



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Caracterização de Estruturas Portuárias

Caso de Estudo- Ampliação do Terminal XXI, Sines

RICARDO MIGUEL DA SILVA

Licenciado

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre

Em Engenharia Civil

Orientadores:

Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos

Licenciatura António José Casaca Ventura Lopes

Júri:

Presidente: Doutor Luciano Alberto do Carmo Jacinto

Vogais:

Licenciado Júlio Walter Miguel Fernandes

Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos

Dezembro de 2014

Agradecimentos

Expresso o meu agradecimento a toda a equipa da Mota-Engil, trabalhos portuários pelo contributo, directa ou indirectamente, na elaboração deste relatório, em particular ao Eng.º António Ventura Lopes, Eng.º Tiago Rodrigues, Eng.º João Santos, Eng.º Marco Linhares, Eng.º Rui Pinto, ao Sr. Lima Martins, Sr. José António e ao Flávio Raposo.

Agradeço ainda ao Doutor João Alfredo dos Santos, orientador deste trabalho, pelas correções ao relatório e sugestões apresentadas.

Resumo

Neste relatório, é feita uma caracterização de estruturas portuárias, a propósito de um caso de estudo – o projecto de ampliação do terminal XXI em Sines. Trabalho este que constitui a base para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil pelo autor.

Após uma introdução relativa à metodologia de trabalho, é feita uma exposição geral acerca das obras marítimas e estruturas portuárias. De seguida procede-se à caracterização do Terminal XXI em Sines e das estruturas portuárias existentes. Finalmente, é analisado o projecto de ampliação do Terminal XXI do Porto de Sines, detalhando-se as principais tecnologias e métodos construtivos adoptados na empreitada.

O sucesso do investimento em estruturas portuárias requer a ponderação de múltiplas e complexas variáveis. Na opinião do autor este projecto reveste-se de particular interesse, uma vez que o Porto de Sines reúne características excepcionais. Tratando-se de um porto de águas profundas, com uma localização geográfica privilegiada, na confluência das principais rotas marítimas internacionais e com boas possibilidades de expansão poderá ascender a um dos maiores portos da Península Ibérica.

Abstract

In this report, port structures are characterized with regard to a case-study – the expansion project of the XXI Terminal in Sines. This work is the base for completion of the Master's Degree in Civil Engineering by the author.

After an introduction about the work methodology, it's made a general presentation referring to port and marine constructions. Then, the XXI Terminal in Sines and the existing port structures are described. At last, the project of expansion of the XXI Terminal of Sines's Port is analyzed, with the main technologies and constructive methods used explained in detail.

The successful investment in port structures requires attention to multiple and complex variables. In the author's opinion, this project has special interest, since Sines's Port gathers exceptional features. Being a deep water port with a privileged geographic location, connecting the main international sea routes and having enormous expansion possibilities it can become one of the biggest ports of the Iberian Peninsula, or even Europe.

PALAVRAS-CHAVE: Terminal XXI, Sines, métodos construtivos, estruturas portuárias.

KEY-WORDS: XXI Terminal, Sines, constructive methods, port structures.

Abreviaturas

AAPA – Associação Americana de Autoridade Portuária

DWT – *Deadweight*, Tonelagem que um navio transporta

ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

MEEC - Mota-Engil, Engenharia e construção, S.A.

METP – Mota-Engil Trabalhos Portuários

PSA – *Port Singapore Authority*

TEU – *Twenty feet equivalent unit*, contentores com tamanho de 20 pés

TOT – Enrocamento de “Todo o Tamanho”

ZH – Zero Hidrográfico

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Abreviaturas.....	iv
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas.....	xii
1 Introdução.....	1
1.1 Objecto e Âmbito.....	1
1.2 Objectivos.....	1
1.3 Bases de Trabalho.....	2
1.4 Estrutura e Organização do Relatório.....	2
2 Obras Marítimas e Estruturas Portuárias.....	4
2.1 Introdução.....	4
2.2 Tipos de Portos.....	4
2.2.1 Portos Naturais.....	4
2.2.2 Portos Seminaturais.....	5
2.2.3 Portos Artificiais.....	5
2.2.4 Porto de Passageiros.....	6
2.2.5 Porto Militar.....	6
2.2.6 Portos Comerciais.....	7
2.3 Planeamento de Portos.....	8
2.3.1 Fase 1 – Planeamento Preliminar.....	8
2.3.2 Fase 2 – Planeamento Detalhado.....	9
2.3.3 Fase 3 – Planeamento Estratégico.....	11
2.4 Tipos de Quebra-Mares.....	12
2.4.1 Quebra-Mar de Taludes.....	12
2.4.2 Quebra-Mares de Paredes Verticais.....	13
2.4.3 Quebra-Mares Mistos.....	14
2.4.4 Selecção do Tipo de Quebra-Mar.....	15
2.5 Obras de Acostagem.....	16
2.6 Dragagem.....	19
2.6.1 Dragas Mecânicas.....	20
2.6.2 Dragas Hidráulicas.....	21

2.7	Defensas e Acessórios de Amarração	22
2.7.1	Considerações Iniciais.....	22
2.7.2	Defensas	22
2.7.3	Acessórios de Amarração	26
2.7.4	26
3	Terminal XXI - Sines	27
3.1	Caracterização do Terminal XXI	27
3.2	Condições Naturais e Locais	29
3.2.1	Clima	29
3.2.2	Marés.....	31
3.2.3	Ondulação.....	32
3.2.4	Elevação do Nível do Mar.....	34
3.2.5	Informação Geotécnica	35
3.3	Equipamento Portuário e Operações	36
3.4	Capacidade de Expansão do Terminal XXI	38
4	Caracterização das Estruturas Portuárias existentes no Terminal XXI.....	41
4.1	Introdução	41
4.2	Molhe de abrigo – Molhe Leste	41
4.2.1	Introdução	41
4.2.2	Solução Estrutural Adoptada.....	41
4.3	Cais Acostável.....	44
4.3.1	1ª Fase de Expansão	44
4.3.2	2ª Fase- A de Expansão	47
5	Projecto de Ampliação do Terminal XXI do Porto de Sines – Fase 2	52
5.1	Introdução	52
5.2	Informação Técnica do Projecto.....	52
5.3	Projecto de Execução	53
5.3.1	Introdução.....	53
5.3.2	Cais Acostável.....	53
5.3.3	Aterros e Compactações.....	55
5.4	Execução da Obra.....	57
5.4.1	Introdução.....	57
5.4.2	Principais Intervenientes	57
5.4.3	Métodos Construtivos	59

5.4.4	Gestão da Obra.....	96
6	Experiências e Conhecimentos Adquiridos.....	99
6.1	Introdução	99
6.2	Impacto das Questões Climáticas.....	99
6.3	Ensaio de Carga Dinâmico Vs. Ensaio de carga estático nas fundações do cais	101
6.4	Unidade de protecção ambiental e Implementação de uma Mini-ETAR.....	102
7	Conclusão	104
	Referências Bibliográficas	105

Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo de Porto natural – Porto de Lisboa [17]	5
Figura 2 – Exemplo de Porto Artificial – Porto de Leixões [14]	5
Figura 3 – Exemplo de Porto de Passageiros – Portas do Mar, São Miguel [19]	6
Figura 4 – Exemplo de Porto Militar – <i>Pearl Harbor</i>	7
Figura 5 - Exemplo de Porto Comercial – Porto de Sines [12].....	7
Figura 6 - Exemplos de quebra-mar com estrutura de carga e descarga (porto da Horta) [10] e quebra-mar sem estrutura de carga e descarga (molhe leste, porto de Sines) [11].....	12
Figura 7- Estrutura do quebra-mar em talude [11].....	13
Figura 8- Exemplo de um Quebra-mar em talude.....	13
Figura 9 – Estrutura de um Quebra-mar com paredes verticais [11]	14
Figura 10 – Exemplo de um Quebra-mar de Paredes Verticais [11].....	14
Figura 11 – Estrutura de um Quebra-mar Misto	15
Figura 12 – Exemplo de Um quebra-mar misto	15
Figura 13 – Exemplos de Cais com paramento Vertical Fechado, [11]	17
Figura 14 – Esquema tipo de uma ponte-cais [11].....	18
Figura 15 – Esquema de terminal de graneis líquidos em elementos discretos [13].....	18
Figura 16 – Terminal Oceânico – Monobóia [14].....	19
Figura 17 - Esquema de terminal de graneis sólidos em elementos discretos [13].....	19
Figura 18 – Ciclo e tipos de dragagens [11].....	20
Figura 19 – Dragas Mecânicas, de escavação, de baldes e de maxilas [11].....	21
Figura 20 - Draga Hidráulica de Sucção Estacionária [11].....	21
Figura 21 - Draga Hidráulica de Sucção em Marcha [11]	22
Figura 22 – Defesa Cilíndrica Radial	23
Figura 23 - Defesa tipo Arco.....	24
Figura 24 - Defesa Tipo modular	24
Figura 25 - Defesa Tipo Cone	25
Figura 26 - Defesa pneumática.....	26
Figura 27 - Modelos <i>Single bitt; Double Bitt; T-Head e Cleats</i> [6].....	26
Figura 28 - ganchos de desengate rápido	26
Figura 29 - Navio categoria “Post Panamax”, terminal XXI, arquivo pessoal	28
Figura 30 - Evolução e crescimento da movimentação de TEUS no Terminal XXI, adaptado de [2]	29
Figura 31- Histograma mensal médio de precipitação (Sines).....	29
Figura 32 - Diagram of $f.v^2$ (frequency x $xSpeed^2$) (Sines) (1974-1990)	30
Figura 33 - Distribuição de frequências relativas (%) de HMO (altura significativa) e TO2 (período médio).....	32
Figura 33 - Distribuição de frequências relativas (%) de HMO (altura significativa) e TO2 (período médio).....	32
Figura 33 - Distribuição de frequências relativas (%) de HMO (altura significativa) e TO2 (período médio).....	33
Figura 34 - Diagrama de Ondas: percentagem de ocorrências segundo vários rumos. Fonte: “Empreitada de Construção para expansão do terminal XXI – Sines”, Caderno Encargos, MDJ	34

Figura 35 - Planta dos Ensaios SPT a realizar na zona de ampliação do Terminal XXI	35
Figura 36 - Montagem do pórtico “Post panamax”, arquivo pessoal.....	37
Figura 37 - Ligação JUP com ferrovia e plataformas Logísticas – adaptado de [8]	38
Figura 38 - Evolução da carga contentorizada (TEU) [27]	39
Figura 39- Capacidade de Expansão Terminal XXI antes da construção da plataforma 3 e do prolongamento do molhe leste[28].....	40
Figura 40 - perfil corrente (PROMAN, 2008) [29]	42
Figura 41 - Disposição aplicada no extradorso na " 2ª fase de ampliação do molhe leste"[29]..	42
Figura 42 - Disposição aplicada no intradorso na " 2 fase de ampliação do Molhe Leste" [29].	43
Figura 43 - Perfil de rotação da cabeça (PROMAN, 2008) [29].....	43
Figura 44 - Maciço de coroamento (PROMAN, 2008) [29].....	44
Figura 45 - Perfil da estrutura em caixotões [10].....	45
Figura 46 - Planta dos caixotões [10].....	46
Figura 47 - evolução da construção de caixotões em doca flutuante	46
Figura 48 – 1ª fase de ampliação do terminal XXI	47
Figura 49 - Perfil da estrutura em caixotões.....	48
Figura 50 - Secção transversal do cais-solução variante [12]	49
Figura 51 - Montagem do cimbra móvel [12]	49
Figura 52 - Perspectiva do cimbra móvel [12].....	50
Figura 53 - Vista geral dos trabalhos no porto de Aveiro [12].....	51
Figura 54 – Corte tipo do Cais [22].....	54
Figura 55 – Planta e alçado do cais acostável	55
Figura 56 – Planta das áreas de aterro para as Plataformas.....	56
Figura 57 – Organograma da Obra, “ <i>Empreitada de construção para a expansão do Terminal XXI – Sines</i> ”	58
Figura 58 – Dragagem com draga de mandíbula <i>Clamshell</i> na plataforma flutuante “Cabo de São Vicente” - Arquivo Pessoal (22-04-2014).....	59
Figura 59 - Execução dos furos para posterior introdução de explosivos, na embarcação "Cabo de São Vicente" - Arquivo Pessoal (22-04-2014)	60
Figura 60 - Desenho esquemático: Prisma de aterro do tardoz do cais [30]	61
Figura 61 - Desenho esquemático: transporte das estacas [30].....	62
Figura 62 - Transporte das Estacas por via marítima com apoio da lancha “ <i>calhau</i> ”, arquivo pessoal (22-05-2014).....	62
Figura 63- Posicionamento da camisa metálica, arquivo pessoal (06-05-2014)	63
Figura 64 - Desenho esquemático: Perfuração das estacas [30].....	63
Figura 65 - Perfuração das estacas, arquivo pessoal (22-05-2014)	64
Figura 66 - Esquema geral das estacas contraventadas e colocação de contraventamentos, arquivo pessoal (22-05-2014)	64
Figura 67 – Desenho Esquemático: Montagem da Estacas [30]	65
Figura 68 – Colocação Armaduras nas estacas, arquivo pessoal (07-05-2014)	66
Figura 69 – Desenho Esquemático: Betonagem Armaduras [30]	66
Figura 70 - Betonagem Estacas, arquivo pessoal (07-05-2014).....	67
Figura 71 – Saneamento das Estacas e buçins de apoio às vigas pré-fabricadas em betão, arquivo pessoal (02-08-2014).....	67
Figura 72- Condições do meio envolvente [28]	69

Figura 73 - Par de transdutor de deformação específica e acelerómetro [28]	70
Figura 74 - Equipamento de aplicação de impacto - martelo e amortecedor [28].....	71
Figura 75 - Várias alturas de ensaio [28]	71
Figura 76 - PDA (<i>pile Driving Analyser</i>) [28]	72
Figura 77 - Colocação de TOT com a caçamba	73
Figura 78 - Esquema elaborado para a colocação de TOT.....	73
Figura 79 - Execução da camada de filtro.....	74
Figura 80 - mandíbula do tipo <i>Orange peel</i> adaptado na grua de rastos par a execução da camada de filtro.....	74
Figura 81 - Execução do manto exterior	75
Figura 82 - Colocação do Canalete alinhamento B com apoio de uma grua de rastos e de uma balança do tipo <i>spreader</i>	76
Figura 83 - Betonagem da viga A	76
Figura 84 - Aspecto final das Pré-lajes	77
Figura 85 - Painel frontal que irá dar o aspecto final do bordo do cais.....	77
Figura 86 - Carrinho de avanço para apoio à colocação e betonagem do painel frontal.....	78
Figura 87- Moldagem " <i>in situ</i> " da armadura da laje do tabuleiro	79
Figura 88 - Negativo para a passagem do carril dos pórticos	79
Figura 89 - Negativo para o cabeço de amarração	80
Figura 90 - betonagem do tabuleiro	80
Figura 91 - Sequência construtiva do tabuleiro antes da betonagem " <i>in situ</i> "	81
Figura 92 - Betonagem do tabuleiro: Plano longitudinal de betonagem.....	81
Figura 93 - betonagem do tabuleiro: Plano transversal de betonagem.....	82
Figura 95 – A: bordadura do cais antes dos trabalhos de correcção; B: Aspecto final da bordadura do cais.....	83
Figura 96 – Montagem das defensas e cabeços de amarração	84
Figura 97 - Aspecto final do cais	84
Figura 98 - Execução dos aterros por basculação directa até à cota +3,80 ZH.....	85
Figura 99 - Situação Mensal do Pedrapleno, Agosto	85
Figura 100 - 9 testemunhos para leitura de assentamentos da Pré-carga do aterro.....	86
Figura 101 - Situação dos ensaios de pré-carga, Agosto.....	87
Figura 102 - Compactação do aterro à cota +3,80 ZH.....	87
Figura 103 - Abertura de vala para implementação da rede de drenagem de águas pluviais.....	88
Figura 104 - Rede eléctrica e Comunicações	88
Figura 105 - Boca de Lobo do interceptor dos ramais de drenagem da plataforma 5.....	89
Figura 106 - Vista geral da central de solo-cimento	90
Figura 107 - Execução da camada de sub-base em AGECE	91
Figura 108 - Compactação e regularização da camada de sub-base	92
Figura 109 - Execução da laje em betão com auxílio da pavimentadora	93
Figura 110 - Execução da laje em betão, sem auxílio da pavimentadora.....	94
Figura 111 - Colocação da camada de areia.....	95
Figura 112 - Colocação manual de "PAVE"	95
Figura 113 - Colocação de "PAVE" com auxílio da mini-escavadora adaptada com o acessório para aplicação dos blocos.....	96
Figura 114 - Condições de mar adversas na anterior empreitada (07-12-2010) [12].....	100

Figura 115 - Equipamento de cravação de estacas - arquivo pessoal (30-04-2014).....	100
Figura 116 - Nível da água do mar em situação de preia-mar de águas vivas	101
Figura 117 - Unidade de protecção ambiental.....	102
Figura 118 - Mini-ETAR para tratamento das águas residuais do estaleiro.....	103

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Desafios e Contra medidas do comércio marítimo.....	10
Tabela 2 - Níveis de maré característicos.....	31
Tabela 3 - Níveis máximos característicos de sobrelevação	32
Tabela 4 - Níveis extremos da água do mar (maré + sobrelevação atmosférica)	32
Tabela 5 - Alturas significativas e períodos com diferentes períodos de retorno.....	33
Tabela 6 - Estimativa de subida do nível do mar (fonte: observações satélites da NASA)	34
Tabela 7 - Resultados dos ensaios à compressão simples	35
Tabela 8 - Características das estacas ensaiadas	68

Capítulo 1

1 Introdução

1.1 Objecto e Âmbito

As obras portuárias constituem uma matéria de grande interesse para a vida profissional de um engenheiro civil, por se tratar de uma área multidisciplinar, conjugando conhecimentos diversos nas áreas de equipamentos e apetrechamentos portuários, meteorologia, hidrologia e hidráulica em geral, geotecnia, estruturas e topografia, para além dos problemas gerais do planeamento de obras comuns a topo o tipo de obras e por se tratarem de obras sujeitas à dinâmica das marés e ondulação, exigem a contemplação de inúmeras variáveis multidisciplinares.

A Mota-Engil-Trabalhos Portuários ganhou a empreitada de ampliação do terminal XXI-2º fase, que consiste na ampliação do cais acostável em 216m devidamente apetrechado, tendo associado a construção de duas plataformas em aterro para parque de contentores com cinco hectares cada. A mesma empresa já tinha executado a anterior fase da ampliação, com um projecto de estruturas variante ao projecto base de concurso, em que a solução construtiva adoptada para o cais foi um tabuleiro de betão armado sobre estacas moldadas em betão armado, solução também adoptada para esta nova fase, com a diferença do modo de execução da superestrutura, sendo que na anterior fase a superestrutura foi executada através de um cimb্রে móvel (método utilizada em pontes) e na presente fase a superestrutura é realizada através de pré-fabricados em betão armado – Vigas (canaletes) e pré lajes.

O relatório aborda a caracterização de todas as estruturas portuárias no terminal XXI, terminal de contentores em Sines e as principais tecnologias de construção e metodologias de gestão implementadas na empreitada de “Ampliação do terminal XXI – Terminal de Contentores em Sines- Fase 2”.

1.2 Objectivos

A presente memória resulta de um estágio realizado na Mota-Engil- Trabalhos Portuários (METP), realizado entre 07 de Abril a 7 de Agosto ao abrigo do protocolo estabelecido entre o Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) e METP, na “ Empreitada de Construção da Expansão do Terminal XXI em Sines – Fase2”.

O objectivo do relatório passa por descrever os principais conhecimentos adquiridos com o acompanhamento desta obra, decorrentes de dificuldades ocorridas e boas práticas implementadas e analisar em detalhe as características das diferentes estruturas do terminal XXI, os processos construtivos associados a cada uma das estruturas portuárias e sistemas de gestão implementados no âmbito de equipamentos, prazos, custos, qualidade, ambiente e segurança, desde de execução até á sua utilização.

Espera-se que este trabalho tenha utilidade para o autor, que desta forma terá oportunidade de registar e sistematizar os conhecimentos adquiridos durante a obra. Espera-se também que seja um contributo para a engenharia civil no planeamento e gestão de futuras obras portuárias.

1.3 Bases de Trabalho

A elaboração do relatório tem como bases de trabalho:

- Documentos de apoio às disciplinas de Obras Marítimas e Portuárias, Mecânica de Solos, Gestão de Obras e Estaleiros e Custos de produção do ISEL;
- Bibliografia geral associada aos Trabalhos Portuários;
- Bibliografia técnica baseada em trabalhos produzidos em instituições universitárias;
- Caderno de Encargos;
- “Know-how” transmitido pelos intervenientes da obra em estudo.

1.4 Estrutura e Organização do Relatório

O relatório está estruturado em 6 capítulos. No primeiro capítulo faz-se uma introdução ao tema e ao trabalho desenvolvido no estágio, definindo objectivos e as bases de trabalho.

No capítulo 2 é feito uma descrição de um modo geral de obras marítimas e estruturas portuárias, abordando as soluções construtivas em função das características do local de implantação da obra e da função a que se destina.

No terceiro capítulo é feita a contextualização do terminal XXI, caracterizando as condições naturais e o equipamento e operações portuárias do mesmo.

No seguinte capítulo, o quarto, é feita uma caracterização das estruturas portuárias existentes no terminal XXI, analisando as diferentes estruturas, os seus processos construtivos e sistemas de gestão implementados.

Segue-se o quinto capítulo, sobre o projecto de ampliação do terminal XXI do porto de Sines-fase 2, onde será feito o estudo detalhado do projecto da obra, e será analisada a capacidade de expansão do terminal XXI e molhe de abrigo.

Por fim, o capítulo 6, onde se tecem as considerações finais relacionadas com o trabalho desenvolvido.

Capítulo 2

2 Obras Marítimas e Estruturas Portuárias

2.1 Introdução

Como uma ligação muito importante na cadeia de transportes, os portos têm sido uma porta de entrada e saída de mercadorias e pessoas nas grandes cidades. Os portos, na verdade, servem como um interface entre o transporte terrestre e marítimo e são utilizados para o armazenamento e distribuição de mercadoria em geral, a granel e contentorizada, bem como para o embarque e desembarque de passageiros, tratando-se também de uma porta para o turismo.

Os portos têm contribuído para o desenvolvimento sustentável de toda a indústria mundial, assegurando ligações entre parceiros económicos em todo o mundo. Outro fenómeno interessante é o desenvolvimento criado na zona do porto, contribuindo e muito para o crescimento das regiões envolventes. Veja-se por exemplo o caso de Sines, em que muitas empresas se instalaram nas imediações do porto conduzindo ao crescimento da cidade e à criação de inúmeros postos de trabalho.

Em todo o caso é necessário que existam condições para a implantação de um porto numa determinada região. Para além de todos os factores geográficos e económicos, que serão descritos nos pontos seguintes, é necessário criar estruturas que possam assegurar que o porto é um bom ponto de abrigo para privilegiar as trocas de bens e embarque e desembarque de passageiros

Neste capítulo pretende-se fazer uma breve descrição generalizada dessas obras e estruturas.

2.2 Tipos de Portos

Os portos podem ser classificados, de uma forma geral, quanto á sua natureza, como naturais, seminaturais e artificiais. Podem ainda ser classificados quanto à sua utilização. Todos os tipos de portos serão descritos de seguida.

2.2.1 Portos Naturais

Normalmente, são portos em que as obras de melhoramento das condições de abrigo e das condições de acostagem são praticamente inexistentes ou muito reduzidas, pois as condições naturais permitem a acostagem da embarcação sem dificuldades. Frequentemente são portos situados em estuários com canais de acesso permanentes e estáveis.



Figura 1 - Exemplo de Porto natural – Porto de Lisboa [17]

2.2.2 Portos Seminaturais

Portos seminaturais são portos localizados na costa de pequenas baías, em que é apenas necessário realizar obras de protecção à entrada da baía., como são exemplo os portos de pesca da Nazaré, Peniche, Ericeira, Sesimbra.

2.2.3 Portos Artificiais

São portos em que as obras de acostagem devem ser providas de obras de melhoramento para as condições de abrigo e acessos para a embarcação tipo. Normalmente surgem devido a interesses económicos apesar das más condições de abrigo.



Figura 2 – Exemplo de Porto Artificial – Porto de Leixões [14]

2.2.4 Porto de Passageiros

É frequente que um terminal de passageiros de um porto tenha proximidade com o centro da cidade para que os passageiros em trânsito possam visitar a cidade com facilidade, caso contrário, o sistema de transportes tem de estar convenientemente organizado e direccionado para esse mesmo terminal. Mas, nem sempre, um terminal de passageiros serve objectivos turísticos, como é o caso dos Açores onde cada ilha é dotada um porto com um terminal de passageiros que promove a ligação inter-ilhas para fins variados.



Figura 3 – Exemplo de Porto de Passageiros – Portas do Mar, São Miguel [19]

2.2.5 Porto Militar

Um porto naval tem a finalidade de servir fragatas, navios patrulha, porta-aviões, etc. servindo de depósito de armamento e bens necessários aos serviços militares. Em Portugal existe a base naval do Alfeite, em Lisboa.



Figura 4 – Exemplo de Porto Militar – *Pearl Harbor*

2.2.6 Portos Comerciais

Os portos comerciais são portos equipados com infra-estruturas para carga e descarga de navios, quer em carga em geral, contentorizada ou em granel, garantindo o seu abastecimento em combustível e bens.



Figura 5 - Exemplo de Porto Comercial – Porto de Sines [12]

2.3 Planeamento de Portos

O primeiro passo para o processo de escolha de um porto é definir as funções básicas desejadas para o mesmo: se é para efeitos de transporte e/ou armazenamento de carga. Tendo em conta este primeiro passo, podem considerar-se três fases para o processo de planeamento dos portos:

2.3.1 Fase 1 – Planeamento Preliminar

1. Selecção do local do porto:

- a) **Área necessária:** tendo em conta a natureza dos portos (cruzeiros, carga a granel, contentores, etc.), as necessidades de transporte (auto-estradas, barcaças fluviais, linha férrea, etc.), necessidades de armazenamento e o tipo de indústria servida, no imediato e no futuro.
- b) **Localização e facilidade de crescimento:** tendo em conta, a geologia local (fundações do terreno, comunicações terrestres, etc.), condições naturais do mar e marés (fundo e cotas suficientes para permitir acesso de embarcações, etc.), o regime de ventos e condições climatéricas.
- c) **Adequada protecção do porto:**
 - Prevenir o dano causado pela acção das ondas;
 - Prevenir o dano causado pela acção do vento;
 - Dragar o resultado de assoreamentos;
 - Prevenir o dano de blocos de gelo flutuantes;
 - Procurar uma possível protecção num porto natural de águas profundas;
- d) **Instalações e Utilidades:**
 - Investimento a Longo prazo:
 - Canais dragados;
 - Parede de cais e molhes de abrigo;
 - Construções permanentes (armazéns, escritórios, etc.);
 - Investimento a curto prazo:
 - Pórticos; conjuntos tractores/trailer e RTG's;
 - Dragas e rebocadores;
- e) **Serviços Portuários**
 - Tráfego de navios dentro e fora do porto;
 - Pilotagem;
 - Reboque;
 - Manutenção de canais, marcas e bóias;
 - Movimentação de Carga:

- A bordo versus na doca;
- Separada de operações portuárias.

2. Análise económica portuária

a) Considerações iniciais:

- Custos das novas instalações;
- Benefícios versus custos;
- As consequências destas acções;
- As alternativas;

b) A concorrência entre portos:

- Localização geográfica e instalações nos portos vizinhos;
- As políticas do governo;
- A eficiência dos ganhos derivados do plano dos portos;

c) Custos marginais e preço do porto:

- Estimativa dos custos marginais da elasticidade da procura por serviços portuários,
- Custos marginais a curto-prazo e longo-prazo;

d) Economia de escala:

- A rentabilidade do investimento é muito maior num grande porto;
- Custos portuários de controlo para ajudar a expandirem as instalações futuras;

e) Taxas de Congestionamento

- O congestionamento leva a que um recurso valioso e escasso tenha um preço muito baixo;
- Os portos normalmente não aumentam as suas tarifas devido ao congestionamento;
- As taxas criam prolemas administrativos.

3. Impacto Ambiental das Instalações Portuárias

- Erosão do leito do mar e ilhas próximas;**
- Obstrução na circulação hidráulica pelos sedimentos faz aumentar as correntes e ondas;**
- Impacto ecológico sobre a vida marinha.**

2.3.2 Fase 2 – Planeamento Detalhado

4. Escolher o melhor plano para o porto

Os projectistas de portos actualmente desenvolvem o planeamento de mesmo através de modelos computadorizados que simulam um grande número de factores, como a tecnologia de navegação, fluxo de tráfego e políticas governamentais para o comércio marítimo e concorrência.

Agora existem factores que promovem a relação dos portos com o *hinterland* o que demonstra a inadequação dos projectos e planos dos portos existentes, tais como o tamanho crescente das embarcações com o objectivo de reduzir os custos de transporte, os oleodutos agora transportam todo o tipo de cargas líquidas, o desenvolvimento de sistemas integrados de transporte intermodais e a crescente consciência dos activos ambientais das frentes de água urbana.

5. Tipo de Instalações necessárias

O crescimento económico no comércio e transporte marítimo no mundo criou desafios que impuseram novas exigências e mudanças nos portos, tornando o capital mais intensivo, com menor dependência de mão-de-obra. Nos portos têm de ser desenvolvidos todo o tipo de tecnologia nos equipamentos, principalmente na movimentação de graneis líquidos e sólidos e equipamento de carga, criando operações muito mais rápidas e o custo/benefício adequado.

Os Desafios e contramedidas do comércio marítimo estão representados na seguinte tabela:



Tabela 1 – Desafios e Contra medidas do comércio marítimo

Crescimento do comércio marítimo	Mais docas, mais cais, mais duques ‘alba, mais estruturas portuárias;
Aumento do tamanho dos navios	Alargamento dos Cais e maiores fundos de serviço;
Novo sistema de transporte	Construção de novas instalações de terminais especializados; Estradas, Ró-ró, pontes, tuneis, etc.;
Novas cargas especiais	Terminais especializados capazes de lidar com cargas com riscos elevados;
Aumento da velocidade de navegação	
As flutuações na procura	Melhoria na capacidade e qualidade dos portos e receber os preços ajustados pelos seus serviços

6. Custos dos Portos

Os custos de um determinado porto para embarcações e empresas de importação e exportação são críticos para a sua sobrevivência. Cada porto terá sempre agora de enfrentar a concorrência nacional e mundial. A gestão de um porto só pode manter a quota de mercado do porto, utilizando suas instalações e serviços em níveis óptimos, controlando as suas receitas / despesas operacionais.

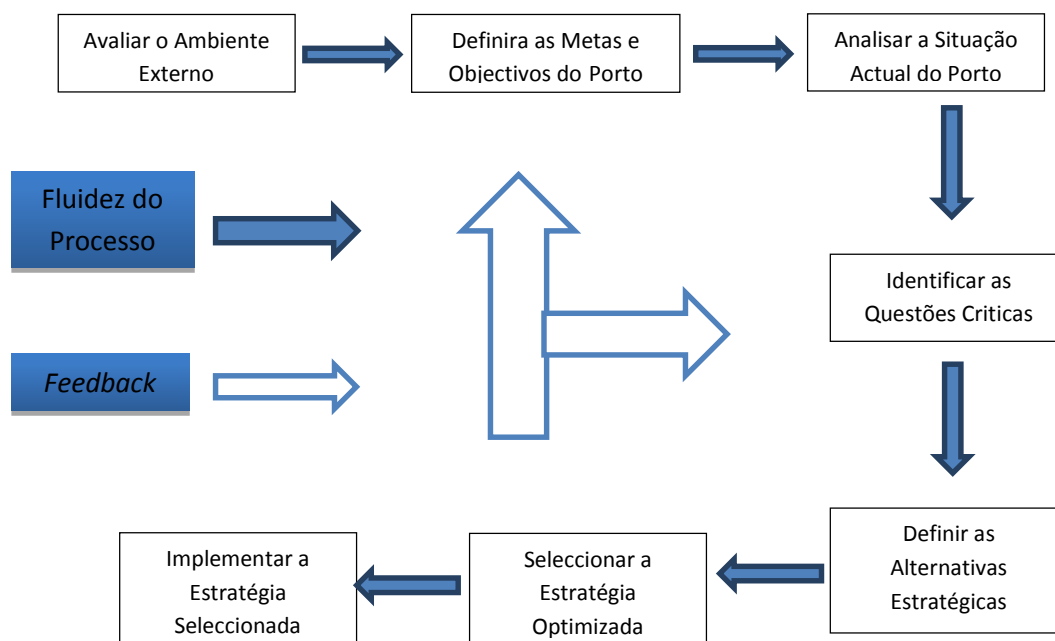
A saúde financeira do cliente vai determinar o crescimento do porto, a sua estabilidade ou perda.

2.3.3 Fase 3 – Planeamento Estratégico

Planeamento Estratégico é uma ferramenta utilizada pelos gestores para tomar decisões importantes. O transporte e negócio portuários são cada vez mais competitivos e exigem que os portos tomem decisões estratégicas sobre os seus preços e investimentos futuros em infraestruturas. Este tipo de estratégia fornece orientações para a Direcção atingir os seus objectivos.

A Associação Americana de Autoridade Portuária (AAPA) sugere sete passos para um porto seguir o seu planeamento estratégico.

O esquema seguinte ilustra o mecanismo desse processo.



2.4 Tipos de Quebra-Mares

Quebra-mares são estruturas portuárias habitualmente paralelas á costa, com a sua geometria e comprimento dependente da zona portuária a proteger, da direcção predominante do vento, das correntes de transporte de sedimentos e também da capacidade de manobra das embarcações que entram no porto. É comum também o quebra-mar acomodar, no paramento abrigado, estruturas de carga e descarga.

Estas estruturas têm como objectivo reduzir a acção das ondas na zona abrigada, através de uma combinação de reflexão e de dissipação da energia incidente, de modo a permitir a acostagem de navios e as operações de carga e descarga; proteger as respectivas instalações portuárias, e melhorar as condições de manobra na entrada dos portos. [11]



Figura 6 - Exemplos de quebra-mar com estrutura de carga e descarga (porto da Horta) [10] e quebra-mar sem estrutura de carga e descarga (molhe leste, porto de Sines) [11]

Existem três tipos de quebra-mares, os de Taludes, os de Paredes Verticais e os Mistos, que de seguida são apresentados.

2.4.1 Quebra-Mar de Taludes

É constituído por um talude de enrocamento ou elementos artificiais de betão e é colocado entre o largo e o plano de água a proteger. É formado por um núcleo de materiais soltos indiferenciados que é protegido por uma ou mais camadas de material, de peso mais seleccionado, de enrocamento ou elementos em betão.[11]

É um tipo de quebra-mar que funciona dissipando a energia dos estados de agitação incidentes.

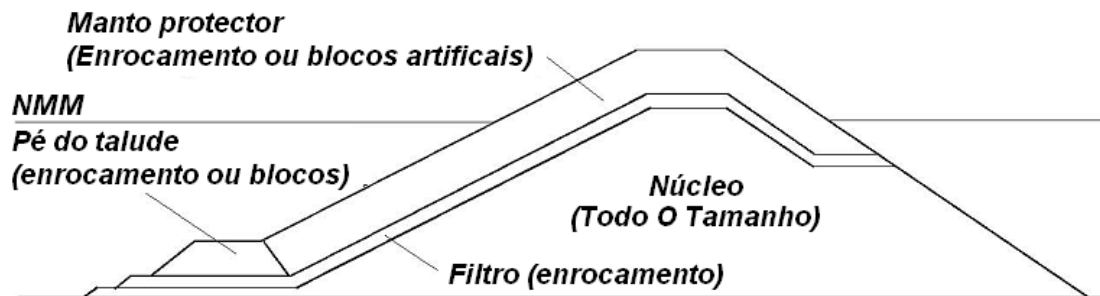


Figura 7- Estrutura do quebra-mar em talude [11]



Figura 8- Exemplo de um Quebra-mar em talude

2.4.2 Quebra-Mares de Paredes Verticais

É constituído por um muro de paramento vertical que separa o largo do plano de água a proteger. Basicamente, são constituídos por caixotões em betão armado cheios com areia, colocados sobre uma camada de regularização de aterro de regularização do fundo. Ao contrário do quebra-mar em talude, este reflecte para o largo a energia dos estados de agitação incidentes.

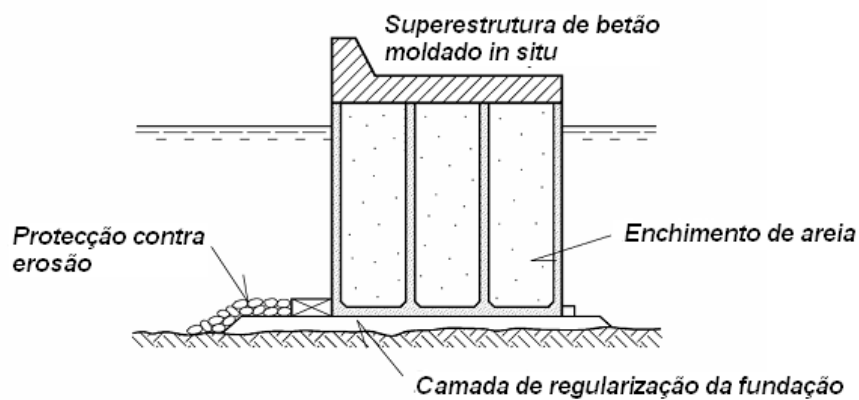


Figura 9 – Estrutura de um Quebra-mar com paredes verticais [11]



Figura 10 – Exemplo de um Quebra-mar de Paredes Verticais [11]

2.4.3 Quebra-Mares Mistos

É um quebra-mar que na sua constituição possui elementos em talude e muros com paramento vertical. A fundação do muro de paramento vertical anterior é realizada sobre uma camada de enrocamento espessa. Torna-se então um quebra-mar misto se a plataforma de fundação atinge um nível tal que o quebra-mar se comporta como vertical ou de taludes consoante a altura da onda. [11]

A estrutura de paredes verticais é colocada sobre o aterro mais alto que a camada de regularização utilizada para estruturas de paredes verticais, como podemos ver na figura seguinte.

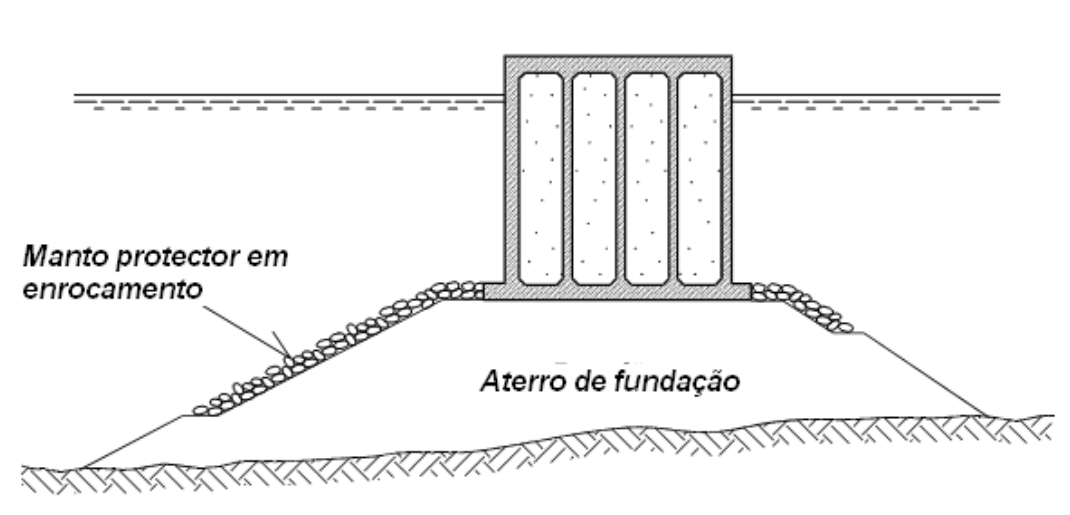


Figura 11 – Estrutura de um Quebra-mar Misto



Figura 12 – Exemplo de Um quebra-mar misto

2.4.4 Selecção do Tipo de Quebra-Mar

Na selecção do tipo de quebra-mar mais adequado para a zona a abrigar, para além de todas as considerações já referidas, é preciso ter em conta as condições económicas e o clima de agitação incidente no local de implantação.

Em relação às condições económicas o principal foco é o custo de construção e de manutenção, tendo em conta que as ondas provocam erosão mais facilmente no fundo frente ao quebra-mar vertical, do que frente ao quebra-mar de taludes. É comum que o volume de construção aumente com a altura das ondas incidentes, aumentando mais depressa para os quebra-mares verticais do que para os de taludes. Raramente se utilizam quebra-mares verticais se as ondas tiverem mais de seis metros de altura. Em zonas de maior profundidade é mais viável economicamente quebra-mares verticais ou mistos.[11]

Outro aspecto a ter em conta, é o facto deste tipo de estrutura portuária necessitar de enrocamento de grandes dimensões. Quando há falta deste tipo de material os quebra-mares verticais são os mais indicados porque necessitam de menos enrocamento de grandes dimensões.

Em relação ao clima de agitação incidente existem duas situações a considerar quando os estados de agitação têm altura superior à considerada no projecto:

- Nos quebra-mares verticais pode levar ao desaparecimento da estrutura, onde as reparações são muito caras e demoradas,
- Nos quebra-mares de taludes dá-se uma redução na cota de coroamento da estrutura, permanecendo o resto da estrutura. É uma solução melhor pois as reparações são mais fáceis e a zona a proteger não fica totalmente exposta.

2.5 Obras de Acostagem

As estruturas de acostagem em portos classificam-se, consoante a sua natureza, em estruturas contínuas ou estruturas discretas. Este tipo de classificação utiliza alguns critérios possíveis, tais como:

- Localização: marítimas, fluviais, estuarinas ou lacustres;
- Condições de abrigo: protegidas ou em mar aberto;
- Função: carga geral, graneis sólidos ou líquidos e navios cruzeiros;
- Equipamento de carga: Contentores e roll-on/roll-off;
- Mobilidade de equipamentos: móveis e fixos. [6]
- Necessidade de dragagem;
- Características topobatimétricas;

É importante referir as solicitações a que as obras acostáveis estão sujeitas. As forças horizontais existem devido quer ao impacto dos navios, quer aos cabos de amarração, as cargas verticais concentradas existem devido aos equipamentos de movimentação das mercadorias transportadas pelos navios e os impulsos do terreno.

Nas obras acostáveis contínuas, as funções de acesso, o suporte de equipamentos e a acostagem e amarração das embarcações estão todas incumbidas na plataforma principal. Cais de paramento fechado ou vertical e pontes cais, são exemplos de tipos de estruturas contínuas.

A figura seguinte mostra os tipos de cais com paramento vertical fechado.

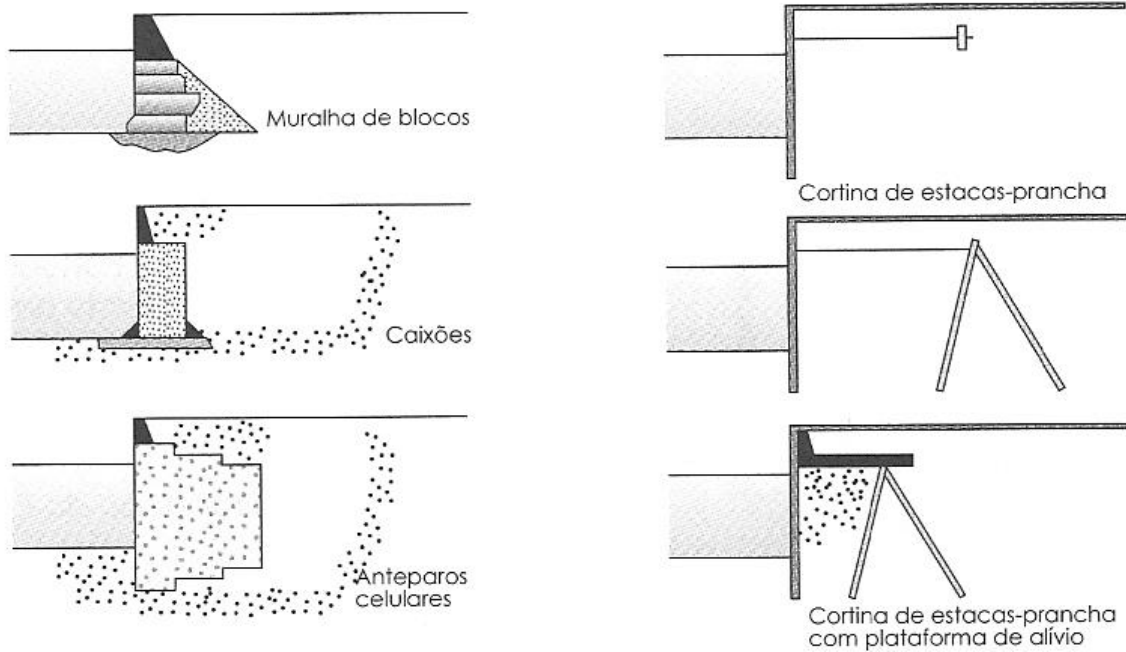


Figura 13 – Exemplos de Cais com paramento Vertical Fechado, [11]

Os muros-cais são considerados uma solução ultrapassada no ponto e vista económico, apesar da alta durabilidade e facilidade de execução. Exige condições de fundação ewgularizadas, sendo aconselhável realizar pré-carga no terreno de fundação antes da colocação da viga de coroamento.

No caso do cais em caixotões são necessárias também condições de fundação regularizadas, para prevenir assentamentos que possam danificar as juntas entre caixotões.

Na figura 13 estão também representados os cais em estacas-prancha, nos quais o terrapleno de retaguarda é contido por uma cortina. Considera-se também a hipótese deste tipo de cais com plataforma de alívio, ou seja, a plataforma protege a cortina contra os impulsos.

Ainda no que respeita a estruturas contínuas, existem as pontes-cais. Nestes casos, a superestrutura é fundada normalmente por estacas (figura 14). Neste tipo de soluções as cargas verticais são absorvidas pelas estacas verticais, enquanto as cargas horizontais são contidas por estacas inclinadas, tirantes ou pelo próprio pedrapleno. É uma das soluções estruturais de acostagem mais utilizadas.

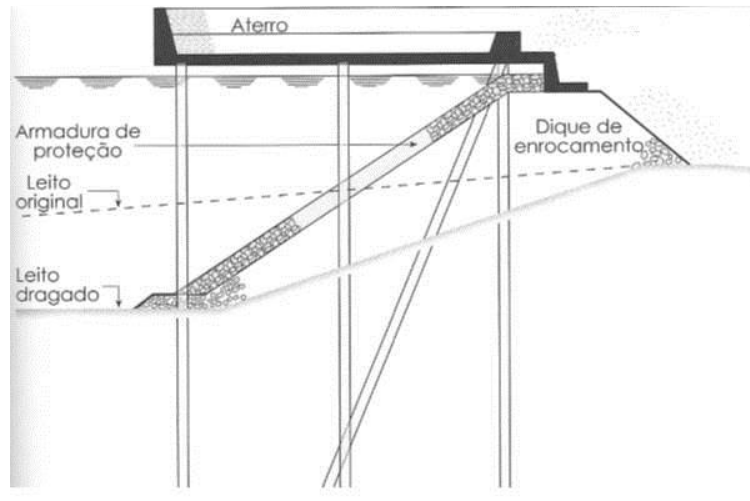


Figura 14 – Esquema tipo de uma ponte-cais [11]

Nas obras em estruturas discretas, do tipo *duques d'alba*, cada elemento discreto desempenha uma ou mais funções específicas. Este tipo de soluções é mais usual para navios petroleiros ou mineraleiros pois são estruturas de menor envergadura e, em caso de acidente, os eventuais danos ficam circunscritos a determinadas estruturas.

Um cais de graneis líquidos é constituído por um conjunto individual de estruturas, como *duques d'alba* de encosto e de amarração, plataformas de transporte de carga e passadiços de interligação, como mostra a figura seguinte.

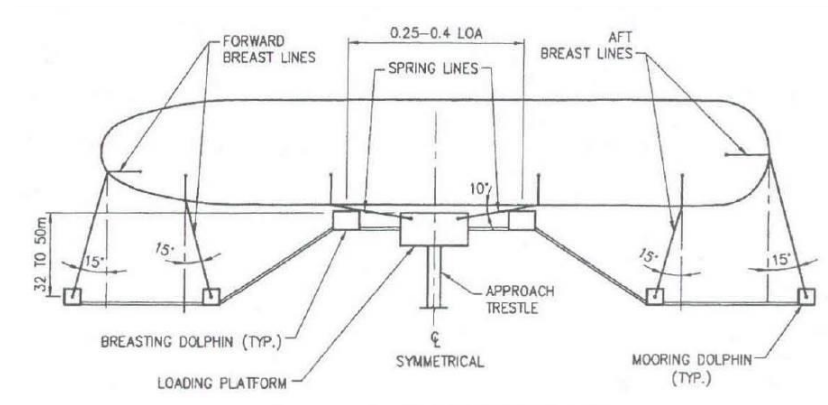


Figura 15 – Esquema de terminal de graneis líquidos em elementos discretos [13]

Hoje em dia, existe outro tipo de solução para carga e descarga de graneis líquidos, que são as monobóias (figura 9). São estruturas flutuantes, em mar aberto cuja transferência de graneis líquidos é cumprida através de condutas submersas [14].



Figura 16 – Terminal Oceânico – Monobóia [14]

Um cais de graneis sólidos é muito similar aos cais de graneis líquidos, exceptuando o facto de ser fornecida uma via adequada para a carga e descarga da mercadoria, como mostra a figura seguinte:

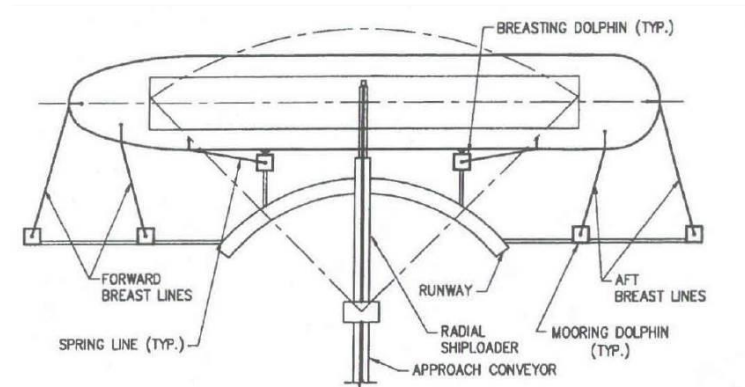


Figura 17 - Esquema de terminal de graneis sólidos em elementos discretos [13]

2.6 Dragagem

Uma dragagem é um ciclo de escavação, transporte e deposição de solo, rochas decompostas ou desmontadas, por meio de variados tipos de equipamentos mecânicos ou hidráulicos (figura 18). Existem dragagens para várias finalidades, tais como, dragagens gerais, dragagens de manutenção, de construção, para alimentação artificial e para exploração de materiais nomeadamente areia.

É fundamental que num projecto de uma obra portuária, seja tido em conta a viabilidade económica do projecto de dragagem de implantação, não esquecendo a dragagem de manutenção, pois tratam-se de equipamentos de elevado custo, que dependem de alto nível de rendimento.

Outro aspecto a considerar é o destino final do material a ser dragado. Devido às restrições ambientais é difícil encontrar locais para a deposição do material dragado caso este esteja contaminado. É portanto, fundamental conhecer o Decreto-Lei nº69/200 de 3 de Maio, que estabelece as condições de exigência para o estudo de impacte ambiental e os despachos nº141 de 21/06/95 – II Série que define as regras técnicas a que devem obedecer as operações de dragagem e imersão de materiais dragados, e nº7/SEAMP/2001 que classifica os materiais dragados.

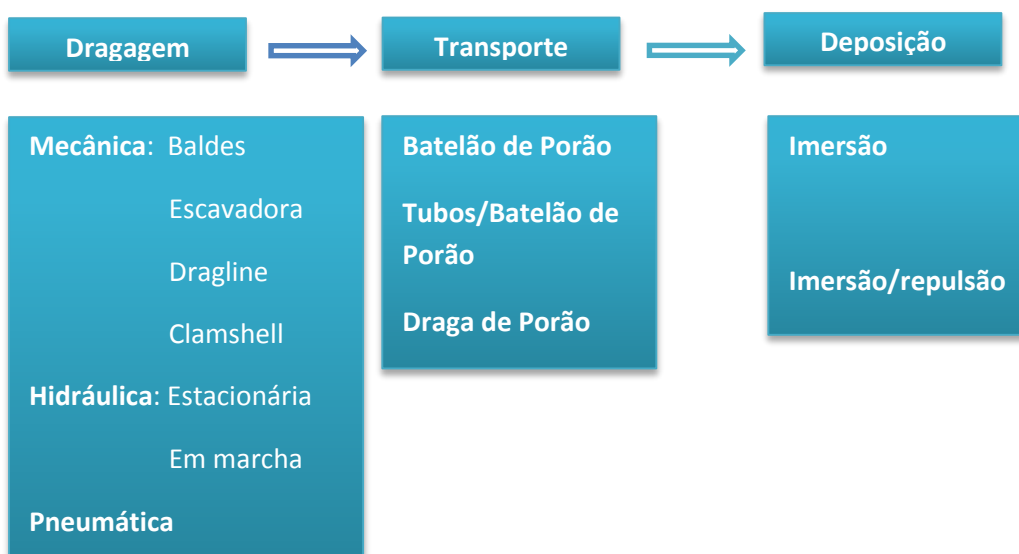


Figura 18 – Ciclo e tipos de dragagens [11]

2.6.1 Dragas Mecânicas

As dragas de grua com balde são adequadas para operações em terrenos brandos e têm rendimentos baixos.

Nas dragas de mandíbulas, existem os baldes de duas maxilas para solos brandos e o de pinças, para blocos mais duros. Têm um menor rendimento que a pá de arrasto, devido ao maior número de ciclos.

As dragas mecânicas de escavação são mais robustas e permitem uma penetração e corte em materiais mais duros.



Figura 19 – Dragas Mecânicas, de escavação, de baldes e de maxilas [11]

2.6.2 Dragas Hidráulicas

Nas dragas hidráulicas é utilizada uma bomba para criar a carga hidráulica e o escoamento necessários para transportar a mistura água-solo ao longo das condutas. Quando necessário, são instalados desagregadores mecânicos para escavar material mais consistente

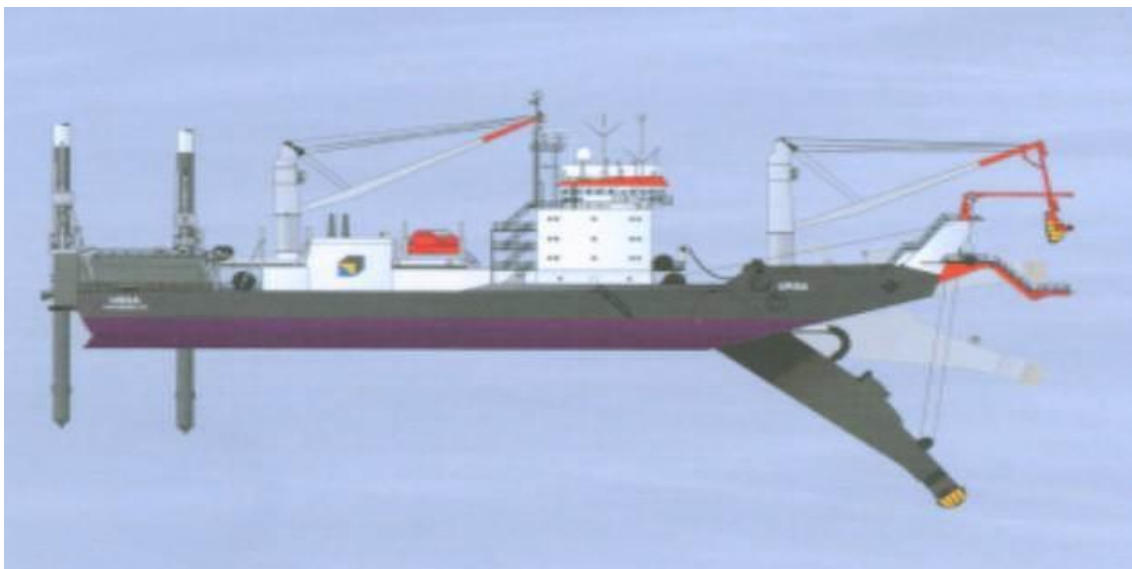


Figura 20 - Draga Hidráulica de Sucção Estacionária [11]

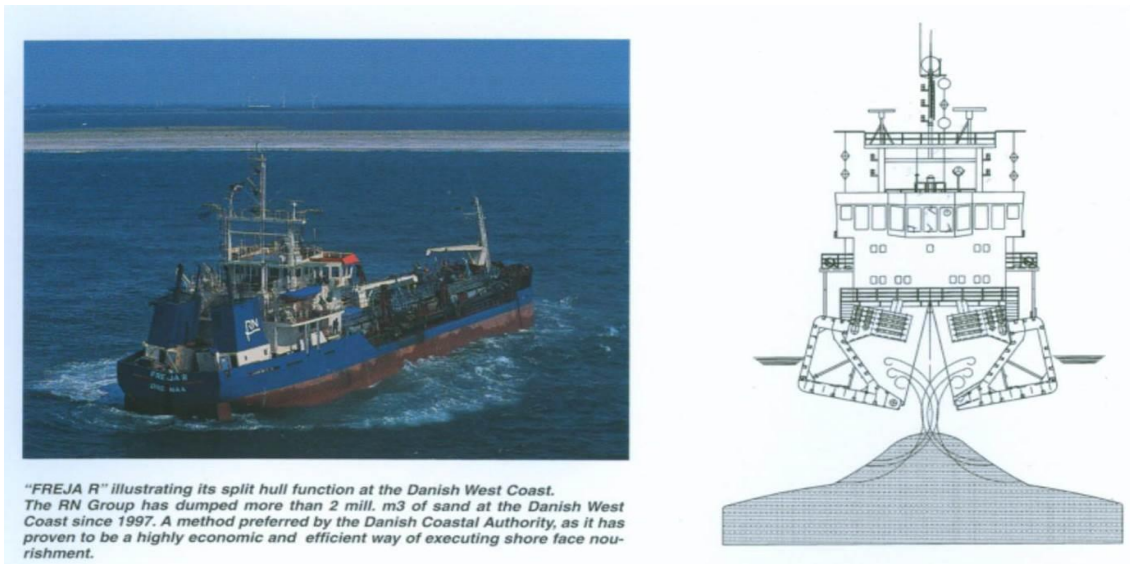


Figura 21 - Drega Hidráulica de Sucção em Marcha [11]

2.7 Defensas e Acessórios de Amarração

2.7.1 Considerações Iniciais

As condições de segurança e operacionalidade num porto estão relacionadas com o comportamento dos navios amarrados ao cais, nomeadamente com a amplitude dos seus movimentos e com o valor dos esforços nos cabos de amarração e nas defensas [15]. Os parâmetros mais importantes na análise de sistemas de equipamentos de acostagem são os impulsos correspondentes à acostagem e amarração dos navios.

Os impulsos de acostagem são realizados pelo impacto dos navios na zona da atracação, enquanto os impulsos de amarração são causados maioritariamente pelo período de agitação incidente, os grupos de ondas a direcção da agitação relativamente ao cais, entre outros.

O estudo dos efeitos de impacto dos navios e embarcações contra as estruturas acostáveis, baseia-se na transmissão de energia cinética dos navios e a sua transformação em energia de deformação das defensas.

2.7.2 Defensas

2.7.2.1 Considerações Iniciais

Quando um navio choca com uma defesa numa manobra de acostagem, estas deformam-se até que a velocidade do seu ponto de contacto se anule. Parte desta energia é retribuída ao navio, fazendo com que mude os seus parâmetros de velocidade.

A deformação máxima da defesa está associada a um esforço que deve ser absorvido pela estrutura de acostagem. Conhecida a energia transmitida pelo navio à estrutura, resta escolher um sistema de defensas adequado para receber tal energia.

A expressão seguinte demonstra como se calcula a energia a absorver pelas defensas.

$$E_d = \frac{1}{2} M v^2 C_e C_m C_s C_c$$

M	Energia de projeto (em condições normais) a ser absorvida pelo sistema de defensas (em kNm)
E_d	Massa do navio de projeto (em toneladas)
v	Componente normal ao cais da velocidade de aproximação do navio (em m/s)
C_e	Factor de excentricidade
C_m	Coeficiente de massa virtual
C_s	Coeficiente de rigidez do casco do navio
C_c	Factor de configuração do posto de acostagem

2.7.2.2 Tipos de Defensas

a) Defensas Cilíndrica Radial

Este tipo de defensas visa garantir uma atracção segura e linear para diferentes tipos de embarcações. São uma boa solução económica para proteger a maioria das estruturas de acostagem, quando a reacção máxima admissível não for um factor limitante.



Figura 22 – Defesa Cilíndrica Radial

b) Defesa Tipo Arco

Estas defensas foram introduzidas para melhorar a performance das defensas cilíndricas, pois têm melhor energia/reacção e são recomendadas para todos os tipos de aplicação, pois a sua geometria ajuda a dissipar as tensões por igual. São geralmente utilizadas para médias e grandes embarcações



Figura 23 - Defesa tipo Arco

c) Defesa Tipo Modular

Este tipo de defensas possui flanges de encaixe em ambos os lados, que lhe confere maior resistência quando comparadas com outros modelos. Cada módulo é uma peça manufacturada individualmente, conferindo-lhe melhor resistência mecânica e um longo tempo de vida útil.



Figura 24 - Defesa Tipo modular

d) Defesa Tipo Cone

As defensas Tipo Cones são uma versão recomendada para todos os tipos de aplicações, inclusive para locais de grande variação de maré. A característica mais avançada dessas defensas é que elas têm deflexão até 72% o que proporciona maior absorção de energia com menor reacção.

é o tipo de defesa ideal para um porto ou terminal com um aprofundamento de calado, que objectiva utilização de embarcações maiores.



Figura 25 - Defesa Tipo Cone

e) Defesa Pneumática

A propriedade especial da defesa Pneumática é a sua reduzida reacção nas menores deflexões, com excelente absorção de energia. São usadas para transferências navio a navio em mar aberto, operações de duplo abarcamento. Devem ser equipadas com redes de correntes e pneus para protecção, garantindo uma vida útil mais longa.



Figura 26 - Defesa pneumática

2.7.3 Acessórios de Amarração

2.7.3.1 Modelo de cabeços de Amarração

De seguida apresentam-se os modelos mais comuns de cabeços de amarração segundo o catálogo da *Maritime International*.



Figura 27 - Modelos *Single bitt*; *Double Bitt*; *T-Head* e *Cleats* [6]

2.7.3.2 Ganchos de Desengate Rápido

EM determinados terminais marítimos onde as exigências de segurança são maiores os cabeços de amarração são substituídos por ganchos de desengate rápido que permitem a libertação imediata das amarras.

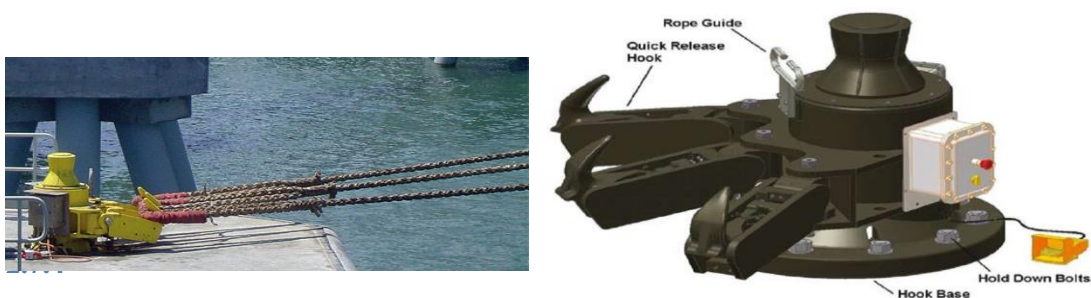


Figura 28 - ganchos de desengate rápido

Capítulo 3

3 Terminal XXI - Sines

3.1 Caracterização do Terminal XXI

O Terminal de Contentores de Sines, conhecido como Terminal XXI, opera desde 2004 em regime de concessão de serviço público através da empresa PSA Sines – *Port Singapore Authority*.

O Terminal XXI oferece fundos naturais até 17,5 metros ZH permitindo a acostagem dos maiores navios porta-contentores. É um terminal com boas características em termos de acessibilidades marítimas, sendo um porto aberto ao mar, abrigado por um molhe de abrigo, conhecido como molhe Leste (com 2,2 mil m e orientação NW – SE). Dispõe de fundos naturais não sujeitos a assoreamento, tendo capacidade para receber navios de grande porte devido à inexistência de restrições de fundo [5]. Dispõe ainda de excelentes acessibilidades terrestres para o tráfego ferroviário, com ligações directas entre linhas nacionais e internacionais. A estas qualidades junta-se ainda a enorme capacidade de expansão de novas áreas de terraplenos para parque de contentores.

Reunidas estas características, o Terminal XXI torna-se capaz para o serviço de navios porta-contentores de grande porte, com um cais de grandes fundos de serviço, rápido serviço dos navios devido à inexistência de canal de navegação, enormes áreas de terrapleno para parque de contentores, e facilidades de acessos terrestres aos *hinterlands* mais próximos.

Assim sendo, o plano de desenvolvimento do Terminal XXI tem como objectivo servir os navios porta-contentores *supermegacarriers*, os que já se encontram em serviço e os que estão projectados para o futuro.

Desde 2010 que os maiores navios de contentores têm capacidade nominal de 14.770 TEU, pertencendo ao operador Maersk. Existem também unidades com capacidade nominal de 14.000 TEU que foram adquiridos pelo operador MSC que navega com frequência no Terminal XXI. Para o futuro estão projectados navios com capacidade para 18.400 TEU pelo operador chinês *China Shipping Container Lines*, com capacidade de mais 400 TEU que os navios de 18.000 TEU encomendados pela Maersk.



Figura 29 - Navio categoria “Post Panamax”, terminal XXI, arquivo pessoal

Na presente fase de desenvolvimento o Terminal XXI ficará com uma frente de cais acostável com extensão útil de 940m, disponibilizando espaço para atracar e operar em simultâneo dois navios “post panamax” fundamental para a dinamização e afirmação do terminal nos principais portos europeus. Ficarão também com uma área de armazenagem de contentores com 36,5ha que permitirá disponibilizar uma capacidade total de 1.700.000 TEU por ano.

Desde Setembro de 2013 que o Porto de Sines disponibiliza novas funcionalidades na Janela Única Portuária, ao nível da intermodalidade e da logística [5]. Passam agora a ser disponibilizados serviços de interoperabilidade em termos de informação e de simplicidade administrativa no transporte rodoviário e ferroviário de mercadorias, nomeadamente no transporte de carga contentorizada entre o Terminal XXI e os portos secos no hinterland. Estas soluções permitem ter uma única solução integrada de intermodalidade. [5]

Assim sendo, o ano de 2013 revelou-se como um ano histórico para o Porto de Sines, nomeadamente para o Terminal XXI, com um crescimento de 68% (figura 2) em relação ao ano anterior, movimentando um total de 931.036 TEU. O ano de 2012 já havia sido um ano histórico com um total de 28,6 milhões de toneladas movimentadas, conseguindo pela primeira vez entrar para o ranking de 25 maiores portos europeus.

Na figura seguinte apresenta-se o crescimento do Terminal XXI desde 2004:

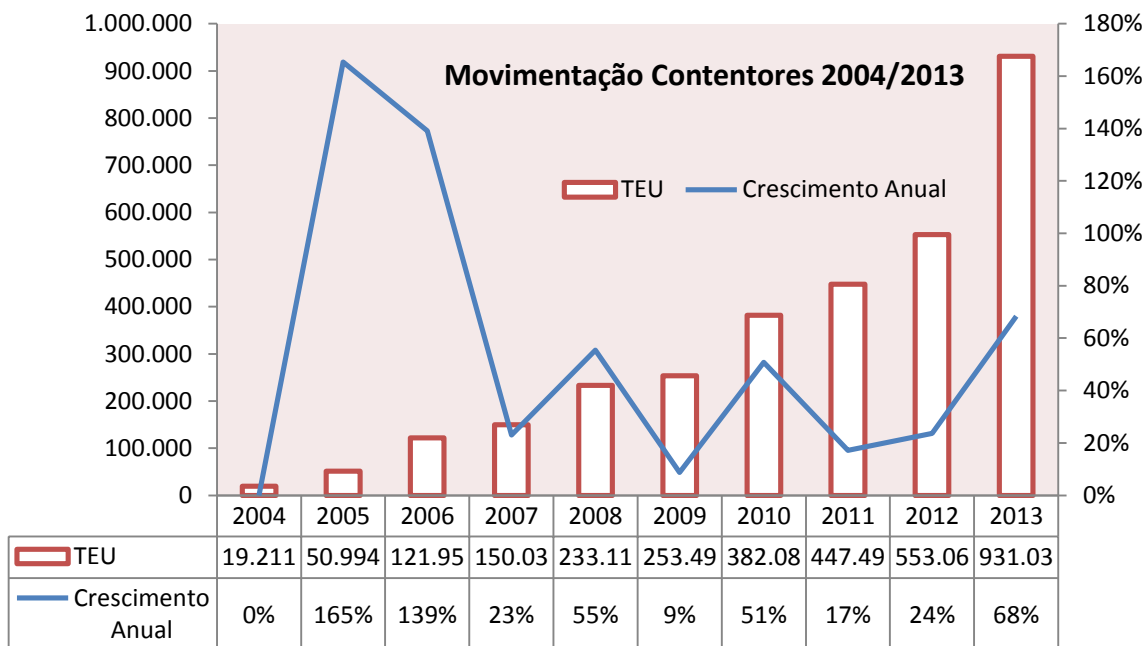


Figura 30 - Evolução e crescimento da movimentação de TEUS no Terminal XXI, adaptado de [2]

3.2 Condições Naturais e Locais

3.2.1 Clima

3.2.1.1 Precipitação

A precipitação em Sines tem uma média diária de 4 a 5mm, durante os meses de Março a Outubro, correspondente à Primavera, Verão e Outono. Durante os restantes 4 meses, compreendido entre Novembro e Fevereiro, correspondente ao Inverno, observa-se um máximo de 4 a 6 dias, em alguns meses, de pluviosidade superior a 10mm. O seguinte gráfico representa a precipitação média mensal em mm.

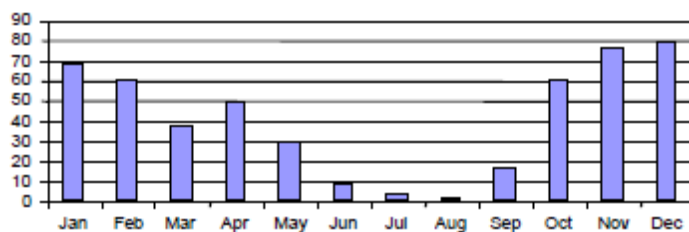


Figura 31- Histograma mensal médio de precipitação (Sines)

3.2.1.2 Visibilidade

A visibilidade em Sines, é melhor nos meses de Inverno do que propriamente nos meses de Verão. São avistados objectos até a uma distância de 4,0km durante 97% do tempo entre os meses de Novembro e Maio e durante 91% do tempo nos restantes meses.

3.2.1.3 Vento

Durante os meses de Inverno, os ventos dominantes (maior intensidade), dividem-se uniformemente pelos vários rumos, com uma velocidade média máxima de 23,3km/h, proveniente de NW, sendo que os ventos reinantes (maior frequência), provêm sobretudo do N, responsável por 22% das ocorrências.

Durante o Verão, os ventos dominantes, distribuem-se, de um modo idêntico, por todos os quadrantes, embora com menor velocidade média, com um valor máximo, igualmente de NW, de 18,6km/h. Os ventos reinantes surgem no rumo NW, responsável por 46,5% das ocorrências.

O seguinte diagrama, pretende caracterizar os efeitos da energia eólica. Torna-se evidente que esta energia concentra-se no sector da direcção 90 do quadrante 4, entre as direcções Norte e Oeste.

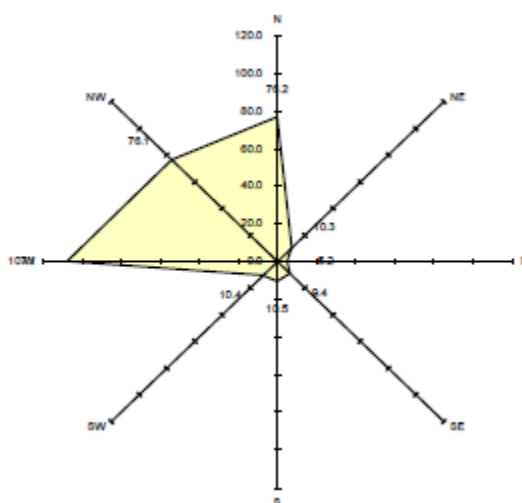


Figura 32 - Diagram of $f.v^2$ (frequency x speed²) (Sines) (1974-1990)

Do antecedente, conclui-se que:

- Os rumos com maior evidência são os de NW e de N. As velocidades médias horárias situam-se em valores relativamente baixos, que pouco excedem os 20km/h;

- O alinhamento do cais actualmente existente, sendo paralelo ao quebra-mar Leste, e portanto com orientação NW-SE, é muito favorável no que diz respeito ao vento, uma vez que este sopra normalmente segundo o alinhamento do cais.

3.2.2 Marés

Níveis de Marés Característicos

A maré em Sines tem um carácter semidiurno, com as características abaixo descritas (valores obtidos das tabelas de Marés publicadas pelo Instituto Hidrográfico, a partir de observações efectuadas em 1978):

Tabela 2 - Níveis de maré característicos

Evento maregráfico		Cotas [mZH]
Preia-mar de águas vivas máxima	PMAV/máx	+3,93
Preia-mar de águas vivas média	PMAV/méd	+3,45
Preia-mar das águas mortas média	PMAM/méd	+2,68
Nível médio do mar	NM	+2,00
Baixa-mar de águas mortas média	BMAM/méd	+1,36
Baixa-mar de águas vivas média	BMAV/méd	+0,54
Baixa-mar de águas vivas mínima	BMAV/min	+0,20

Nota: todos os níveis estão referidos ao zero hidrográfico (ZH), situado 2,0m abaixo do nível médio da água do mar

Do quadro conclui-se:

- A amplitude máxima da maré é de 3,73m;
- A amplitude de águas vivas média é de 2,91m;
- A amplitude de águas mortas é de 1,32m.

Sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica

Este tipo de ocorrência deve ser considerado nos estudos de obras costeiras, uma vez que representa um factor agravante da acção dos grandes temporais que assolam a costa Oeste portuguesa.

Os níveis de sobrelevação característicos obtidos para cada uma das estações maregráficas são os seguintes:

Tabela 3 - Níveis máximos característicos de sobrelevação

	VIANA	AVEIRO	CASCAIS	LISBON	TRÓIA	SINES	LAGOS
Rise above percentile 95	39 cm	31 cm	26 cm	23 cm	28 cm	29 cm	33 cm
Rise above percentile 99	54 cm	42 cm	34 cm	29 cm	34 cm	35 cm	43 cm
Rise above percentile 99.9	90 cm	67 cm	43 cm	39 cm	41 cm	43 cm	60 cm
Maximum rises	110 cm	78 cm	52 cm	48 cm	51 cm	47 cm	75 cm

Fonte: Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal, “ Sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica”, Alveirinho Dias (1988).

Com a aplicação de métodos estatísticos específicos, estabeleceu-se os seguintes níveis extremos e respectivos períodos de retorno:

Tabela 4 - Níveis extremos da água do mar (maré + sobrelevação atmosférica)

Período Retorno T	VIANA	CASCAIS	SINES	LAGOS
10 anos	4.61 mZH	4.15 mZH	4.17 mZH	4.23 mZH
25 anos	4.71 mZH	4.19 mZH	4.20 mZH	4.29 mZH
50 anos	4.78 mZH	4.22 mZH	4.23 mZH	4.34 mZH

Fonte: Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal, “ Sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica”, Alveirinho Dias (1988).

Estes resultados devem ser interpretados com precaução, por se basearem numa serie temporal curta, evidenciam a ocorrência de níveis extremos razoáveis associados a períodos de retorno pequenos.

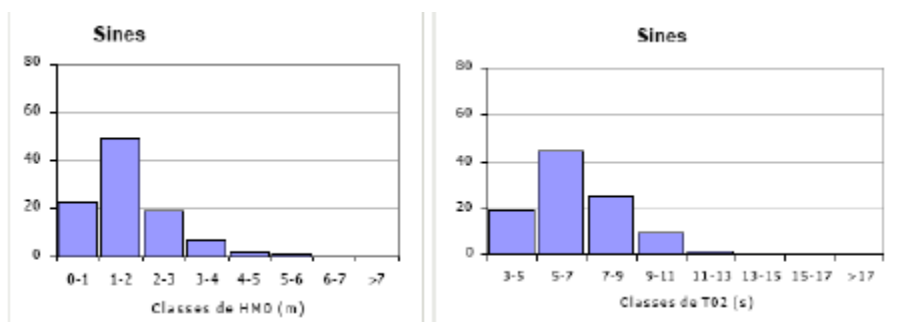
3.2.3 Ondulação

Quando se fala em ondas, há dois aspectos a considerar: as ondas médias e as ondas extremas. No gráfico que se segue, estão representadas as alturas e respectivos períodos médios:

Figura 33 - Distribuição de frequências relativas (%) de HMO (altura significativa) e TO2 (período médio)

Figura 34 - Distribuição de frequências relativas (%) de HMO (altura significativa) e TO2 (período médio)

Figura 35 - Distribuição de frequências relativas (%) de HMO (altura significativa) e TO2 (período médio)



Da análise dos gráficos conclui-se:

- Os valores mais comuns para as alturas significativas, situam-se ente 1 a 2m, representado 49%, enquanto valores superiores a 3m chegam apenas a 10%;
- Os valores mais frequentes de períodos médios, situam-se entre 5 e 7s, atingindo 44%, enquanto valores acima de 9s não chegam aos 20%.

No entanto, se considerarmos as ondas extremas, a situação é mais exigente reflecte-se em períodos de pico e em alturas para vários períodos de retorno, como indicado na tabela abaixo, (fonte: LNEC relatório nº260/98 – NPP):

Tabela 5 - Alturas significativas e períodos com diferentes períodos de retorno

T (anos)	T_p (s)	H_{e0} (m)
5	15,3	7,5
10	16,7	8,8
20	18,2	10,2
50	20,5	12,5
100	22,5	14,5

Os valores apresentados na tabela servem como base para efeitos de modelação matemática do sistema de agitação no interior da bacia portuária limitada pelo molhe Leste.

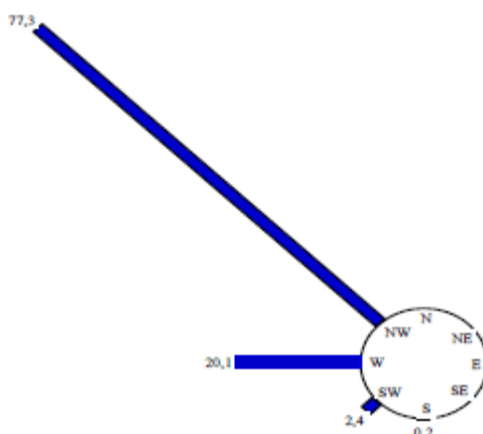


Figura 36 - Diagrama de Ondas: percentagem de ocorrências segundo vários rumos. Fonte: “Empreitada de Construção para expansão do terminal XXI – Sines”, Caderno Encargos, MDJ

A partir da análise do diagrama de ondas, conclui-se:

- A quase totalidade das ondas ocorre na direcção NW, com uma frequência superior a 77%, em seguida, W, com cerca de 20%. É quase nula a ocorrência no rumo SW e S.
- O alinhamento do molhe Leste relativamente ao cais acostável do Terminal XXI e à respectiva bacia interior confere excelentes condições de abrigo no interior e excepcional facilidade de acesso ao mar.

3.2.4 Elevação do Nível do Mar

Com as constantes alterações climáticas, resultante do aquecimento global, é esperado, conseqüentemente, uma subida do nível do mar. Segundo satélites da NASA (TOPEX/poseidon e Jason-1), observações ente 1993 e 2005, mostram que o nível médio do mar subiu 3mm/ano. É conveniente considerar uma situação agravante, devido a incertezas na subida do nível do mar no futuro (2mm). Por conseguinte, sempre que seja relevante, um aumento do nível do mar mínimo de 5mm/ano devem ser tidos em conta no dimensionamento das estruturas.

CONDIÇÃO DE PROJECTO	MÉDIA DA SUBIDA DE NÍVEL [m/ano]	PERÍODO [ano]	SUBIDA DE NÍVEL [m]
TEMPORÁRIO (during construction phase)	0.005	2	0.01
FINAL (during design working life)	0.005	50	0.25

Tabela 6 - Estimativa de subida do nível do mar (fonte: observações satélites da NASA)

3.2.5 Informação Geotécnica

As condições geológico-geotécnicas no local de implantação do cais do Terminal XXI são caracterizadas pela ocorrência de terrenos xistosos localmente introduzidos por corpos filoneanos e materiais de aterro com espessuras reduzidas.

Através de elementos acerca da geologia local, é possível a obtenção de alguns parâmetros de caracterização mecânica laboratorial de algumas amostras. Foram ensaiadas amostras pertencentes ao maciço xistoso W4-3 e da rocha filoneana W3-2, cujos resultados se apresentam no seguinte quadro.

	Grau de alteração	γ	Q_u	E
Maciço Xistoso	W ₄₋₃	26.1kN/m ³	2.8MPa	3 799MPa
Rocha Filoneana	W ₃₋₂	24.4kN/m ³	145.1MPa	20 982MPa

Tabela 7 - Resultados dos ensaios à compressão simples

Sob a camada superficial de rocha xistosa muito alterada e formações de composição silto-argilosa, surge uma camada rochosa com resistência mecânica adequada à fundação por estacas, as quais devem em geral penetrar 3 a 4 diâmetros nos níveis mais resistentes.

Durante a execução das sondagens, sempre que os terrenos apresentavam características adequadas, foram efectuados ensaios de penetração dinâmica (SPT), visando a caracterização geotécnica dos terrenos, necessário para a análise da interacção solo-estrutura ou avaliação do potencial de liquefacção.

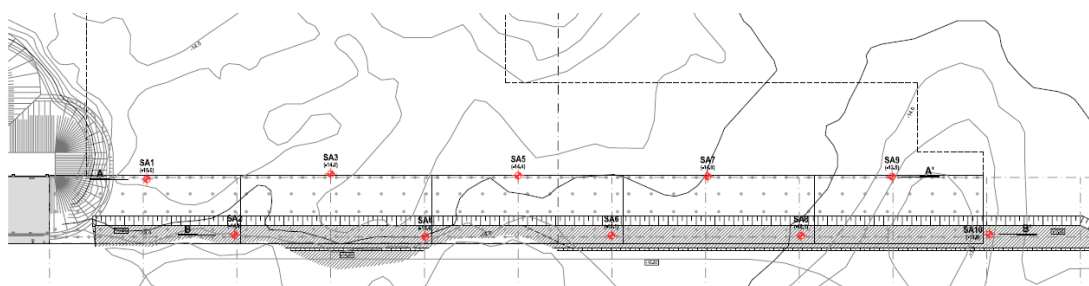


Figura 37 - Planta dos Ensaios SPT a realizar na zona de ampliação do Terminal XXI

Os resultados dos ensaios mostram que são superiores a 60 pancadas na primeira fase do ensaio, ou seja, são necessárias 60 pancadas para a penetração de 30cm. Em linguagem corrente diz-se que se obteve o “nega”. Com estes resultados seria previsível concluir que a cravação de estacas

seria de difícil execução, mas a experiência mostra que nestes materiais rochosos alterado, uma perspectiva com “nega” na 1ª fase de ensaio é seguro para alojar a estaca.

3.3 Equipamento Portuário e Operações

Na gestão de um porto, as operações e equipamento portuário assumem um papel de grande importância.

Com o objectivo de otimizar a gestão do porto, deve ser feito um estudo que define o dimensionamento das infra-estruturas para todo o tipo de instalações, como áreas de administração, armazéns, o abastecimento de navios, acessibilidades terrestres, entre outras. Do resultado deste estudo surge a definição dos parâmetros mais importantes dos portos, das obras de expansão e condições locais [6], apesar de entendermos, que o projecto portuário é um processo evolutivo, em que nas obras, mesmo depois de finalizadas, para além de se tornarem irreversíveis em muitos casos, podem ser insuficientes, solicitando novas obras. Esta é a essência do inconveniente do sector portuário, a necessidade constante do investimento e melhoramento do equipamento. [7]

Este estudo deve englobar a natureza das cargas e dos equipamentos a utilizar, bem como a movimentação de carga e descarga dos navios. Através da definição destes conceitos, é possível definir as taxas de ocupação do cais e terra-plenos e a dimensão dos postos de atracção.

No terminal XXI, no final da empreitada em estudo, a movimentação de contentores no cais irá contar com 9 pórticos Postpanamax e super Postpanamax (anteriormente eram 6), com capacidade para movimentar 72 fiadas de contentores a bordo dos navios de última geração (18.000T EU) (figura 8).



Figura 38 - Montagem do pórtico “Post panamax”, arquivo pessoal

O parque de contentores ficará equipado num total com 64 conjuntos de tractor/trailer (figura x) e de 26 guias de parque RTG, para uma área de cerca de 36ha.

No que às operações diz respeito, a autoridade portuária iniciou em 2003 a criação de uma Janela Única Portuária (JUP), para todos os portos do continente e ilhas, com o objectivo de centralizar numa plataforma tecnológica a informação, documentação e processos relativos às várias entidades que trabalham no/com um porto, permitindo, aos agentes económicos a apresentação da informação por uma única via e por aí obter os respectivos despachos. Passam agora a ser disponibilizados serviços de interoperabilidade em termos de informação e de simplicidade administrativa no transporte rodoferroviário de mercadorias, nomeadamente no transporte de carga contentorizada entre o Terminal XXI e os portos secos no hinterland.[5]

A JUP tornou-se então uma ferramenta indispensável a qualquer administração portuária e aos agentes económicos do sector uma vez que tornou os processos portuários mais céleres e fiáveis, permitindo reduzir o processo administrativo da chegada de um navio em 31h. Com esta ferramenta os tempos de espera das mercadorias foi reduzido em cerca de 30%, aumentando a competitividade do terminal XXI e de todos os terminais em Sines. [7]



Figura 39 - Ligação JUP com ferrovia e plataformas Logísticas – adaptado de [8]

3.4 Capacidade de Expansão do Terminal XXI

O porto de Sines, mais concretamente o terminal XXI foi o que mais cresceu a nível mundial no ano de 2013, ao nível de contentores movimentados, levando-o a integrar pela primeira vez o top dos 120 maiores portos mundiais neste segmento, de acordo com a revista especializada “*Container Management*”, entrando directamente para a posição 115º do ranking com um crescimento formidável na ordem dos 68%.

Ora, este facto não foi ignorado e já se prepara a 3ª fase de ampliação do terminal XXI ainda antes de se concluir a 2ª fase, que permitirá aumentar a capacidade anual de movimentação de contentores de 1,7 para 2,7 milhões de TEU, bem como acolher três navios com capacidade de 18 000 TEU em simultâneo, com ganhos claros de competitividade.

Para que tal aconteça é fundamental que exista um investimento no prolongamento do molhe de abrigo leste, para que sejam garantidas as condições de abrigo aos navios em trânsito.

No final de 2013 o terminal de contentores do porto de Sines já se encontra entre os cinco maiores terminais da península ibérica. O objectivo passa por até 2020 Sines seja um dos três maiores, competindo directamente com Algeciras e Valência e ultrapassando Las Palmas e Barcelona, como mostram as previsões da figura seguintes realizadas em 2012.

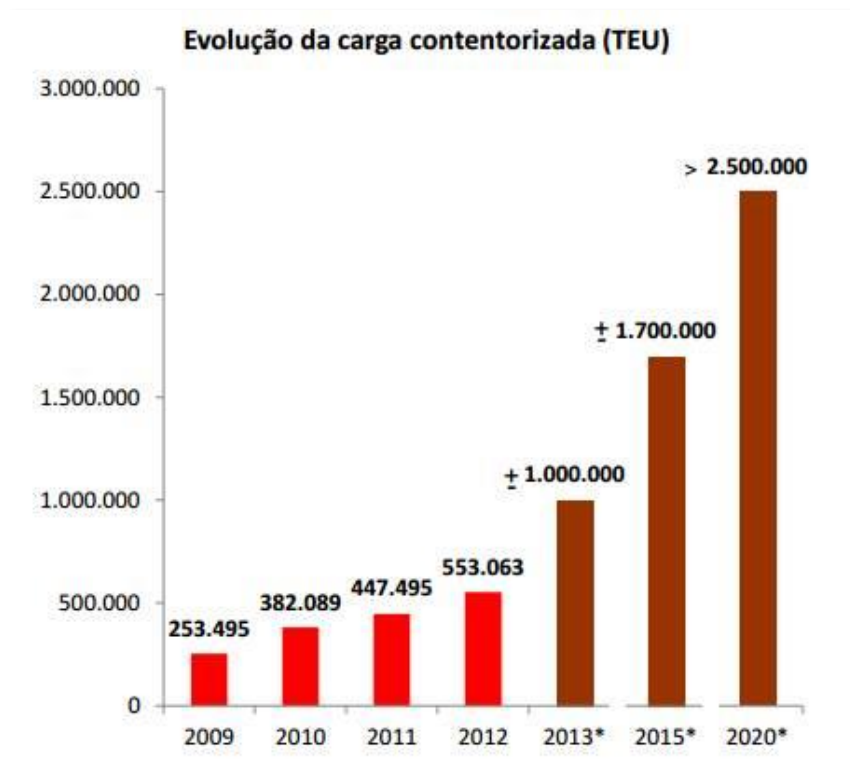


Figura 40 - Evolução da carga contentorizada (TEU) [27]

“O Porto de Sines já possui grandes vantagens competitivas, nomeadamente o seu posicionamento geográfico e o funcionamento dos terminais 24 horas por dia, 365 dias por ano, a fiabilidade do serviço, a produtividade e o preço”. (João Franco, Presidente da Administração do Porto de Sines, 2013)

Outra grande condição de crescimento, que mais nenhum terminal ibérico oferece, é a capacidade de expansão em termos de área, quer para frente de acostagem quer para zonas de armazenamento de contentores, com se pode observar na figura seguinte.



Figura 41- Capacidade de Expansão Terminal XXI antes da construção da plataforma 3 e do prolongamento do molhe leste[28]

Apesar de tudo, estas vantagens devem ser interligadas com boas ligações ao *hinterland*, com a ligação ferroviária com um desempenho incontornável. É fundamental o aumento da capacidade e a eliminação dos principais constrangimentos da linha.

Capítulo 4

4 Caracterização das Estruturas Portuárias existentes no Terminal XXI

4.1 Introdução

Neste capítulo será realizada uma breve descrição dos projectos e métodos construtivos adoptados nas estruturas portuárias existentes no terminal XXI, nomeadamente as anteriores fases de expansão do cais e o molhe de abrigo do terminal, o molhe leste.

4.2 Molhe de abrigo – Molhe Leste

4.2.1 Introdução

O molhe leste surge da necessidade de protecção face à agitação marítima no terminal XXI do porto de Sines.

Esta estrutura de abrigo tem duas fases de construção, a última termina no final de 2012, e tornou possível a expansão da frente acostável para 946m.

Está prevista uma 3ª fase de ampliação que será necessária para assegurar as condições de abrigo de uma futura e também prevista expansão da frente acostável do terminal XXI.

4.2.2 Solução Estrutural Adoptada

Ambas as fases de construção seguiram projectos idênticos, constituindo numa solução em molhe de taludes, com o núcleo em TOT, sub-manto em enrocamento e manto em blocos pré-fabricados em betão, *Antifer*.

Esta solução foi estudada em modelo físico tridimensional na 1 fase de ampliação do molhe leste, revelando um excelente comportamento. A figura seguinte mostra-nos a solução adoptada para o perfil corrente do molhe leste.

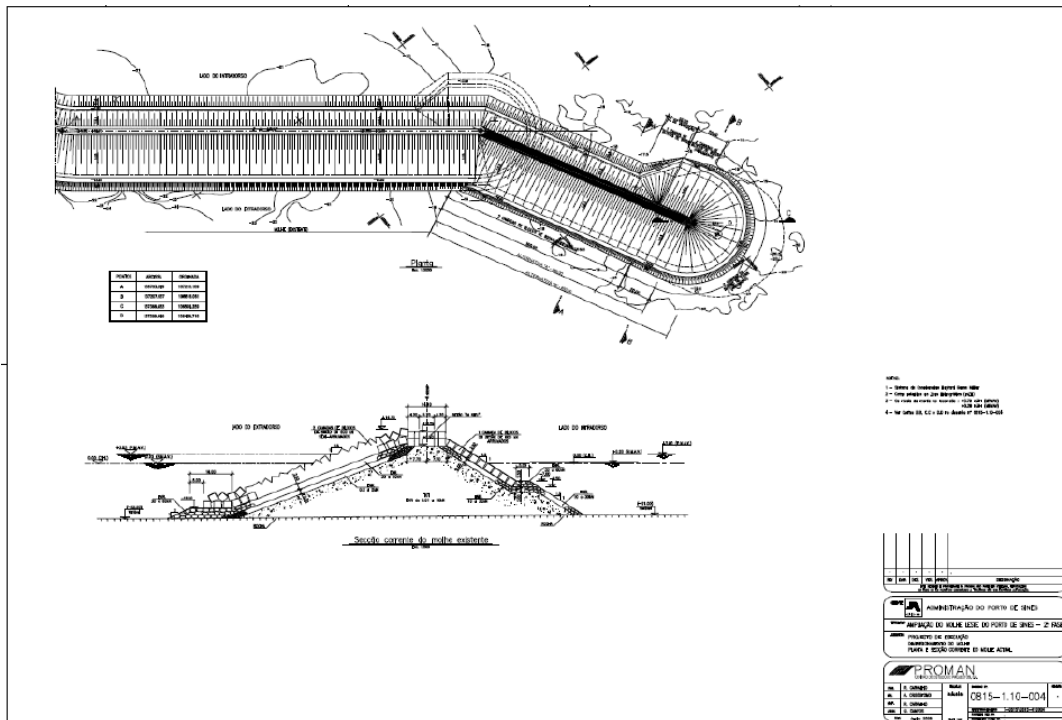


Figura 42 - perfil corrente (PROMAN, 2008) [29]

O talude exterior é protegido por um manto com duas camadas de blocos *Antifer* com peso de 600 kN, com uma inclinação de 2,5:1 (H:V) até à cota -13,0 ZH. Esta cota apoia-se sobre um prisma de pé-de-talude, constituído por blocos do mesmo tipo e peso fundado a -19,0 ZH sobre enrocamento de gama 30 a 60 kN. A densidade média dos blocos é de 1,60 blocos por m² de área de talude. [29]



Figura 43 - Disposição aplicada no extradorso na " 2ª fase de ampliação do molhe leste"[29]

O Manto do talude do lado interior, com inclinação de 1,5:1 [H:V] é também constituído por blocos *Antifer*, aplicados numa só camada. Este manto é apoiado inferiormente, à cota -7,0ZH, sobre um prisma de enrocamento da gama 10-30 kN. [29]



Figura 44 - Disposição aplicada no intradorso na " 2 fase de ampliação do Molhe Leste" [29]

O manto de protecção do perfil de rotação da cabeça foi realizado com blocos *Antifer*, também em duas camadas mas com um peso de 710 kN. O perfil de rotação da cabeça possui uma inclinação de 2,5:1 (H:V) e o prisma de pé-de-talude é constituído por blocos *Antifer* de 600kN.

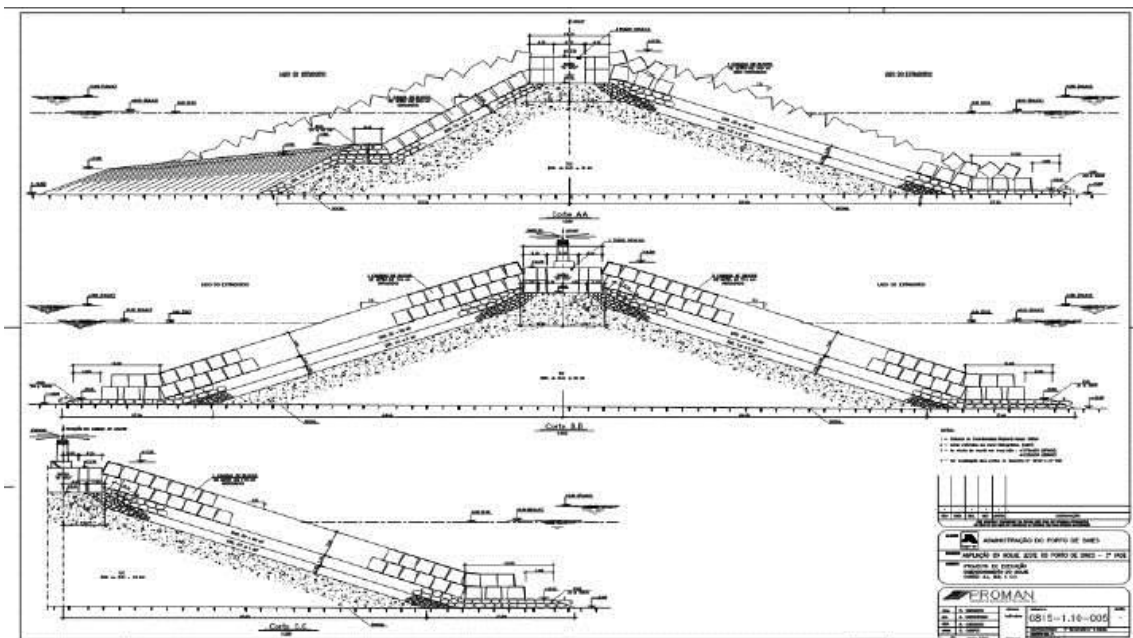


Figura 45 - Perfil de rotação da cabeça (PROMAN, 2008) [29]

O maciço de coroamento é constante ao longo de todo o molhe com uma largura de 5,7m e uma cota máxima de 12,7 ZH.

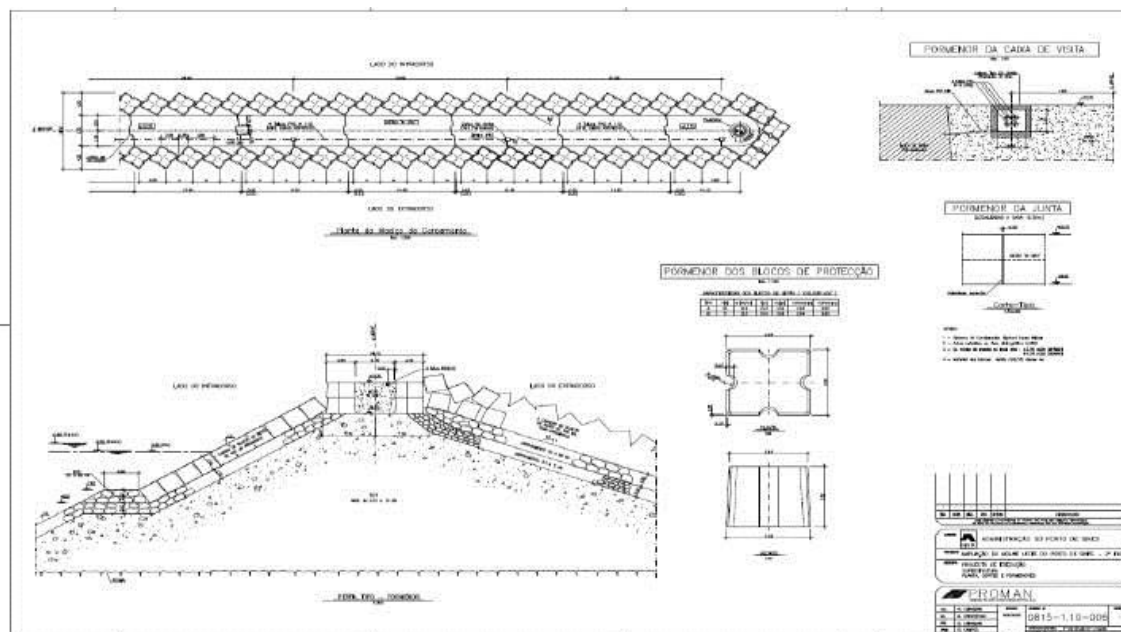


Figura 46 - Maciço de coroamento (PROMAN, 20089 [29])

4.3 Cais Acostável

4.3.1 1ª Fase de Expansão

4.3.1.1 Descrição técnica do projecto

Na concepção desta empreitada com uma extensão de 383,0m, foram determinantes as condições geológicas existentes, caracterizadas principalmente pela presença de um *bed-rock* rochoso, cujo tecto se situa á cota de -16,5m ZH. Mediante estas condições optou-se por uma solução em fundação directa, com saneamento prévio da camada aluvionar superficial por meio de dragagem.

Em relação à estrutura de frente acostável adoptou-se uma solução em caixotões pré-fabricados de betão armado. Trata-se de uma solução corrente, já adoptada em outras empreitadas no porto de Sines, de fácil e rápida execução.

É de salientar as espessuras mínimas na camada de enrocamento da fundação que casseguram a inexistência de assentamentos da estrutura e melhora a segurança ao deslizamento.

Os caixotões ficaram fundados á cota -16,5m ZH e a sua altura total, incluindo laje de fundo, é de 18,5m, situando-se o seu coroamento à cota +2,0m ZH, após o afundamento e colocação em

obra. Os caixotões são solidarizados com uma superestrutura que vai até á cota +6,1mZH, betonada *in situ*.

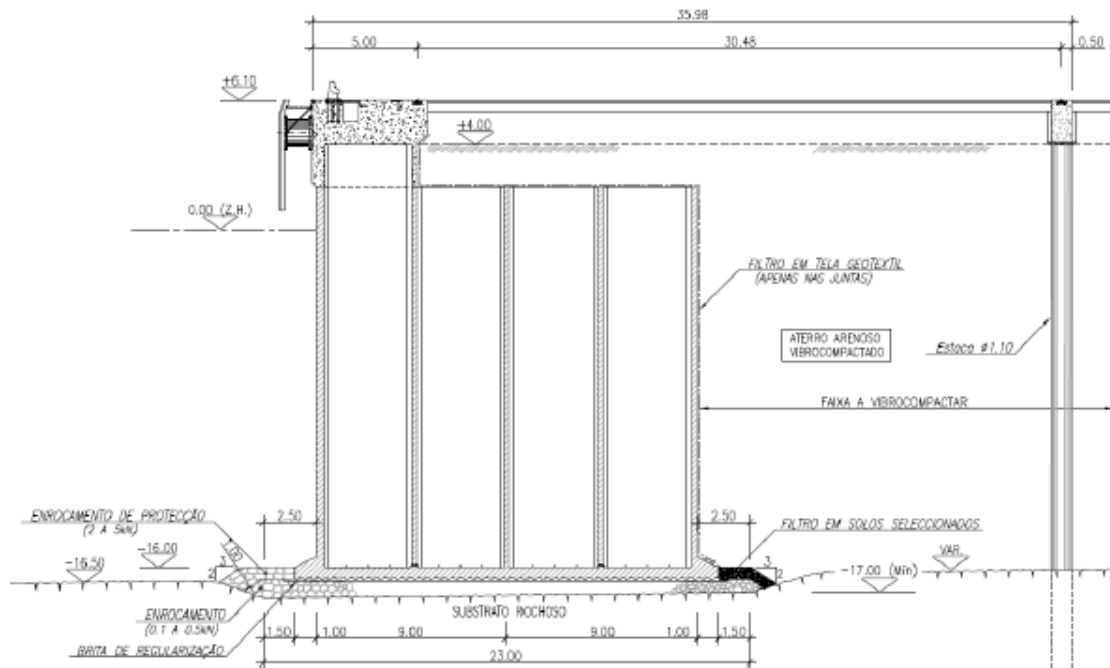


Figura 47 - Perfil da estrutura em caixotões [10]

As células dos caixotões foram preenchidas com areia e enrocamento de pequena dimensão enquanto as juntas entre os caixotões são cheias de betão com recurso a um “tremie”.

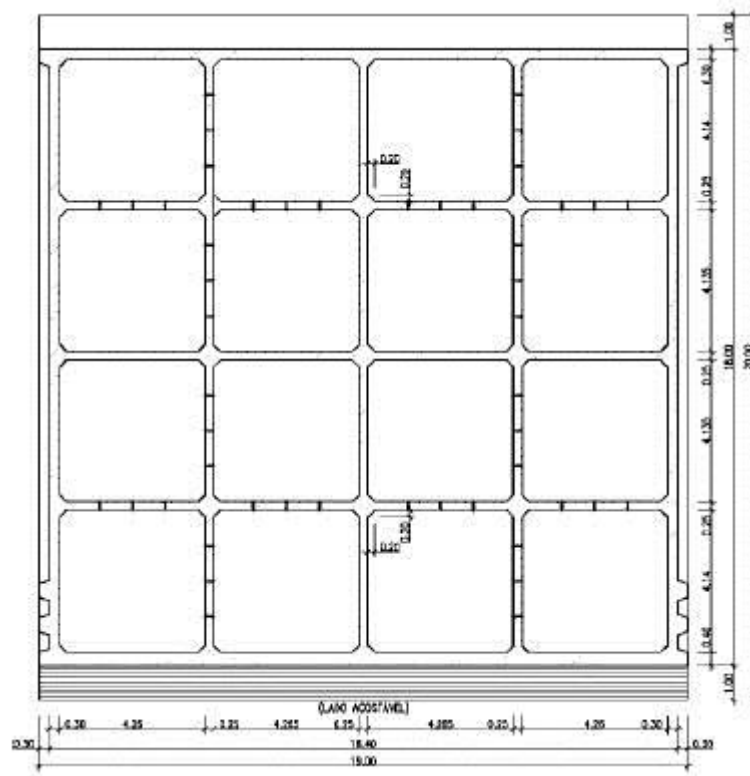


Figura 48 - Planta dos caixotões [10]

A construção dos caixotões realizou-se em doca flutuante. A construção em doca flutuante consiste na betonagem da laje de fundo, e na continuação, betonagem contínua do fuste recorrendo a uma cofragem deslizante, que permite bons rendimentos. À medida que o processo avança, o caixotão é submerso através de enchimento das células com água.

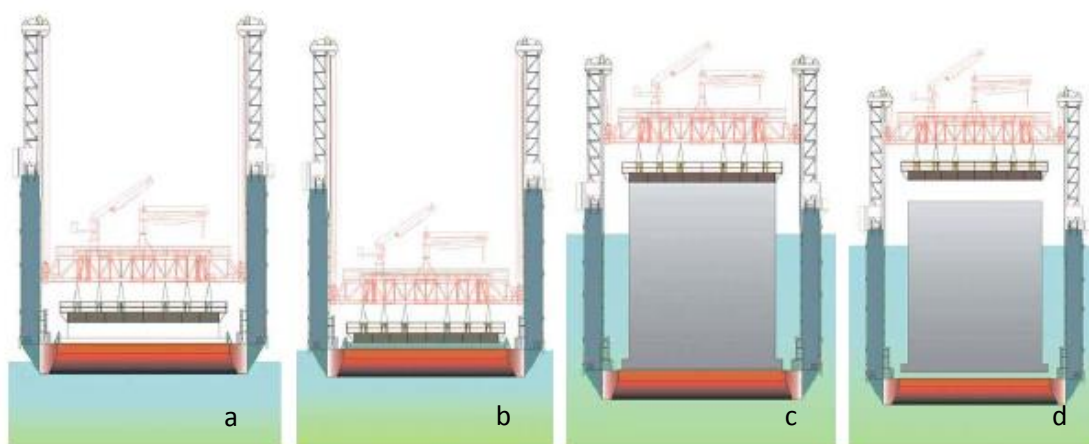


Figura 49 - evolução da construção de caixotões em doca flutuante

- a) **Betonagem da laje de fundo**
- b) **Montagem da cofragem deslizante e início da betonagem do fuste**
- c) **Betonagem do fuste com cofragem deslizante**

d) **Flutuação do caixotão**



Figura 50 – 1ª fase de ampliação do terminal XXI

4.3.2 2ª Fase- A de Expansão

4.3.2.1 Informação Técnica do Projecto

Dados contratuais:

- Projecto de execução: solução variante sobre estacas
- Valor base da adjudicação: 16.288.000€
- Data da consignação: 07 de Setembro de 2009
- Prazo contratual. 425 dias.

Principais quantidades de trabalho:

- 8.000 m³ quebramento de rocha submersa;
- 28.500 m³ de dragagem;
- 605.000 m³ de enrocamento de TOT;
- 23.000 m³ de enrocamento de 1 a 2 t;
- 1.750 t de aço;
- 20.500m³ de betão;
- 224 Estacas tubulares com ϕ 1300 mm

- 320 m de caminho de rolamento
- 19.660 m² de pavimento em blocos autoblocantes;

4.3.2.2 Descrição do projecto de execução

No projecto inicial apresentado no concurso pela PROMAN, a ampliação do cais actual seria realizada segundo a mesma orientação da 1ª fase, num muro cais contínuo, de paramento fechado, com 344m de extensão, em 18 caixotões pré-fabricados em betão armado.

Tal como na primeira fase, os caixotões ficariam fundados sobre um prisma de enrocamento de pequenas dimensões e regularizado com brita para posterior assentamento dos caixotões.

As células dos caixotões foram preenchidas com areia e enrocamento de pequena dimensão enquanto as juntas entre os caixotões são cheias de betão com recurso a um “tremie”.

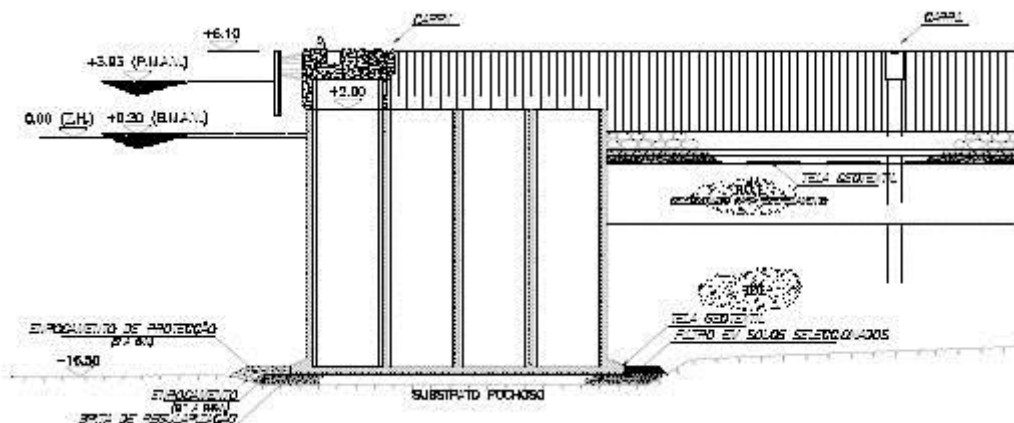


Figura 51 - Perfil da estrutura em caixotões

Foi apresentado pela CPTP (Companhia Portuguesa Trabalhos Portuários), agora Mota-Engil Trabalhos portuários, um projecto variante da J. L. Câncio Martins – Projecto de Estruturas, Lda ainda na proposta em fase de concurso, que é igual ao adoptado na fase 2-B descrito no capítulo 5. O cais é constituído por uma laje vigada de betão armado assente em cinco alinhamento de estacas. As estacas são em betão armado com $\phi 1300$ mm com uma penetração no substrato rochoso de 4,0m cuja execução é feita de uma forma idêntica ao descrito no capítulo 5.

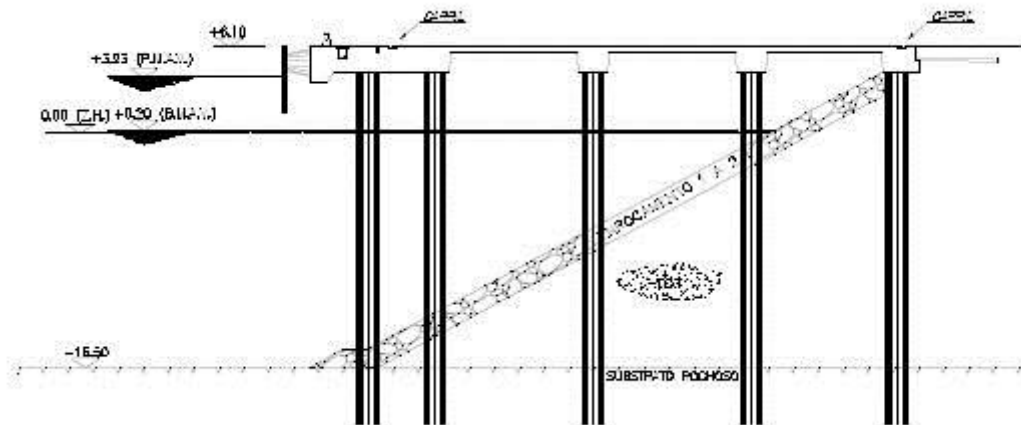


Figura 52 - Secção transversal do cais-solução variante [12]

A laje tem 36,35m de largura, com uma espessura de 0,45m e as vigas com 1,80m de altura. O tabuleiro é constituído por 4 troços separados por juntas de dilatação, com vigas transversais nos topos.

A grande diferença está na betonagem do tabuleiro que foi feita numa só operação, com recurso a um cimbra móvel apoiado sobre as estacas. As vigas transversais são realizadas após a passagem do cimbra.

As figuras seguintes demonstram a perspectiva do cimbra e a montagem no local do mesmo.



Figura 53 - Montagem do cimbra móvel [12]

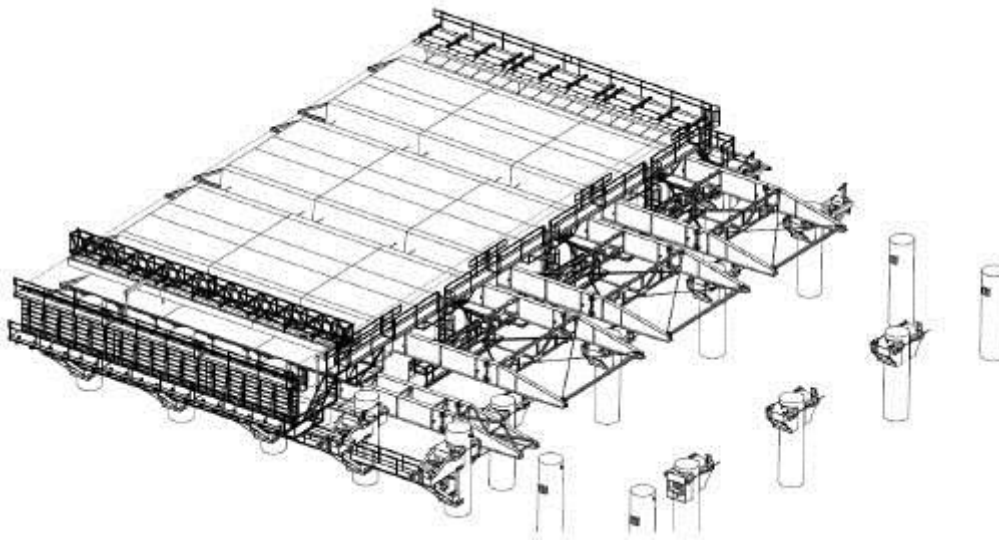


Figura 54 - Perspectiva do cimbra móvel [12]

O cimbra é constituído por 6 vigas de lançamento metálicas, assentes nos apoios montados nas estacas. As 4 vigas principais têm forma de "caixões treliçados" com um comprimento total de 31m mas apenas com 18m com função de cofragem. As duas restantes vigas constituem os painéis laterais.

Na proposta foram ainda apresentadas algumas justificações que indicavam as vantagens da solução sobre estacas em relação aos caixotões, que se passa a descrever:

- Menor preço na execução da obra, como se veio a verificar na abertura da proposta;
- Menor ocupação de frente cais minimizando as perturbações às actividades no terminal;
- Maior segurança nos trabalhos, pois os métodos construtivos adoptados evitam o recurso a trabalhos de mergulho;
- Menor prazo de execução, podendo antecipar a entrega do cais 4 meses antes do prazo previsto para a conclusão da solução base.

Um factor determinante foi a larga experiência da CPTP na utilização deste método construtivo em obras anteriores como é o caso da empreitada de "construção do Terminal de RO-Ro e ampliação do Terminal Norte do Porto de Aveiro", com a construção de 1.050m de cais.



Figura 55 - Vista geral dos trabalhos no porto de Aveiro [12]

Capítulo 5

5 Projecto de Ampliação do Terminal XXI do Porto de Sines – Fase 2

5.1 Introdução

A “*Empreitada de construção para a expansão do terminal XXI – Sines*” consiste em aumentar, a frente acostável em 210m, para um total de 940m e o parque para armazenamento de contentores em 10ha, correspondendo à conclusão da Fase 2.

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer a informação técnica do projecto, bem como os principais intervenientes, descrevendo os processos construtivos e tecnologias adoptadas. Por último irá ser feita uma análise relativamente à gestão da obra em termos de custos e prazos.

5.2 Informação Técnica do Projecto

- Dados Contratuais

- Projecto de execução: Solução Proposta
- Valor Inicial da Adjudicação: 34.228.710,88€
- Data da Adjudicação: 08 de Janeiro de 2014
- Prazo Contratual: 330dias, com início a 15 de Janeiro de 2014 e fim a 15 de Dezembro de 2014

- Principais Quantidades de Trabalho

- 6100m³ de dragagem à cota -17,50 ZH
- 2620m³ de quebramento de rocha submerso
- 1.700.00m³ de enrocamento do tipo T.O.T
- 17.700m³ de enrocamento de 1 a 2 t
- 1.681.935kg de aço para armaduras
- 1438,7 m³ de betão
- 145 Estacas tubulares com ϕ 1300mm num total de 3232ml
- 112534m² de pavimentação com blocos de betão autoblocantes

5.3 Projecto de Execução

5.3.1 Introdução

Neste subcapítulo é feita uma descrição detalhada das componentes principais do projecto relativamente ao cais acostável e aterros e compactações.

Os trabalhos de dragagem, retenções marginais, apetrechamento do cais, *duque d'alba*, redes de drenagem e pavimentação das plataformas de aterro para parque de contentores serão descritos no subcapítulo de execução da obra, realizando uma análise dos respectivos métodos construtivos. Para melhor compreender a sequencia de construção, elaborou-se de forma sumária, o processo construtivo realizado em obra para os aterros associados às plataformas e para o cais acostável.

- i) Início da exploração da pedreira de Monte Chãos e transporte de materiais para a formação do aterro na frente de trabalho;
- ii) Em simultâneo, é feito o fornecimento das camisas metálicas para as estacas de fundação e a fabricação das peças pré-fabricas em betão armado (não são pré-fabricadas em obra);
- iii) Dragagem geral e quebramento submerso de rocha, até se alcançarem as cotas de projecto;
- iv) Execução dos trabalhos de aterro gerais para as plataformas;
- v) Execução das estacas, incluindo a furação, posicionamento, contraventamento, montagem da armadura e betonagem do fuste até à cota de serviço;
- vi) Transporte e montagem dos canaletes incluindo a betonagem “in situ”;
- vii) Transporte e montagem das pré-lajes, incluindo a montagem da armadura da laje final e a betonagem “in situ”, completando toda a superestrutura do cais;
- viii) Instalação e montagem do apetrechamento de cais e das infra-estruturas de apoio;
- ix) Execução das redes de serviço;
- x) Execução de Pavimentação, pinturas e outros trabalhos de acabamentos.

5.3.2 Cais Acostável

5.3.2.1 Considerações Gerais

O projecto de execução realizado pela PROMAN – Centro de Estudos e Projectos SA, adoptou uma concepção bastante idêntica á estrutura do cais acostável existente, em termos de fundações e superestrutura do cais, seguindo a mesma métrica e diâmetro para as estacas de fundação. [22] Adoptaram-se dois módulos estruturais com comprimentos de 102 e 114m, separados por uma junta de dilatação, revestidos com um manto de materiais rochosos de granulometrias adequada, denominado de protecção marginal.

A diferença encontra-se na execução da superestrutura do cais, onde são adoptados elementos pré-fabricados em betão armado tais como “canaletes” (moldes para vigas) não se tratando de elementos estruturais apenas servem para uma cofragem perdida que de certa forma torna o dimensionamento conservativo que aumenta a segurança estrutural das vigas do cais e lajes pré-moldadas que neste caso já são elementos estruturais, constituindo um plataforma de betão armado apoiada em 5 fiadas longitudinais de estacas em betão armado com 1,30m de diâmetro.

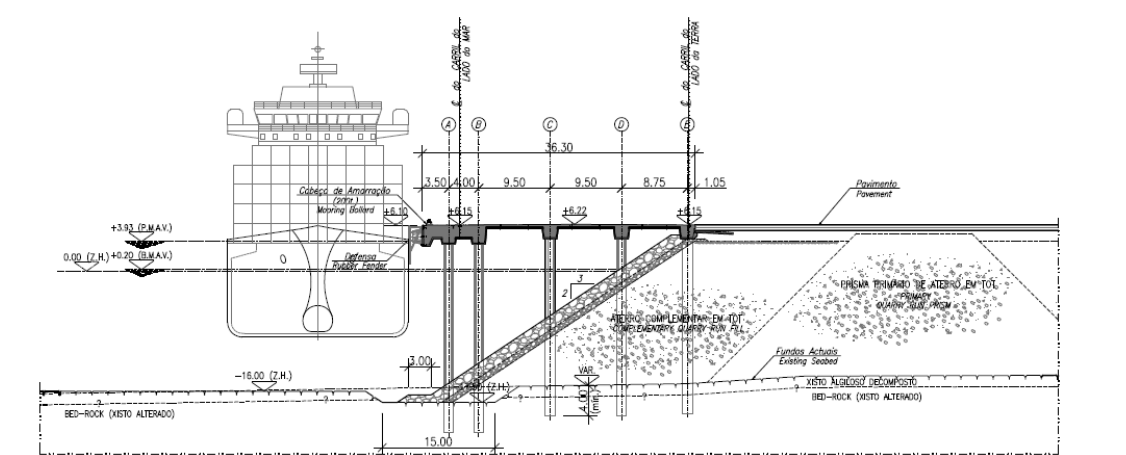


Figura 56 – Corte tipo do Cais [22]

A solução encontrada, tira partido das condições geotécnicas existentes combinando uma estrutura porticada de frente aberta fundada sobre estacas verticais com diâmetro circular de betão armado, com o respectivo prisma de aterro no tardoz do cais. que juntamente com as estacas encastradas no “*bed Rock*”, garantem a estabilidade e segurança estrutural.

5.3.2.2 Solução Estrutural

A plataforma do cais encontra-se à cota +6,10m ZH. As estacas são constituídas por uma camisa metálica que serve para uma cofragem perdida, que é inicialmente posicionada e ligeiramente batida até se afirmar no leito marinho. De seguida dá-se a perfuração até às cotas definidas no projecto para posterior montagem da armadura e betonagem “*in situ*”.

A superestrutura assenta directamente nas estacas de fundação e consiste em primeiro lugar na colocação de vigas em betão armado moldadas “*in situ*” do tipo canaletes. Os moldes dos canaletes em betão armado têm um comprimento que varia de 6m a 12m.

A restante estrutura é constituída por elementos pré-fabricados do tipo pré-lajes com cerca de 0,25m de espessura, sendo que, a sua colocação só é feita após a betonagem dos canaletes.

Apos a colocação das pré-lajes, dá-se início à montagem da armadura final da laje, tendo em conta a solidarização de todos os elementos estruturais para posterior betonagem “in situ”. No final a laje terá uma espessura mínima de 0,45m.

A figura seguinte caracteriza geometricamente o módulo da estrutura.

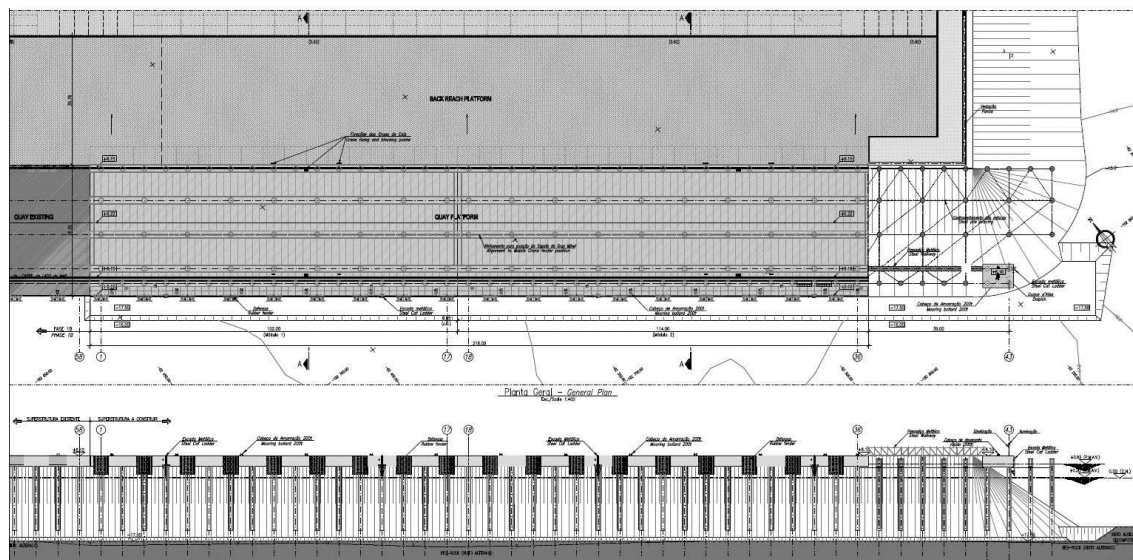


Figura 57 – Planta e alçado do cais acostável

5.3.3 Aterros e Compactações

5.3.3.1 Considerações Gerais

São criadas novas zonas de aterros para as novas plataformas de armazenamento de contentores, denominadas de plataforma 5 e 7, bem como a plataforma de apoio denominada por “back reach” que está associada à circulação de veículos e às restantes áreas de armazenamento de contentores. Estas plataformas estão limitadas pela frente de acostagem e a zona leste da plataforma 3.

Os aterros serão realizados com materiais provenientes da pedreira de Monte Chãos. Os inertes que abundam na pedreira são caracterizados por um material diferenciado, constituído principalmente por saibros e corneanas. A gama de materiais é o T.O.T. e o avanço do pedrapleno será realizado por basculamento directo dos camiões.

Para uma maior compatibilidade dos aterros está previsto um isolamento dos volumes de aterro com recurso a telas geotêxtis filtrantes devido à presença de materiais mais finos que se podem perder com o avanço e recuo da maré criando vazios entre os materiais de granulometrias muito diferenciadas pondo em causa a estabilidade do aterro.

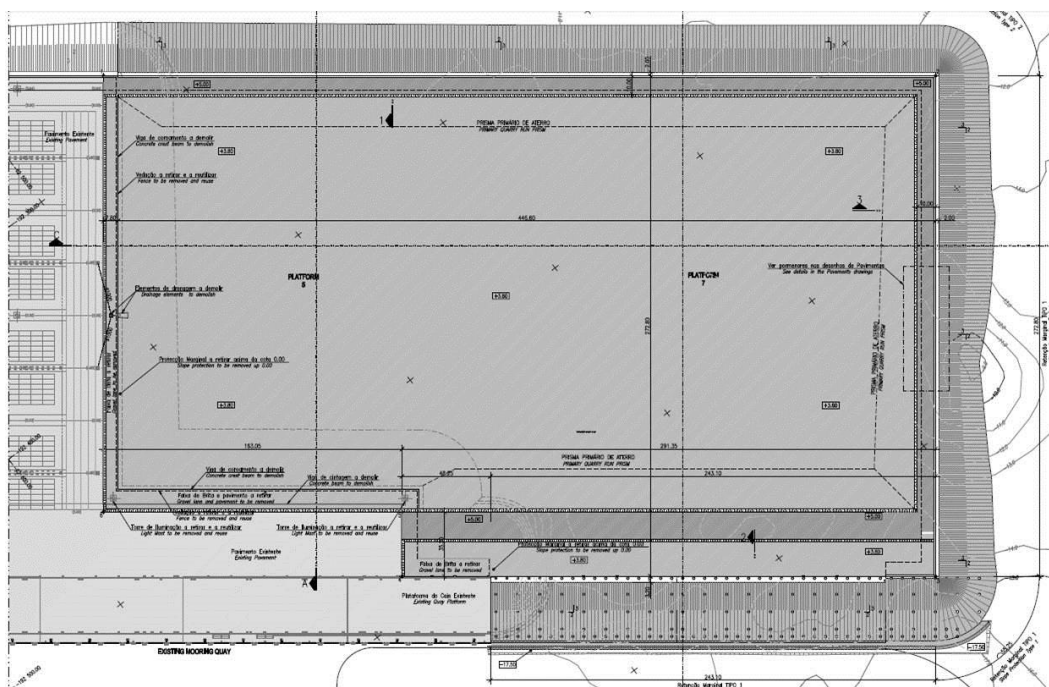


Figura 58 – Planta das áreas de aterro para as Plataformas

5.3.3.2 Área e Volumes de Materiais

O aspecto final do aterro será rectangular com uma largura de 273m e um comprimento de 446m, com uma cota superior de +3,80mZH. A área total para o aterro das plataformas 5, 7 e “back reach” é de 116 000m².

A quantidade total de volumes estimados é de aproximadamente 2 200 000m³ para os aterros primários gerais e de 220 000m³ para aterros compactados por camadas acima da cota +3,80mZH.

5.3.3.3 Construção e Compactação

Inicialmente é executada uma plataforma até á cota de aproximadamente +5,0mZH construída a partir de terra, com basculamento directo de material T.O.T proveniente da pedreira, avançando numa direcção paralela à da plataforma do cais que será construída. Fica assim criado um aterro para apoio às actividades de construção do cais e dos aterros seguintes

O aterro que dará origem às plataformas 5 e 7 será realizado progressivamente a partir da plataforma 3 por basculamento directo com já foi referido anteriormente, podendo atingir espessuras até 20m. Embora se trate de uma elevada profundidade não se prevê assentamentos durante a fase da obra resultantes do rearranjo interno do corpo do aterro, isto devido à boa qualidade dos materiais provenientes da pedreira.

A fase final do aterro, acima da cota +3,80mZH até às cotas das caixas do pavimento, será executado apenas após a plataforma construída se encontrar estabilizada. Nesta fase o aterro será concluído com camadas sucessivas de materiais mais finos, compactados com cilindro vibratório. É de salientar que toda a área terá de ser isolada com tela geotêxtil de forma a impedir a saída dos materiais finos.

Considerando que o aterro vai ser objecto de um conjunto de acções de valor significativo, devido a sobrecarga uniforme e de cargas rolantes, foi imposto preconizar o seu tratamento, com o objectivo de uma melhoria controlada das capacidades relativamente à resistência mecânica. Então, estabeleceu-se que, para a generalidade do aterro, se fará um ensaio de pré-carga. Este ensaio deverá ser com uma área de 50mx50m com uma altura que simule aproximadamente 70 kN/m².

5.4 Execução da Obra

5.4.1 Introdução

No presente subcapítulo são identificados os principais intervenientes e descreve-se os métodos construtivos utilizados na “*Empreitada de construção para a expansão do terminal XXI – Sines*”.

5.4.2 Principais Intervenientes

No seguimento da anterior fase de ampliação do terminal XXI, com o conceito global da obra já bem definido, surge o projecto de execução “*Empreitada de construção para a expansão do terminal XXI – Sines*”, elaborado pela empresa PROMAN – Centro de Estudos e Projectos, S.A..

A entidade executante da obra ficou a Cargo da MOTA-ENGIL – Trabalhos Portuários, que após tomar conhecimento do objecto do concurso público para a execução da “*Empreitada de construção para a expansão do terminal XXI – Sines*”, ficou com o compromisso de executar a referida empreitada de acordo com as prescrições do caderno de encargos e programa de trabalhos. A larga experiencia dos quadros da empresa aliada à experiencia na execução de obras similares, nomeadamente a anterior fase, e a proposta apresentada foram suficientes para garantir ao Dono Obra a execução da empreitada nas melhores condições económicas e técnicas. Na figura seguinte está representado o organograma da MOTA – ENGIL – Trabalhos Portuários.

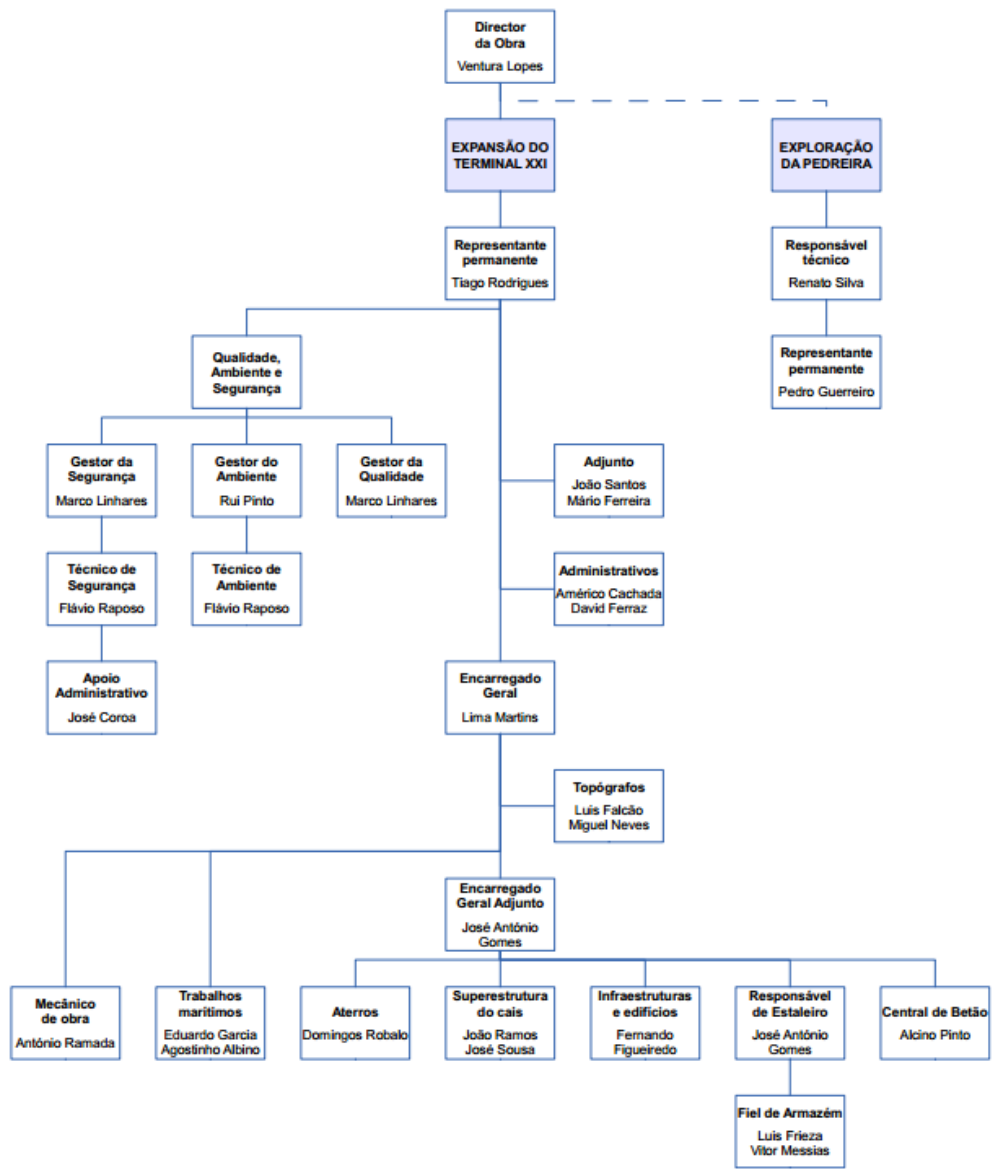


Figura 59 – Organograma da Obra, “Empreitada de construção para a expansão do Terminal XXI – Sines”

A fiscalização da obra ficou a cargo da empresa Planex Engenharia, Lda., que em parceria com a empresa WW – Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A. ficaram responsáveis acompanhamento e fiscalização dos trabalhos executados.

5.4.3 Métodos Construtivos

5.4.3.1 Cais Acostável

A execução do cais acostável iniciou-se com um processo de dragagem localizada ao longo da frente cais, a uma profundidade de -17,50mZH. A trincheira dragada tem uma largura de 15m na sua base, com um comprimento de 270m, resultando na criação de uma base uniforme com cotas de pelo menos -17,50mZH.

O método de escavação de rocha utilizado é constituído por furações de pequeno diâmetro, segundo malhas reticulares apropriadas, seguidas pela colocação de cargas explosivas até ao fundo dos furos e terminam com a detonação por meio de detonadores eléctricos microretardados.



**Figura 60 – Dragagem com draga de mandibula *Clamshell* na plataforma flutuante “Cabo de São Vicente” -
Arquivo Pessoal (22-04-2014)**



Figura 61 - Execução dos furos para posterior introdução de explosivos, na embarcação "Cabo de São Vicente" - Arquivo Pessoal (22-04-2014)

Após o arranque dos trabalhos de dragagem, dá-se o início nos trabalhos no cais. É definido um caminho crítico para as actividades, onde é necessário coordenar as equipas de forma eficiente, planeando o programa de trabalhos de modo a que as actividades surjam encadeadas. Então, a execução do cais pode ser dividida em cinco actividades:

- 1 – Execução do prisma de aterro primário de tardez do cais;
- 2 – Execução das estacas;
- 3 – Execução das protecções marginais;
- 4 – Execução da superestrutura;
- 5 – Acabamentos.

5.4.3.1.1 Execução do prisma de aterro de tardez do cais

A execução do prisma de aterro de tardez do cais é fundamental para dar apoio aos trabalhos de execução de estacas e apoio no avanço da superestrutura, sendo construído paralelamente ao cais, até a uma cota de +5,00mZH, tendo em consideração que a Preia-Mar de Águas-vivas é de +3,93mZH.

O material do tipo T.O.T. proveniente da pedreira de “Monte de Chãos”, é colocado por basculamento directo através de camiões, num volume total de 590.000m³. A regularização é feita pro um tractor de rastos e uma pá carregadora.

SECÇÃO ESQUEMÁTICA "S3"

Execução do Prisma Primário em T.O.T.

(01) Transporte de Enrocamento desde a Pedreira até à Frente de Obra em Camiões com Galera Basculante

(02) Descarga Directa

(03) Espalhamento e Regularização com Bulldozer

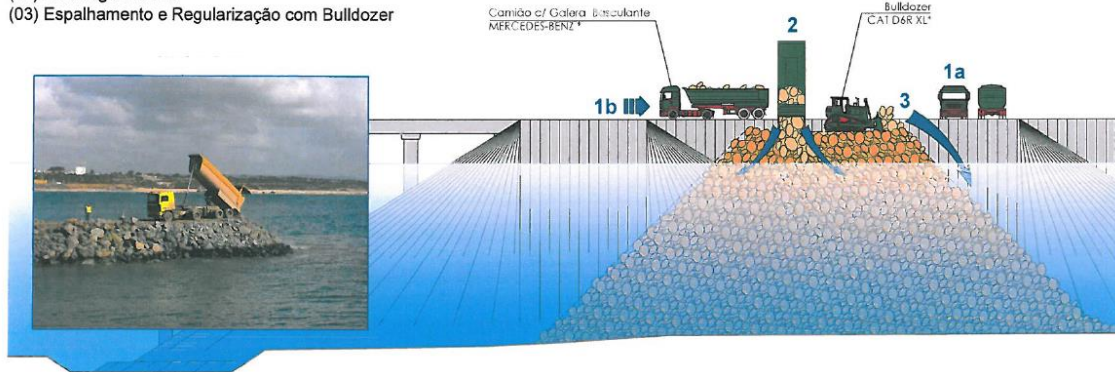


Figura 62 - Desenho esquemático: Prisma de aterro do tardoz do cais [30]

5.4.3.1.2 Execução das Estacas

O processo de execução das estacas começa pelo posicionamento da camisa metálica que servirá para cofragem perdida, com 11mm de espessura e 1,30m de diâmetro e posterior cravação até às cotas indicadas em projecto com recurso ao pontão Auto elevável e a equipamento de cravação e perfuração.

O transporte é feito por via marítima com o apoio de uma lancha *Multicat "Inês Mota"* com balões colocados nas extremidades de forma a garantir a flotação.

SECÇÃO ESQUEMÁTICA "S4"

- Preparação das Estacas, Colocação Dentro de Água e Transporte à Frente de Obra
- Colocação da Estaca ao Nível do Solo para Preparação com Grua de Rastos (01)
- Preparação da Estaca com Recurso a Pessoal Especializado (02)
- Elevação e Colocação da Estaca dentro de Água com Grua de Rastos (03)
- Apoio na Colocação da Estaca dentro de Água com Lancha de Apoio e Pessoal Marítimo (04)
- Reboque da Estaca até à Frente de Obra com Lancha de Apoio e Pessoal Marítimo (05)

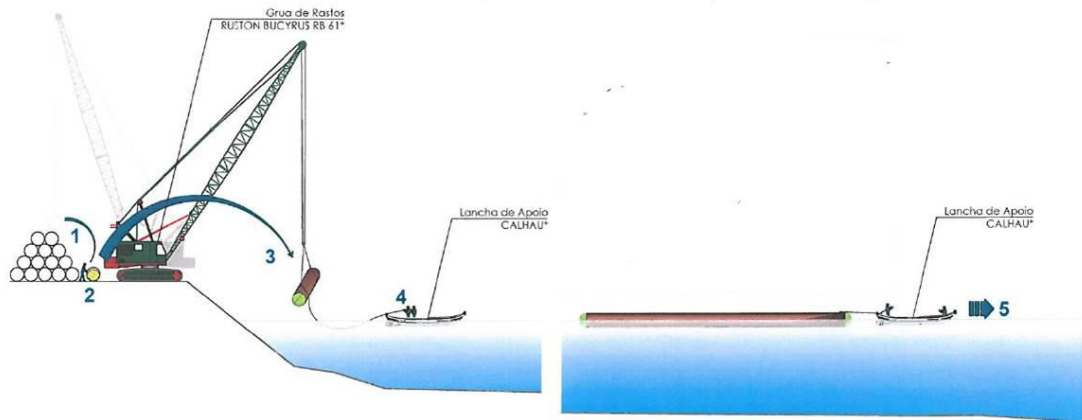


Figura 63 - Desenho esquemático: transporte das estacas [30]

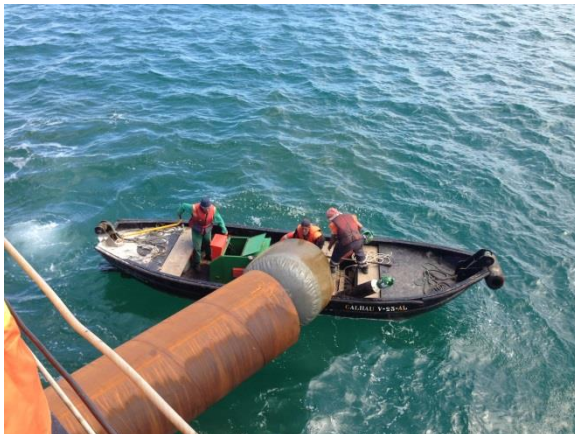


Figura 64 - Transporte das Estacas por via marítima com apoio da lancha "calhau", arquivo pessoal (22-05-2014)

O posicionamento do tubo metálico é realizado com o apoio da topografia e é cravado com recurso a um martelo hidráulico equipado na torre de cravação.



Figura 65- Posicionamento da camisa metálica, arquivo pessoal (06-05-2014)

O passo seguinte é a perfuração com recurso ao equipamento de perfuração “Soilmec” por meio de um trado ou um balde pelo interior da camisa metálica até atingir 4,5m do estrato rochoso.

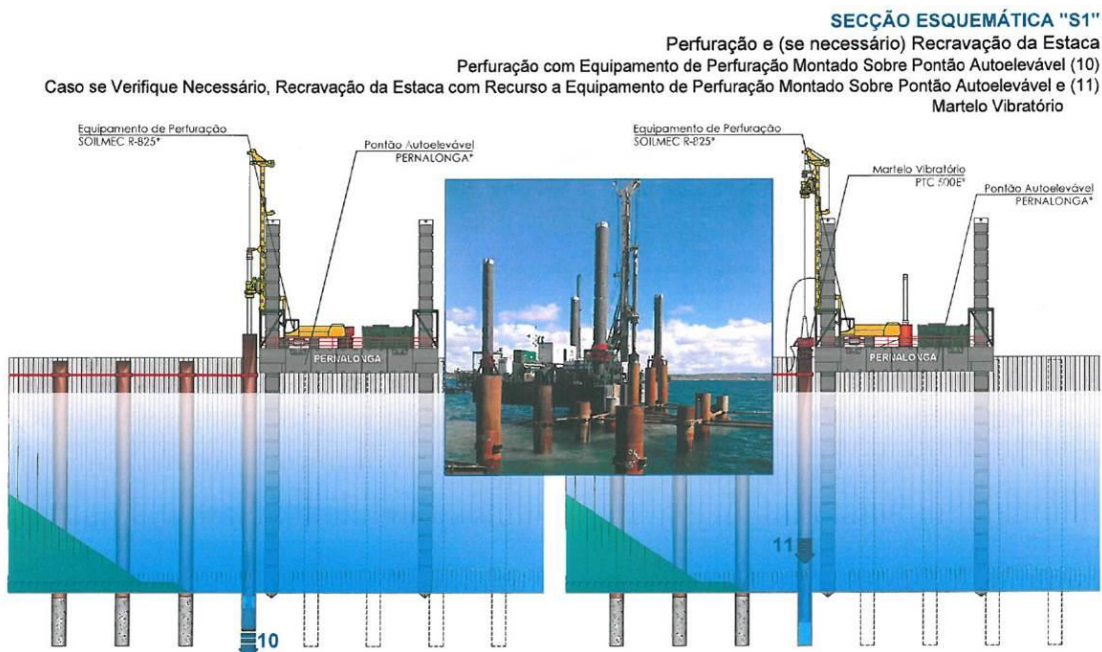


Figura 66 - Desenho esquemático: Perfuração das estacas [30]



Figura 67 - Perfuração das estacas, arquivo pessoal (22-05-2014)

Antes da colocação da armadura, as estacas têm de ser contra ventadas com recurso a perfis tubulares com comprimento regulável, de forma a garantir estabilidade à fundação nas 3 direcções antes da betonagem. Serão retirados posteriormente, antes da colocação dos pré-fabricados da superestrutura do cais e depois da betonagem.



Figura 68 - Esquema geral das estacas contraventadas e colocação de contraventamentos, arquivo pessoal (22-05-2014)

As armaduras para as estacas foram moldadas em estaleiro de acordo com indicações no projecto e identificadas com etiquetas consoante o alinhamento a que se destina. Foram colocadas com auxílio a uma grua de rastos situada no pontão auto elevável.

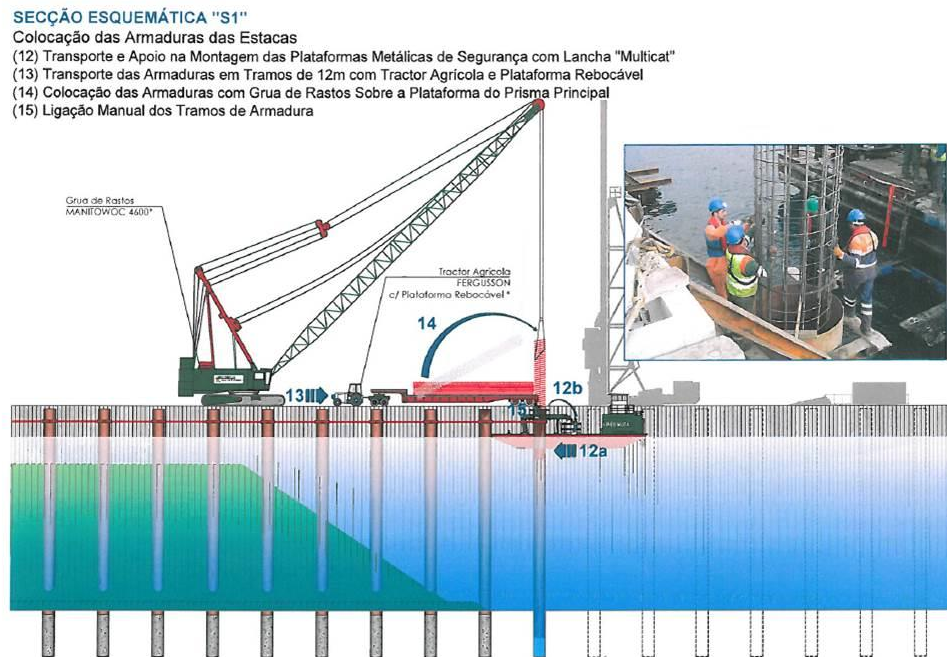


Figura 69 – Desenho Esquemático: Montagem da Estacas [30]

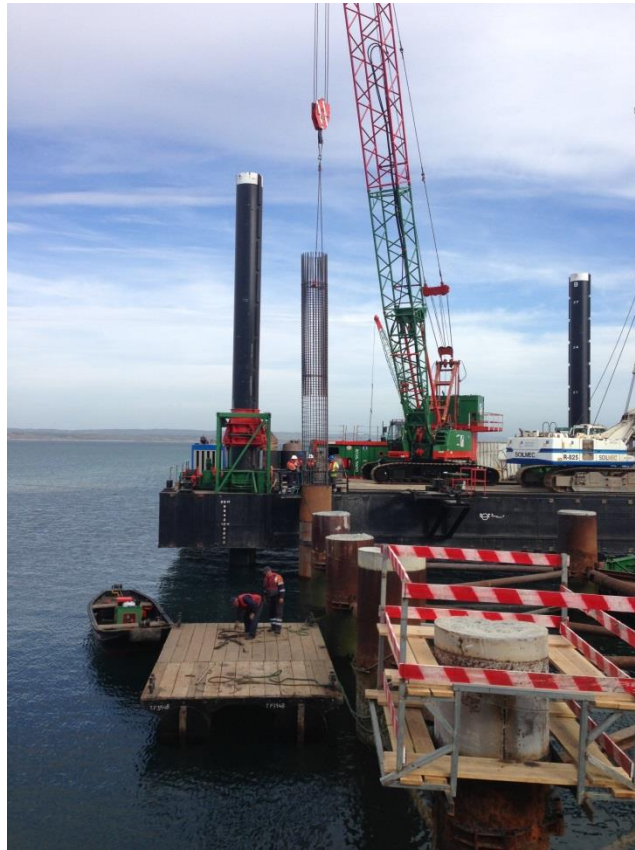


Figura 70 – Colocação Armaduras nas estacas, arquivo pessoal (07-05-2014)

Realizou-se a betonagem com recurso a uma autobomba e tubo *tremie* garantindo que este surja mergulhado no betão. Neste processo, o betão da parte superior da estaca é o primeiro a ser bombeado, arrastando toda a sujidade e betão contaminado para a superfície.

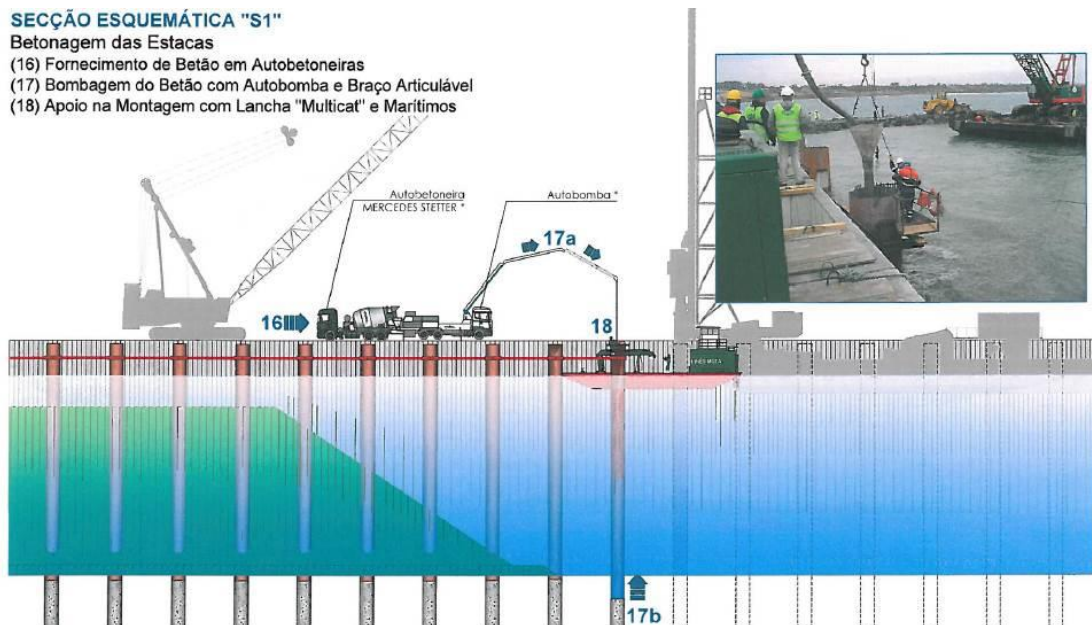


Figura 71 – Desenho Esquemático: Betonagem Armaduras [30]



Figura 72 - Betonagem Estacas, arquivo pessoal (07-05-2014)

Por fim as camisas metálicas foram cortadas à cota de projecto e as estacas saneadas, ao mesmo tempo que são soldados os buçins (peças de apoio para as vigas pré-fabricadas).



Figura 73 – Saneamento das Estacas e buçins de apoio às vigas pré-fabricadas em betão, arquivo pessoal (02-08-2014)

Inicialmente o rendimento da actividade de execução das estacas encontrava-se em 0,5 estacas por dia. Com o objectivo de aumentar o rendimento, reforçou-se as equipas e passou-se a trabalhar em dois turnos por dia, um de dia e outro de noite. O rendimento passou a ser 1,1 estacas por dia. Esta decisão foi fundamental para o enquadramento das actividades no cias poderem desenrolar-se de forma progressiva, sem interrupções em nenhuma das actividades.

5.4.3.1.2.1 *Ensaio de Carga Dinâmico nas Estacas*

Nesta empreitada foram realizados 3 ensaios de carga dinâmicos em 3 estacas distintas, com o objectivo de avaliar a capacidade resistente do conjunto solo-estaca e os deslocamentos associados, para carregamentos efectuados através de pancadas com um sistema de percussão.

Não é um ensaio que seja efectuado com muita frequência em Portugal e tem como principais vantagens em relação ao ensaio de carga estático, permitir que a todas as actividades em redor do ensaio se mantenham e de se efectuar o ensaio num espaço de tempo curto e com custos reduzidos.

A tabela seguinte mostra-nos as características das estacas ensaiadas.

Estaca	Comprimento Total (m)	Diâmetro (mm)
E59	20.20	1300
A25	26.39	
E34	27.72	

Tabela 8 - Características das estacas ensaiadas

Na seguinte figura pretende-se descrever através de um esquema as condições do meio envolvente de uma das estacas ensaiadas.

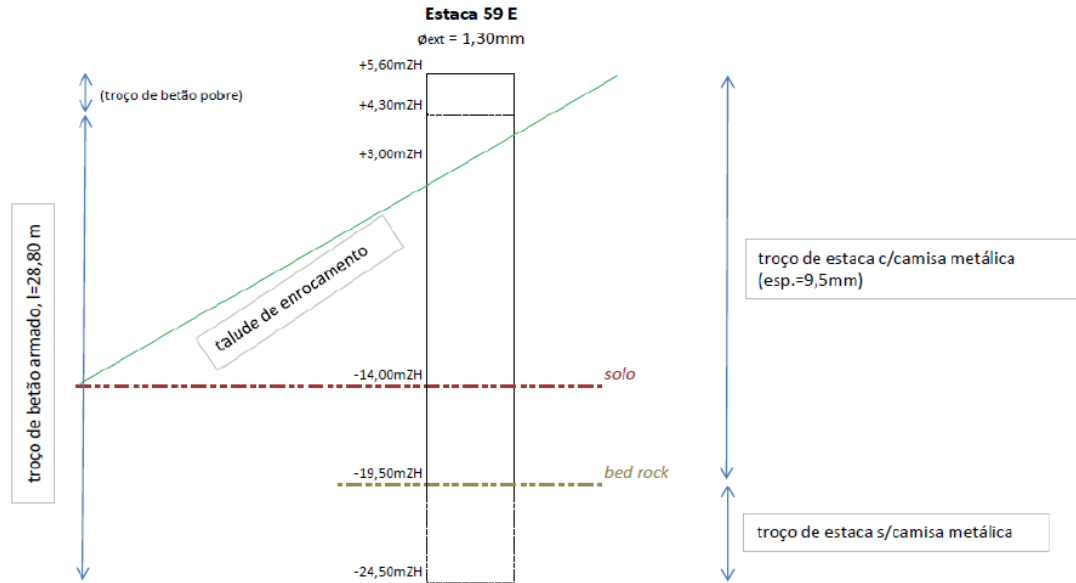


Figura 74- Condições do meio envolvente [28]

Para a preparação do ensaio, começou-se por sanear as cabeças das estacas, após o betão ter atingido pelo menos 75% da resistência à compressão, eliminando assim todo o betão de má qualidade.

De seguida realizou-se um troço de betão armado de 2 m de altura, onde se colocou uma cinta de forma a suportar as tensões geradas pelo impacto. Deve-se ter especial atenção na região superficial da nova cabeça da estaca, que deve ser horizontal e lisa, para que o impacto se propague perpendicularmente e concêntrico com o eixo longitudinal.

A medição na estaca foi feita através de dois conjuntos de transdutores, cujo sinal é processado pelo equipamento PDA (Pile Driving Analyser). Um deles é constituído por 4 transdutores de deformação específica que devem ter uma resposta linear em toda a gama de variações das deformações ocorridas durante o impacto, cuja frequência deve ser superior a 2 kHz. E o outro é um conjunto composto por 4 acelerómetros (constituído por 2 piezoeléctricos e 2 piezoresistivos), que permite a integração do sinal, obtendo os valores da velocidade da propagação da onda gerada. Devem ser colocados no fuste da estaca (em contacto com o betão), a uma distância do topo da mesma de, pelo menos, duas vezes o seu diâmetro (Figura 3). Esta região deve ser lisa e plana de forma a permitir a fixação dos sensores com parafusos e chumbadores no betão da estaca.



Figura 75 - Par de transdutor de deformação específica e acelerómetro [28]

A aplicação da força de impacto é feita com um equipamento – martelo – que deve ter um peso cerca de 1.5% da capacidade resistente que se espera obter para a estaca ensaiada. Assim, as especificações técnicas indicam uma carga de ensaio no valor de 10000 kN a ser aplicado nas três estacas.

O martelo, de 18 ton de peso, ficou suspenso numa grua de rastos, o que permitiu que a altura de queda pudesse ser variada, de forma a serem obtidas diferentes energias de impacto. Quando a queda do martelo, o impacto foi amortecido por uma base de borracha assente numa peça quadrangular de madeira, cuja função é garantir a uniformidade e diminuir as tensões aplicadas na cabeça da estaca. Este elemento deve ter uma área de 70 a 90% da secção da estaca, não devendo ser inferior à secção do martelo (Figura 5). A estrutura de protecção da cabeça da estaca era composta por um tubo guia que facilitava o encaixe do martelo.



Figura 76 - Equipamento de aplicação de impacto - martelo e amortecedor [28]

Em cada ensaio devem ser gerados, pelo menos, dois registos. O primeiro, de baixa intensidade, que permite avaliar a resposta dos transdutores e do restante equipamento de medição. O segundo deve ter uma energia suficiente para poder mobilizar a resistência do conjunto estaca-solo, tendo o cuidado para não provocar danos na estaca íntegra. A aplicação do impacto com o martelo é feita com pancadas sucessivas, com alturas variadas, normalmente crescentes.



Figura 77 - Várias alturas de ensaio [28]

As diferentes alturas de ensaio (0.5 m, 1.0 m, 1.5m e 2.0 m) estão representadas na figura 6. Após cada pancada efectuada com o martelo, os deslocamentos associados foram registados pelo topógrafo presente na obra.

Uma primeira análise dos registos é feita de forma quase automática, quando o sinal é processado no equipamento electrónico PDA (Figura 7). Este primeiro processamento fundamenta-se no método CASE, o qual assume que a estaca é elástica, homogénea e tem secção constante e que utiliza a força e a velocidade (nas proximidades do topo da estaca) como valores de entrada. A interpretação dos resultados, com base no método CASE, deve ser analisada em conjunto com alguns dados de campo, tais como: as características geométricas da estaca, o módulo de deformabilidade e a velocidade de propagação das ondas no material da estaca.

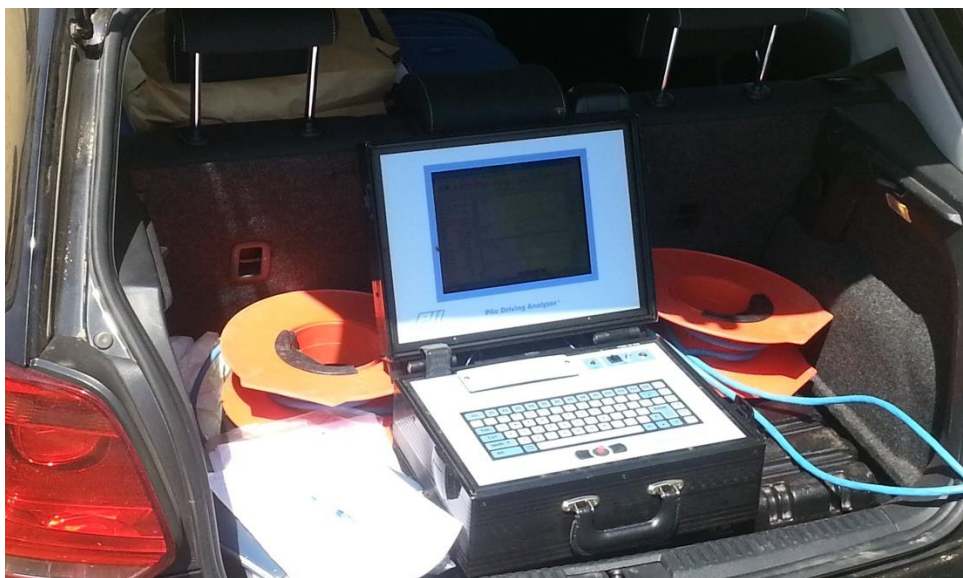


Figura 78 - PDA (pile Driving Analyser) [28]

Posteriormente os dados são analisados utilizando o método CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program), que serve para um cálculo mais preciso e para verificação das análises efectuadas através do método CASE. Este método efectua a interpretação dos registos obtidos, ao determinar a força na estaca com base nos valores da velocidade obtidos através da integração da aceleração medida, e ao compará-la com a força obtida da deformação medida. Este método pode ser calibrado para as condições do terreno e permite determinar a capacidade resistente da estaca assim como os parâmetros dinâmicos do solo.

5.4.3.1.3 Execução da protecção marginal

Paralelamente ao avanço das estacas seguem-se as protecções marginais, nas envolventes das estacas já executadas e contra ventadas com recurso a uma grua de rasto.

Inicialmente é colocado uma camada de T.O.T, com recurso a uma caçamba adaptada na grua de rastos, como se pode observar na figura seguinte.



Figura 79 - Colocação de TOT com a caçamba

Esta actividade tem de ser efectuada de forma muito cuidadosa e criteriosa de modo a evitar choques com as estacas que causem inclinações nas mesmas acima das tolerâncias fixadas em projecto.

SECÇÃO ESQUEMÁTICA "S1"

Aterro Complementar em T.O.T. - 1ª Fase com Grua de Rastos

(19) Transporte e Descarga na Plataforma de Material para Aterro em Camiões com Galera Basculante

(20) Carregamento da Caçamba com Pá Carregadora

(21) Colocação (Cuidada) do Material entre as Estacas com Grua de Rastos e Caçamba

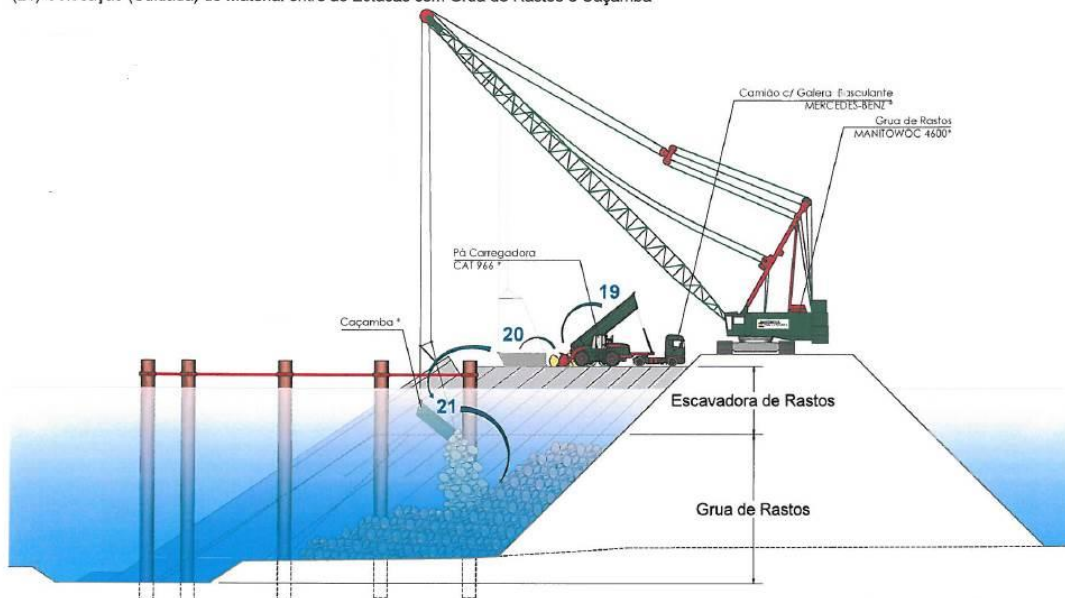


Figura 80 - Esquema elaborado para a colocação de TOT

A seguir à colocação de T.O.T. executa-se a camada de filtro em enrocamento de 100 a 200 kg, disposta em duas camadas, como podemos observar no esquema seguinte.

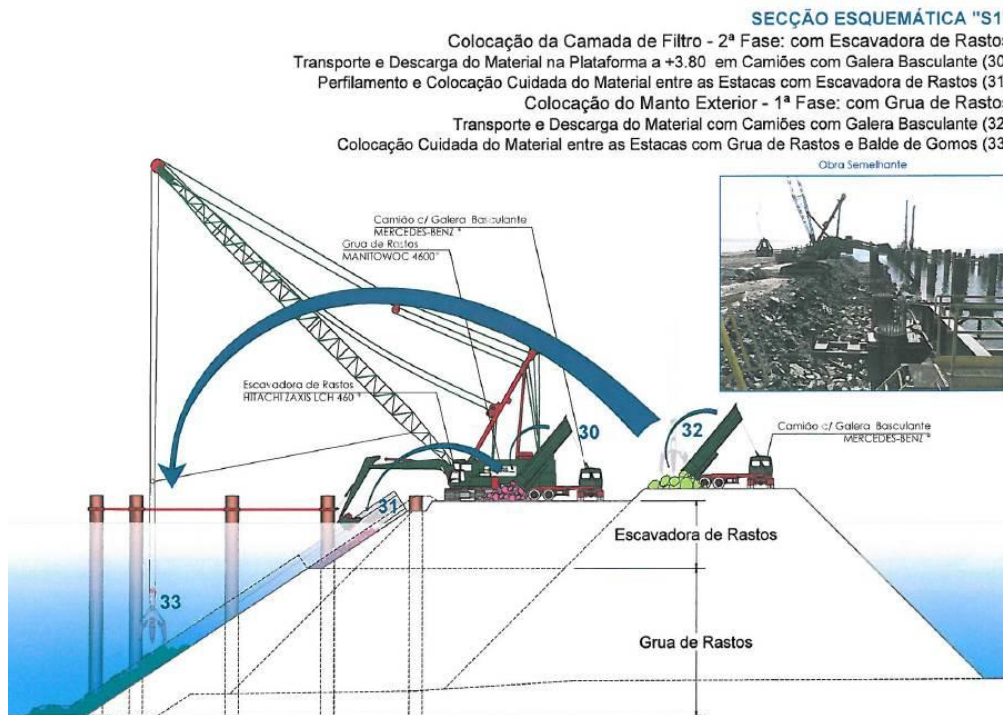


Figura 81 - Execução da camada de filtro

Este trabalho foi executado com recurso a uma mandíbula do tipo *Orange peel*. (figura seguinte).



Figura 82 - mandíbula do tipo *Orange peel* adaptado na grua de rastos par a execução da camada de filtro

Finalmente executou-se a camada do manto de protecção em enrocamento com pedra de 1 a 2 t, disposta em duas camadas, como podemos se se pode observar no seguinte esquema.

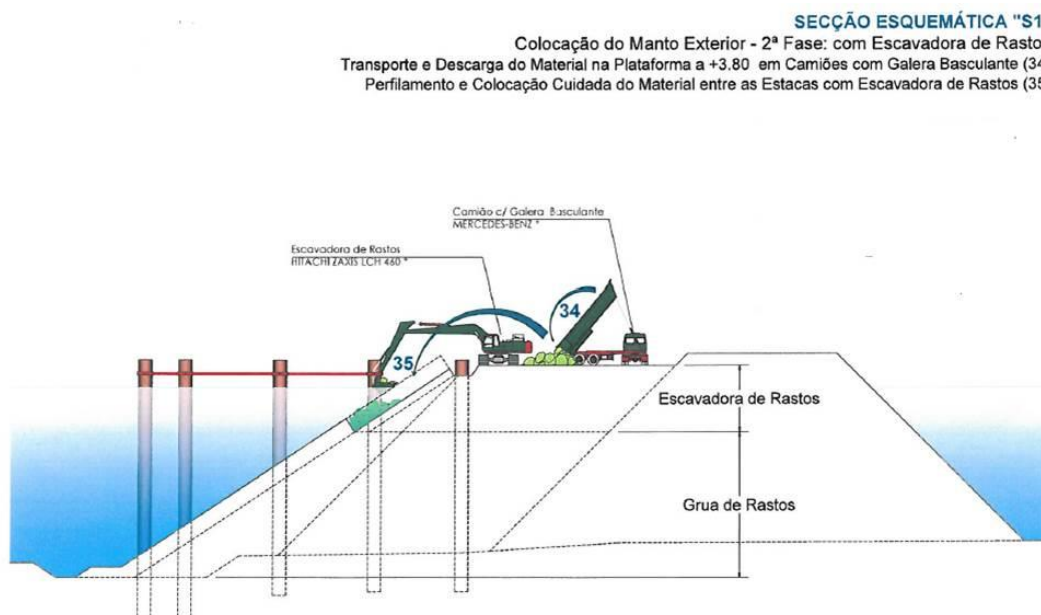


Figura 83 - Execução do manto exterior

Execução das protecções marginais é uma actividade que requer manobreadores com larga experiencia neste tipo de trabalhos com grua de rastos.

5.4.3.1.4 Execução da Superestrutura

Terminados os trabalhos de protecções marginais do cais e das fundações, estão criadas as condições para a execução da superestrutura do cais.

A betonagem do tabuleiro é realizada em troços de 12m e comprimentos, com excepção do troço nas juntas de dilatação que é de 17m.

Inicialmente são colocados os canaletes pré-fabricados em betão armado sobre os apoios metálicos, anteriormente soldados às estacas já betonadas.



Figura 84 - Colocação do Canaleta alinhamento B com apoio de uma grua de rastos e de uma balança do tipo *spreader*

De seguida são colocadas as armaduras dos canaletes, pré-moldadas em estaleiro e devidamente empalmadas às armaduras anteriores, com excepção do troço da junta de dilatação onde não existe empalme. É importante ter em atenção a colocação dos calços de forma a garantir o recobrimento nas armaduras, que neste caso era de 6cm.

Com a devida remoção dos detritos e com a autorização da fiscalização pode-se iniciar a 1ª fase de betonagem do tabuleiro.



Figura 85 - Betonagem da viga A

Após a betonagem dos canaletes, avançou-se para a colocação das pré-lajes e do elemento pré-fabricado do qual irá fazer parte o bordo do cais, de agora em diante denominado de painel frontal. A armadura do painel frontal é pré-moldada em estaleiro al como todas as armaduras dos canaletes.



Figura 86 - Aspecto final das Pré-lajes



Figura 87 - Painel frontal que irá dar o aspecto final do bordo do cais

O painel frontal é colocado com apoio de um carrinho de avanço adaptado de um cimbre móvel, utilizado para a betonagem do tabuleiro da anterior fase da obra. Esta foi a solução encontrada para sustentar a colocação e betonagem da viga de bordo que se encontra em consola.

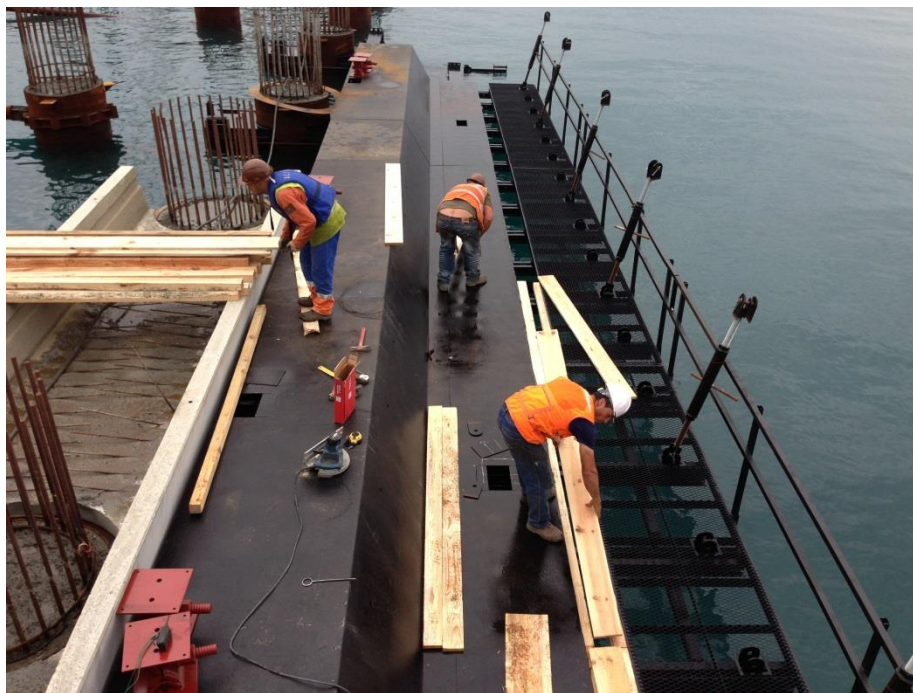


Figura 88 - Carrinho de avanço para apoio à colocação e betonagem do painel frontal

Colocados os painéis frontais e a respectiva armadura, dá-se início à 2ª fase de betonagem, correspondente à viga AB.

De referir que foram impostas duas condições pelo projectista para o método construtivo do tabuleiro do cais. A primeira, que para se iniciar a betonagem da laje de um troço, fosse feita a colocação e betonagem do canaletes do troço seguinte. A segunda, que para colocação das pré-lajes do alinhamento BC, a viga AB do troço seguinte teria de estar betonada.

De seguida começa-se a preparar a 3ª fase de betonagem do tabuleiro. A armadura da laje é moldada “*in situ*”, como se pode verificar na figura seguinte.



Figura 89- Moldagem "in situ" da armadura da laje do tabuleiro

Terão que se deixar negativos para a passagem do carril dos pórticos e para todo o tipo de infra-estruturas e apetrechos que estejam previstos em projecto, como, caixas de água, caixas de electricidade, caixas de ancoragem e amarração de pórticos e cabeços de amarração.

Nas figuras seguintes podemos observar os negativos para a passagem do carril e para o cabeço de amarração.



Figura 90 - Negativo para a passagem do carril dos pórticos



Figura 91 - Negativo para o cabeço de amarração

Após a limpeza do local e autorização da fiscalização pode-se dar início à betonagem da laje do tabuleiro.



Figura 92 - betonagem do tabuleiro

De seguida serão apresentados os esquemas da sequência construtiva e betonagem do tabuleiro onde explica sucintamente o plano de betonagem longitudinal e transversal do tabuleiro.

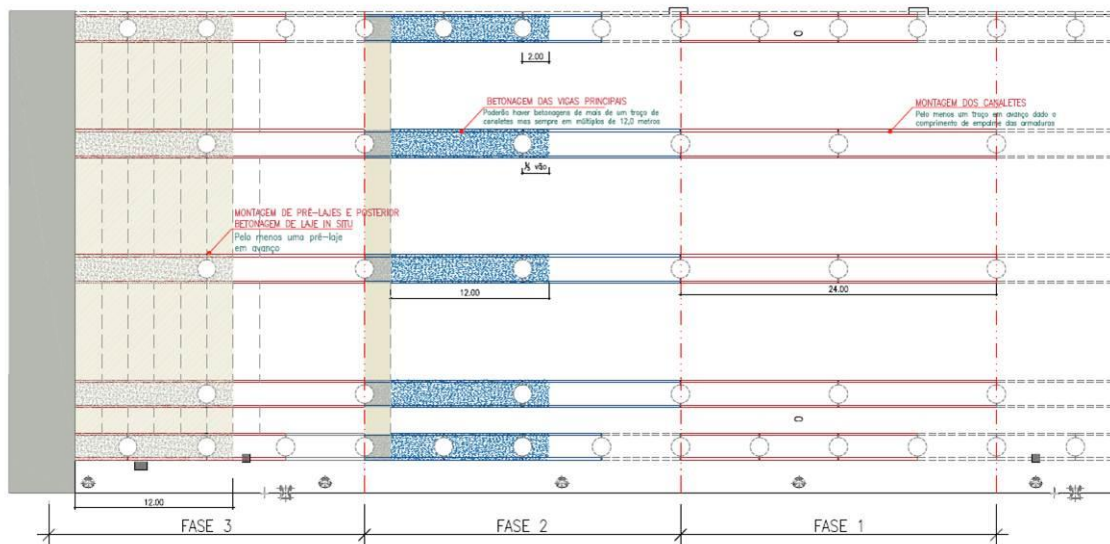


Figura 93 - Sequência construtiva do tabuleiro antes da betonagem "in situ"

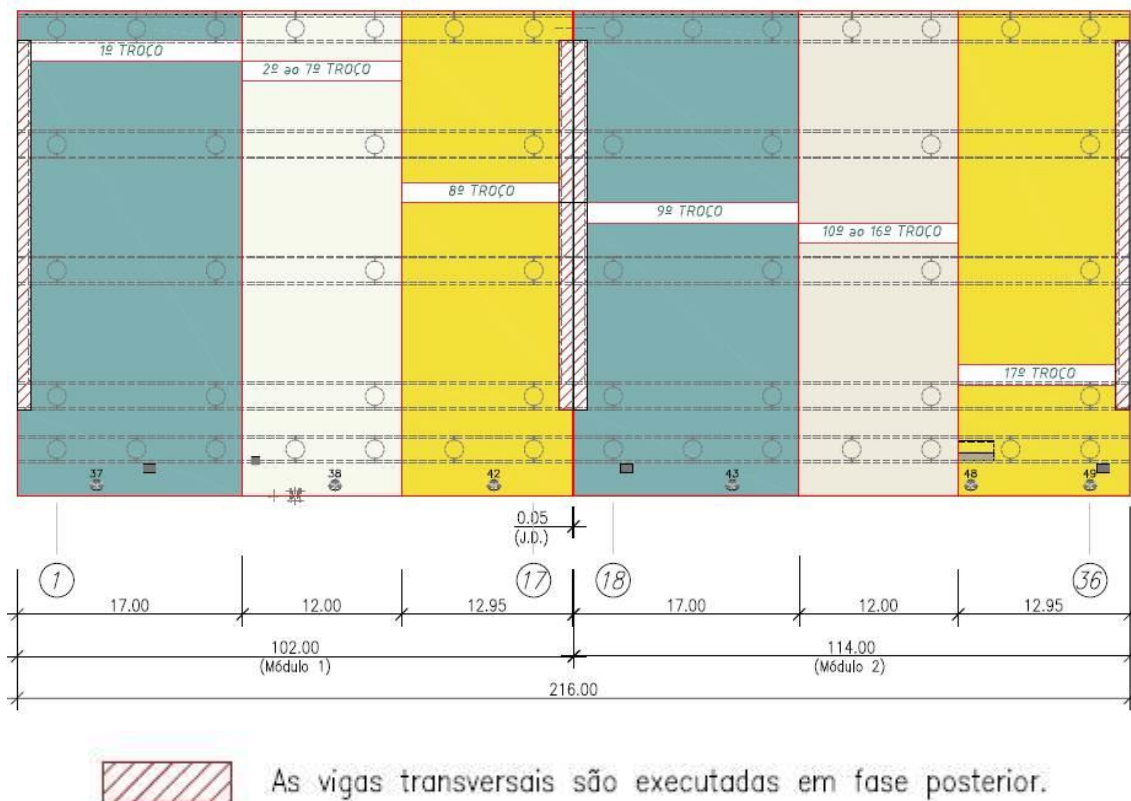


Figura 94 - Betonagem do tabuleiro: Plano longitudinal de betonagem

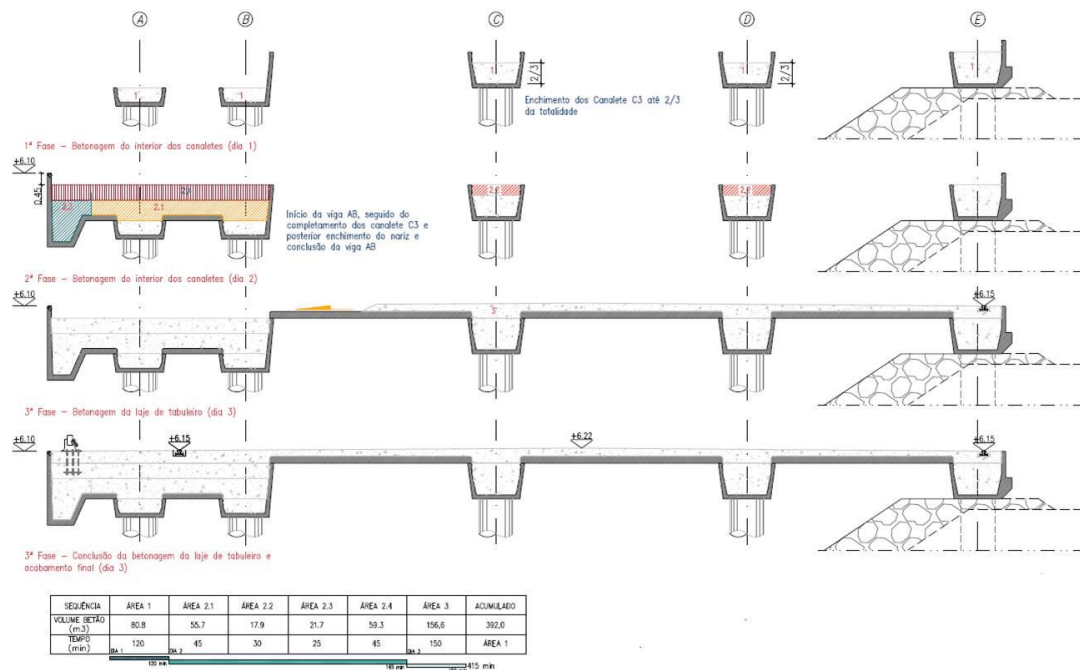


Figura 95 - betonagem do tabuleiro: Plano transversal de betonagem

Como já foi referido, as vigas transversais na zona das juntas de dilatação são executadas numa fase posterior, não entrando necessariamente na sequência construtiva do tabuleiro do cais.

Foram executadas duas vigas transversais, uma no início desta nova fase do cais e outra no fim do módulo 1 do tabuleiro, ao fim de 102m.

As vigas são armadas e betonadas “*in situ*”, onde a principal dificuldade foi a montagem e desmontagem da cofragem.

As figuras seguintes mostram-nos a montagem da cofragem e armadura da viga transversal.

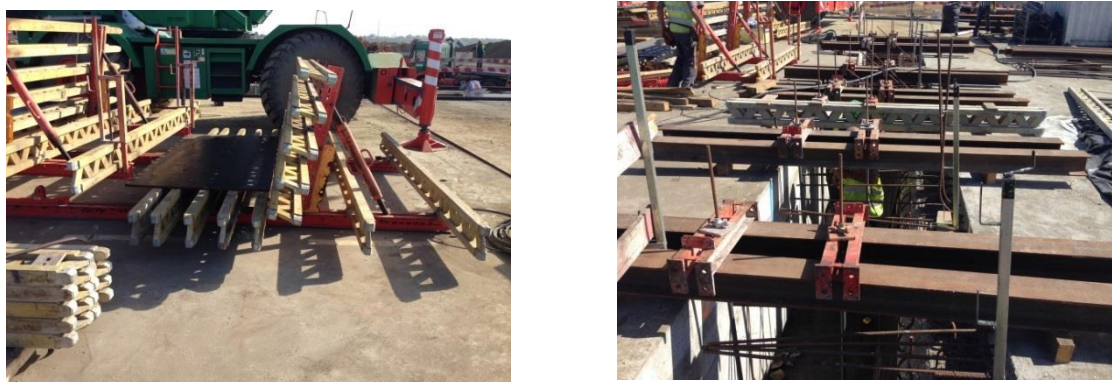


Figura 94 - A: Cofragem para as vigas transversais; B: Montagem da cofragem e da armadura das vigas transversais

5.4.3.1.5 Acabamentos

Os acabamentos finais do cais consistem na montagem do carril de rolamento dos pórticos, montagem dos apetrechos do cais, execução das redes de serviço do cais, quer de águas quer eléctrica e sinalização horizontal do pavimento.

Outro aspecto importante dos acabamentos é a execução da bordadura do cais. Como já foi dito, o lado acostável do cais é realizado com peças pré-fabricadas que são de difícil montagem. Para que o aspecto final da bordadura fique totalmente alinhado foi necessário recorrer a trabalhos adicionais de picagem, colocação de uma bordadura pré-fabricada e nova betonagem.

As figuras seguintes mostram a bordadura do cais antes e depois dos trabalhos de alinhamento da mesma.



Figura 96 – A: bordadura do cais antes dos trabalhos de correcção; B: Aspecto final da bordadura do cais.

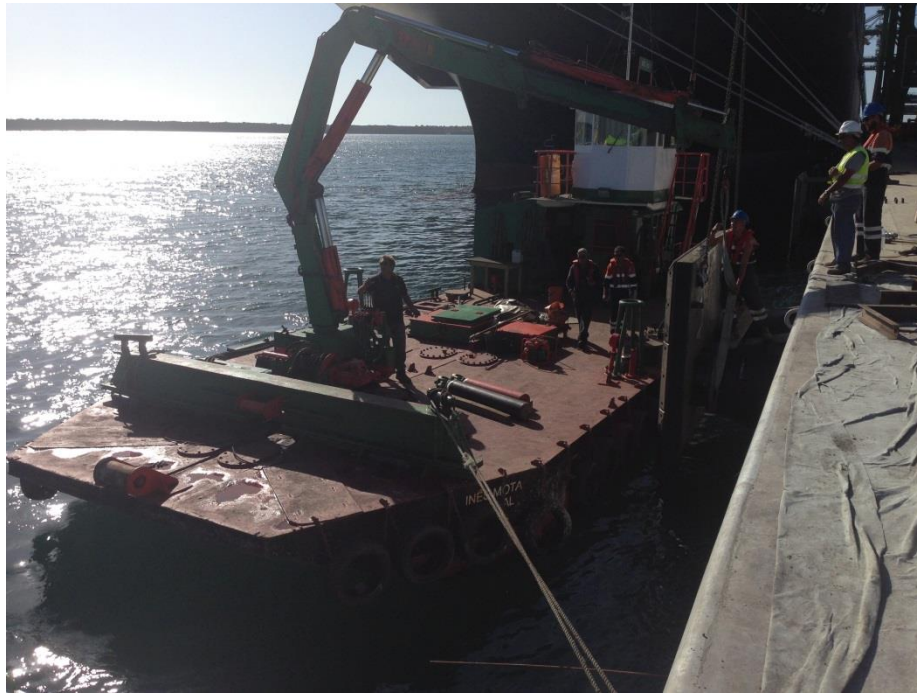


Figura 97 – Montagem das defensas e cabeços de amarração



Figura 98 - Aspecto final do cais

5.4.3.2 Aterros e Pavimentações

5.4.3.2.1 Aterros

A execução dos aterros por camadas compactadas em TOT que dão origem às plataformas 5 e 7 para parques de contentores é realizado por basculação directa através de camiões, como se pode observar na figura seguinte.

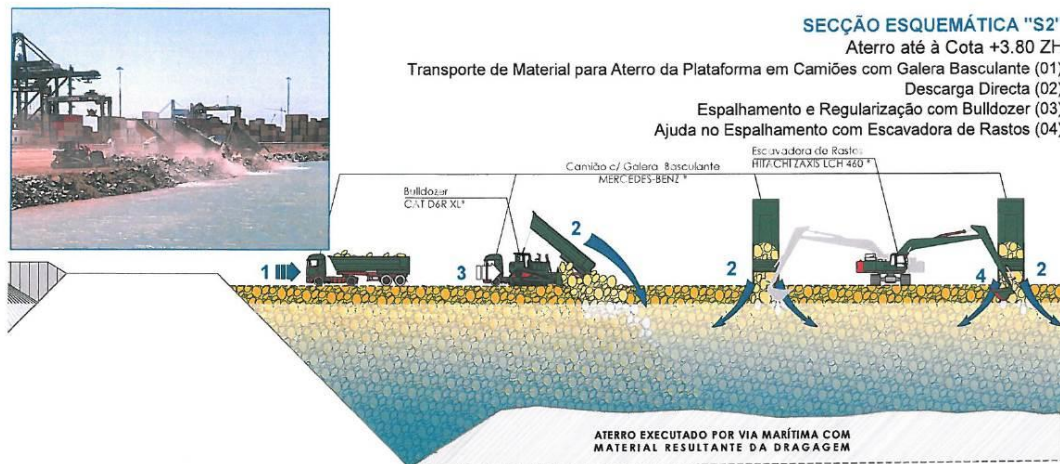


Figura 99 - Execução dos aterros por basculação directa até à cota +3,80 ZH

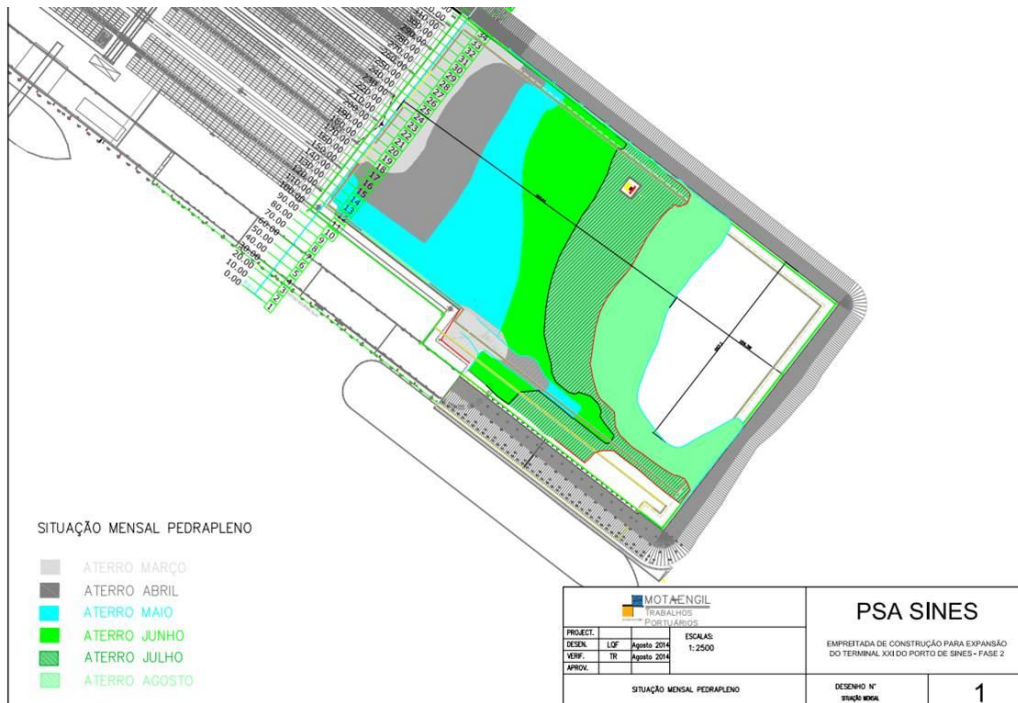


Figura 100 - Situação Mensal do Pedrapleno, Agosto

Em simultâneo com o avanço do terrapleno, iniciou-se o ensaio de carga do aterro, com o intuito de avaliar os assentamentos ocorridos, como previsto no caderno de encargos.

A execução do ensaio de carga do aterro consiste na colocação de 9 testemunhos, numa área de 2500m² (50x50m), com 4m de altura, onde se realizarão leituras do assentamento a cada metro de material colocado. Este material vem directamente da pedreira, constituído por finos isentos de argila e terra vegetal. O mesmo foi submetido a análises de caracterização laboratorial.



Figura 101 - 9 testemunhos para leitura de assentamentos da Pré-carga do aterro

Com uma espessura de camada de enrocamento de 20m e com uma carga aplicada á superfície de cerca de 70 kN/m², prevê-se um assentamento de aproximadamente 23cm. Como assentamentos desta ordem de grandeza não são admissíveis, haverá que executar um ensaio de pré-carga do aterro. O assentamento total previsível após carregamento do aterro submerso em condições de serviço e previamente tratado por uma pré-carga será de 2,3cm.

Conclui-se então que se deve aplicar ensaio de pré-carga em toda a área do terraplano. É necessário que antes de colocação do material deve-se isolar a área com uma tela geotêxtil com 300 g/m² para evitar a fuga dos finos.

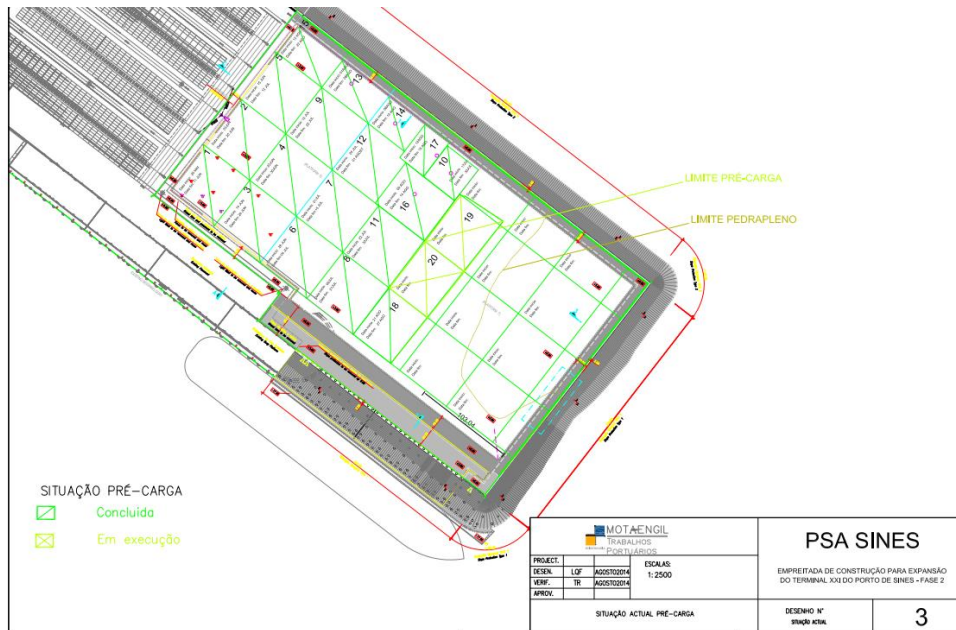


Figura 102 - Situação dos ensaios de pré-carga, Agosto

Após a realização dos ensaios de pré-carga começou-se a compactação do aterro à cota +3,80 com auxílio do cilindro compactador, com se pode observar na figura seguinte.

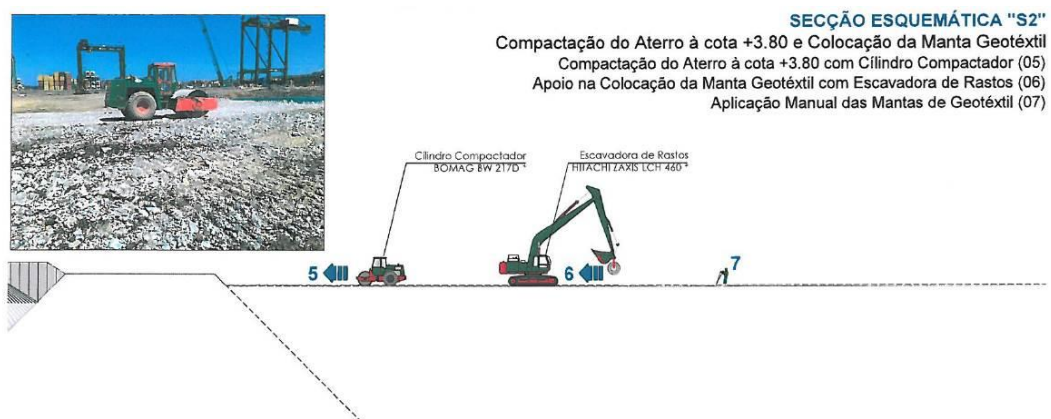


Figura 103 - Compactação do aterro à cota +3,80 ZH

Após a compactação dos aterros, começou-se a abertura de valas para a rede de drenagem pluvial e instalação da rede eléctrica e de comunicações, como se pode observar na figura seguinte.



Figura 104 - Abertura de vala para implementação da rede de drenagem de águas pluviais



Figura 105 - Rede eléctrica e Comunicações



Figura 106 - Boca de Lobo do interceptor dos ramais de drenagem da plataforma 5

5.4.3.2.2 Pavimentações

Os trabalhos começam com a escarificação, compactação e regularização da camada superficial do aterro, de acordo com as cotas do projecto. De seguida é realizada uma camada de fundação constituída por solos seleccionados compactados com 150 mm de espessura mínima.

O passo seguinte é a execução da camada de sub-base em AGEC (agregado britado de granulometria contínua tratado com cimento) com 150 mm de espessura mínima. Sobre esta, é aplicada a camada de base em betão C16/20 com 300 mm de espessura mínima.

Por fim, a camada de desgaste é constituída por uma camada de areia com 30mm de espessura, bem desempenada, para assentamento dos blocos de betão autoblocantes com 100mm de altura.

5.4.3.2.2.1 Execução da camada de AGEC

5.4.3.2.2.1.1 Processo de fabrico do Solo-cimento

Inicialmente foi criado um stock de *tout venant* proveniente da pedreira. A área ocupada pela central de betão juntamente como o stock é de aproximadamente 2500m² (50mx50m).

O *tout venant* é colocado no doseador pela pá carregadora, Volvo L90D, e é transportado pelo tapete rolante até ao misturador, ao mesmo tempo que é transportado o cimento do silo para o misturador.

Dá-se a mistura de cimento, água e *tout venant*, nas quantidades adequadas que permita atingir as características pretendidas para a mistura.

Finalmente a mistura de solo-cimento é descarregada directamente do tapete rolante no camião de transporte.

De referir que esta central de solo-cimento é adaptada de uma central para produção de betuminoso a frio, com uma capacidade de produção de 60 m³/hora.



Figura 107 - Vista geral da central de solo-cimento

5.4.3.2.2.1.2 *Processo de execução*

Inicialmente, foram marcadas as cotas finais da camada de sub-base em AGECE. A marcação é feita através de linhas de orientação, em faixas de 5m de largura, por onde a espalhadora se guiará.

De seguida, e após a chegada do camião com cerca de 20 m³ de “solo-cimento”, é feita a camada de sub-base, utilizando o mesmo processo de aplicação de betuminoso (camião em ‘ponto morto’, empurrado pela espalhadora, inclinando a báscula quando dada ordem do manobrador da espalhadora, mantendo a tremonha desta alimentada de modo a permitir o seu avanço), como se pode observar na figura seguinte.



Figura 108 - Execução da camada de sub-base em AGE C

Por fim terá de ser feita a compactação e regularização da camada com a utilização do cilindro compactador CAT CS693E e, posteriormente com o cilindro de pneus, HAM GRWW18, até à cota desejada. A espessura final da camada é de 15 cm.



Figura 109 - Compactação e regularização da camada de sub-base

5.4.3.2.2.2 Execução da Laje em betão

5.4.3.2.2.2.1 Processo de execução

O processo de marcação das linhas de orientação é idêntico ao realizado para a camada de sub-base.

De seguida, e após a chegada do camião, este descarrega o betão, com classe de consistência S1, no chão, à frente da pavimentadora. A giratória de pneus espalha e pré-regulariza o betão ao longo da faixa de 5m, sendo posteriormente regularizado, vibrado e afagado pela pavimentadora, resultando uma laje com 0,30m de altura até à cota desejada. (Figura 84).



Figura 110 - Execução da laje em betão com auxílio da pavimentadora

Em zonas onde se encontrem obstáculos (Ex: caixas de visita da rede de drenagem pluvial) ou nos limites da área a pavimentar, a colocação do betão terá de ser feita manualmente, com descarga directa da autobetoneira. (Figura 85)

5.4.3.2.2.3 Colocação de blocos de betão autoblocantes

5.4.3.2.2.3.1 Processo de execução



Figura 111 - Execução da laje em betão, sem auxílio da pavimentadora

5.4.3.2.2.4 Colocação de blocos de betão autoblocantes

5.4.3.2.2.4.1 Processo de execução

Inicialmente é colocada uma camada de areia com 30mm de espessura. (Figura 86)



Figura 112 - Colocação da camada de areia

Posteriormente são colocados os blocos de betão autoblocantes, com 100mm de espessura e com 60 MPa de resistência à compressão simples, preenchendo as juntas com areia fina.



Figura 113 - Colocação manual de "PAVE"



Figura 114 - Colocação de "PAVE" com auxílio da mini-escavadora adaptada com o acessório para aplicação dos blocos

5.4.4 Gestão da Obra

5.4.4.1 Introdução

Neste capítulo identificam-se as principais áreas de gestão da obra. Serão feitas apenas as análises de gestão de prazos e custos, por ter sido as áreas que o autor mais acompanhou.

A gestão da obra pode ser dividida em 6 áreas distintas mas que se complementam de forma a assegurar que os objectivos sejam cumpridos:

- Gestão de prazos;
- Gestão de custos;
- Gestão da Qualidade;
- Gestão ambiental;
- Gestão da segurança e saúde;
- Gestão da segurança e exploração de navios e poluição, por se tratar de uma obra marítima.

5.4.4.2 Prazos

Com base nos objectivos exigidos pelo dono de obra, desenvolveu-se o plano de trabalhos de modo a cumprir com o prazo de execução da obra.

O plano de trabalhos é um documento contratual que tem de ser incluído na proposta e ser submetido a aprovação por parte do cliente. O plano é realizado num gráfico *Gantt* e tem como principais objectivos descrever os seguintes aspectos:

- Identificar as principais actividades e estimar as respectivas durações;
- Definir a sequência e a dependência das actividades;
- Determinação de prazos parciais de execução;
- Determinação de folgas e identificação do caminho crítico;
- Identificar mão-de-obra e equipamentos necessário par satisfazer as necessidades da obra nas datas planeadas;
- Elaboração do cronograma financeiro. [12]

Contudo é necessário que seja realizado um plano de acompanhamento diário por parte da direcção de obra, para que seja cumprido o plano de trabalhos que é analisado semanalmente nas reuniões de obra na presença do cliente e mensalmente para a direcção de produção da METP através de relatórios mensais de produção.

É fundamental que seja realizado um *follow up* mensal das actividades, para que se possa criar um plano de recuperação em eventuais atrasos.

Na presente empreitada o cumprimento dos prazos, parcelar e final, foi um difícil desafio. Através das análises mensais das actividades em *follow up* foi possível implementar um plano de recuperação, com o reforço de pessoal e duplicação dos turnos de trabalho. Estas medidas foram essenciais para o cumprimento dos prazos.

5.4.4.3 Custos

Tendo como base os planos de trabalho fez-se o orçamento de execução da empreitada, detalhando por actividade a natureza dos custos, com a respectiva previsão de resultado económico a atingir no final da empreitada.

É importante referir que o orçamento de execução é submetido à aprovação por parte da direcção de produção e não tem de corresponder ao valor apresentado na proposta, pois têm de ser analisadas as políticas e estratégias relativas à actividade comercial da empresa.

A verificação e controlo do orçamento de execução são realizados mensalmente pela direcção de obra através do mapa de controlo de custos. Este mapa serve para comparação dos custos previstos, com base na percentagem executada por actividade e os custos reais.

O reforço das equipas e a duplicação dos turnos, revelou-se fundamental para o cumprimento do prazo mas trouxeram custos superiores aos previstos inicialmente. No entanto este acto de gestão revelou-se um sucesso, pois permitiu cumprir os prazos impostos, evitando o prolongamento da obra que poderia trazer custos muito superiores. Para além do aspecto económico, a boa imagem da empresa para com o cliente e dono de obra e todas as entidades envolvidas saiu reforçada com esta empreitada.

Capítulo 6

6 Experiências e Conhecimentos Adquiridos

6.1 Introdução

As obras marítimas, devido à sua multidisciplinariedade, revestem-se de particular interesse para a aprendizagem e primeiro contacto com a actividade profissional de um engenheiro.

Nesta empreitada, o autor tomou contacto com diversas áreas da engenharia, desde a geotecnia e geologia, com a construção dos aterros e a execução das fundações do cais, hidráulica marítima, com as técnicas e metodologias aplicadas em toda a obra, hidráulica urbana, com a execução das redes de drenagem de águas pluviais e na execução de pavimentações.

Outro aspecto importante para o autor foi ter acompanhado a construção de um edifício de raiz (subestação nº4), onde assistiu à execução das fundações do edifício, preparação de cofragens e aço, betonagens de lajes e vigas, execução de alvenarias, acabamentos, etc.

Neste capítulo são descritas algumas experiências e conhecimentos adquiridos com a obra, decorrentes de dificuldades ocorridas e boas práticas implementadas.

6.2 Impacto das Questões Climatéricas

Em obras marítimas os principais motivos de paragens na obra e quebra de rendimentos estão associados às condições meteorológicas e de mar adversas.

Os ventos fortes e nevoeiros marítimos serrados limitam muito a acção em segurança das gruas em obra, em especial a grua torre.

A agitação marítima elevada dificulta as actividades de dragagem, quebramento de rocha submerso e principalmente a cravação de estacas, que se quer um trabalho preciso.



Figura 115 - Condições de mar adversas na anterior empreitada (07-12-2010) [12]

A METP dispunha de um equipamento para a execução das estacas mais apropriado, com recurso a uma *jack up*, uma plataforma auto-elevatória que leva vantagem em relação a outros pontões, pois permite a elevação acima do nível do mar permitindo a realização dos trabalhos com menor interferência da agitação marítima.

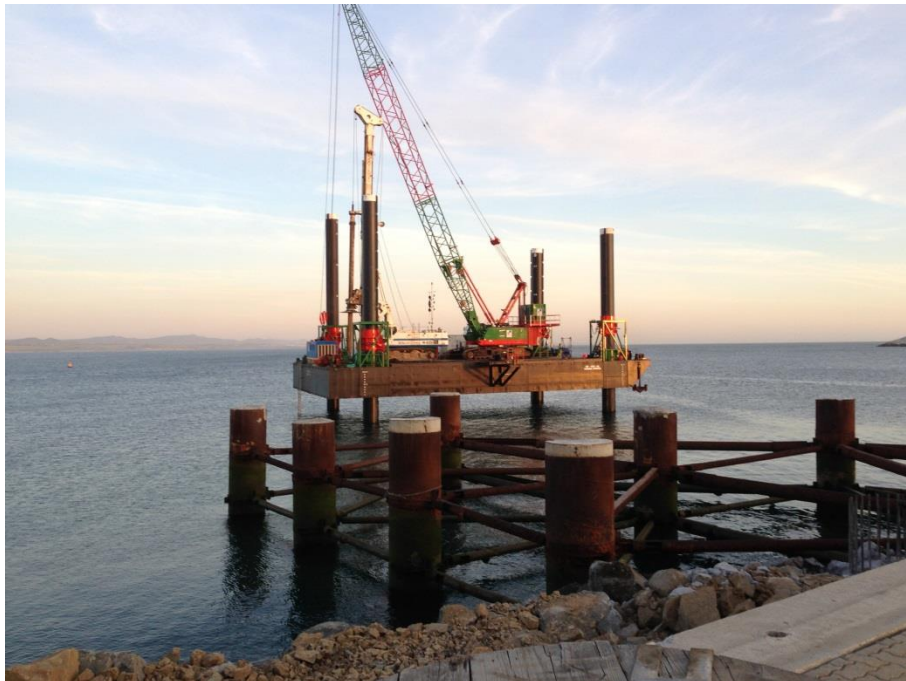


Figura 116 - Equipamento de cravação de estacas - arquivo pessoal (30-04-2014)

Outra condicionante encontrada foi o nível da água do mar que dificultava a soldadura dos apoios nas estacas para as vigas longitudinais bem como o saneamento das estacas.

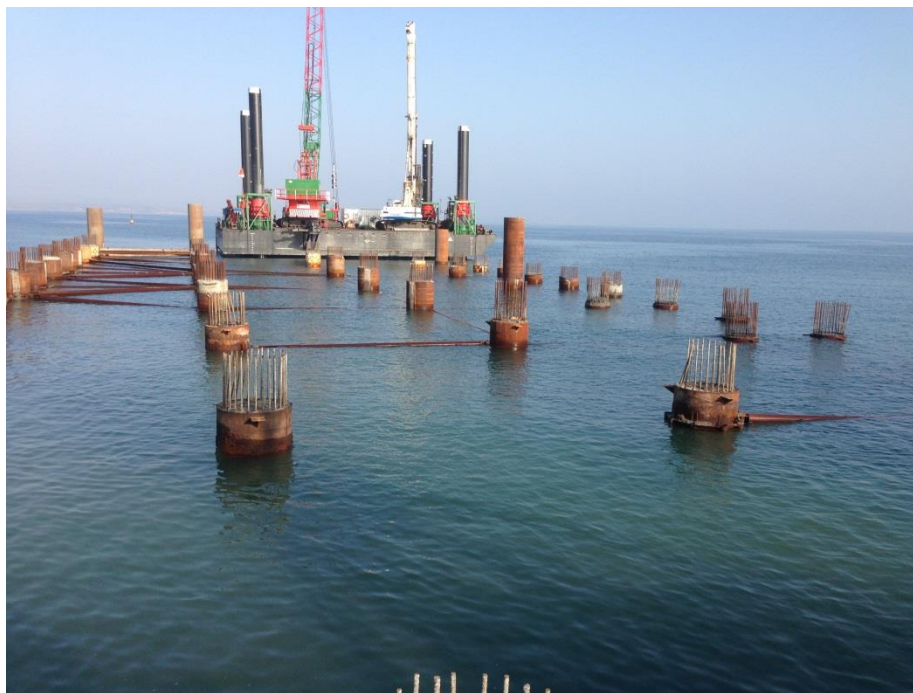


Figura 117 - Nível da água do mar em situação de preia-mar de águas vivas

A temperatura excessivamente alta ou baixa é também um factor de condicionamento, que obriga a tomar cuidados especiais com betonagens ou elementos betonados recentemente, cujo betão esteja em contacto com o ar.

6.3 Ensaio de Carga Dinâmico Vs. Ensaio de carga estático nas fundações do cais

Primeiramente estava prevista a realização de 3 ensaios de carga estáticos em 3 estacas distintas.

Foi proposto por parte do empreiteiro e prontamente aceite pelo dono de obra a realização de ensaios de carga dinâmicos em substituição dos ensaios de carga estáticos com a justificação de que os ensaios estáticos poderiam afectar o prazo da obra e que com a realização do ensaio dinâmico não desvirtuaria em qualquer aspecto os resultados finais pretendidos.

A principal razão do alargado prazo par a realização dos ensaios de carga estáticos prende-se com a possível rotura da estaca ensaiada, daí se realizarem ensaios em estacas executadas apenas e só para esse efeito, exigindo a paragem de todas as actividades no cais por um longo período de tempo.

De referir que os resultados obtidos foram superiores ao esperado, para cargas ensaiadas superiores ao exigido, concluindo-se que as estacas estavam sobredimensionadas.

A realização de ensaios de carga dinâmicos em obras marítimas em detrimento de ensaios de carga estáticos é um tema pouco estudado, mas que trás enormes vantagens para este tipo de obras, nomeadamente na economização de prazos e custos.

6.4 Unidade de protecção ambiental e Implementação de uma Mini-ETAR

A METP desenvolveu um equipamento de protecção ambiental destinado à disposição de produtos e resíduos tóxicos. A unidade de protecção ambiental resulta da adaptação de um contentor marítimo dotado de bacia de retenção e sinalização de segurança. [12]

Provou-se ser uma boa solução implementada que elimina os resíduos gerados pela obra, num parque impermeabilizado, com cobertura e separador de hidrocarbonetos, que dispensa a obtenção de licenças de rejeição de águas.



Figura 118 - Unidade de protecção ambiental

Devido ao número elevado de trabalhadores em obra, a direcção de obra achou por bem instalar uma mini-ETAR que trata-se as águas residuais de todo o estaleiro, com o objectivo de reduzir os custos associados à limpeza de uma fossa séptica.



Figura 119 - Mini-ETAR para tratamento das águas residuais do estaleiro

Capítulo 7

7 Conclusão

Foi efectuada uma revisão bibliográfica na área das obras marítimas e portuárias.

O acompanhamento da empreitada de ampliação do terminal XXI do Porto de Sines – Fase 2 permitiu ao autor consolidar os conhecimentos adquiridos através do acompanhamento e da discussão técnica das diversas actividades, com todos os intervenientes da obra que possuíam uma larga experiência e conhecimentos em obras marítimas.

O presente relatório reflecte o trabalho desenvolvido ao longo do estágio, fazendo um levantamento de soluções estruturais e processos construtivos adoptados nesta empreitada. Na perspectiva do autor os objectivos propostos inicialmente foram atingidos.

Existiam já alguns trabalhos relativos ao Terminal XXI do Porto de Sines e a obras marítimas no geral. Este trabalho serve ainda o propósito de reunir toda essa informação num único documento que pode servir de referência futura.

Referências Bibliográficas

- [1] PROMAN. Anuncio e Programa de Concurso. *Empreitada de construção para Expansão do Terminal XXI – Sines Fase 2*. s.I: (não publicado), Agosto de 2013.
- [2] A.P.S. Administração do Porto de Sines. *Estatísticas de tráfego, 2013* in <http://www.portodesines.pt/>.
- [3] Estudo Geológico e Geotécnico. *Empreitada de construção para Expansão do Terminal XXI – Sines Fase 2*. s.I: (não publicado), Agosto de 2013.
- [4] Tsinker, Gregory P. *Port Engineering*. New Jersey: John Wiley e Sons, Inc., 2004.
- [5] A.P.S. Administração do Porto de Sines In <http://www.portodesines.pt/>.
- [6] AAPA. *American Association of Port Authorities* in <http://www.aapa-ports.org/>.
- [7] JUP permitiu reduzir 31 horas no processo alfandegário. Transportes em Revista, Outubro de 2010 in <http://transportesemrevista.com>.
- [8] Sequeira, L. *Transportes Marítimos, Portos e Logística*. in <http://www.portodesines.pt/>.
- [9] Ribeiro, T. *Processos de Construção e Fiscalização de Obras Portuárias*. Porto: FEUP 2001.
- [10] Santos, J. *Construção com caixotões pré-fabricados vs. Cais sobre estacas em Obras Marítimas*. Lisboa: IST.
- [11] Santos, João Alfredo. *Apontamentos da Disciplina de Obras marítimas e Portuárias do Mestrado em Engenharia Civil ISEL*, 2013.
- [12] Linhares, M. *Tecnologia e gestão das construções de obras portuárias*, Outubro de 2012.
- [13] Eurocódigo 2 – *Projecto de estruturas de betão – Parte 1.1: Regras gerais e regras para edifícios*. EN 1992-1-1:2004. S.I.: IPQ, Março 2010.
- [14] Figueira de Sousa J. *Os Portos e o desenvolvimento das actividades Logísticas. O Exemplo do Terminal de Setúbal e dos Parques de 2ª Linha*, 1994.
- [15] FEUP, *Análise de Comportamento Hidrodinâmico de Dispositivos de Acostagem e Amarração. O caso Crítico do Terminal Petrolífero do Porto de Leixões*, Janeiro de 2008.

- [16] Thoresen, C. *Port Designer's Handbook*, 2003.
- [17] Farinha Brazão, C. *Tabelas Técnica*. Setubal 1993.
- [18] Mano Reis, J., Martins, L. *Caracterização da Maré de um Porto*. 4as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, 20 e 21 de Outubro de 2005, Angra do Heroísmo, Instituto Hidrográfico.
- [19] *Shore Protection Manual, Coastal Engineering Research Center, Mississipi* 1984.
- [20] J.L. Câncio Martins, Projecto de Estruturas, Lda. *Ampliação do Cais do Terminal XXI - - Terminal de contentores de Sines*. s.I: (não publicado), 2009.
- [21] Santos, Jaime A. *Fundações por Estacas Acções Horizontais*. s.I: IST, Abril de 2008.
- [22] PROMAN. Projecto: Parte II – Peças Desenhadas. *Empreitada de construção para Expansão do Terminal XXI – Sines Fase 2*. s.I: (não publicado), Agosto de 2013.
- [23] PROMAN. Projecto: Parte II – Mapa de Medições. *Empreitada de construção para Expansão do Terminal XXI – Sines Fase 2*. s.I: (não publicado), Agosto de 2013.
- [24] The Rock Manual, *The use of rock in hydraulic engineering*, 2007.
- [25] Miguel Silva, N. *Sines foi o porto que mais cresceu nos contentores a nível mundial em 2013*, Agosto 2013. Diário Económico.
- [26] Diário da Republica, Parte L – Contratos Públicos. *PSA Sines Terminais de contentores, S.A.*, Julho de 2013.
- [27] Franco, J. *Transporte de Mercadorias e Desenvolvimento Económico*, Outubro de 2013 in <http://www.portodesines.pt/>.