ou estacionados pelas partes da obra já construídas;
 - O pé do talude da estrutura auxiliar deve ter fundação suficientemente profunda e protegida para não sofrer erosão ou escavação pela acção do mar e assim, proteger de forma mais eficaz as partes da estrutura principal, em especial o manto resistente;
- A acção da ondulação no talude interior normalmente é superior na fase de construção do que após concluído, pelo que é necessário reforçar essa zona no caso de tal não ter sido estudado no projecto de execução.



Fig. 2.49 – Reconstrução do Molhe Sul do Porto da Praia da Vitória, Açores [58].

2.12.6.4. Sequência Construtiva dos Quebramares de Talude

Normalmente os solos que vão servir de fundação dos quebramares, no estado em que se encontram antes de qualquer intervenção, não têm capacidade resistente para receber os esforços transmitidos. Com o objectivo de resolver esta situação pode-se recorrer a uma das seguintes alternativas:

- Remoção das camadas superficiais de solos pouco competentes ou inadequados:
 - Dragagem até à cota pretendida para realizar as fundações;
 - Verificar se ocorreu assoreamento antes de começar a colocação do material;
- Tratamentos de melhoria das capacidades resistentes dos solos.

Garantida a qualidade dos terrenos de fundação, pode-se dar início à colocação do material do núcleo com recurso a equipamentos marítimos, equipamentos terrestres ou com ambos.

a) Recurso a Equipamentos Marítimos

Para a realização do núcleo, filtros e mantos podemos recorrer a uma série de equipamentos marítimos, dos quais se destacam:

- Batelões com descarga de fundo:
 - Têm capacidades desde 300m³ nos mais pequenos até mais de 1000m³ para os maiores;
 - Têm uma abertura longitudinal desde 1,5m de largura nos mais pequenos até mais de 4m para os maiores;
 - Atingem uma velocidade até 4m/s carregados e 6m/s vazios;
 - Carregados podem atingir calados de 4,5m;
 - Os batelões com os porões desprotegidos normalmente não admitem impacto de pedras com mais de 5kN e queda superiores a 3m, pelo que se devem carregar com guias ou retroescavadoras; os batelões com porão protegido (espécie de defensas) podem aguentar impactos de pedra maiores e quedas de alturas superiores.
- Batelões com descarga pela lateral:
 - Possuem porão sectorizado carregando diferentes tipos de materiais de uma vez só;
 - Podem ser carregados com guias ou retroescavadoras;
 - Grande precisão de colocação do material;
 - Possuem guias no próprio batelão;
 - Podem ter propulsão ou mover-se com auxílio de um rebocador;
 - Utilizam-se para transporte e colocação do material, em especial dos blocos grandes do manto resistente e dos elementos que necessitam ser colocados com muita precisão.

A escolha do número de equipamentos a utilizar em obra e da capacidade dos mesmos está condicionada a factores como:

- Rendimento necessário;
- Previsão do tempo de trabalho em dias por mês e horas por dia;

- Distância a percorrer;
- Condição do estado do mar nos locais onde será necessário trabalhar.

Para o funcionamento e rendimentos de trabalho dos batelões não serem afectados pelo fornecimento de material, é aconselhado ter um stock que permita o abastecimento ininterrupto dos batelões que estejam a ser carregados de material.

É sem dúvida fundamental uma análise detalhada, caso a caso, no que toca à colocação do material. Como orientação genérica é necessário ter em consideração os seguintes aspectos:

- Concluídas as fundações, a colocação deve ser iniciada no núcleo;
- Deve-se construir o núcleo por camadas não superiores a 5m de espessura e proteger os taludes, logo que possível, mesmo antes do núcleo estar concluído;
- Deve-se determinar, para as distintas profundidades, a espessura requerida para dar protecção adequada ao núcleo, tendo em atenção que pode ser necessário um manto de protecção na parte superior da camada em complemento da protecção aos taludes;
- É fundamental neste tipo de obras executar o manto de protecção com o máximo de brevidade possível com o objectivo de:
 - Reduzir ao máximo as superfícies expostas à acção do mar;
 - Garantir que os taludes são estáveis;
 - Optimizar a utilização dos materiais de modo a não ser necessário muito stock.

Após colocação devem-se realizar controlos topográficos e/ou batimétricos para comparar com o definido em projecto, verificando se estão dentro das tolerâncias admissíveis. No que se refere ao controlo de estabilidade os factores mais relevantes são as propriedades dos materiais aplicados (peso, forma e densidade) e as características do talude, estabelecendo-se procedimentos para verificar:

- As características dos materiais naturais e artificiais a aplicar;
- A geometria dos mantos, em especial dos seus taludes e espessuras.

b) Recurso a Equipamentos Terrestres

No caso da construção de quebramares em que estes estejam constantemente sujeitos a forte acção da ondulação, conseguir um avanço na colocação do material com auxílio de meios terrestres pode ser vantajoso, tanto devido ao facto de ser possível colocar grandes quantidades de material, como na redução dos tempos de paragem por dificuldade de operação dos meios marítimos em condições de segurança.

Esta necessidade de rapidez surge, pelo facto de a capacidade resistente da estrutura ser inferior na fase construtiva. No caso, por exemplo, de se estar a executar um núcleo em que a ondulação incida directamente sobre este, é necessário protegê-lo nas partes emersas e em profundidade.

A quantidade de material necessário para protecção do núcleo, no manto resistente, e dependendo das secções de projecto, pode atingir, até 50% do volume total deste.



Fig. 2.50 – Colocação de tetrápodes de 400kN no Molhe Norte do Porto de Leixões [58].

Os meios terrestres, além dos camiões basculantes de transporte, incluem as pás carregadoras, giratórias, retroscavadoras, e vários tipos de guias ou guindastes.

De uma forma simplificada, a sequência de colocação de material com recurso a estes diversos meios de trabalho pode ser a seguinte:

- Os camiões fazem descargas do material do núcleo na frente de avanço da obra;
- Com uma pá carregadora empurra-se o material criando talude natural;
- Com recurso a retroscavadora, rectificam-se os taludes até atingir o definido em projecto;
- Atingidas as cotas onde a retroscavadora não consegue trabalhar, coloca-se o material com uma grua de rastos e balde, batelão com grua ou dragas com pá;
- Depois de estar comprovada a correcta execução do núcleo, pode-se começar a trabalhar no manto resistente, sendo recomendado utilizar uma grua com sistema de posicionamento por coordenadas no caso de se tratar de grandes pré-fabricados.



Fig. 2.51 – Reparação do manto resistente com pré-fabricados no Molhe Principal do Porto de Porto Santo [58].

2.12.6.5. Construção do Coroamento de Quebramares de Talude (Quebramar Misto)

Os quebramares de talude podem ser dotados de uma estrutura de coroamento, em betão armado com recurso a pré-fabricados ou betonadas “in situ”, sendo denominados de “quebramares de talude de estrutura mista”, já referidos.

Essa superestrutura de betão armado é formada essencialmente por dois componentes:

- Muro-cortina: tem como função limitar os galgamentos do quebramar (e pode ter um deflector);
- Laje de betão: serve para isolar a superfície superior do quebramar dos possíveis galgamentos e também como suporte de pavimentos e instalações.

Os processos utilizados na sua construção estão condicionados por vários factores, sendo os mais relevantes:

- Marés e acção da ondulação, podendo ser aconselhado construir o muro e a laje em épocas distintas dependendo dessas condições;
- O avanço com que decorre a colocação de material na frente pode limitar a construção da laje e muro o que impediria a passagem de material por camião durante muitas horas ou dias;
- Os assentamentos que se registam na estrutura, porque enquanto forem significativos, não se deve realizar a superestrutura, dado que esta pode ficar danificada ou sujeita a esforços elevados.

Com o objectivo de monitorizar a evolução de assentamentos ou estragos provocados pelo mar, é usual criar uma base de dados com filmagens e fotografias do quebramar e referências geométricas de pontos importantes do quebramar como:

- Muro-cortina, laje e manto resistente:
 - Pelo menos de 100 em 100m, por exemplo;
 - E nas mudanças de secção e orientação do quebramar.

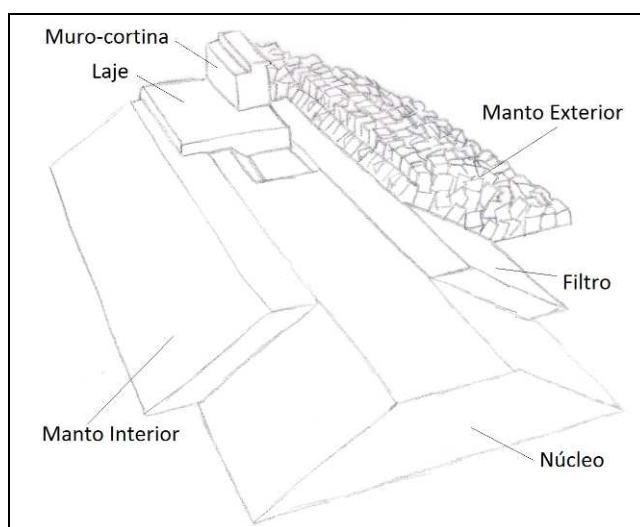


Fig. 2.52 – Esquema construtivo de um quebramar misto.

As superestruturas de betão armado nas obras marítimas estão constantemente sujeitas à acção da água do mar, nevoeiros marítimos e ciclos de secagem e molhagem. Com o objectivo de lhes garantir uma maior durabilidade, é necessário tomar especial atenção às armaduras para betão armado e betões:

- Armaduras:
 - Evitar armazenamento em obra durante muito tempo;
 - Garantir os recobrimentos das armaduras;

- Nas zonas sujeitas a marés estas devem ser montadas o mais próximo possível antes da betonagem e lavadas com água doce antes da betonagem;
- **Betões:**
 - Se existir central de betão na obra, como se produz normalmente muito betão nestas obras, é necessário garantir o abastecimento a granel aos silos;
 - Garantir a aplicação do betão estudado em projecto;
 - Quando se prevê o efeito directo da água do mar em zonas de betonagem ou em zonas com betão fresco devem-se tomar as devidas medidas de protecção.

Os muros-cortina nos quebramares mistos (caso especial dos quebramares de talude), são construídos com a finalidade de:

- Melhorar o funcionamento estrutural do quebramar;
- Aumentar a cota de serviço do quebramar diminuindo os galgamentos;
- Apoiar a parte superior dos mantos de protecção ao longo do coroamento.

Estes muros são maioritariamente em betão, funcionando como muros de gravidade. No caso destes terem grandes dimensões, no seu interior existe uma galeria de serviço com as seguintes características:

- Aumentar a altura do muro com a mesma quantidade de betão no caso de ser maciço;
- Possibilitar a existência de uma galeria muito útil nos quebramares que são galgados muitas vezes pelo mar;
- Melhorar as condições de cura e endurecimento do betão por não terem tanta espessura.

A sua estrutura pode ser dividida em três partes mais importantes (Fig. 2.53):

- Laje inferior (1);
- Corpo central onde se localiza uma galeria (caso exista) (2);
- Parte superior do coroamento, formada muitas vezes por um deflector de ondas (3).

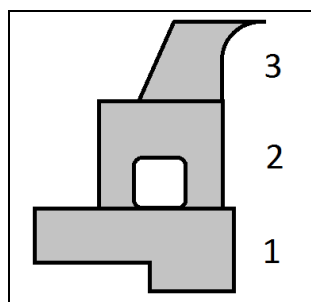


Fig. 2.53 – Muro de coroamento de um quebramar.

No que se refere à execução destas estruturas devemos tomar em consideração as limitações e dificuldades causadas por:

- Clima marítimo e atmosférico (cuidados já referidos);
- Grandes quantidades de betão que é necessário aplicar;
- Necessidade de proteger o núcleo da acção da ondulação;

- Acessibilidade à frente de obra;
- Assentamentos das fundações e das camadas do quebramar.

Sendo uma zona muito exposta à acção do mar, a execução do muro deve atender, no que respeita a esses efeitos, a alguns cuidados especiais como:

- Proteger ou retirar as cofragens no caso de previsões desfavoráveis do estado do mar;
- Colocar a parte do manto resistente que não interfira com a execução da laje;
- Executada a laje, colocar o restante do manto de protecção.

A betonagem destes muros também requer alguns cuidados especiais, que devem ser cumpridos, destacando-se:

- Recorrer a betões com agregados de grandes dimensões;
- Baixa relação água/cimento;
- Betões com muita consistência.

No caso de se optar por tais betões, eles não podem ser colocados por bombagem e é necessário tomar isso em consideração, tendo de ser colocados com descarga directa de balde, exigindo também a utilização de vibradores potentes.



Fig. 2.54 – Execução do muro de coroamento com deflector do quebramar do Porto do Ferrol [74].

A sequência construtiva de um muro de coroamento, mesmo que de grandes dimensões, é intuitiva e pode ser definida nas seguintes fases:

- Escavação de uma vala para “encaixe” do dente da laje inferior;
- Betonagem da laje inferior do muro:
 - Recorrer a cofragens sobre carril com um máximo de 10m de comprimento;
 - Equipamentos de vibração potentes aplicados directamente no betão ou na cofragem;
 - Dar acabamento superior apenas ao betão que não esteja em contacto com a fase seguinte da betonagem, garantindo boa aderência;
- Betonagem da parte intermédia do muro de coroamento:
 - Devem ser seguidos os mesmos cuidados que na betonagem da laje;

- Evitar betonagem por bombagem pois os betões poderão não ter as características ideais a essa solução (grandes agregados e consistências elevadas);
 - O dimensionamento, produção e colocação dos carris pode demorar algum tempo pelo que se deve pensar nisso com antecedência;
 - Verificar as condições de aderência às superfícies da betonagem anterior.
- Conclusão do manto de proteção após retirada da cofragem e garantida a resistência do betão para essa tarefa (alguns dias) permitindo reforçar a resistência de todo o quebramar;
 - Betonagem da parte superior do muro, onde se localiza o deflector de ondas:
 - Seguir os pontos comuns às outras betonagens;
 - No caso de ter um deflector, a descofragem deve realizada ser após um período de tempo mais alargado do que nos restantes casos.

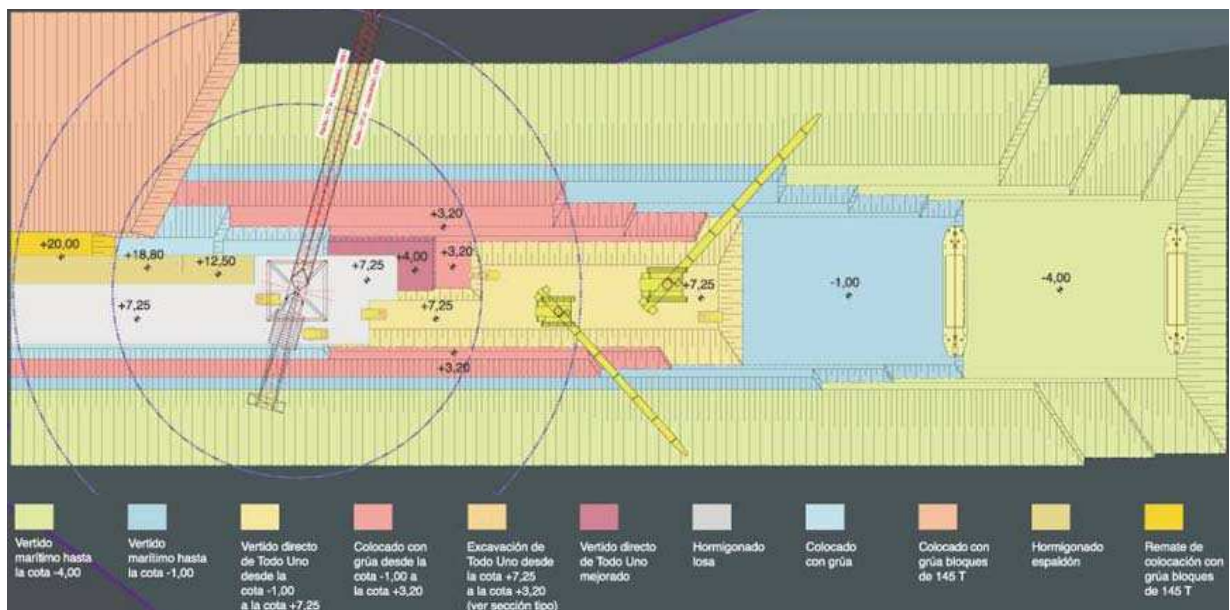


Fig. 2.55 – Esquema construtivo do quebramar do Porto de Gijón [75].

Para colmatar este ponto, referente às superestruturas de betão dos quebramares mistos, é de referir que existem juntas estruturais estudadas em projecto, devendo estas estar perfeitamente definidas no que se refere à sua localização, forma e tamanho. Referem-se a seguir os cuidados a ter relativamente às juntas horizontais e verticais:

- Juntas horizontais:
 - Após betonagem, garantir que a superfície fica com rugosidade suficiente para uma boa aderência com a betonagem seguinte, recorrendo a jacto de água, areia ou outro método com os mesmos objectivos;
 - Tratar a superfície com resinas epóxicas ou outros que permitam assegurar a aderência entre juntas de betonagem;
 - Correcta instalação/aplicação de conectores de aço se definidos em projecto.
- Juntas verticais (macho-fêmea maioritariamente):
 - Aumentar a segurança relativamente ao derrube;

- Evitar a passagem de água através das juntas verticais;
- Diminuir os movimentos relativos entre troços de muro consecutivos.

Para finalizar o estudo de quebramares de talude e mistos, depois destes estarem construídos será necessário garantir uma monitorização dos mesmos com análises a curto e médio prazo. Para isso, é necessário:

- Instalar marcos perfeitamente referenciados topograficamente;
- Criar uma compilação fotográfica completa de todo o quebramar, com fotografias subaquáticas, em terra e por avião se possível;
- Verificar cuidadosamente se todos os componentes do manto resistente, naturais ou artificiais, estão devidamente embricados uns nos outros, pois em caso de temporal podem ser projectados com violência e danificar o próprio manto, o muro ou galgá-lo;
- Realizar filmagens ininterruptas durante os dias de temporal.

2.12.7. QUEBRAMARES DE PAREDE VERTICAL

2.12.7.1. Introdução

De uma forma resumida, os quebramares de parede vertical são estruturas de betão que se apoiam num prisma de fundação em enrocamento, no fundo do mar, tendo uma plataforma de circulação e um muro de coroamento. Algumas das razões que podem levar à construção de um quebramar de parede vertical em vez de um quebramar de talude ou misto prende-se com o seguinte:

- Utilização de uma parcela pequena de materiais procedentes de pedreira, permitindo:
 - Minimizar impactes ambientais;
 - As implicações estão limitadas ao estaleiro da obra, com menores implicações com as populações;
 - Custos mais baixos;
- Diminuição do tempo de construção;
- Bom comportamento às acções do mar mesmo durante a construção;
- O lado interior pode ser aproveitado como cais acostável;
- No caso de ser necessário demolir ou remover todo o quebramar, tratando-se de um quebramar de parede vertical essa tarefa é mais simples.

Além das vantagens deste tipo de quebramares, é necessário também estudar, em fase de projecto, alguns dos seguintes pontos que podem limitar a escolha deste tipo de estruturas:

- Os esforços de rebentação da ondulação sobre um paramento vertical são elevados e podem inviabilizar a escolha de tal solução;
- A energia da ondulação é reflectida quase na totalidade podendo influenciar muito o canal de entrada e mesmo dentro do porto (mesmo utilizando geometrias que atenuem estes efeitos);
- Transmite esforços elevados ao terreno, devendo este ter capacidade resistente suficiente;
- É necessário ter janelas nos caixotões para o afundamento e enchimento das células.



Fig. 2.56 – Quebramar exterior de parede vertical do Porto do Caniçal – Madeira [58].

2.12.7.2. Sequência Construtiva dos Quebramares de Parede Vertical

As actividades que decorrem da construção de um quebramar de talude vertical, recorrendo a caixotões de betão armado são, nos casos mais comuns, e de um modo resumido, as seguintes:

- Dragagem dos sedimentos e solos que não tenham as características necessárias para servir de fundação, ou para se atingir as cotas de fundação de projecto, com possível quebraamento de rocha com explosivos e verificação de assoreamentos antes da execução do prisma de fundação.
- Execução do prisma de fundação dos caixotões:
 - Transmite as acções dos caixotões ao terreno de fundação;
 - Forma uma superfície regular para o assentamento dos caixotões;
 - Nas zonas de grande profundidade permite recorrer a caixotões mais pequenos;
 - Evita a erosão localizada do terreno de fundação;
 - Começo da execução pelo núcleo do prisma com batelões de descarga de fundo;
 - Execução da parte inferior do manto de protecção que não interfere com a regularização da camada superior do prisma, com a colocação dos caixotões e com a colocação dos blocos de protecção da base dos caixotões;
- Regularização da camada superior do prisma de fundação:
 - Executar o mais próximo possível da altura em que se vão afundar os caixotões e verificar o seu estado antes dessa tarefa se realizar;
 - Há erosão frequente nas imediações do último caixotão afundado;
 - Uma incorrecta execução ou verificação pouco cuidada do estado desta camada pode provocar danos graves nos caixotões, principalmente no decorrer do seu enchimento.
- Fabrico dos caixotões:
 - Caixotões de células rectangulares ou circulares;

- Ter equipamento disponível para o seu fabrico (docas flutuantes, catamarã com plataforma submersível, batelões de grandes dimensões, cofragens especiais para o efeito, sistemas de bombagem de betão potentes, ...);
- Ter espaço destinado ao seu afundamento temporário em local não definitivo, caso esteja assim planeado;
- Transporte dos caixotões:
 - Garantir existência de ganchos e cabos de reboque;
 - Pode ser necessário tapar as células ou colocar bombas de água com arranque automático, para o caso de começar a entrar água para o interior das células, e assim evitar que estes afundem de modo indesejável;
 - Assegurar a estanquidade das paredes exteriores dos caixotões;
- Afundamento dos caixotões:
 - Estudar a sequência de enchimento das células (lastro) com bombas ou através da abertura de válvulas;
 - Estabelecer boas comunicações entre rebocadores, pessoal em terra e autoridades;
 - Comprovar que os esforços actuantes no caixotão são admissíveis;
 - Verificar que este não tem plásticos ou madeira utilizados na sua construção, na base, pois essa situação poderá diminuir o ângulo de atrito caixotão/fundação;
 - Verificar o seu posicionamento face, a tolerâncias admissíveis, e enchê-lo rapidamente para evitar que a ondulação o possa movimentar;
- Aterro ou enchimento com betão das células e juntas.
- Execução do restante do manto de protecção do prisma de fundação imediatamente após colocação dos blocos de protecção da base dos caixotões.
- Execução de uma superestrutura de betão com ou sem muro de coroamento.

Mesmo tendo já sidos abordadas algumas particularidades dos assuntos acima descritos, é ainda necessário tecer algumas considerações mais específicas em alguns deles.

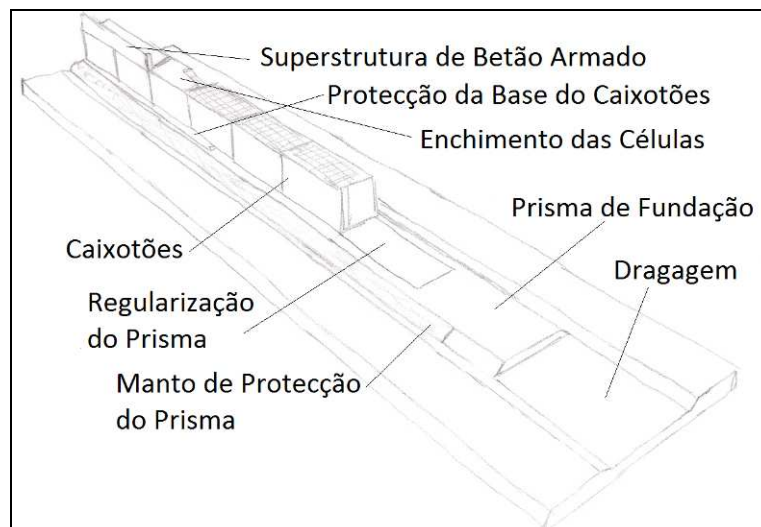


Fig. 2.57 – Esquema construtivo de um quebramar de parede vertical.

Terminada a tarefa de afundamento dos caixotões, e enchimento de todas as células com água, deve-se realizar uma bateria de procedimentos, antes do enchimento das células com aterro ou betão, que se podem resumir do seguinte modo:

- Referenciar topograficamente os limites do caixotão e verificar se está dentro das tolerâncias definidas em projecto;
- Remover os elementos auxiliares de afundamento;
- Fazer as marcações necessárias para colocação do novo caixotão;
- Fechar as válvulas devidamente, pois se for necessário fazê-los flutuar de novo para reposicionamento, com bombagem de água das células, estas devem poder ser esvaziadas de novo;
- Fazer uma inspecção subaquática cuidada com auxílio de mergulhadores, fazendo uma filmagem da base de assentamento e da junta entre os caixotões.

2.12.7.3. Construção do Coroamento de Quebramares de Parede Vertical

Para a execução desta tarefa é fundamental um correcto planeamento pois, além da influência do estado do mar e eventuais galgamentos, simultaneamente à construção do muro de coroamento, estão a decorrer actividades como:

- Transporte do material de enchimento dos caixotões da frente do quebramar;
- Colocação do manto de protecção do prisma de fundação com guias de grande capacidade;
- Cofragem e betonagem da laje de pavimento;
- Cofragem e betonagem das distintas fases de construção do muro;
- Cofragem e betonagem de uma viga de coroamento do lado interior do quebramar (se existir).



Fig. 2.58 – Construção do coroamento de um quebramar de parede vertical [70].

Neste tipo de quebramar, podemos ter muros do seguinte tipo:

- Muros de betão por gravidade (em tudo idênticos aos dos quebramares mistos);
- Muros de betão armado, que são menos volumosos (grande vantagem para os quebramares verticais com cais acostável do lado interior, criando uma plataforma utilizável).

De modo a levar a cabo a construção de um muro de gravidade, teremos, salvo alguma excepção, de executar as seguintes tarefas (algumas delas já abordadas com cuidado em pontos anteriores):

- Dragagens da área de intervenção, em especial na zona do prisma de fundação:
 - Para obter fundos a cotas suficientes;
 - Para sanear os solos que não tenham as características necessárias para receber as acções a que vão estar sujeitos;
 - Redragar no caso de se verificarem assoreamentos, desde as dragagens até à altura de realização dos trabalhos seguintes;
- Melhoria das características dos terrenos de fundação;
- Execução do prisma de fundação:
 - No que se refere à geometria do prisma de fundação é necessário contabilizar que, após colocação dos pré-fabricados, e o enchimento e aterro do tardo, os prismas sofrem uma compactação, produzindo assentamentos significativos, podendo estar prevista uma compactação prévia do prisma de fundação com placa vibratória submersível;
 - Durante a construção é fundamental monitorizar as condições do local de construção do prisma de fundação, evitar utilização de enrocamento de maiores dimensões do que o definido no projecto pois pode ser de difícil regularização e provocar danos nas lajes de fundo dos pré-fabricados;
 - Assim que seja possível, deve ser iniciada a construção do manto ou retenção marginal do prisma evitando os efeitos da erosão no mesmo;
- Regularização do prisma de fundação: como a construção destes muros é executada em zonas abrigadas do efeito directo da acção do mar, esta tarefa pode ser realizada, na maior parte dos casos, com alguma antecedência face à colocação dos pré-fabricados, sendo obrigatória uma inspecção com mergulhadores antes da tarefa ter início;
- Fabrico e transporte dos pré-fabricados:
 - As aduelas podem ser transportadas por terra, dado apresentares menores dimensões, sendo depois colocadas com grua de rastos de grande capacidade;
 - Os caixotões, têm de ser transportados por água, flutuando;
- Colocação dos pré-fabricados: tratando-se de caixotões, no seu afundamento, deve ter-se os cuidados referidos em 2.12.7.2, sendo válido para as aduelas, tudo que se refere ao posicionamento e verificações de tolerâncias, face ao projecto, definidas nesse ponto;
- Aterro ou enchimento das células: devem ser respeitados os materiais considerados em projecto para esse efeito assim como os desfasamentos máximos de cotas em células contíguas, de modo a evitar impulsos das terras nas paredes divisórias;
- Aterro do tardo do muro: de modo a ter um bom comportamento do muro, é importante utilizar materiais com as características definidas em projecto, nomeadamente, ângulo de atrito interno, coeficiente de atrito betão/aterro, baridade, densidade, permeabilidade, granulometria e teor de finos;
- Aplicação de filtro geotêxtil para evitar a fuga de finos do aterro geral;

- Aterros gerais: não devem estar em contacto directo com a estrutura de contenção, e no caso de se realizar pré carga para consolidação do aterro, devem-se estudar os impulsos criados no muro, de modo a não provocar avarias no mesmo;
- Construção de uma superestrutura em forma de viga de coroamento, em betão armado;
- Pavimentação da área de aterro.

2.12.8.3. Construção do Coroamento em Muros de Gravidade de Aduelas e Caixotões

As vigas de coroamento dos muros de gravidade, são usualmente em betão armado, construídas “in situ” e têm a finalidade de:

- Servir de confinamento da área de intervenção;
- Conseguir o alinhamento e cota final do muro, de acordo com o projecto absorvendo as irregularidades e assentamentos diferenciais entre caixotões ou colunas de aduelas;
- Possibilitar a instalação das defensas, cabeços de amarração, argolas e escadas de acesso;
- Passagem de infraestruturas;
- Suporte para os carris de gruas e “travelifts”;
- Devem ter cantoneiras no bordo superior exterior da viga, normalmente em arco de circunferência;
- As juntas de dilatação têm de coincidir com juntas entre caixotões, preferencialmente.

Assim, a execução de uma viga de coroamento de um muro de gravidade deste tipo, é de simples execução, e pode ter a seguinte sequência construtiva:

- Preparação das superfícies, em especial as células aterradas, onde se pode utilizar um betão de limpeza;
- Montagem das armaduras e cofragens, garantindo o recobrimento das armaduras, colocação de chumbadouros dos cabeços de amarração, tubos embebidos para as infraestruturas, cantoneira de remate, caixas e outros elementos que tenham de ser salvaguardados antes das betonagens;
- Betonagem, descofragem e colocação dos apetrechos no muro-cais (escadas, argolas, defensas, cabeços de amarração, etc.).

2.12.9. MUROS DE GRAVIDADE DE BLOCOS MACIÇOS

2.12.9.1. Introdução

Os muros de gravidade são formados, na maior parte dos casos, por blocos de betão pré-fabricados, assentes num prisma de fundação em tudo idêntico aos construídos no âmbito dos muros de gravidade com aduelas ou caixotões.

Os blocos são de forma geométrica simples, paralelepípedicos, podendo ter células interiores ocas ou preenchidas com materiais pouco densos, facilitando o seu transporte e colocação.

Há blocos, que pela sua geometria característica, alvo de estudos, têm patente registada e têm como objectivo diminuir a reflexão da ondulação incidente, como o caso dos blocos “Noref”.



Fig. 2.60 – Muro de gravidade num Porto de Recreio no Dubai [61].

2.12.9.2. Sequência Construtiva dos Muros de Gravidade de Blocos Maciços

A sequência construtiva dos muros de gravidade com blocos maciços, é em tudo semelhante à referida para os muros de gravidade em caixotões ou aduelas, sendo agora apenas referidas as particularidades a ter em conta neste tipo de muros:

- Construção do prisma de fundação: dado se tratarem de muros para zonas pouco profundas, e para criar cais acostáveis, a sua construção pode, na maior parte dos casos, ser executada com auxílio de uma grua de rastos, por terra;
- Fabrico dos blocos de betão: é preciso ter especial cuidado nos blocos de patente registada, pois o seu fabrico exige cuidados específicos de cada modelo destacando-se o tipo de betão, tipo de cofragem, modo de vibrar o betão, cura, modos de descofrar, armazenar e transportar;
- Armazenamento, transporte e colocação dos blocos de betão: os blocos têm locais próprios para ser içados, exigem guias de grande capacidade e as movimentações e colocação são tarefas difíceis e exigem tempo, concentração e paciência por parte de todos os intervenientes, podendo ser colocados por terra ou por batelão equipado com grua capaz de realizar tal tarefa;
- Aterro do tardo do muro: a diferença face ao muro de gravidade com caixotões é a existência de um grande número de juntas entre os blocos, sendo necessário utilizar o material especificado em projecto de uma forma mais rigorosa, sendo necessário um filtro (geotêxtil por exemplo) entre o aterro do tardo, de maior granulometria, e o aterro geral da plataforma;
- Aterro geral da plataforma: é essencial que este aterro não esteja em contacto directo com os blocos de betão e que, no caso de se realizarem pré-cargas para consolidação dos solos, estas não exerçam esforços descontrolados sobre o muro, de modo a não provocar deslocamentos importantes ou mesmo o seu derrube.

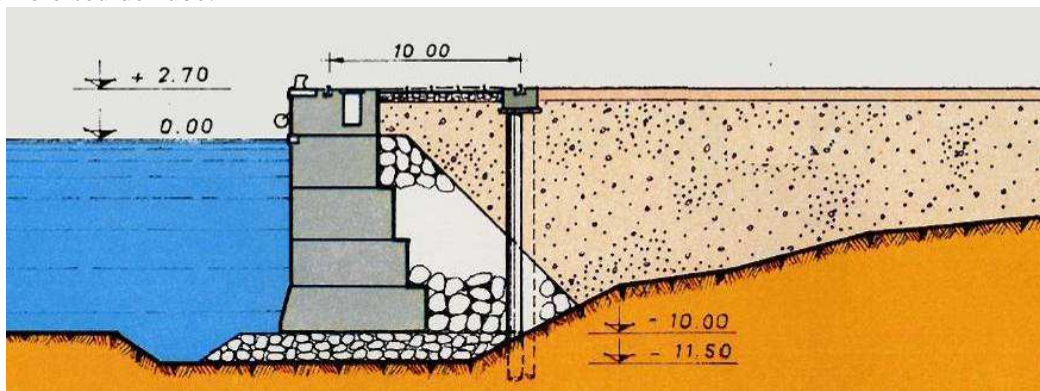


Fig. 2.61 – Corte-tipo de um muro de gravidade com blocos de betão [17].

2.12.10. MUROS DE GRAVIDADE COM BETONAGEM SUBMERSA

2.12.10.1. Introdução

Os muros de gravidade podem ainda ser formados por uma massa de betão, betonada “in situ”, sendo recomendados nos seguintes casos:

- Existência de terreno de fundação com boas capacidades resistentes e pouco deformáveis;
- Em zonas bem abrigadas da acção do mar;
- Em ambientes pouco agressivos quimicamente;
- Quando a profundidade não é superior a 10m;
- No caso de não ser possível armazenar blocos, ou dispor de equipamentos de transporte ou movimentação dos pré-fabricados.

2.12.10.2. Sequência Construtiva dos Muros de Gravidade com Betonagem Submersa

Para a construção de um muro de gravidade com estas características é necessário proceder às seguintes operações:

- Terreno de fundação / prisma de fundação: no caso de se tratar de um fundo rochoso, é necessário remover a vegetação, finos e sedimentos e regularizar a superfície com sacos de traço seco de betão, dando uma boa ligação à primeira betonagem do muro, sendo conseguida uma ligação muito boa entre muro e fundação; caso se trate de terrenos menos competentes, é necessário um prisma de fundação como nos demais casos já estudados;

- Cofragens: é recomendado criar um sistema de cofragens que seja de fácil movimentação, reduzindo ao máximo o trabalho com recurso a mergulhadores; podem ser utilizadas cofragens perdidas, ou recuperáveis:

- Cofragens perdidas: são em betão armado, conseguindo-se um bom acabamento pois a própria cofragem forma a parte visível do muro ou torna possível a aplicação de um revestimento exterior; estas devem aguentar a pressão exercida pelo betão fresco no seu interior e, ter definido, à partida, os locais para colocação dos apetrechos do cais;

- Cofragens recuperáveis de duas e quatro faces: os conjuntos de duas e quatro faces (Fig. 2.62), em que inicialmente se constroem dois maciços isolados, e numa segunda fase, se unem os dois com outra betonagem, podendo utilizar o mesmo jogo de cofragens nas duas fases se a geometria o permitir;

- Cofragens recuperáveis de três faces (Fig. 2.52, exemplo do tipo de cofragem, embora em contexto diferente): com este método construtivo é conseguido o avanço do muro em secções justapostas, sendo a betonagem confinada numa das faces, pela face do muro betonada anteriormente; no caso de serem necessários vários níveis de betonagem em altura, estes têm de ter um desfazamento construtivo adequado a cada situação;



Fig. 2.62 – Cofragens de duas e quatro faces utilizadas nos muros de gravidade betonado “in situ” no Porto de Ibiza [69].

- **Betonagem:** as betonagens devem ocorrer de forma contínua, devendo a mangueira estar mergulhada dentro do betão para este não segregar, devendo as juntas de betonagem estar preparadas de modo a se obter boa aderência entre betonagens consecutivas. Nos casos de cofragens perdidas, as juntas entre betonagens devem estar desencontradas com as juntas entre pré-fabricados;

- No que se refere aos **aterros de tardo**, aterros gerais da plataforma e à superestrutura de betão armado, são válidas todas as referências tomadas até agora nesses pontos das tipologias de muros de gravidade analisadas anteriormente.

2.12.11. PONTES-CAIS EM BETÃO ARMADO

2.12.11.1. Introdução

Estes cais são estruturas de betão armado, maioritariamente lajes vigadas, fundadas em estacas, que as sustentam e transferem os esforços para o terreno de fundação. Esta tipologia de cais acostáveis, é indicada quando estamos na presença das seguintes situações:

- Terrenos de fundação com capacidade resistente reduzida e muito deformáveis;
- Em locais com sismicidade relevante, dado que estruturas com mais leves têm melhor comportamento;
- Se existir necessidade de não provocar reflexão da ondulação.

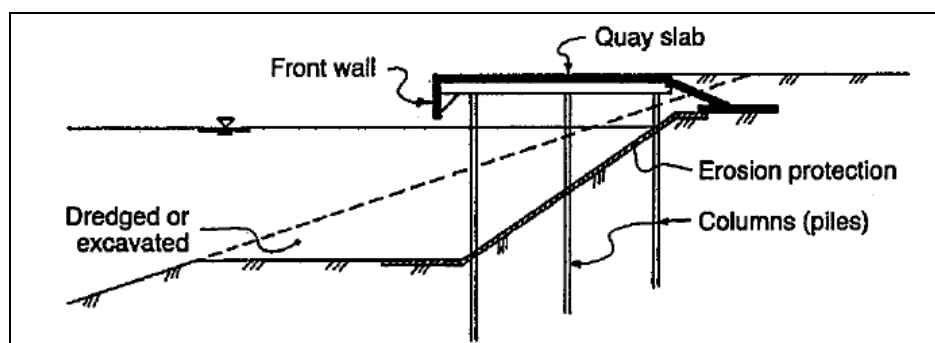


Fig. 2.63 – Corte tipo de uma ponte-cais em estacas [18].

2.12.11.2. Sequência Construtiva das Pontes-Cais em Betão Armado

Os processos e sequência construtiva deste tipo de obras está directamente relacionado com a abordagem adoptada na sua construção. Pode-se construir com recurso a uma plataforma pré existente ou construída para o caso, que permita um acesso directo à sua construção. Isto acontece na construção dos cais acostáveis, paralelos às margens/contorno da zona portuária, ou com recurso a equipamentos flutuantes, quando se trata de pontes-cais que nascem numa plataforma existente e têm o seu desenvolvimento, não paralelo, mas sim perpendicular a este (o caso da obra exemplo do Capítulo 3).

a) Pontes-Cais Executadas a Partir de Plataforma Terrestre

- Em primeiro lugar, caso não exista, é necessário começar a criar o aterro até existir acesso ao local de execução das estacas, executando-o, de forma já definitiva dando origem à plataforma adjacente ao cais acostável, respeitando todas as considerações já abordadas no que se refere a esse assunto;

- Posteriormente é necessário executar as estacas com os procedimentos construtivos utilizados na realização de estacas que atravessem o nível freático;

- De modo a contraventar as estacas e para facilitar a execução da laje, se possível, podem-se executar as vigas;
- Dragagem dos terrenos naturais e aterros a mais, realizados para facilitar a execução das estacas ou os já existentes, tendo cuidado para não provocar impulsos de terras descontrolados sobre as estacas;
- Execução da retenção marginal ou manto de protecção do talude;
- Com estas tarefas realizadas, é possível, então, realizar o restante da superestrutura de betão armado.



Fig. 2.64 – Cais acostável em estacas de betão armado construído parcialmente desde plataforma terrestre [62].

b) Pontes-Cais Executadas com Recurso a Equipamentos Flutuantes

Este método é utilizado recorrentemente, uma vez que permite um ataque à frente de obra interessante, sendo absolutamente necessário quando se tratam de pontes-cais enraizadas.

A execução das estacas de betão armado, com recurso a equipamentos flutuantes, requer que se tenha cuidados especiais em determinados aspectos, como:

- Correcta ancoragem e posicionamento do equipamento flutuante;
- Fornecimento das camisas metálicas e armaduras;
- Fornecimento de betão de modo “contínuo”, por bombagem desde terra ou com recurso a plataformas flutuantes, no caso de tal não ser possível por terra e grua para elevação do tubo “tremie”;
- Garantir o contraventamento das camisas metálicas ou a sua recuperação se assim for o caso.

De acordo com a metodologia de execução das estacas de betão armado, é necessário garantir o correcto funcionamento dos equipamentos de colocação da camisa metálica, sendo recomendado o acompanhamento dessas actividades pela topografia de modo à implantação ocorrer dentro dos limites do projecto.

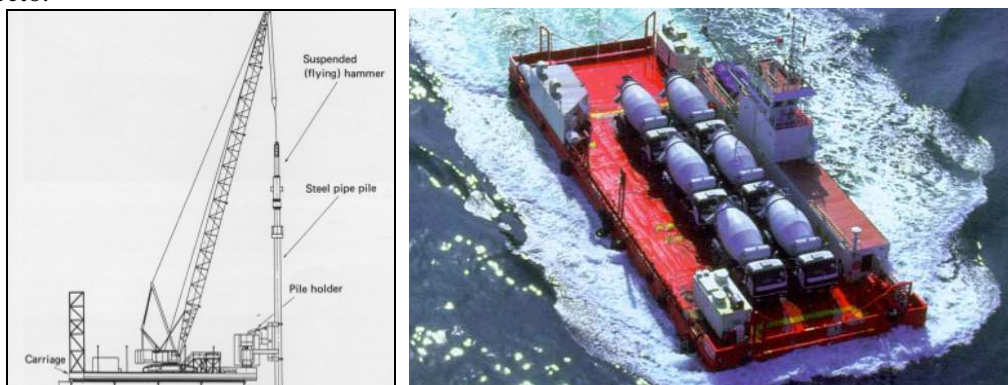


Fig. 2.65 – Esquema de cravação de camisa metálica [72] e transporte de betão em plataformas flutuantes [73].

No caso de ser necessário realizar aterro entre as estacas ou parte delas, tal tarefa deve ser executada de modo a que não se produzam esforços horizontais (impulsos na estacas), evitando deslizamentos de terras.

c) Execução das Estacas de Betão Armado “in situ”

Independentemente da tecnologia construtiva utilizada na execução das estacas de betão armado, executadas “in situ”, devem ter-se em conta os seguintes aspectos:

- Correcta implantação das estacas, de modo a evitar a necessidade de se fazer correcção na laje/tabuleiro ou demolição da estaca;
- Atingir as cotas definidas de fundação ou executar determinada penetração no estrato rochoso, independentemente da cota a que isso ocorra;
- Saneamento do fundo da estaca antes da colocação das armaduras, podendo ser repetido o processo antes da betonagem, se ocorrer assoreamento da estaca;
- Executar as armaduras definidas em projecto, respeitando as secções, empalmes, recobrimentos, cruzetas de reforço e, na sua colocação, elas não devem ficar em contacto com o terreno do fundo da estaca;
- Utilizar o betão definido em projecto respeitando o tipo e classe de betão, tipo de cimento, adições, consistência, classe de cloretos e adjuvantes;
- Betonar sem interrupções e com recurso a tubo “tremie” garantindo que o seu extremo está mergulhado no betão; como o betão da parte superior da estaca foi o primeiro a ser vertido para o seu interior, este arrasta toda a sujidade que possa existir no fundo da estaca, devendo-se deixar verter betão até que este se apresente em boas condições (limpo);
- Contraventar as estacas sempre que definido ou recomendado;
- Executar os ensaios de integridade e garantir as condições necessárias à sua correcta execução.

d) Recurso a Estacas Pré-fabricadas

Além das estacas de betão armado executadas “in situ” é de referir que, com a finalidade de construir pontes-cais, podemos também encontrar estacas pré-fabricadas dos seguintes tipo:

- Estacas metálicas, de forma cilíndrica, que podem atingir os 70 ou 80m de comprimento;
- Estacas pré-fabricadas de betão armado, com secções diversas, com comprimentos não superiores a 30m;
- Estacas pré-fabricadas de betão pré-esforçado, com diversos diâmetros, comprimentos e tensões de pré-esforço.

Sem esmiuçar todos os processos construtivos utilizados na cravação de estacas pré-fabricadas, é importante tecer algumas considerações sobre os cuidados gerais a ter em todos esses processos, designadamente:

- Controlar os esforços exercidos durante o transporte e posicionamento das estacas para cravação;
- Controlar os esforços de compressão provocados pelo equipamento de cravação (martelos de simples ou duplo efeito e vibradores);

- Monitorizar os esforços produzidos pela água na estaca, dado que podem existir excessos de pressão muito importantes durante a penetração;
- Definir a ordem de cravação das estacas, empalmes a efectuar e possível substituição em caso de se danificarem algumas das secções;
- Estudar a compactação que ocorre nos terrenos adjacentes à estaca/estacas cravadas pois pode interferir com elementos construtivos existentes.

Durante a operação de cravação das estacas, destacam-se a recolha de alguns parâmetros de controlo/verificação que podem ir desde os registos dos gráficos pancadas/penetração à instalação de extensómetros e sensores nas estacas, que permitem uma recolha mais completa de informação.

2.12.11.3. Construção da Superestrutura das Pontes-Cais

Os cais fundados em estacas, têm uma superestrutura típica de laje vigada, encastrada nas estacas de fundação, que têm como objectivo:

- Contraventar as estacas nas direcções longitudinal e transversal;
- Formar uma plataforma utilizável, que tenha os apetrechos típicos (escadas, cabeços, defensas, etc.), instalações de água, electricidade, CCTV, entre outras e que permita a circulação de pessoas e equipamentos necessários à exploração do cais.

Este tipo de superestrutura pode ser executado, com recursos às seguintes tipologias:

- Elementos pré-fabricados em betão armado ou pré-esforçado, que permitam uma rápida execução, tendo a sua implantação de ser rectificada após a execução de estacas, de modo a ter um encaixe adequado; não é aconselhado aplicar deformações impostas às estacas de modo a “servir” nos pré-fabricados, pois tal acção pode criar esforços muito elevados na estaca; por vezes é realizada a selagem das estacas às vigas com uma selagem em betão, realizada “in situ”;
- A estrutura executada integralmente “in situ” é também uma solução possível, dando origem a uma laje vigada, criando um contraventamento total das estacas, dada a sua rigidez; como cofragem pode-se recorrer a cimbra auto-lançada ou outro sistema mais tradicional, dependendo dos vãos a vencer e dimensões da própria superestrutura.



Fig. 2.66 – Utilização de cimbra auto-lançada na construção do Terminal Norte e Terminal RO-RO do Porto de Aveiro [63].

- Uma outra solução, recorrente, é a que associa elementos pré-fabricados com betonagens “in situ”, sendo nestes casos utilizados pré-fabricados com função de cofragem perdida, não tendo grande influência na resistência final das vigas e laje depois da estrutura terminada.

Em todos estes processos construtivos é fundamental respeitar as prescrições técnicas específicas e os processos construtivos definidos pelos projectos ou fornecedores de cofragens especiais, assim como controlar eficazmente as tolerâncias admissíveis, recobrimentos e movimentação e colocação de pré-fabricados.

2.12.12. CAIS COM CORTINA E VIGA DE COROAMENTO EM BETÃO ARMADO

Estes tipos de obras baseiam-se em cortinas que transmitem os impulsos do aterro de tardo da cortina/paramento exterior do cais, por tirantes, a outras estruturas cravadas no próprio aterro a alguns metros de distância (para trás).

Essa ancoragem pode ser realizada em outras estacas ou numa viga de betão armado com essa finalidade, enquanto que o paramento frontal é geralmente constituído por estacas-prancha metálicas ou de betão.

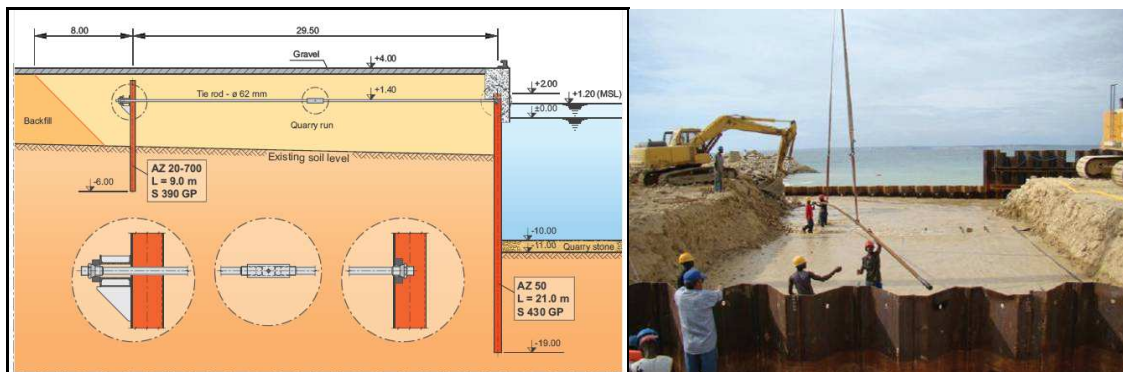


Fig. 2.67 – Corte-tipo e construção do Porto Amboim, Angola [64].

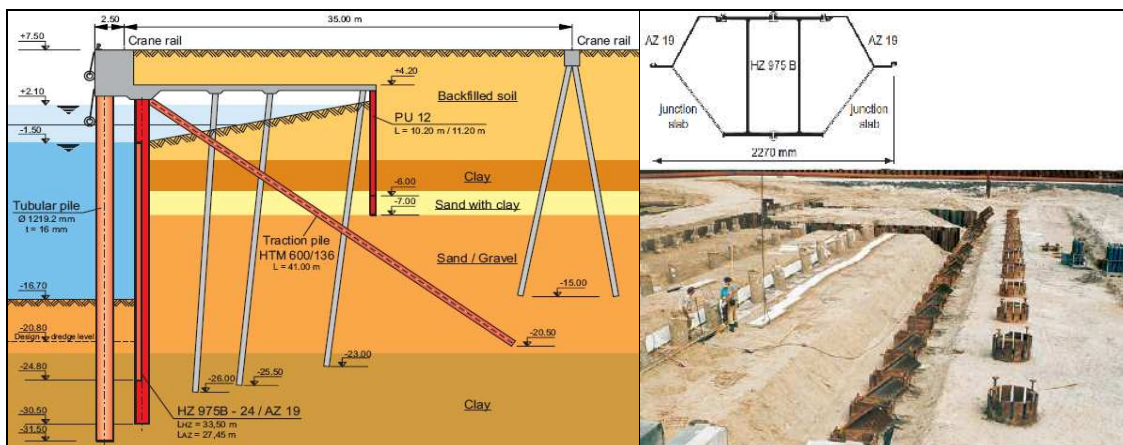


Fig. 2.68 – Corte-tipo e construção de um cais acostável do “tipo dinamarquês” em Altenwerder, Alemanha [64].

2.12.12.1. Paramento em Estacas-Prancha Metálicas

A execução de paramentos em estacas-prancha metálicas é recomendada em terrenos granulares e que apresentem características que não sejam um impedimento à sua cravação.

A cravação de estacas-prancha não é viável, ou é muito difícil, no caso de a cortina ter de atravessar estratos muito consolidados, estratos rochosos ou terrenos com grandes blocos de pedra. Não obstante, é necessário por vezes, atravessar pequenos estratos com tais características, devendo ser utilizadas estacas com a ponta reforçada, e com maior inércia.

Há uma panóplia de perfis disponíveis de estacas-prancha metálicas no mercado. São de destacar as configurações com perfil em Z, U, Planas AS, “Box”, “Jagged” ou em paredes combinadas. Além das próprias estacas, os fornecedores têm sistemas completos, que vão desde as próprias estacas, conectores, estacas dobradas com ângulos específicos, estacas de canto e junção, tirantes, ancoragens e capacetes de cravação.

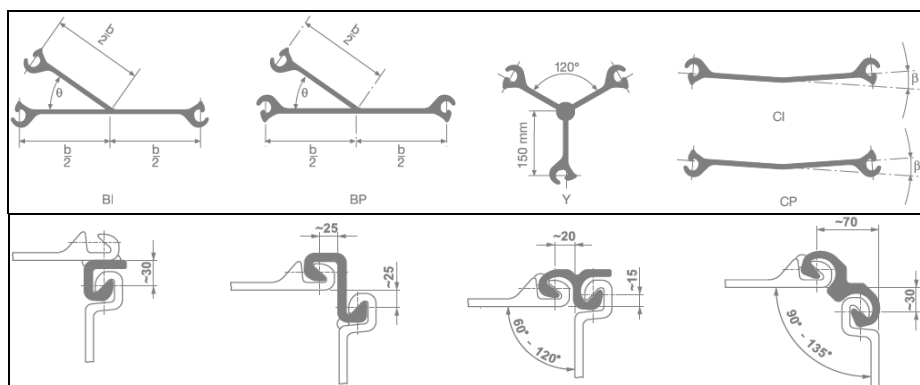


Fig. 2.69 – Exemplos de junções de estacas-prancha (em cima) e alguns conectores (em baixo) [64].

Dado existir tal diversidade de configurações possíveis de executar com os perfis de mercado, é oportuno marcar as vantagens encontradas em cada uma delas.

a) Perfil em “Z”

As especificações essenciais das secções em “Z” são a forma contínua da alma e a localização do conector simetricamente em cada lado do eixo neutro. Ambos os aspectos possuem uma influência positiva no módulo de secção elástico. Estes perfis oferecem as seguintes vantagens:

- Relação extremamente competitiva de módulo de secção/massa;
- Maior inércia, reduzindo a deflexão;
- Maior largura, resultando em melhor desempenho na instalação;
- Boa resistência à corrosão, sendo o aço mais espesso nos pontos críticos de corrosão.

b) Perfil em “U”

Estes perfis, de entre outros, têm as seguintes vantagens:

- Uma ampla gama de secções, formando diversas séries com várias características geométricas, permitindo um excelente escolha técnica e económica para cada projecto;
- Combinação de grande altura de perfil com maior espessura da aba, permitindo propriedades estáticas excelentes;
 - A forma simétrica do elemento individual torna estas estacas boas para ser reutilizadas;
 - Podem vir grampeadas de fábrica, aos pares, o que facilita a instalação e o seu desempenho;
 - Fácil fixação dos tirantes e acessórios, mesmo debaixo de água;
 - Boa resistência à corrosão, sendo o aço mais espesso nos pontos críticos de corrosão.

c) Estacas-Prancha Planas

As estacas-prancha planas são projectadas para formar estruturas cilíndricas fechadas, retendo o aterro do solo. A estabilidade das células, de uma membrana de aço preenchido com solo é garantida pelo seu próprio peso.

Estas estacas são frequentemente utilizadas em projectos nos quais as camadas rochosas ficam próximas ao nível do solo ou nos quais a ancoragem seja difícil ou impossível. As estruturas de estaca-prancha planas são feitas de células circulares ou células diafragma dependendo das características do local ou dos requisitos particulares de cada projecto.

As forças que se desenvolvem nestas estruturas, são maioritariamente horizontais, requerendo uma grande resistência à tracção dos conectores.

d) Estacas-Prancha em “Box”

Estas configurações têm origem no encaixe criterioso de estacas-prancha de modelos standard que, dão origem a secções com inércia muito maior do que se funcionassem em cortina simples. Para dar origem a estas formas pode-se recorrer a duas, três ou mesmo quatro estacas.

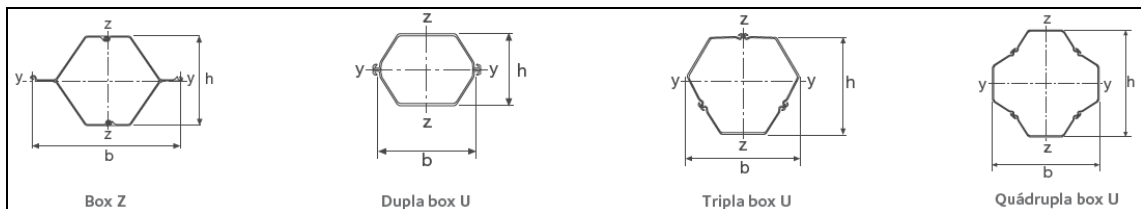


Fig. 2.70 – Perfis-tipo de várias configurações possíveis de “Box” com estacas-prancha [64].

e) Paredes Especiais “Jagged”

Este tipo de cortina tem como objectivo tirar o máximo proveito de algumas características, com as posições em que podemos encaixar as estacas.

No caso de se necessitar de uma cortina com função de vedação, sem grandes esforços, uma solução económica será encaixar as estacas “Z”, não na sua configuração típica, mas ao invés. Assim, cria-se uma cortina económica e com baixa resistência à cravação.

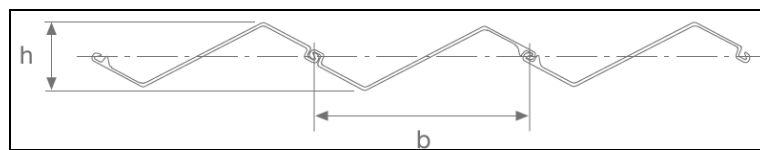


Fig. 2.71 – Cortina de vedação, económica, com estacas-prancha de perfil “Z” [64].

Por outro lado, se o objectivo é obter uma cortina mais resistente, com grande inércia à flexão e resistência ao corte elevada, a solução passa por organizar estacas com perfil “U”, de forma a se obter tais resultados. Com estas configurações, a resistência à cravação aumenta, devendo tal parâmetro entrar na decisão da escolha da configuração a adoptar na obra em causa.

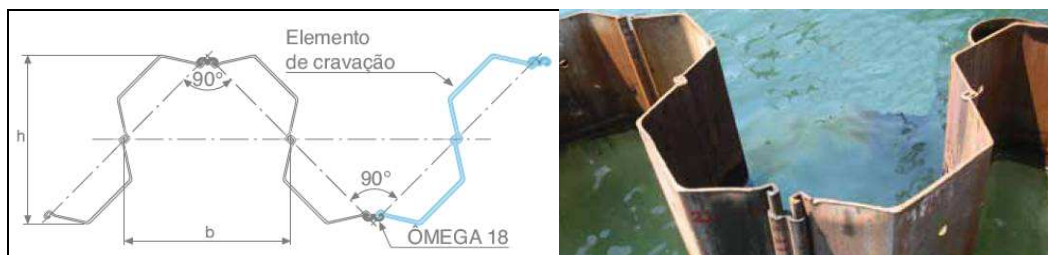


Fig. 2.72 – Perfil-tipo de uma parede especial em “U” [64].

f) Paredes Combinadas

As estacas-prancha de aço podem facilmente ser combinadas de modo a obter cortinas combinadas, criando sistemas com grande resistência à flexão, recorrendo aos possíveis seguintes esquemas:

- Cortinas de estacas-prancha reforçadas com estacas em “Box” integradas;
- Paredes combinadas: estacas-prancha / “Box”, perfis metálicos / estacas-prancha e tubos metálicos / estacas-prancha.

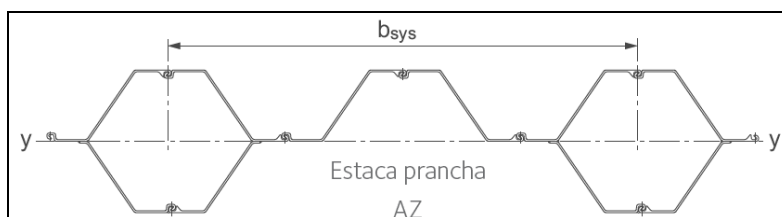


Fig. 2.73 – Perfil-tipo de uma parede combinada estaca-prancha / “Box” [64].

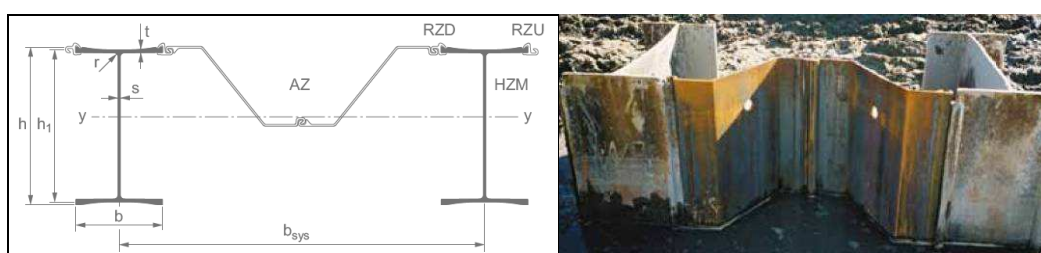


Fig. 2.74 – Perfil-tipo de uma parede combinada perfis metálicos / estacas-prancha [64].

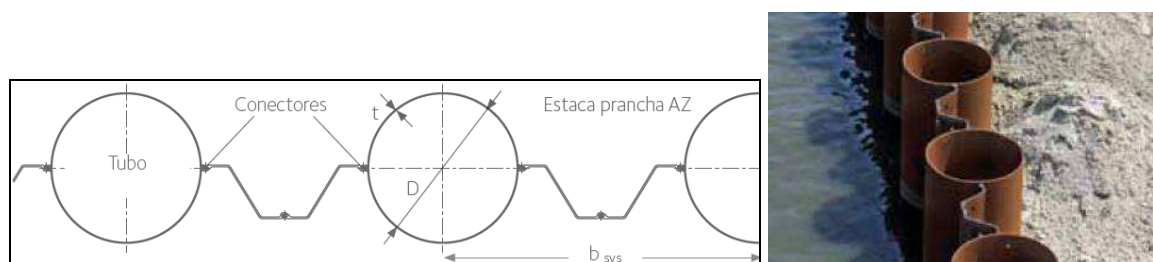


Fig. 2.75 – Perfil-tipo de uma parede combinada tubos metálicos / estacas-prancha [64].

2.12.12.2. Execução de Cortinas de Estacas-Prancha Metálicas

A cravação de estacas-prancha, tal como parte dos outros trabalhos marítimos, pode ser realizada desde uma plataforma construída para esse efeito ou desde equipamentos flutuantes. No caso de se recorrer a equipamentos flutuantes para esta actividade, será necessário realizar algumas ou todas das seguintes actividades:

- Dragagens do terreno natural, principalmente para melhorar o terreno existente;
- Melhoria do terreno de fundação;
- Cravação das estacas-prancha;
- Aterro do tardoz da cortina de estacas-prancha até ao nível de ancoragem;
- Execução das ancoragens e posterior aterro até à cota de coroamento;
- Dragagem na parte frontal do paramento vertical, de modo a obter as cotas de serviço do cais, definidas em projecto;
- Protecção do pé da cortina de estacas-prancha com enrocamento;
- Construção da superestrutura do cais, formada por uma viga de coroamento, plataforma para exploração e apetrechamentos.



Fig. 2.76 - Construção do porto de águas profundas de Northport, Nova Zelândia com estacas-prancha, recorrendo a equipamentos flutuantes (várias actividades construtivas em simultâneo) [64].

Por outro lado, recorrendo a uma plataforma terrestre é necessário tomar os seguintes cuidados e ter atenção aos seguintes pontos:

- Dragagens do terreno natural, principalmente para melhorar o terreno existente;
- Melhoria do terreno de fundação;
- Formação da plataforma de trabalho, com aterro, e porque esse aterro formará parte do cais após a execução das estacas, é necessário assegurar que o material utilizado cumpre as especificações de projecto do material de aterro definitivo;
- Cravação das estacas-prancha; dada a diversidade de estacas, é necessário conhecer os meios de movimentação e cravação mais adequados a cada tipo/perfil de estacas-prancha;
- Corte da parte sobrance ou empalme de estacas quando necessário;
- A execução das ancoragens e de todos os trabalhos anexos a tal actividade constitui uma das tarefas mais delicadas de toda a execução da cortina, devendo ser executada respeitando todos os procedimentos estabelecidos em projecto e pelo fabricante dos sistemas de fixação;
- Dragagem na parte frontal do paramento vertical, de modo a obter as cotas de serviço do cais, definidas em projecto, e aterro da parte restante do aterro de tardoz;
- Protecção do pé da cortina de estacas-prancha com enrocamento;
- Construção da superestrutura do cais, formada por uma viga de coroamento, plataforma para exploração e apetrechamentos.



Fig. 2.77 - Construção de um cais acostável em doca artificial com estacas-prancha, recorrendo a equipamentos terrestres (paramento exterior, ancoragens e estacas em betão para fundação de uma viga de tardoz para suporte de carril de guindaste) [64].

A execução com meios marítimos evita a realização prévia de aterros temporários, com toda a logística associada. Os equipamentos de cravação das estacas são os idênticos aos utilizados com recurso a meios terrestres.

No caso de a cortina ser executada com meios marítimos é necessário verificar as condições de estabilidade em função da altura do aterro de tardo, pois podem criar impulsos grandes e, antes de estar ancoradas, podem sofrer movimentos inesperados.

Em termos de execução, a solução mais interessante será aquela em que se poderá aterrar até às cotas de ancoragem, de modo a uma fácil execução das mesmas e prosseguir com o aterro até à cota de execução da plataforma.

Para a cravação das estacas-prancha metálicas, destacam-se os seguintes equipamentos:

- Martelos diesel de duplo efeito, com boa capacidade de cravação em relação ao peso do martelo, sendo eficazes nas faixas de frequência do golpe para o qual foram projectados;
- Martelos de efeito simples, consistindo o seu funcionamento na elevação de uma massa até determinada altura, deixando-a cair depois sobre a estaca;
- Martelos de dupla acção, podendo ser accionados por sistemas hidráulicos ou de ar comprimido;
- Equipamentos vibratórios (“vibrofonceur”), funcionando com frequências entre as 800 e 3000 rpm, podendo em alguns modelos ser regulada a frequência de funcionamento ou ter frequência fixa;
- Macacos hidráulicos, que exercem pressão sobre a estaca.

Para a cravação das estacas, é fundamental a utilização de um “capacete” de cravação. Um capacete de cravação é um acessório muito importante, fornecendo a transferência de energia entre o martelo de cravação e a estaca-prancha, evitando danos no perfil. Os martelos de impacto, principalmente os martelos a diesel, precisam de capacetes de cravação especiais. Geralmente são feitos de aço fundido, com ajuste de ranhuras de orientação para diferentes perfis de estacas-prancha na sua parte inferior.

Os equipamentos de cravação de estacas-prancha podem ter rendimentos muito elevados, dado que uma estaca pode ser colocada em poucos minutos. Assim, os rendimentos são muito influenciados pelas actividades auxiliares como a colocação das guias, perfis para as ancoragens, corte da parte sobrança ou empalme se necessário.

A superestrutura deve ser iniciada apenas depois das ancoragens estarem totalmente em carga, uma vez que, durante essa tarefa, o paramento sofre deformações consideráveis.

2.12.12.3. Paramento em Estacas de Betão

Os paramentos formados por estacas de betão, executadas “in situ”, são uma solução utilizada muito remotamente, devido às dificuldades técnicas inerentes a tal solução, a saber:

- Necessidade de execução sobre aterros não consolidados;
- A difícil reparação do paramento exterior da cortina;
- É difícil garantir os recobrimentos das armaduras exigidos nas obras marítimas, por norma 6cm, podendo causar problemas de durabilidade das estruturas.

Se se recorrer a esta solução, a sequência construtiva é a seguinte:

- Dragagens dos terrenos naturais com características resistentes insuficientes às necessárias, ou que impossibilitam a execução das estacas de betão armado;
- Melhoria dos terrenos de fundação, como actividade alternativa ou complementar às dragagens;



Fig. 2.78 – Melhoria dos terrenos de fundação por vibrossubstituição com equipamentos flutuantes [18].

- Aterro a cota suficiente que permita a correcta execução das estacas de betão armado, com solos não plásticos e sem partículas de grandes dimensões;
- Execução da cortina no aterro realizado, de modo a que o seu coroamento seja executado inteiramente acima do nível de água em preia-mar, facilitando a sua execução e com melhores resultados;
- Corrigir a plataforma de modo a ter uma cota que permita a execução da ancoragem da cortina;
- Execução das ancoragens;
- Após pôr as ancoragens em tensão, pode-se começar a remover os terrenos, pela frente do paramento, com os cuidados necessários para não danificar as estacas de betão armado e por camadas, sem executar escavações localizadas de uma vez só;
- Terminadas as dragagens, pode-se proceder à protecção do pé das estacas com enrocamento;
- Para finalizar é necessário executar a superestrutura em betão ou, se não estiver prevista tal tarefa, travam-se todas as estacas com uma viga de encabeçamento de todas as estacas.



Fig. 2.79 – Execução de uma cortina de estacas de betão armado [65].

2.12.12.4. Superestrutura dos Cais com Cortina

A superestrutura destes cais é o elemento em betão armado, junto ao paramento, que compreende:

- A viga de coroamento onde se intalam os apetrechos do cais e encabeçam a totalidade das estacas;
- Vigas de suporte dos carris/vias de circulação para as gruas e os guindastes;

O paramento deste tipo de cais, sofre movimentos horizontais razoáveis durante a remoção dos solos em excesso na parte frontal do paramento e durante a compactação dos solos do aterro do tardo. Até tais assentamentos estarem estabilizados, e as ancoragens adquirirem a sua tensão máxima (sem considerar as perdas diferidas ao longo do tempo), não se deve começar a construção da superestrutura de betão armado.

Além de tal particularidade, tais superestruturas não apresentam dificuldades construtivas além das abordadas anteriormente para o mesmo tipo de elementos em betão armado.



Fig. 2.80 - Cais com cortina de estacas-prancha metálicas com viga de coroamento em betão armado [17] e [64].

2.12.13. OBRAS AUXILIARES

Recorrentemente, nas obras marítimas, é necessário construir estruturas auxiliares para a execução de determinadas tarefas, para facilitar a sua execução ou para servir de protecção à acção do mar.

Assim, estas obras, podem surgir para satisfazer as seguintes necessidades:

- Abastecimento dos batelões ou pontões flutuantes de material para as frentes de obra;
- Amarração dos rebocadores, dragas, batelões, lanchas, etc.

Quando as obras se realizam em zonas portuárias, é frequente utilizar-se algum dos cais acostáveis desse porto, podendo todavia, ser necessário construir um cais provisório em zona abrigada.

No caso de obras novas, em zonas desprotegidas, o mais usual é a construção de um porto de serviço para dar apoio à obra. Estes, devem cumprir possíveis especificidades determinadas em projecto/sub-projecto, ou, em casos gerais, satisfazer os seguintes requisitos:

- Criar uma zona com águas suficientemente calmas para se conseguirem condições que permitam uma atracação segura das embarcações assim como realização de possíveis manobras;



Fig. 2.81 – Aterro e enrocamento como obra auxiliar para a colocação de aduelas (Molhes do Douro) [17].

- Ter plataformas para carregar os batelões com enrocamento directamente a partir de camião;
- Possibilidade de posterior utilização do porto de serviço para outras actividades portuárias;
- Compatibilização da sua utilização com os progressos da obra;
- Vida útil da estrutura;
- Prever a necessidade do seu desmantelamento total ou parcial no final da obra.

Para a concretização de tais obras é ainda necessário conhecer a agitação marítima a que vão estar sujeitas e o calado de serviço necessário.

Para a sua construção pode-se recorrer a caixotões, aduelas, estacas-prancha, blocos maciços ou a estruturas betonadas “in situ”, de acordo com as condições locais e a utilização prevista para a estrutura, sendo possível adoptar uma boa solução se se conhecer os meios disponíveis e os prazos a cumprir.

Um dos casos particulares das obras auxiliares, são as que se destinam unicamente ao abastecimento dos batelões de material de aterro e procedente de pedra em geral.

De um modo simplificado, têm como objectivo permitir que os equipamentos de transporte e movimentação de tais materiais, o vertam para o interior dos batelões. Para isso será necessário conhecer os seguintes pontos:

- As características dos equipamentos de transporte de material (camiões basculantes, dumpers, etc.);
- As características dos batelões e pontões que nele atracam;
- Condições marítimas a que vai estar sujeito em condições normais de funcionamento;
- O número de batelões que é necessário estarem atracados ao mesmo tempo e quantidade de plataformas para descarga dos equipamentos terrestres nos marítimos;
- Melhor localização das zonas de armazenamento do material a carregar/descarregar.

São válidas também, para estas estruturas, os preceitos apontados em todos os pontos anteriores referentes a processos construtivos das obras mais representativas no âmbito das obras marítimas e portuárias, devendo, durante o seu tempo de exploração, ser verificado o estado das fundações e possíveis assoreamentos provocados acidentalmente pelos trabalhos de carga/descarga.



Fig. 2.82 – Estruturas auxiliares para abastecimento de batelões com enrocamento [71].

3

DEFINIÇÃO DA OBRA EXEMPLO

3.1. OBJECTO E OBJECTIVOS

Com a finalidade de revitalizar a área portuária, criando áreas de interesse que ofereçam, a par de novas acessibilidades, uma ligação à malha urbana da cidade de Matosinhos, a APDL, decidiu levar a efeito a construção de um novo terminal de navios de cruzeiros associado a um porto de recreio, a um cais flúvio-marítimo e respectivas áreas de apoio náutico, aos quais, será anexado um edifício designado por Gare de Passageiros, cujo projecto de arquitectura se encontrava numa fase algo incipiente, prevendo-se no entanto o início da sua construção no segundo semestre de 2011.

Com base na referida obra, pretendeu-se explorar de uma forma completa as soluções construtivas adoptadas pelo projectista, suas relações com as condições locais do Porto de Leixões bem como as tecnologias construtivas associadas à produção. Dada a variedade de tarefas e processos construtivos adoptados em obra, o seu correcto estudo e compreensão remete obrigatoriamente para a produção de um extenso, mas lógico documento de índole tecnológica, cujo principal objectivo é retratar de forma evidente todas as tarefas e tecnologias adoptadas pela entidade executante.

É esse documento que se apresenta neste capítulo. No fundo pode-se assim caracterizar sinteticamente este capítulo como a definição detalhada da obra exemplo nos seguintes aspectos:

- Antecedentes históricos (3.2);
- Características da pré-existência portuária – Molhe Sul (3.3);
- Grandes números da obra (3.4);
- Intervenientes na obra (3.5);
- Descrição da obra e das principais actividades a realizar para a sua concretização (3.6).



Fig. 3.1 – Novo Terminal de Cruzeiros de Leixões [37].

3.2. O PORTO DE LEIXÕES – RESENHA HISTÓRICA

Embora esta área não tenha sido concebida inicialmente como porto de comércio, desde a sua construção, de 1884 a 1892, este tem-se revelado importante a nível económico para a região.

Inicialmente, no tempo de D. João V, tinha dois objectivos, o de abrigar a navegação que frequentava o porto comercial do Douro, enquanto os navios aguardavam que as condições marítimas da barra permitissem uma passagem segura e a de proteger as embarcações dos assaltos dos corsários.

Sendo que a barra do Douro apresentava características muito complexas, em Leixões, junto á foz do rio Leça, em ambiente marítimo, uma disposição natural de rochas submarinas dispostas em arco de curva a certa distância da costa, mostraram ser favoráveis a este tipo de construção.

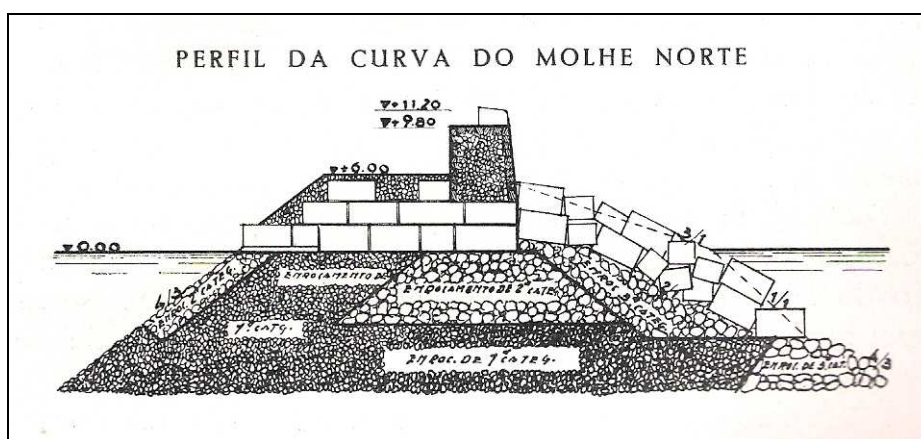


Fig. 3.2 - Perfil da curva do molhe norte construído 1884-1892 [20].

Mesmo com o interesse de exploração deste porto de abrigo, transformando-o em porto comercial, foram necessários cinquenta anos de diligências fracassadas, muito por culpa das debilidades financeiras do estado e pelos interesses ligados ao velho porto do Douro, para que se construísse a primeira fase do porto comercial de Leixões, em 1940.

Para isso foi necessário criar um abrigo suficiente na bacia, construindo um quebramar exterior, cais acostáveis e seus terraplenos, armazéns, vias férreas, e todos os equipamentos necessários à movimentação de cargas. Além disto foram dragadas areias e lodos e quebradas rochas em grande extensão do porto para o tornar acessível.

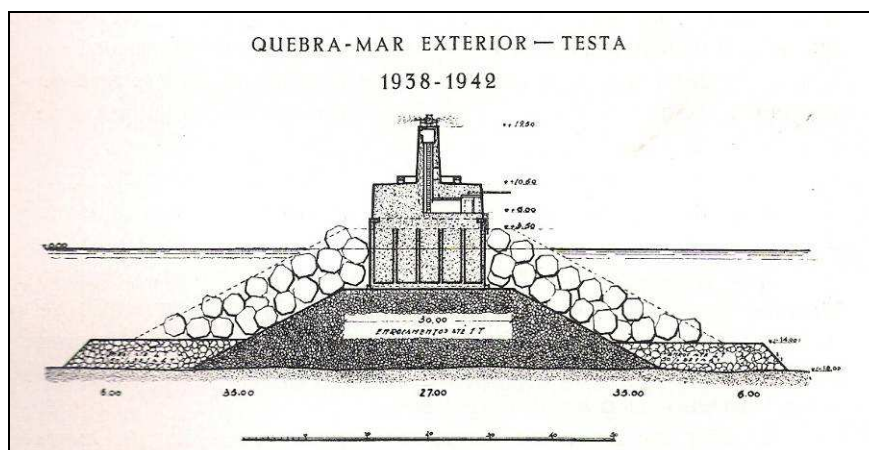


Fig. 3.3 - Perfil do quebramar exterior construído 1938-1942 [20].

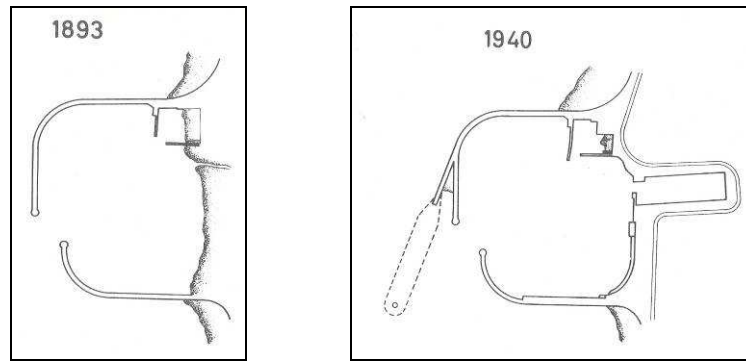


Fig. 3.4 - Evolução de Leixões de Porto de Abrigo a Porto Comercial [21].

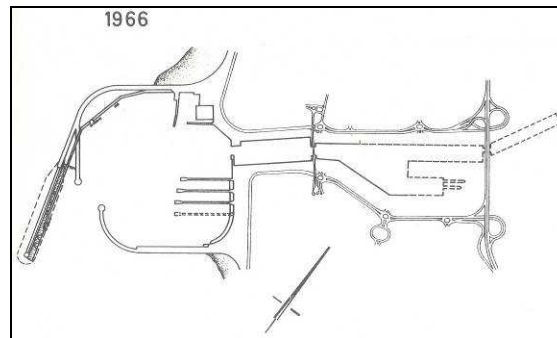


Fig. 3.5 - Ampliação do Porto de Leixões em 1966 [21].

Em todos os projectos, mas neste em especial, foi essencial fazer uma boa caracterização dos aspectos relativos ao meio natural, topo-hidrográfico, geológico e geotécnico, marés e correntes, ventos, precipitações e enquadramento de toda a área de intervenção na zona em que se insere.

Actualmente, o Porto de Leixões tem o seu abrigo garantido por dois molhes, Molhe Norte e Molhe Sul, tendo o primeiro cerca de 1800m de desenvolvimento sendo responsável pela protecção do porto dos temporais de W e NW. O segundo molhe apresenta uma extensão de 950m, aproximadamente.



Fig. 3.6 – Molhe Sul antes da revitalização [22].

Na fase de projecto foi ainda constatado que a área de intervenção não se insere em nenhuma área ambientalmente sensível classificada, nem em zonas regidas pelo Plano de Ordenamento da Orla Costeira entre Caminha e Espinho, Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Leça e Plano Director Municipal de Matosinhos.

Relativamente à topo-hidrografia, na aproximação ao Porto de Leixões, esta apresenta-se bastante irregular devido à existência de afloramentos rochosos (os “leixões”), situação semelhante à encontrada ao longo da zona costeira adjacente, formados por rochas duras ou brandas, muitas delas encobertas por materiais finos (lodos e/ou areias).

Os levantamentos hidrográficos e prospecções geológicas realizados, associados ao “know-how” adquirido em obras recentes realizadas nas imediações do Molhe Sul, permitem concluir que o “bed-rock” se encontra relativamente perto da superfície, embora as cotas vão diminuindo, por vezes abruptamente, enquanto se caminha do enraizamento do molhe para a cabeça.

O regime de marés a que o Porto de Leixões está submetido é do tipo semi-diurno com amplitudes máximas da ordem dos 4m em águas vivas e 1,20m em águas mortas. Com dados do Instituto Hidrográfico [23], referentes a previsões de marés de 36 anos, foi definida a preia-mar máxima de +3,63m (ZHL) e a baixa-mar mínima de -0,24m (ZHL).

As correntes no interior do Porto de Leixões estão associadas à combinação do efeito das marés e do caudal do Rio Leça que, na combinação de caudais de cheia com período de retorno elevados, associados com uma baixa-mar podem provocar, na zona de embocadura, velocidades da água por volta dos 9 m/s, embora este efeito na zona de intervenção seja irrelevante. A par desta problemática, mostrou também ser pouco relevante considerar as vagas, ondas locais, provocadas por grande agitação marítima provenientes do largo de orientação SW, orientação pouco frequente, que poderia causar alguma agitação no interior do porto de recreio.

Uma outra vertente, a climática, relacionada com os regimes de ventos predominantes, pluviosidade, temperatura do ar e humidade, nevoeiros e visibilidade foram também alvo de uma análise cuidada.

Com base em 23 anos de registos do Farol da Boa Nova, verificou-se que os rumos mais frequentes no verão são o N e NW, enquanto que os ventos de maior intensidade se verificam na orientação SW, na passagem do Inverno para o Verão.

Em termos médios, a precipitação anual situa-se nos 1200mm aproximadamente, e há ocorrência frequente de nevoeiros, predominantemente no Verão, que a par dos períodos de precipitação reduzem consideravelmente a visibilidade, que é considerada boa nos restantes casos.

Importa ainda referir que, periodicamente é necessário proceder a dragagens no Porto de Leixões em virtude deste se localizar no estuário do Rio Leça, sendo propício a assoreamentos. Estes volumes dragados têm como destino a alimentação de praias no caso de os sedimentos terem pouca contaminação, ou levados a vazadouro apropriado, quando em condições inferiores ao pretendido para este fim.

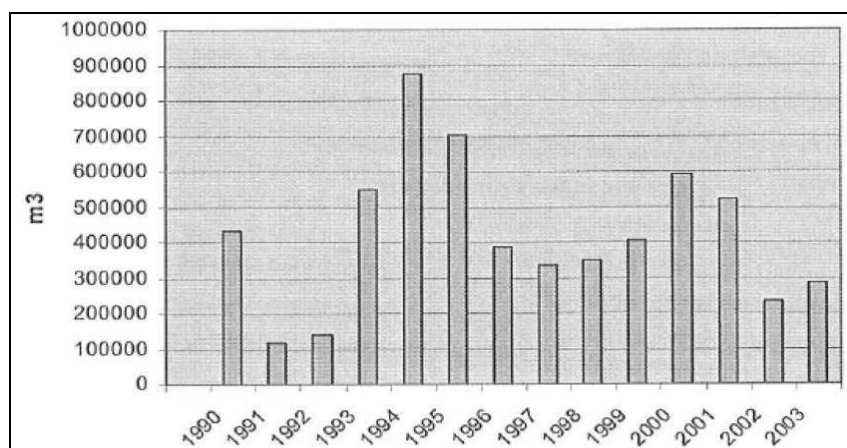


Fig. 3.7 – Evolução do volume anual de dragagens [22].

3.3. ESTRUTURAS EXISTENTES ANTES DO NOVO EMPREENDIMENTO

De todas as estruturas existentes no Porto de Leixões, obviamente que as que mais influenciam o projecto são as que pertencem ao Molhe Sul. Assim, destaca-se o novo cais multiusos e o próprio molhe, de onde nasceram as novas estruturas.



Fig. 3.8 – Fotografia do cais multiusos.

O cais multiusos foi construído recentemente, sendo formado por muros de gravidade com bloco pré-fabricados de betão justapostos, do tipo “Noref” a fim de absorver a energia da ondulação do anteporto. Este muro-cais está fundado à cota -10,50m (ZHL) num prisma de fundação com enrocamento de 20 a 50kg regularizado com brita e a sua superestrutura, viga de coroamento em betão armado, foi executada “in situ”.

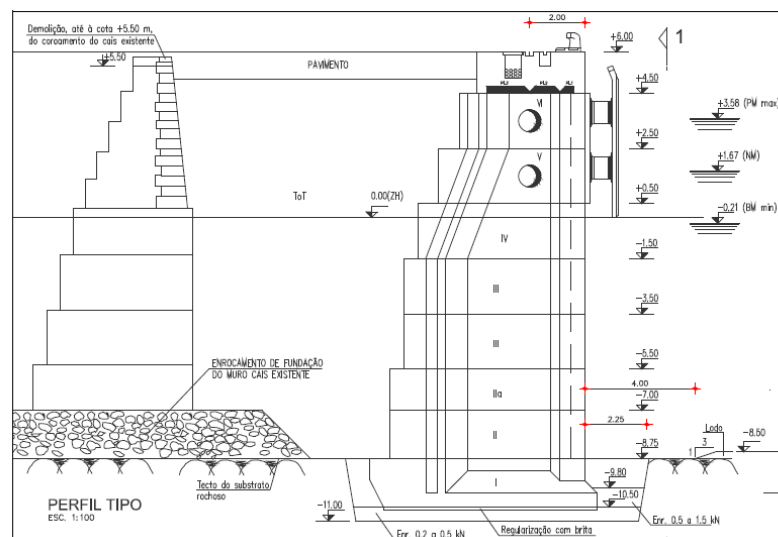


Fig. 3.9 - Corte exemplo do muro-cais em blocos “noref” do cais multiusos [22].

De referir que o Molhe Sul, com função de protecção e abrigo ao porto, data do século XIX, e foi construído com blocos de pedra granítica talhada e conglomeradas artificialmente com argamassas, formando o paredão. Do lado exterior existem grandes blocos de pedra e blocos de betão com a função

de proteger o molhe da agitação marítima. A plataforma interior é resultante do enchimento de um núcleo, com material heterogéneo protegido pelo interior por um manto de enrocamento, pavimentado com lajetas de pedra.

A cabeça do molhe, de forma circular, alberga um farol de sinalização e nas suas proximidades existia um edifício designado por Edifício das Bombas, demolido na presente empreitada.



Fig. 3.10 - Foto da cabeça do Molhe Sul [22].



Fig. 3.11 - Foto do guindaste "Titan".

É de atentar ainda, para a existência do "Titan", guindaste utilizado na construção do Molhe Sul, que se encontra estacionado junto ao enraizamento do novo cais de cruzeiros. Este aguarda, impacientemente, uma intervenção que o venha reabilitar, pelo menos do ponto de vista estrutural.

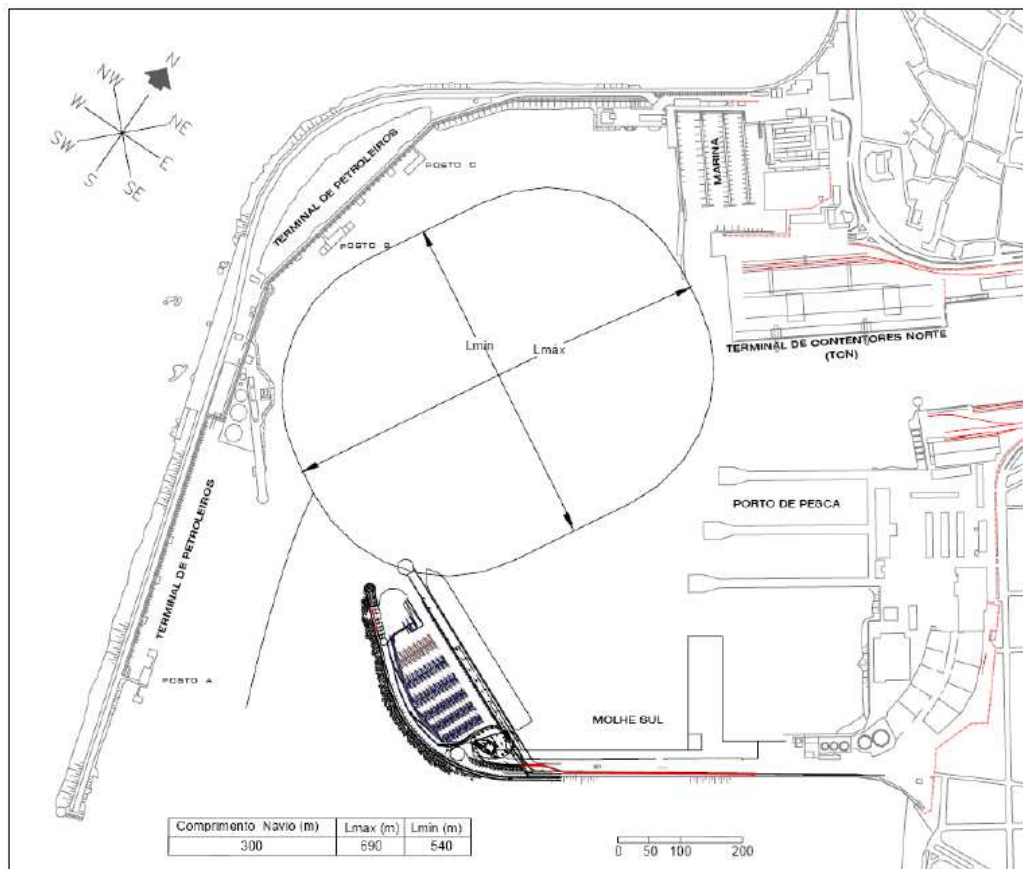


Fig. 3.12 – Planta do anteporto e trajectória provável dos navios no acesso ao Porto de Leixões [24].

3.4. QUADRO RESUMO COM OS NÚMEROS DA OBRA

Relativamente ao estudo de caso, é oportuno, desde já, fazer um resumo com os “números da obra”, no que se refere às quantidades mais relevantes de materiais e execução de trabalhos. De salientar os mais de 200.000 m³ de dragados, 1.700 toneladas de aço em varão e 14.000 m³ de betão estrutural.

Quadro 3.1 – Quadro resumo com os números da obra.

Quadro Resumo	
Comprimento do Cais Acostável	343 m
Perímetro da Zona de Apoio Náutico	125 m
Área de Apoio Náutico	2.100 m ²
Terrapleno para o Terminal de Passageiros	6.400 m ²
Dragagem de Sedimentos	109.100 m ³
Quebramento e Dragagem de Rocha	99.700 m ³
Betão Estrutural	14.206 m ³
Betão Branco Estrutural (com metacaulino)	38 m ³
Armaduras Ordinárias	1.701.968 Kg
Aço em Estacas-prancha	494.905 Kg
Estacas de Fundação do Cais Acostável	210 Un
Estacas de Fundação do Cais Acostável	4.422 m
Estacas do Porto de Recreio	37 Un

3.5. INTERVENIENTES NA OBRA

Na sequência de estudos anteriormente realizados para a APDL, pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e de um Estudo Prévio de Arquitectura, lavrado pelo gabinete do arquitecto Luís Pedro Silva, surge, sobre o conceito global da obra já bem definido, o projecto de execução das “Obras Marítimas do Terminal de Cruzeiros de Leixões”, da autoria da empresa PROMAN – Centro de Estudos e Projectos, S.A.

Deste modo, e em conformidade com o estabelecido nas Condições Técnicas do Caderno de Encargos do Concurso, seria necessário realizar um cais acostável para navios de cruzeiro até 300m em fundos -10,00m (ZHL), uma plataforma/aterro para futura implantação da Gare de Passageiros, um porto de recreio para 170 embarcações de várias classes, uma área de apoio náutico, um reperfilamento do talude interior do Molhe Sul e alargar a bacia de rotação do anteporto, tento ainda de dotar estas áreas das redes de serviços indispensáveis ao seu funcionamento.

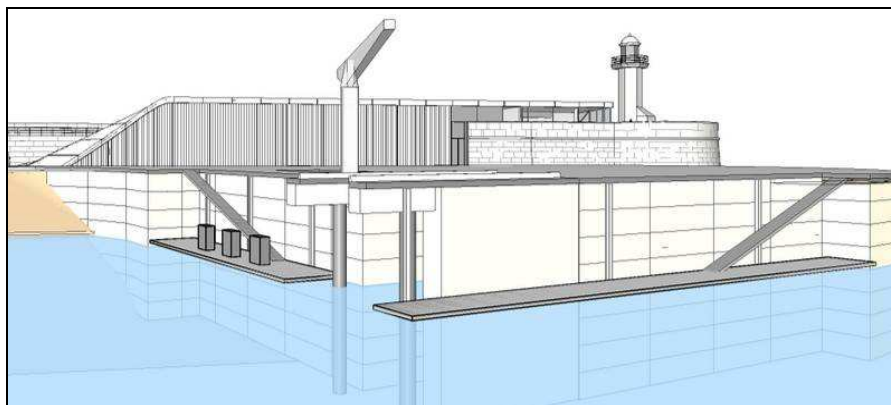


Fig. 3.13 – Vista geral da área de Apoio Náutico (Arq. Luís Pedro Silva) [19].

Em Junho de 2009, o consórcio formado pela ETERMAR – Engenharia e Construção, S.A. e pela CPTP – Companhia Portuguesa de Trabalhos Portuários, S.A., depois de terem tomado perfeito conhecimento do objecto do concurso público para a execução da empreitada de “Construção das Obras Marítimas do Terminal de Cruzeiros de Leixões”, a que se refere o Anúncio de Procedimento nº 920/2009, publicado no Diário da República nº 48 II série, com data de 10 de Março de 2009, obrigaram-se a executar a referida empreitada de harmonia com as prescrições do Programa de Procedimento e Caderno de Encargos pelo preço total de 20.670.888,00 € num prazo de 16 meses.

Atendendo às características da obra em causa, à larga experiência dos quadros de ambas as empresas, ao apoio de firmas especializadas que usualmente trabalham com elas, aliadas à experiência do consórcio na execução de obras similares e proposta apresentada, foram suficientes para garantir com clareza, ao Dono de Obra, a execução da empreitada nas melhores condições técnicas e económicas.



Fig. 3.14 – Porto de Recreio do novo Terminal de Cruzeiros de Leixões [38].

3.6. DESCRIÇÃO GERAL DA OBRA

3.6.1. PEÇAS DESENHADAS MAIS RELEVANTES E PLANTA DO ESTALEIRO



Fig. 3.15 – Planta das zonas de quebramento de rocha e dragagem (imagem do projecto de execução).

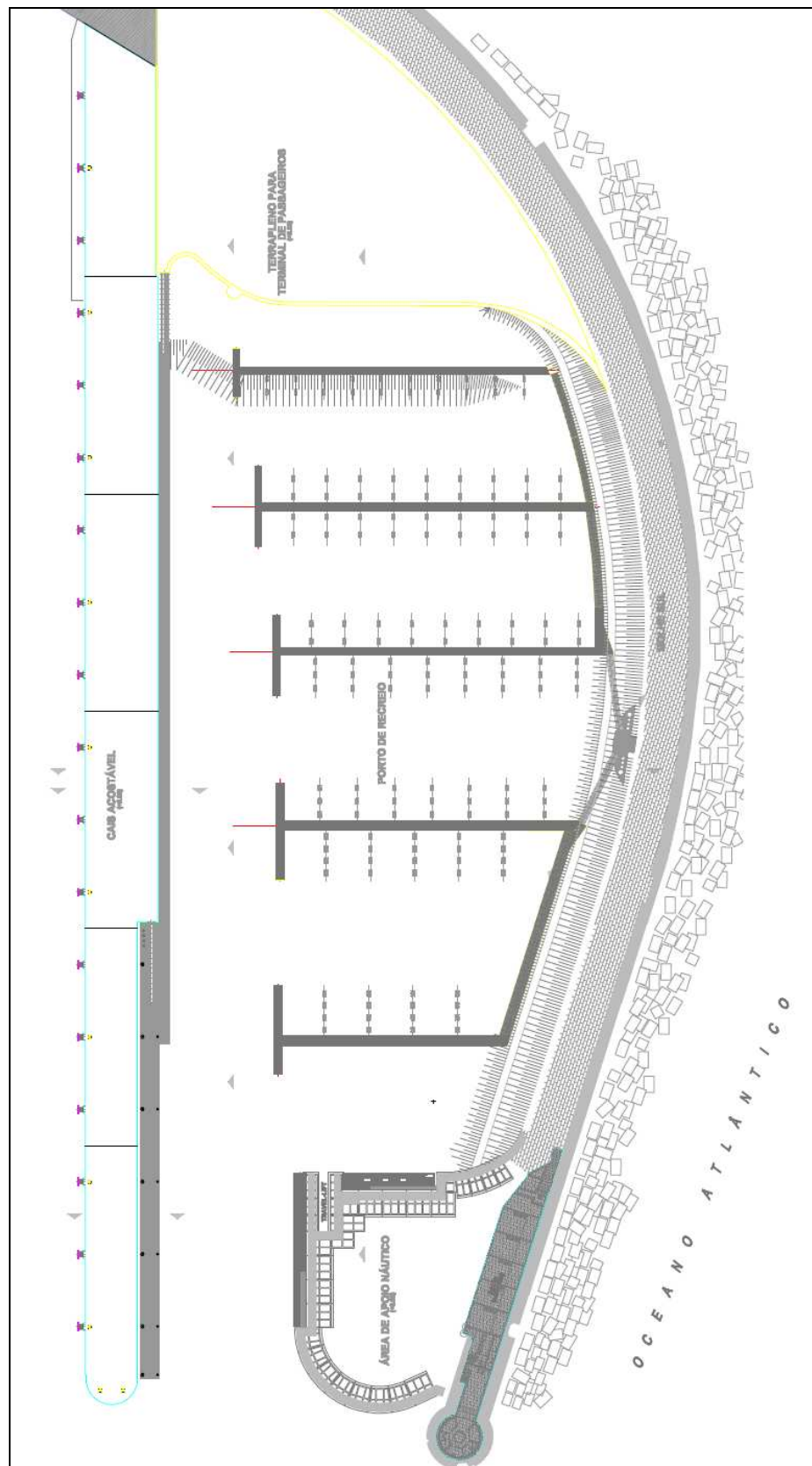


Fig. 3.16 – Planta do arranjo geral da obra (imagem do projecto de execução).

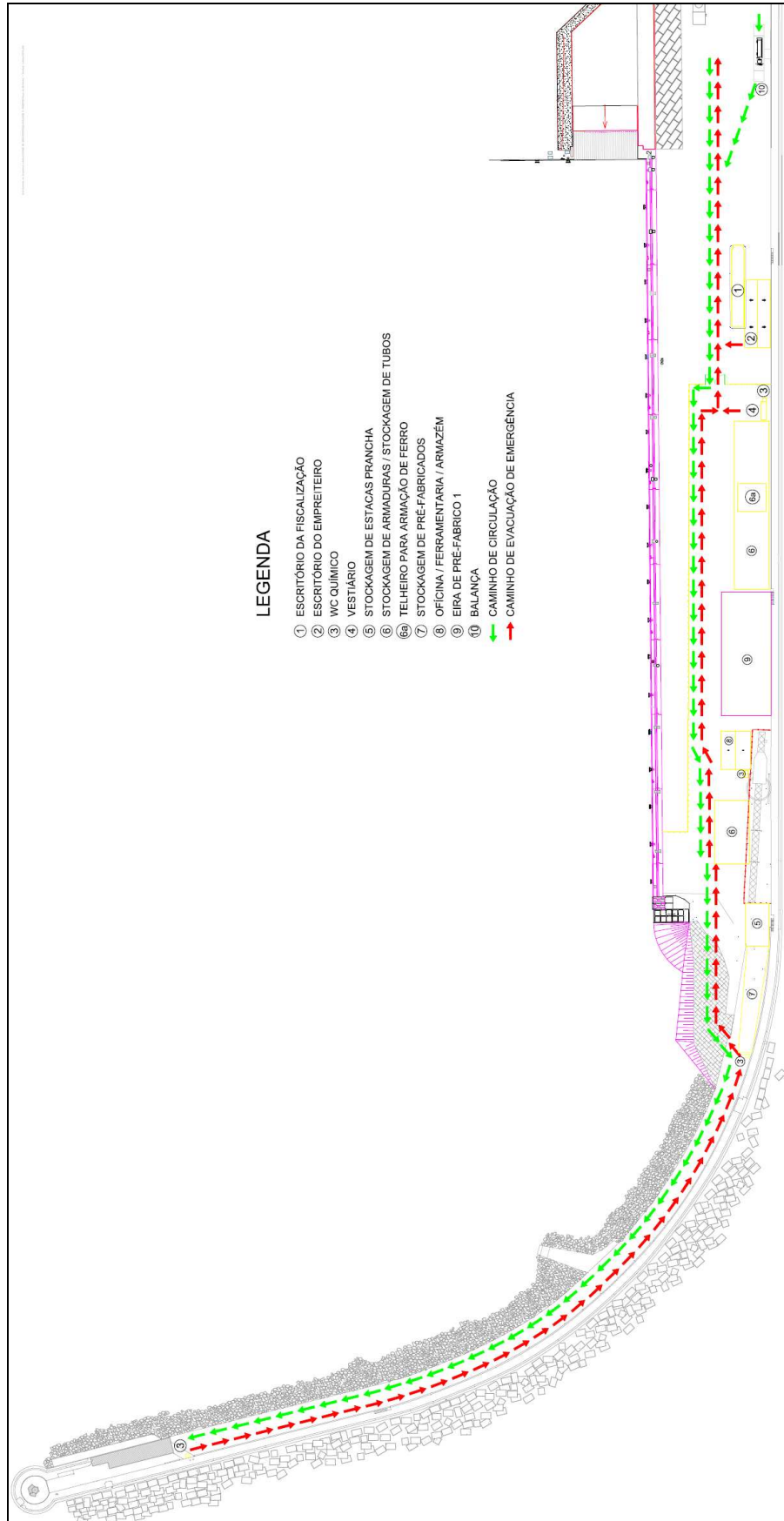


Fig. 3.17 – Planta do estaleiro com caminho de circulação e de evacuação de emergência [25].

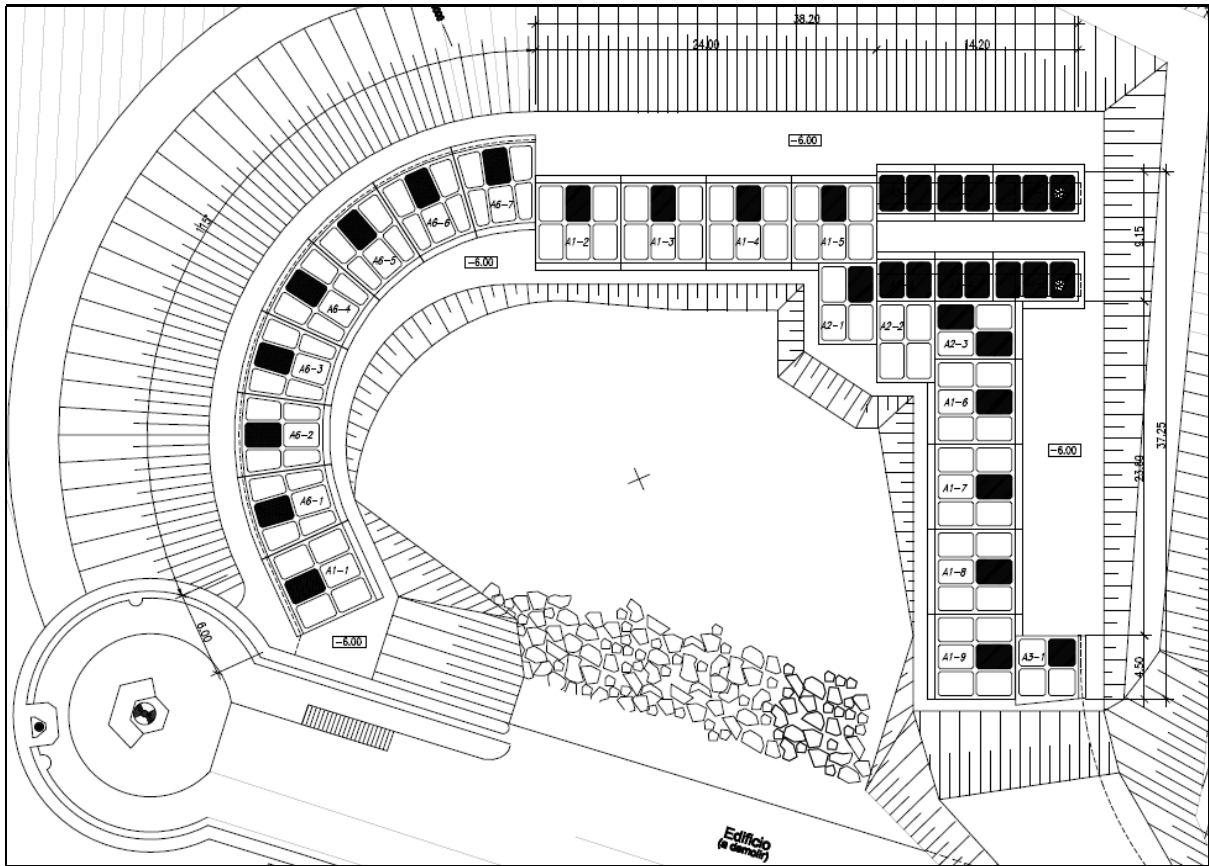


Fig. 3.18 – Implantação das aduelas do muro-cais da área de Apoio Náutico (imagem do projecto de execução).

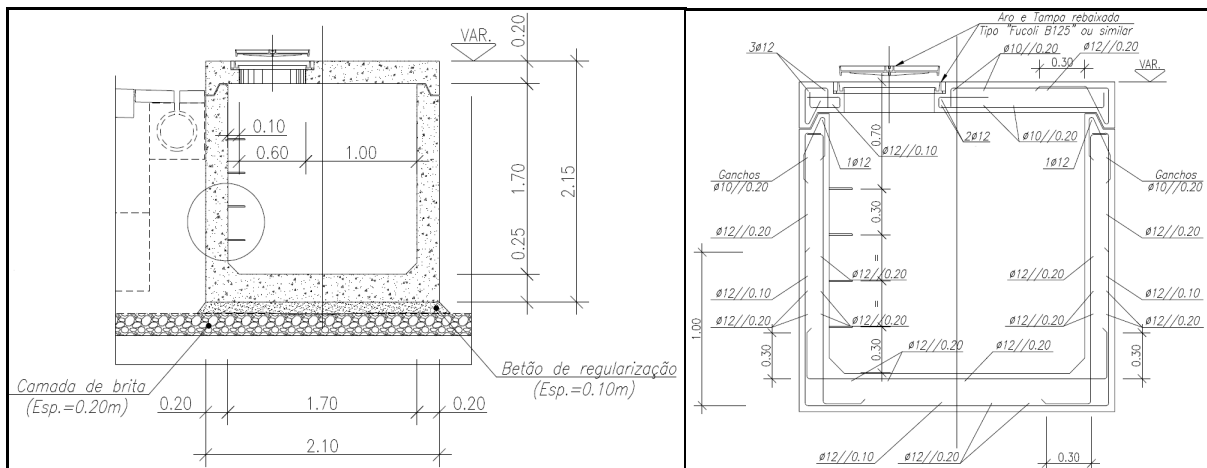


Fig. 3.19 – Corte-tipo da Galeria Técnica – geometria e armaduras (imagem do projecto de execução).

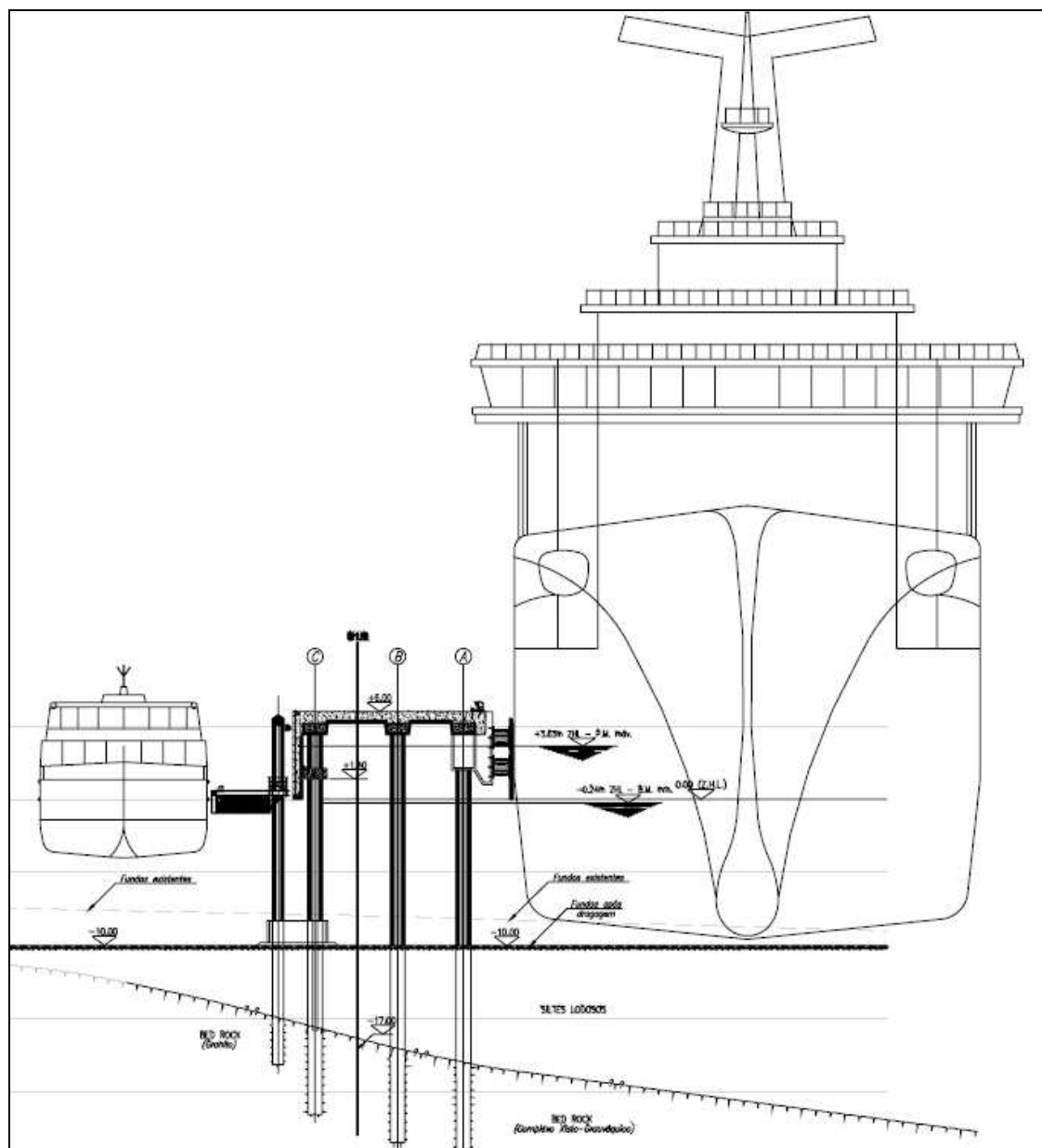


Fig. 3.20 – Corte do arranjo geral do Cais Acostável e Flúvio-Marítimo (imagem do projecto de execução).

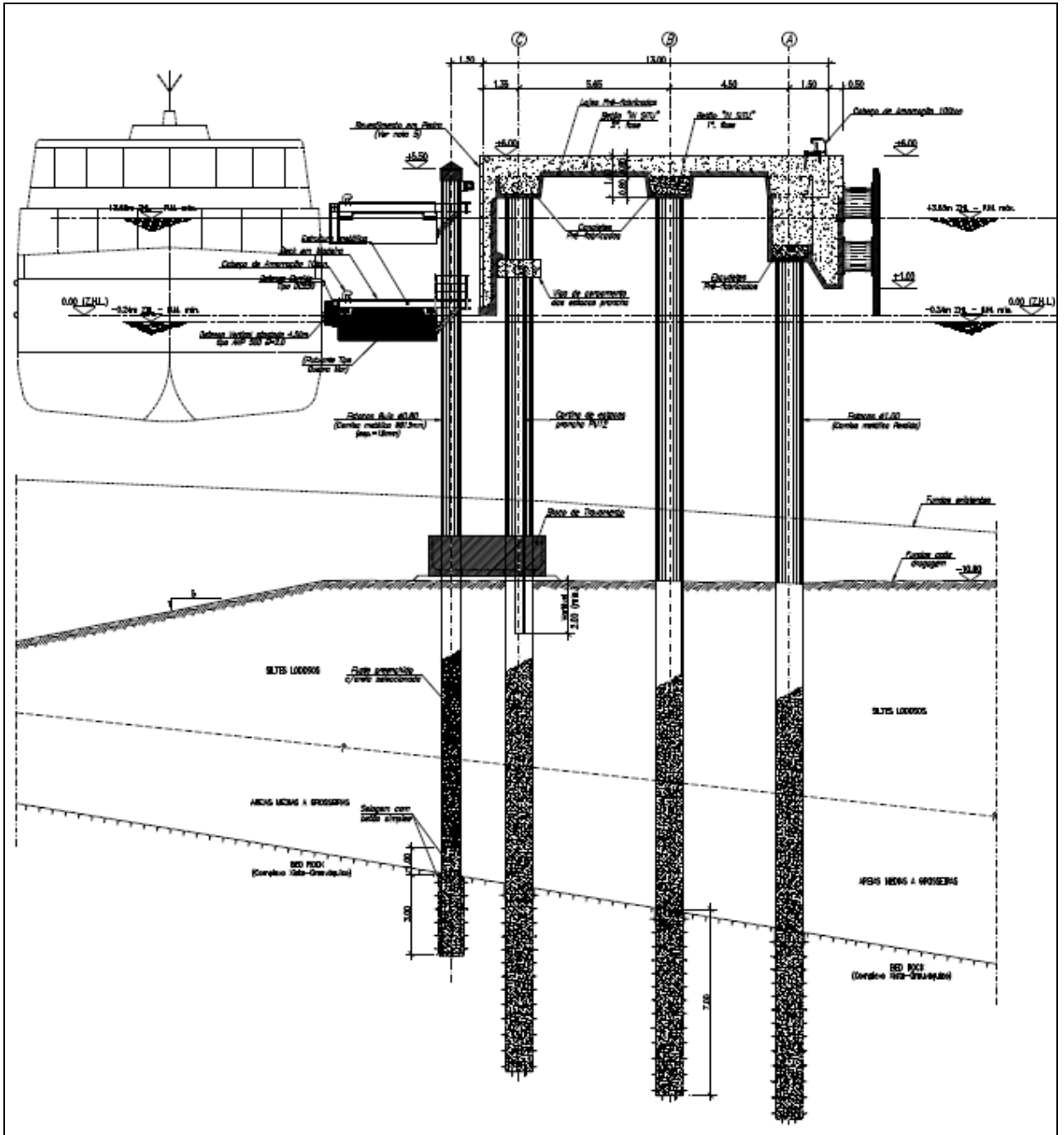


Fig. 3.21 – Corte-tipo do Cais Acostável e Cais Flúvio-Marítimo (imagem do projecto de execução).

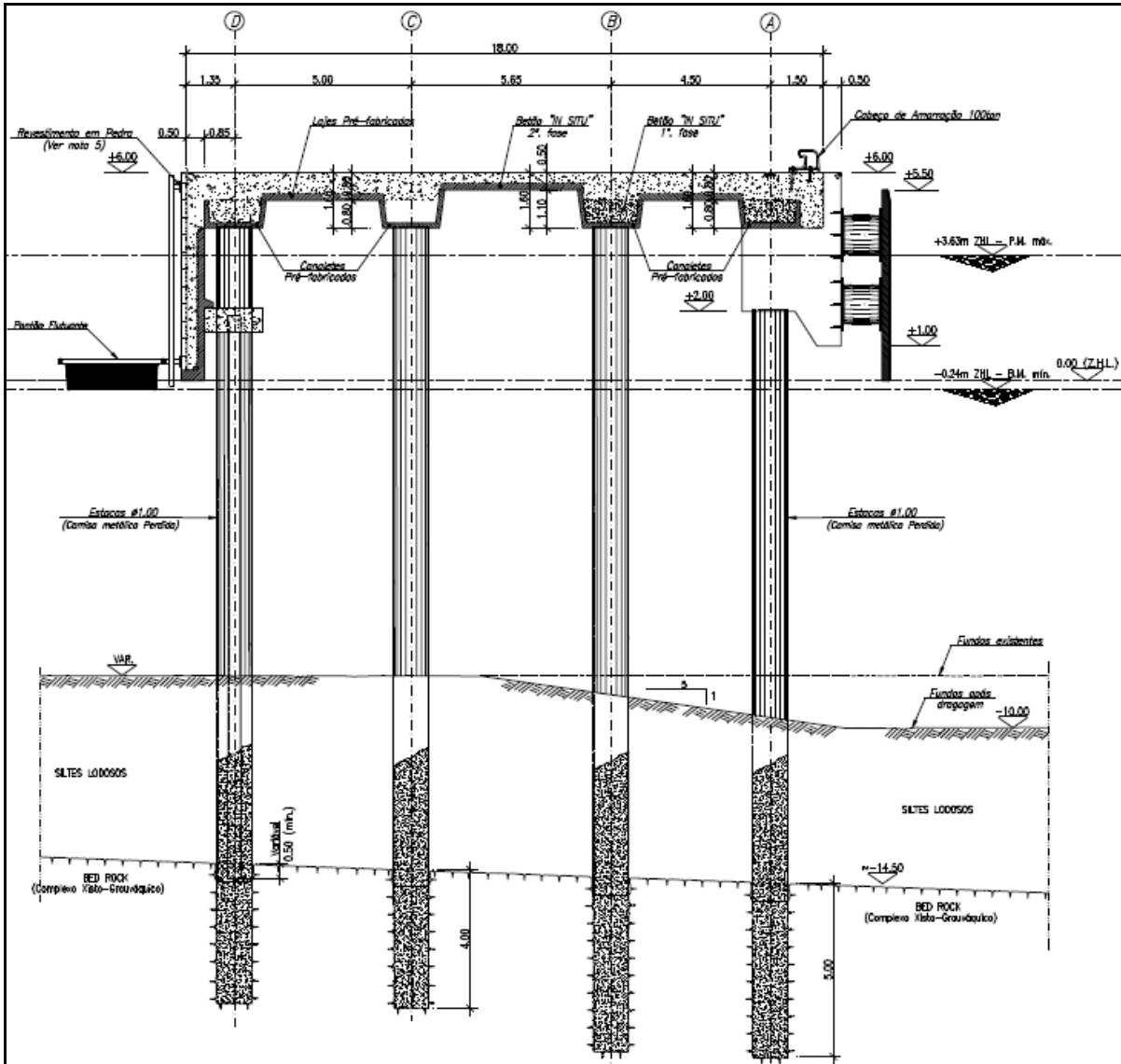


Fig. 3.22 – Corte-tipo do Cais Acostável (imagem do projecto de execução).

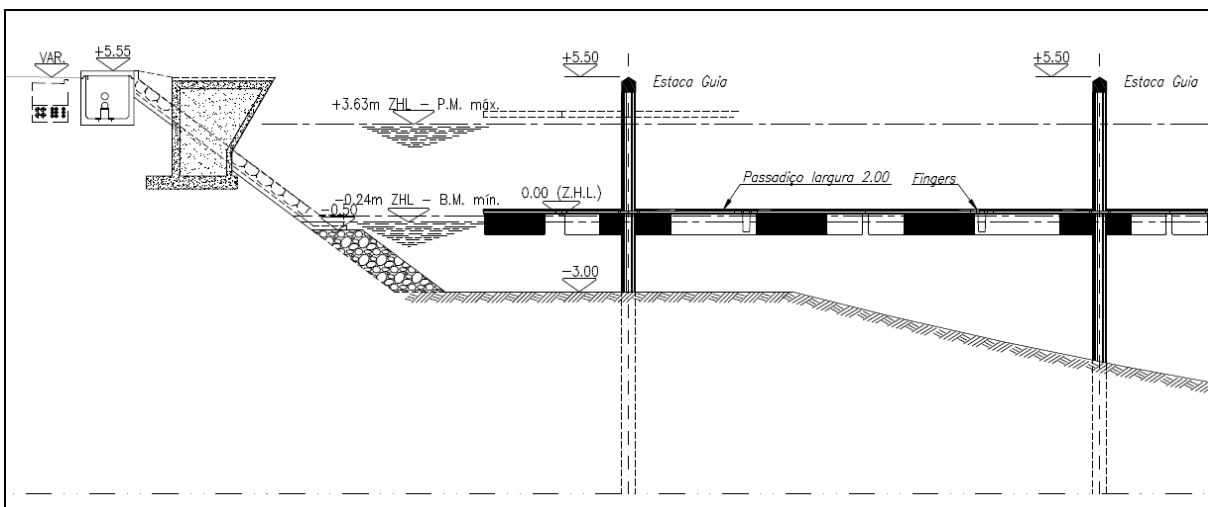


Fig. 3.23 – Corte dos passadiços e acesso ao Porto de Recreio (imagem do projecto de execução).

3.6.2. DRAGAGENS

De modo a atingir as cotas pretendidas, os volumes estimados a dragar poderiam ser removidos, numa fase inicial, com draga de sucção, dado serem sedimentos depositados no fundo do porto de características arenosas e lodosas.

Por se tratar de uma área portuária em actividade, removeu-se do fundo, além do material rochoso e sedimentar, cabos, redes de pesca, destroços de embarcações afundadas, entulhos e mesmo mercadoria perdida ao longo dos anos e que em alguns casos tiveram de ser retirados por outros meios.

Os materiais dragados tiveram como destino vazadouros no mar, um situado a cerca de 6 milhas, no enfiamento do troço de enraizamento do Molhe Norte e um outro vazadouro, a 2 milhas, habitualmente utilizado pela APDL.

Uma outra parte dos materiais, provenientes do desmonte de rocha, foi utilizado em aterros na obra, principalmente no aterro realizado na zona de apoio náutico.

Após o levantamento hidrográfico inicial, foi iniciada a dragagem de sedimentos com uma draga de sucção (draga “Viking R”) em arrasto com porão, para se minimizar a ressuspensão sedimentar e a formação de plumas de turbidez, trabalho realizado em toda a área de intervenção, terminando quando não estavam a ser removidos sedimentos acima das cotas de projecto.



Fig. 3.24 – Fotografia da draga de sucção “Viking R”.



Fig. 3.25 - Remoção de objectos encontrados no fundo do anteporto de Leixões.

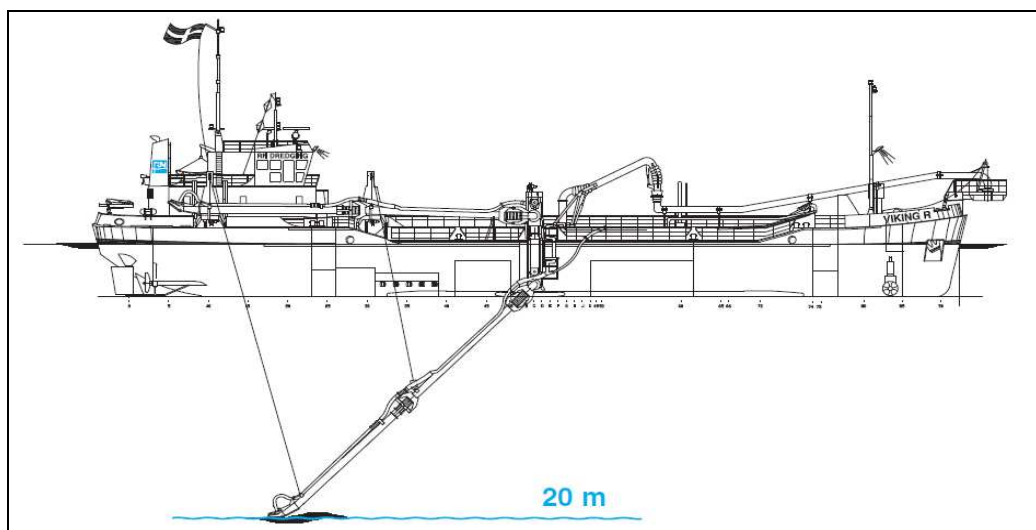


Fig. 3.26 – Esquema de funcionamento draga de sucção “Viking R”. [35]

Terminada esta dragagem foi realizado novo levantamento hidrográfico que antecedeu o desmonte de rocha com explosivos descritos detalhadamente no ponto seguinte.

Quebrada a rocha, foi possível efectuar os trabalhos de dragagem de todos os materiais que permanecerão acima das cotas de projecto, sendo levados a vazadouro. Esta fase de dragagem foi executada com dois pontões flutuantes, a draga “Peniche” e a draga “Dragamar”, dotadas de sistema de posicionamento DGPS de elevada precisão, colocando os sedimentos dragados nos batelões “Philae”, “Obelix”, “Abegão” e “Desterro”, que os transportavam.

A dragagem nestes pontões é monitorizada permanentemente recorrendo ao sistema “DipMate®” concebido e adaptado para este tipo de equipamentos. Assim, evita-se a sobredragagem ou a necessidade de efectuar diversas passagens para atingir a cota pretendida. Num “display”, podemos observar o posicionamento a tempo real do balde da draga, determinado pela medição contínua dos ângulos da lança, balanceiro e do balde. É também possível visualizar o leito como uma “sandwich”, constituída pela sobreposição de várias camadas com cores diferentes. Estas camadas vão sendo sucessivamente removidas até que a zona se apresente toda na cor definida para a cota a atingir.



Fig. 3.27 - Dragageur “Peniche” - sistema DipMate®.



Fig. 3.28 - Dragageur “Peniche” e barge “Obelix”.

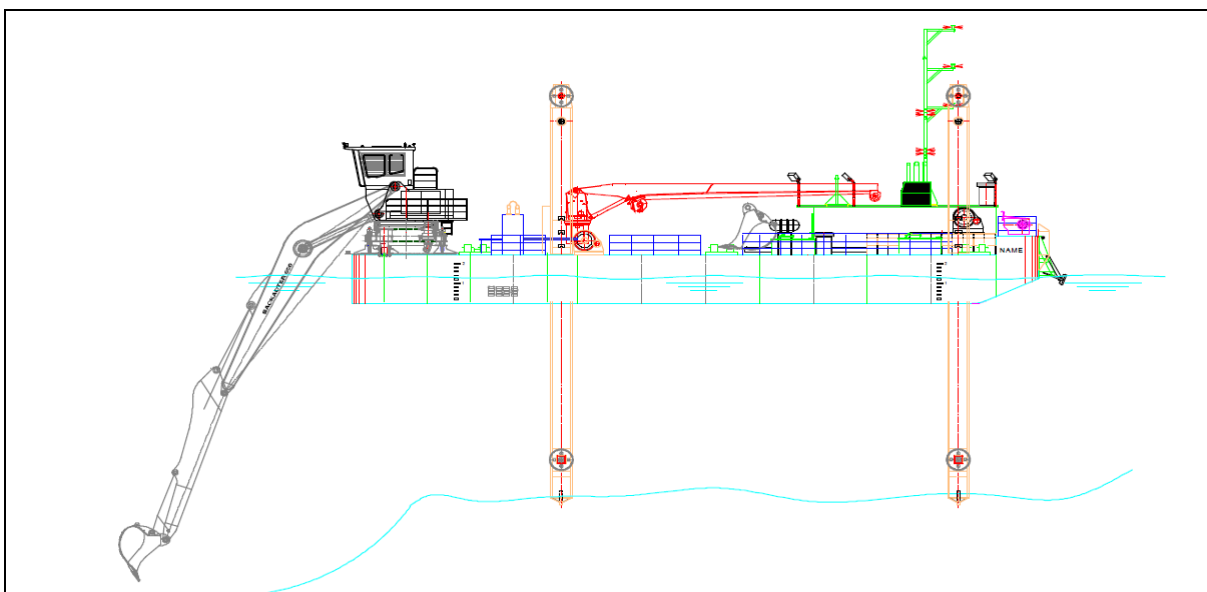


Fig. 3.29 - Esquema de funcionamento da dragageur “Peniche” – Donge Backacter 600. [36]

Foram também efectuadas dragagens de lodos e sedimentos de baixa qualidade no âmbito da execução das fundações do muro-cais em aduelas e redragagens sempre que necessário por nova deposição de sedimentos desse tipo.



Fig. 3.30 – Draga “Dragamar” e betelão “Philae”.

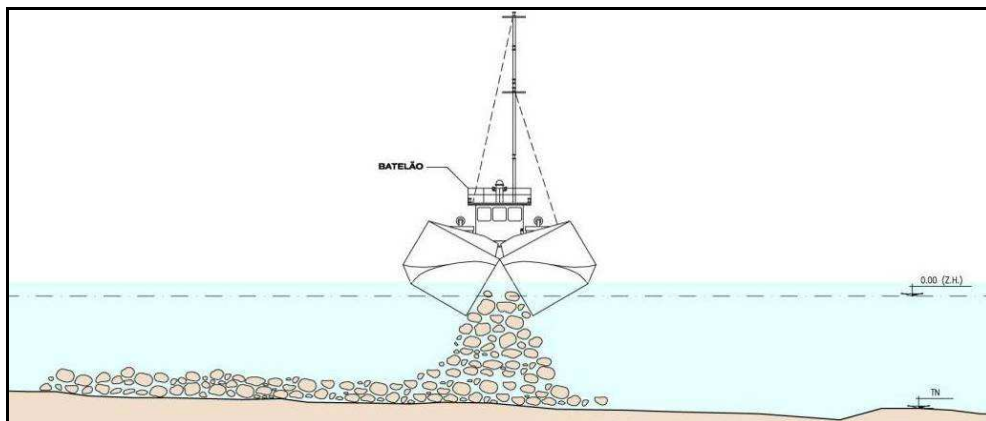


Fig. 3.31 – Esquema de um batelão a fazer descarga em vazadouro. [25]

Finalizados os trabalhos de dragagem, foi realizado um levantamento hidrográfico final e uma rocega, com auxílio do “software” HYPACK2010®, de toda a área dentro dos limites da dragagem, eliminando assim a probabilidade de se deixar alguma singularidade acima da cota de projecto.



Fig. 3.32 – Rocega no batelão “Sá Nogueira”.

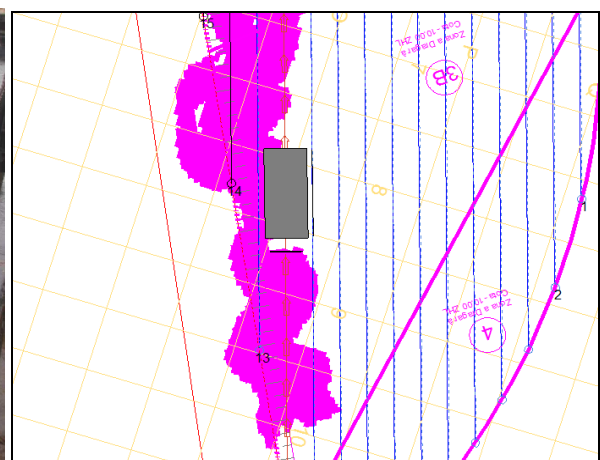


Fig. 3.33 – “Print screen” do software utilizado na rocega.

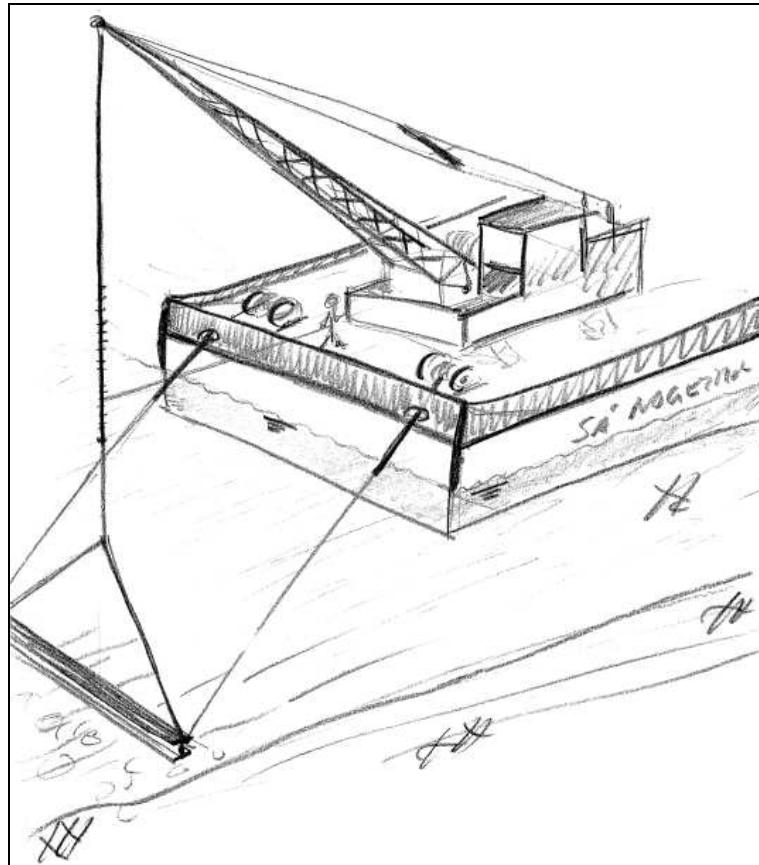


Fig. 3.34 – Esboço do sistema de rocega utilizado em obra no pontão “Sá Nogueira”.

3.6.3. QUEBRAMENTO DE ROCHA COM EXPLOSIVOS

Com a finalidade de dotar a bacia de rotação circular com diâmetro de 600m, com fundos à cota - 10,00m (ZHL), foi necessário quebramento de rocha e posterior dragagem para regularização de fundos.

O alargamento da bacia de rotação tem como objectivo assegurar a máxima segurança na recepção dos navios de cruzeiro que podem atingir os 300m de comprimento. Assim, com as recomendações previamente definidas e estudadas pelos Serviços de Operações Portuárias da APDL, ficaram definidas as áreas a regularizar.

O quebramento de rocha, foi executado pelo método de furação e carregamento “Overburden Drilling”, que consiste na perfuração e colocação da carga explosiva, a partir da superfície, pelo interior de um tubo exterior ou caixa que é, previamente à execução do furo, descido até ao estrato rochoso.

Tal como acontece com as dragas, estes pontões flutuantes, o “Sá Nogueira” e o “Montemor”, estão dotados de DGPS que permite um posicionamento preciso e facilita a realização da furação na sequência pretendida, relativamente aos tecnologicamente ultrapassados sistemas de posicionamento que recorriam a alvos em terra.

Este processo de imobilização e perfuração é uma operação cíclica. Assim que esteja posicionado correctamente, o conjunto que forma o tubo exterior de encamisamento é baixado até ao leito, altura em que se regista a cota da rocha a quebrar. Esta camisa, atravessa as camadas superiores mais brandas de modo a que, após a execução do furo, se consiga guiar os explosivos até ao fundo do furo.



Fig. 3.35 – Pontão “Montemor” – CPTP, S.A.

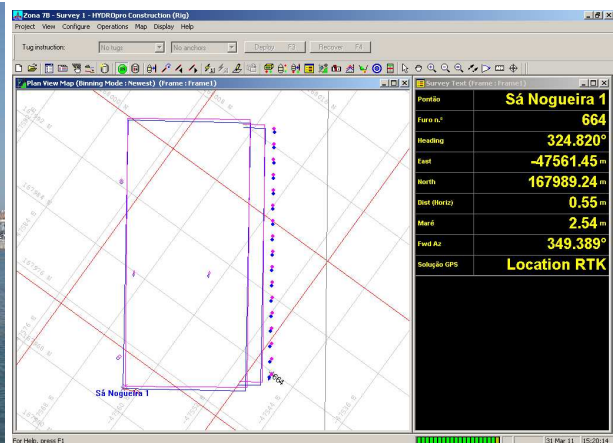


Fig. 3.36 - Sistema de DGPS do pontão “Sá Nogueira”.

Com as caixas correctamente posicionadas, baixam-se as varas com o “bit” acoplado na ponta. Executando movimentos de rotação e precursão é possível executar o furo removendo todos os resíduos com ar à pressão (que sai pelos orifícios do “bit”). Efectuado o furo até à cota pretendida, recolhem-se as varas e colocam-se os explosivos no interior do furo, recuperando o fio ligado ao detonador para fazer uma ligação em série com os restantes furos.

Foi adoptada uma malha de furos de 2,5m x 2,5m, que havia sido utilizada com sucesso em obras semelhantes.

Os furos foram carregados com explosivos de desmonte de rocha e minério do Tipo E denominado EMULEX 731, composto principalmente por nitrato de amónio, enquanto a ignição eléctrica se dá recorrendo a detonadores insensíveis de micro-retardo (milissegundos) que causam detonações em série e não no mesmo instante, para evitar a sobreposição das ondas de energia libertadas.



Fig. 3.37 – Explosivos Emulex 731 e detonadores de micro-retardo.

Nesta tarefa estiveram envolvidos, como referido, dois pontões flutuantes. O “Sá Nogueira”, equipado com dois Atlas Copco ROC D7 e o pontão “Montemor” que possui duas torres de furação pneumáticas, da mesma marca.



Fig. 3.38 - Preparação dos explosivos no pontão “Montemor” (25-02-2011).

Esta tarefa requer uma série de procedimentos de segurança rígidos, quer no manuseamento dos explosivos, na sua receção ou mesmo na hora das pegas. Por esse motivo houve constante envolvimento do Construtor, Fiscalização e das Autoridades Marítimas. Estes foram criteriosamente controlados, de forma a manter os níveis de vibração junto das construções vizinhas, dentro dos limites preconizados na legislação em vigor. Isto foi possível, utilizando sismómetros capazes de registar a velocidade das partículas e a sua frequência nos três planos ortogonais, assim como a velocidade máxima resultante, com uma monitorização realizada por uma entidade oficial independente e certificada.



Fig. 3.39 – Ohmímetro “SCHAFFLER – DIGOHM”.



Fig. 3.40 – Explosor “ZÜNDERWERKE ERNST BRÜN”.



Fig. 3.41 – “Bit” de furação (07-07-2010).



Fig. 3.42 - Torre de furação no “Montemor” (07-07-2010).



Fig. 3.43 - Pontão “Sá Nogueira” – ETERMAR, S.A.



Fig. 3.44 - Atlas Copco ROC D7 em funcionamento.

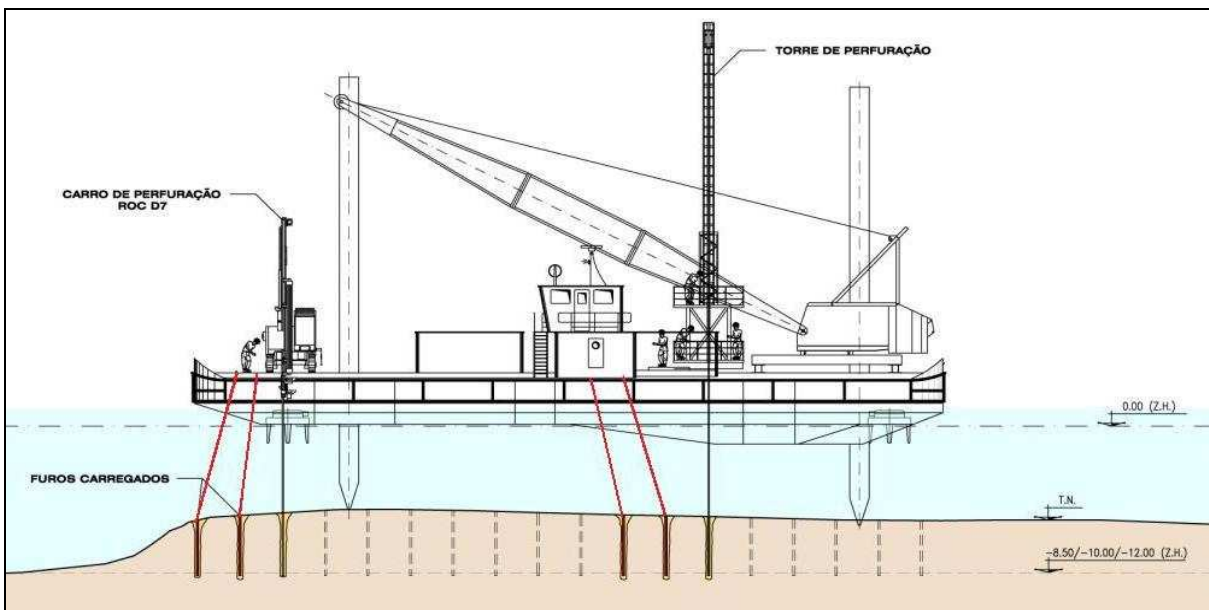


Fig. 3.45 - Esquema de furação e colocação de explosivos com torre de furação e ROC D7. [25]



Fig. 3.46 - Instantes da detonação de pegas de fogo.

3.6.4. ATERROS

3.6.4.1. Cláusulas Técnicas

Simplificadamente, nesta empreitada, os aterros realizados correspondem aos volumes de materiais depositados entre o Molhe Sul e o novo cais de navios de cruzeiros, dando origem à plataforma onde nascerá a futura Gare de Passageiros, e à plataforma de apoio ao Porto de Recreio.

Os materiais utilizados são granulares, classificados como areias, ou areias pouco argilosas e enrocamento seleccionado de pequena dimensão, muito dele proveniente da operação de quebramento de rocha.

É ainda de referir que os aterros expostos à agitação marítima, foram protegidos por uma retenção marginal com enrocamento, devidamente protegido com geotêxtil.

3.6.4.2. Execução dos Trabalhos – Plataforma do Edifício

Para a execução deste aterro, foram utilizados materiais arenosos, saibros, e foi construído directamente a partir do talude e acesso existente, após executada uma dragagem para remover uma camada de sedimentos lodosos com espessura significativa. A não remoção destes sedimentos, certamente que no futuro iria conduzir a assentamentos significativos da plataforma, dado estes serem bastante compressíveis. O material de aterro foi transportado por via terrestre, por camiões basculantes descarregados directamente no local.

Foi necessário usar este tipo de material, dado que ainda não havia informação disponível à data, do tipo de fundações/estrutura que iria ser adoptada na concepção estrutural do edifício que aí irá nascer em breve. Assim, este tipo de material, não é restritivo à execução de estacas ou paredes moldadas em betão, que tenham de o atravessar até atingir o “bed-rock”.

Para isso, nesta obra o objectivo foi realizar um aterro até à cota +4,00m (ZHL) e a respectiva protecção marginal, tendo um volume estimado de 80.000 m³.

Os trabalhos começaram á cota +6,00 (ZHL), na zona adjacente ao cais, progredindo no sentido nascente-poente em direcção ao Molhe Sul.

Com o objectivo de confinar o aterro á zona definida, foram feitas algumas descargas directas de enrocamento para se formar um prisma de contenção periférico.



Fig. 3.47 - Fotografias do início e progressão do aterro da plataforma do edifício.

3.6.4.3. Execução dos Trabalhos – Área de Apoio Náutico

Após remoção dos lodos aí existentes, começou-se a realizar parte do aterro da área de Apoio Náutico, até ao cruzamento dos pés do talude do aterro e do prisma de fundação das aduelas, cobrindo-se o talude do aterro com enrocamento de 10 a 50 kg, material necessário para a execução desse mesmo prisma de fundação.

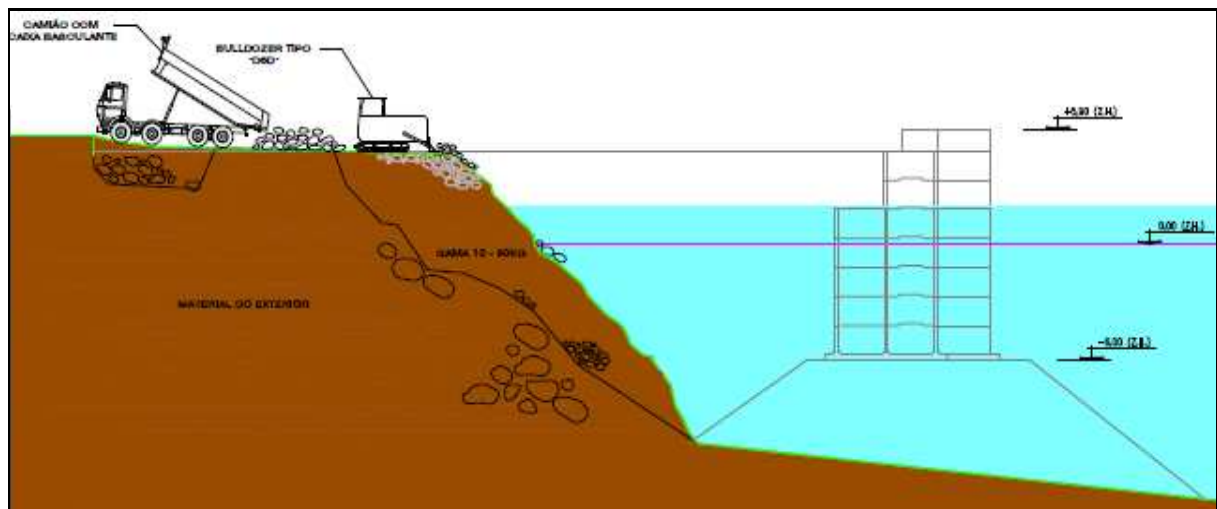


Fig. 3.48 - Esquema do início do aterro no cais das aduelas antes da execução dos prisma de fundação e colocação das aduelas. [25]

Concluída a execução do muro-cais em aduelas (assunto a discutir mais á frente), e a par da execução da superestrutura, foi possível completar o aterro até ao tardo do muro com a descarga directa de enrocamento, regularizando-o para depositar materiais provenientes do quebramento de rocha até à cota +4,80m (ZHL), sendo finalizada com tela geotêxtil e “tout-venant” até à cota +5.40m (ZHL).

A parte do aterro realizado abaixo do nível da água, tem um comportamento de aterro hidráulico. O restante, acima do nível da água, foi executado por camadas uniformes e sucessivas, até formar os perfis indicados nos desenhos.

Como é normal, teve-se cuidado na compactação das camadas, adequando-se as espessuras destas aos equipamentos de compactação aí utilizados.

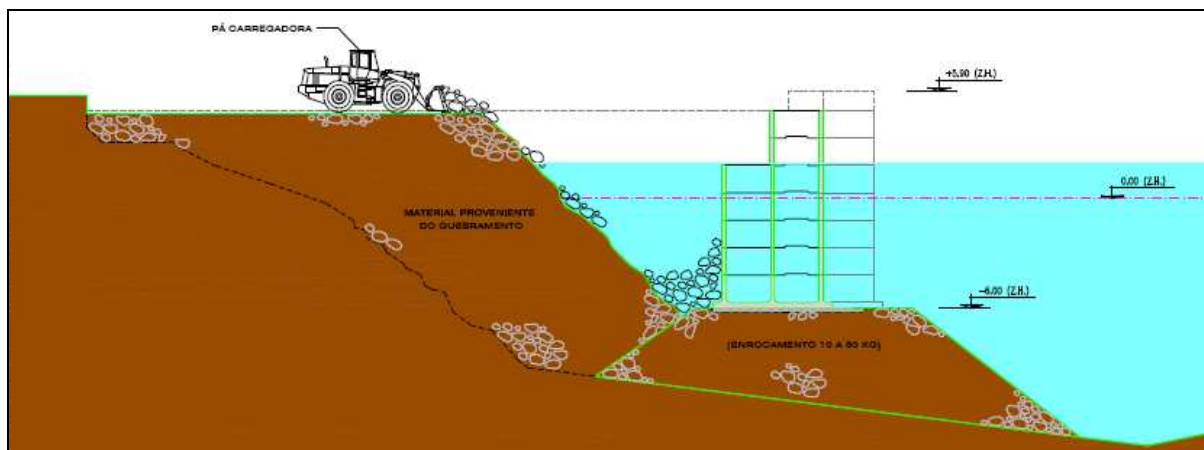


Fig. 3.49 - Esquema do aterro no tardo do muro-cais. [25]

3.6.5. RETENÇÕES MARGINAIS

3.6.5.1. Execução dos Trabalhos – Cais Acostável de Navios de Cruzeiros

Esta retenção marginal foi executada a par da parte final do aterro, junto ao tardo da cortina de estacas-prancha, de forma a equilibrar os impulsos nesta. Este fica localizado sob o cais acostável, tendo por isso de ser construído antes deste.

A fim de proteger o talude da acção das correntes induzidas pelos hélices dos navios, durante as operações de manobra, este foi concebido com duas camadas, uma camada exterior com enrocamento de 50 a 100kg e outra, a camada principal, com enrocamento de 700 a 1000kg.

De salientar, que os enrocamentos são de pedra sã, compacta, de arestas vivas e de forma prismática, adequados ao fim em causa.



Fig. 3.50 – Fotografia da retenção marginal do cais acostável (26-06-2010).

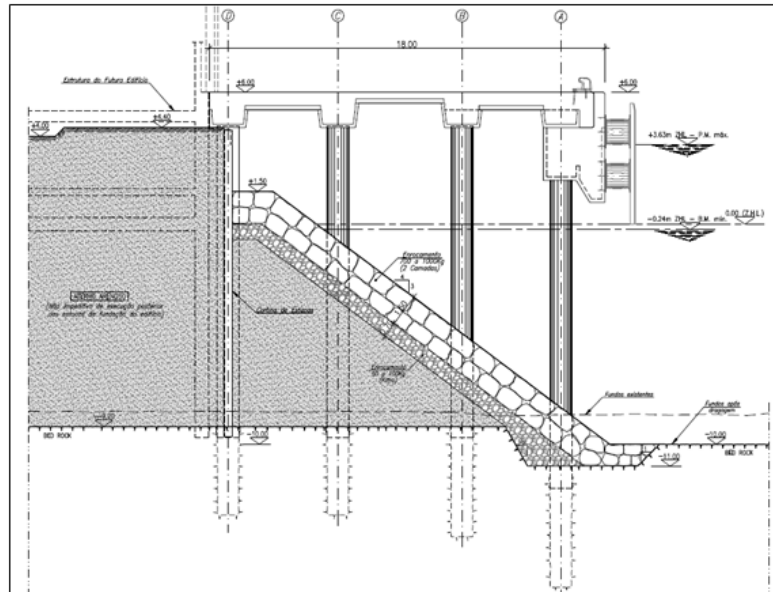


Fig. 3.51 - Retenção marginal do cais acostável (imagem do projecto de execução).

3.6.5.2. Execução dos Trabalhos – Aterro da Plataforma do Edifício da Gare de Passageiros

A progressão desta retenção marginal, foi avançando à medida que o aterro ia sendo realizado. Embora seja uma retenção provisória, só até à construção do edifício, estamos na presença de uma típica retenção marginal. Este trabalho foi executado em todo o contorno exposto, sendo a protecção executada com geotêxtil, TOT e enrocamento ligeiro.

A colocação de geotêxtil, com a função de filtro, para evitar a evasão dos materiais mais finos que constituem o aterro, foi realizada com sobreposição nas juntas, e assistida por mergulhadores sempre que se tratava de colocação submersa.

O enrocamento TOT foi colocado de modo a respeitar os perfis definidos em projecto, com auxílio de cêrceas ao longo do talude de modo a facilitar o controlo visual dos trabalhos. A sua aplicação executa-se de baixo para cima, de modo a criar um talude o mais estável, compacto e homogéneo possível.

O coroamento foi executado numa barreira com perfis do tipo “New Jersey”.



Fig. 3.52 - Retenção marginal do aterro da Gare de Passageiros com geotêxtil e enrocamento.

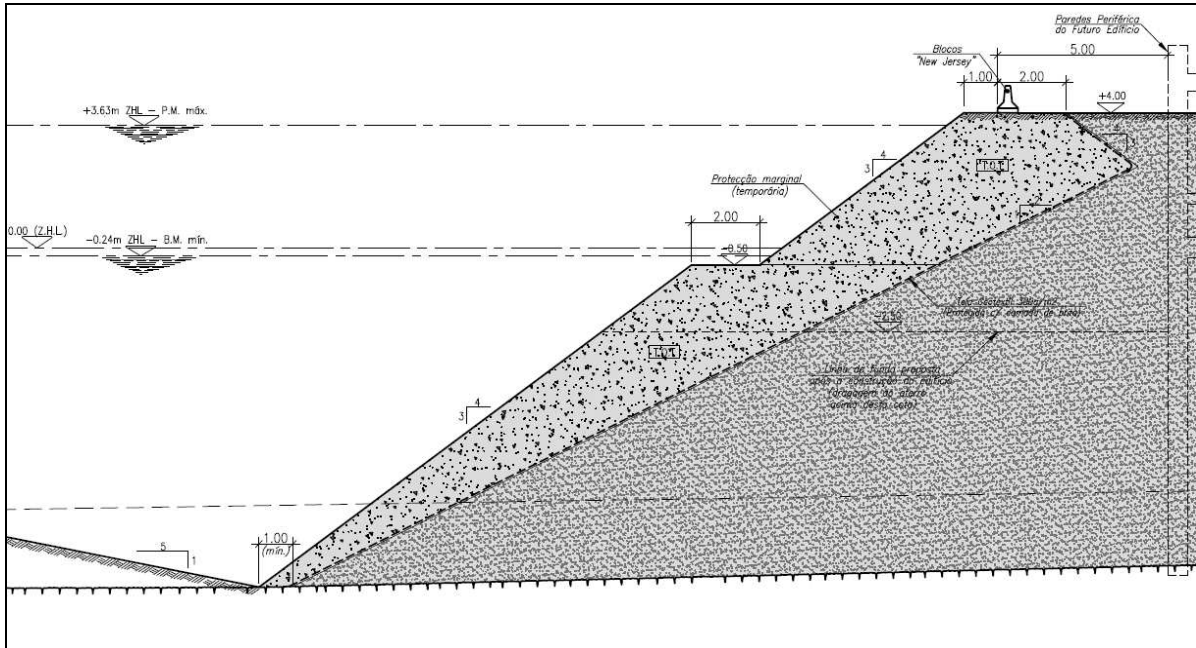


Fig. 3.53 - Corte exemplificativo da retenção marginal no terraplino da gare de passageiros (imagem do projecto de execução).



Fig. 3.54 - Retenção marginal do aterro da gare de passageiros (22-02-2011).

3.6.5.3. Execução dos Trabalhos – Protecção do Prisma de Fundação das Aduelas

A execução desta protecção do prisma de fundação das aduelas deve-se à necessidade de proteger a base de fundação do efeito da erosão ou acção localizada dos hélices das embarcações.

Foi realizada então uma protecção com enrocamento, em duas camadas, com inclinação aproximada de 3:4.

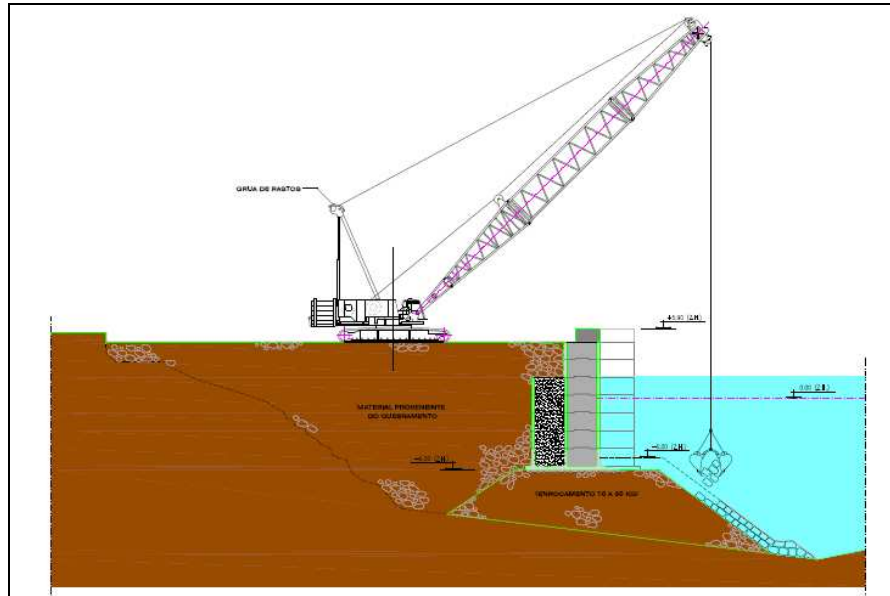


Fig. 3.55 - Esquema de execução da protecção do prisma de fundação das aduelas. [25]



Fig. 3.56 - Protecção do prisma de fundação das aduelas com enrocamento numa cassamba. [25]

3.6.5.4. Execução dos Trabalhos – Reperfilamento do Molhe Sul (Talude Interior)

O Molhe Sul foi submetido a um reperfilamento do talude interior dado existir no local um assoreamento dos fundos próximos do molhe, bem como devido à necessidade de proceder ao espalhamento do manto de enrocamento. Esta intervenção teve então o objectivo de dotar a área do Porto de Recreio de fundos de serviço adequados às várias classes de embarcações que vai receber.

O talude foi regularizado com rachão, com uma inclinação 4:3, enquanto que o fundo foi dragado a cotas de -2,50m a -4,00m (ZHL), de acordo com a futura localização das embarcações que a área vai receber.

Esta operação desenvolveu-se num troço de aproximadamente 220m de extensão do molhe.

Segundo orientações da arquitectura, este mesmo talude, agora reperfilado irá receber um revestimento definitivo em pedra talhada com face aparelhada e juntas refechadas, assentes em argamassa.

No âmbito do reperfilamento do Molhe Sul surgiu a oportunidade de dotar este espaço de uma galeria técnica para futuro desvio dos “pipelines” petrolíferos existentes sobre o molhe, galeria que possui também um caminho de cabos, amaciados com betão.

O esquema seguinte mostra um reperfilamento tipo efectuado no talude interior do Molhe, com a localização da Galeria Técnica.

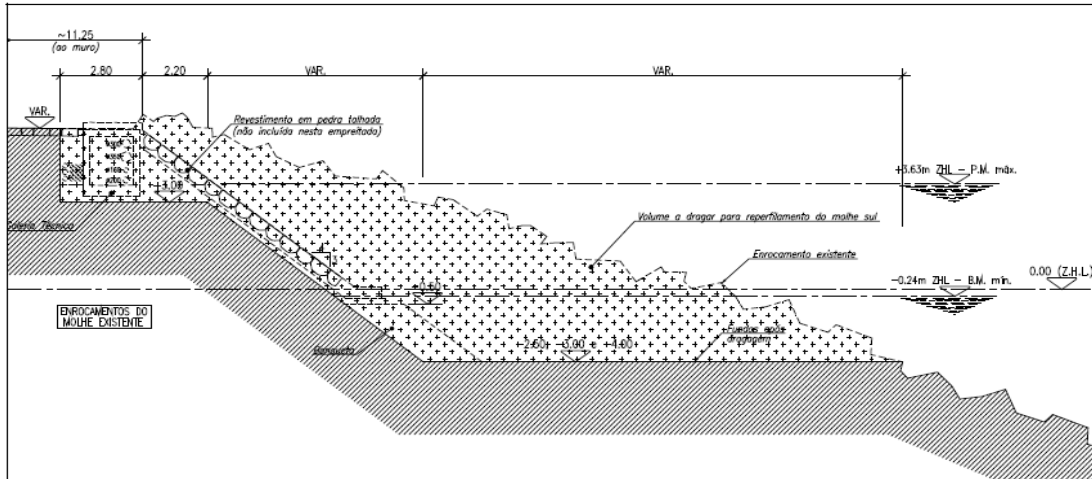


Fig. 3.57 – Perfil-tipo dos trabalhos de reperfilamento do molhe (imagem do projecto de execução).



Fig. 3.58 - Situação inicial do Molhe Sul.



Fig. 3.59 - Trabalhos de reperfilamento do Molhe Sul.



Fig. 3.60 – Execução da Galeria Técnica.



Fig. 3.61 – Reperfilamento do Molhe concluído.

3.6.6. CAIS ACOSTÁVEL DE NAVIOS DE CRUZEIRO

3.6.6.1. Aspectos Gerais

O novo Cais Acostável está localizado no Molhe Sul, com uma orientação aproximada de NW-SE, com um tabuleiro de 18m de largura nos primeiros 223m de desenvolvimento e 13m nos restantes 120m, perfazendo um total aproximado de 343m de comprimento.

De modo a tirar proveito das condições geotécnicas locais, este é formado por uma estrutura porticada fundada em estacas de betão armado de secção circular e por uma cortina contínua de estacas-prancha.

Assim, a solução estrutural realizada denomina-se de ponte-cais, com tabuleiro em estrutura de betão armado, apoiado em estacas verticais fundadas no “bed-rock”.

A plataforma acostável recorreu essencialmente à utilização de elementos pré-fabricados, tais como canaletes, pré-lajes e escudetes, sendo constituído por um tabuleiro vigado, assente em três ou quatro fiadas longitudinais de estacas, de camisa metálica perdida.

A adopção de pré-fabricados, muitos com função de cofragem perdida, facilita e acelera a produção, dado que podem ser colocados por grua ou por pontão flutuante.



Fig. 3.62 - Foto do cais acostável visto do plano da água em baixa-mar.

3.6.6.2. Caracterização Geométrica

De um modo resumido pode-se caracterizar o cais projectado como tendo 343m de comprimento com uma cota de serviço do tabuleiro a +6,00m (ZHL).

O trecho inicial com 223m de comprimento e 18m de largura tem quatro alinhamentos de estacas de 1000mm de diâmetro espaçadas de 6,00m, encastradas no “bed-rock” cinco metros no alinhamento A e quatro metros nos restantes. O tabuleiro é formado por quatro vigas longitudinais de secção trapezoidal, com 1,60m de altura e lajes com espessura de 0,50 e 0,80m.

O trecho final do cais, com 120m de comprimento e 13m de largura é formado pelos três alinhamentos de estacas a nascente que já existiam no trecho inicial, tendo sido suprimido o alinhamento do lado do

porto de recreio. O tabuleiro neste trecho é idêntico, embora a laje tenha espessura de 0,80m exclusivamente.

Foi adoptado o sistema de fundação indirecta, recorrendo a estacas furadas simples encamisadas de molde perdido, de modo a suportar as elevadas cargas transmitidas pelo cais e respectivas sobrecargas.

Assim, é assegurada uma eficaz transmissão de cargas de serviço e sísmicas às camadas mais competentes a nível resistente. O comprimento total das estacas, considerando o encastramento, atinge em alguns casos mais de 35m de comprimento até ao “bed-rock”, comprimento que em alguns casos não permitiu atingir esse estrato, dando origem a estacas flutuantes, cujo comportamento é suficientemente bom dado o estado global de encastramento da estrutura.

A ponte-cais está dividida em seis módulos com comprimentos entre os 54m e os 64m. Cada um dos módulos é formado por pórticos transversais e longitudinais, compostos por lajes e vigas longitudinais assentes nas estacas verticais, dando forma a uma malha estrutural ortogonal.

São essas vigas longitudinais que garantem o travamento longitudinal dos pórticos transversais. A transmissão de esforços e compatibilização de deformações, nas juntas de dilatação, é proporcionada por um “dente” em cada uma das vigas longitudinais.

São as vigas longitudinais que garantem a transmissão de cargas às estacas, vigas essas betonadas “in situ”, recorrendo a elementos de cofragem perdida, os canaletes.

Após a betonagem das vigas, também denominada de primeira fase de betonagem, até ao bordo dos canaletes (sombreado da Fig. 3.63), são assentes as pré-lajes com 0,20m de espessura. Após a segunda fase de betonagem, a que corresponde a total solidarização de todos estes elementos, temos uma espessura de 0,50m entre os alinhamentos B e C de estacas e 0,80m nos restantes vãos e no módulo final.

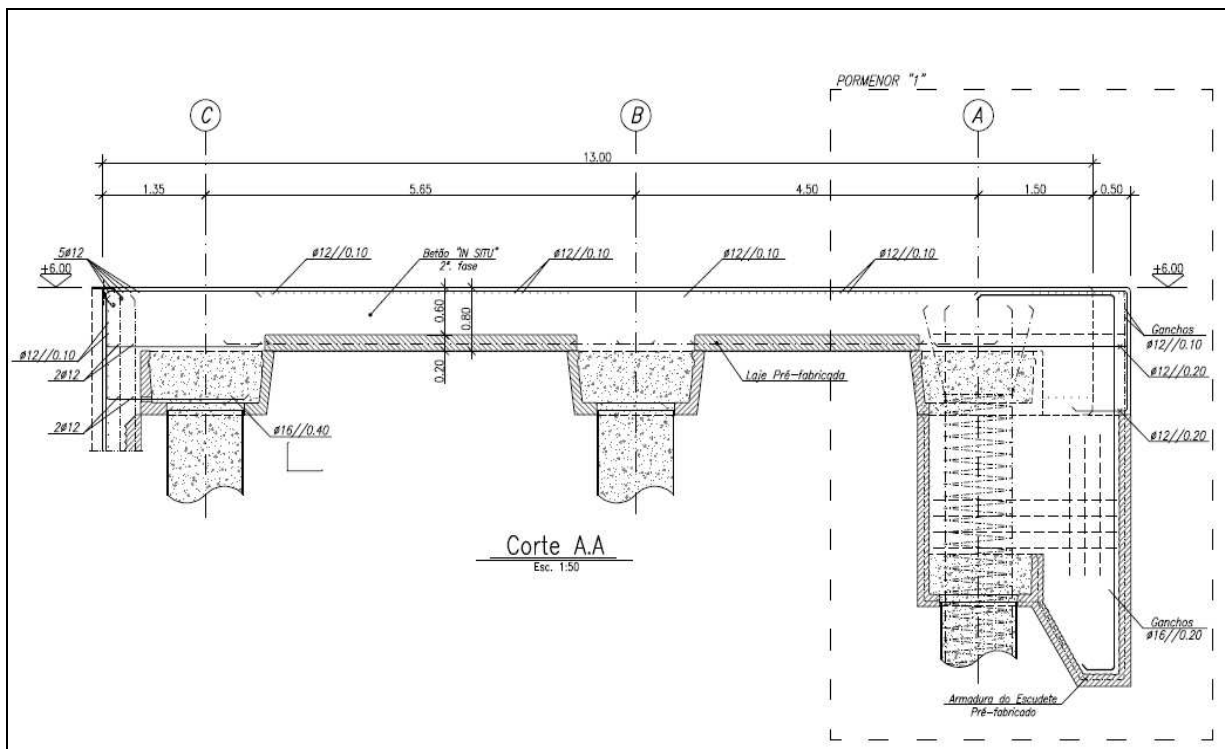


Fig. 3.63 – Corte tipo do trecho de cais com 13m de largura (imagem do projecto de execução).

3.6.6.3 Processos Construtivos do Cais Acostável de Navios de Cruzeiro

a) Estacas em Betão Armado

Como já foi referido, as estacas são de betão armado moldado “in situ”, com recurso a moldes metálicos perdidos com 1016mm de diâmetro exterior.

A execução das estacas começa com a cravação das camisas metálicas e perfuração até às cotas de projecto. Depois de colocada a camisa metálica é necessário contraventar às estacas vizinhas de modo a garantir o mais possível que não há deslocamentos antes da betonagem. Antes da colocação das armaduras efectua-se o saneamento da estaca com um “air-lift” para retirar todos os resíduos do seu interior. Após betonagem das estacas é necessário limpar a cabeça da estaca dos resíduos e escorrências de betão.

O equipamento de perfuração é conjunto formado pelo equipamento “Symmetrix” da Atlas Copco, montado em guia de cravação de 45m de comprimento, acoplada a uma grua de rastros Manitowoc 999, colocados sobre pontão flutuante dotado do sistema “jack-up”, embarcação “Perna Longa”.

Após estabilização e posicionamento correcto da plataforma e do equipamento de furação, com auxílio da topografia, pode-se dar início à operação, sendo também monitorizada pela topografia.



Fig. 3.64 - Apoio topográfico ao “Perna Longa”.



Fig. 3.65 - Fotografia do “Perna Longa”.

A camisa metálica é levada até à plataforma, rebocada por mar, flutuando graças a balões colocados nas suas extremidades, sendo depois içada pela grua.

Começando a furar, é necessário cravar a camisa metálica através do sistema “Symmetrix” até cerca de um metro no “bed-rock.” Atingida essa marca, o sistema solta-se da camisa e continua a perfuração de acordo com as fichas de projecto.



Fig. 3.66 – Extremidade de uma estaca com sistema “Symmetrix” acoplado.

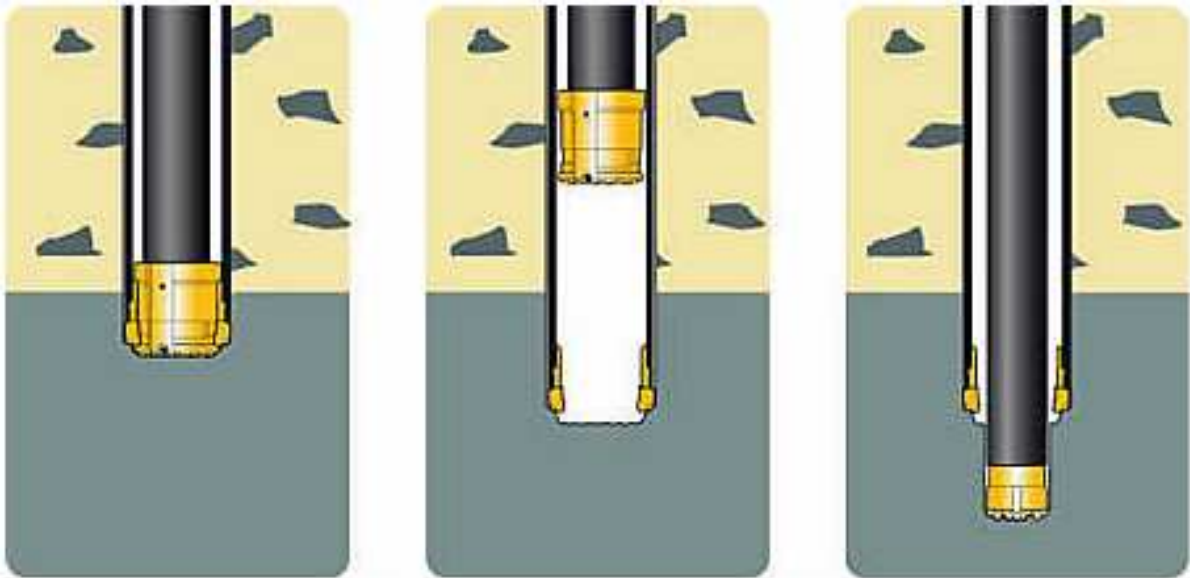


Fig. 3.67 - Esquema de funcionamento do sistema “Symmetrix”. [34]

As armaduras a colocar no interior da camisa, após saneamento com o “air-lift”, têm de ser empalmadas no estaleiro de modo a ter o comprimento total do furo, mais o necessário para dar amarração à viga. Estas já vêm cortadas e moldadas em troços de 12m de comprimento que ao serem empalmados são também reforçados com serra cabos, num total de 8 ou 12 por empalme, no caso de ser a armadura inferior ou intermédias, respectivamente.



Fig. 3.68 - Empalme de armaduras das estacas.

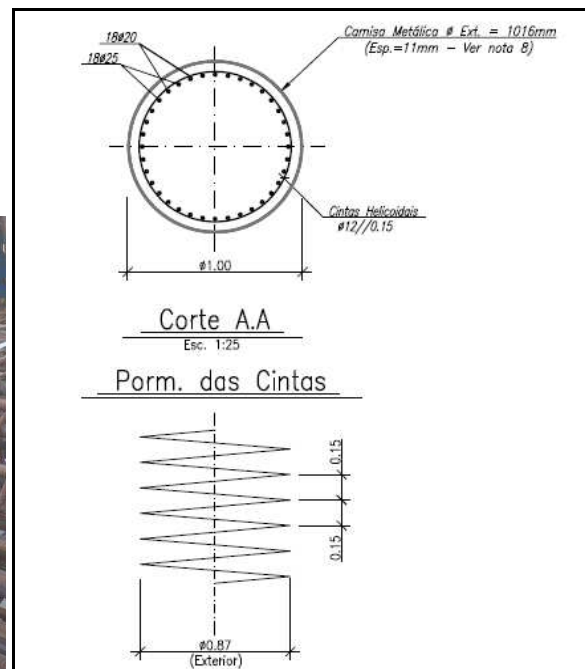


Fig. 3.69 - Pormenor das estacas do alinhamento A (imagem do projecto de execução).



Fig. 3.70 – Saneamento de uma estaca com "air-lift".



Fig. 3.71 - Colocação de armadura com grua-torre.

A coluna de betonagem, "tremie", é inserida pelo interior da armadura até cerca de 30cm do fundo do furo e termina com uma tremonha de recepção de betão.

Para que a betonagem ocorra em boas condições, é necessário colocar uma "rolha" em sarapilheira, cheia de betão fresco, que ocupe a totalidade da secção do "tremie". Esta rolha, é empurrada pelo betão desde a tremonha até ao fundo do tubo garantindo assim que este fica apenas com betão no seu interior. É importante garantir que o "tremie" está sempre mergulhado no betão no mínimo 2m e que a betonagem ocorre de forma praticamente contínua, para empurrar toda a água e impurezas desde a base da estaca até ao seu exterior. A betonagem termina quando o betão "limpo" atinge a superfície da camisa, sendo posteriormente vibrada a cabeça da estaca. A remoção dos contraventamentos é uma tarefa realizada vários dias após a betonagem da laje.



Fig. 3.72 – Colocação da "rolha" no "tremie".



Fig. 3.73 – Decorrer da betonagem de uma estaca.

É ainda de referir, que após no mínimo 36 horas após a betonagem, todas as estacas foram sujeitas a um ensaio sónico, de modo a verificar a integridade de todas as secções ao longo do fuste das estacas.



Fig. 3.74 – Fim da betonagem de uma estaca.



Fig. 3.75 – Ensaio sónico a uma estaca betonada.

b) Cortina de Estacas-Prancha Metálicas

Após betonadas as estacas de betão armado, e antes da colocação dos pré-fabricados do alinhamento sobre a cortina, foi possível cravar as estacas-prancha.

Estando colocada uma guia metálica, fixa nas estacas de betão, com recurso a um “vibrofonceur”, foram cravadas as estacas-prancha de modo a garantir as fichas determinadas em projecto.



Fig. 3.76 - Cravação de estacas-prancha com “vibrofonceur”.

Depois disto, procedeu-se à fixação do perfil HEA500 colocado de forma a encabeçar toda a cortina de estacas. Posteriormente, o conjunto formado pela cortina de estacas, HEA500 e estacas de betão armado, é solidarizado através de uma cinta metálica que abraça a estaca cilíndrica, fixa ao perfil sendo em seguida betonado todo o conjunto, dando origem a um maciço em betão armado.

Foi ainda fornecido e instalado um sistema de protecção catódica com o objectivo de proteger catódicamente contra a corrosão a referida cortina de estacas-prancha bem como o sistema computadorizado que permite a monitorização e controle contínuo e automático dessa protecção catódica.



Fig. 3.77 - Fotografia do conjunto solidarizado.



Fig. 3.78 - Fotografia do maciço betonado.

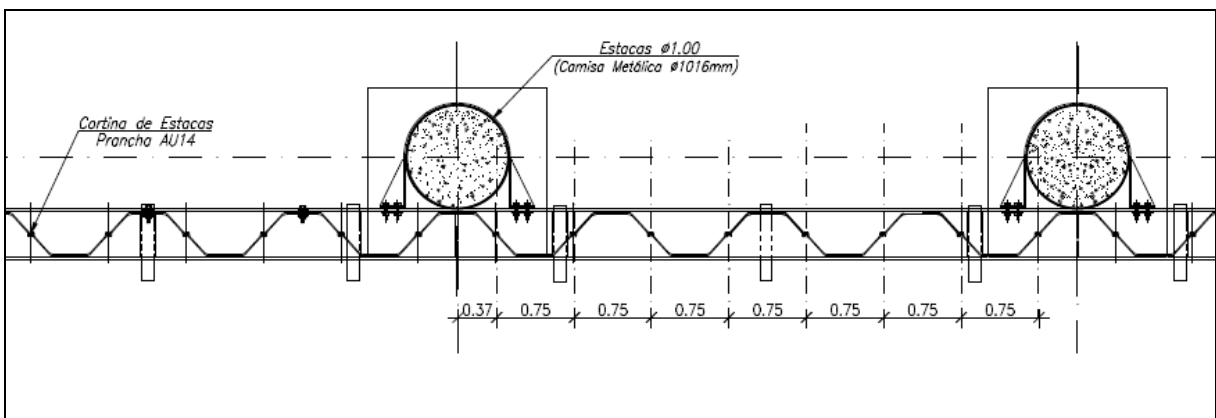


Fig. 3.79 – Estacas-prancha, viga HEA500 e maciço de solidarização (imagem do projecto de execução).

c) Superestrutura

A superestrutura em betão armado da ponte-cais tem início com a colocação de canaletas pré-fabricadas sobre apoios metálicos soldados à camisa das estacas já betonadas. A restante armadura das vigas foi montada em estaleiro, sendo colocada dentro dos canaletos e empalmada à armadura anterior caso quando não se tratava do primeiro troço de viga após uma junta de dilatação.

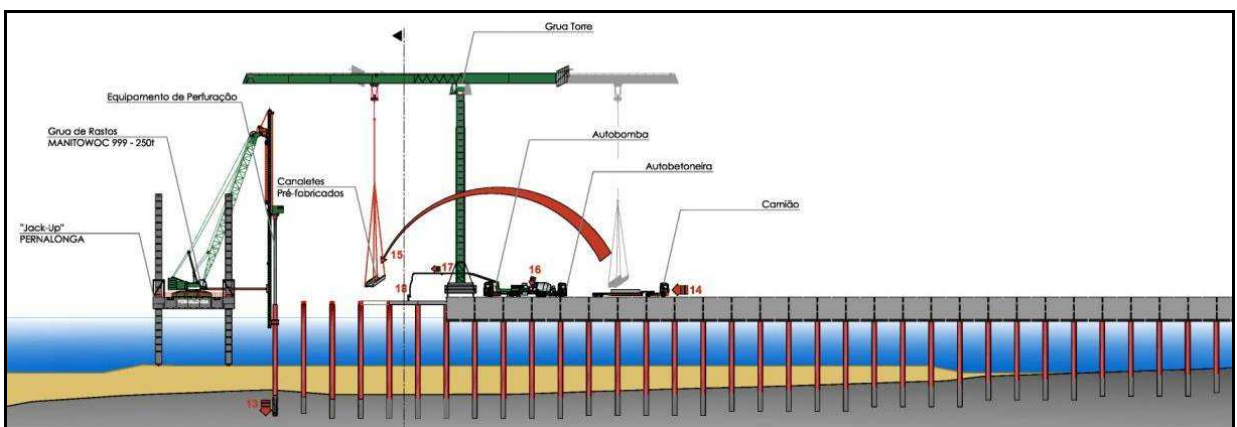


Fig. 3.80 – Esquema da progressão dos trabalhos no cais acostável. [25]

Colocadas as armaduras com os calços/espaçadores e garantida a conveniente remoção de detritos, pode-se realizar a primeira fase de betonagem do tabuleiro que corresponde à execução das vigas longitudinais.

É de referir, que nos locais onde posteriormente foram aplicadas as defensas, foi necessário executar um escudete de betão armado, com aproximadamente 10m^3 de volume, também ele pré-fabricado, tendo a sua betonagem de ser realizada antes da colocação dos canaletes que neles se apoiam.



Fig. 3.81 – Colocação de um escudete pré-fabricado.



Fig. 3.82 – Colocação de armadura num escudete.

A armadura interior do escudete é formada por uma malha tridimensional de $\Phi 12//0.15$ enquanto que as vigas variam conforme se trate do alinhamento A ou restantes.

Após algumas horas da betonagem de vigas foi possível começar a colocar as pré-lajes transversalmente a estas, de modo a conferir a geometria da secção a par dos painéis do intradorso do cais.

Este painel fica apoiado e chumbado no canalete e soldado na viga HEA500 por perfis metálicos.



Fig. 3.83 – Colocação de um canalete pré-fabricado.



Fig. 3.84 – Colocação da armadura numa viga.

É de notar que há uma grande variedade de modelos de canaletes e pré-lajes, dado que foi necessário adaptar essas dimensões à geometria do cais e respectivas singularidades.



Fig. 3.85 – Colocação de um painel do intradorso.



Fig. 3.86 – Colocação de uma série de pré-lajes.

Após a colocação destes pré-fabricados, foi possível montar a armadura superior da laje “in situ”, colocar as tubagens em PVC e executar caixas para posterior passagem das infraestruturas, colocar as cêrceas para os cabeços de amarração e pilares da manga fixa de passageiros, negativo para o carril da manga móvel e cantoneiras metálicas para remate do cais, de modo a realizar a segunda fase de betonagem.

O acabamento superficial neste tipo de pavimento é guiado em termos de cota por uns tentos previamente cotados e retirados após sarrafear o betão. Assim que o betão começa a ganhar presa, afaga-se com um “helicóptero” e espalha-se o endurecedor de superfície até se conseguir o efeito pretendido. Para finalizar, com um pulverizador espalha-se uma membrana de cura tipo Antisol.



Fig. 3.87 – Início de uma betonagem de laje.



Fig. 3.88 – Acabamento superficial final.

d) Apetrechamento do Cais – Defensas, Cabeços de Amarração, Escadas, Argolas

Uma vez terminada a betonagem do tabuleiro, depois de passar o tempo suficiente para se poder circular livremente sobre este, começaram a ser montados os acessórios do cais.

As defensas, afastadas de 18m, são de estrutura metálica em caixão fechado, tratadas e pintadas com sistema anticorrosivo associadas a dois elementos de elastómero de borracha. Os painéis de revestimento de baixo atrito, em HDPE (polietileno de alta densidade), são de cor clara, para não

deixar marca no casco dos navios de cruzeiro, os quais costumam estar pintados de branco. A sua montagem efectua-se nos escudetes, sendo fixas por chumbadouros a estes, após carotagem dos respectivos orifícios.



Fig. 3.89 – Execução de carotagem.



Fig. 3.90 - Aplicação de defensas.

Outro apetrechamento importante num cais são os cabeços de amarração. Estes são em aço vazado, devendo apresentar-se resistentes, compactos e homogéneos, sem fendas, bolhas ou areias dos moldes. Foram verificadas também as superfícies dado que não podem apresentar rebarbas ou asperezas que afectem os cabos. A capacidade de carga indicada de 100ton, é a carga máxima admissível de serviço, tendo um coeficiente de segurança de três.

O sistema de ancoragem dos cabeços à laje, é realizado por chumbadouros colocados antes da betonagem, e posicionados por uma chapa com cércea apropriada para o efeito e aparecem afastados de 36m ao longo do cais. Após colocação dos cabeços na posição correcta, regularizou-se a base com “grout” (argamassa de enchimento) e isolou-se as porcas com alcatrão a quente.



Fig. 3.91 - Chumbadouros e cércea de um cabeço.



Fig. 3.92 - Cabeço de amarração colocado.

Para finalizar este ponto é de referir que as argolas e escadas de segurança se encontram nas zonas salientes dos escudetes e são em aço macio corrente, galvanizadas com zincagem a quente.

e) Juntas de Dilatação

As juntas de dilatação transversais entre módulos da ponte-cais são do tipo macho-fêmea, formando um “dente”, de modo a garantir a transmissão de esforços entre módulos e a compatibilização de deformações na zona em consola, dado que a junta é realizada entre o vão de dois alinhamentos de estacas consecutivas, sendo a sua espessura de 3cm.

Para a execução do “dente”, recorreu-se a um negativo na viga, que após descofragem foi revestido por aglomerado negro de cortiça e patelas de neoprene que, receberão betão directamente na primeira betonagem do módulo seguinte.



Fig. 3.93 – Negativo após descofragem.



Fig. 3.94 – Aglomerado negro de cortiça e neoprene.

O aglomerado negro de cortiça foi também colocado em toda a área da junta na zona de laje, de modo a não haver ligação entre betão de módulos consecutivos.

A armadura que arma o betão no dente fica encastrada na viga do módulo seguinte, funcionando como armadura de suspensão. Na parte superior da laje, sobre a junta, foi deixado um negativo com perfil U, que mais tarde veio a albergar uma junta tipo “Algaflex T50”, que encobre a junta no pavimento, sem perturbar o seu normal funcionamento.



Fig. 3.95 – Armadura do “dente” da junta.



Fig. 3.96 – Junta tipo “Algaflex T50” no pavimento.

f) Carril da Manga Móvel

Com o objectivo de dotar o cais acostável de uma manga móvel de acesso de passageiros, foi necessário criar no tabuleiro um negativo na segunda fase de betonagem, negativo esse que serve de cêrcea a todos os chumbadouros requeridos na fixação do carril do equipamento rolante. Só há necessidade de um carril, do lado acostável, uma vez que a perna interior é apoiada em pneus.

A aplicação do carril, é regida principalmente pela necessidade de garantir que o desvio máximo entre a linha do carril e o seu eixo teórico não ultrapasse os 10mm, e que a flecha máxima num qualquer troço de 2m não ultrapassa 1mm. Relativamente ao desnivelamento, a diferença entre a mesa do carril e a horizontal teórica não deve ultrapassar 10mm, enquanto que a flecha entre dois pontos afastados entre si num qualquer troço de 2m não deve ultrapassar 2mm. Transversalmente, a inclinação máxima admissível, em relação à horizontal é de 0,3%.



Fig. 3.97 – Negativo na laje e chumbadouros.



Fig. 3.98 – Negativo descofrado e mesas transversais.

Após colocação do carril e fixação com as molas adequadas, foi aplicado um betuminoso a frio compactado com um maço para preencher todo o espaço vazio, encobrendo os chumbadouros, as mesas transversais de apoio, as molas e o “grout” de regularização aplicado por baixo das mesas.



Fig. 3.99 – Colocação do carril sobre as mesas.



Fig. 3.100 – Acabamento final com betuminoso.

3.6.7. PORTO DE RECREIO E CAIS FLÚVIO-MARÍTIMO

3.6.7.1. Aspectos Gerais

O dimensionamento e organização do Porto de Recreio, resultam do “boat mix” requerido pelo Dono de Obra, contando com local para embarcações desde Classe I até VII, até 25m, totalizando um total de 170 lugares disponíveis.

A área do cais flúvio-marítimo, localizada na extremidade do intradorso do cais acostável de cruzeiros, conta com espaço para receber uma embarcação de turismo da classe “Douro Queen”, tendo capacidade de abastecer as embarcações de água potável e energia eléctrica.

Na parede de contenção da área de Apoio Náutico, foi criado também um cais de recepção/honra com 38m de comprimento, com capacidade de receber uma embarcação até Classe VII.

Para finalizar, foi concebido ainda um cais de serviço/combustíveis para duas ou três embarcações, localizado na face nascente da parede de contenção da área de Apoio Náutico.

Na presente empreitada foram cravadas todas as estacas metálicas para futura instalação dos equipamentos flutuantes do Porto de Recreio e colocados os passadiços para as embarcações flúvio-marítimas e respectiva rampa de acesso.



Fig. 3.101 – Simulação nocturna das opções lumínicas para o Porto de Recreio. [26]

Os equipamentos flutuantes a instalar no Porto de Recreio, não incluídos nesta empreitada, deverão ser em poliestireno expandido revestido a betão e reforçado com aço inox enquanto o guiamento e fixação serão realizados por anéis guias associados a estacas metálicas tubulares, previamente seladas no “bed rock”.

Na zona exposta a maior agitação marítima, os flutuantes do cais flúvio-marítimo são do tipo quebramar flutuante sendo fixos com o mesmo tipo de material a utilizar no Porto de Recreio. Dado que estes quebramar vão receber embarcações com alguma dimensão, é necessário dotá-los de defensas em elastómero de borracha e de cabeços de amarração de 100kN.

Os acessos aos equipamentos flutuantes são realizados por estruturas tipo ponte, em aço tubular, soldado, com guardas laterais em toda a sua extensão e com acabamento anti-corrosão.

Os acabamentos das pontes de acesso e dos conveses dos equipamentos flutuantes são idênticos, sendo realizados por ripas antiderrapantes de madeiras exóticas imputrescíveis do tipo Tally (de África) e Massaranduba (do Brasil).



Fig. 3.102 – Rampa de acesso ao cais Flúvio-Marítimo. Fig. 3.103 – Quebramar flutuante com convés revestido.

3.6.7.2. Processos Construtivos e Cláusulas Técnicas

Numa fase inicial, a par das dragagens iniciais do reperfilamento do Molhe Sul, foram também executadas dragagens e uma regularização dos fundos da área correspondente ao Porto de Recreio.

Concluídas essas tarefas e a protecção marginal do aterro do Terminal de Passageiros, foi possível começar a executar as estacas metálicas de guiamento do equipamento flutuante do Porto de Recreio.

Essas estacas metálicas têm diâmetros compreendidos entre 508mm e 813mm e paredes com espessuras de 16 a 19mm.

Para isto estiveram envolvidas as duas empresas do consórcio, cada uma com equipamento diferente para realizar a colocação da estaca.

A ETERMAR recorreu ao pontão flutuante “Skyline Barge 18” para realizar esta tarefa. Em primeiro lugar é necessário posicionar o batelão e a camisa metálica exterior com auxílio topográfico.

Em seguida, com o “vibrofunceur” colocado no topo da camisa, este é colocado em funcionamento até a camisa atingir o “bed rock”. Retira-se o “vibrofunceur” e coloca-se o corpo de suporte e comando do equipamento de furação sobre a camisa metálica, de forma a acoplar a coluna de furação com o “bit” que depois de accionada perfura o “bed rock” até à cota definida no projecto.



Fig. 3.104 – “Skyline Barge 18” em furação.



Fig. 3.105 – Coluna de furação com “bit” acoplado.

Após execução do furo no interior da camisa, coloca-se a estaca metálica dotada de uns espaçadores metálicos soldados de forma a garantir o seu correcto posicionamento no interior desta.

Depois de garantir o correcto posicionamento da estaca, executa-se a selagem com betão submerso até à cota superficial do “bed rock”, a partir do interior da estaca, que possui umas aberturas no fundo que garantem que o betão preenche o espaço entre a estaca metálica e a rocha que a circunda. Passadas algumas horas pode-se retirar a camisa metálica e ficamos com a estaca encastrada num maciço de betão. Para finalizar, preenche-se o fuste da estaca metálica com brita através de um balde “clamshell” ou saco com abertura de fundo.

Além deste método, a CPTP, S.A. também colocou algumas estacas metálicas do Porto de Recreio com recurso ao sistema “Symmetrix”, em tudo idêntico ao utilizado na colocação e perfuração executados nas camisas das estacas de betão armado do cais acostável. A principal diferença em relação ao método anterior prende-se à falta de necessidade de selagem da estaca cravada, uma vez que a furação é executada com o “bit” acoplado à extremidade da estaca metálica, ficando na posição exacta quando se atinge a cota de projecto.

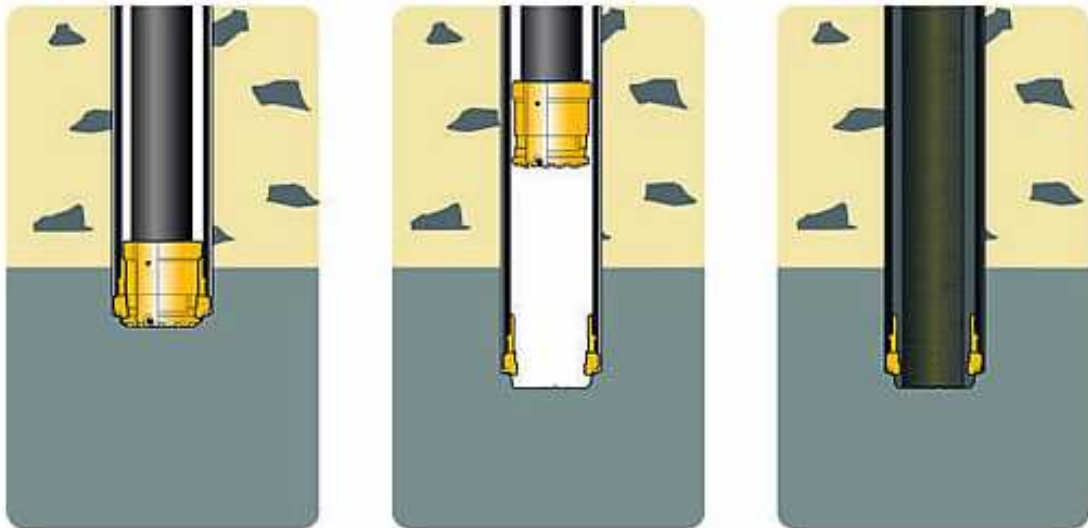


Fig. 3.106 – Esquema de cravação de estacas metálicas com sistema “Symmetrix”. [34]



Fig. 3.107 – Estaca com sistema “Symmetrix” acoplado. [27]

A superfície exterior dos tubos metálicos foi decapada e recebeu uma demão de primário para ambientes marinhos com 80 microns e duas demãos de tinta epoxi com 100 microns de espessura cada.



Fig. 3.108 – “Perna Longa” em furação.



Fig. 3.109 – Estacas metálicas terminadas.

O acesso aos equipamentos flutuantes do Porto de Recreio será assegurado por pontes de acesso em aço tubular, com guardas laterais em toda a sua extensão e com acabamento anti-corrosão, a ser executados na empreitada seguinte.

Na presente empreitada, foi apenas executada base de suporte das pontes de acesso, denominada de Ilha Ecológica. As zonas desta “Ilha” que se encontram visíveis são em betão branco, sendo formada por três células distintas que depois foram preenchidas por brita, sendo deixados oito negativos para posterior instalação de contentores de separação de lixo.

A laje de fundo e arranque das paredes desta estrutura foram pré-fabricadas em estaleiro dado que se encontram a cotas muito baixas e de difícil execução “in situ”.

A parte frontal da Ilha, em forma arredondada, foi betonada com um betão branco auto-compactável desenvolvido pelo Labest/FEUP, no âmbito do projecto FCT-PTDC/EMC/70693/2006, incorporando metacaulino na sua composição tendo em vista a melhoria da durabilidade da estrutura. [2] Durante a fase de montagem das armaduras e cofragem foram instalados pelo LABEST/FEUP sensores de corrosão, temperatura e extensómetros de fibra óptica que ficaram embebidos no betão, ficando ligados a um sistema de aquisição contínua e automática de dados para posterior análise.

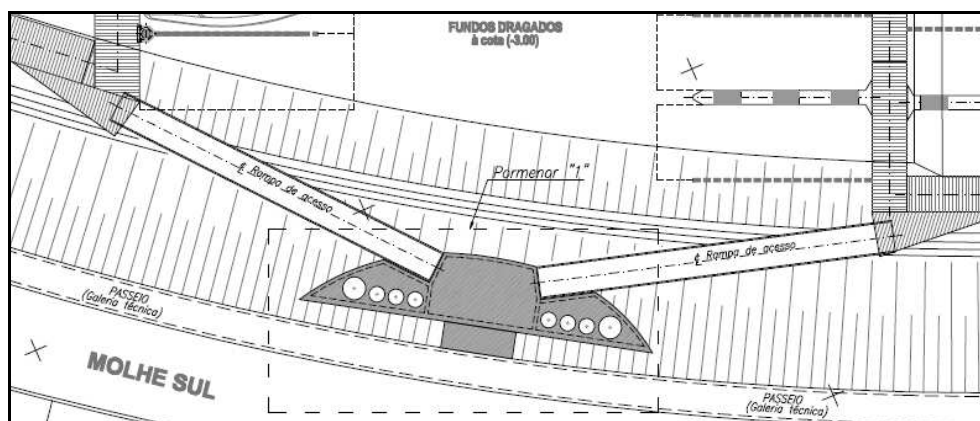


Fig. 3.110 – Ilha Ecológica – planta geral (imagem do projecto de execução).

Foram ainda construídos dois painéis com o mesmo betão, também com o mesmo tipo de sensores instalados, que ficaram junto da estrutura, sujeitos às mesmas condições ambientais, servindo de termo de comparação com a estrutura real.

De salientar que é por esta estrutura que será assegurado o abastecimento eléctrico e de CCTV ao Porto de Recreio.

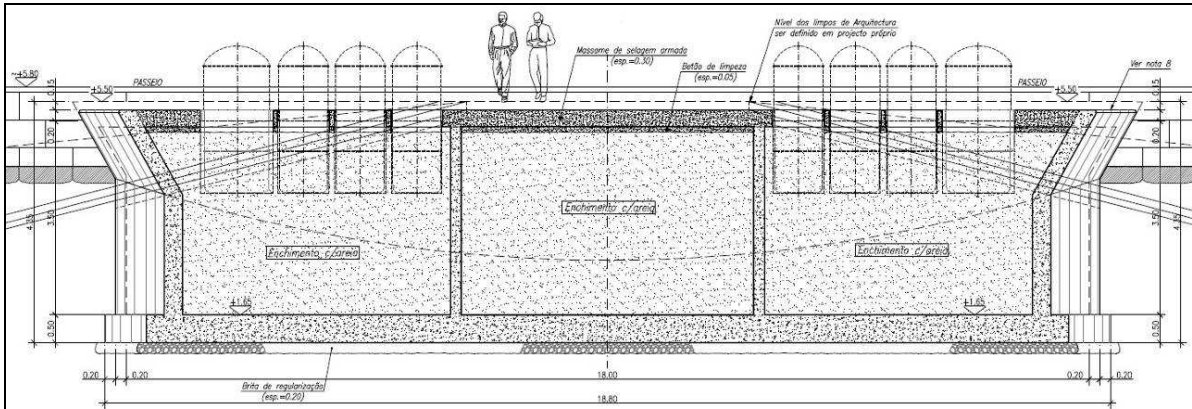


Fig. 3.111 – Ilha Ecológica – corte (imagem do projecto de execução).



Fig. 3.112 – Betonagem da Ilha Ecológica.



Fig. 3.113 – Ilha Ecológica concluída.

3.6.8. PLATAFORMA DE APOIO AO PORTO DE RECREIO – MURO-CAIS EM ADUELAS

3.6.8.1. Aspectos Gerais

Esta área designada de Plataforma de Apoio ao Porto de Recreio, está implantada na extremidade do Molhe Sul.

De uma forma resumida, é dotada de um aterro à cota +4,80m (ZHL) e de um coroamento em betão armado à cota +5,90m (ZHL).

O aterro é confinado por um conjunto de aduelas de betão pré-fabricadas, com dimensões diversas dada a complexidade da geometria do muro-cais, cujas células estão preenchidas por brita, solidarizadas por pilares e por uma viga de coroamento, ambos em betão armado executados “in situ” de forma a conferir a estabilidade exigida ao conjunto.

As aduelas estão assentes num prisma de fundação regularizado e compactado à cota -6,00m (ZHL).

Esta plataforma, tem como objectivo, ser capaz de receber um edifício com instalação de apoio aos navegantes, iluminação funcional exterior, um pórtico-elevador de barcos (travelift), uma grua coluna com capacidade de 7ton. No perímetro desta plataforma será instalado um cais de honra/recepção com 38m, capaz de receber embarcações até 25m, e também um cais de serviço com 24m, com posto de abastecimento de combustíveis.

É de notar, que nesta empreitada não consta a execução do pavimento na plataforma. No entanto foram tomadas medidas que facilitem e possibilitem uma fácil execução futura do mesmo.



Fig. 3.114 - Muro-cais em aduelas.

3.6.8.2. Processos Construtivos

A fundação do muro-cais resulta da realização de um prisma de fundação, com enrocamento graduado de 10 a 50 kg, em stock no talude inicial do aterro. Mas, dada a existência de materiais lodosos e siltes numa espessura considerável, foi realizada precedentemente uma dragagem.

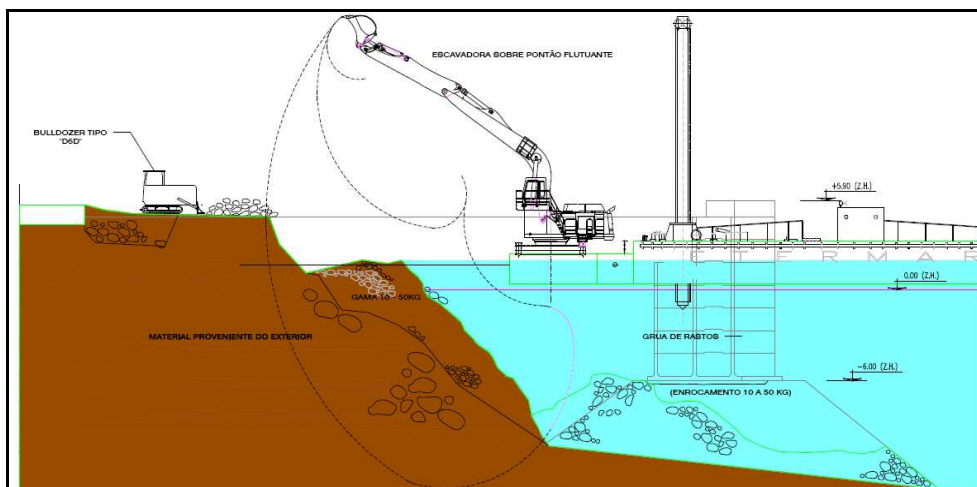


Fig. 3.115 - Execução do prisma de fundação das aduelas. [25]

Após a execução do prisma, realizou-se a compactação dinâmica, acção que quase consegue eliminar os assentamentos que estas estruturas sofrem quando são sujeitas á sobrecarga, e isto veio a verificar-se nesta obra também. Foi utilizado um compactador submersível “Dynapack CR 31”, montado em grua de rastos, procedendo-se a uma inspecção subaquática com mergulhadores no decorrer deste processo.



Fig. 3.116 - Compactador submersível “Dynapack CR 31”.

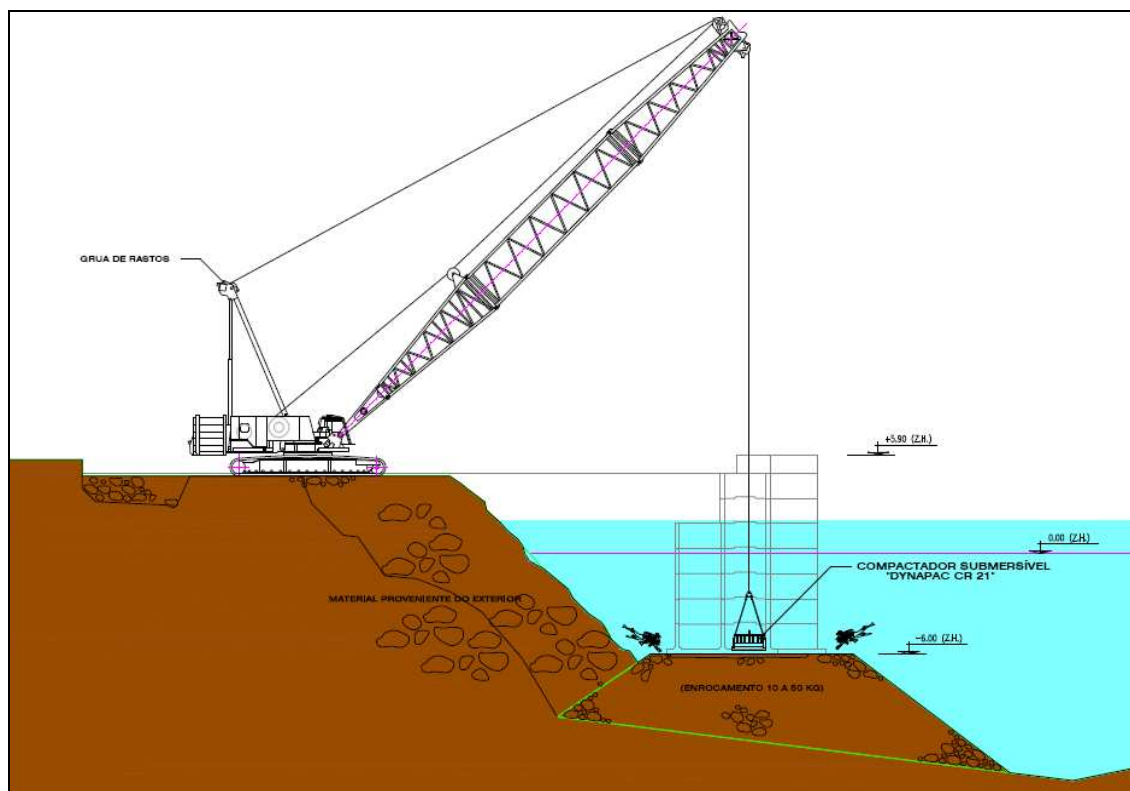


Fig. 3.117 - Esquema de compactação dinâmica dos prismas de fundação. [25]

Subsequente á realização dos prismas em enrocamento, cumprindo os perfis de projecto, foi necessário fazer uma regularização dos fundos com brita. A brita foi colocada com grua e um balde tipo “clamshell “ sendo a cama nivelada por mergulhadores, utilizando um conjunto de guias metálicas reguláveis colocadas segundo orientação topográfica. Com isto, temos as camas de brita prontas a receber as aduelas de fundo.

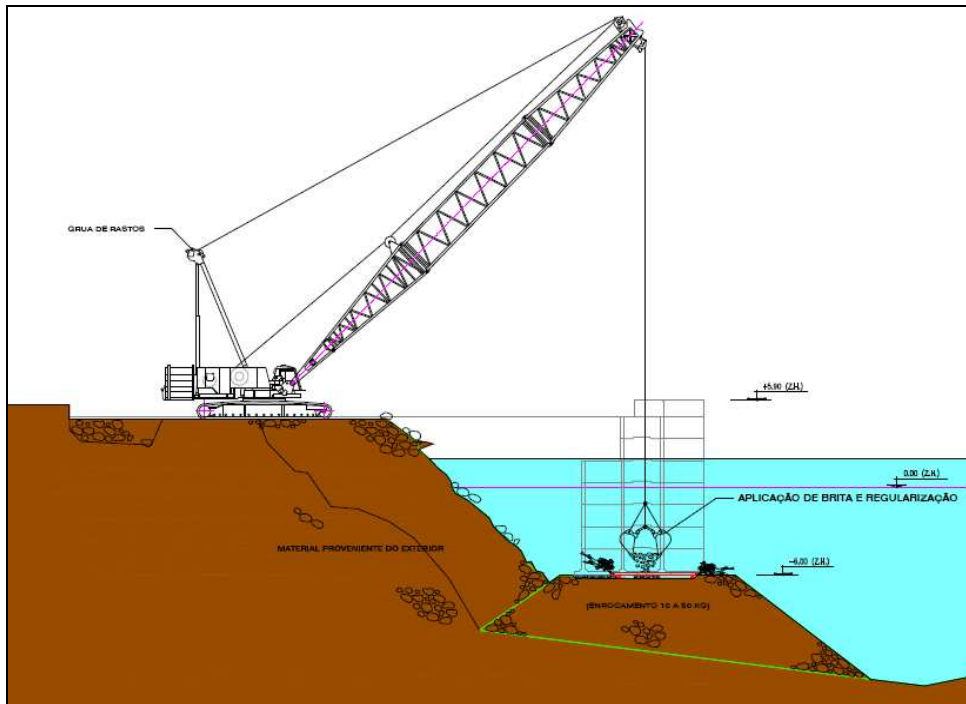


Fig. 3.118 - Aplicação de brita e regularização da base de assentamento. [25]

Posteriormente, e assegurado o tempo de cura das aduelas, e garantida a correcta execução dos prismas de fundação e das camas de britas, deu-se início à colocação das mesmas.

As aduelas foram colocadas utilizando “cangas” criadas para o efeito, semelhantes às usadas na sua movimentação em estaleiro, e com o acompanhamento permanente dos mergulhadores. O posicionamento rigoroso de cada peça foi garantido a partir da superfície, através da colocação de alvos numa estrutura provisória apurada, acoplada à parede da aduela a colocar.

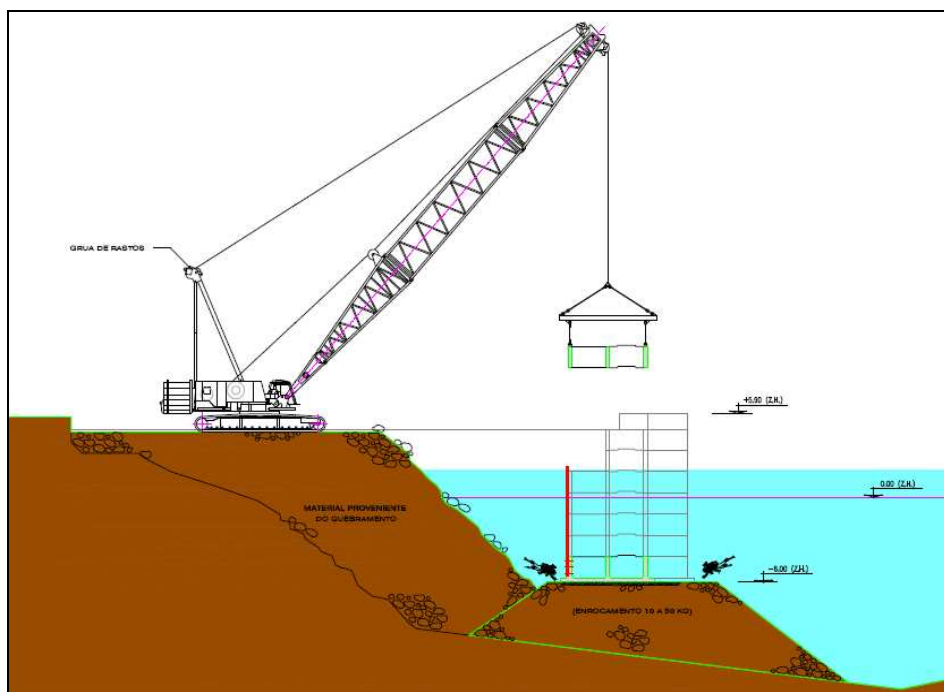


Fig. 3.119 - Esquema de colocação das aduelas de fundo. [25]



Fig. 3.120 - Colocação da primeira aduela de fundo.

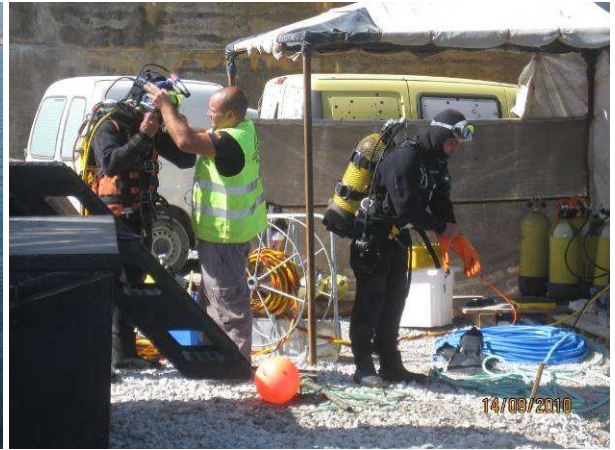


Fig. 3.121 - Equipamento vídeo dos mergulhadores.



Fig. 3.122 - Fotografia da progressão do muro-cais.

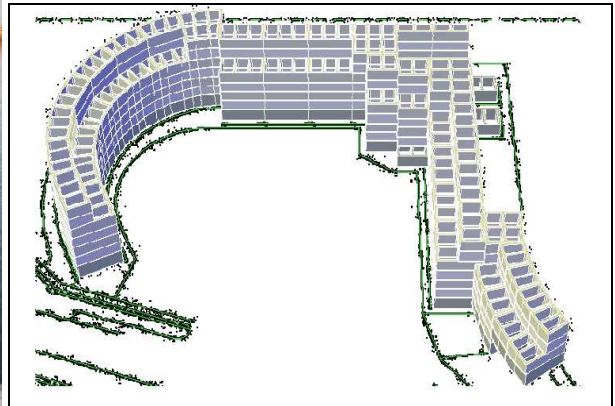


Fig. 3.123 - Esquema tridimensional do muro-cais.

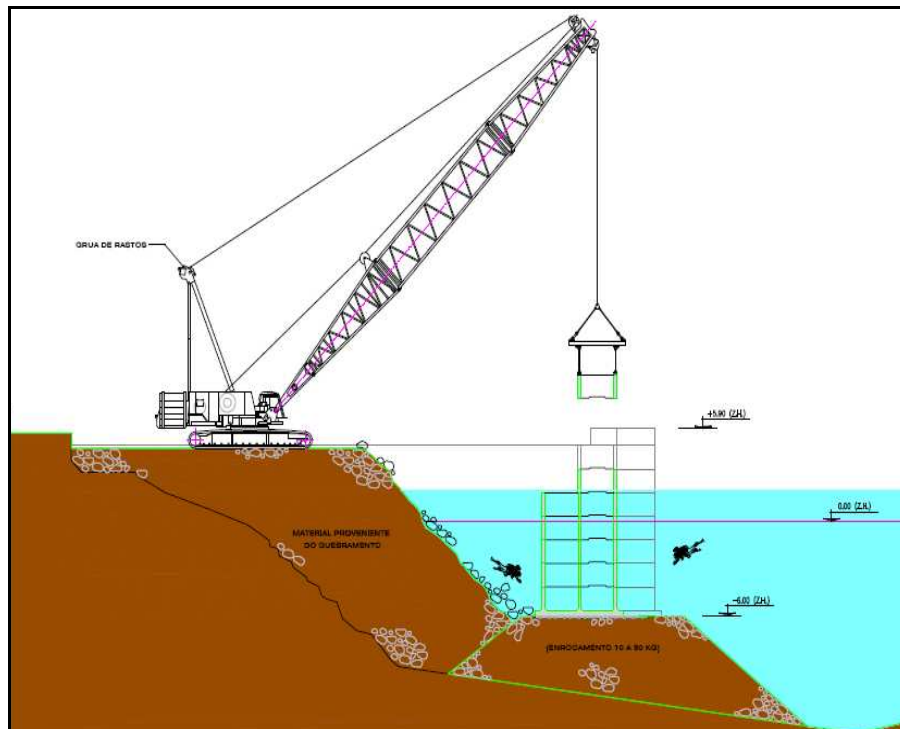


Fig. 3.124 - Esquema de colocação de aduelas intermédias e de coroamento. [25]

Após finalizada a colocação das aduelas, por colunas, foi dado início ao preenchimento das células que iriam receber material granular, uma vez mais com recurso à grua de rastros com o balde tipo “clamshell”.



Fig. 3.125 - Preenchimento das células com brita.



Fig. 3.126 – Início da sobrecarga nas aduelas.

Com as células totalmente preenchidas com brita, procedeu-se à colocação da sobrecarga das colunas de aduelas, de modo a atingir os 200kN/m^2 na base, no prisma de fundação. Esta sobrecarga, veio provocar pequenos assentamentos dado que a o prisma de fundação já se encontrava compactado. No entanto é importante realizar esta tarefa, eliminando assim a probabilidade de ocorrerem grandes assentamentos da fundação diferidos no tempo.

Concluída esta tarefa, as células que são em betão armado foram betonadas com recurso a auto-bomba, de forma gradual, não mais de 3m de altura por dia. A betonagem de cada coluna não foi executada de uma forma contínua porque tal facto iria provocar pressões muito elevadas nas paredes das aduelas enquanto o betão não ganhasse presa, podendo provocar fissuração ou mesmo o colapso das mesmas. Dado se tratar de betonagem abaixo do nível da água, esta foi executada de um modo semelhante às estacas de betão armado do cais acostável, metodologia abordada anteriormente.

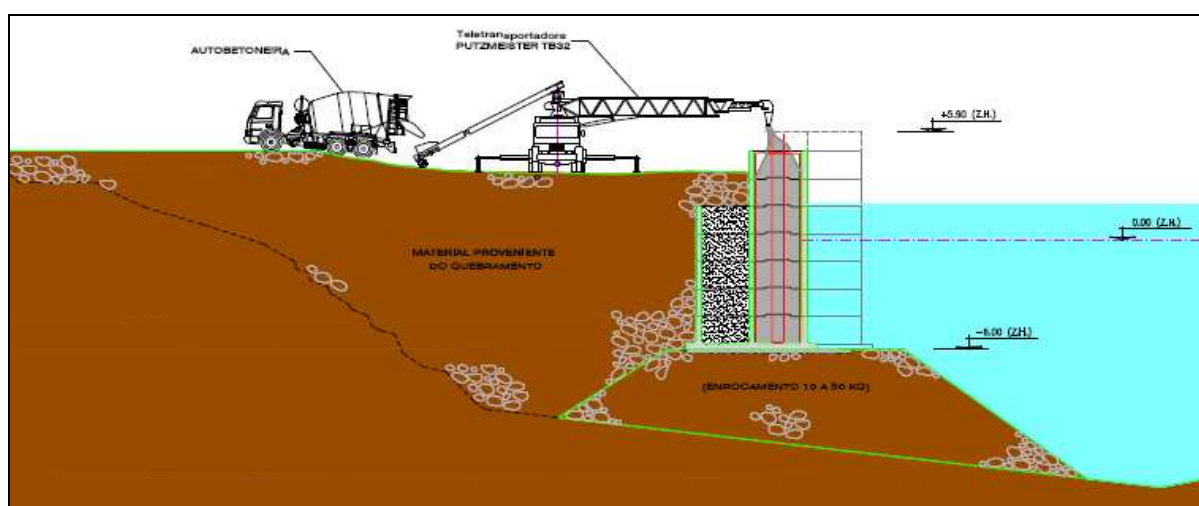


Fig. 3.127 - Esquema de betonagem das células/pilar. [25]



Fig. 3.128 – Colocação da armadura no pilar.



Fig. 3.129 – Estrutura do “travelift” (22-03-2011).

Finalmente, de moto a criar uma unidade estrutural, a partir da cota +4,80m (ZHL), o muro-cais é composto por uma superestrutura de betão armado, executada “in situ”, com cota de coroamento à +5,90m (ZHL).

Esta viga tem um bordo periférico, galvanizado e pintado e o acabamento superficial do betão é idêntico ao do cais acostável, tendo sido aplicado o mesmo endurecedor de superfície com a pigmentação determinada pelo projecto de arquitectura.

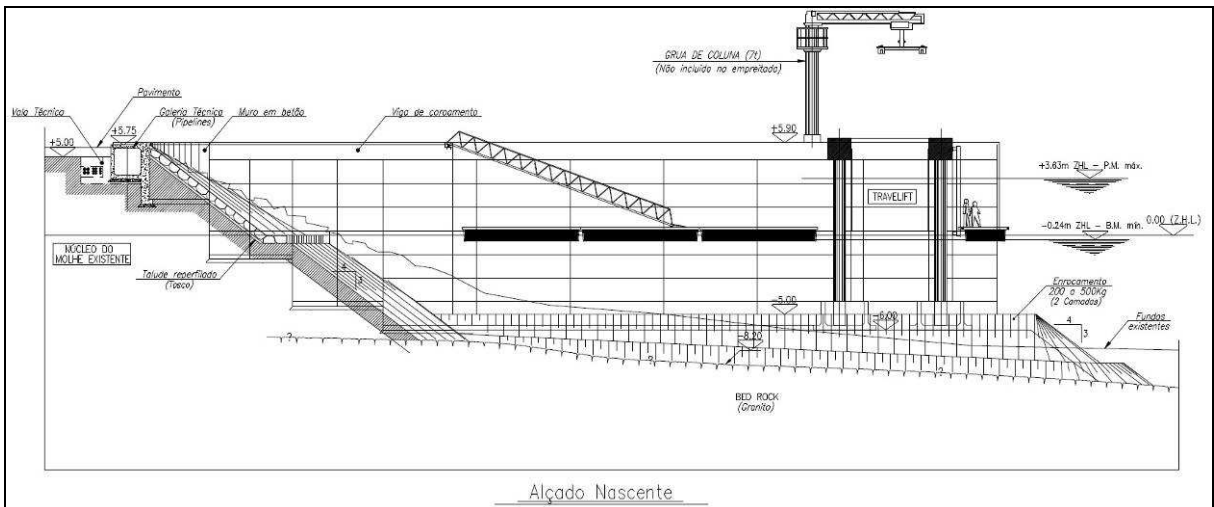


Fig. 3.130 – Alçado nascente do muro-cais em aduelas (imagem do projecto de execução).

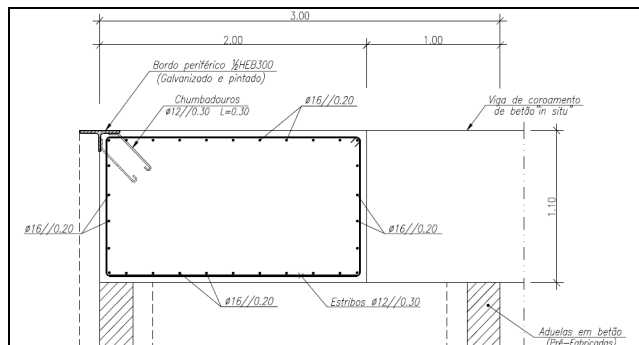


Fig. 3.131 - Pormenor construtivo da viga de coroamento do muro-cais (imagem do projecto de execução).

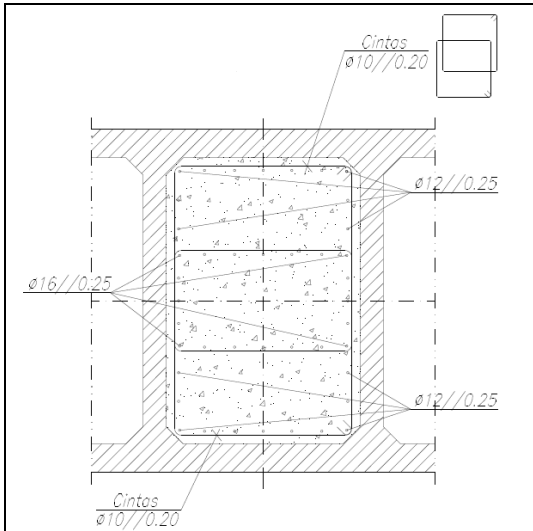


Fig. 3.132 – Núcleo/pilar em betão armado (imagem do projecto de execução).



Fig. 3.133 – Viga de coroamento completa.

3.6.9. PRODUÇÃO DAS ADUELAS EM ESTALEIRO

As aduelas pré-fabricadas utilizadas na construção do muro-cais, foram totalmente produzidas em estaleiro, desde a montagem das armaduras, montagem de cofragem e betonagens.

Foram fabricadas um total de 186 aduelas de 17 modelos diferentes, variedade e quantidade exigida pela complexidade geométrica do muro-cais. Dessas, foram colocadas 181, de modo a adaptar o muro-cais às condições reais, ligeiramente diferentes das de projecto (no encontro com o Molhe Sul).

A montagem das armaduras foi executada “in situ”, por subempreiteiro especializado, tendo sido produzidas cofragens metálicas propositadamente para o fabrico das aduelas dado que assumem formas geométricas pouco convencionais. Inicialmente foram betonadas as lajes de fundo para, posteriormente se montar as cofragens e moldar as células.

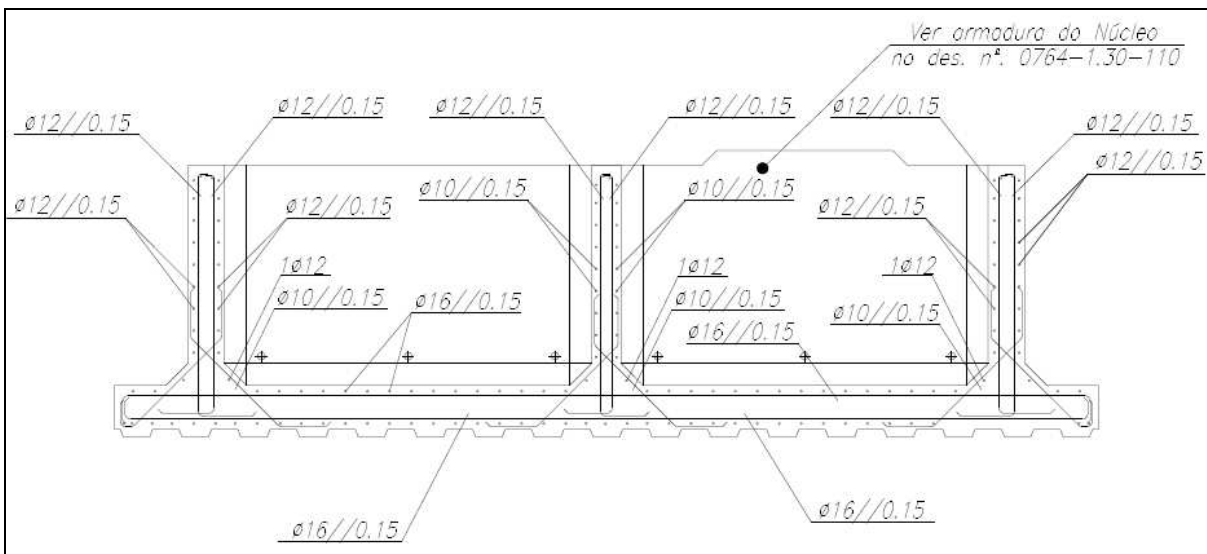


Fig. 3.134 – Corte construtivo vertical das aduelas do tipo A1 (imagem do projecto de execução).

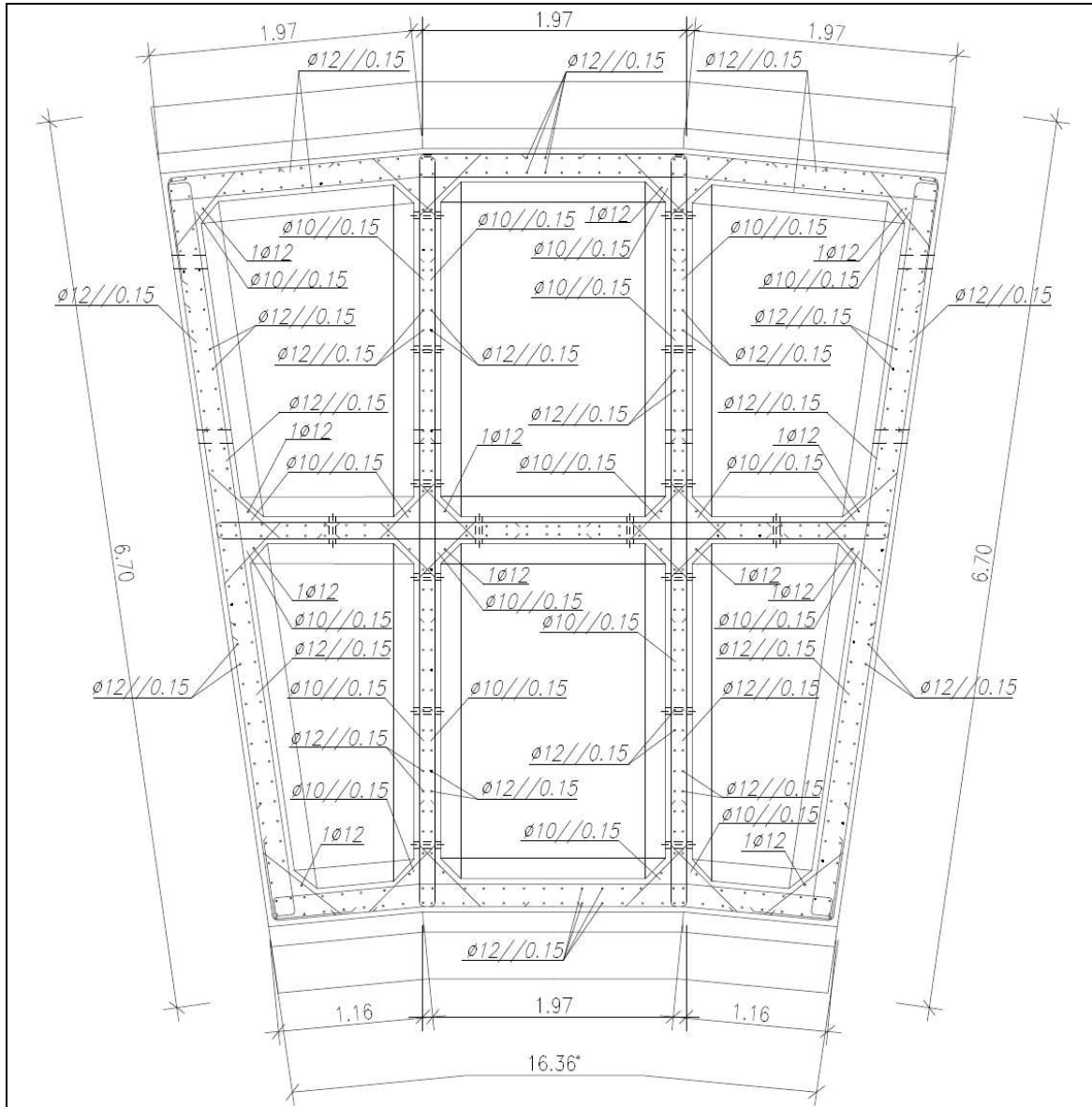


Fig. 3.135 – Corte construtivo horizontal das aduelas do tipo A6 (imagem do projecto de execução).



Fig. 3.136 – Armadura e cofragem de uma laje de fundo.

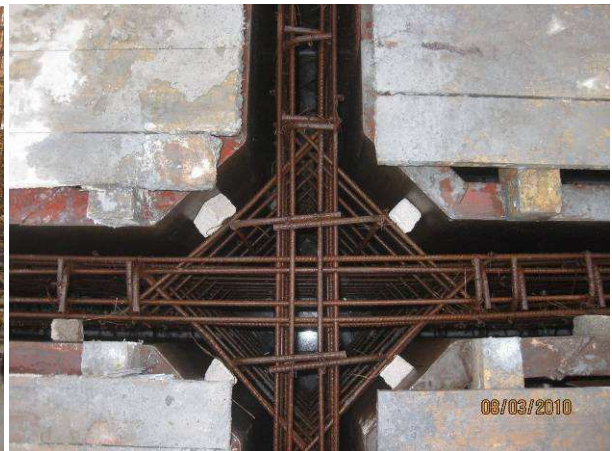


Fig. 3.137 – Armadura e cofragem das células.



Fig. 3.138 – Armadura e cofragem de uma laje de fundo. Fig. 3.139 – Desmoldagem das células de uma aduela.

Após desmoldagem e identificação de tipo e número da aduela, foram armazenadas no estaleiro, esperando a sua vez de transporte até ao local de aplicação. Dadas as suas dimensões, e necessidade de movimentação das aduelas com o betão ainda em idades jovens, este trabalho foi realizado com o máximo sentido de responsabilidade por parte de todos os intervenientes. Para tal movimentação recorreu-se a uma grua de rastos, de grande capacidade, tal como na sua colocação final.

3.6.10. FOTOGRAFIA DA OBRA CONCLUÍDA



Fig. 3.140 – Fotografia da obra concluída (18-03-2011).

4

PROCEDIMENTOS DE CONTROLO DA QUALIDADE, SEGURANÇA, SAÚDE E AMBIENTE

4.1. INTRODUÇÃO

Os serviços de fiscalização da Obra Exemplo, visaram assegurar o cumprimento integral do Projecto de Execução e do Programa do Empreendimento, desenvolvendo acções de controlo, principalmente nas áreas da Qualidade, Planeamento, Custos, Segurança, Saúde e Ambiente.

É objectivo do presente capítulo, explorar o Plano de Gestão da Qualidade, que foi executado baseado na Norma NP EN ISO 9001:2008 – Sistemas de Gestão da Qualidade, definindo também a metodologia adoptada, os objectivos a atingir, os recursos utilizados, as actividades desenvolvidas e respectiva programação e, do ponto de vista documental, os formulários e registos que foram necessários executar e preencher de modo a garantir o cumprimento das disposições legais e regulamentares aplicáveis, as obrigações contratuais para com o Dono de Obra, normas e especificações técnicas aplicáveis e boas práticas de execução.

Pretende-se ainda identificar o conjunto de rotinas e actividades mais relevantes adoptadas pela equipa de fiscalização no decorrer deste projecto, como um instrumento para garantir a satisfação do Dono de Obra e das restantes partes interessadas, promovendo a melhoria contínua exigida pelas especificidades do projecto.

4.2. METODOLOGIA DE FISCALIZAÇÃO DA OBRA EXEMPLO

Logo após adjudicação do Projecto, foi necessário definir uma metodologia para a abertura, arranque e planeamento da prestação de serviços de fiscalização.

Numa primeira fase, o Director de Projecto e Director Operacional, após analisar os documentos contratuais e o projecto, ficaram responsáveis por preparar e solicitar uma reunião com o Dono de Obra para eventuais esclarecimentos, designadamente no que concerne à responsabilidades do Dono de Obra a atender nas diversas fases da prestação de serviços, definir os circuitos de informação a estabelecer entre os vários intervenientes, bem como tomar conhecimento de informações provenientes de eventuais contactos que tenham já ocorrido, entre o Dono de Obra e o Empreiteiro, que pudessem ser relevantes para o desenvolvimento dos trabalhos.

Posteriormente, foi preparada uma reunião interna de arranque de projecto, onde foi feita uma explicação do projecto de prestação de serviços, em que se incluiu a apresentação do âmbito, à equipa, com especial ênfase para aspectos particulares ou especificidades que tenham resultado da fase de proposta e/ou outros que fossem relevantes acautelar no arranque externo com o Dono de Obra. Foram fornecidos os dados e contactos conhecidos do cliente, bem como particularidades a atender no relacionamento entre ambos.

Nessa altura a equipa conhece todos os intervenientes, suas afectações e respectivas responsabilidades bem como a forma de integração de novos elementos da equipa, eventualmente em falta à data da primeira reunião.

Cada elemento da equipa tomou conhecimento das principais tarefas a levar a cabo, por cada um dos intervenientes, respectivos prazos, e emissão de documentos da sua responsabilidade.

O planeamento e cronograma da prestação de serviços foi exposto a par das especificidades do projecto e estudo de questões que previsivelmente poderão surgir no decorrer das actividades, no sentido de definir acções para as eliminar ou minimizar de forma preventiva.

Foram ainda analisados os dados e informações existentes e a obter, foi explicado o Plano de Gestão da Qualidade a elaborar, com respectivos prazos e intervenientes, o Acompanhamento de Segurança e Saúde e o Acompanhamento Ambiental da Obra.

Por fim definiram-se os relatórios a produzir, âmbito, prazos e responsabilidade, bem como outros assuntos considerados relevantes para o arranque efectivo da prestação de serviços.

Na sequência da reunião de arranque, o Director de Projecto convocou o Empreiteiro, com conhecimento do Dono de Obra, para uma reunião, onde se discutiram os aspectos mais relevantes associados ao arranque, planeamento e controlo dos trabalhos, debatendo, entre outros assuntos, a equipa e seus interlocutores, especificidades do projecto, a lista de materiais sujeitos a Pedido de Aprovação e à entrega de Amostras, Plano de Aproveitamento e clarificação do Procedimento de Recepção de Materiais/Equipamentos.

Ainda no âmbito desta reunião tomou-se conhecimento das datas de emissão de autos, relatórios, reuniões, resultados de ensaios, etc., e de alguns documentos do Empreiteiro, a saber, o Plano de Qualidade, Plano de Estaleiro, Desenvolvimento do Plano de Segurança e Saúde, Plano de Gestão Ambiental e Plano de Trabalhos, Cronograma Financeiro e Mapas de Mão-de-Obra e Equipamento.

Começando os trabalhos em obra, a equipa fez um controlo físico das actividades, recolhendo sistemática e diariamente elementos como datas de início, percentagem de trabalho realizado e datas de conclusão, que serviram de base à identificação de potenciais desvios e respectivas causas.

O desenvolvimento e implementação do Plano de Qualidade atendeu às particularidades da obra, documentos contratuais e às regras de boa arte de construir, apresentando-se conciso e consistente com os processos construtivos que se propôs implementar, complexidade das actividades executadas e com os requisitos acordados com o Dono de Obra.

Este plano, indica como se mantêm controlados os diferentes processos, definindo as sequências das actividades, os ensaios e inspecções a efectuar em cada uma e os critérios de aceitação para a execução. Além disso define o grau de qualificação para processos e operadores, estabelecendo as ferramentas técnicas e métodos a utilizar para atingir os requisitos especificados e indica os métodos de recepção de materiais a aplicar, considerando a rastreabilidade como um requisito ao fornecimento e à aplicação.

No que se refere às monitorizações e medições, são definidas, por actividade, quais as características que devem ser monitorizadas e medidas, respectivos critérios de aceitação, periodicidade e qualificação do pessoal exigida, identificando os responsáveis pela aprovação e implementação das acções correctivas e preventivas no caso de uma não conformidade.

4.3. PROCESSO DE ESCOLHA DE TAREFAS CRÍTICAS

Para implementação de um eficaz Plano de Qualidade, é fundamental decifrar quais as tarefas críticas que merecem atenção particular por parte da fiscalização. Consideraram-se os seguintes critérios básicos para definir essas tarefas:

- Pequenos erros de execução afectam fortemente a qualidade do produto final;
- Tarefas no caminho crítico;
- Tarefas em início ou com processos construtivos experimentais;
- Tarefas irreversíveis.

Assim, e tendo como base o Mapa de Quantidades de Trabalho e Preços do Programa de Procedimento de Concurso Público da obra exemplo, com base nos critérios anteriores, foram definidas as tarefas críticas a ser acompanhadas e fiscalizadas com maior atenção, sendo gerados registos dessas mesmas tarefas e actividades.

- Quebramento de rocha com explosivos no pontão “Montemor”;
- Quebramento de rocha com explosivos no pontão “Sá Nogueira”;
- Execução da cortina de estacas-prancha;
- 1ª fase de execução das estacas de betão armado (perfuração na rocha e cofragem);
- 2ª fase de execução das estacas de betão armado (colocação de armaduras e betonagem submersa);
- Ensaios de integridade das estacas de betão armado;
- Betonagem de escudetes;
- Betonagem de vigas;
- Betonagem de laje;
- Produção de pré-fabricados;
- Colocação de pré-fabricados do Cais Acostável;
- Colocação de aduelas pré-fabricadas;
- Colocação das estacas metálicas do Porto de Recreio.

4.4. METODOLOGIA DE CONTROLO DA QUALIDADE DOS MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Este ponto define a metodologia da aprovação e posterior inspecção de recepção de materiais e equipamentos aplicados na obra.

Com base no projecto e mapa de quantidades, foram identificados os produtos, equipamentos e materiais que requeriam prévia aprovação da fiscalização, tendo a entidade executante a obrigação de os submeter a tal aprovação.

O Director de Projecto, tem a incumbência de analisar os elementos apresentados, comparando-os com as especificações do projecto, solicitando parecer à equipa projectista, e aprovação do Dono de Obra, quando assim for determinado. É ainda da sua responsabilidade, definir os produtos, materiais e equipamentos a serem recepcionados e qual a frequência das inspecções, acordando com o Empreiteiro os processos para a inspecção e recepção do que vai entrar na obra.

O Pedido de Aprovação de Materiais e Equipamentos, a par de uma Ficha de Inspeção e Recepção, é então devolvido ao Empreiteiro dentro dos prazos estipulados pelo Caderno de Encargos ou acordados entre as partes envolvidas.

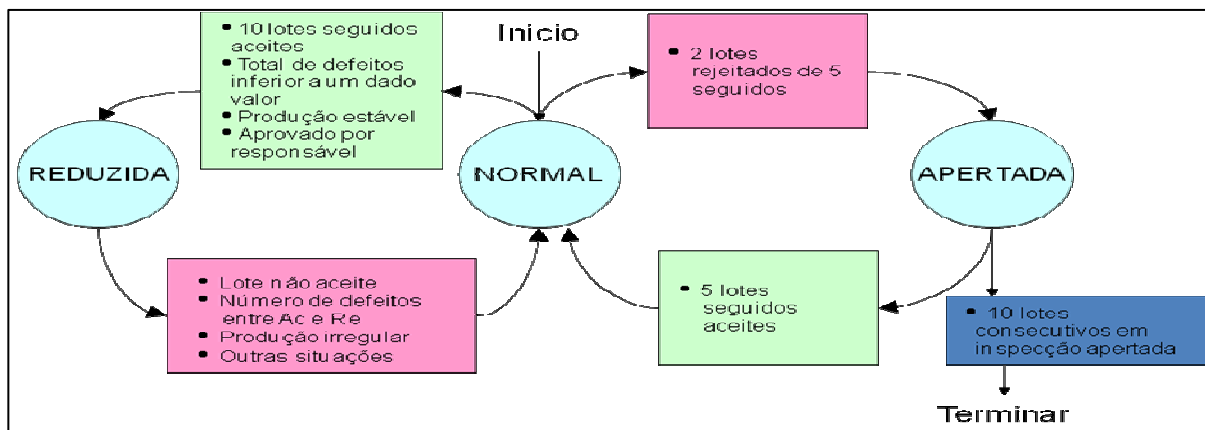


Fig. 4.1 – Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1 – Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection (adaptado da Norma ISO 2859-1).

4.5. ENQUADRAMENTO NORMATIVO DOS MATERIAIS E DA EXECUÇÃO DOS PRINCIPAIS TRABALHOS EM OBRA

Este subcapítulo tem como objectivo compilar as especificações e regulamentação nacional e internacional, oficialmente em vigor à data de execução da obra, sendo de seguida fixadas as condições técnicas que devem satisfazer:

- a) Os projectos de execução das especialidades;
- b) Materiais, seu fabrico, transporte e sua colocação/utilização;
- c) Execução dos principais trabalhos na obra exemplo.

4.5.1 Projectos de Execução

- Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (Dec.-Lei 235/83, de 31 de Maio).
- Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (Dec.-Lei 449-c/83, de 30 de Julho).
- Regulamento das Estruturas de Aço para Edifícios (Dec.-Lei 211/86, de 31 de Julho).

- Eurocode 7 – Geotechnical – CEN 1994.
- Code of Practice for Maritime Structures – British Standards Institution, BS 6349, 1994.

4.5.2 Materiais e Execução de Trabalhos

Constam do Anexo I as especificações e a regulamentação nacional ou europeia, relativamente aos materiais aplicados em obra, nomeadamente no que se refere ao seu fabrico, transporte e colocação/utilização em obra bem como no que se refere à execução dos próprios trabalhos, dado que muita da legislação abrange ambos os aspectos tornando-se impossível por vezes uma correcta separação das duas.

Salienta-se que a lista incluída no Anexo I não é exaustiva, incluindo no entanto os documentos que se consideram mais relevantes.

4.6. CONTROLO DA QUALIDADE DOS MATERIAIS E DA EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

4.6.1. BETÃO/BETONAGENS

No âmbito da prestação de serviços de fiscalização, o controlo dos betões que foram necessários realizar em obra foram alvo de atenção particular de toda a equipa.

Previamente ao início dos trabalhos com betão na obra, a entidade executante submeteu à aprovação da fiscalização os estudos de composição do betão que foram necessários aplicar em obra.

Para a análise e estudo dos betões, a equipa da fiscalização observou o definido no Caderno de Encargos e no Projecto de Execução, Marcação CE de alguns dos constituintes do betão, atentando em especial nos requisitos e especificações da Norma NP EN 206-1:2007 com mais detalhe nos capítulos seguintes:

- i) Capítulo 5 – Requisitos para o betão e métodos de verificação;
- ii) Capítulo 6 – Especificação do betão.

Há que salientar ainda que foram aplicados betões de comportamento especificado e betões de composição prescrita.

Nos primeiros, a informação fornecida pelo empreiteiro em relação ao betão pretendido contempla os elementos seguintes:

- Classe de resistência;
- Máxima dimensão do inerte;
- Classe de consistência do betão fresco ou relação água/cimento;
- Classes de exposição do betão, simples, armado ou pré-esforçado;
- Especificação do equipamento de aplicação: balde, bombagem ou “telebelt”.

No caso de betões de composição prescrita são fornecidos os seguintes elementos pela entidade executante:

- Dosagem de cimento por metro cúbico de betão compactado;
- Tipo de cimento e classe de resistência;
- Classe de consistência do betão fresco ou relação água/cimento;

- Tipos de inerte;
- Máxima dimensão do inerte e sua granulometria;
- Tipo, quantidade e origem dos adjuvantes;
- Origem dos constituintes do betão (se aplicados adjuvantes).

Dado que foi aplicado betão pronto na quase totalidade da obra, foram entregues as informações relativas ao betão fornecido, informações com origem no fabricante.

A cada entrega de betão pronto, a fiscalização recebeu uma cópia das guias de remessa, bem como os talões das amassaduras para aferição das fórmulas aprovadas, sempre que requerido.

Aquando da recepção do betão fresco, a sua consistência deve ser tal que o betão fresco seja trabalhável, sem segregação e possa ser compactável com os meios disponíveis no estaleiro; sempre que o betão não tiver a consistência especificada, deve ser rejeitado, ficando registada a respectiva não conformidade. A avaliação da consistência é realizada pela fiscalização através de ensaios de abaixamento no cone de Abrams em todos os carros de betão.

É ainda tida em conta a temperatura do betão fresco, que em casos normais não deve exceder os 30°C, nem ser inferior a 5°C, durante o tempo que decorre entre a amassadura e a colocação em obra.

Previamente à betonagem é definido o método e tempo de cura aconselhável, tendo em conta o tipo e função do elemento estrutural, dimensões do elemento, carregamentos em idades jovens a que vai estar sujeita, condições ambientais nas horas seguintes à betonagem, aplicando-se de forma separada ou combinada os seguintes métodos:

- Manutenção da cofragem no lugar;
- Cobertura com filmes plásticos;
- Colocação de coberturas húmidas;
- Aspersão com água;
- Aplicação de compostos de cura que formem membranas protectoras.

Verifica-se assim, que estão sujeitos ao controlo de qualidade os processos de fabrico, colocação e cura do betão, bem como o controlo das suas características em fresco e depois de endurecido, compreendendo as seguintes acções mais relevantes:

- a) Controlo da produção do betão;
- b) Controlo da conformidade do betão;
- c) Inspeção antes da betonagem;
- d) Inspeção durante o transporte, colocação, compactação e cura;
- e) Betonagem submersa;
- f) Plano de amostragem e controlo;
- g) Controlo das características mecânicas do betão endurecido;
- h) Critérios de conformidade e de decisão;
- i) Registo de controlo de produção.

a) Controlo da Produção do Betão

O controlo da produção integra as medidas necessárias para manter e regular a qualidade do betão em conformidade com as exigências especificadas, sendo executado pelo empreiteiro, subempreiteiro e fornecedores. Para este efeito foram criados os registos seguintes:

- Identificação do fornecedor do betão pronto;
- Número da guia de remessa;
- Identificação dos fornecedores do cimento;
- Identificação dos fornecedores de inertes;
- Identificação dos fornecedores dos adjuvantes;
- Identificação dos fornecedores das adições;
- Origem da água de amassadura;
- Consistência do betão;
- Massa volúmica do betão fresco;
- Razão água/cimento do betão fresco;
- Quantidade de água adicional ao betão fresco;
- Dosagem de cimento;
- Data e hora de moldagem dos provetes de ensaio;
- Número de provetes de ensaio;
- Cronograma de execução de determinadas fases de trabalho durante a colocação e cura;
- Temperatura e condições meteorológicas durante a colocação e cura;
- Elemento estrutural em que determinada amassadura vai ser colocada.

b) Controlo da Conformidade do Betão

O controlo da conformidade do betão integra uma combinação de acções e decisões, tomadas de acordo com regras de conformidade previamente estabelecidas, para verificar a conformidade de um lote, previamente definido, com as especificações, obedecendo às prescrições da NP ENV 206-1, Quadro 24, existindo, além da guia de remessa, registos relativos aos valores reais da:

- Consistência do betão;
- Uniformidade do betão (recolha de amostras em partes diferentes da amassadura);
- Aspecto geral do betão;
- Controlo de fabrico do fornecedor;
- Resistência à compressão;
- Outras características especificadas nos elementos do projecto.

c) Inspecção Antes da Betonagem

As inspecções visuais antes de qualquer betonagem, incidiram principalmente sobre:

- Geometria e posicionamento da cofragem;
- Implantação topográfica da estrutura;
- Verificação dos eixos de peças e altimetria;
- Posicionamento de chumbadouros e armaduras em geral;
- Verificação das secções, espaçamentos, recobrimentos, empalmes e arranques de armaduras;
- Estado de limpeza geral da zona/peça a betonar;
- Tratamento das superfícies de betão endurecido das juntas de betonagem e molhagem;
- Molhagem das cofragens ou aplicação de óleo descofrante;
- Estabilidade das cofragens;
- Estanquidade das cofragens;
- Termo de responsabilidade do escoramento ou cimbra;
- Estereotomia dos painéis de cofragem, em betão à vista;
- Desempeno e preparação da superfície das cofragens;
- Limpeza das armaduras;
- Fixações das armaduras;
- Disponibilidade de meios eficazes de transporte, compactação e cura;
- Disponibilidade de pessoal competente e de boas condições de trabalho.



Fig. 4.2 – Cofragem não conforme da Ilha Ecológica.



Fig. 4.3 – Cofragem da Ilha antes da betonagem.

d) Inspecção Durante o Transporte, Colocação, Compactação e Cura

Estas inspecções incidiram essencialmente sobre:

- Manutenção da uniformidade do betão durante o transporte e colocação;
- Distribuição uniforme do betão no interior das cofragens;
- Compactação uniforme e ausência de segregação do betão;
- Altura máxima de queda livre;
- Espessura das camadas;

- Ritmo de subida do betão tendo em atenção a pressão sobre as cofragens;
- Tempo decorrido entre a amassadura ou entrega do betão e a betonagem versus tempo especificado;
- Medidas especiais no caso de betonagens com tempo frio ou quente;
- Medidas especiais sob forte chuvada;
- Localização das juntas de betonagem;
- Tratamento das juntas de betonagem antes do endurecimento;
- Operações de acabamento da superfície;
- Método de betonagem e tempo de cura tendo em atenção o desenvolvimento da resistência;
- Ausência de danos provocados por vibração ou choque sobre o betão recentemente colocado.

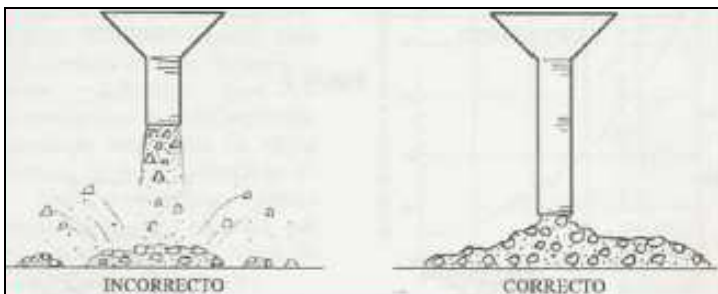


Fig. 4.4 – Cuidados com a altura de queda do betão [40].

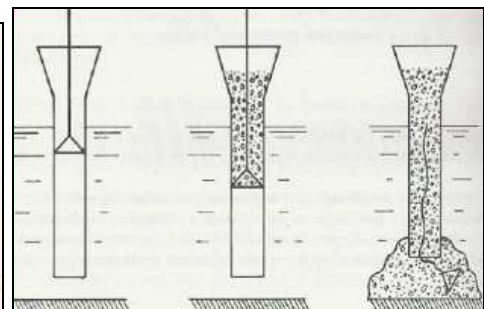


Fig. 4.5 – Esquema de betonagem submersa com “tremie” [40].

e) Betonagem Submersa

A betonagem submersa (Fig. 4.5) consiste na introdução de um tubo, “tremie”, que garante que o betão não está nunca em contacto com a água. Na extremidade oposta à que se insere o betão, temos uma espécie de tamponamento que a certa altura se solta e o betão cai através de água e mantém-se o contacto com a ponta do tubo para evitar algum tipo de agitação prejudicial.

Este processo exige uma atenção especial no que diz respeito a fenómenos de segregação do betão, de modo a não comprometer a durabilidade e resistência do betão.

f) Plano de Amostragem e Controlo

O plano de amostragem definido para a obra em causa, e tratando-se de betão pronto, acordou-se que fosse o seguinte:

- Execução de três cubos (provetes) por cada elemento isolado betonado, ou a cada 50m³;
- A cada série de provetes corresponde um ensaio de consistência feito na mesma ocasião da execução dos provetes (“slump test”);
- Os provetes foram realizados na presença de um elemento da fiscalização, com betão proveniente de uma amassadura destinada a ser aplicada na obra, e de um carro designado por esse elemento da fiscalização;
- A execução dos provetes estar de acordo com o estipulado na norma NP EN 12390-1;

- Todos os provetes deviam ser numerados na sequência normal dos números inteiros começando em 1, contendo também a classe de resistência e de exposição ambiental;
- Ter cuidado com as condições de cura dos provetes, tomando medidas no caso de condições ambientais desfavoráveis.



Fig. 4.6 – “Slump Test” em obra.



Fig. 4.7 – Provetes (cubos) de betão para ensaio.

g) Controlo das Características Mecânicas do Betão

Por cada série de três provetes fabricados, foi preenchido pela fiscalização um “verbete de ensaio”, com a seguinte informação mais relevante:

- Hora de fabrico do betão;
- Número da guia de remessa;
- Número de série dos provetes;
- Tipo de cimento e dosagem;
- Granulometria dos inertes;
- Água de amassadura;
- Modo de fabrico;
- Local de aplicação do betão.

Após o tempo de cura, os provetes foram transportados para laboratório de ensaio, devidamente acondicionados, tendo a entidade executante a incumbência de comunicar os resultados imediata e directamente à fiscalização, logo após a sua disponibilização pelo laboratório.

h) Critérios de Conformidade e de Decisão

Foram aplicados os critérios de conformidade da norma NP EN 206-1, e caso surgisse algum caso de não-conformidade do betão, seriam desencadeadas as acções previstas na cláusula 8.4 da mesma norma.

No caso da rejeição do betão, no que refere às características de resistência e durabilidade, por conta do empreiteiro, seriam realizados ensaios adicionais sobre carotes extraídas da estrutura ou dos elementos estruturais afectados eventualmente em combinação com ensaios não-destrutivos, por exemplo, com esclerómetro.

Se os resultados desses ensaios fossem negativos, apresentando o betão características inferiores às requeridas, considerar-se-iam dois casos:

- Se o valor da resistência se situar acima de 85% do exigido, o empreiteiro sofre uma penalização de 10% do valor da parte da obra afectada;
- Se as características forem inferiores a 85% das exigidas, o empreiteiro teria de demolir e reconstruir as peças deficientes por sua conta.

i) Registo de Controlo de Produção

Este registo, é regido pelos termos da cláusula 9.3 da norma NP EN 206-1, e do registo elaborado constam os seguintes elementos:

- Número do provete;
- Data de fabrico;
- Data do ensaio;
- Idade do provete;
- Classes de resistência e de exposição ambiental;
- Tipo e dosagem de cimento;
- Tipo e dosagem de adjuvantes;
- Consistência;
- Teor de cloretos;
- Local de aplicação do betão de onde foi retirada massa para o fabrico dos provetes;
- Resistência obtida em cada ensaio (MPa);
- Média da resistência dos três provetes que formam o conjunto do ensaio (MPa);
- Massa volúmica do provete;
- Observações.

4.6.2. Armaduras de Aço para Betão Armado e Estacas-Prancha

Neste ponto pretende-se descrever as actividades de controlo da recepção do aço e moldagem das armaduras a incorporar no betão armado, exercidas pela equipa de fiscalização em obra.

Previamente à entrada em obra do aço, para os trabalhos de estruturas de betão armado, a entidade executante submeteu à aprovação da fiscalização um pedido de aprovação do aço.

De acordo com o Decreto-Lei n° 390/07 de 10 de Dezembro, todos os aços em varão para armaduras de betão armado e redes electrossoldadas (lisas e nervuradas) para além da classificação, estão sujeitos a certificação obrigatória em Portugal, pelo CERTIF (única entidade certificada pelo IPAC em Portugal).

Nesse sentido, os aços para armaduras ordinárias sob a forma de varões utilizados em todos os elementos de betão armado são classificados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC),

em cumprimento do artigo 23º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP), Decreto-Lei nº 349-C/83, de 30 de Julho.

Os aços para armaduras ordinárias deverão ser fornecidos dando satisfação a todas as condições previstas nas Especificações LNEC aplicáveis, atrás referidas, ou nos respectivos Documentos de Homologação.

A recepção do aço em obra fez-se acompanhar da entrega por parte do Empreiteiro da:

- Guia de remessa do material;
- Certificado de fabrico em Português;
- Certificação “CERTIF” do fabricante;
- Documento de classificação do LNEC actualizado.

Para as tarefas de moldagem e inspecção das armaduras, foram cumpridas as regras definidas no REBAP e Norma NP ENV 13670-1 2007, bem como as boas regras da arte, destacando-se:

- Colocação de espaçadores em argamassa para garantir o recobrimento das armaduras;
- Verificação das secções e número de varões;
- Não permitir a dobragem de varões com recurso a aquecimento;
- Garantir o diâmetro mínimo de dobragem especificado para os varões;
- Verificar a não existência de fissuras nos varões dobrados;
- Verificação da necessidade de armaduras de pele;
- Nos casos de armadura muito densa garantir a possibilidade de passagem do vibrador;
- Garantir o posicionamento correcto dos negativos e aros das caixas;
- Colocação dos protectores de pontas (“cogumelos plásticos”);
- Verificação dos comprimentos de amarração e sobreposição de varões;
- Verificação do posicionamento das mesas de suporte nas armaduras superiores da laje;
- Verificação dos nós de amarração dos varões.

Todos os aços recepcionados em obra foram sujeitos a ensaios em laboratório acreditado para o efeito pelo IPAC, conforme descrito na NP ENV 13670-1. Para tal, o aço foi dividido em lotes, sendo que cada lote corresponde à divisão do fornecimento do mesmo produtor e do mesmo tipo de aço, nos termos do Caderno de Encargos.

Nestes ensaios, os resultados individuais obtidos nos ensaios devem satisfazer os valores especificados nas Especificações LNEC para cada propriedade. Para efeito destes ensaios de recepção, considera-se que os valores especificados devem ser entendidos como valores limite.

No caso de determinada propriedade apresentar um valor não conforme, a amostragem deveria ser repetida com o dobro das amostras, sendo o lote rejeitado no caso de apresentar um resultado insatisfatório.

Foram realizados os seguintes ensaios:

- Ensaios de tracção – Aço em varão A400NR;
- Ensaios de tracção – Aço em varão A500NR;

- Ensaio de tracção – Liga ferrocarbónica (estacas-prancha);
- Ensaio de determinação da composição química – Liga ferrocarbónica (estacas-prancha).

Referência da Amostra	Concentração (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Al
Chapa 10mm	0,15	0,20	1,12	0,028	0,024	0,109	0,15	0,034	0,39	0,007	0,008

Fig. 4.8 – Resultados do ensaio de determinação da composição química das estacas-prancha.

4.6.3. FABRICO E COLOCAÇÃO DE ESTRUTURAS E ELEMENTOS METÁLICOS

De uma forma simplificada, a execução de estruturas metálicas, destacando as estacas metálicas do Porto de Recreio e do cais Flúvio-Marítimo, bem como elementos metálicos diversos a aplicar em obra, verificaram o cumprimento das seguintes condições:

- Os soldadores que executaram o fabrico estavam qualificados por entidade competente;
- Os materiais a aplicar eram certificados (perfis, chapas, varões, buchas, parafusos, materiais de adição e tintas);
- Foi feita a medição e verificada a espessura do tratamento anticorrosivo.



Fig. 4.9 – Medição da espessura da galvanização com medidor de sonda destacável (26-07-2011).

Numa fase seguinte, de recepção e montagem, foi feito:

- Controlo dimensional e geométrico das peças;
- Controlo visual para detectar pingos de soldadura, rebarbas, empenos e cortes;
- Controlo das ligações aparafusadas (classe e tipo, material e dimensão do parafuso, porca e anilha, e respectivo aperto);
- Verificação dos diâmetros dos furos;
- Verificação dos chumbadouros;
- Verificação das folgas em peças contínuas;
- Levantamento topográfico com alinhamentos e cotas altimétricas.

Na fase de acabamento foi realizada a verificação do estado de acabamento das superfícies bem como a conformidade com o especificado no projecto, para o tratamento anticorrosivo das superfícies da estrutura.



Fig. 4.10 – Acabamento de superfície (pintura).



Fig. 4.11 – Tratamento anticorrosivo em estaca soldada.

4.6.4. Fabrico das Aduelas em Estaleiro

A produção em estaleiro da totalidade das aduelas entre Março e Junho de 2010, requereu a ocupação de grande área do estaleiro e mereceu uma atenção particular por parte da fiscalização dada a dinâmica implementada quer na moldagem do aço quer no número de betonagens executadas diariamente.

Além das regras gerais aplicadas a todas as betonagens, nas aduelas aplicaram-se ainda as seguintes regras:

- O betão foi lançado por camadas de espessura não superior a 0,30m e compactado com vibradores;
- A queda do betão não excedeu 1,50m e o dispositivo utilizado na sua colocação evitou a segregação dos materiais;
- Realização das betonagens ocorreu sem interrupção de modo a que cada fase de betonagem foi concluída no dia em que se iniciou.

A desmoldagem das aduelas requereu sempre a aprovação da fiscalização, cumprindo os seguintes preceitos:

- Não foi permitida a desmoldagem total sem, pelo menos, dois dias de presa;
- A desmoldagem lateral pôde ser realizada um dia após a betonagem;
- A remoção do local de fabrico para aplicação só foi autorizada passados, no mínimo, 28 dias após desmoldagem;
- O transporte/movimentação para depósito foi possível passados três dias da betonagem, com recurso a dispositivo especial, de modo a limitar as tensões de tracção no betão;
- Todas as aduelas foram marcadas com a data de fabrico, número e tipo de aduela.

Não se verificou, a necessidade de rejeitar nenhuma das aduelas, mas poderia suceder no caso de apresentarem superfícies empenadas, com vazios, com brita à vista ou com outros defeitos de fabrico visíveis.

O tratamento das superfícies das aduelas durante o processo de cura do betão, constou das seguintes acções:

i) Rega das superfícies com a seguinte frequência:

- Nos primeiros sete dias, três vezes por dia;
- Nos oito dias seguintes, duas vezes por dia;
- Nos quinze dias seguintes, uma vez por dia;
- Nos trinta dias seguintes, ou até aplicação em obra, uma vez por semana.

ii) Nos primeiros três dias a rega foi feita com água doce, e nos seguintes com água salgada, isenta de partículas em suspensão e matéria orgânica.

4.6.5. Colocação de Pré-Fabricados

A movimentação e colocação dos pré-fabricados da obra exemplo, em especial das aduelas do muro-cais, foi alvo de um acompanhamento exaustivo pela fiscalização, para:

- Efectuar inspecção visual, por mergulhadores profissionais do fundo do mar após as dragagens;
- Garantir que a movimentação das peças foi efectuada com recurso a estruturas previstas para o efeito e sem manobras bruscas;
- Garantir com o auxílio de mergulhadores e topógrafo o correcto posicionamento da peça relativamente ao projecto;
- Efectuar registo do posicionamento da peça no projecto em função da nomenclatura de fabrico;
- Aprovar a largura exterior e profundidade das juntas entre peças existente após colocação;
- Registrar possíveis esmilhamentos, fissuras ou outras ocorrências provocadas na colocação;
- No caso das aduelas de fundação, verificação por vídeo em directo (equipamento transportado por mergulhador), do estado dos prismas de fundação e da cama de assentamento em brita;
- Controlo e registo dos assentamentos das aduelas durante a pré-carga.



Fig. 4.12 - Movimentação de uma aduela em estaleiro.



Fig. 4.13 – Colocação de aduela com mergulhador.

4.6.6. Quebramento de Rocha com Explosivos nos Pontões “Montemor” e “Sá Nogueira”

Esta tarefa, exigiu a realização diária de um plano de fogo, com disposições apresentadas à fiscalização, sendo também acompanhado por esta, com o intuito de proteger as instalações, equipamentos e infraestruturas existentes de quaisquer danos.

Dada a dinâmica de funcionamento, legislação e as regras de boas práticas a seguir nesta tarefa, e com a experiência ganha no acompanhamento da obra, aconselha-se que em trabalhos semelhantes sejam verificados os seguintes cuidados e rotinas:

- Posicionamento do batelão sobre a malha de pontos com auxílio do sistema de posicionamento DGPS;
- Sondagem manual da cota do fundo;
- Determinação da cota superior do estrato rochoso e do comprimento de furação;
- Furação do orifício para introdução dos explosivos até à cota -12m (ZHL) (+2,00m que a cota de dragagem);
- Atribuição criteriosa do número do detonador e quantidade de explosivos por furo;
- Colocação dos explosivos no furo e recuperação do fio pois este tem de passar por dentro do tubo;
- Ligações eléctricas em série dos detonadores utilizados;
- Afastamento do batelão para distância segura (50m aproximadamente);
- Contacto VHF com as autoridades marítimas e portuárias e pedido de autorização da detonação;
- Ligação eléctrica ao explosor e carga do mesmo;
- Detonação da pega;
- Recuperação dos fios eléctricos depois da detonação e verificação de todos os detonadores no sentido de verificar se foram activados e se ocorreu a consequente detonação de todos os explosivos colocados;
- Estudo do Plano de Controlo de Vibrações, produzido mensalmente pelo Instituto da Construção da FEUP, com os registos dos quatro sismógrafos localizados nas imediações do Porto de Leixões.

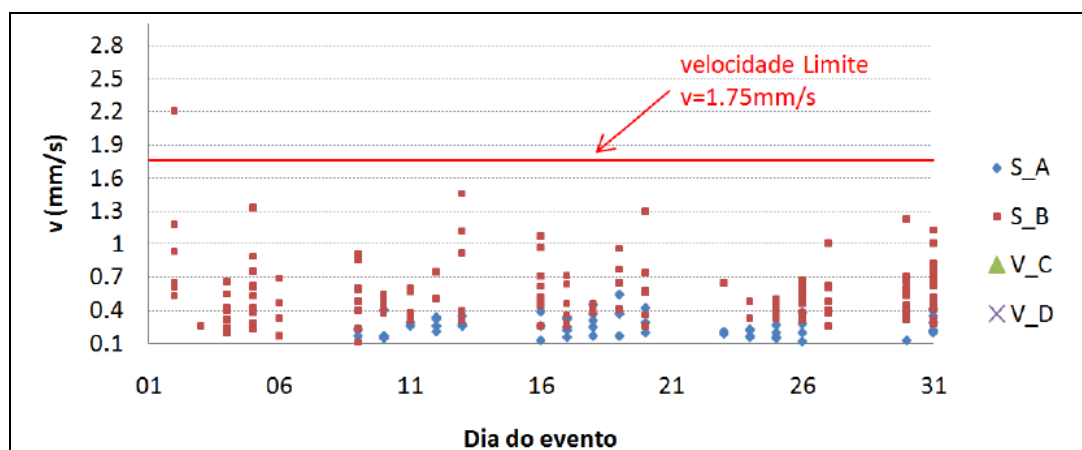


Fig. 4.14 – Valores das velocidades registradas ao longo do mês de Agosto 2010 nos 4 sismógrafos.

4.6.7. Rocega Após Dragagem

A rocega, como complemento às sondagens realizadas por equipamentos de topo-hidrografia, foi efectuada em toda a área dragada, de modo a garantir que toda a área se encontra efectivamente a cotas iguais ou inferiores às de projecto. É um processo mecânico, que elimina possíveis “pontos mortos” não detectados pela sondagem. Assim, na obra exemplo foi aprovado pela fiscalização o seguinte procedimento para a rocega:

- A embarcação utilizada foi o “Sá Nogueira”;
- Foi utilizada como barra de rocega um perfil HEB 300 com 12,2m de comprimento;
- A barra foi suspensa na grua do pontão e atirantada nas suas extremidade a guinchos na popa da embarcação;
- O cabo da grua foi marcado a partir de 10m da sua extremidade e até 16 metros da extremidade (10,0m + 0,0ZHL a 12,0 + 4,0ZHL);
- A cota da maré foi fornecida pelo DGPS da embarcação (com precisão centimétrica) de modo a corrigir a posição da barra;
- O pontão foi manobrado e orientado por fiadas introduzidas no sistema informático, garantindo uma sobreposição não inferior a 2m por fiadas consecutivas;
- A zona por onde a barra passou foi cadastrada no programa informático “Hypack2010®”;
- O “software” permite assinalar no mapa, sempre que seja detectada alguma singularidade;
- A detecção das singularidades foi feita visualmente pelo arrastamento da barra ou manualmente por intermédio de um cabo ligeiro amarrado ao cabo de suspensão;
- Os pontos eventualmente detectados foram percorridos novamente e confirmados ou eliminados;
- Os pontos confirmados foram removidos com o equipamento de dragagem e submetidos a nova rocega até completa aprovação do varrimento completo.

4.6.8. Execução da Cortina de Estacas-Prancha

A cortina de estacas-prancha ao longo do cais acostável, como as outras actividades, foi alvo de uma bateria de cuidados e análise em pontos específicos, desde a recepção do material, ao processo construtivo e à solidarização com a restante estrutura. Destacam-se, então, os seguintes pontos:

- Medição da estaca em estaleiro;
- Verificação do encaixe na estaca anterior e verticalidade das mesmas;
- Cravação das estacas com “vibrofonceur” até dar “nega”;
- Medição do corte ou empalme necessário à estaca;
- Encabeçamento da cortina de estacas com uma viga HEA500;
- Fixação da viga HEA500 às estacas cilíndricas do cais acostável com abraçadeiras metálicas;
- Colocação da armadura e cofragem do maciço de solidarização e posterior betonagem.

4.6.9. Execução de Estacas de Betão Armado

A realização da totalidade das 210 estacas de betão armado do cais acostável, entre Abril e Outubro de 2010, foi das actividades em obra mais relevantes em termos de acompanhamento e registo de informação por parte da equipa de fiscalização. De feição que nenhum ponto considerado essencial para o acompanhamento dos trabalhos seja deixado ao acaso, definiram-se os procedimentos seguintes:

- Medição do molde metálico da estaca em estaleiro;
- Registo dos dados da cravação do molde da estaca (dados topográficos e registos da furação e extracção de solos do equipamento de furação “Symmetrix”);
- Verificação da montagem dos troços de 12m pré-moldados em fábrica das armaduras das estacas, empalmes e colocação de serra-cabos;
- Limpeza do interior do molde da estaca com “air-lift”;
- Acompanhamento da colocação de armaduras, verificação do seu comprimento total e posicionamento de espaçadores;
- Acompanhamento da betonagem submersa com “tremie”;
- Corte e preparação final da cabeça da estaca;
- Verificação do número de apoios metálicos soldados aos moldes de estacas do cais acostável para suporte dos canaletes e escudetes antes da betonagem das vigas;
- Acompanhamento do ensaio sónico, para determinação da integridade das estacas de betão e estudo dos relatórios dos ensaios.

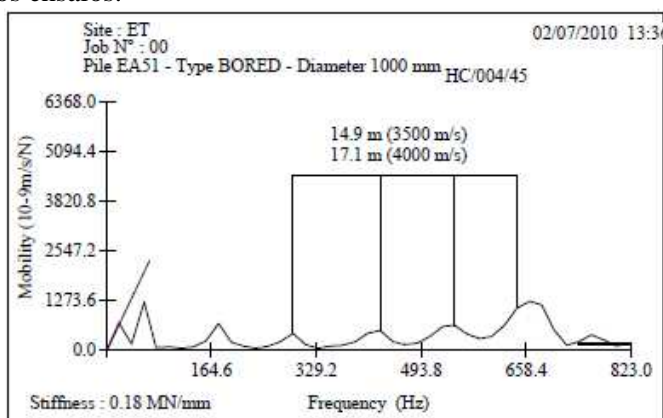


Fig. 4.15 – Ensaio Sónico (Método da Resposta Dinâmica) da Estaca EA51 – Curva de resposta.

4.6.10. Recepção e Colocação de Cabeços de Amarração

No que se refere à recepção e colocação dos cabeços de amarração, por parte da fiscalização, foram exercidas as seguintes acções de modo a uma correcta aplicação dos mesmos, de acordo com o definido em projecto. Assim, compilando as acções de recepção de materiais e execução em obra atentou-se para os seguintes pontos:

- Verificação dimensional e visual do estado geral do cabeço na sua recepção;
- Colocação da cércea metálica na betonagem da laje;
- Posicionamento dos chumbadouros na betonagem da laje;

- Regularização da base com “grout” após remoção da cércea metálica;
- Colocação do cabeço na posição correcta;
- Aperto das fêmeas de fixação;
- Enchimento do cabeço com betão;
- Protecção das fêmeas com alcatrão quente;
- Numeração dos cabeços de amarração (pintura).

4.6.11. Recepção e Colocação de Defensas

Semelhantemente, no que se refere à recepção e colocação das defensas do cais acostável, a fiscalização, centrou a sua atenção nos seguintes pontos:

- Verificação dimensional e visual do estado geral da defesa na sua recepção em obra;
- Assemblagem do painel de baixo atrito com o sistema de amortecimento;
- Marcação e execução das carotagens a executar nos escudetes para chumbar os varões roscados para fixação das defensas;
- Colocação das buchas químicas e varões roscados na parte frontal dos escudetes até à profundidade necessária;
- Colocação da defesa e aperto das fêmeas de fixação aos varões roscados.



Fig. 4.16 – Recepção das defensas em obra.

4.6.12. Execução das Juntas de Dilatação

Um dos últimos trabalhos a ser terminado foram as juntas de dilatação, embora o seu início remonte à execução das primeiras vigas, entre o cais pré-existente e o novo cais acostável. Assim, para esta actividade, em particular, foi importante seguir e acompanhar a execução das seguintes tarefas:

- Verificação dos negativos colocados na betonagem das vigas e laje;
- Colagem do aglomerado negro de cortiça;
- Colagem e posicionamento das bandas de neoprene armado a envolver os "dentes" da junta;
- Regularização da base do pavimento com “grout” (após remover o perfil metálico U);

- Aplicação da junta flexível em borracha tipo "Algaflex T50", incluindo fornecimento, montagem e todos os acessórios e trabalhos necessários ao nível da laje/pavimento;
- Aplicação de um cordão de mástique nos limites acessíveis de toda a junta de dilatação.

4.7. CONTROLO DE NÃO CONFORMIDADES EXTERNAS

O objectivo deste controlo é o de identificar, registar e tratar as situações de serviços e produtos não conformes executados em obra de modo a que:

- Serviços prestados não conformes sejam prontamente identificados e controlados;
- Produtos não conformes sejam prontamente identificados e segregados de forma a evitar a utilização indevida;
- Não conformidades detectadas na prossecução das actividades sejam prontamente identificadas, registadas e tratadas pelos implicados.

É considerada uma Não Conformidade o incumprimento de um requisito, devendo identificar-se de imediato uma acção correctiva para corrigir e/ou evitar a sua ocorrência.

Qualquer colaborador, no âmbito das suas actividades em obra, pode detectar uma não conformidade de origem externa na prestação de serviço, preenchendo uma ficha para o efeito.

A descrição da situação de Não Conformidade deve ter a máxima objectividade de modo a contextualizar de forma inequívoca a situação não conforme e permitir um célere e eficiente tratamento da mesma.

Para cada situação de Não Conformidade são propostas pela entidade executante ao Director de Projecto as acções de correcção no sentido de evitar a recorrência das situações, devendo ser identificadas as causas e definidas as acções correctivas apropriadas para cada caso.

4.8. GESTÃO AMBIENTAL NA OBRA EXEMPLO

A valorização ambiental é um factor, que, sendo estratégico, assegura a construção sustentada, a satisfação das necessidades, expectativas e exigências dos clientes e a minimização dos impactes ambientais das suas actividades, recorrendo à organização, implementação e manutenção de um Sistema Ambiental. Além do definido em Caderno de Encargos, no que se refere a ambiente, a entidade executante obrigou-se a cumprir o preconizado no EIA, a recomendações do Dono de Obra bem como a legislação em vigor à data.

4.8.1. Sistema de Gestão Ambiental

Em fase de construção é da responsabilidade da entidade executante, contratar um técnico que assegure o cumprimento do Sistema de Gestão Ambiental, e que garanta o controlo eficaz das acções desenvolvidas nesse âmbito, com o objectivo de assegurar as melhores condições ambientais em obra.

Tal sistema de gestão é estruturado num documento denominado Plano de Gestão Ambiental, lavrado pela entidade executante, sendo apresentado ao Dono de Obra para aprovação.

Desde a entrada em obra do empreiteiro, independentemente da aprovação, este deve proceder à implementação do previsto no seu Sistema de Gestão Ambiental, dispor de um técnico de ambiente e

proceder aos registos de controlo das actividades previstos na lei cumprindo todas as especificações dos documentos de referências e demais orientações do Dono da Obra.

Terminados os trabalhos em obra, é compilada toda a informação relevante no âmbito do SGA, incluindo registos que comprovem a boa execução da obra, relativos às medidas minimizadoras dos impactes negativos.

4.8.2. Medidas Gerais Integradas no Plano de Gestão Ambiental

Os impactes ambientais, no decorrer de uma obra com estas características, são inevitáveis. No entanto, podem ser minimizadas através de um adequado planeamento da obra, que tem por base os seguintes procedimentos:

- Executar um planeamento e estruturação correcto das actividades, a que deverão estar associadas as melhores técnicas construtivas e de funcionamento dos equipamentos, o que permitirá adoptar, à partida, as melhores práticas de Gestão Ambiental;
- Definição dos procedimentos e normas de actuação e intervenção, garantindo a adopção dos cuidados necessários/possíveis para a minimização de impactes;
- Implementação de um processo de controlo e monitorização que acompanhe toda a fase de construção, que identifique inconformidades e erros humanos, dando origem em tempo útil ao encontrar de soluções de correcção e medidas que resolvam conflitos, reduzam impactes e valorizem a obra.

Em obras de características similares à obra exemplo, os impactes resultantes da fase de construção incidem sobretudo na zona a dragar, podendo apenas em alguns casos pontuais dar origem a situações de perturbação e incómodo nas áreas adjacentes à área de intervenção.

No entanto, estes trabalhos decorrem numa zona cujo uso facilita a implementação e o respeito de áreas de segurança e protecção às obras, necessárias em projectos desta natureza, visto que se localiza em área portuária a bastante distância das zonas com ocupação residencial.

Deste modo, e com base nos preceitos do EIA [66] e Plano de Gestão Ambiental, podem-se realçar as seguintes medidas minimizadoras dos impactes a nível ambiental na zona de intervenção e adjacentes, a ter em conta no decorrer dos trabalhos, a saber:

- A dragagem de sedimentos, deve ser efectuada com draga de sucção;
- As operações de dragagem de sedimentos devem ser conduzidas de forma cuidada, devendo ser minimizada a ressuspensão de sedimentos, nomeadamente através da baixa velocidade de sucção;
- Respeitar os valores de sedimentos dragados e de desmonte de rocha, definidos no Projecto de Execução, impedindo extracções superiores às estritamente necessárias;
- Implementar medidas de segurança respeitantes ao emprego de explosivos, as quais devem considerar a existência de “pipelines” na área;
- Assegurar que não ocorre qualquer rejeição de matérias poluentes de qualquer natureza para o leito do rio ou para o mar;
- Os efluentes produzidos no estaleiro e por todas as máquinas terão um sistema de recolha e tratamento prévio;

- Assegurar que os trabalhadores afectos à obra terão formação e meios necessários para intervir rapidamente em caso de acidente, envolvendo o derrame de óleos e hidrocarbonetos;
- Assegurar a limitação de velocidade de circulação dos veículos na obra;
- Assegurar a correcta manutenção e funcionamento dos motores de combustão dos veículos pesados, dragas, batelões, barcos e outros equipamentos, de forma a reduzir o mais possível as suas emissões atmosféricas;
- Os camiões utilizados no transporte de materiais pulverulentos devem ser dotados de um sistema que permita cobrir a caixa, para evitar a queda e o espalhamento de materiais; adicionalmente estes veículos não circularão excessivamente carregados;
- Nas operações que envolvem a utilização de explosivos para quebramento de rocha devem ser cumpridos os seguintes aspectos:
 - Restrição ao período das 8h às 20h e apenas nos dias úteis;
 - Utilização de métodos de fogo apropriados à redução da intensidade das vibrações, com sistemas de detonação retardada;
 - Adopção de um sistema de aviso às populações, com indicação antecipada dos horários e zonas previstas para as explosões; imediatamente antes de qualquer detonação soará um alarme sonoro de aviso;
 - Instalação de postos de registo dotados de sismógrafos, de forma a medir a intensidade das vibrações produzidas e avaliar as possibilidades de eventuais danos nas estruturas construídas existentes;
- Assegurar locais alternativos para o estacionamento das embarcações que utilizavam o cais do Molhe Sul e o porto de pesca, neste último caso essencialmente durante os períodos de realização de dragagens;
- Informar os diversos utilizadores das instalações portuárias, incluindo os pescadores, divulgando o programa de execução das obras, de forma a colaborarem com medidas de segurança e de acções alternativas.

4.8.3. Medidas Específicas Integradas no Plano de Gestão Ambiental

Para reduzir os impactes negativos, além das medidas já referidas, o empreiteiro integrou outras medidas específicas no seu plano de gestão. Com objectivo meramente enumerativos, tais medidas são referentes a áreas como:

- Geologia (dragagens, quebramento de rocha com explosivos, aterros, etc.);
- Recursos hídricos;
- Qualidade da água (dragagens, efluentes do estaleiro, derrame de matérias perigosas, vazadouros de dragados, etc.);
- Qualidade dos sedimentos marinhos (equipamentos de dragagem adequados ao tipo de terreno a dragar, áreas a dragar, monitorização dos sedimentos, etc.);
- Qualidade do ar (locais específicos para armazenamento de resíduos, programação do tráfego de pesados, recepção de materiais de empréstimo, correcta manutenção dos motores de combustão, etc.);

- Ambiente sonoro (horário de trabalho, equipamentos, quebramento de rocha, tráfego de pesados, etc.);
- Paisagem (referente à área de intervenção após conclusão da obra);
- Património subaquático (património arqueológico subaquático que possa vir a ser detectado, geofísica do fundo marinho, etc.);
- Socioeconomia (interferências com o turismo, mão-de-obra e subempreiteiros locais, tráfego de pesados em meio urbano, utilização de explosivos, etc.).

Um outro aspecto a referir é o estaleiro da obra, que neste caso se situou dentro dos limites do terreno pertencente à APDL. Tal localização, dentro da área portuária, não implicou a criação de acessos adicionais, movimentos de terra ou a impermeabilização de qualquer área, tendo a zona de implantação sido facilmente recuperada e enquadrada pela integração paisagística prevista.

Anexo às medidas minimizadoras de impactes negativos a nível ambiental, estão, como espectável, os planos de monitorização de alguns parâmetros essenciais.

Assim, foram estabelecidos planos de monitorização do ambiente sonoro, qualidade da água e qualidade dos sedimentos. Para cada um dos planos foram definidos os parâmetros a monitorizar, locais de amostragem, frequência de controlo e amostragem, as técnicas e métodos de análise, critérios de avaliação dos dados recolhidos e a periodicidade dos relatórios de monitorização.



Fig. 4.17 – Localização dos pontos de amostragem para monitorização da qualidade da água [19].

4.9. SEGURANÇA E SAÚDE NA OBRA EXEMPLO

4.9.1. Plano de Segurança e Saúde

Tendo por base o Plano de Segurança e Saúde, todos os intervenientes em obra, têm a obrigação de tomar as medidas necessárias para garantir a segurança e protecção de todos os trabalhadores.

O objectivo é que o PSS seja um contributo na planificação adequada dos trabalhos que compõem a empreitada, com vista à definição das regras orientadoras das acções dirigidas à prevenção dos riscos gerais e especiais para a segurança e saúde dos trabalhadores e de terceiros durante a execução da obra, bem como à protecção do meio ambiente.

Tal plano, tem o objectivo de servir de guia para a implementação das condições de segurança em obra, que, dada a diversidade de trabalhos e actividades envolvidas, e aos processos construtivos definidos pelo empreiteiro, obrigam a que seja constantemente adaptado às situações reais e à dinâmica vividas em obra, ajudando os técnicos de segurança a exercer as suas funções, possibilitando uma correcta análise dos riscos e conseqüente redução dos acidentes de trabalho.

A prevenção de um acidente de trabalho, implica um conjunto de acções em todas as fases da realização do empreendimento, sendo particularmente relevante o envolvimento efectivo de todos os intervenientes que, directa ou indirectamente, intervêm no processo de construção.

O conceito aplicado é o de determinar as medidas de prevenção adequadas à execução de uma determinada tarefa, em função dos riscos do trabalho com os materiais e com os equipamentos e do uso dos processos construtivos e de trabalhos mais adequados.

4.9.2. Avaliação de Riscos e Medidas Preventivas

Se atentarmos para a Lei nº 102/2009, de 10 de Setembro, Artigo 79º, podemos verificar, que algumas das actividades aí reportados como de risco elevado, fazem parte dos trabalhos que foi necessário executar na obra exemplo.

Assim, este ponto tem o objectivo de sintetizar, para os locais de trabalhos/actividades principais da obra exemplo, os riscos mais relevantes associados e as medidas preventivas adoptadas:

a) Armazenagem de Materiais

Os riscos associados à armazenagem, aprovisionamento, recepção e movimentação de materiais diversos, em estaleiro, são do tipo:

- Incêndio;
- Queda de objectos;
- Desorganização;
- Perfuração;
- Corte;
- Entalamento;
- Esmagamento;
- Deterioração;
- Explosão.

Face a isto, as medidas preventivas mais necessárias, compreendem acções do seguinte tipo:

- Conservação os produtos e materiais de acordo com as normas técnicas homologadas necessárias para manter a qualidade dos produtos e materiais;
- Demarcação das zonas de armazenagem separando as madeiras, ferro, cimento, equipamentos e ferramentas portáteis, os combustíveis, as tintas e restantes produtos químicos;
- Armazenagem, em local próprio, dos equipamentos de protecção colectiva e individual, de forma a garantir a sua permanente disponibilidade para utilização;
- Optar pela movimentação mecânica das cargas sempre que possível;
- Evitar sobreocupação dos espaços;
- Sinalização de forma visível e adequada dos produtos químicos;

- Instalação de forma acessível, na zona de armazenagem destes produtos, dos equipamentos de protecção e meios de combate adequados a uma primeira intervenção no caso de acidente/incêndio;
- Nunca armazenar substâncias explosivas no estaleiro;
- Escolha dos locais de armazenagem de acordo com o plano de circulação da obra e com os alcances e capacidade operacional dos meios mecânicos de movimentação;
- Garantir a utilização adequada dos equipamentos de protecção individual.



Fig. 4.18 – Unidade de Protecção Ambiental da obra exemplo.

b) Armação de Ferro

Os riscos inerentes à armação de ferro em estaleiro são do tipo:

- Electrocussão;
- Perfuração;
- Corte;
- Quedas ao mesmo nível.

Face a isto, as medidas preventivas mais necessárias, compreendem acções do seguinte tipo:

- A zona de armazenagem dos varões não deverá ter sobre ela condutores eléctricos, nem qualquer elemento que possa constituir obstáculo à descarga do ferro com os meios mecânicos previsíveis;
- Providenciar lingas apropriadas para a descarga do ferro em molhos;
- Implantação da oficina de fabrico contígua à zona de armazenagem, de tal modo que o varão de ferro possa ser ripado, total ou parcialmente, das baias;
- Proibição da utilização do arame que ata os varões como ponto de suspensão para a movimentação do atado;
- Definir uma zona para a colocação dos desperdícios de ferro;
- Produzir e armazenar as armaduras segundo o planeamento da obra, reduzindo ao mínimo as operações de movimentação.

c) Aterros e Compactação

Os riscos associados à execução de aterros e sua compactação são do tipo:

- Esmagamento;
- Soterramento;
- Queda;
- Afogamento.

Face a isto, as medidas preventivas mais necessárias, compreendem acções do seguinte tipo:

- Definir, previamente e com cuidado, a sequência de trabalhos de modo a evitar actividades sobrepostas e incompatíveis;
- Dispor de meios de salvamento tais como bóias de salvação amarradas com cabo;
- Dispor de um barco a motor, disponível junto à zona de trabalhos durante o tempo de execução da obra, de modo a assegurar um rápido salvamento no caso de queda ao mar;
- Em trabalhos na proximidade do mar garantir o uso de colete salva-vidas insuflável.

d) Cofragem e Descofragem

Os riscos associados às actividades de cofragem e descofragem de estruturas de betão armado são do tipo:

- Esmagamento;
- Entalamento;
- Queda em altura;
- Contusões várias;
- Afogamento.

Face a isto, as medidas preventivas mais necessárias, compreendem acções do seguinte tipo:

- Criar plataformas de trabalho munidas de guarda corpos;
- Organizar recepção de materiais de acordo com o espaço disponível e a capacidade de resistência do escoramento;
- Cumprir os planos de trabalho segundo a Direcção de Obra e o fabricante da cofragem;
- Sempre que se justifique utilizar cordas de manobra;
- Verificar periodicamente a rigidez do conjunto e apertar/reparar sempre que necessário.



Fig. 4.19 – Exemplo de recurso a guarda corpos nas operações de colocação de armaduras na obra exemplo.

e) Betonagens

Os riscos associados às betonagens de carácter geral são do tipo:

- Queda em altura;
- Esmagamento;
- Contusões várias;
- Perfuração;
- Cortes;
- Afogamento.

Face a isto, as medidas preventivas mais necessárias, compreendem acções do seguinte tipo:

- Criar plataformas de trabalho munidas de guarda corpos;
- Estabilizar a autobetoneira tendo o cuidado de degradar a carga das sapatas com apoios adequados;
- Interditar, durante toda a betonagem, o acesso à zona de escoramento;
- Refazer, se for o caso, a circulação sobre armaduras;
- Não utilizar ferros verticais como indicadores de nível a não ser que boleados ou protegidos;
- Nas operações de desentupimento da tubagem da bomba não se colocar de frente para a abertura da manga;
- Manter vigilância apertada sobre o comportamento das cofragens;

f) Mergulho

O risco mais importante é o que se refere a problemas com a falta de descompressão, tendo sido adoptadas as seguintes medidas preventivas:

- Garantir a presença de um supervisor qualificado durante a operação de mergulho;
- Ser utilizado equipamento de mergulho adequado e sujeito a uma correcta manutenção;
- Existir um registo de operações de mergulho no qual foram correctamente registados todos os pormenores da operação de mergulho;
- Em caso de necessidade, deveria garantir-se a comparência de um médico com experiência em medicina subaquática;
- Serem tomadas providências de forma a garantir condições de segurança e sinalização para todas as operações de mergulho;
- Garantir a participação em operações, na qualidade de mergulhadores, de pessoas que preencham os seguintes requisitos:
 - Serem portadoras de um certificado válido comprovativo de que durante os 12 meses anteriores foram sujeitas a exame médico para apuramento de boas condições para mergulho, devendo esse exame incluir radiografia ao tórax;
 - Terem tido formação adequada para o mergulho proposto e serem competentes para desempenhar com segurança o trabalho de que foram incumbidas;

- Deve ser sempre seguido o prescrito no Decreto-Lei n.º 12/94, de 15 de Janeiro (Regulamento do Mergulho Profissional).

g) Dragagens

Os riscos associados a esta actividade são do tipo:

- Colisões;
- Esmagamento;
- Soterramento;
- Afogamento.

Face a isto, as medidas preventivas mais necessárias, compreendem acções do seguinte tipo:

- Sinalizar e balizar convenientemente as zonas de dragagem, de forma a evitar e prevenir o choque de embarcações;

- Verificar que os equipamentos são manobrados por pessoal apto para o efeito;
- Impedir o acesso e permanência de pessoas às zonas de manobra e caminhos de máquinas;
- Não exceder a carga máxima dos batelões indicada pelo fabricante;
- Acondicionar a carga de uma forma uniforme sobre o meio de transporte;

- Os operários em permanência junto de máquinas em manobras devem guardar sempre a distância de segurança (fora do raio de alcance do equipamento/carga em questão e no campo de visão do manobrador);

- Não transportar cargas de tal modo volumosas que impeçam a visibilidade;
- Manter as distâncias de segurança em relação aos obstáculos fixos e móveis;
- Nunca sair das máquinas sem que estas estejam com os sistemas de imobilização e segurança activados;

- Nunca transportar pessoal em equipamento desadequado para tal;

- Dispor de meios de salvamento tais como bóias de salvação amarradas com cabo e em quantidade suficiente nas dragas e batelões;

- Dispor de um barco a motor disponível junto à zona de trabalhos, durante o tempo de execução da obra, de modo a assegurar um rápido salvamento no caso de queda ao mar;

- Uso obrigatório de colete salva-vidas insuflável.

4.9.3. Acções Correctivas/Preventivas

Decorrente de uma acção de fiscalização e detecção de uma não conformidade relativa a condições de segurança em obra, que apresente gravidade significativa, ou seja uma situação recorrente, dá lugar à formulação e implementação de acções correctivas/preventivas.

As não conformidades devem ter uma descrição sucinta, precisa e clara de forma a não dar lugar a dúvidas sobre a sua interpretação.

Neste processo há, então, duas entidades com responsabilidade na definição, implementação e verificação da implementação das acções correctivas/preventivas: entidade executante e fiscalização.

A entidade executante tem a responsabilidade de:

- Identificar e descrever as não conformidades;
- Propor e acordar com a fiscalização as acções correctivas/preventivas a implementar;
- Desenvolver dentro do prazo acordado as acções correctivas/preventivas;
- Verificar a eficácia das acções preventivas;
- Analisar as causas das não conformidades;
- Providenciar a implementação de acções para eliminar as causas reais e/ou potenciais das não conformidades;

Por outro lado, é da responsabilidade da fiscalização:

- Acordar com a entidade executante ou determinar medidas preventivas suplementares;
- Analisar a eficácia das medidas preventivas;
- Decidir sobre as acções correctivas/preventivas a implementar e, se justificável, comunicar ao Dono da Obra as ocorrências, que deverá pronunciar-se determinando as medidas que entenda adequadas;
- Analisar a eficácia das acções correctivas/preventivas implementadas no caso de não conformidades de gravidade significativa.

5

CONTROLO DA QUALIDADE DOS TRABALHOS

5.1. INTRODUÇÃO

Com este capítulo pretende-se apresentar a documentação, Fichas de Registo, produzidas especificamente no âmbito da Obra Exemplo, referentes à execução das actividades mais relevantes, bem como propor, três novas Fichas de Registo associadas às estacas de betão armado e outras três Fichas de Inspeção, baseadas na mesma obra, cuja existência se entendeu ser uma maior valia.

Assim, as Fichas de Registo de actividades, produzidas em específico para a Obra Exemplo, foram as seguintes:

- Quebramento de Rocha com Atlas Copco Roc D7 no Pontão “Sá Nogueira” (Quadro 5.1);
- Quebramento de Rocha com Torre de Perfuração no Pontão “Montemor” (Quadro 5.2);
- Cortina de Estacas-Prancha (Quadro 5.3);
- Estacas de Betão – 1ª Fase (Perfuração na Rocha e Cofragem) (Quadro 5.4);
- Estacas de Betão – 2ª Fase (Armaduras e Betonagem) (Quadro 5.5);
- Estacas de Betão – Ficha de Execução de Estacas (Quadro 5.6);
- Mapa de Colocação de Aduelas em Muro-Cais (Quadro 5.7).

Propuseram-se ainda, as seguintes Fichas de Registo, referente às estacas de betão armado:

- Estacas de Betão - Registo dos Ensaios de Integridade (ensaio sónico) (Quadro 5.8);
- Registos do Betão de Fabrico das Aduelas com Laje de Fundo (Quadro 5.9);
- Registos do Betão de Fabrico das Aduelas sem Laje de Fundo (Quadro 5.10).

Além das Fichas de Registo do progresso ou execução de determinada actividade, poderiam ser produzidas Fichas de Inspeção a ser utilizadas pela fiscalização, onde se descrevem os principais itens a ter em conta na realização de um determinado trabalho em obra e as metodologias de o controlar para efeitos de garantir a sua qualidade final.

Cada entidade fiscalizadora possui a sua base de dados, ou o seu modelo de fichas, embora os seus conteúdos sejam sempre muito semelhantes, quando se referem a um mesmo trabalho.

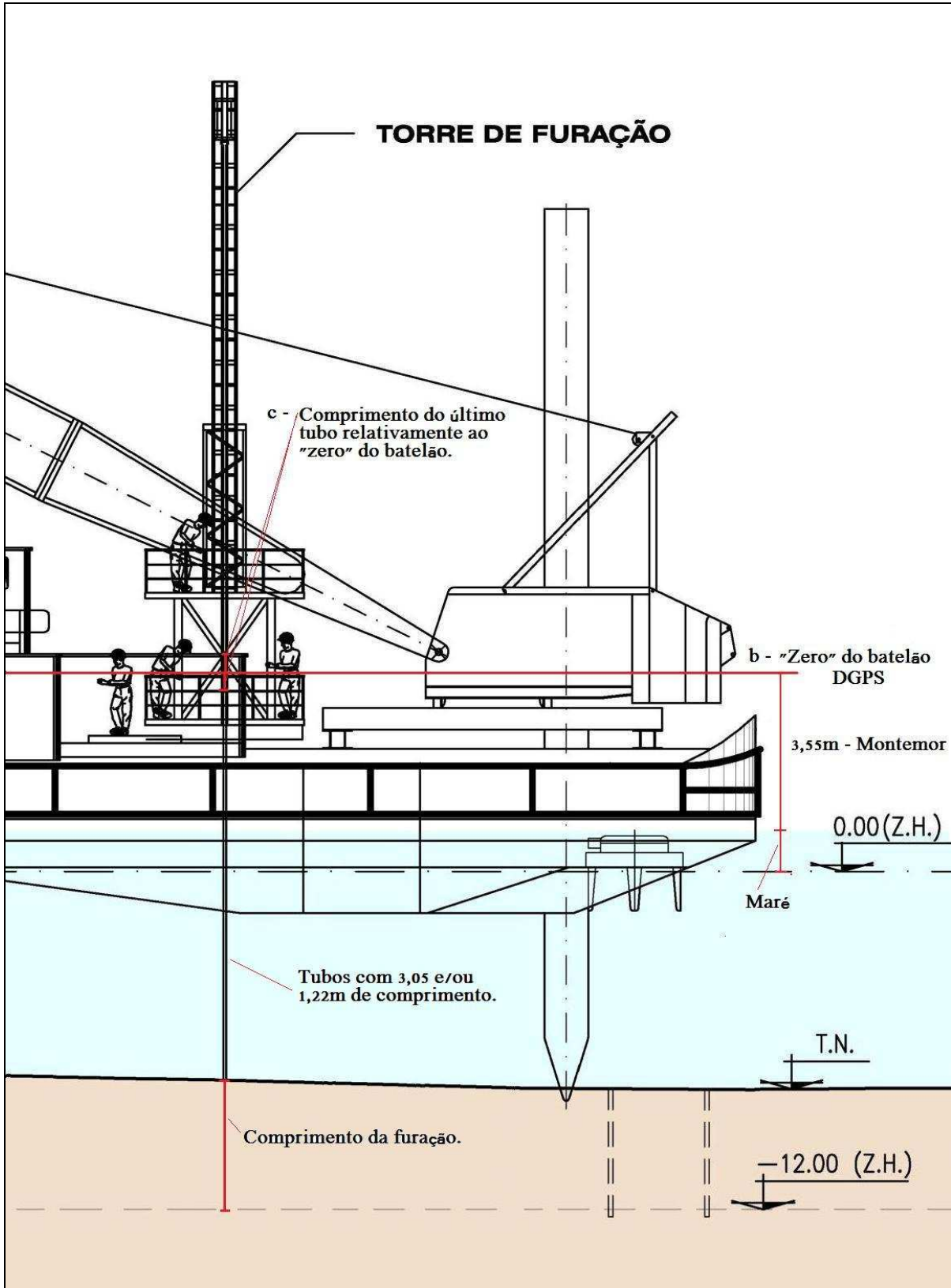


Fig. 5.1 – Esquema auxiliar de preenchimento do Quadro 5.2.

Quadro 5.6 – Estacas de Betão – Ficha de Execução de Estacas.

FICHA DE EXECUÇÃO DE ESTACAS		Ficha nº <u>000</u>
1. TIPO E DIMENSÕES		
Diâmetro: <u>1016</u> mm	Espessura: <u>11</u> mm	Aço: <u>S 355</u>
2. CARACTERÍSTICAS DA ESTACA		
Estaca nº: <u>EA22</u>	Comprimento: <u>26,57</u> m	Peso Cofragem: <u>7801</u> kg
3. COTAS INICIAIS		
Cota da Rocha: <u>-16,68</u> mZHL	Cota do Terreno Natural: <u>-11,78</u> mZHL	
4. FURAÇÃO / BETONAGEM		
Data de Furação: <u>03/08/2010</u>	Data de Betonagem: <u>11/10/2010</u>	
5. COTAS FINAIS		
Cota Topo da Estaca: <u>+4,85</u> mZHL	Cota de Projecto: <u>+4,46</u> mZHL	
Cota Final da Furação: <u>-22,11</u> mZHL	A Cortar(-)/a Acrescentar(+): <u>-0,39</u> mZHL	
Cota da Betonagem: <u>+4,46</u> mZHL		
6. ESQUEMA DA EXECUÇÃO DA ESTACA		
7. OBSERVAÇÕES		
EMPREITEIRO		FISCALIZAÇÃO
Rubrica	Data ____/____/____	Rubrica
		Data ____/____/____

Quadro 5.9 – Registos do Betão de Fabrico das Aduelas com Laje de Fundo.

REGISTOS DO BETÃO DE FABRICO DAS ADUELAS								
C35/45 XS3 - CONSISTÊNCIA S4								
Tipo de Aduela	Nº da Aduela	Datas de Betonagem		Provetes Para Ensaio				Observações
				Guias de Remessa	Slump (mm)	Resistência a 28 Dias (Mpa)	Média (Mpa)	
* A1	N1	LAJE	2010 / 02 / 28	00000	160	52,5 49,8 51,2	51,2	Conforme
		PAREDES	2010 / 03 / 14	11111	150	48,5 47,5 50,6	48,9	Conforme
_____	_____	LAJE	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	LAJE	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	LAJE	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	

*Exemplo de preenchimento (os dados não são reais da obra exemplo).

Quadro 5.10 – Registos do Betão de Fabrico das Aduelas sem Laje de Fundo.

REGISTOS DO BETÃO DE FABRICO DAS ADUELAS								
C35/45 XS3 - CONSISTÊNCIA S4								
Tipo de Aduela	Nº da Aduela	Datas de Betonagem		Provetes Para Ensaio				Observações
				Guias de Remessa	Slump (mm)	Resistência a 28 Dias (Mpa)	Média (Mpa)	
* A6B	N10	PAREDES	2010 / 04 / 11	22222	155	50,5 51,8 48,2	50,2	Conforme
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	PAREDES	____ / ____ / ____	_____	_____	_____	_____	

*Exemplo de preenchimento (os dados não são reais da obra exemplo).

Quadro 5.12 – Fabrico de Aduelas de Betão Armado.

ADUELAS DE BETÃO ARMADO - INSPECÇÃO DO FABRICO			
1. IDENTIFICAÇÃO DA PEÇA			
Tipo de Aduela: _____		Número da Aduela (por tipo): _____	
Laje de fundo <input type="checkbox"/>	Paredes das Células <input type="checkbox"/>		
Início de Fabrico: _____	Fim de Fabrico: _____	Data de Colocação: _____	
2. VERIFICAÇÕES GERAIS			
2.1 Verificação da implantação da peça para produção (geometria).			<input type="checkbox"/>
2.2 Limpeza e preparação da superfície de trabalho.			<input type="checkbox"/>
2.3 Garantia das condições de segurança para o início dos trabalhos.			<input type="checkbox"/>
3. ARMADURAS			
3.1 Cumprimento dos diâmetros (secções) dos varões definidos em projecto.			<input type="checkbox"/>
3.2 Cumprimento das quantidades de armadura definidos em projecto.			<input type="checkbox"/>
3.3 Verificação dos comprimentos de amarração de projecto.			<input type="checkbox"/>
3.4 Correcta montagem e colocação de cadeiras e calços para montagem e recobrimento das armaduras.			<input type="checkbox"/>
4. COFRAGENS			
4.1 Utilização do sistema de cofragem/moldes aprovado pela fiscalização.			<input type="checkbox"/>
4.2 Verificação topográfica.			<input type="checkbox"/>
4.3 Desempeno dos painéis da cofragem.			<input type="checkbox"/>
4.4 Limpeza das cofragens.			<input type="checkbox"/>
4.5 Utilização de óleo descofrante.			<input type="checkbox"/>
4.6 Verificação das juntas entre cofragens.			<input type="checkbox"/>
5. BETONAGEM			
5.1 Verificação do tipo de betão recebido e realização de ensaios ao betão fresco.			<input type="checkbox"/>
5.2 Verificação da altura de queda do betão de modo a evitar segregação.			<input type="checkbox"/>
5.3 Betonagem ininterrupta, por camadas não superiores a 30cm e vibração adequada com vibradores.			<input type="checkbox"/>
6. DESCOFRAGEM / DESMOLDAGEM			
6.1 Descofragem / desmoldagem com o mínimo de 48H após o fim das betonagens.			<input type="checkbox"/>
6.2 Possibilidade de desmoldagem dos painéis laterais com o mínimo de 24H após o fim das betonagens.			<input type="checkbox"/>
6.3 Após descofragem/desmoldagem, inscrição na aduelas do tipo, número e data do fim de fabrico.			<input type="checkbox"/>
7. OBSERVAÇÕES			
EMPREITEIRO		FISCALIZAÇÃO	
Rubrica	Data	Rubrica	Data
_____	__/__/__	_____	__/__/__

Quadro 5.13 – Colocação de Pré-fabricados de Betão Armado - Aduelas.

COLOCAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS DE BETÃO ARMADO - ADUELAS			
1. IDENTIFICAÇÃO DA PEÇA			
Tipo de Aduela: _____		Número da Aduela (por tipo): _____	
Início de Fabrico: _____		Fim de Fabrico: _____	Data de Colocação: _____
2. MOVIMENTAÇÃO DA PEÇA EM ESTALEIRO			
2.1 Movimentação ao fim de um mínimo de 28 dias após fabrico.			<input type="checkbox"/>
2.2 Movimentação/elevação das aduelas com recurso às estruturas aprovadas para o efeito.			<input type="checkbox"/>
2.3 Movimentação das aduelas sem movimentos bruscos.			<input type="checkbox"/>
3. INSPECÇÃO VISUAL COM MERGULHADORES			
3.1 Inspeção visual com mergulhadores do estado da cama de assentamento ou da aduela para encaixe.			<input type="checkbox"/>
4. POSICIONAMENTO DA ADUELA			
4.1 Posicionamento do tipo de aduela em função do definido em projecto.			<input type="checkbox"/>
4.2 Registo do posicionamento real da peça em função da nomenclatura de fabrico (tipo e número).			<input type="checkbox"/>
5. POSICIONAMENTO DA ADUELA EM FUNÇÃO DAS MARCAS TOPOGRÁFICAS			
5.1 Posicionamento da aduela em função das marcas topográficas com auxílio de mergulhadores.			<input type="checkbox"/>
5.2 Verificação da verticalidade.			<input type="checkbox"/>
5.3 Verificação da largura exterior da junta entre aduelas.			<input type="checkbox"/>
5.4 Verificação da profundidade média da junta entre aduelas.			<input type="checkbox"/>
5.5 Verificação vídeo das aduelas de fundo com recurso a mergulhadores.			<input type="checkbox"/>
6. VERIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS DANOS PROVOCADOS DURANTE A COLOCAÇÃO			
6.1 Esmilhamentos			<input type="checkbox"/>
6.2 Deslocamento de outras aduelas já colocadas.			<input type="checkbox"/>
6.3 Aparecimento de fissuras visíveis nas aduelas.			<input type="checkbox"/>
7. OBSERVAÇÕES			
EMPREITEIRO		FISCALIZAÇÃO	
Rubrica	Data	Rubrica	Data
_____	_/_/___	_____	_/_/___

5.5. ASPECTOS MARCANTES NA CONSTRUÇÃO E FISCALIZAÇÃO DA OBRA EXEMPLO

5.5.1. INTRODUÇÃO

O desempenho da entidade executante e da entidade fiscalizadora numa obra, estão, indubitavelmente aliados a um número muito vasto de factores. Muitos desses factores são humanamente incontroláveis, embora os seus efeitos directos nos trabalhos, possam ser limitados, com a implementação de algumas medidas.

Por outro lado, há factores relacionados unicamente com os intervenientes, principalmente os aspectos relacionados com os factores/agentes de decisão.

De uma forma muito breve, são abordadas as questões relacionadas com a mão-de-obra e equipamentos, meio ambiente, projecto e planeamento da obra, com objectivo de mostrar as facilidades/limitações sentidas no decorrer da obra.

5.5.2. MÃO-DE-OBRA E EQUIPAMENTOS

O recurso a equipamentos de grandes dimensões, e em número elevado, reflecte-se a nível financeiro na obra, pois aqueles permitem, em alguns casos uma redução da mão-de-obra e do desperdício de materiais/recursos. As vantagens de requisitar, para obra, estes equipamentos, aumentam consideravelmente se o investimento e a viabilidade dos equipamentos forem previamente avaliados. A utilização de tais equipamentos, auxilia a organização dos processos construtivos e melhora a qualidade dos serviços prestados.

É importante planear bem a utilização dos equipamentos. É necessário realizar assim uma análise custo/benefício de vários tipos de equipamentos idênticos, de modo a otimizar os recursos disponíveis.

A aquisição de novos equipamentos ou a substituição por outros mais recentes e eficazes, depende muito do tipo de obra, do seu prazo de execução e dos processos construtivos adoptados.

O recurso a determinados equipamentos pesados, independentemente do seu custo, é imprescindível como, por exemplo, na maioria das obras onde há grandes volumes/massa de material a movimentar, onde, sem estes recursos, se torna impossível o cumprimento de prazos ou mesmo a realização de algumas tarefas.



Fig. 5.2 – Grande disponibilidade de equipamentos em obra (gruas, batelões, plataformas).

Quanto maior a obra, aumenta a possibilidade de se usar mais intensamente um equipamento, aproveitando a sua requisição para obra. É por isso importante avaliar os espaços e caminhos de circulação do estaleiro, de modo a poder utilizar os equipamentos onde realmente são necessários.

A aquisição de grandes equipamentos está dependente, não só de das políticas de financiamento como também da perspectiva de ter várias obras onde o utilizar, para amortizar o investimento e diluir os gastos com a aquisição.

O objectivo é investir para reduzir custos, em especial os custos indirectos como a melhor qualidade da obra, redução do tempo de execução e redução da carga de mão-de-obra.

No caso de serem equipamentos com baixo índice de utilização ou inexistência de espaço para os guardar após utilização, a solução passa por aluguer em vez de aquisição, durante os períodos de tempo necessários.

Como os equipamentos não funcionam sozinhos, o factor que pode ser determinante para uma boa produtividade, economia de combustível e redução das paragens para manutenção reside, essencialmente, nas capacidades do manobrador do equipamento.

Poupar na contratação de manobradores capazes e experientes, pode significar grandes prejuízos quer pela pouca produtividade, quer pela má execução da obra ou pelo desgaste excessivo do equipamento.

Assim, com todos os equipamentos disponíveis na obra (ver Quadro 5.12), aliados à grande experiência dos manobradores, foi possível imprimir um ritmo elevado de produção em obra, sem comprometer a qualidade do produto final.

Em suma, é essencial verificar a adequabilidade do equipamento à tarefa, dar boa assistência e manutenção aos equipamentos, garantir que os manobradores são capazes e planear com a devida antecedência a entrada do equipamento em obra, sua área de trabalho e tarefas a realizar.

Quadro 5.14 – Mapa de Equipamentos em Obra num Mês de Pico.

Mapa de Equipamentos			
Terrestres		Marítimos	
Função	Marca/Modelo	Função	Designação da Embarcação
Auto Grua - Camião	American Hoist 6450	Quebramento de Rocha	Batelão "Montemor"
Auto Grua	Grove Coles	Quebramento de Rocha	Batelão "Eng. Sá
	Grove RT 522	+ Grua de Apoio à Obra	Nogueira"
	Liebherr LTM 1040-2.1	Rebocador de Apoio	Rebocador "Apartadura"
Grua Torre	Comedil CTT331	Pontão Flutuante - Execução Estacas + Apoio	"Skyline Barge 18"
Grua de Rastos	Manitowoc 999	Dragagem	Draga "Peniche"
	Manitowoc 2250		Draga "Dragamar"
	Manitowoc 16000		Batelão "Obelix"
Multiusos	JCB 537-135	Dragagem - Transporte de Sedimentos	Batelão "Philae"
	Volvo A30D		Batelão "Abegão"
Dumper	Haulpak-Wabco	Plataforma "Jack-up" - Execução Estacas	Plataforma "Perna Longa"
Escavadora de Rastos	Komatsu PC 340 NLC-7	Flutuador de Apoio ao "Perna Longa"	Flutuador "Arunca"
	Daewoo Solar 255 LC-V	Lancha de Apoio	Lancha "Tibarão"
	Komatsu PC 210	Bote de Apoio	Bote "Setúbal"
Pá Carregadora	Kamatsu WA 270		Bote "Eter Foz"
Conjunto Industrial	JCB BCX-4T	Batelão com Grua de Apoio	Batelão "Aquarius"



Fig. 5.3 – Colocação de armaduras de duas estacas em simultâneo com recurso a duas guias.



Fig. 5.4 – Levantamento da armadura de uma estaca, tarefa realizada com duas guias em simultâneo.

5.5.3. QUESTÕES CLIMATÉRICAS

Uns dos principais motivos de quebra de rendimentos de produção, durante alguns períodos de tempo, embora não muito longos, foram os relacionados com os aspectos climáticos, em especial os seguintes:

- Ventos fortes: limitação da acção das guias;
- Ondulação excessiva dentro do porto: provoca instabilidade que limita ou suspende o funcionamento dos equipamentos de O.D. na actividade de quebramento de rocha e as deslocações em botes na obra;
- Ondulação excessiva fora do porto: impossibilidade de efectuar as saídas dos batelões para descarga de materiais dragados;
- Nevoeiros marítimos serrados: limitação da acção das guias, em especial a grua torre e impossibilidade de movimentação segura das embarcações em porto e impossibilidade de saída dos batelões para descarga de materiais dragados;
- Temperatura excessivamente alta ou baixa e chuva forte: obriga a tomar cuidados especiais com as betonagens ou elementos betonados recentemente, cujo betão esteja em contacto com o ar.



Fig. 5.5 – Galgamento do Molhe do Douro, um quebramar de parede vertical, perto do Porto de Leixões [17].



Fig. 5.6 – Nevoeiro marítimo serrado (18-08-2010).

As marés, dada a sua periodicidade, não podem ser encaradas como os factores apresentados anteriormente, sendo necessário adaptar os planos de trabalhos diários às horas de baixa-mar e preia-mar que se venham a registar. Sendo uma obra marítima, algumas das actividades requerem que se trabalhe com cotas de água as mais baixas possíveis, como por exemplo:

- Fixação dos cavaletes metálicos de suporte dos escudetes (soldados às estacas do cais);
- Colocação de escudetes, armaduras e sua betonagem;
- Colocação e remoção dos contraventamentos das estacas;
- Cravação de estacas-prancha, respectivo corte da parte sobranete ou solda de um empalme quando necessário;
- Colocação das vigas HEA500, abraçadeiras e betonagem dos maciços de solidarização;
- Execução da cama de assentamento da Ilha Ecológica e colocação da laje de fundo pré-fabricada em obra;
- Colocação das peças da Galeria Técnica;
- Colocação dos painéis verticais e pré-fabricados do cais acostável;
- Execução das carotagens para chumbar os pernos de fixação das defensas e a própria colocação das mesmas.

5.5.4. SÍNTESE – IMPORTÂNCIA DA PREFABRICAÇÃO EM OBRAS MARÍTIMAS

A grande produtividade atingida em obra, deveu-se, aliado a outros factores, ao facto do projecto de execução contemplar a utilização de pré-fabricados para a concretização do Projecto que se tinha de erigir.

Conciliando isto, com o facto de em estaleiro existir uma vasta área para armazenar grande quantidade de materiais para serem gastos em obra, entre eles, pré-fabricados em betão armado, produzidos em estaleiro (aduelas e troços da galeria técnica) ou em fábrica (canaletes, escudetes, pré-lajes e painéis do cais acostável), estacas-prancha metálicas, tubos metálicos para estacas e aço em varão, proporcionou-se uma base importante para um planeamento e encadeamento de tarefas eficaz para se conseguir tirar o máximo rendimento da mão-de-obra disponível e equipamentos, como visto em 5.5.2.



Fig. 5.7 – Armazenamento em estaleiro de moldes de estacas, pequenos pré-fabricados e de aduelas.

Na construção do cais acostável, por exemplo, estiveram envolvidos dois batelões (sem contar com a plataforma de cravação das estacas) e uma grua torre sobre carris. Os batelões, como tinham mobilidade por meios próprios, vinham recorrentemente ao cais multiusos abastecer-se de materiais para levar para a frente de trabalho, reduzindo o transporte de materiais, em pequenas quantidades, sobre a parte da ponte-cais acostável já construída.

Com estas estruturas do tipo ponte-cais, há a vantagem de se poder avançar na construção das vigas e laje sem estar na zona de influência de maré, proporcionando um ritmo de trabalho alto sem interrupções periódicas por tais motivos.

6

CONCLUSÃO

6.1. AVALIAÇÃO DA REALIZAÇÃO DOS OBJECTIVOS E LIMITAÇÕES SENTIDAS

Foi efectuada uma recolha bibliográfica relativamente desenvolvida na área das obras portuárias. O acompanhamento da obra exemplo permitiu também validar diversos conhecimentos adquiridos, de uma forma prática, através da observação e da discussão técnica com os diversos intervenientes na obra, a diversos níveis, muitos deles com dezenas de anos de experiência profissional em obras marítimas.

Nesse contexto, podem tecer-se algumas considerações/apreciações, nomeadamente no que se refere ao cumprimento dos objectivos propostos inicialmente. Tais objectivos, consideram-se atingidos já que ao longo deste trabalho se desenvolveu:

- Uma síntese dos principais conceitos associados às obras marítimas e portuárias, na vertente de produção/fiscalização;
- Estudo do plano de controlo da qualidade dos trabalhos da obra exemplo, com muitas actividades distintas e processos construtivos muito variados;
- A produção de diversas Fichas de Registo de Actividades e Fichas de Inspeção originais, aplicáveis aos trabalhos específicos da obra exemplo, podendo ser utilizadas com a mesma configuração ou facilmente adaptadas a outras obras onde sejam realizados trabalhos de espécie semelhante.

Ao nível das limitações sentidas, a principal dificuldade encontrada foi a ausência de bibliografia associada à descrição dos processos construtivos e às particularidades da fiscalização de obras marítimas e portuárias.

O conhecimento associado à execução e fiscalização de obras portuárias é de difícil acesso e não existe com as características “práticas” (de índole tecnológica) desenvolvidas nesta dissertação.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Seguindo um modelo semelhante ao adoptado no desenvolvimento deste trabalho, entende-se que existe um vasto campo de domínios científicos associados às obras hidráulicas (portuárias ou outras) que podem ser explorados e desenvolvidos.

Como exemplo de outras áreas a merecer um estudo e divulgação semelhantes aos realizados na presente dissertação, podem-se citar:

- Dragagens;
- Portos de recreio/marinas;
- Execução de retenções marginais;
- Execução de estacas de betão armado em obras marítimas da espécie apresentada ou outras;
- Estruturas discretas de acostagem;
- Muros de gravidade de diversos tipos;
- Apetrechamentos de cais (obras em terra);
- Cais acostáveis do tipo “dinamarquês” ou outros.

O recurso a obras exemplo, estudadas na perspectiva da produção ou fiscalização, parece ser uma via bastante interessante para registar e sintetizar conhecimento, já que as obras marítimas e portuárias, apresentam características e especificidades que tornam difícil a generalização e tipificação de procedimentos.

No fundo, em obras portuárias quase se pode dizer que “cada caso é um caso”. Aprender com cada obra constitui assim uma via importante (senão mesmo a fundamental) para registar e divulgar o conhecimento prático associado à realização de obras portuárias, nas mais diversas perspectivas e pontos de vista ou seja, na perspectiva do meio académico, dos donos de obra, dos empreiteiros, das fiscalizações e das demais entidades públicas ou privadas envolvidas na “economia” dos portos.

BIBLIOGRAFIA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (EXCLUINDO PÁGINAS DA INTERNET)

- [1] Cruickshank, I., Cork, S. *Construction Health and Safety in Coastal and Maritime Engineering*. HR Wallingford, Ltd, UK, 2005.
- [2] Nunes, S., Maia, L., Figueiras, H., Coutinho, J.S., Figueiras, J. *Optimização de Um Betão Auto-compactável Branco de Elevada Durabilidade*. In: Comissão Organizadora do BE2010, editor. Actas do Encontro Nacional Betão Estrutural 2010. Lisboa, Portugal: Gráfica Sobralense; 2010. p. 77 (Ed. CD-ROM: 10 pag.).
- [3] Tato, Pedro. *Fundamentos de Obras e Estruturas Portuárias*. Porto: FCT-UFP 2007. Monografia elaborada na Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa em 2007 para obtenção do grau de Licenciado em Engenharia do Civil pela FCT-UFP.
- [4] Kraus, Nicholas C. *History and Heritage of Coastal Engineering*. American Society of Civil Engineers (ASCE), USA, 1996.
- [5] Lopes, Hugo Guedes. *Ensaio em Modelo Físico do Comportamento Hidráulico e Estrutural do Quebra-mar Norte do Porto de Leixões*. Porto: FEUP 2005. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2005 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente pela FEUP.
- [6] Merritt, Frederick S., Harbor Engineering, *Standard Handbook for Civil Engineer (Third Edition)*, páginas 23-1 a 23-67, McGraw-Hill International Editions – Civil Engineering Series, Singapore.
- [7] Pereira, Pedro. *Análise dos Processos de Rotura e de Escoamento em Quebramares de Taludes*. Porto: FEUP 2008. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2008 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente pela FEUP.
- [8] Cunha, Paulo. *Dimensionamento Optimizado de Quebramares de Taludes*. Porto: FEUP 2009. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2009 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente pela FEUP.
- [9] Costa, Gustavo. *Modelação de Quebramares Destacados*. Porto: FEUP 2009. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2009 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente pela FEUP.
- [10] Ferreira, Tiago. *Projecto de Reformulação do Quebramar Norte do Porto de Leixões*. Porto: FEUP 2009. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2009 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente pela FEUP.
- [11] Rodrigues, Luís. *Projecto de Estruturas do Terminal de Cruzeiros de Leixões*. Porto: FEUP 2009. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2009 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Estruturas pela FEUP.

- [12] Matos Fernandes, Manuel. Apontamentos das disciplinas de Mecânica dos Solos 1 e 2 do Mestrado Integrado em Engenharia Civil - FEUP, 2009/2010.
- [13] Turner, Thomas A. *Fundamentals of Hydraulic Dredging – Second Edition*. American Society of Civil Engineers (ASCE), USA, 1996.
- [14] Dias, Pedro. *Soluções Técnicas para o Rebaixamento dos Fundos de Cais Acostáveis*. Porto: FEUP 2009. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2009 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente pela FEUP.
- [15] Fonseca, Ana. *O Transporte Marítimo de Mercadorias*. Porto: FEUP 2008. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2008 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Vias de Comunicação pela FEUP.
- [16] Chapapria, Vicent. *Obras Marítimas*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2004.
- [17] Taveira Pinto, Francisco, Veloso Gomes, Fernando. Apontamentos das disciplinas de Trabalhos Marítimos 1 e 2 do Mestrado Integrado em Engenharia Civil - FEUP, 2010/2011.
- [18] Thoresen, Carl A. *Port Designer's Handbook: Recommendations And Guidelines*. American Society of Civil Engineers (ASCE), USA, 2003.
- [19] PROMAN, Centro de Estudos e Projectos, S.A. *Obras Marítimas do Terminal de Cruzeiros de Leixões*. APDL, SA – Projecto de Execução.
- [20] Ministério das Comunicações, Administração dos Portos do Douro e Leixões. *O Porto de Leixões*. Imprensa Portuguesa, Porto, 1949.
- [21] Pestana, M. *Leixões*. Administração dos Portos do Douro e Leixões, Porto, 1966.
- [22] APDL – Administração dos Portos do Douro e Leixões, S.A. (Arquivo geral de documentos).
- [23] Mano Reis, J., Martins, L. *Caracterização da Maré de um Porto*. 4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, 20 e 21 de Outubro de 2005, Angra do Heroísmo, Instituto Hidrográfico.
- [24] IHRH. *Revitalização do molhe sul e espaços adjacentes da nova estação de passageiros e espaços adstritos*, Estudo Prévio – Fase 3, Julho de 2006.
- [25] ETERMAR, S.A., CPTP, S.A. *Esquemas de Progressão dos Trabalhos das Obras Marítimas do Terminal de Cruzeiros de Leixões*.
- [26] Silva, L., Veloso Gomes, F., Taveira Pinto, F., Rosa Santos, P., Guedes Lopes, H. *Terminal de Cruzeiros de Leixões: Arquitectura e Engenharia Portuária*. 3^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, 31 de Outubro de 2008, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, páginas 1 a 24, Porto.
- [27] Atlas Copco Geotechnical Drilling and Exploration. *Overburden Drilling Systems*. Atlas Copco Craelius AB, Märsta, Sweden, 2008.
- [28] Ministério do Mar, Administração dos Portos do Douro e Leixões. *Porto de Leixões - Plano Geral 1955*. Porto, 1995.
- [29] Oliveira, Aurélio. *Porto. Comércio e Construção Naval. Daqui saíram as naus para a Índia*. APDL – Administração dos Portos do Douro e Leixões, S.A., Porto, 2004.

- [30] Sousa, F., Alves, J. *Leixões Uma História Portuária*. APDL – Administração dos Portos do Douro e Leixões, S.A. Porto, 2002.
- [31] Rodrigues, Rui Manuel Gonçalves Calejo – *Metodologia de fiscalização de obras*. Apontamentos da disciplina de Fiscalização de Obras do Mestrado Integrado em Engenharia Civil - FEUP, 2010/2011.
- [32] Peixoto, Maria Pereira – *Metodologia da Fiscalização de Obras. Planos de Controlo de Conformidade*. Porto: FEUP 2008. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2008 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Construções Civas pela FEUP.
- [33] Cardoso, Ana Patrícia Martins – *Procedimentos de Controlo da Qualidade de Trabalhos de Pinturas na Construção de Edifícios*. Porto: FEUP 2009. Dissertação de mestrado elaborada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2009 para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Construções Civas pela FEUP.

PÁGINAS DA INTERNET

- [34] <http://www.americawestdrillingsupply.com/SymmetrixNew.asp>. 01-03-2011
- [35] http://www.rohde-nielsen.dk/Viking_R.aspx. 15-03-2011
- [36] <http://www.shipyarddedonge.com/> 15-03-2011
- [37] <https://www.apdl.pt/dinamicas/cruzeiros/cruzeiros.php>. 16-03-2011
- [38] <https://www.apdl.pt/gca/index.php?id=1233744277>. 26-03-2011
- [39] <https://www.apdl.pt/fotos/gca/1145283238normas.pdf>. 05-04-2011
- [40] http://www.construlink.com/dt_37_sistemas_de_bombagem_betao_2010_11_30.pdf. 08-04-2011
- [41] http://www.portosrio.gov.br/downloads/pdz_rio_23.pdf. 12-04-2011
- [42] http://www.bbc.co.uk/england/sevenwonders/southwest/ply_breakwater_mm/index.shtml. 12-04-2011
- [43] <http://www.hafen-hamburg.de/category/bildgalerien/pressebilder/containerumschlag?page=1>. 12-04-2011
- [44] http://www.netstate.com/states/geography/mapcom/de_mapscom.htm 12-04-2011
- [45] <http://www.hidrografico.pt> 12-04-2011
- [46] <https://www.apdl.pt/momentos/index.php?idcategoria=19> 14-04-2011
- [47] <http://www.maritimeinternational.com> 14-04-2011
- [48] <http://www.enquip.com.br/site/index.php?conteudo=qrh.php> 15-05-2011
- [49] <http://www.travel-images.com/photo-hong-kong402.html> 15-04-2011
- [50] <http://www.wrl.unsw.edu.au/site/wp-content/uploads/shell-cove.jpg> 16-04-2011
- [51] <http://homepages.tesco.net/~Philip.Sutton/canteras.htm> 22-04-2011
- [52] <http://glennccall.com/diving/Commercial-Diving/Bisso/index.htm> 22-04-2011
- [53] <http://submarit.com/downloads/103.pdf> 22-04-2011

- [54] <http://www.shipyarddedonge.com/> 24-04-2011
- [55] http://nevada-outback-gems.com/historic_mine_tech/Bucket_line.htm 24-04-2011
- [56] <http://www.trans-inst.org/photo-gallery.html> 24-04-2011
- [57] <http://adventure.howstuffworks.com/dubai-palm1.htm> 24-04-2011
- [58] http://www.etermar.pt/publicacoes_obras.htm 25-04-2011
- [59] <http://www.es.gov.br/site/noticias/show.aspx?noticiaId=99705359> 25-04-2011
- [60] <http://www.revistatechne.com.br/> 25-04-2011
- [61] <http://www.halcrow.com/Our-projects> 15-05-2011
- [62] <http://www.skyscrapercity.com/> 16-05-2011
- [63] http://www.peri.pt/projectos.cfm/fuseaction/diashow/reference_ID/874/ 19-05-2011
- [64] <http://www.arcelormittal.com/sheetpiling/page/index/name/fabrication-program> 21-05-2011
- [65] <http://www.foundation-alliance.com/> 22-05-2011
- [66] http://www.iambiente.pt/IPAMB_DPP/historico/infoAIA.asp?idEIA=1377 28-05-2011
- [67] <http://chl.erdc.usace.army.mil/cem> 30-05-2011
- [68] <http://www.puertos.es/> 30-05-2011
- [69] <http://www.ingenieria-arquitectura-basf-cc.es/> 04-06-2011
- [70] http://www.puertogijon.es/index.asp?MP=2&MS=5&MN=2&r=1440*900 05-06-2011
- [71] <http://www.lavozdegalicia.es/coruna/> 05-06-2011
- [72] <http://mcleon.tripod.com/pilesys1.htm> 05-06-2011
- [73] <http://www.ce.berkeley.edu/~paulmont/165/tremie.pdf> 05-06-2011
- [74] http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/010208.pdf 11-06-2011
- [75] http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/010211.pdf 11-06-2011

ANEXO I - NORMAS, REGULAMENTOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS APLICÁVEIS NA FISCALIZAÇÃO DA OBRA EXEMPLO

a) Betões de Ligantes Hidráulicos

- Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (Decreto-Lei 349-C/83, de 30 de Julho).
- Norma NP EN206-1 (2005) + E1 (2006) + A2 (2006) – Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade.
- Norma NP 1039 (1974) – Inertes para argamassas e betões. Determinação da resistência ao esmagamento.
- Norma NP 1385 (1976) – Betões. Determinação da composição do betão fresco.
- Normas NP EN196-1 a -3, NP ENV196-4, NP EN196-5 a -9 e EN196-10. Métodos de ensaio de cimentos. Partes 1 a 10.
- Norma NP EN197-1 (2001) + A1 (2005) – Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.
- Norma NP EN197-2 (2001) – Cimento. Parte 2: Avaliação da conformidade.
- Norma NP EN197-4 (2006) – Cimento. Parte 4: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos de alto-forno de baixas resistências iniciais.
- Norma NP EN450-1 (2006) – Cinzas volantes para betão. Parte 1: Definição, especificações e critérios de conformidade.
- Norma NP EN450-2 (2006) – Cinzas volantes para betão. Parte 2: Avaliação da conformidade.
- Normas EN480-1 a -6, NP EN480-8 e -10, EN480-11 e -12, NP EN480-13 e EN480-14. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Partes 1 a 6, 8 e 10 a 14.
- Normas NP EN933-1 a -5, EN933-6 e NP EN933-7 a -10. Ensaio de propriedades geométricas dos agregados. Partes 1 a 10.
- Norma NP EN934-2 (2003) – Adjuvantes para betão, argamassas e caldas de injeção. Parte 2: Adjuvantes para betão. Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem.
- Norma NP EN934-3 (2006) – Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 3: Adjuvantes para argamassa de alvenaria. Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem.
- Norma NP EN934-6 (2003) – Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 6: Amostragem, controlo da conformidade e avaliação da conformidade.
- Norma NP EN1008 (2003) – Água de amassadura para betão. Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão.
- Normas NP EN1097-1 a -9 e EN1097-10. Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Partes 1 a 10.

- Normas NP EN1367-1 a -5. Ensaaios das propriedades térmicas e de meteorização dos agregados.
- Norma NP 1385 (1976) – Betões. Determinação da composição do betão fresco.
- NP EN1744-1, -3 e EN1744-4, -5 e -6. Ensaaios das propriedades químicas dos agregados. Partes 1 e 3 a 6.
- Norma NP 4220 (1993) – Pozolanas para betão. Definições, especificações e verificação da conformidade.
- Normas NP EN12350-1 a -7 (2002) – Ensaaios do betão fresco. Partes 1 a 7.
- Normas NP EN12390-1 a -8 (2003) – Ensaaios do betão endurecido. Partes 1 a 8.
- Norma NP EN12504-1 (2003) – Ensaaios do betão nas estruturas. Parte 1: Carotes – Extração, exame e ensaio à compressão.
- Norma NP EN12504-2 (2003) – Ensaaios do betão nas estruturas. Parte 2: Ensaio não-destrutivo – Determinação do índice esclerométrico.
- Norma NP EN12620 (2004) – Agregados para betão.
- Norma NP EN13055-1 (2005) – Agregados leves. Parte 1: Agregados leves para betão, argamassas e caldas de injeção.
- NP EN13263-1 (2007) – Sílica de fumo para betão. Parte 1: Definições, requisitos e critérios de conformidade.
- NP EN13263-2 (2007) – Sílica de fumo para betão. Parte 2: Avaliação da conformidade.
- Norma NP ENV13670-1 (2005) + E1 (2006) – Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais.
- Norma NP EN14216 (2005) – Cimento. Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos especiais de muito baixo calor de hidratação.
- Norma EN 15167-1 (2006) – Ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout - Part 1: Definitions, specifications and conformity criteria.
- Norma EN 15167-2 (2006) – Ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout - Part 2: Conformity evaluation.
- Especificação LNEC E375 (1993) – Escória granulada de alto-forno moída para argamassas e betões. Características e verificação da conformidade.
- Especificação LNEC E464 (2007) – Betões. Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto de 50 e de 100 anos face às acções ambientais.
- Especificação LNEC E465 (2007) – Betões. Metodologia para estimar as propriedades de desempenho do betão que permitem satisfazer a vida útil de projecto de estruturas de betão armado ou pré-esforçado sob exposições ambientais XC e XS.

b) Argamassas para Reparação, Nivelamento e Selagem

- Norma EN480-4 (2005) – Admixtures for concrete, mortar and grout. Test methods. Part 4: Determination of bleeding of concrete.

- Norma EN480-5 (2005) – Admixtures for concrete, mortar and grout. Test methods. Part 4: Determination of capillary absorption.
- Norma EN 1542 (1999) – Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Measurement of bond strength by pull-off.
- Norma EN 12190 (1998) – Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Determination of compressive strength of repair mortar.
- Norma EN 12192-1 (2002) – Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Granulometry analysis. Part 1: Test method for dry components of premixed mortar.
- Norma EN 12192-2 (1999) – Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Granulometry analysis. Part 2: Test method for fillers for polymer bonding agents.
- Norma NP EN13139 (2005) – Agregados para argamassas.
- Norma EN 13395-1 a -4 (2002) – Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Determination of workability. Parts 1 to 4.
- Norma NP EN12390-8 (2003) – Ensaios do betão endurecido. Parte 8: Profundidade de penetração da água sob pressão.
- Norma EN 12636 (1999) – Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Determination of adhesion concrete to concrete.
- Norma EN 14406 (2004) – Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Determination of the expansion ratio and expansion evolution.
- EN 14889-2 (2006) – Fibres for concrete. Part 2: Polymer fibres. Definitions, specifications and conformity.

c) Aço em Varão para Armaduras Ordinárias de Betão Armado

- Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (Decreto-Lei 349-C/83, de 30 de Julho).
- Norma NP EN206-1 (2005) + E1 (2006) + A2 (2006) – Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade.
- Norma NP EN 287-1 (2005) – Prova de qualificação de soldadores. Soldadura por fusão. Parte 1: Aços.
- Norma NP EN 875 (1997) – Ensaios destrutivos de soldaduras em materiais metálicos. Ensaio de resiliência. Localização do provete, orientação do entalhe e ensaio.
- Norma NP EN 910 (1999) – Ensaios destrutivos em soldadura de materiais metálicos. Ensaio de dobragem.
- Norma NP EN 1418 (2002) – Pessoal de soldadura. Provas para a aprovação de operadores de soldadura para soldaduras por fusão e por resistência para processos de soldadura completamente mecanizados ou automatizados de materiais metálicos.
- Norma EN ISO 7438 (2005) – Metallic materials – Bend test.
- Norma EN 10002-1 (2001) – Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at ambient temperature.

- Norma EN 10080 (2005) – Steel for the reinforcement of concrete – Weldable reinforcing steel – General.
- Norma NP ENV13670-1 (2005) + E1 (2006). Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais.
- Norma EN ISO15607 (2003) – Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. General rules.
- Norma EN ISO15609-1 (2004) – Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure specification. Part 1: Arc welding.
- Norma EN ISO15609-2 (2001) + A1 (2003) – Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure specification. Part 2: Gas welding.
- Norma EN ISO15609-5 (2004) – Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure specification. Part 5: Resistance welding.
- Norma EN ISO15614-1 (2004) – Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure test. Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys.
- Norma EN ISO15614-12 (2004) – Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure test. Part 12: Spot, seam and projection welding.
- Norma EN ISO15614-13 (2005) – Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure test. Part 13: Resistance butt and flash welding.
- Norma EN ISO17660-1 (2006) – Welding. Welding of reinforcing steel. Part 1: Load-bearing welded joints.
- Norma EN ISO17660-2 (2006) – Welding. Welding of reinforcing steel. Part 2: Non load-bearing welded joints.
- Especificação LNEC E449 (2010) – Varões de aço A400 NR para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação.
- Especificação LNEC E450 (2010) – Varões de aço A500 NR para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação.
- Especificação LNEC E455 (2010) – Varões de aço A400 NR de ductilidade especial para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação.
- Especificação LNEC E456 (2008) – Varões de aço A500 ER para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação.
- Especificação LNEC E457 (2002) – Varões de aço A500 EL para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação.
- Especificação LNEC E458 (2008) – Redes electrossoldadas para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação.
- Especificação LNEC E460 (2010) – Varões de aço A500 NR de ductilidade especial para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação.
- Especificação LNEC E464 (2007) – Betões. Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto de 50 e de 100 anos face às acções ambientais.

- Documentos de Classificação e de Homologação de Novos Materiais e Processos de Construção, LNEC, Lisboa.
- Norma ASTM A767/A767M (2005) – Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel bars for concrete reinforcement.
- Norma ASTM A780/A 780M (2005) – Practice for repair of damaged and uncoated areas of hot-dip galvanized coatings.
- Norma ASTM A775/A775M (2006) – Standard specification for epoxy-coated steel reinforcing bars.
- ISO 2859-1 (1999) + C1 (2001) – Sampling procedures for inspection by attributes. Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection.

d) Escavações, Aterros e Compactações

- Especificação LNEC E197 (1966) – Ensaio de compactação.
- Especificação LNEC E204 (1967) – Determinação da baridade seca “in situ” pelo método da garrafa de areia.
- Norma ASTM 2049 (1983) – Test method for relative density of cohesionless soils.

e) Quebramento de Rocha com Explosivos e Dragagens

- Procedimentos ambientais de acordo com a Portaria n.º 1450/2007, de 12 de Novembro.
- NP 2074 (1983) e o Decreto-Lei 162/90, de 22 de Maio, a respeito do uso de explosivos.
- Normas de Segurança Marítima e Portuária do Porto de Leixões. [39]

f) Enrocamentos

- Norma ASTM C127 (2001) – Tests for specific gravity and absorption of fine aggregates.
- Norma ASTM C535 (2003) – Test for abrasion of large size aggregate by use of the Los Angeles machine.

g) Moldes, Entivagens e Cimbres

- Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (Decreto-Lei 235/83, de 31 de Maio).
- Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (Decreto-Lei 349-C/83, de 30 de Julho).
- Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios (Decreto-Lei 211/86, de 31 de Julho).
- Norma NP ENV1993-1-1 (1998) + A1 +A2 (2000) – Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço. Parte 1.1: Regras gerais e regras para edifícios (a título supletivo do R.E.A.E.).
- Norma EN 1995-1-1 (2004) + AC (2006) – Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General. Common rules and rules for buildings.

- Norma EN336 (2003) – Structural timber. Sizes, permitted deviations.
- Norma EN338 (2003) – Structural timber. Strength classes.
- Norma EN636 (2003) – Plywood. Specifications.
- Norma EN1194 (1999) – Timber structures. Glued laminated timber. Strength classes and determination of characteristic values.
- Norma EN10025-1:2004 – Hot rolled products of structural steels. Part 1: General technical delivery conditions.
- Norma NP EN10025-2:2007 – Produtos laminados a quente de aços de construção. Parte 2: Condições técnicas de fornecimento para aços de construção não ligados.
- Norma EN10210-1 (2006) – Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. Part 1: Technical delivery conditions.
- Norma EN10210-2 (2006) – Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties.
- Norma EN10219-1 (2006) – Cold formed structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. Part 1: Technical delivery conditions.
- Norma EN10210-2 (2006) – Cold formed structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties.
- Norma EN12369-2 (2004) – Wood-based panels. Characteristic values for structural design. Part 2: Plywood.
- Norma EN13377 (2002) – Prefabricated timber formwork beams. Requirements, classification and assessment.
- Norma NP ENV13670-1 (2005) + E1 (2006) – Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais.
- Norma EN14080 (2005) – Timber structures. Glued laminated timber. Requirements.
- Especificação LNEC MC1 (1997) – Especificação de madeiras para estruturas.
- Especificação LNEC MC2 (1997) – Pinho bravo para estruturas.

h) Defensas

- BS 6349 (2000) – Code of Practice for Maritime Structures – Part 4. Design of Fendering and Mooring Systems.
- Report of the International Commission for Improving the Design of Fender Systems – PIANC, 1984.

i) Cabeços de Amarração

- BS 6349 (2000) – Code of Practice for Maritime Structures - Part 4. Design of Fendering and Mooring Systems.

j) Elementos Metálicos

- Regulamento das Estruturas de Aço para Edifícios, Decreto-lei 211/86, de 31 de Julho;
- ENV 1993-1-1 (Eurocode 3 Part 1.1).
- ASTM A123 (2009) – Standard Specification for zinc (hot-dip galvanized). Coatings on iron and steel products.
- ASTM A124 (1940) – Specification for arbitration test bar and tension test specimen for cast iron.
- ASTM A153 (2003) – Thickness of weight (mass) of zinc coating for various classes of materials.
- NBR 14267 (1999) – Elementos de fixação. Peças roscadas com revestimentos de zinco por imersão a quente.
- NBR 6323 (1990) – Produto de aço ou ferro fundido revestido por zinco por imersão a quente.
- DIN 267-1 (1982) – Fasteners - Part 1: Technical delivery conditions. General requirements.
- DIN 125-A (2008) – Stainless flat washer.
- DIN 434 (1967) – Square bevel washer: 8% specifications
- DIN 435 (1967) – Square bevel washer: 14% specifications
- NP EN 124 (1995) – Dispositivos de entrada de sumidouros e dispositivos de fecho de câmaras de visita, para zonas de circulação de peões e veículos.

l) Estacas de Betão Armado

- Eurocode 7 – Geotechnical Design - CEN 1994.
- BS 6349 (1994) – Code of Practice for Maritime Structures, British Standards Institution.
- DTU 13.2 – Fondations Profondes, Juin 1978 et additif n° 1 de Nov. 78, Cahier des charges établi par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Paris.

m) Estacas Metálicas de Fixação de Pontões

- Eurocode 7 – Geotechnical Design – CEN 1994.
- BS 6349 (1994) – Code of Practice for Maritime Structures, British Standards Institution.
- EAU 1990 – Recommendations of the Committee for Water front Structures.

n) Cortina de Estacas-Prancha Metálicas

- Eurocode 7 – Geotechnical Design – CEN 1994.
- BS 6349 (1994) – Code of Practice for Maritime Structures, British Standards Institution.
- EAU 1990. Recommendations of the Committee for Water front Structures.

o) Metalização a Zinco por Imersão a Quente de Elementos Metálicos (galvanização)

- BS 3436 (1986) – Specification for ingot zinc.
- NP 525 (1969) – Produtos zincados – Determinação da massa por unidade de superfície e da espessura média do revestimento.
- NP 526 (1969) – Produtos zincados – Verificação da aderência do revestimento.
- NP 527 (1969) – Produtos zincados – Verificação da uniformidade do revestimento.
- ABNT NBR6323:2007 – Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido – Especificações.

p) Pintura de Superfícies Metálicas

- SSPC (Steel Structure Painting Council, USA) Volume 2:1995 – Systems and specifications.
- Standards Visuals (Suécia) SIS 055900 (1967) – Pictorial surface preparation standards for painting steel surfaces.

q) Abastecimento de Água (PEAD)

- ISO 161/1:1996 – Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids – Nominal outside diameters and nominal pressures – Part 1: Metric series.
- ISO 4065:1996 – Thermoplastics pipes – Universal wall thickness table.
- DIN 8074:1999 – Polyethylene pipes – Dimensions.
- DIN 8075:1999 – Polyethylene pipes general quality requirements and testing.
- Projecto de Norma CEN/TC 155WI 20 (2007) – Plastic piping systems and ducting systems.
- NP EN 714 (1997) – Sistemas de tubagens termoplásticas.
- NP EN 911 (1998) – Sistemas de tubagens em plástico. Juntas com anel de estanquidade e juntas mecânicas para tubagens termoplásticas com pressão.
- NP EN 917 (2000) – Sistemas de tubagens em plástico. Válvulas termoplásticas. Métodos de ensaio para determinação da resistência à pressão interior.
- ISO 3994 (2007) – Plastics hoses – Helical-thermoplastic-reinforced thermoplastics hoses for suction and discharge of aqueous materials – Specification.
- BS EN 1171 (2002) – Industrial valves. Cast iron gate valves.
- DIN EN 1092-2 (1997) – Flanges connecting dimensions.
- EN 1074-2 (2000) – Valves for water supply. Fitness for purpose requirements and appropriate verification tests. Isolating valves.

r) Sistema de Protecção Catódica

- EN 12954: 2001 – Cathodic protection of steel in concrete.
- NACE RP 0290-90 – Standard recommended practice – Cathodic protection of reinforcing steel in atmospherically exposed concrete surfaces.

- EN 12954: 2001 – Cathodic protection of buried or immersed metallic structures – General principles and applications.
- NACE RP 0169-96 – Standard recommended practice – Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems.
- BS 7361 (1996):1 – Cathodic protection – Code of practice for land and marine applications.

