



Reabilitação do Cais de Machico

JOÃO JOSÉ ALVES DE FREITAS

(Licenciado em Engenharia Civil)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização de Edificações

Orientador:

Doutor, Filipe Manuel Vaz Pinto Almeida Vasques (ISEL)

Júri:

Presidente: Doutor, Paulo Jorge Henriques Mendes (ISEL)

Vogais:

Mestre, Especialista, António Jorge Guerreiro Rodrigues Silva e Sousa (ISEL)

Doutor, Filipe Manuel Vaz Pinto Almeida Vasques (ISEL)

Julho de 2020

Resumo

O presente relatório de estágio enquadra-se no âmbito do Trabalho Final de Mestrado (TFM), do mestrado em Engenharia Civil. O documento foi desenvolvido ao longo de um estágio na empresa ETERMAR – Engenharia e Construção, onde foram realizadas diversas actividades, das quais se destaca objectivamente o desenvolvimento da Reabilitação do Cais de Machico.

A empreitada apenas teve início em meados de Maio de 2019, três meses depois do estágio de ter iniciado, portanto, foi possível acompanhar diversas actividades relativas à preparação da obra. Embora a empreitada tenha duração de oito meses, o presente documento foca-se na preparação e nos primeiros meses da intervenção.

As estruturas portuárias têm um carácter socioeconómico cada vez mais relevante, uma vez que sofrem danos com custos de reparação muito significativos. Os procedimentos a adoptar e a melhor forma de intervir podem representar compensações significativas ao empreiteiro em termos de prazo e custos.

Existem diversos factores envolvidos na optimização de uma empreitada, sendo a selecção do equipamento um dos cruciais. Ao se partir do princípio que, regra geral, realizar a obra marítima por via terrestre faz diminuir os custos, o ajuste de todas as actividades torna-se um desafio interessante.

A partir do acompanhamento da realização de diversas actividades no âmbito da engenharia civil, parte delas estão naturalmente relacionadas com obras portuárias e engenharia costeira, torna-se possível constituir uma análise crítica interessante aos processos construtivos associados, assim como as condicionantes.

O foco do estudo assenta sobre as diversas actividades como: pré-fabricação de unidades Antifer, alcances de grua, logística, planeamento, controlo de custo, entre outros.

Palavras-chave:

Engenharia Costeira, Cais de Abrigo, Quebra-mar, Manto Protector, Blocos Antifer

Abstract

This report is part of the Final Probation for the Degree of Master in Civil Engineering. The elaboration of the present document was developed during an internship in ETERMAR, Engenharia e Construção, where were performed many activities, mainly the Machico's Harbor Rehabilitation (Reabilitação do Cais de Machico).

Since the construction works of the project of Machico's Harbor Rehabilitation only started in May of 2019 - three months after internship has begun - then the mentioned internship integrates so many different activities related to preparation works of the effective intervention.

The port facilities have a socioeconomic importance increasingly relevant, once these maritime infrastructures suffer damage with significant costs. The best way to intervene on these works would represent a significant compensation with optimization of time and costs.

There are so many factors related with the optimization of time and costs, which the construction building's selection one of the most determinant issues. Assuming that execute these maritime works by land always optimize costs, the adjustment of activities becomes a crucial task.

Due to following-up the completion so many civil engineering, some naturally related to maritime works and coastal engineering, it becomes possible to develop a critical view about construction processes as well as its conditioning factors.

The focus of this document are essentially activities such as: prefabrication of Antifer blocks, cranes capacity and reach, logistics planning, costs control, among other subjects.

Keywords:

Coastal Engineering, Harbour, Breakwater, Protection Layer, Antifer Elements

Agradecimentos

Gostaria de deixar um agradecimento especial a algumas pessoas que contribuíram – e muito – tanto na realização do presente trabalho final de mestrado, como na minha formação acadêmica.

Aos meus avós que me proporcionaram todas as condições para que chegar ao final desta etapa fosse possível.

Ao Eng.º Filipe Vasques pelos seus ensinamentos e encorajamento prestados para enfrentar esta fase.

À Etermar – Engenharia e Construção, S.A., pela oportunidade oferecida em iniciar a vida profissional, permitindo compreender várias temáticas da engenharia civil e por permitir conhecer pessoas que me influenciaram imenso.

À Carolina, pelo amor, compreensão e paciência ao longo dos últimos anos e, em particular, no decorrer desta fase.

Índice

Capítulo 1: Introdução	1
1.1. Enquadramento no tema.....	1
1.2. Objectivos do Estágio.....	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura do Documento.....	3
1.5. Estágio.....	5
1.6. Descrição da Organização (Etermar)	7
Capítulo 2: O Empreendimento	9
2.1. Considerações Gerais	9
2.2. Localização do Molhe-Cais.....	9
2.3. Enquadramento histórico do Molhe-Cais.....	12
2.4. Principais características do Molhe-Cais	13
2.4.1. Configuração Geométrica.....	13
2.4.2. Inspecções visuais – estado antes da intervenção.....	15
Capítulo 3: O Projecto	25
3.1. Objectivos da empreitada	25
3.2. Análise das soluções e considerações assumidas pelo PE.....	33
3.2.1. Nuances a ter em consideração no estudo da empreitada.....	33
3.2.2. Levantamentos fornecidos pelo PE	34
3.2.3. Elementos blocos Antifer	35
3.2.4. Arrumação dos blocos Antifer	36
3.2.6. Optimização de custos com as soluções propostas pelo PE	38
3.2.7. Lugar para embarcação	38
3.2.8. Densidades de colocação.....	39
3.2.9. Inclinação do talude	40
Capítulo 4: Preparação da Empreitada	43
4.1. Análise das condicionantes	43
4.2. Condicionantes de ordem estratégica.....	44
4.3. Análise dos equipamentos terrestres e marítimos	48
4.3.1. Largura do cais vs. Largura da grua sobre rastos terrestre	48
4.3.2. Esquemas e alcances da grua sobre rastos terrestre.....	49
4.3.3. Aumento de capacidade/alcance da grua dentro de água	52
4.3.4. Pontão com grua sobre rastos montada no mesmo.....	53

4.3.5.	Grua sobre rastos de apoio na pré-fabricação.....	58
4.4.	Estaleiro(s)	61
4.4.1.	Estaleiro de pré-fabricação.....	61
4.4.2.	Estaleiro junto ao cais de Machico.....	72
4.5.	Medições e interpretação dos resultados	73
4.6.	“Re-orçamento” da obra.....	75
4.7.	Planeamento dos Trabalhos.....	76
4.8.	Preparação dos primeiros processos.....	78
4.8.1.	Passagem da grua de rastos terrestre nas descontinuidades do cais	78
4.8.2.	Processo de subida da grua sobre rastos para a plataforma.....	81
Capítulo 5:	Desenvolvimento da Empreitada	85
5.1.	Descrição geral do desenvolvimento da “fase acompanhada da empreitada”.....	85
5.2.	Acompanhamento dos trabalhos	86
5.2.1.	Montagem da “pista de blocos”.....	86
5.2.2.	Análise da pré-fabricação dos blocos Antifer	92
5.2.3.	Boia de sinalização com sistema iluminante	97
5.2.4.	Definição do talude do novo manto protector	98
5.2.5.	Remoção e movimentação de blocos Antifer submersos	98
5.2.6.	Logística de colocação e stock provisório no local	99
5.2.7.	Reparação do betão e armaduras	100
5.2.8.	Colocação dos blocos Antifer nas camadas	101
5.3.	Análise de rendimentos	104
Capítulo 6:	Outras actividades durante o Estágio	105
6.1.	Acompanhamento da Empreitada: Reabilitação da Lota do Funchal	105
6.2.	Acompanhamento da Empreitada: Reabilitação do Cais da Ponta do Sol	107
Capítulo 7:	Conclusão e desenvolvimentos futuros.....	111
7.1.	Considerações finais.....	111
7.2.	Desenvolvimentos futuros.....	112
Referências Bibliográficas		113
ANEXOS.....		115
ANEXO nº1:	Peças desenhadas do PE.....	115
ANEXO nº2:	Diagramas de carga da grua sobre rastos terrestre	115
ANEXO nº3:	Diagrama de cargas referente aos 3º de inclinação da grua de rastos montada no pontão de maior dimensão.....	115
ANEXO nº4:	Diagrama de cargas referente aos 3º de inclinação da grua de rastos montada no pontão de menor dimensão.....	115

ANEXO nº5: Diagrama de cargas da grua de rastos de pré-fabricação – 1ª opção.....	115
ANEXO nº6: Diagrama de cargas da grua de rastos de pré-fabricação – 2ª opção.....	115
ANEXO nº7: Planeamento de algumas actividades associadas ao reperfilamento do manto protector	115
ANEXO nº8: Fichas técnicas e especificações do fabricante da grua sobre rastos terrestre (Manitowoc 12000).....	115

Índice de Figuras:

Figura 1: Planta de localização e vista aérea do Cais de Machico (PE)	9
Figura 2: Cabo a Oeste do Cais de Machico	11
Figura 3: Evidências de diferentes fases e processos construtivos	12
Figura 4: Planta do Molha-Cais de Machico (PE).....	14
Figura 5: Fotografia do manto de protecção antes de intervenção numa BM.....	16
Figura 6: Esporão da Zona Balnear de Machico	17
Figura 7: Fotografia do manto de protecção numa PM	17
Figura 8: Fotografia com mancha do talude de protecção.....	18
Figura 9: Manto de Protecção junto à cabeça do cais.....	19
Figura 10: Juntas dos caixotões degradadas	19
Figura 11: Junta com passagem de água importante	20
Figura 12: Evidências de cedência do caixotão – módulo nº6.....	20
Figura 13: Cais Antigo e falésia onde há reflexão das ondas para o talude em temporais	21
Figura 14: Evidências de corrosão das armaduras no muro-cortina	22
Figura 15: Armaduras corroídas ao longo do muro-cortina do cais	22
<i>Figura 17: Planta de implantação do novo manto protector (PE)</i>	<i>26</i>
<i>Figura 18: Perfil-tipo do manto protector após intervenção de reperfilamento</i>	<i>27</i>
<i>Figura 19: Enquadramento em planta dos cortes 2-2 e 6-6.....</i>	<i>29</i>
Figura 20: Estado do manto antes de intervenção no corte 2-2 (PE).....	30
Figura 21: Estado do manto antes de intervenção no corte 6-6 (PE).....	30
<i>Figura 22: Corrosão evidente nas guardas</i>	<i>32</i>
Figura 23: Dimensões do bloco Antifer (Pita, 1986).....	35
Figura 24: Dimensões do bloco Antifer (Frens, 2007)	35
Figura 25: Colocação dos blocos Antifer no molhe principal do Porto Santo – (Etermar, Delegação do Funchal)	37
Figura 26: Incompatibilidade de lugar para embarcação e a implantação do reperfilamento do cais	39
Figura 27: Mobilização do equipamento marítimo e logística na chegada à RAM	46
Figura 28: Descarga da grua sobre rastos terrestre desmontada com auxílio do "pontão + grua"	47
Figura 29: Descarga de grua sobre rastos desmontada que viria a dar apoio na Reabilitação da Lota do Funchal	48
Figura 30: Perfil da composição geral da solução da "pista de blocos".....	49
Figura 31: Esquema de alcance do "pontão + grua" na proximidade do talude.....	54
Figura 32: Esquema "Pontão + grua" de menor dimensão em actividade	56
Figura 33: Esquema "pontão + grua" de maior dimensão	57
Figura 34: Esquema de perfil do estaleiro de pré-fabricação	59
Figura 35: Alcance da grua sobre rastos no estaleiro de pré-fabricação.....	60
Figura 36: Vista da 1ª hipótese de Estaleiro de pré-fabricação (Google Maps)	62
Figura 37: Acesso ao potencial estaleiro de pré-fabricação	63
Figura 38: Fotografia do potencial estaleiro de pré-fabricação	63
Figura 39: Percursos terrestres das hipóteses de estaleiro de pré-fabricação até ao cais de Machico.....	64
Figura 40: 2ª hipótese de estaleiro de pré-fabricação - Caniçal.....	65
Figura 41: Esquema em planta da criação de uma "pista de blocos até à cabeça do cais	66
Figura 42: Planta de estaleiro de pré-fabricação	67
Figura 43: Logística geral de stock no estaleiro de pré-fabricação.....	68
Figura 44: Esquema no 1º dia de pré-fabricação	69
Figura 45: Sequência nos 1ºs dias de pré-fabricação.....	70
Figura 46: Esquema de betonagem e movimentação de blocos no estaleiro de pré-fabricação.....	71
Figura 47: Processo dinâmico de stock no estaleiro de pré-fabricação	72
Figura 48: Estaleiro no cais de Machico	73
Figura 49: Quantidades em falta e a mais ao longo dos perfis do manto de protecção após levantamento topo-hidrográfico.....	75
Figura 50: Estrutura metálica montada para permitir continuação da "pista de blocos"	78
Figura 51: Esquema da opção de preencher com elementos de betão a escada.....	79
Figura 52: Esquema final de preenchimento com elementos de betão as zonas da escadas	80
Figura 53: Esquema de criação da rampa de acesso para a grua terrestre	83
Figura 54: Trabalhos de criação da "pista de blocos".....	86
Figura 55: Pinça com apenas 2 "dentes" engatados.....	87
Figura 56: Diferencial de cotas entre muro cortina e os blocos Antifer de 7.5t.....	88
Figura 57: Acesso pela rampa à "pista de blocos".....	88
Figura 58: Medidas de prevenção de forma a manter a integridade do cais com manta geotêxtil.....	89
Figura 59: Guarda em aço e malha-sol e placas de madeira para evitar queda de material	90
Figura 60: "Pista de blocos" a passar por cima da estrutura metálica da escada	90

Figura 61: Trabalhos de preenchimento com elementos de betão de uma das escadas	91
Figura 62: Processo construtivo no topo do preenchimento das escadas de precaução	92
Figura 63: Moldes de cofragem de Antifer com 15t antigos	94
Figura 64: Molde de cofragem de Antifer com 15t novo	94
Figura 65: Aresta de Antifer com defeito	95
Figura 66: Antifer com juntas de betonagem	95
Figura 67: Trabalhos de movimentação dos blocos Antifer no estaleiro de pré-fabricação	96
Figura 68: Planta de posicionamento e características das bóias e luzes utilizadas.....	97
Figura 69: Esquadro encastrado	98
Figura 70: Mergulhador a comunicar através de gestos	99
Figura 71: Stock provisório no perfil seguinte ao que se encontra “despido”	100
Figura 72: Bailéu montado no lado exposto do cais para reparação de armaduras e betão danificado.....	101
Figura 73: Linhas dos esquadros a definir a inclinação pretendida	102
Figura 74: Trabalhos de colocação em zona submersa auxiliados por mergulhador	103
Figura 75: Aspecto da subcamada após intervenção e alguns blocos de 15t já colocados	103
Figura 76: Sistema de "peleias" para manter estáveis os pilares do cais demolido	105
Figura 77: Demolição manual dos pilares até à cota pretendida	106
Figura 78: Trabalhos de execução de peças pré-fabricadas.....	106
Figura 79: Peças pré-fabricadas colocadas nas respectivas posições	107
Figura 80: Trabalhos de pavimentação em betão armado com acabamento a imitar cantaria da região.....	108
Figura 81: Trabalhos de preenchimento de juntas nos paramentos exteriores do cais da Ponta do Sol.....	108
Figura 82: Pavimentação em calçada madeirense com estereotomia pretendida.....	109
Figura 83: Colocação de cantarias	109

Índice de Quadros:

Quadro 1: Mapa de planificação das actividades do estágio	5
Quadro 2: Níveis de maré locais (IH)	10
Quadro 3: Agitação ao Largo em Machico (SRES, 2007)	11
Quadro 4: Módulos da construção do cais existente	14
Quadro 5: Resumo das intervenções previstas pelo PE.....	33
Quadro 6: Densidades de colocação previstas pelo PE	39
Quadro 7: Dimensões dos blocos Antifer de 7.5t e 15t	40
Quadro 8: Restrições da grua sobre rastros terrestre na translação em superfícies inclinadas	81
Quadro 9: Situação de exemplo de metodologia de monitorização de um dia de pré-fabricação.....	93

Índice de Gráficos:

Gráfico 1: Nível de deterioração do betão ao longo do tempo	23
Gráfico 2: Capacidade da grua sobre rastros terrestre com a lança de 36.60m.....	51
Gráfico 3: Capacidade da grua sobre rastros terrestre com a lança de 42.60m.....	51

Abreviaturas

NMM – nível médio das águas do mar

PM (máx) – preia-mar máxima

BM (mín) – baixa-mar mínima

PM – preia-mar

BM – baixa-mar

IH – Instituto Hidrográfico

SRES – Secretaria Regional do Equipamento Social

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PE – Projecto de Execução

MDJ – Memória Descritiva e Justificativa

TOT – Enrocamento de “todo o tamanho”

ZH – Zero hidrográfico

Simbologia

m – Metros

n° - Número

cm – Centímetros

kN – Kilonewtons

km – Quilómetros

kg – Quilogramas

ton – Toneladas

d – Densidade

P - Peso

M – Massa

g – Aceleração gravítica

m² – Metros quadrados

I – Impulsão

V - Volume

Capítulo 1: Introdução

1.1. Enquadramento no tema

O estágio em questão iniciou-se no final de Fevereiro de 2019 na empresa ETERMAR – Engenharia e Construção, ao abrigo do Protocolo de Estágio entre esta organização e o ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

A Etermar é uma empresa com enorme afluência de obras marítimas realizadas ao longo dos últimos 50 anos, tornando-se inquestionavelmente numa das empresas portuguesas melhor equipadas nesse tipo de actividade.

Um dos principais focos durante o estágio foi o acompanhamento da empreitada de Reabilitação do Cais de Machico que se trata, em termos objectivos e gerais, de um aumento de capacidade do manto protector.

As intervenções em causa, previstas conforme o Projecto de Execução, baseiam-se no facto de ser necessário melhorar a capacidade de protecção do manto protector do molhe-cais, fazer as reparações ao que tem evidências de danos que poderão vir a criar maiores prejuízos à estrutura e também minimizar a reflexão das ondas que pudessem ter consequências de maior no futuro.

Uma vez que se trata de uma obra marítima, importa avaliar em detalhe quais são os melhores procedimentos para a intervenção. As primeiras decisões podem constituir um diferencial significativo em termos de custos para o empreiteiro, nomeadamente, a intervenção por via marítima, por via terrestre ou mista (quando o Caderno de Encargos não exigir algum condicionamento).

Para interpretar as considerações assumidas pelo projecto de execução, é realizado um estudo de revisão bibliográfica e de modos de dimensionamento acerca deste tipo de estruturas, possibilitando constituir uma análise crítica mais consistente, uma vez que este TFM está ao abrigo da área de especialização de Edificações.

Foi possível um estudo sobre a constituição de mantos protectores, com diversas actividades como: pré-fabricação de unidades Antifer, alcances de grua, logística, planeamento, controlo de custo, entre outros.

1.2. Objectivos do Estágio

Como já foi referido, um dos principais focos durante o estágio trata-se do acompanhamento da empreitada de reabilitação do cais de Machico, onde é realizada uma interpretação do projecto de suporte à intervenção e acompanhamento dos trabalhos propriamente ditos.

Conforme anteriormente mencionado, o estágio terá uma duração mínima prevista de 6 meses e, em termos gerais, consistirá nas seguintes etapas:

- Formação específica em obras marítimas, nomeadamente, portos e quebra-mares;
- Metodologias de preparação de uma empreitada;
- Acompanhamento dos trabalhos;
- Análise detalhada de cada actividade de um projecto de execução nas várias fases da empreitada (nomeadamente, preparação da empreitada, pré-fabricação de elementos Antifer, reperfilamento do manto protector, dragagens e regularizações de fundos, trabalhos de reparação em zonas com betão armado danificado e/ou deteriorado pela acção do mar);
- Estudo e desenvolvimento dos processos construtivos, onde serão apresentadas soluções através de peças escritas e desenhadas;
- Estudo de construção de raiz de pré-fabricação de caixotões até ao seu assentamento;
- Modos de abordagem de tratamento de todas as peças escritas e desenhadas de um projecto;
- Metodologias do processo de controlo de custo e “re-orçamentação” de uma empreitada;
- Compreensão de enquadramento estratégico de uma empreitada numa área geográfica e no seu meio macroeconómico;

Os pontos mencionados anteriormente serão alvo de possíveis sobreposições entre eles e, portanto, foram ajustados de forma integrada em função do decorrer dos trabalhos previstos e não previstos na empreitada.

Pretende-se com o estágio consolidar vários conhecimentos teóricos que ao longo do curso de Engenharia Civil nas várias unidades curriculares, parte delas no ramo de Edificações e, simultaneamente adquirir conhecimentos teórico-práticos sobre empreitadas marítimas, desde

a fase de preparação da obra até à sua execução, ou seja, a materialização daquilo que foi projectado.

Uma componente fundamental a ter em conta no âmbito deste capítulo, é referir que a compreensão do enquadramento do relacionamento entre as entidades associadas a uma obra, onde no presente caso o Dono de Obra é a APRAM – Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A., tornou-se inevitavelmente um foco durante o estágio.

1.3. Metodologia

As metodologias adoptadas consistiram essencialmente em um registo quinzenal, com análise crítica e construtiva, sobre os assuntos que foram surgindo ao longo do tempo do estágio, recorrendo sempre a auxílio de uma pesquisa criteriosa sobre os mesmos.

A interpretação do projecto de execução, das primeiras inspecções visuais e dos primeiros levantamentos constituem informação relevante que carece de tratamento. Assim sendo, esse estudo tem naturalmente alguma incidência nas diferentes possíveis hipóteses de mobilização de equipamento disponível, nos processos construtivos a adoptar, entre outros. Nesse sentido proceder-se, não só numa fase inicial (antes do início da empreitada), como também ao longo da empreitada, a um estudo de forma a ajustar as actividades da forma óptima.

Assim sendo, o documento da TFM tem um foco sistemático e integrado, de modo a ser possível proceder a uma análise crítica que avalie as possibilidades utilizadas ou não durante uma empreitada desta natureza.

1.4. Estrutura do Documento

Este TFM com formato de relatório de estágio, apresenta a seguinte constituição:

Capítulo 1 – Introdução

- Enquadramento no tema;
- Objectivos do estágio;
- Metodologia;
- Descrição da estrutura do documento;
- O Estágio;
- Descrição da organização (ETERMAR).

Capítulo 2 – Quebramares com Caixotões

- Enquadramento histórico;
- Principais tipos e funções e obras significativas em Portugal;
- Função dos Quebramares;
- Pré-Dimensionamento de Quebra-mares;
- Pré-Dimensionamento de Caixotões.

Capítulo 3 – O Empreendimento

- Localização do Molhe-Cais;
- Enquadramento Histórico;
- Principais características do Molhe-Cais;
 - Configuração Geométrica
 - Inspeções visuais – estado antes da intervenção

Capítulo 4 – O Projecto

- Condições Locais e Agitação Marítima:
 - Enquadramento Geográfico local;
 - Estudo hidrográfico local;
 - Regime de marés e Agitação marítima local;
 - Onda de Projecto – Altura de onda significativa (Hs).
- Dimensionamento dos Blocos;
- Análise das considerações assumidas pelo projecto de execução;
- Objectivos:
 - Descrição do projecto;
 - Caracterização do estado actual do cais de Machico;
 - Descrição da inspeção visual e conformidade com o Projecto de Execução;

Capítulo 5 – A Empreitada

- Pressupostos e condicionantes;
- Descrição do principal equipamento;
- Programa de trabalhos:
 - Descrição dos trabalhos;

- Análise Crítica das possíveis soluções construtivas em diversas actividades ao longo da empreitada;
 - Compatibilização das actividades;
- Acompanhamento dos trabalhos.

1.5. Estágio

Conforme mencionado, o estágio tem uma duração mínima prevista de 6 meses, no qual foram ajustadas as diversas actividades em compatibilização com o presente documento, conforme ilustra o Quadro 1.

Actividade	1º Mês		2º Mês		3º Mês	
	1ª Quinzena	2ª Quinzena	3ª Quinzena	4ª Quinzena	5ª Quinzena	6ª Quinzena
Estudo do Projecto						
Planeamento e Preparação das Actividades a desenvolver						
Estudo e Optimização dos Processos Construtivos						
Execução e Observação dos resultados em Obra						
Tratamento de Informação						
Elaboração de Documento Final						
Actividade	4º Mês		5º Mês		6º Mês	
	7ª Quinzena	8ª Quinzena	9ª Quinzena	10ª Quinzena	11ª Quinzena	12ª Quinzena
Estudo do Projecto						
Planeamento de Actividades a desenvolver						
Estudo e Optimização dos Processos Construtivos						
Execução e Observação dos resultados em Obra						
Tratamento de Informação						
Elaboração de Documento Final						

Quadro 1: Mapa de planificação das actividades do estágio

A primeira actividade assentou num estudo pormenorizado e de interpretação do projecto global disponibilizado à priori pelo Dono de Obra, APRAM, S.A. (Administração de Portos da Região Autónoma da Madeira), onde se pode verificar todos os requisitos a satisfazer em conformidade. Assim sendo, existem várias subactividades associadas às obras marítimas e aos aspectos da engenharia e da actividade. Nesta fase também foi possível compreender parte da logística inerente à fase de concurso.

As principais etapas/actividades desta empreitada consistem no seguinte:

- Pré-fabricação de blocos Antifer de 15 ton;
- Retirada de blocos Antifer de 7,5 ton a fim de rearranjar a camada de regularização de enrocamento;
- Criação da “pista” de trabalho para a grua de rastos para trabalhar em terra;
- Transporte terrestre/marítimo dos blocos;
- Colocação dos blocos;
- Reabilitação de elementos estruturais em betão danificados;
- Reabilitação de elementos metálicos danificados;

Um dos objectivos fundamentais do estágio está intrínseco na possibilidade de incluir conhecimentos acerca da metodologia adoptada pela organização Etermar, como dinâmicas de equipa e conhecimento de funções, não se prendendo rigidamente com a empreitada propriamente dita.

Portanto, para além da já descrita empreitada que dá nome ao TFM, foram também realizados trabalhos fora desse âmbito, nomeadamente noutras empreitadas a decorrer em paralelo na região.

A empreitada de Reabilitação da Lota do Funchal, durante os meses associados a este estágio, teve como alvo de intervenção essencialmente a demolição do edifício e do cais e, posteriormente, da reconstrução do cais. O cais foi construído em peças pré-fabricadas de betão armado e a sua construção exigiu um paralelismo sincronizado com a futura arquitectura e cotas da estrutura do edifício a construir.

Além disto, foram ainda realizados trabalhos de armação de ferro e betonagens de ensoleiramento geral, algumas vigas e pilares.

Outra empreitada com especial relevância de acompanhamento ao longo do estágio foi a Reabilitação do Cais da Ponta do Sol que teve como principais trabalhos:

- Execução de calçada madeirense (calhau rolado) com várias estereotomias diferentes;
- Repavimentação da zona do cais e outras zonas, com a aplicação de betão C50/60, XS3(P), Dmáx 8mm, pigmentado (cor preta), com acabamento em sarrisca lavada;
- Diversos trabalhos de execução de corte e colocação de cantarias em degraus e capeamentos.
- Execução de refechamento/preenchimento de juntas com argamassas de cal e cimento de elevada resistência mecânica;

Além dessa empreitada, também foram realizadas actividades na Recuperação da Levada do Norte - Lanço Sul e na Reabilitação da Fachada Poente Do Forte de Nossa Senhora da Conceição no Porto do Funchal.

1.6. Descrição da Organização (Etermar)

A Etermar, S.A. foi fundada em 1968 e é nos dias que correm uma das mais experientes empresas no sector das obras marítimas em Portugal, tendo no seu vasto portefólio inúmeras empreitadas realizadas, algumas delas com base em projectos derivados da sua autoria.

A considerável experiência e competência técnica dos seus quadros e a sua preocupação em desenvolver e aperfeiçoar as soluções construtivas, têm conduzido a empresa a privilegiar o equipamento marítimo flutuantes, pelo que tem desenvolvido um interessante leque de soluções para adaptar a cada caso, onde algumas dessas unidades têm características técnicas únicas em Portugal.

A empresa tem desenvolvido um modelo de gestão que tem como objectivo uma melhoria contínua, tendo diversificado estrategicamente a sua actividade, chegando a actuar com sucesso em áreas como construção de barragens e redes de irrigação ou em importantes projectos de saneamento básico e construção de aterros sanitários.

Mais recentemente, grande parte da sua actividade tem passado pelos chamados emissários submarinos, tendo conseguido manter uma significativa posição de competitividade em termos internacionais nesse tipo de obra ao longo dos últimos anos.

A empresa é sediada em Setúbal, onde dispõe das suas instalações de escritórios, serviços oficiais de electromecânica, carpintaria, serralharia, e ainda do seu estaleiro marítimo, situado no estuário do Sado, para manutenção dos equipamentos, e também para reparação e construção naval.

A gestão da qualidade e o controlo dos seus serviços prestados são o principal foco da empresa, de modo a garantir a maior satisfação possível do Cliente, e conjugado com o melhor resultado económico possível. A nível interno a empresa tem vindo a desenvolver o sistema normativo de gestão integrada, com particular destaque para a área da Segurança Higiene e Saúde no Trabalho.

Capítulo 2: O Empreendimento

2.1. Considerações Gerais

No presente capítulo faz-se uma análise preliminar do empreendimento, para permitir conhecer melhor o objecto de estudo sob diversas perspectivas, nomeadamente no que se refere ao seu enquadramento geográfico, condições de acção marítima na zona, condições de exposição e análise de envolvimento, constituição geométrica base e suas evoluções, ao seu histórico e historial de solicitações ocorridas com danos, entre outros.

Compreender a história do cais permite compreender as razões da sua construção e posteriores prolongamentos em termos de necessidades e, assim, adquirir maior sensibilidade para as intervenções a realizar.

Quanto a conhecer o seu historial, leva-nos naturalmente a compreender ao que o levou ao estado actual em termos de danos, o que é fundamental para intervir da forma mais eficaz possível em sintonia com a fiscalização da obra.

Nesse sentido, numa fase inicial, foram realizadas várias inspecções visuais, por forma a compreender as problemáticas do objecto de estudo e, então, conseguir ligar de forma mais criteriosa o próprio projecto e os seus objectivos à realidade.

2.2. Localização do Molhe-Cais

O molhe-cais localiza-se na Região Autónoma da Madeira, mais concretamente na baía de Machico, como se pode constatar na *Figura 1*.

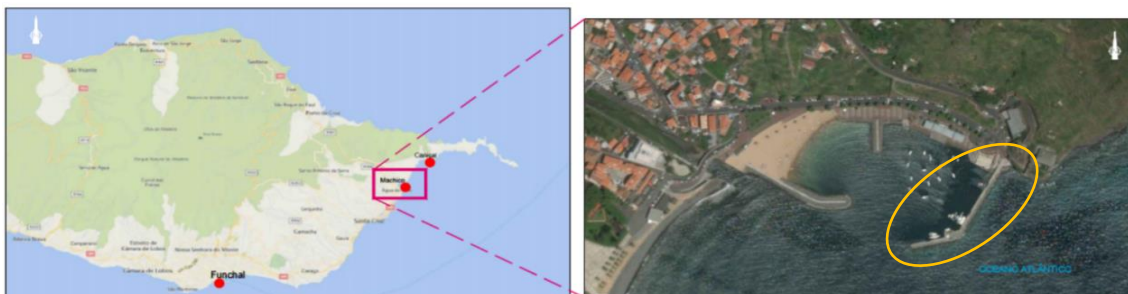


Figura 1: Planta de localização e vista aérea do Cais de Machico (PE)

Como é possível constatar na *Figura 1*, o cais localiza-se numa das zonas mais expostas da baía de Machico.

O molhe-cais de Machico tem muita relevância em termos socioeconómicos, não só pela importante actividade piscatória local, como também pelo facto de servir de abrigo para uma zona bastante abrangente da baía. Além disso, o cais tornou-se uma das zonas de lazer do município, dado importante a ter em conta na gestão da obra.

Em relação ao enquadramento de marés da região, seguem-se as condições naturais seguintes, na *Quadro 2*, retiradas do Instituto Hidrográfico:

Níveis de Maré:	
PM (máx)	+2,80 m/ZH
NMM	+1,40 m/ZH
BM (mín)	+0,10 m/ZH

Quadro 2: Níveis de maré locais (IH)

Estes dados têm uma influência muito grande no que diz respeito ao dimensionamento de estruturas portuárias, especialmente em termos de cota de coroamento, dimensionamento de elementos para o manto de protecção, entre outras componentes (Pita, 1986).

As situações mais problemáticas ocorrem nos casos em que se dá ondulação proveniente do sentido sul e sudoeste, como se poderá observar adiante pelos dados recolhidos pela Secretaria Regional dos Equipamentos Sociais (SRES), no *Quadro 3*.

Podem notar-se os valores de altura significativa para os vários períodos de retorno, tendo em conta as direcções de proveniência. A partir dos dados recolhidos, pode-se afirmar que os valores de sudoeste não têm uma frequência significativa, no entanto, quando ocorrem condições adversas, caso não existisse o prolongamento, a zona abrigada estaria em condições vulneráveis.

Observe-se então os dados de agitação ao largo (clima de valores extremos), previamente definidos para o projecto da Zona Balnear de Machico, realizado pela PLANEGE para a SRES em 2007, e nos quais o Projecto de Execução se baseou para fazer as considerações necessárias inerentes ao dimensionamento dos blocos, que se apresentam no quadro seguinte:

ILHA DA MADEIRA (Costa Sul)			
Período de Retorno (anos)	Agitação Marítima ao Largo Valores extremos de Hs em metros		
	SW	S	SE
10	5,1	4,9	3,0
25	5,6	5,7	3,4
50	6,1	6,4	3,8
100	6,5	7,0	4,1

Quadro 3: Agitação ao Largo em Machico (SRES, 2007)

Podem-se notar os valores de altura significativa para os vários períodos de retorno, tendo em conta as direcções anteriormente referidas. Portanto, os valores de sudoeste não são muito frequentes, mas quando aparecem, caso não existisse o prolongamento, a zona abrigada estaria em condições vulneráveis.

O caso da ocorrência de ondulação proveniente de Sudeste não é uma situação tão problemática, uma vez que existe um obstáculo – um cabo na zona costeira a Este de Machico –, como se observa na Figura 2: Cabo a Oeste do Cais de Machico *Figura 2*.



Figura 2: Cabo a Oeste do Cais de Machico

2.3. Enquadramento histórico do Molhe-Cais

Importa fazer um breve enquadramento histórico do cais, para se compreender a constituição em termos estruturais, as suas cedências e as funções a que se destinou ao longo do tempo.

O cais de Machico foi construído em três fases nestes últimos 20 anos. Até quase ao ano 2000 existia apenas um esporão em alvenaria e não havia abrigo nesta zona pois a extensão do cais era residual face à configuração actual. Posteriormente, foi construída a estrutura de caixotões em betão armado com manto protector, embora não tenham sido os 150 metros actuais. Pouco tempo depois, sensivelmente entre 2001-2002 foi feito um prolongamento adquirindo a configuração hoje existente.

Note-se na *Figura 3*, que se evidencia logo no troço inicial do cais, fases diferentes de construção com processos construtivos de épocas diferentes.

Nomeadamente, pode-se observar que o primeiro troço é constituído por alvenaria que embora esteja rebocada, é possível notar-se na zona assinalada. Existe um troço em aduelas, onde é possível que tenham sido preenchidas com areia, enrocamento ou ambos. A partir de então até à cabeça o cais é constituído por caixotões.

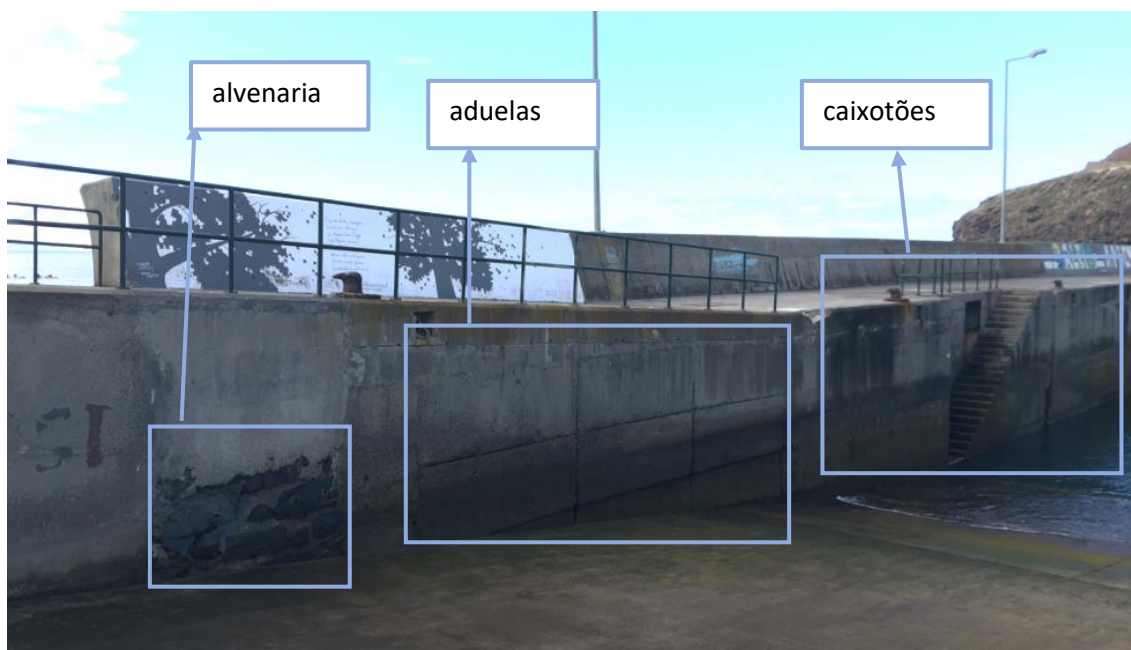


Figura 3: Evidências de diferentes fases e processos construtivos

Faça-se agora um enquadramento histórico em termos das funções do molhe-cais ao longo dos anos. Depois do esporão em alvenaria que servia essencialmente de apoio às

actividades piscatórias, construiu-se -se o molhe-cais com caixotões para fazer protecção das zonas próximas do mar e para proporcionar condições nestas zonas costeiras.

Posteriormente, começou-se a atracar cada vez mais embarcações no lado abrigado do cais, tendo-se inclusive construído a marina que está abrigada pelo molhe-cais. Então, surgiu a necessidade do prolongamento do cais, pois quando surgia ondulação no sentido sul e sudoeste esta zona abrigada, deixava de o ser, com a ocorrência de galgamentos.

Agora, pretende-se melhorar a capacidade de protecção do manto protector do molhe-cais e fazer as reparações ao que tem evidências de danos que poderão vir a criar maiores prejuízos à estrutura e aos utentes.

2.4. Principais características do Molhe-Cais

2.4.1. Configuração Geométrica

Antes de se passar a uma análise mais detalhada do projecto de execução e da própria empreitada, importa enquadrar algumas informações recolhidas sobre o molhe-cais quanto às características geométricas e identificação das zonas mais vulneráveis.

O molhe-cais tem cerca de 150 metros de comprimento, com largura variável, ou seja, não completamente uniformes em todas as secções, com média a rondar os 5,75 metros.

Tal como se pode observar na *Figura 4*, a partir da cabeça do cais, existem três caixotões com dimensões iguais. Depois, existe um caixotão intermédio com configuração geométrica distinta dos restantes, moldando a zona mais larga do cais e moldando a mudança do alinhamento. Já a montante, os caixotões mantêm uma dimensão regular.

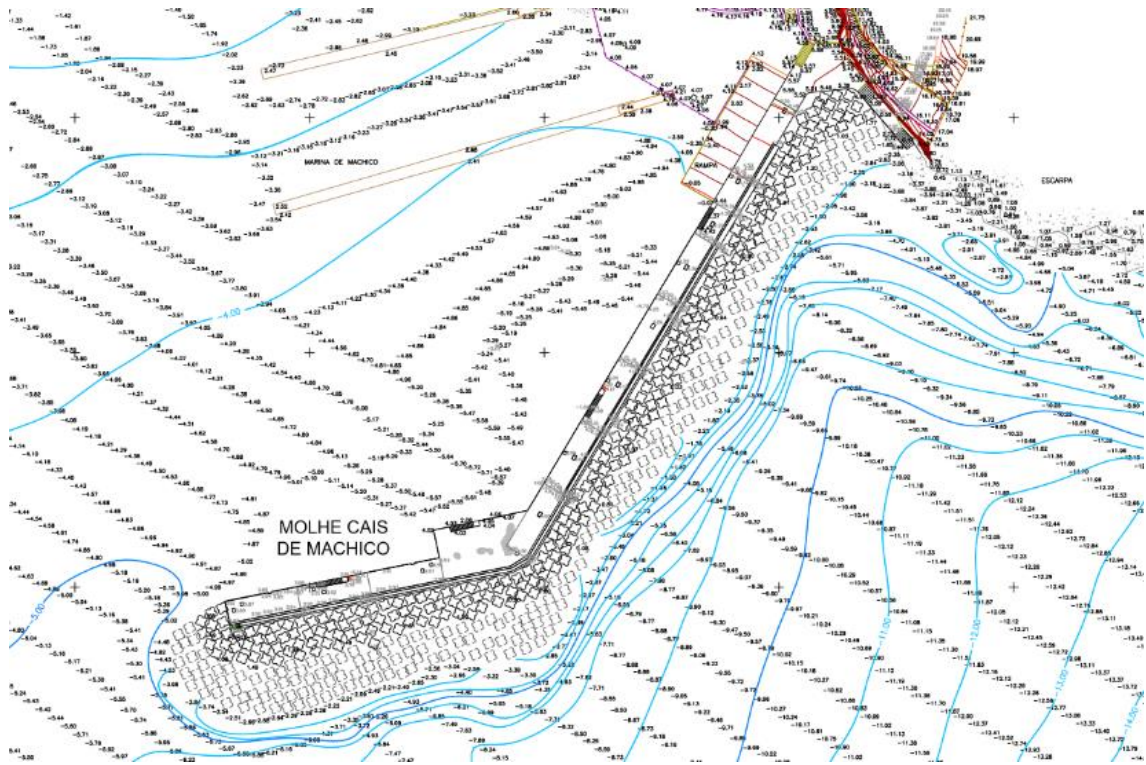


Figura 4: Planta do Molha-Cais de Machico (PE)

Note-se na *Figura 4* as juntas dos caixotões a cinza. Em síntese, por módulos, tem-se o seguinte:

Módulo:	Descrição:
Módulo nº1	Caixotão da cabeça do cais
Módulo nº2	Caixotão do tronco
Módulo nº3	Caixotão do tronco
Módulo nº4	Caixotão do intermédio que define mudança de alinhamento
Módulo nº5	Caixotão do tronco
Módulo nº6	Caixotão do tronco
Módulo nº7	Caixotão do tronco
Módulo nº8	Caixotão do tronco
Módulo nº9	Caixotão do tronco
Módulo nº10	Aduelas
Módulo nº11	Zona a montante construída em alvenaria

Quadro 4: Módulos da construção do cais existente

Quanto à composição dos elementos identificados, nomeadamente os caixotões são em betão armado e, no interior, são preenchidos com enrocamento todo-o-tamanho (TOT). Já a função do muro-cortina é a minimização de eventuais galgamentos.

A fundação, é composta por um prisma de enrocamento regularizado, onde assentam os caixotões.

Naturalmente que as já referidas aduelas são elementos em betão armado, encaixam-se umas nas outras e, como é comum ao processo construtivo destes elementos, para consolidar a sua capacidade resistente, os vazios são preenchidos com areia e/ou enrocamento.

Realça-se ainda o facto de, à data anterior à consignação não haver certeza em relação a vários dados fornecidos pelo Projecto de Execução, nomeadamente, quanto à cota do cais, do muro-cortina, da existência e características da vala de espera, entre outros. Posteriormente, no *Capítulo 3*, é feito um tratamento dos dados e dos levantamentos topo-hidrográficos realizados, de modo a serem reunidas essas informações com maior precisão no contexto da geometria do cais e talude.

2.4.2. Inspeções visuais – estado antes da intervenção

Numa fase primordial, como aliás já foi anteriormente referido, foram feitas inspeções visuais ao local, de modo a averiguar condições de trabalho, estudo de estaleiro, logística, preparação de obra, medições e estudo de detalhes que pudessem vir a facilitar os processos construtivos.

Em síntese, através das inspeções visuais, verificou-se o seguinte:

- Talude de protecção tem danos evidentes, com movimento de blocos e com tendência a agravar;
- Vala dragada ou “vala de espera”, ou seja, o pé do talude, não detectável sem recurso a trabalhos de mergulho ou outros;
- Geometria do manto de protecção junto à cabeça parece comportar-se pior do que no tronco;
- O conhecimento das quantidades, quanto ao número de elementos Antifer de 7,5 ton existentes no local, depende da cota de fundo e, portanto, não são possíveis de conferir;
- Nas zonas emersas do talude, o número de camadas do manto varia entre 0 e 3, isto é, há zonas onde já há enrocamento à vista e há zonas onde contém 3 blocos na camada;

- Juntas de dilatação com danos evidentes;
- Muro-cortina com danos evidentes e corrosão das armaduras;
- Cedência de caixotão;

Uma das visitas ao local foi realizada no dia 22 de Março, com uma baixa-mar de 0,3m decorrida às 8h43min ($BM_{\min} = 0,1\text{ m}$). Ao se observar a *Figura 5*, é possível perceber qual a geometria do manto de protecção em zona emersa – estado do manto existente em fase anterior ao início da empreitada.



Figura 5: Fotografia do manto de protecção antes de intervenção numa BM

Ao se observar a *Figura 5*, verifica-se que o manto de protecção existente, antes de ser intervencionado, está "desmanchado". Esta situação ocorre com frequência quando a configuração do manto inicial é “desarrumada” e irregular (conforme o presente apresenta evidências) ao invés de “arrumada” (Frens, 2007).

Note-se na *Figura 6* a existência de um esporão que está sobre as mesmas condições locais, ainda que parcialmente abrigado pelo próprio molhe-cais em estudo, pelo que se torna interessante fazer uma relação entre os comportamentos de ambos os casos.

Neste caso, os blocos Antifer de dimensão semelhante estão colocados de forma “arrumada” e regular na cabeça do cais. Já o tronco é composto por enrocamento de grande dimensão.



Figura 6: Esporão da Zona Balnear de Machico

Uma vez que o esporão não apresenta evidências de ter sido feitas intervenções desde a sua construção, pode-se afirmar que estas estruturas, nesta zona, se comportam melhor quando a disposição é “arrumada” e regular em termos de estabilidade. No entanto, é necessário ter em conta os galgamentos, fenómeno mais provável de ocorrer quando a disposição apresenta tais características (Frens, 2007).

Portanto, pode-se afirmar que há vantagens e desvantagens no modo de dispor os blocos Antifer no manto de protecção que têm de ser analisados consoante o caso.

Embora na *Figura 5* suscite a ideia de que o manto de protecção se comporta de forma adequada, na *Figura 7*, é possível notar que a variação da maré e a ondulação podem trazer implicações de maior, como aliás era de esperar, uma vez que o próprio objectivo fundamental da empreitada é a intervenção no talude.



Figura 7: Fotografia do manto de protecção numa PM

Quando ocorrem situações adversas, isto é, quando a altura de onda e o período de onda solicitam o talude em casos desfavoráveis, os blocos Antifer dispostos de forma irregular e “desarrumada” tendem a perder a configuração com frequência, com espalhamento dos mesmos.

Embora nesta fase ainda não se tivesse procedido a trabalhos de mergulho, foi possível identificar em algumas zonas um número significativo de blocos espalhados ao longo do fundo em zonas até exteriores ao suposto pé do talude, área onde começa o manto protector – situação visível na *Figura 8*.



Figura 8: Fotografia com mancha do talude de protecção

Contrariamente àquilo que seria expectável, como aliás comumente acontece, a geometria da protecção junto à cabeça não responde melhor à acção marítima (*Figura 9*), do que os troços do tronco. Este fenómeno, tanto pode ter que ver com o facto de os blocos Antifer terem sido arrastados em condições adversas para outras zonas, como também pelo facto de o manto e sub-manto terem a mesma composição do tronco, quando, por norma, a cabeça é mais solicitada (USACE, 2011).



Figura 9: Manto de Protecção junto à cabeça do cais

Pôde-se observar degradação importante em várias juntas entre caixotões, como se pode constatar nas *Figura 10*.



Figura 10: Juntas dos caixotões degradadas

Foram identificadas anomalias nas juntas verticais do molhe-cais, em particular três delas com dimensões significativas, superiores a 20cm com importante passagem de água entre lado exposto e abrigado do cais (ver *Figura 11*).



Figura 11: Junta com passagem de água importante

Em relação às juntas verticais entre caixotões, observaram-se danos evidentes, com assentamentos diferenciais e até mesmo uma cedência ao derrubamento e deslizamento do caixotão (ver *Figura 12*).



Figura 12: Evidências de cedência do caixotão – módulo nº6

Os danos mais graves, onde ocorreram deslocamentos diferenciais de caixotões, podem ter que ver com vários factores em simultâneo. Um dos factores, pode ter sido o facto de onde essa junta se localiza ter caixotões colocados em fases distintas devido ao prolongamento do molhe-cais, traduzindo-se em cedências diferentes da fundação. Outra, poderá ser pelo facto de

após solicitações de tempestades ocorridas no local, ao ter as fundações mais vulneráveis, o caixotão acabou por ceder.

Os danos significativos no troço junto ao enraizamento são provavelmente devidos à reflexão das ondas na falésia rochosa com inclinação extremamente acentuada a sul do molhe-cais, onde o talude ao fim ao cabo está sujeito à energia dessas ondas reflectidas na falésia rochosa, para além da acção das ondas normal a que estará sempre sujeito.

A acumular a essa situação, a existência do chamado "Cais antigo" no enraizamento ainda acentua mais o fenómeno, trazendo uma agravante na probabilidade de galgamento. Observe-se a *Figura 13*.



Figura 13: Cais Antigo e falésia onde há reflexão das ondas para o talude em temporais

Assim, dá-se o fenómeno de reflexão das ondas para o talude do molhe-cais, com os danos consequentes de haver uma massa de água ainda maior.

Outra situação que se pôde constatar foi o facto de o muro-cortina apresentar danos acentuados quanto à corrosão de armaduras (ver *Figura 14*).



Figura 14: Evidências de corrosão das armaduras no muro-cortina

Esta situação ocorre em grande parte do comprimento do cais, como se pode observar na *Figura 15*.



Figura 15: Armaduras corroídas ao longo do muro-cortina do cais

Este fenómeno deve-se não só à solicitação marítima, agente agressor de relevância, mas sobretudo ao fenómeno da diminuição do pH do betão ao longo do tempo por despassivação das armaduras. Quando o pH desce para valores inferiores a 10, ou o teor de cloretos ultrapassa o valor crítico, ocorre a destruição da película passiva, devido aos fenómenos de carbonatação (penetração de dióxido de carbono no betão) e intrusão de cloretos no betão. Nessa fase (*Gráfico 1*) inicia-se o mecanismo da corrosão (Costa, 1999).

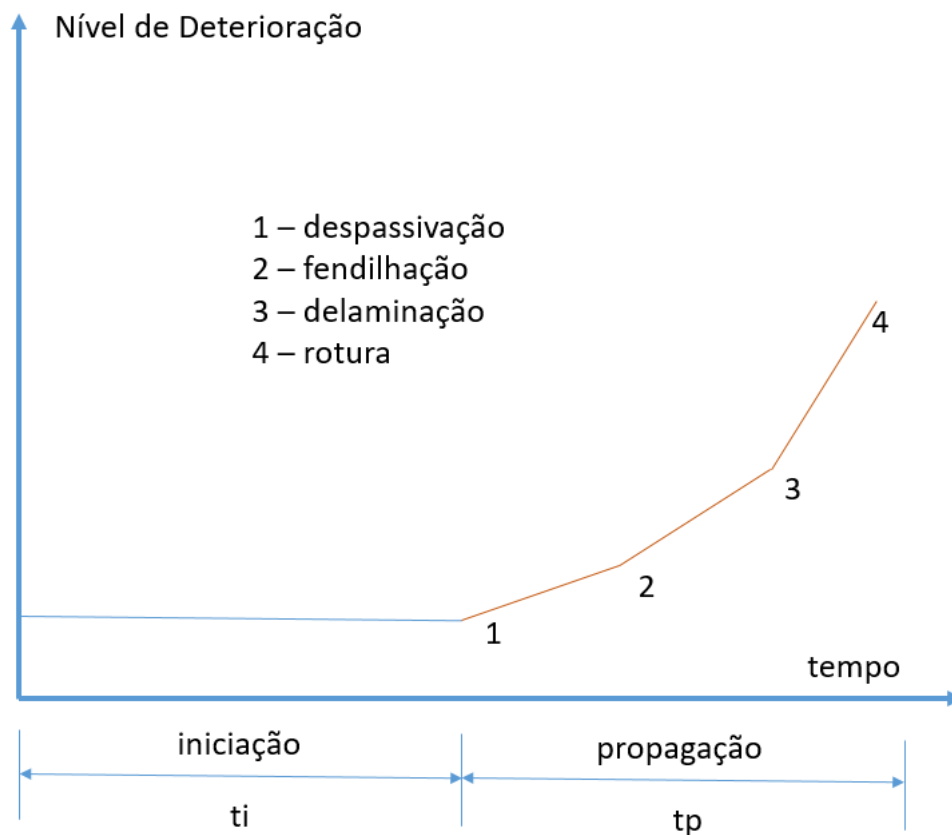


Gráfico 1: Nível de deterioração do betão ao longo do tempo

O desenvolvimento da deterioração no tempo tem significado a partir do ponto no qual se inicia o período de propagação. Nesse instante os elementos que dão origem à corrosão são essencialmente o oxigénio e água.

O mecanismo da corrosão é um processo electroquímico, ou seja, reacções químicas e correntes eléctricas. A corrosão ocorre devido à existência de zonas de armadura despassivadas (ânodos), zonas da armadura com acesso ao oxigénio (cátodos), onde o condutor eléctrico é a armadura e o electrólito é o betão.

Estas reacções que se processam junto à armadura são muito expansivas, dando origem a aumento de volume nessas zonas, criando tensões internas. Consequentemente, dão-se os fenómenos de delaminação e de fendilhação do betão.

Capítulo 3: O Projecto

3.1. Objectivos da empreitada

O estado actual de conservação do molhe-cais de Machico constitui uma preocupação por parte dos utentes directos e outros intervenientes indirectos que justifica uma intervenção na estrutura.

Face à frequência de galgamentos e das evidentes e visíveis perturbações solicitadas pela agitação marítima na estrutura de caixotões, a solução proposta pelo projecto de execução resume-se a um reperfilamento com aumento do peso dos blocos na camada superior.

Pretende-se reforçar e reabilitar partes da estrutura de modo a evitar que haja uma perda de funcionalidade da mesma, ou que se deixe agravar a ponto de se ter de intervir de forma mais intrusiva e dispendiosa, com todas as consequências associadas.

Assim sendo, as intervenções previstas no Projecto de Execução são, em termos gerais, as seguintes:

- Reperfilamento do Manto Protector: para protecção face à acção marítima na zona, serão realizados reperfilamentos, com reforço da camada superior, isto é, colocação de blocos de 15 ton;
- Intervenções de reabilitação e reparação localizadas: enchimento com betão de fendas e juntas com espessuras importantes, reparação de betão danificado, substituição de tampas de visita e reparação de guarda-corpos.

De seguida, observe-se a planta de implantação do novo manto de protecção (*Figura 16*), de certo modo, coincidente com o existente:

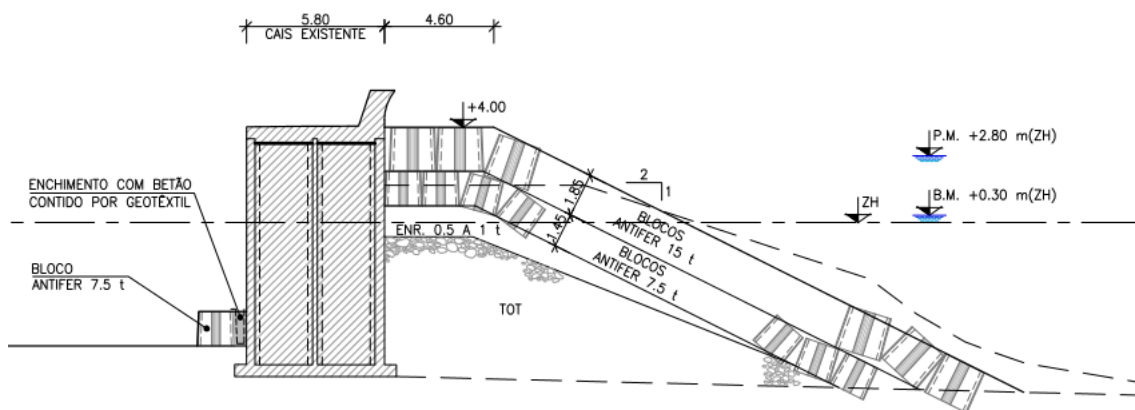


Figura 17: Perfil-tipo do manto protector após intervenção de reperfilamento

Quanto aos elementos a colocar, pode-se retirar então que esta solução passará pelo aumento da dimensão dos blocos Antiferes na camada superior de 7,5 ton para elementos com 15 tons.

Note-se que, relativamente ao sub-manto, o objectivo passa por reaproveitar os blocos de 7,5 ton das camadas já existentes para rearranjá-lo como base de assentamento que guie a camada superior à inclinação do talude desejada, de 2(h):1(v).

A restante quantia dos Antiferes de 7,5 ton que, segundo as quantidades de projecto indicam que irá sobrar, intenciona-se que tenham vários destinos distintos:

- ❖ Base do cais do lado abrigado, no alinhamento longitudinal, com o intuito de solucionar face à ausência de um prisma de enrocamento de protecção nessa zona;
- ❖ Encaminhado para estaleiro do Dono de Obra, em Santa Cruz, para reaproveitamento em outros trabalhos independentes da presente empreitada;
- ❖ Auxílio aos trabalhos da grua de rastos terrestre;
- ❖ Colocação junto à base do cais, pelo lado interior, previsto também pelo PE;

Ainda na *Figura 17*, pode-se observar o que é pretendido no lado abrigado do cais. Junto à base do caixotão, onde será colocada uma fiada de blocos Antifer de 7,5ton após serem movimentados do manto existente.

Esta solução serve para fazer face às infraescavações que ocorrem junto à base do caixotão, especialmente quando os fundos são compostos por areia (Pita, 1986).

O processo construtivo passa por criar essa fiada de forma a servir de cofragem perdida e, posteriormente, proceder ao preenchimento com por betão. Assim, é cumprido o objectivo de aumentar a estabilidade face ao deslizamento e derrubamento dos caixotões.

O “cais antigo”, localizado na base da falésia na zona nascente da baía de Machico, próximo do troço inicial do tronco do lado exposto, embora já não seja utilizado nos dias que correm para a sua função inicial, há uma intenção de se preservar como memória histórica de Machico.

Então, com o objectivo de minimizar os danos que da sua existência possam resultar devido à reflexão das ondas para o talude do molhe-cais, foi apresentada no PE a solução de reforço que passa pela construção de um recife submerso na proximidade desse “cais-antigo” cujos efeitos resultantes, da rebentação e a própria altura máxima da onda, ficam limitados por uma diminuição da energia reflectida (USACE, 2011).

Em termos práticos e objectivos, esta solução de reforço da capacidade resistente do talude consiste na criação de um recife com a composto de duas camadas, ambas com blocos de 15 ton.

A planta de enquadramento do cais antigo, assim como a configuração do descrito, podem ser consultados com maior detalhe no *ANEXO nº1: Peças desenhadas do PE*.

Em relação ao estado actual do manto existente, fase anterior a qualquer intervenção, o PE também contém informações relevantes nas peças desenhadas que proporcionam uma análise da actual configuração do mesmo, à priori de quaisquer intervenções.

Seleccionam-se dois perfis distintos, localizados conforme indica a *Figura 18*: um do troço final e outro pertencente ao tronco da zona mais comprida, nomeadamente o corte 2 e 6, *Figura 19* e *Figura 20*.

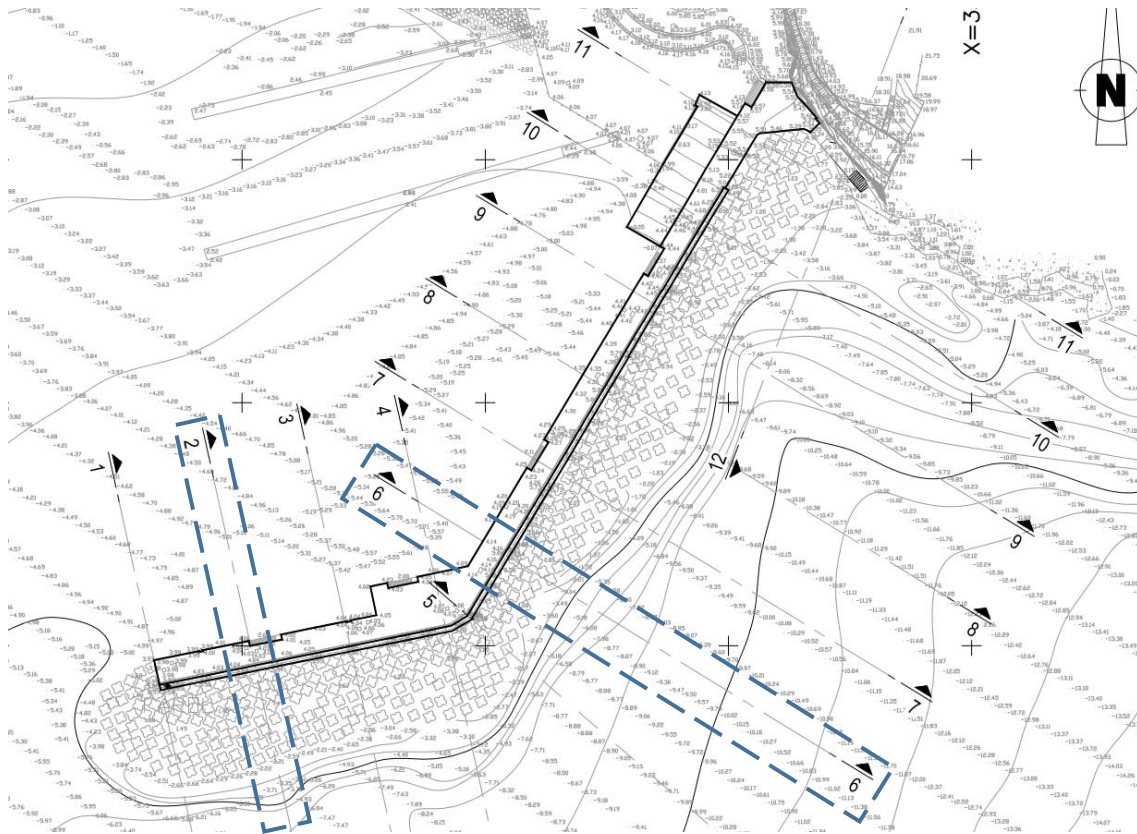


Figura 18: Enquadramento em planta dos cortes 2-2 e 6-6

Conforme se observam os cortes 2 e 6, contidos na *Figura 19* e *Figura 20*, existem evidências de dano no manto protector, já que são detectáveis diferenças significativas na configuração ao longo dos perfis. Este dano deve-se à solicitação marítima ao longo do tempo movimentando os blocos para se acumularem em cotas mais baixas e mais afastadas do cais, assim como a camada de enrocamento e o núcleo (TOT) que, ao ficarem mais expostos à erosão, vão perdendo material para cotas mais baixas (USACE, 2011).

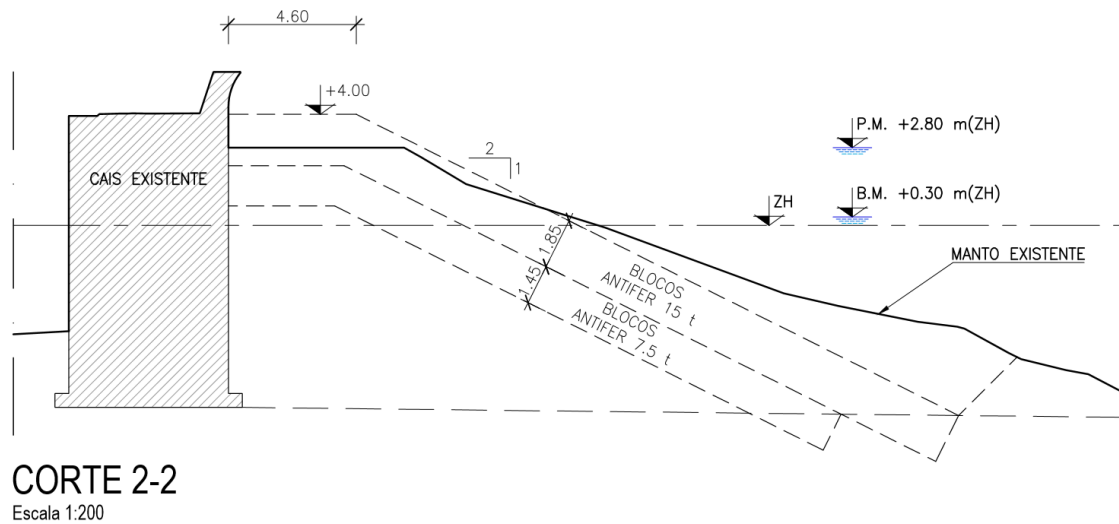


Figura 19: Estado do manto antes de intervenção no corte 2-2 (PE)

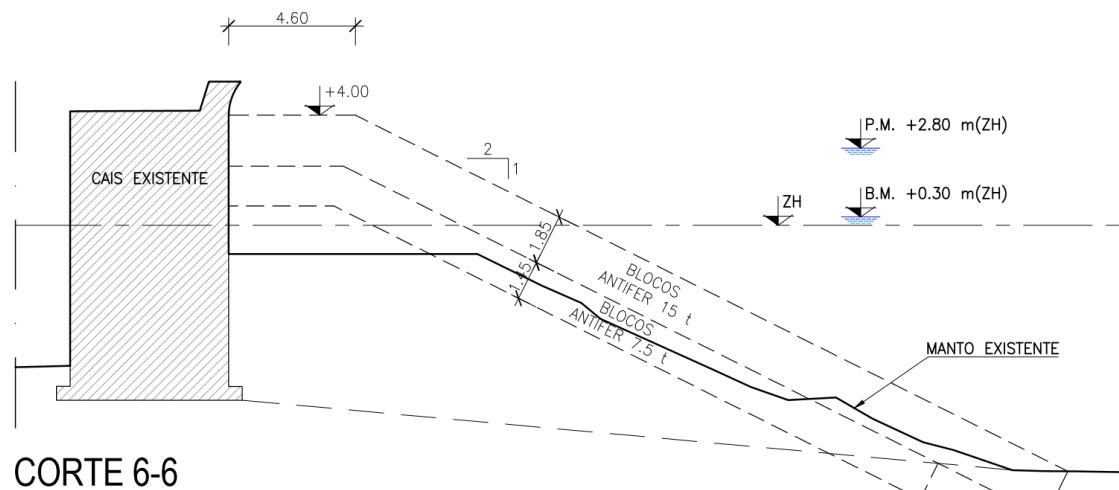


Figura 20: Estado do manto antes de intervenção no corte 6-6 (PE)

No caso do corte-6 pode-se observar que a linha está mesmo a uma cota inferior à BM local (m), ou seja, pode-se concluir que há zonas do manto de protecção cuja camada superior – desprezando a ondulação – está completamente submersa até mesma nas BM.

Relativamente à configuração final, conforme o objectivo do PE, o manto de protecção terá espaçamento de cerca de 4.60m entre o muro-cortina do caixotão e o início da inclinação do talude, com a inclinação de 2,5(h)/1(v). Note-se, por exemplo, no corte apresentado na *Figura 17*, uma “configuração-tipo” do pretendido.

Em síntese, obtém-se da informação acima descrita que é pretendido que o manto de protecção tenha uma configuração assente em sub-manto com blocos de 7.5ton, por sua vez assente numa camada de regularização com enrocamento entre 0.5 e 1 tons e, por fim, o núcleo com enrocamento TOT.

▪ **Elementos de Betão Danificados:**

A reparação de betão solto e desagregado e, posteriormente, a sua reconstrução, está previsto para zonas com espessura superior a 40mm. As reparações são com betão de retracção controlada C35/45 (XC4(P) + XS3(P), D25; S3; Cl 0,2) com fabricação no local, com acabamento à vista, tendo implícitos os trabalhos de montagem e desmontagem do sistema de cofragem adoptado.

No caso de espessuras inferiores a 40mm, o objectivo passa por reconstruir a secção com argamassa de cimento de alta alcalinidade e baixa permeabilidade, com retracção controlada e reforçada com fibras. Já nos casos em que as peças não contenham armaduras, pode ser aplicado betão de retracção controlada C30/37 (XA1(P), D25; S3; Cl 1,0).

Nos casos em que haja delaminação do betão e com armaduras à vista será necessário ter em consideração alguns factores comuns a estes casos:

- i) A escarificação das superfícies de betão é feita até ter uma exposição total das armaduras, procurando que o corte obtenha um ângulo entre os 90° e os 135° de maneira a evitar o fenómeno craking;
- ii) Deverá ser deixada livre uma espessura em torno das armaduras com aproximadamente 15 a 20 mm, para que os trabalhos sejam feitos com a maior eficiência e eficácia possível;
- iii) Nos casos em que as armaduras contenham uma redução de secção da ordem dos 20% ou mais, a intenção é substituir as mesmas;
- iv) Procedimento de protecção de armaduras com pintura de inibição face à corrosão derivada de cimentos e com aderência entre betões de diferentes idades;
- v) Procedimento de limpeza de armaduras corroídas com aplicação de jacto de areia grau SA 2 ½.

Quanto às tampas das caixas de visita que servem o cais estão claramente danificadas onde a solução será proceder a substituição das mesmas, incluindo as respectivas golas em betão e aros metálicos. O processo passa, portanto, pela demolição e posterior reconstrução de gola de

betão armado, com betão C35/45 (XC4(P) + XS3(P), D25; S3; CI 0,2), com montagem e desmontagem de sistema de cofragem e acabamento à vista e cantoneira metálica.

- **Guarda-corpos e tampa de visita:**

Os guarda-corpos, conforme se pode observar na *Figura 21*, apresentam corrosão e carecem de reparação através de uma desmontagem para posteriormente se proceder à sua decapagem e esquema de pintura para o ambiente marítimo ao qual voltará a estar exposto.

Será necessária nova fixação de prumos à base com buchas químicas com diâmetros similares aos existentes.



Figura 21: Corrosão evidente nas guardas

Em suma, observando o Quadro 5, tem-se:

Patologias	Zona	Solução proposta pelo PE
Talude de Protecção	Manto de protecção orientado a sul	Reperfilamento do manto protector, com um reforço do talude com blocos com o dobro do peso na camada superior (15 ton.)
Protecção insuficiente no troço inicial do cais	Manto protector no troço inicial do cais	Criação de um “recife” com blocos de 15 ton em frente do denominado de “cais-antigo”
Insuficiência de protecção na base do cais	Base do cais no lado abrigado	Enchimento com sacos de betão colocados sobre uma fiada (a criar) de blocos de 7,5 ton
Aberturas nas juntas do cais entre caixotões com passagem de água superior a 20cm	Juntas entre caixotões	Enchimento com betão delimitado por geotêxtil e selagem de junta
Patologias nas juntas do cais à superfície	“juntas horizontais”	Reparação do betão envolvente das juntas
Tampas das caixas de visita das redes danificadas	Zonas pontuais	Substituição integral
Guarda corpos metálicos com corrosão e ligações metálicas na base deterioradas	Guarda-corpos das escadas	Reabilitação dos guarda-corpos, com decapagem e pintura

Quadro 5: Resumo das intervenções previstas pelo PE

3.2. Análise das soluções e considerações assumidas pelo PE

3.2.1. Nuances a ter em consideração no estudo da empreitada

Do anteriormente já debatido, têm-se então de considerar algumas nuances de execução que terão sempre mais complexidade que outras:

- Questão do manto de protecção junto à cabeça do cais, uma vez que o PE assinala uma inclinação variável, iniciando-se em 2(h):1(v), até “fechar”, no lado abrigado – existe um lugar para embarcação que obriga a redefinir esta questão;

- Questão da zona intermédia do tronco com mudança de direcção do alinhamento do cais que, como tenderá inevitavelmente a variar em termos de talude e, por conseguinte, essa variação tem de ser definida e ajustada com maior precisão, de modo a satisfazer e salvaguardar o cumprimento dos objectivos e metas estabelecidas pelo Dono de Obra, sem, no entanto, prejudicar o Empreiteiro;
- Para se colocar os blocos de forma criteriosa é necessário que a camada de enrocamento (de regularização) tenha relativa regularidade, caso contrário, será necessário “despir” as zonas onde exista material a menos para se colocar enrocamento, assim como retirar material nas zonas com material a mais;
- No prisma do Empreiteiro, qual a percentagem de utilização de grua terrestre e grua em pontão optimizada em termos de custos, uma vez que o alcance da grua de rastos terrestre poderá ser limitado;
- A verificação da largura do cais terá de ser alvo de estudo por parte de quem a prepara a obra, de modo a garantir a viabilidade da utilização de grua sobre rastos terrestre e qual a dimensão máxima da mesma;

Dos pontos referidos, poderiam ser colocados outros. No entanto, é necessário ter em conta o facto de se estar a tratar informação numa fase anterior à execução da empreitada, portanto a abordagem de estudo correcta não deve pressupor demasiados cenários, mas sim os cruciais e quais os que serão seguramente matéria de estudo.

3.2.2. Levantamentos fornecidos pelo PE

É possível notar nos vários perfis do manto de protecção existente disponibilizados pelo PE (*ANEXO nº1: Peças desenhadas do PE*) que, a partir de determinada cota, não constam dados acerca de qual o estado do manto, pois a linha a partir de certa altura é contínua.

Ao analisar-se os pressupostos do PE de dimensionamento dos blocos e outros elementos dados pelas peças escritas, como a MDJ indica, foi considerada “(...) a cota da base do talude corresponde à batimétrica -6,0m/ZH, sobre a qual serão considerados os valores transformados das características das ondas ao largo”.

Além disso, é possível notar que existem “arestas” que não se aproximam da forma de um bloco Antifer. Estas observações derivam certamente do método e equipamento utilizado aquando do levantamento hidrográfico.

Ora, estes são apenas exemplos de dados fornecidos que necessitam sempre de ser compreendidos, para que após uma adequada leitura dos mesmos e seu tratamento se possa tomar as melhores decisões em prol dos objectivos da empreitada.

3.2.3. Elementos blocos Antifer

O bloco cúbico Antifer foi uma solução adoptada pela primeira vez em França no ano de 1969, no porto de Antifer, próximo da cidade de Havre. Na altura foram utilizados blocos com o peso de 12 e 24 ton (Pita, 1986).

A configuração destes elementos apresenta uma forma quase cúbica, sendo que, para além das ranhuras em cada uma das faces laterais, a base é ligeiramente maior que o topo. Duas das dimensões são apresentadas na *Figura 22* e *Figura 23*.

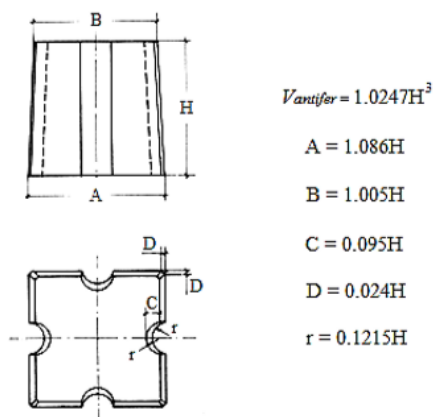


Figura 22: Dimensões do bloco Antifer (Pita, 1986)

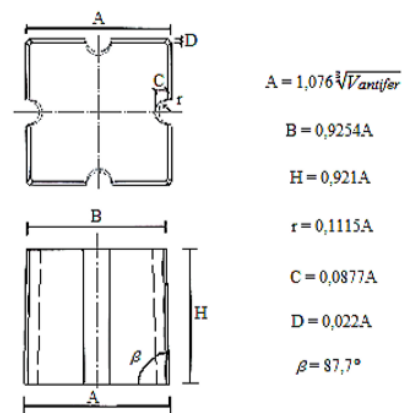


Figura 23: Dimensões do bloco Antifer (Frens, 2007)

3.2.4. Arrumação dos blocos Antifer

O tipo de arrumação dos elementos, neste caso, blocos Antifer, tem influência no ritmo de execução da empreitada, uma vez que se o Caderno de Encargos exigir o cumprimento mais ou menos rigoroso de um modelo ou padrão de colocação dos blocos bem definido, necessariamente o rendimento de colocação tende a variar.

Para Frens (2007), o método de colocação dos blocos Antifer é um factor de grande importância, na medida em que influencia a eficácia e a estabilidade da estrutura. Os coeficientes de estabilidade podem ser dados pelo volume de blocos necessários, determinando assim a espessura da camada e, conseqüentemente, o número de blocos necessários por unidade de área, resultando na porosidade.

Em locais de alterações climáticas e de instabilidade nas fundações da infraestrutura, é comum utilizar-se o método de colocação irregular. Isto é, devido à instabilidade da primeira camada de blocos e na sua fácil deformação, a estabilidade da segunda camada é afectada, pelo que caso surjam estragos nos blocos, facilmente são colocados novos numa “recarga”. Assim, a primeira camada deve ser executada o mais irregular possível de forma a garantir alguma porosidade, sendo que os blocos não deverão ser dispostos próximos uns dos outros, pois ao sofrer as deslocções devido à instabilidade local, torna-se menos provável garantir a porosidade da segunda camada (Frens, 2007).

No caso da colocação regular, com um padrão bem definido que poderá ter diversas disposições possíveis, tem por outro lado a vantagem de tender a uma maior estabilidade do manto por existir uma maior coesão. No entanto, a área de contacto com a massa de água que incide no manto poderá conter insuficiência de áreas de dissipação e absorção de energia, podendo resultar em galgamentos (Maquet, 1985).

Nas peças escritas do PE apenas refere uma densidade de colocação dos blocos Antifer (16.628 blocos Antifer/100m² na camada superior), não referenciando a disposição a adoptar. Um dos aspectos a considerar no presente caso é a cota do coroamento relativamente próxima dos níveis de maré (NM).

Pode-se observar a *Figura 24*, de uma empreitada semelhante, “*Reparação e Reabilitação do Porto de Abrigo da Ilha do Porto Santo*”, com 2 camadas, ambas com blocos de 25 ton, embora neste caso, com uma cota de coroamento significativamente mais elevada em relação ao NM, tornando-se num quebramar com caixotões “raramente galgável” (Pita, 1986).



Figura 24: Colocação dos blocos Antifer no molhe principal do Porto Santo – (Etermar, Delegação do Funchal)

Repare-se na constituição, com uma camada de TOT bem definida, assente no núcleo de enrocamento TOT, para receber então o sub-manto e manto superior.

Em termos de eficiência de execução, neste tipo de solução, em relação a um que seja executado de forma “arrumada” e regular, à partida terá distâncias entre centros de massa mais distantes e, conseqüentemente, uma densidade de blocos inferior.

Além disso, também se retira que esse tipo de arrumação, uma vez que o seu modo de execução não será tão criterioso e rigoroso quanto outros, os rendimentos de execução, por sua vez, serão mais eficientes. Conseqüentemente, os custos tenderão a baixar.

Por outro lado, importa sempre atender ao ponto de vista do Dono de Obra que, nesse caso, existe uma questão relevante a ter em consideração: o custo de manutenção associado com os seus vários carizes diferentes em função do tipo de empreitada. Portanto, o custo de manutenção é uma variável que pode e deve ser também ela “dimensionada”, por forma a que o investimento seja o mais eficiente possível.

3.2.5. Banqueta

Como já referido, a banqueta, troço entre muro-cortina e início do talude, terá 4.6m. Esta “folga” é comum neste tipo de estruturas, tendo como intuito incitar a uma rebentação das ondas mais exterior, de modo a que esta ocorra relativamente fora do alcance do cais (USACE, 2011).

Existe muita controvérsia acerca da standarização do dimensionamento desta “banqueta” em função da exposição à agitação marítima e condições locais. No entanto, apesar do pouco consensual, é comum testemunhar-se “banquetas” com comprimentos de duas vezes a largura do elemento da camada superior (USACE, 2011).

3.2.6. Optimização de custos com as soluções propostas pelo PE

A verificar-se a eficácia da solução adoptada devido à existência do “cais antigo”, em criar um “recife” de blocos Antifer de 15 ton, do ponto de vista do Dono de Obra, parece ser uma solução optimizada, na medida em que o incremento de custos é linear.

Os custos incrementados são: o material (betão pronto e materiais diversos), os dias de mão-de-obra associados, o transporte dos blocos e a sua posterior colocação no local indicado.

Uma outra análise semelhante possível, no que diz respeito à fiada de blocos Antifer de 7,5 ton a colocar como cofragem perdida junto ao cais no lado abrigado, uma vez que muitos dos blocos existentes do manto de protecção actual têm de ser removidos e, os sobrantes, transportados para um stock do Dono de Obra, parece também ser uma solução muito eficiente.

3.2.7. Lugar para embarcação

Ao se terem presentes os objectivos da empreitada e do Dono de Obra, será mais producente para o Empreiteiro cumprir e superar as expectativas.

Em relação ao projecto base foi verificada uma situação, relativamente à zona da cabeça do cais, contraproducente para os fins desta infraestrutura. Visto que na configuração em planta do cais, conforme esquematiza a *Figura 25*, tornar-se-ia impossível de acostarem embarcações da dimensão das que acostam à priori da empreitada.

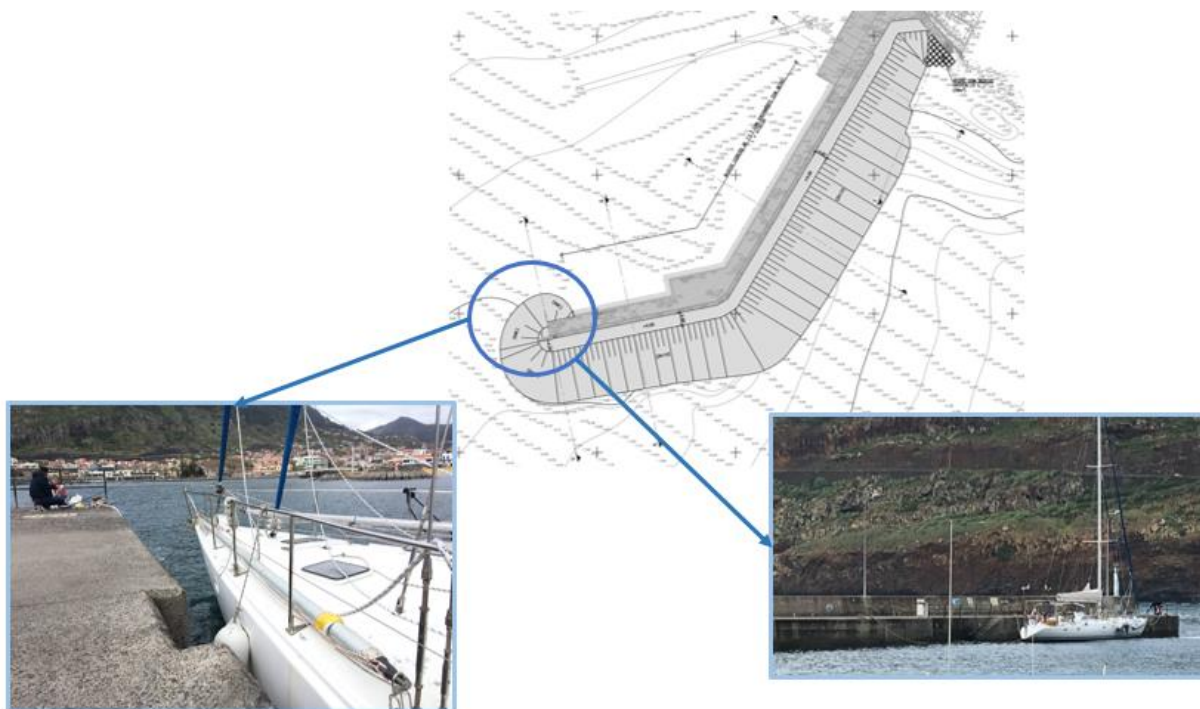


Figura 25: Incompatibilidade de lugar para embarcação e a implantação do reperfilamento do cais

3.2.8. Densidades de colocação

Relativamente às densidades de colocação previstas, o PE faz uma distinção em função da camada de sub-manto/manto, mas também, entre recife e restante. Observe-se o Quadro 6:

Blocos Antifer (tonelagem)	Afastamento entre blocos (entre centros de massa) (m)	Volume de betão / m2 de talude (m3/m2)	Nº de blocos / 100m2 de talude
7,5 ton.	2,47	1,8347	26,396
15 ton. (talude)	2,43	2,0287	16,628
15 ton. (recife)	< 1,90	-	33,256

Quadro 6: Densidades de colocação previstas pelo PE

Atendendo à *Figura 22*, obtém-se as dimensões para os blocos Antifer de 7.5 ton e 15 ton, cujo o Quadro 7 apresenta:

Peso (ton.)	15	7,5
H (m)	1,84	1,45
Volume (m3)	6,38	3,13
A (m)	2,00	1,58
B (m)	1,85	1,46
C (m)	0,17	0,14
D (m)	0,04	0,03
r (m)	0,22	0,18

Quadro 7: Dimensões dos blocos Antifer de 7.5t e 15t

No caso geral, isto é, ao longo do tronco do cais, o PE propõe afastamentos medidos entre centros de massa de 2.43m na camada superior. O lado maior (base) de um bloco Antifer standard é da ordem dos 2.00m, portanto, no caso particular de uma arrumação regular em grelha, obtém-se vazios de 0.43m.

Já no caso do sub-manto, tem-se que, dos 2.47m entre centros de massa, uma vez que o lado maior do bloco Antifer anda na ordem dos 1.58m, obtém-se vazios de cerca de 0.89m.

Relativamente ao nº de blocos por área de talude, tem-se ainda as quantidades previstas de 26.628 blocos/100m² de talude no caso do sub-manto e de 16.628 blocos/100m² no caso do manto, não contabilizando o caso do recife, onde se prevê, por cada camada, 33.256 blocos/100m².

Depois de conhecidas as áreas de recife e talude, o nº de blocos de 15 ton terá de coincidir com as quantidades previstas do PE de 1020 unidades.

3.2.9. Inclinação do talude

É frequente existir falta de concordância entre elementos de projecto. Nesse sentido existem alguns pontos constantes das peças escritas que definem uma inclinação de talude de 1(V):2.5(H), enquanto nas peças desenhadas se mantém a inclinação a adoptar de 1(V):2(H), ligeiramente mais inclinado.

Este tipo de situação remete para a alínea a) das Cláusulas Gerais do PE, ponto 1.4.3. onde refere “no caso de divergência entre as várias peças do projecto de execução: a) as peças

desenhadas prevalecem sobre todas as outras quanto à localização, às características dimensionais da obra e à disposição relativa das suas diferentes partes”.

Sendo assim, prevalece a inclinação de 1(V):2(H), constante das peças desenhadas, sobrepondo-se às peças escritas.

Desta conclusão pode derivar uma interpretação quanto às densidades de colocação. Ou seja, do ponto de vista teórico, num talude com inclinação mais acentuada, a densidade de blocos em planta aumenta e, então, são necessários menos blocos para satisfazer as quantidades previstas pelo PE.

Do mesmo modo, pode-se afirmar que, numa inclinação mais acentuada, o número de blocos numa fiada vista em corte será menor até atingir o “pé do talude” (vala de espera).

Capítulo 4: Preparação da Empreitada

4.1. Análise das condicionantes

Em certos casos de empreitadas com o cariz da presente, o próprio Caderno de Encargos, por diversas razões possíveis, pode exigir que os trabalhos sejam realizados via marítima (exemplo: desembarcação de passageiros).

No entanto, não será esse caso e, portanto, a estratégia passa, como é comum se proceder, em reduzir os trabalhos via marítima ao mínimo. Isto devido aos elevados custos de disposição e de exploração dos equipamentos marítimos que se devem, por sua vez, a vários factores, entre os quais os custos com a manutenção, a dependência das condições de agitação marítima locais e a dificuldade da sua previsão, podendo traduzir-se em dias de inactividade, maior exigência do manobrador devido à ondulação, baixando o seu rendimento, entre outros aspectos.

Assim sendo, uma vez que a grua a trabalhar via terrestre não tem o total alcance da zona a intervir, o meio a proceder passa por uma abordagem “mista”, de intervenção via terrestre o máximo possível e via marítima nas zonas onde é impossível ser por via terrestre.

A par dos condicionalismos de várias naturezas possíveis é necessário garantir a segurança durante cada actividade. Visto que a grua de rastos terrestre ocupa praticamente toda a largura entre o limite do muro-cortina e a extremidade oposta – limite da terceira fiada de blocos Antifer de 7.5 ton – será necessário executar uma guarda de cada um dos lados, a fim de os trabalhadores poderem circular em segurança, sem correr o risco de cair.

Devido à proximidade do mar, deverá ser tido em conta um planeamento proactivo bem definido em função das condições marítimas. A surgirem condições adversas, terá de existir um plano de emergência para a fuga da grua de rastos, de modo a salvaguardá-la de prejuízos maiores.

Em resumo, durante as operações, a Direcção da Obra deverá ter em consideração os seguintes aspectos:

- Planeamento das actividades proactivo em função das condições marítimas;
- Plano de emergência para retirar a grua de rastos do molhe-cais, caso as condições marítimas se compliquem, visto que a largura do mesmo não ser suficiente para a sua auto-deslocação para zona abrigada;

- Coordenação das várias frentes de trabalho que poderão coincidir em trabalhos paralelos, procurando minimizar potenciais riscos;
- Condicionamentos técnicos e operacionais;
- Eficiência e experiência dos trabalhos de mergulho;
- Sequência de trabalhos que tenha em consideração os períodos a que os perfis do talude estarão “despidos”, após se retirarem os Antiferes de 7.5 ton para a regularização da camada de base de assentamento do sub-manto;
- Troços do cais demasiado estreitos que exijam ainda maior perícia do manobrador da grua de rastos (terrestre), assim como precaução e sentido de responsabilidade do encarregado nas instruções prestadas ao manobrador;
- Estrutura ou solução que elimine obstáculos como escadas de acesso ao mar e cabeços de amarração;
- Trabalhos com grua de rastos terrestre a longa distância em zonas submersas, onde poderá ser necessário contar com a impulsão para que se consigam alcançar maiores raios de acção para a mesma capacidade (ton);
- Trabalhos na zona da cabeça do cais com dificuldades devido à existência do farol;
- Trabalhos por via marítima, através de pontão, com dependência da agitação marítima local;
- Juntas com aberturas superiores a 20cm com passagem de corrente muito acentuada, necessitará de desenvoltura por parte dos intervenientes e eventualmente uma % elevada de betão desperdiçado.

4.2. Condicionantes de ordem estratégica

Nem sempre as condicionantes têm que ver com aspectos técnicos. Por vezes, existe um carácter decisional mais abrangente que diz respeito aos interesses da empresa e à sua estratégia.

Essas condicionantes poderão estar relacionadas com o mercado na região, ou até mesmo de ordem estratégica mais abrangente ainda. Por exemplo, poder-se-ão escolher os recursos a utilizar em determinada obra, não em função da sua adequabilidade, mas em função

de uma hierarquia de prioridades no que toca aos vários mercados nos quais a empresa tem ou intenciona ter actividade.

Nesse sentido, deve-se atender sempre a que ordem de natureza as condicionantes pertencem e, após se fazerem os balanços, concluir o que poderá ser mais vantajoso e optimizado num plano integrado.

No caso da presente empreitada em estudo, o transporte e mobilização do equipamento para a região tem custos de várias naturezas possíveis, em função das soluções adoptadas.

Como o mercado da Região Autónoma da Madeira, devido às distâncias serem curtas na região, permite que haja por parte da empresa uma estratégia de mercado integrada a nível regional, com partilha de recursos entre empreitadas, os custos associados à actividade podem distribuir-se em mais do que uma empreitada.

Portanto, nesta mobilização de equipamento, constituíam as seguintes necessidades iniciais:

- Transporte de recursos essenciais para a pré-fabricação dos blocos Antifer de 15ton – a descarregar no Caniçal;
- A grua de rastos terrestre desmontada – a descarregar em Machico;
- Trabalhos de apoio na construção do cais, actividade constante da empreitada de Reabilitação da Lota do Funchal (nomeadamente, movimentação e assentamento de vigas pré-fabricadas, entre outros trabalhos) – a executar no Funchal;
- Possibilidade de trabalhos de apoio no preenchimento de juntas nas fachadas do cais da Ponta do Sol, actividade de execução algo complexa, constante de uma outra empreitada – a executar na Ponta do Sol.

À chegada do equipamento, por forma a optimizar a sua utilização, pode-se observar um plano definido (não cumprido na íntegra) na Figura 26.

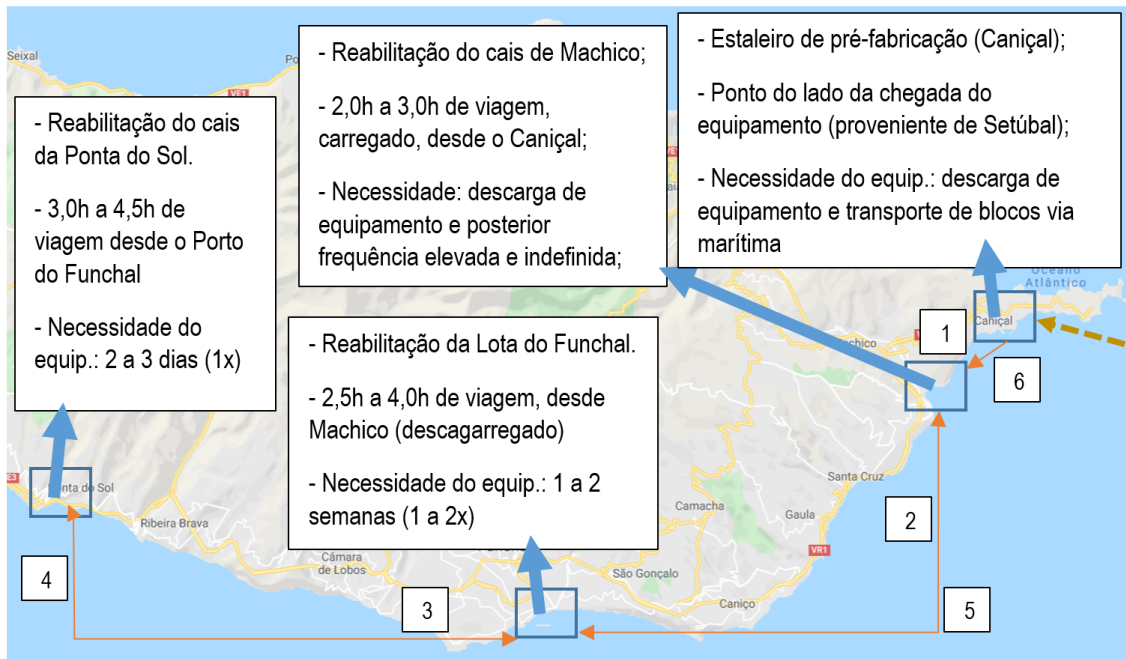


Figura 26: Mobilização do equipamento marítimo e logística na chegada à RAM

Como se pode observar, a possibilidade “ideal”, que não viria a acontecer, tinha como pontos de referência o estaleiro de pré-fabricação no Canical, o próprio cais de Machico, o cais da Lota do Funchal, onde então se estaria a intervir em simultâneo com esta operação e, ainda, idem o cais da Ponta do Sol.

Procedeu-se à descarga do equipamento necessário para que se iniciassem os trabalhos de pré-fabricação no Canical, ponto coincidente com a maior proximidade à trajectória da viagem realizada entre Setúbal e ilha da Madeira.

Assim, estes trabalhos, após preparação dos materiais e equipamentos (incluindo a montagem de grua de rastos de movimentação de blocos na pré-fabricação), que já estariam parte deles à priori prontos para esta chegada com os restantes recursos necessários. Em 3 a 5 dias, estaria tudo pronto para o início da pré-fabricação.

Após a descarga no Canical, seria então fundamental proceder-se à descarga do equipamento em Machico (ver *Figura 27*), onde se iria iniciar inclusive a montagem da grua de rastos a trabalhar via terrestre, com uma duração estimada de montagem entre 2 a 5 dias (incluindo ensaios).



Figura 27: Descarga da grua sobre rastos terrestre desmontada com auxílio do "pontão + grua"

De seguida, o objectivo passaria pelo apoio nos trabalhos de reconstrução do cais da Lota do Funchal, assim como a descarga do equipamento que iria ser utilizado na construção de peças pré-fabricadas constituintes deste cais.

Na *Figura 28* é possível observar-se o equipamento marítimo a descarregar a grua de rastos para a pré-fabricação associada a esta empreitada na Lota do Funchal.



Figura 28: Descarga de grua sobre rastros desmontada que viria a dar apoio na Reabilitação da Lota do Funchal

Relativamente aos trabalhos no cais da Ponta do Sol, a decisão foi de não utilizar o equipamento na empreitada para dar apoio. Por vezes, as empreitadas estudadas com determinados pressupostos, tendem a não suportar custos elevados de equipamentos, ou seja, “sobredimensionados” para a empreitada em questão. Ainda que sejam custos estipulados internamente, o custo estipulado pela deslocação deste equipamento à Ponta do Sol seria sempre significativamente superior ao custo de aluguer de andaimes e/ou bailéus, por mais complexidade que tivessem nas suas montagens.

Tanto o desenvolvimento de alguns trabalhos na Reabilitação da Lota do Funchal, como na Reabilitação do Cais da Ponta do Sol, serão objecto de estudo adiante, no Capítulo 6:.

4.3. Análise dos equipamentos terrestres e marítimos

4.3.1. Largura do cais vs. Largura da grua sobre rastros terrestre

No estudo da largura dos rastros da grua terrestre o objectivo passa por analisar nas várias posições ao longo do cais, qual o maior alcance possível dessa mesma grua, a fim de reduzir a necessidade de intervenção via marítima ao mínimo. A selecção da grua de rastros

(terrestre) torna-se, assim, um ponto chave para baixar a percentagem de utilização de equipamento marítimo.

Na selecção da mesma, pôde ser considerado um procedimento intermédio que passa pela composição do cais com três fiadas de blocos Antifer de 7.5 ton, conforme demonstra a *Figura 29*, a fim de atingir a altura do muro-cortina, ganhando, assim, mais uns centímetros preciosos para aumentar um eventual leque de opções.

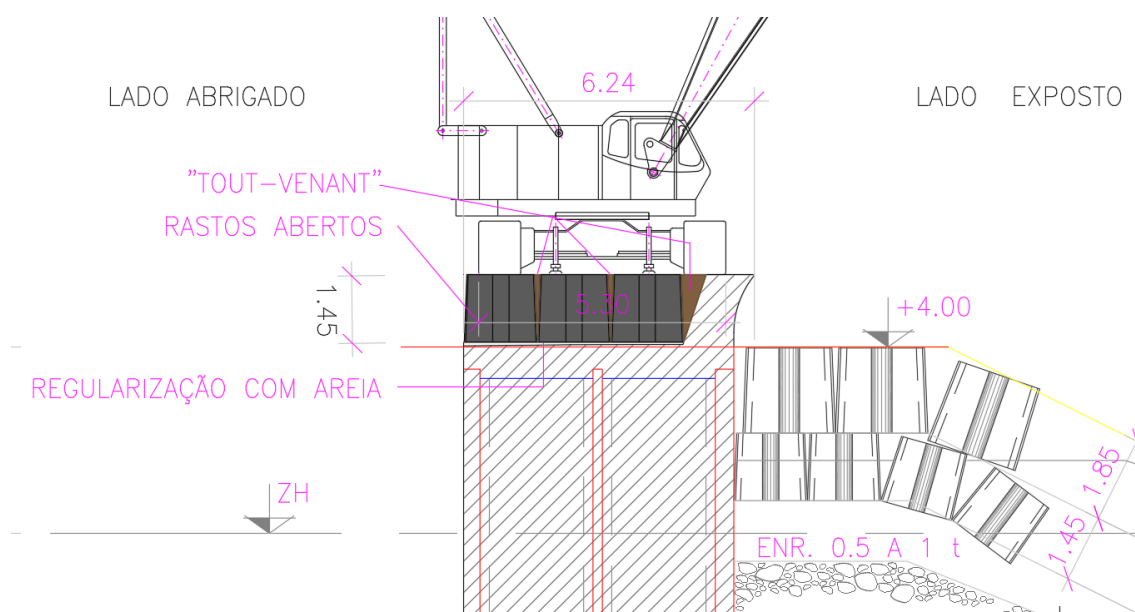


Figura 29: Perfil da composição geral da solução da "pista de blocos"

Uma vez que a infraestrutura já sofreu algumas cedências, já referidas anteriormente, e também por uma questão de confirmar as medidas em obra, depois deste primeiro estudo, importa verificar dois pontos:

- (i) Largura do cais + Largura do muro-cortina mantêm-se constantes ao longo do cais e, se não, qual a largura mínima e qual a zona do cais onde ocorre;
- (ii) Altura do muro-cortina é exactamente igual à altura dos blocos Antifer de 7.5ton e, se sim, se se mantêm ou não constante ao longo do cais.

4.3.2. Esquemas e alcances da grua sobre rastros terrestre

Uma outra questão muito relevante passa pela combinação de tramos para a grua de rastros terrestre. Para a grua adoptada, para a condição do movimento de blocos de 15 ton a

distâncias elevadas, por uma questão de atingir maiores alcances, apenas faz sentido considerar as 3 combinações seguintes:

- Combinação completa: lança de 42.70m;
- 2ª combinação: lança de 39.60m (sem um tramo de 3.0m);
- 3ª combinação: lança de 36.60m (sem um tramo de 6.0m).

Para a mesma distância de alcance, isto é, para o mesmo raio em relação ao eixo da grua, a capacidade será tanto maior, quanto menor a lança, uma vez que o centro de massa será mais próximo desse eixo, traduzindo-se num momento (kN.m) inferior em relação à combinação com lança de 42.70m.

Assim sendo, deve-se estudar ao detalhe estes alcances tendo em conta as capacidades de carga (ton) que a execução da empreita exige. Para além da carga (ton) dos blocos Antifer, nesta análise de alcances, deve-se ter em consideração outras variáveis, como é o caso do equipamento acessório na extremidade da grua de rastos. Seguem-se alguns acessórios considerados:

- Pinça (fabricante “X”) = 3660 kg
- Pinça para Antifer de 15 ton (Fabricante “Y”) = 2150 kg
- Clamshell (equipamento da empresa) = 4500 kg
- Smag Penner (equipamento da empresa) = 4000 kg
- Casagrande (equipamento da empresa) = 4000 kg

Note-se que, por exemplo, com a pinça de 3.7 ton, acessório posteriormente utilizado, obtêm-se os pesos combinados seguintes:

- Pinça (3660 kg) + Antifer (7500 kg) = 11.160 kg
- Pinça (3660 kg) + Antifer (15000 kg) = 18.660 kg

Os diagramas de carga da grua com as estas três lanças mencionadas podem ser consultados no ANEXO n°2: *Diagramas de carga da grua sobre rastos terrestre*. Da leitura dos mesmos, retira-se que as capacidades variam ligeiramente, ao modo que se acrescentam tramos à lança.

Observe-se agora o Gráfico 2 e Gráfico 3, com as combinações mais favorável e desfavorável, entre as 3 mencionadas anteriormente, o desenvolvimento da capacidade (ton.) em função do raio de operação, em cada um dos casos.

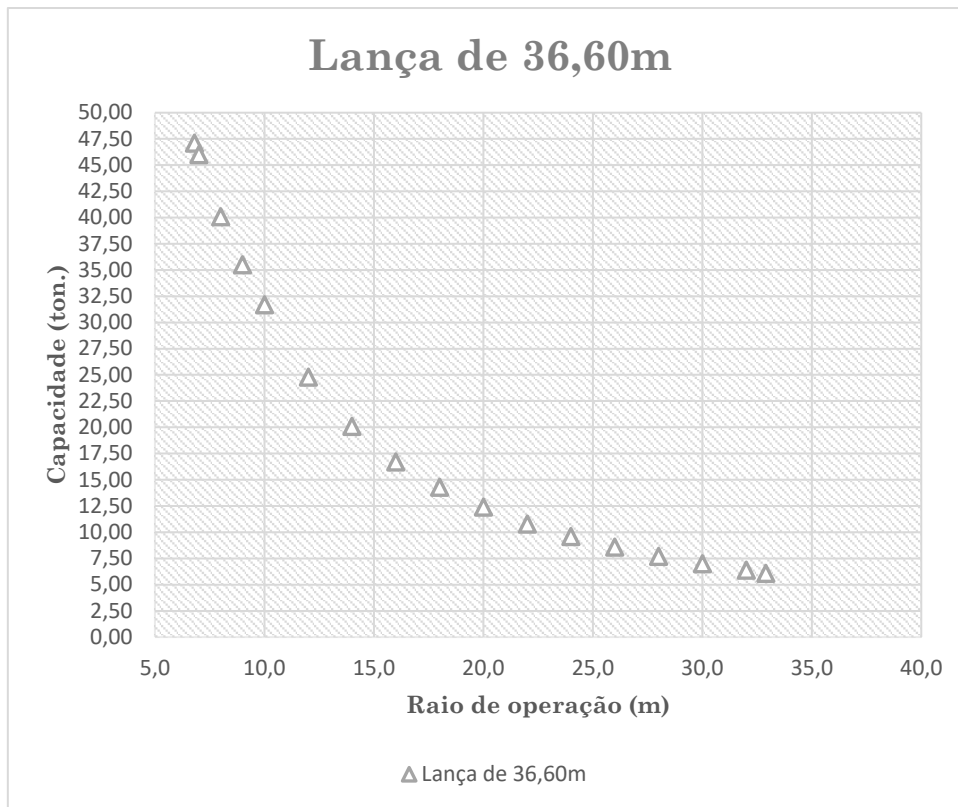


Gráfico 2: Capacidade da grua sobre rastos terrestre com a lança de 36.60m

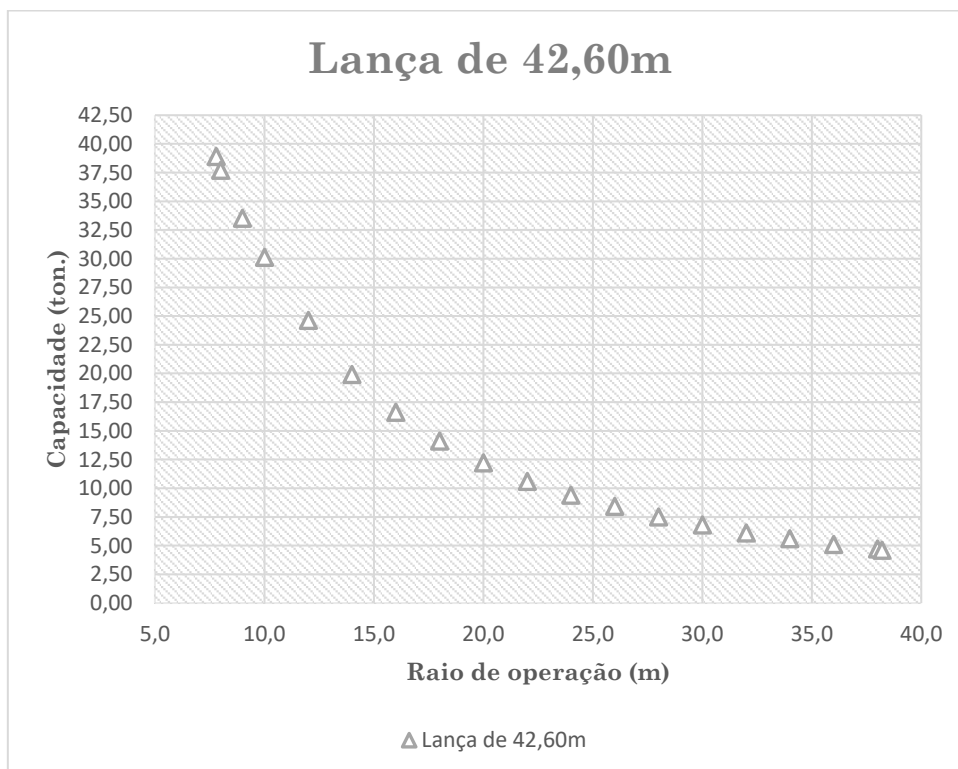


Gráfico 3: Capacidade da grua sobre rastos terrestre com a lança de 42.60m

Numa análise de comparação dos gráficos, apesar de ambas as opções terem uma diferença de 6.0m de lança, com centros de massa diferentes, é possível notar que os mesmos não apresentam diferenças significativas. A adequabilidade da combinação a seleccionar prende-se, portanto, com o alcance máximo pretendido.

4.3.3. Aumento de capacidade/alcance da grua dentro de água

Pelo Princípio de Arquimedes, um corpo imerso na água torna-se mais leve devido a uma força exercida pelo líquido sobre o corpo, vertical, no sentido para cima, tornando o peso desse corpo inferior ao que contém no meio atmosférico (impulsão).

Portanto, quando um corpo está totalmente imerso em um líquido, apresentam-se os seguintes cenários:

- Caso o corpo flutue, significa que a intensidade da força do impulso é superior ao peso do corpo;
- Caso se afunde, significa que a intensidade da força do impulso é menor do que a intensidade do peso desse corpo;
- Caso o corpo se mantenha estático no ponto onde foi colocado, significa que a intensidade do impulso é exactamente igual ao peso do corpo.

Seja V o volume de fluido deslocado pelo corpo. Sendo que a massa do fluido deslocado é dada por:

$$m = d \cdot V$$

De onde d é a densidade do fluido.

A intensidade do impulso é igual à do peso dessa massa deslocada:

$$I = m \cdot g$$

De onde g é a aceleração gravítica.

Então, para corpos completamente imersos, o volume de fluido deslocado é igual ao volume do próprio corpo. Assim sendo, a força resultante é dada por:

$$F_{resultante} = P - I = P_{aparente}$$

De onde se conclui que:

$$P_{aparente} = P_{real} - I$$

Ou seja, no presente caso, tendo blocos Antifer com 15000 kg e com um volume de aproximadamente 6.4m³, tem-se:

- $I = d_{agua} \cdot V_{corpo} \cdot g = 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times 6,4 (m^3) \times 10 (m/s^2) = 65.000 N$
- $P = m \cdot g = 15000 \times 10 = 150.000 N$
- $P_{aparente} = P - I = 150.000 - 65.000 = 85.000 N$

Obtém-se, então, uma redução de cerca de 43% do peso real. Neste caso, assume-se uma densidade da água de 1.00 ton/m³. No entanto, a densidade da água do mar é ligeiramente superior, de cerca de 1.033 ton/m³. Isso implica, embora quase residual, um ainda maior “alívio” de carga dos blocos Antifer.

Assim sendo, e atendendo ao descrito e ao Gráfico 3, retira-se que, para a carga de um Antifer de 15 ton, acrescido do peso da pinça, o alcance poderá atingir cerca de 20.00m a 22.00m de raio de operação.

4.3.4. Pontão com grua sobre rastos montada no mesmo

Como se comprovou na secção anterior, será sempre necessário o equipamento conjunto “pontão + grua” (equipamento marítimo), para se criar a vala de espera e colocar os blocos Antifer nas primeiras fiadas longitudinais, uma vez que a grua a trabalhar via terrestre não tem capacidade de alcance suficiente para as cargas a que estará sujeita.

Ora, como se deseja que os trabalhos via marítima sejam os mínimos possíveis, o pontão tenderá a não intervir em zonas próximas do cais, mas sim junto ao pé do talude, portanto, a análise dos alcances poderá, de certo modo, deixar de fazer sentido, pois os alcances serão curtos e as capacidades, dessa forma, aproximam-se das máximas.

Ainda assim, serão feitas as análises, pois podem haver momentos em que, tendo o equipamento no local e operacional, este poderá melhorar a eficiência de algumas operações. Além disso, o caso da criação de recife na zona do “cais-antigo” poderá ser uma das zonas a

evitar intervir via terrestre, pois ter-se-ia de criar as condições para que esta lá chegue, designadamente, a pista com as três fiadas de blocos Antifer até ao início do cais, o que assim se pode evitar facilmente.

4.3.4.1. Opção “Pontão de maior dimensão”

Como foi referido, o estudo do conjunto “pontão + grua” não representa grande preocupação, na medida em que o pontão contém um calado (altura da embarcação submersa) muito reduzido. Mesmo estando completamente carregado, ou seja, com o calado máximo permitido, poderá sempre aproximar-se significativamente do cais (ver *Figura 30*), caso seja necessário, pois com a carga máxima, o calado nunca ultrapassará os

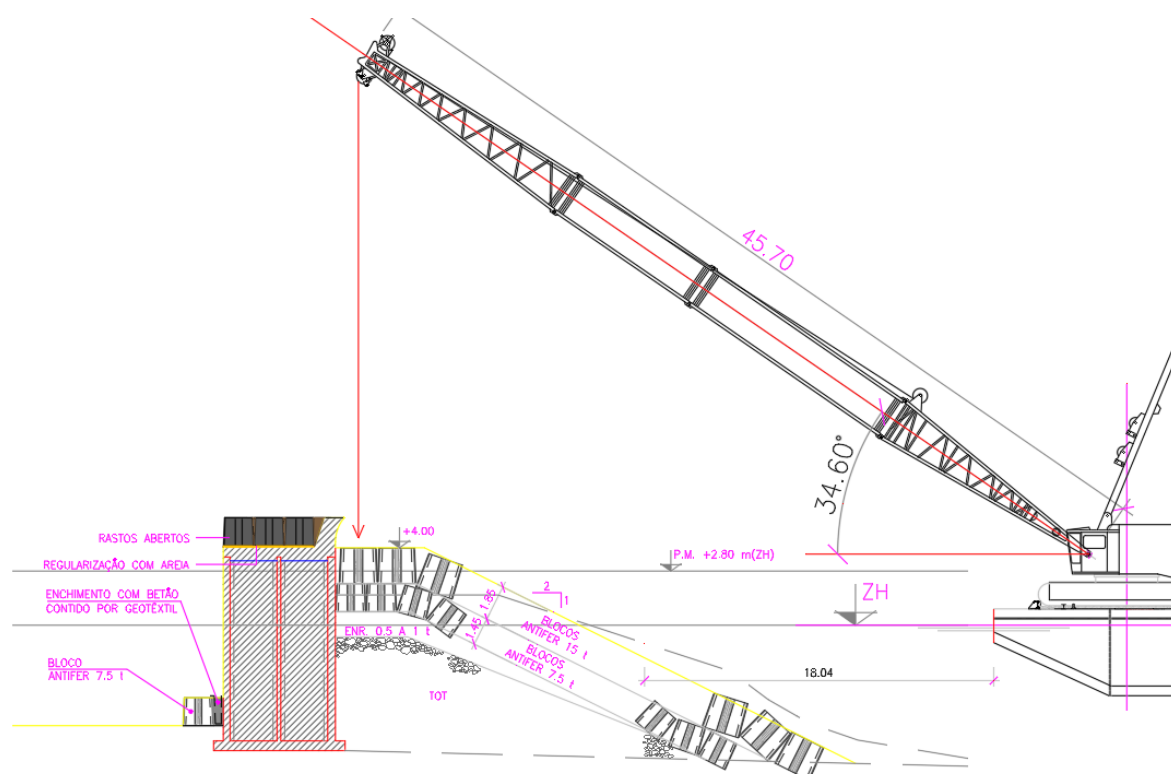


Figura 30: Esquema de alcance do "pontão + grua" na proximidade do talude

Como a intervenção da grua montada no pontão é essencialmente nas primeiras fiadas junto à vala de espera, então, os raios de operação necessários são reduzidos, ao que se conclui que a grua nunca estará próxima das condições críticas.

Mesmo tendo em consideração a variação do diagrama de carga provocada pelas inclinações da embarcação devido ao facto de estar a flutuar, ao se analisar o diagrama de cargas referente aos 3° de inclinação da grua de rastos em cima do pontão (ver *ANEXO n°3*:

Diagrama de cargas referente aos 3° de inclinação da grua de rastos montada no pontão de maior dimensão) mantém uma folga considerável para as condições a que estará sujeita nas actividades de execução dos trabalhos desta empreitada.

Pode-se afirmar que, mesmo que haja necessidade de intervir com a grua do pontão junto ao cais, mesmo para alcances da ordem dos 30.00m, a capacidade continua a suportar as cargas às quais o equipamento estará sujeito (bloco Antifer com 15 ton + pinça com 3.7 ton – por exemplo).

Nota-se que, por exemplo, para a lança mínima, com 24.40m, para o raio de operação de 22.90 metros, a capacidade é de 39.5 ton, ainda que seja necessário ter em consideração uma outra condicionante bastante relevante: ângulo mínimo de operação recomendado (“Manitowoc 12000”, 2011).

Segundo o fabricante, o ângulo de operação da grua, ou seja, ângulo entre a linha do raio de operação e o alinhamento da lança, deve ser sempre superior a 30°. Esta questão tem que ver com a tendência em aumentar significativamente o momento criado (kN.m) pela carga, acrescentado do peso próprio da lança (“Manitowoc 12000”, 2011).

Porém, apesar de não constituir grande preocupação na actividade de colocação, este diagrama de cargas interessara numa outra actividade: a embarcação dos blocos Antifer do estaleiro de pré-fabricação do Caniçal para o pontão. Esta questão será abordada adiante (*Estaleiro de pré-fabricação – hipótese seleccionada*).

4.3.4.2. Opção “Pontão de dimensão inferior”

No presente caso, a questão do calado ainda tem menos relevância, na medida em que o calado ainda é menor que no caso anterior.

Uma vez mais, apenas faz sentido fazer a análise do diagrama de cargas considerando a actividade de colocação de blocos na criação do recife junto ao “cais antigo”. O diagrama de cargas referente aos 3° de inclinação da grua de rastos em cima do pontão, pode ser observado no quadro no *ANEXO n°4: Diagrama de cargas referente aos 3° de inclinação da grua de rastos montada no pontão de menor dimensão*.

Pode-se retirar do quadro que, para a lança de 30.48 metros, com raios de acção entre 9.0 e 12.0 metros, obtém-se capacidades de carga entre 19 e 28 ton. Isto sem se ter em conta o fenómeno da impulsão aquando dos blocos mergulhados na água do mar que, pelo princípio de

Arquimedes, cria uma força no sentido contrário à gravidade, resultando em maiores capacidades de carga para o mesmo alcance considerado.

4.3.4.3. Ponderação na selecção do pontão

Na ponderação acerca de qual a situação mais vantajosa em termos de custo e eficiência, são reunidas algumas nuances para análise. Considerem-se as duas situações:

- 1) O pontão com grua de rastos montada no mesmo com menor capacidade (ver *Figura 31*), caso mais crítico de todos:
 - i. Capacidade total de carga atracado de 470 ton;
 - ii. Teria uma capacidade de carga em velocidade de cruzeiro, já incluindo todos os acessórios necessários à actividade, e também contabilizados coeficientes de segurança e ondulação, de cerca de 300 ton. Portanto, para blocos Antifer com 15 ton, tem-se stock a bordo de cerca de 20 blocos;
 - iii. Assim sendo, para a quantidade de 1020 blocos Antifer a colocar no talude, ter-se-ia um total de 51 viagens em cada sentido.



Figura 31: Esquema "Pontão + grua" de menor dimensão em actividade

- 2) A situação mais favorável a nível do equipamento pontão com grua de rastos montada no mesmo (ver *Figura 32*):

- i. Capacidade total de carga atracado de 3040 ton;
- ii. Fazendo as mesmas considerações para a velocidade de cruzeiro, tem capacidade para 900 ton. Portanto, para blocos Antifer com 15 ton, tem-se stock a bordo de cerca de 60 blocos;
- iii. Assim sendo, ter-se-ia, para a quantidade a de 1020 blocos Antifer a colocar no talude, um total de 17 viagens em cada sentido.



Figura 32: Esquema "pontão + grua" de maior dimensão

Caso não existissem restrições para além das que se acabou de apresentar, como as de ordem estratégica da empresa, os critérios passariam por ponderação entre:

- Custos associados à mobilização do equipamento, substancialmente superiores no caso do equipamento de maior dimensão;
- Custos com combustível no total das viagens;
- Rendimento de colocação do conjunto grua + pontão, sendo que o pontão de maior dimensão tem uma estabilidade significativamente maior e, em contrapartida, o pontão de maior dimensão terá um calado menor, permitindo aproximar-se mais do talude;
- Capacidade da grua montada no pontão para embarque dos blocos directamente do estaleiro de pré-fabricação, facilitando a logística de stock;
- Custos com horas de tripulação;
- Custos com horas de manobrador;

Contudo, o critério de selecção em causa na escolha do pontão acabou por ser outro, pois, por questões de ajuste às circunstâncias e oportunidades da empresa entre o mercado da região e outros mercados, acabou por decorrer um misto de ambos os casos. Numa primeira fase de transporte e colocação dos blocos, o pontão disponível foi o de maior capacidade e, numa fase posterior, o pontão utilizado foi o de menor capacidade.

4.3.5. Grua sobre rastos de apoio na pré-fabricação

A grua sobre rastos a dar apoio na pré-fabricação dos blocos Antifer terá essencialmente as tarefas de movimentação dos moldes e “stockagem” dos blocos.

A solução de colocar as fiadas todas seguidas em stock não seria ideal pela razão simples de que, a dado momento, a grua tenderia a ter dificuldade em aceder a blocos das primeiras fiadas “stockadas” devido à sua limitada capacidade de alcance.

Então, assumindo 4 fiadas ao longo do estaleiro de pré-fabricação (verificação da necessidade de 4 fiadas analisada adiante), e afastamentos de 0.50m de folga entre blocos, somos levados a verificar os alcances das possibilidades de selecção do equipamento para a actividade.

4.3.5.1. Grua de apoio na pré-fabricação: 1ª opção

Analise-se o esquema ilustrado na *Figura 33*, considerando as condições descritas anteriormente, onde se podem observar as 4 fiadas.

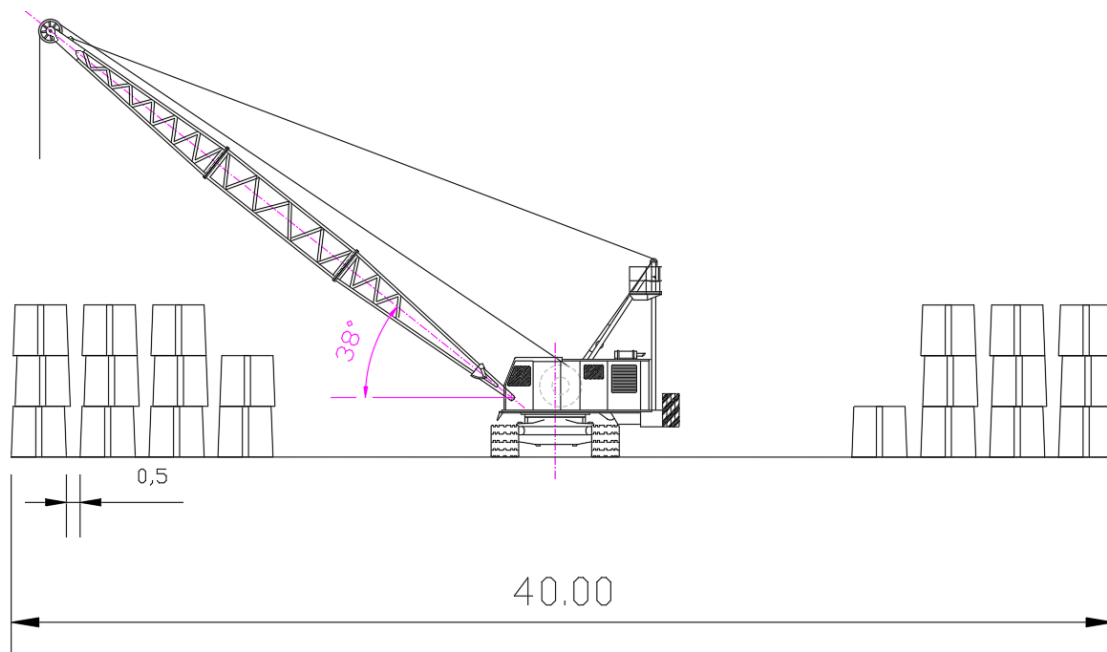


Figura 33: Esquema de perfil do estaleiro de pré-fabricação

Consta no ANEXO nº5: *Diagrama de cargas da grua de rastos de pré-fabricação – 1ª opção* o diagrama de cargas de uma das opções disponíveis na pré-fabricação.

Do quadro pode-se retirar que, com o esquema de lança de 21.34 metros, por exemplo, o máximo raio de operação da grua para a carga dos blocos Antifer de 15 ton, acrescido da carga da pinça estará entre o 8.0 e os 10.0 metros.

Testando os limites do referido esquema, numa abordagem de simples movimentação da grua sobre rastos, tem-se o que se apresenta na *Figura 34*, com um raio de operação mínimo necessário de 10.82m.

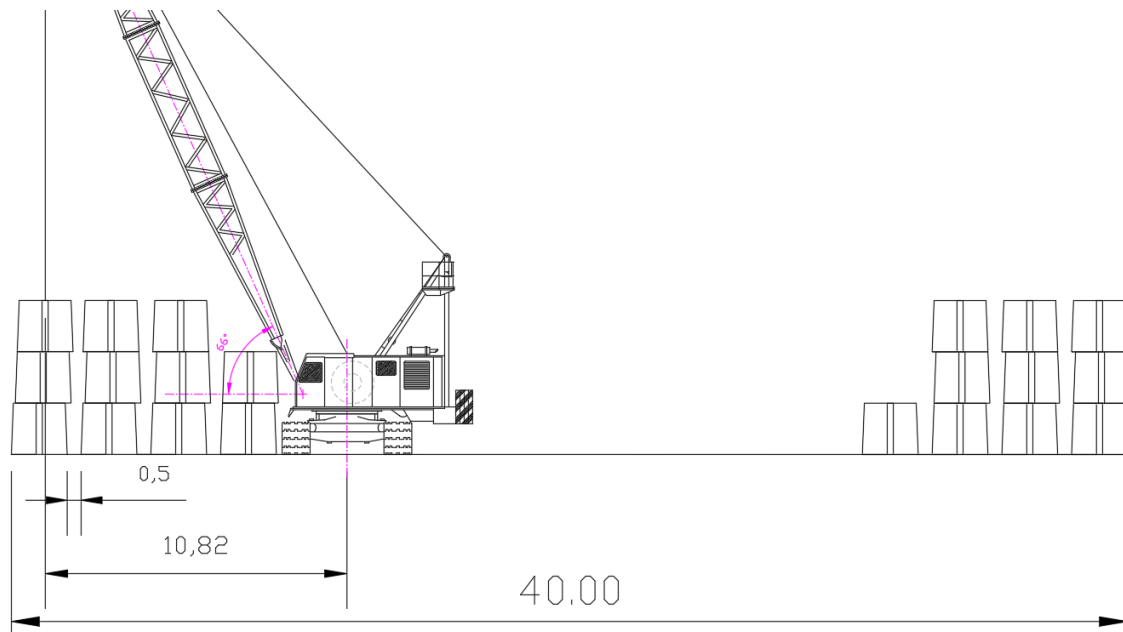


Figura 34: Alcance da grua sobre rastros no estaleiro de pré-fabricação

Pode-se verificar que, para este raio, tiram-se capacidades da ordem das 16 ton. Ora, a carga dos blocos deixa uma folga muito reduzida para se considerar a carga da pinça e a própria segurança da operação.

4.3.5.2. Grua de apoio na pré-fabricação: 2ª opção

Considere-se agora o quadro no ANEXO nº6: *Diagrama de cargas da grua de rastros de pré-fabricação – 2ª opção*, onde é possível analisar o diagrama de cargas de uma outra opção disponível de grua sobre rastros para apoio nas actividades de pré-fabricação dos blocos Antifer de 15 ton.

Do quadro retira-se que, para a carga a movimentar, o raio de operação não deverá exceder os 9.0 metros. Assim, ter-se-á de optar por um dos esquemas de lança de menor comprimento e, portanto, com ângulos elevados.

Uma vez que ambos os equipamentos analisados, para a carga necessária, não alcançam os 10.52m, então, não se elimina a necessidade de mover alguns blocos para que a grua aceda a fiadas mais distantes.

Se uma das opções alcançasse maiores raios de operação para a mesma carga, seria necessário averiguar que benefícios traria tal melhoramento dos rendimentos do equipamento nestas actividades, face ao custo de disposição e exploração associado. Isto é, tendo em conta

que com a quantidade de moldes disponível apenas se produzem 10 blocos Antifer por dia, mesmo que os rendimentos da grua trouxessem melhoramentos significativos de eficiência e facilidade de organização do estaleiro, tal facto poderia não traduzir qualquer benefício em termos efectivos, pois os custos de disposição destes equipamentos não são à hora, mas sim ao dia, à semana ou ao mês.

4.4. Estaleiro(s)

4.4.1. Estaleiro de pré-fabricação

4.4.1.1. Estaleiro de pré-fabricação – 1ª hipótese

A nível de estaleiro de pré-fabricação, estudaram-se diversas hipóteses, em função das áreas, dos acessos, dos prós e dos contras. Uma das hipóteses estudadas passava por uma área que serviria tanto para a pré-fabricação dos blocos Antifer como outras actividades a decorrer em simultâneo para outras empreitadas que viriam e/ou poderiam vir a surgir, situada no Porto Novo (ver *Figura 35*).



Figura 35: Vista da 1ª hipótese de Estaleiro de pré-fabricação (Google Maps)

Assim, embora não se viesse a necessitar de tanta área, o certo é que ela estaria eventualmente ao dispor, com cerca de 9222 m² (abaixo, será comprovado de que não seria necessária a área total).

Para tal, após visita ao local, constatou-se a necessidade de criar uma plataforma de acesso segura, conforme evidencia a *Figura 36*.



Figura 36: Acesso ao potencial estaleiro de pré-fabricação

Além dessa necessidade, seria também necessário criar um talude de contenção, com uma área de cerca de 1875 m², também legendada na *Figura 35*.

Porém, também seria necessário criar uma rede de abastecimento de água e fonte de energia eléctrica.

A logística de funcionamento seria o transporte desde o estaleiro de pré-fabricação até ao cais existente, visível na *Figura 37*. Este percurso teria uma distância residual, de cerca de 150m.



Figura 37: Fotografia do potencial estaleiro de pré-fabricação

Em termos de distâncias ao cais de Machico, por via marítima, são aproximadamente equivalentes. Por via terrestre, também não há grande diferença, uma vez que no caso do Caniçal, tem-se cerca de 9.5km de percurso terrestre e tempo de viagem de 12min, enquanto que do Porto Novo, tem-se distância terrestre de 10.0 km, com tempo de viagem de 13min (ver *Figura 38*).

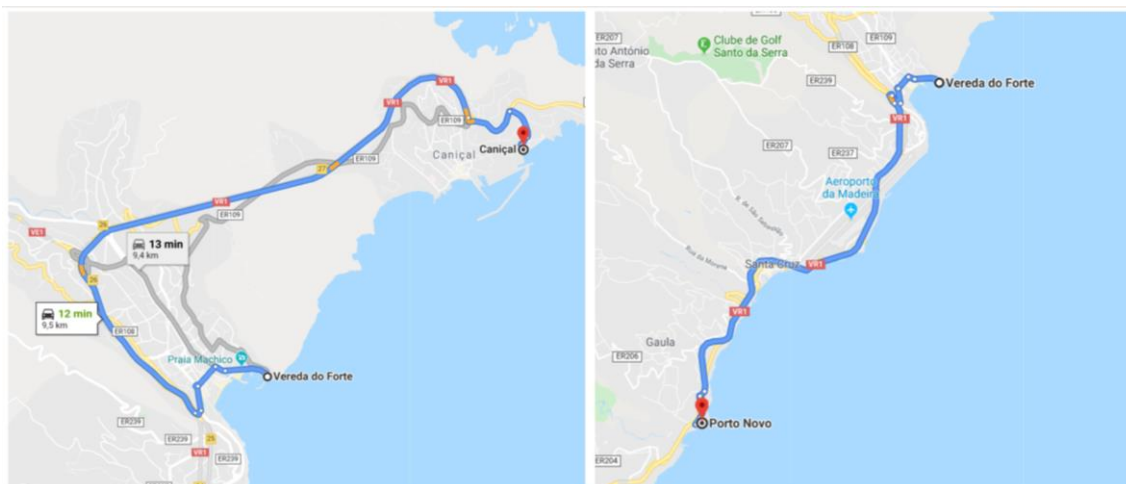


Figura 38: Percursos terrestres das hipóteses de estaleiro de pré-fabricação até ao cais de Machico

4.4.1.2. Estaleiro de pré-fabricação – hipótese seleccionada

A opção seleccionada, já mencionada anteriormente, a do estaleiro do Caniçal, pertencente à APRAM, situado junto ao Syncrolift do Porto do Caniçal (inactivo), numa área acordada com 2000m², significativamente inferior à do Porto Novo (ver *Figura 39*). Note-se que esta solução também pressupõe a possibilidade de transportar os blocos Antifer via marítima, embarcando-os directamente junto ao estaleiro.

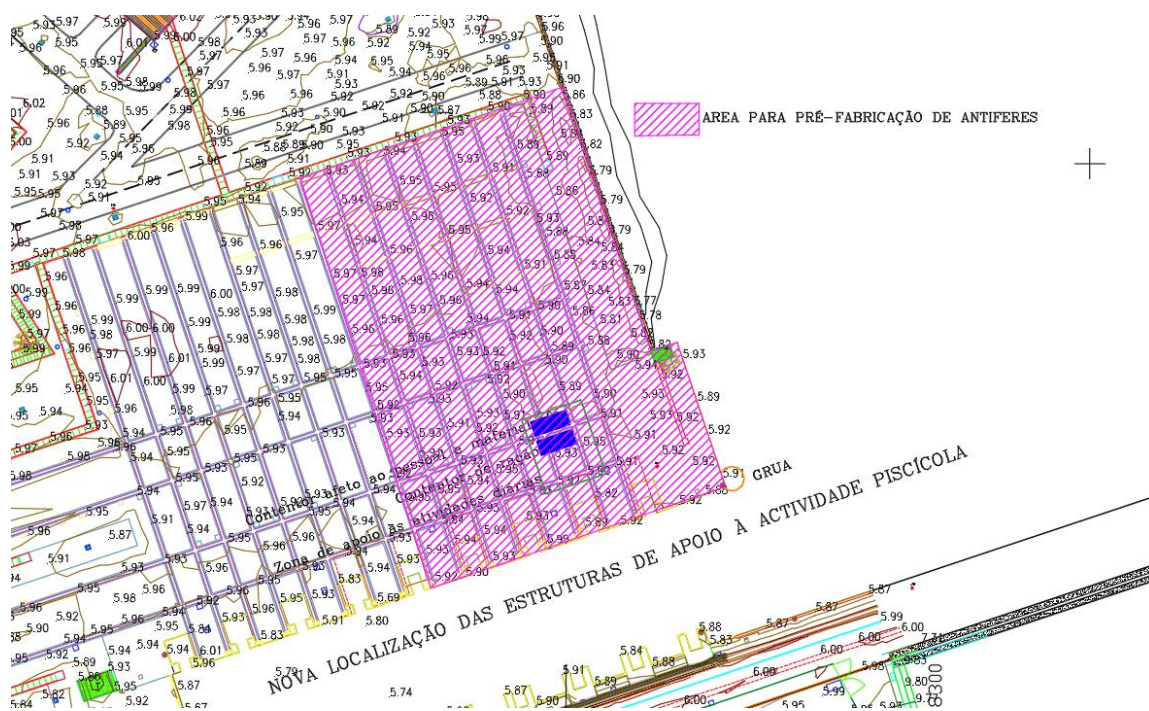


Figura 39: 2ª hipótese de estaleiro de pré-fabricação - Caniçal

No que diz respeito à pré-fabricação propriamente dita, as cofragens poderão ser retiradas ao fim de 24 horas após betonagem e os blocos Antifer poderão ser movimentados para zona de stock ao fim de 72 horas, segundo consta no Caderno de Encargos. Quanto ao transporte dos blocos para a sua colocação, está previsto que os mesmos não devem ser movidos para o talude antes de se completarem os 28 dias, conforme indica o Caderno de Encargos, que segue as normas NP e especificações técnicas do LNEC.

Uma outra restrição envolvida com este estaleiro é o facto de ser obrigatório libertar uma “faixa” de passagem paralela ao limite do cais junto ao mar, em cerca de 6.0m, de modo a possibilitar acesso para as actividades piscícolas.

Tem-se então de ter em conta que, esta área, de cerca de 360m², poderá apenas servir para a passagem dos blocos para a embarcação e eventualmente para colocar um contentor, caso necessário. No entanto, será permitido ocupar uma área equivalente do lado oposto.

No estudo do estaleiro de pré-fabricação do Caniçal, teve de se ter em conta que a área exacta necessária a esta actividade depende do número de blocos Antifer que são necessários acumular em stock até começarem a ser colocados no talude do cais de Machico.

Por outras palavras, o stock necessário depende das diversas actividades a progredir em Machico até estar tudo preparado para se iniciar a colocação dos blocos. Então, fizeram-se várias estimativas para as diversas durações das actividades.

Caso se consigam pré-fabricar pressupondo um número de moldes disponíveis de 10 unidades, o número de blocos Antifer em stock no instante imediatamente anterior a se iniciar o transporte dos mesmos para Machico será cerca de:

- $6,5 \text{ semanas} \times 6 \text{ dias/semana de pré-fabricação} \times 10 \text{ blocos} = 390 \text{ blocos.}$

Tendo em conta que ambas as opções de pontão a ser mobilizado carregam um número de blocos muito superior ao de pré-fabricação (10 blocos/dia), pode-se concluir que este número de 390 blocos em stock seria, de um ponto de vista pessimista, o número máximo em stock, ou seja, a situação crítica.

Após serem realizadas as análises à área de estaleiro, aos meios e às condições de vizinhança, uma das várias soluções possíveis seria aquela que se apresenta na *Figura 41*.



Figura 41: Planta de estaleiro de pré-fabricação

Tal como se pode observar na Figura 41, o estaleiro tem facilidade no acesso. Os contentores de apoio (ferramentaria, refeitório e eventualmente de escritório), assim como a cabine de casa-de-banho portátil, não têm restrições de implantação relevantes, pelo que nesta solução se decidiu colocar nas zonas mais próximas às redes de abastecimento de água e electricidade.

A logística de pré-fabricação e de stock desta solução (ver *Figura 42*), tem como consideração essencial a folga entre blocos para que o equipamento possa “agarrar” os blocos em segurança – cerca de 0.50m –, e assim, não depender tanto da perícia do manobrador na movimentação dos mesmos.

Analisando apenas a área cedida para a pré-fabricação e “stockagem” dos blocos em planta, consideram-se três zonas de stock, todas com 4 fiadas com os três níveis de elevação permitidos.

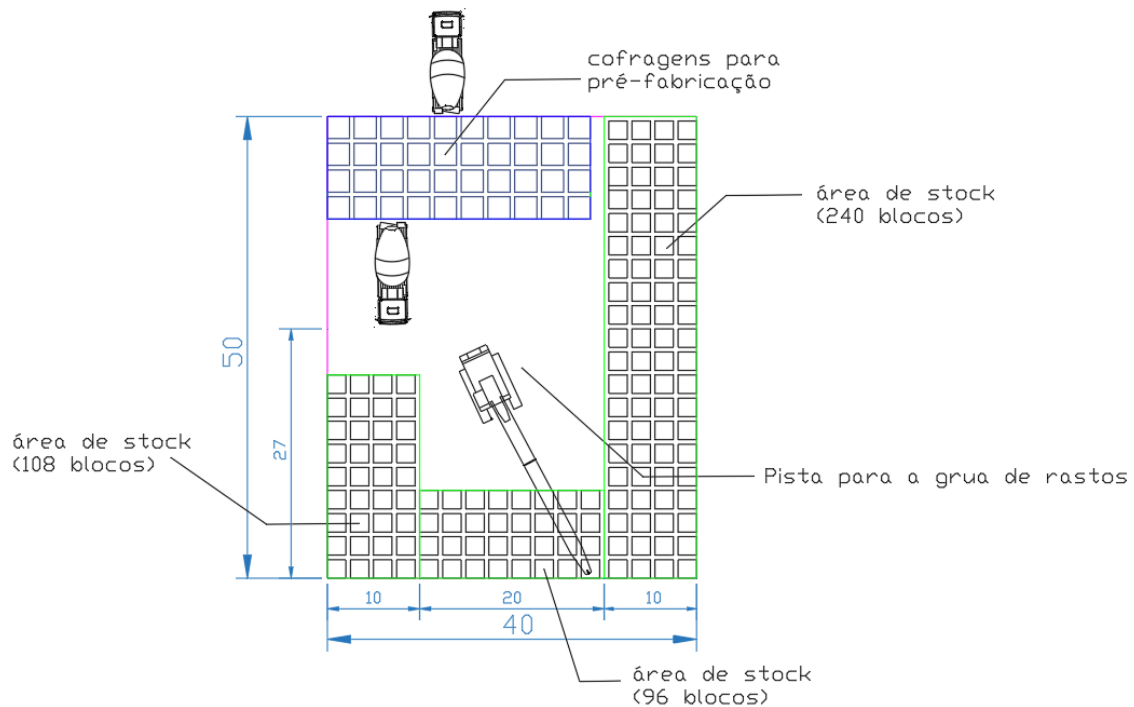


Figura 42: Logística geral de stock no estaleiro de pré-fabricação

Contabilizados os blocos, obtém-se um número superior ao da situação crítica analisada anteriormente, ou seja:

- $108 + 96 + 240 = 444$ blocos Antifer

Estes 444 blocos Antifer representam, assim, a situação crítica de 390 blocos, acrescida da folga de 54 blocos, que representa sensivelmente uma semana de pré-fabricação, para fazer face a eventuais imprevistos.

Note-se que, ainda na *Figura 42*, considerou-se uma zona para facilitar manobras do camião betoneira. A escolha do lado onde se coloca a maior área de *stock* (240 blocos) e do lado do acesso à pista da grua de rastos teve como critério o facto de existir a maior quantidade de blocos o mais próximo possível do raio de acção do “pontão + grua”, para simplificar processo de transporte via marítima.

Para se compreender a logística, atendendo às restrições impostas do betão pelo Caderno de Encargos já descritas anteriormente, terá de ser analisada a planta em processo dinâmico.

Observe-se, então, na *Figura 43*, a situação em processo dinâmico, começando pelo 1º dia de pré-fabricação.

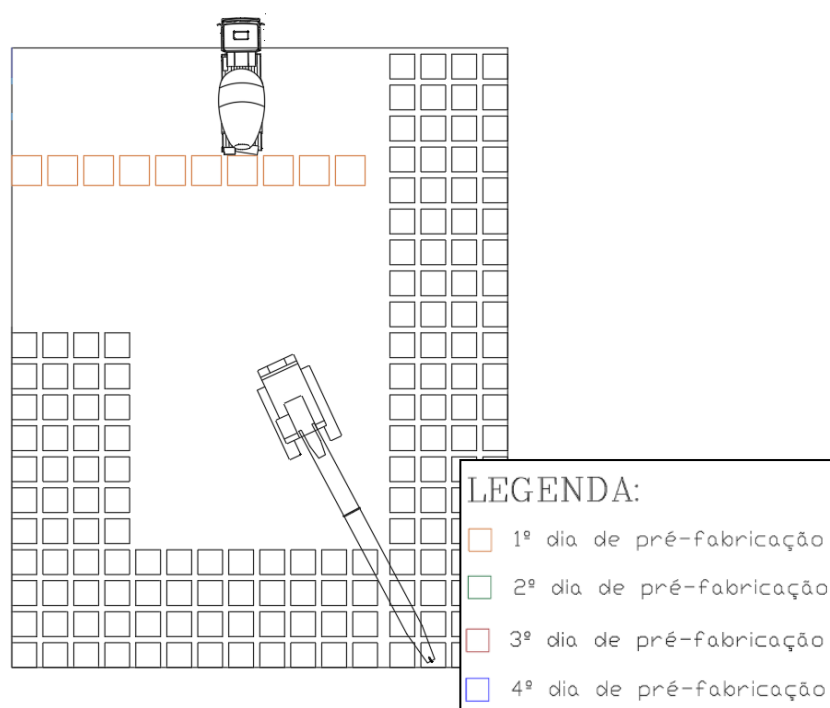


Figura 43: Esquema no 1º dia de pré-fabricação

No dia seguinte à primeira betonagem, já se poderão descobrir e colocá-los na posição de betonagem do 2º dia de pré-fabricação, e idem para o 3º e 4º dias de betonagem.

Em bom rigor, seria possível criar uma eira de pré-fabricação com apenas 3 filas. Porém, esse objectivo partiria do pressuposto da movimentação ao final das 72 horas (instante a

partir do qual é permitida a movimentação dos blocos Antifer). Na prática, ao considerarem-se eventuais falhas com a central de produção de betão, entre outras possíveis falhas comuns, passaria a ser necessária uma área prevista para pelo menos mais uma fila para os casos em que se procede à betonagem a horas não previstas.

Assim sendo, de modo a contar com os imprevistos, sem prejuízo de comprometer as quantidades necessárias de stock já anteriormente mencionadas, contabilizou-se mais uma fila na eira de pré-fabricação. Repare-se, então, na *Figura 44* que, nesta sequência, os blocos Antifer betonados nos dias anteriores nunca chegam a complicar o processo do dia seguinte.

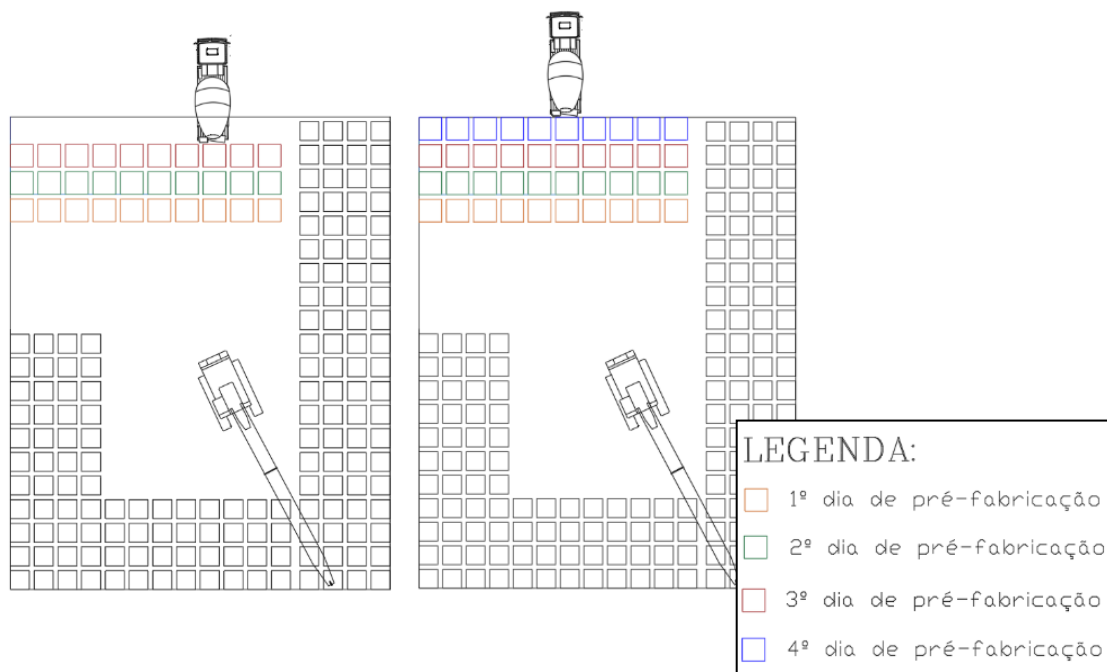


Figura 44: Sequência nos 1ºs dias de pré-fabricação

De seguida, demonstra-se como o processo continua sem que sejam necessárias alterações ao esquema de stock e permitindo que a restante área seja utilizada na mobilidade da grua sobre rastros, permitindo o máximo de organização e simplificação de processos (ver *Figura 45*).

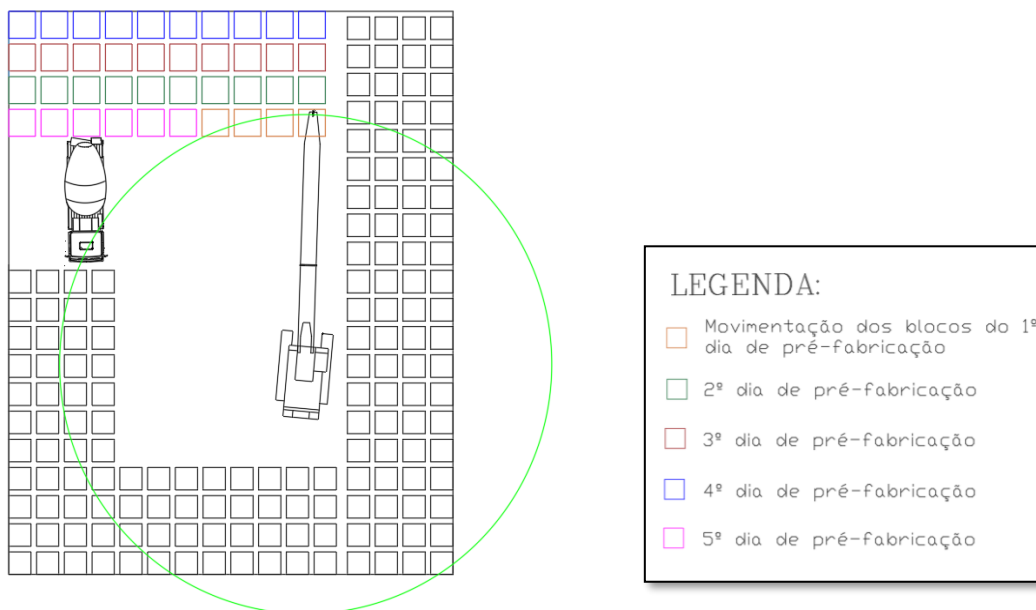


Figura 45: Esquema de betonagem e movimentação de blocos no estaleiro de pré-fabricação

A grua de rastos de apoio na pré-fabricação, ao fim das 72 horas após a betonagem, procede à movimentação dos blocos Antifer para stock com essa idade de 3 dias, preferencialmente do lado mar para terra pelas razões já referidas anteriormente facilitação dos alcances da grua montada no pontão, de modo a embarcar os blocos directamente.

Quanto ao preenchimento do stock, tal como já foi referido, será do lado externo para o interior, tal como se apresenta na *Figura 46*.

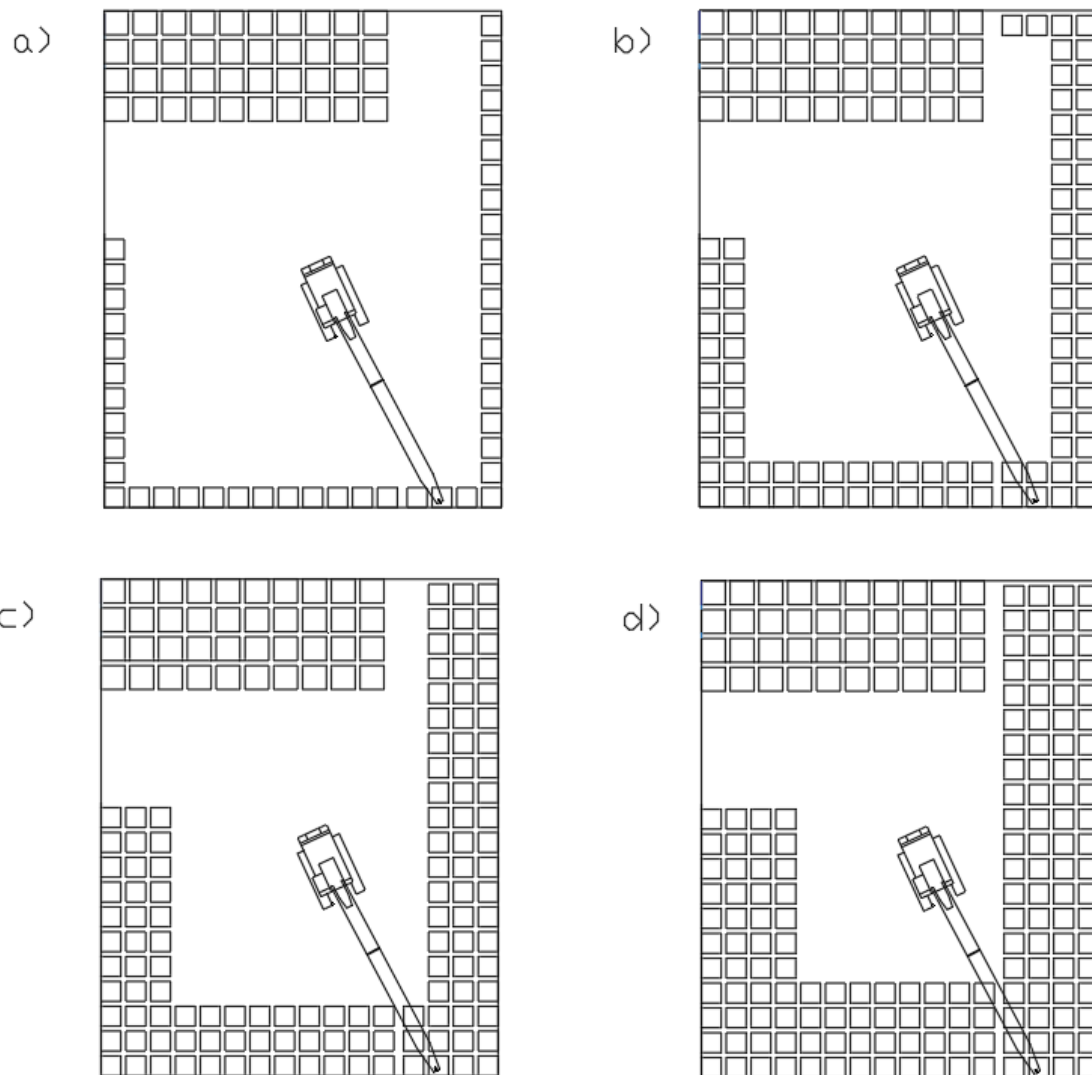


Figura 46: Processo dinâmico de stock no estaleiro de pré-fabricação

Tal facto, faz evitar que a grua de apoio tenha de alcançar a fiada exterior, a qual o seu raio de acção não é suficiente para estas cargas e que levaria a ter de movimentar blocos para conseguir aceder aos de trás.

4.4.2. Estaleiro junto ao cais de Machico

O estudo do estaleiro em Machico teria características e necessidades completamente diferentes. As condições da sua vizinhança seriam impostas pela Câmara Municipal de

Machico, na medida que se trata da entidade a ceder o espaço à entrada do cais, assim como das licenças de circulação de eventuais transportes de material e/ou blocos Antifer por via terrestre.

Os elementos necessários para dar o apoio na empreitada seriam essencialmente os seguintes:

- Contentor ferramentaria;
- Contentor escritório/vestuário;
- Contentor de apoio a actividades de mergulho;
- WC.

Outra questão relevante a ter em conta na disposição dos referidos elementos trata-se da facilidade de acesso, de frente e marcha-atrás, de camiões betoneira, camiões de transporte de material e camiões de transporte de blocos Antifer.

Assim sendo, o tapume e o portão a colocar seria disposto no alinhamento que separa essa área das zonas de acesso ao cais de Machico e o “cais antigo”, conforme demonstra a *Figura 47*.

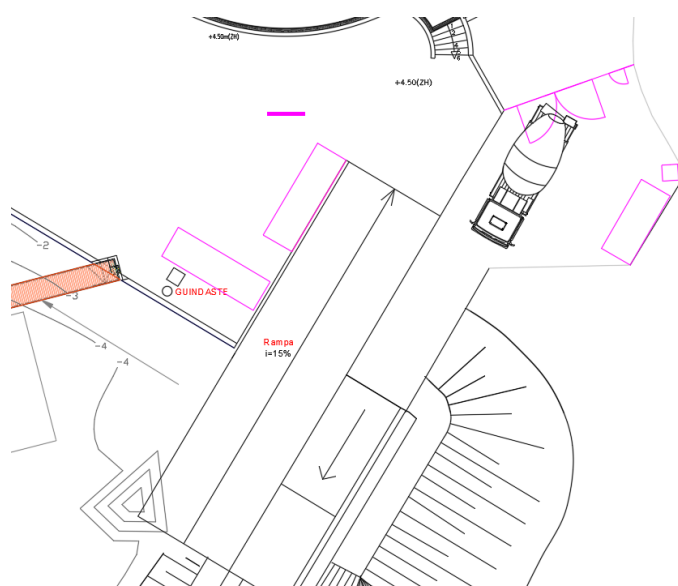


Figura 47: Estaleiro no cais de Machico

4.5. Medições e interpretação dos resultados

A importância das medições é extremamente relevante, tanto para o planeamento dos trabalhos, tomando conhecimento das quantidades aproximadas em cada um dos perfis, como para a própria comparação do real com as quantidades previstas pelo contrato.

Os métodos de medição poderão ser os mais variados. Ao se realizarem medições é necessário fazer certas considerações, de modo a apurar números que abrangem as várias hipóteses possíveis. Foram feitas contagens através de contagem dos elementos visíveis à superfície, contagem através de fotografias subaquáticas e também levantamentos topo-hidrográficos.

A contagem directa dos elementos visíveis deverá ser realizada com céu limpo, por uma questão de maior visibilidade e aquando de uma BM, tanto mais próxima da mínima quanto possível, por uma questão da contagem ser maior e mais aproximada da realidade. Assim, diminuem-se as quantidades que são incrementadas nos resultados por majoração e deixam de ser feitas tantas considerações com o grau de incerteza que lhes está associado.

Após obter-se esse resultado são feitas majorações, pois pode-se considerar a existência de uma subcamada, conhecida à priori e, ainda, a existência de blocos em cotas inferiores às que são visíveis. Assim sendo, poder-se-á interpretar os resultados ao assumir que a cota do pé do talude considerada em projecto (6,0m ZH) corresponde à realidade e que esta é constante, ou então, através de uma interpretação dos levantamentos topo-hidrográficos, estimar até onde abrange o manto de protecção e as quantidades existentes.

Ao adoptar uma conjugação entre a contagem dos elementos visíveis à superfície e a contagem através de fotografias subaquáticas, dever-se-á distinguir no primeiro método aqueles blocos que estão efectivamente emersos e ignorar os que estão visivelmente submersos, para não se duplicarem as contagens. Dever-se-á também realizar a contagem subaquática numa maré próxima daquela que havia sido feita na contagem dos blocos visíveis à superfície, pela mesma razão da não duplicação das contagens.

No caso específico do levantamento hidrográfico, tornou-se possível o traçar os perfis que delimitam o manto existente, à priori de qualquer intervenção (ver *Figura 48*).

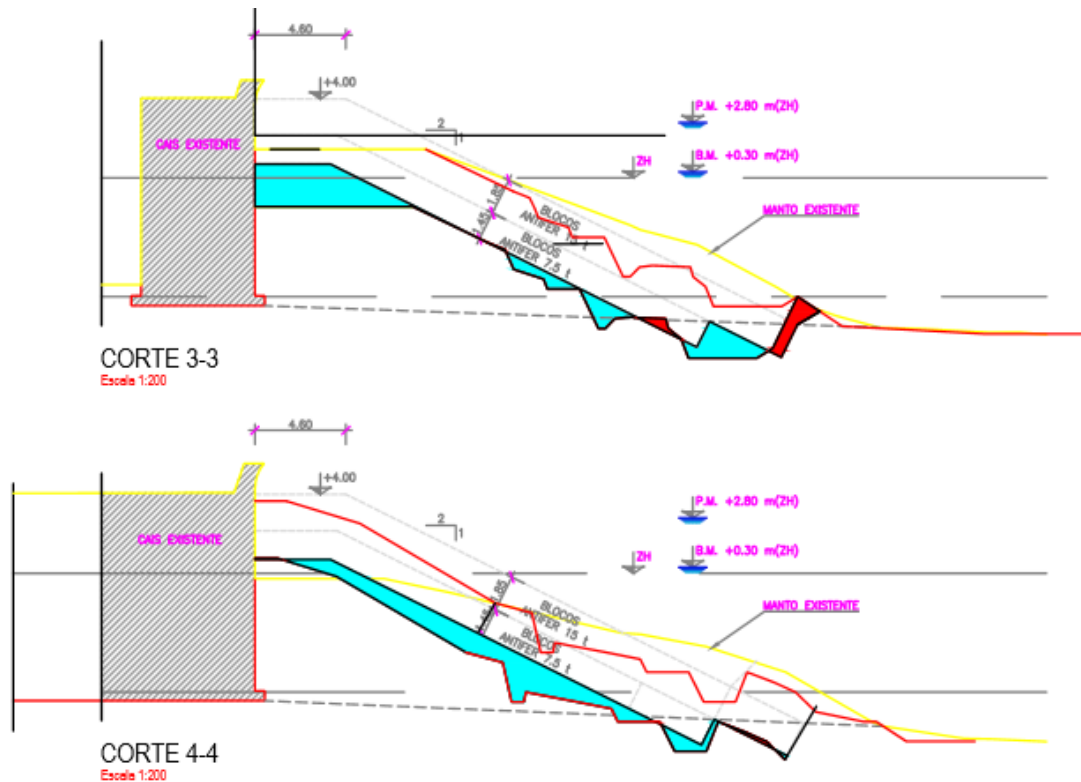


Figura 48: Quantidades em falta e a mais ao longo dos perfis do manto de protecção após levantamento topo-hidrográfico

Com estes dados, ao se medirem as quantidades em falta (a azul) e as quantidades em excesso (a vermelho), ao longo de todos os perfis, é possível estimar as quantidades de enrocamento em falta por perfil, de 20m em 20m, pelo método da média aritmética entre cada dois perfis, considerando as quantidades como se fossem aterro/escavação.

Os resultados que daí advém, dão a possibilidade de conhecer os perfis onde será necessário “despir”, a fim de colocar o enrocamento em falta, assim como as quantidades a colocar, embora sem grande precisão.

4.6. “Re-orçamento” da obra

Existirão várias políticas diferentes de funcionamento dinâmico de uma empresa. Numa empresa com uma política mais sectorial, tendencialmente existirá genericamente um departamento de orçamentos e uma equipa de produção encarregue de realizar a obra; enquanto que numa empresa com uma política no extremo oposto da sectorial, ir-se-á tendencialmente

deparar com casos em que uma equipa ou elemento que orçamentou uma obra, após ganhar o concurso, automaticamente fica encarregue da sua produção.

No contexto em que o caso em estudo está inserido, é um caso misto, isto é, intermédio, e que se ajusta em função das circunstâncias.

Em todo o caso, o conceito de “re-orçamento” poderá ser enquadrado em qualquer contexto, uma vez que, tanto as durações como os preços, os recursos e os processos construtivos, deverão ser sempre reavaliados e ajustados às circunstâncias, já que a posição de empreiteiro não é igual à de concorrente, e idem. Ou seja, os preços de mercado e os recursos disponíveis poderão sofrer alterações ao longo do tempo.

4.7. Planeamento dos Trabalhos

O planeamento dos trabalhos é fundamental na boa preparação da empreitada. Assim sendo, foi feita uma análise ao plano de trabalhos de contrato, e foram feitas simulações de algumas subactividades no sentido de prever as datas de conclusão das actividades de contrato, tentando compatibilizar algumas delas com o intuito de optimizá-las.

Após a assinatura do contrato, a aprovação do Plano de Segurança e Saúde e a consignação, com o descarregamento do equipamento no cais de Machico, seguiram-se os períodos estimados das actividades da montagem da grua de rastos terrestre e a criação da “pista de blocos” até à cabeça do cais, conforme já foi estimado anteriormente.

No quadro extraído do software *Microsoft Project 2016* em ANEXO nº7: *Planeamento de algumas actividades associadas ao reperfilamento do manto protector*, é possível observar uma análise realizada de forma a apurar uma hipótese válida que compatibilizasse as actividades de remoção, transporte e colocação de blocos Antifer e ainda as regularizações do talude, em dias de calendário. Este planeamento é apenas uma das várias possíveis, tanto que não foi a solução seleccionada.

Atendendo ao quadro, a remoção dos blocos de 7.5t do 1º perfil, situado próximo da cabeça do cais, apenas se inicia após conclusão das tarefas de preenchimento com tout-venant na “pista de blocos” até à cabeça do cais (tarefa 13) e a execução da rampa (tarefa 14).

Na fase de preparação da empreitada ainda não era certo que a grua sobre rastos terrestre montaria por si própria a “pista de blocos” e que montaria a rampa de acesso para que se movimentasse para cima da “pista de blocos”, ou se seria o “pontão + grua” a criar as

condições primeiro para depois colocar a grua sobre rastos terrestre directamente sobre a “pista de blocos”.

Durante as operações de “despir” os perfis, uma das hipóteses consideradas passou pela criação de um stock provisório no lado abrigado do cais no fundo do mar. A outra hipótese considerada (que viria a ser executada), foi a colocação de um stock provisório directamente por perfis seguintes.

Outra consideração feita nestas simulações iniciais, que viria a ser o passo seguinte, era a execução de aterro no 1º perfil para base de trabalho de uma “giratória de braço longo”. Esta solução passa pela criação de uma base junto ao muro-cortina onde iria trabalhar a giratória para a regularização do talude, enquanto a grua, terrestre ou do pontão, ia movimentando os blocos Antifer. Posteriormente procedia-se à eventual colocação ou remoção de pedra onde fosse necessário.

De seguida, o procedimento seria retirar do perfil semicircular da cabeça do cais os blocos de 7.5t lá existentes e colocação no talude do 1º perfil. A eficiência desta solução está no facto de em uma operação, se estar a realizar duas subactividades, na medida em que, ao retirar do perfil da cabeça do cais os blocos, já se está a “despir” o mesmo para posteriormente regularizar o talude de enrocamento e a preencher a subcamada do 1º perfil.

A ideia passa, de seguida por repetir o processo sucessivamente nos perfis seguintes, esta logística até finalizar o reperfilamento do manto protector, conforme demonstra o quadro de planeamento apresentado em *ANEXO nº7: Planeamento de algumas actividades associadas ao reperfilamento do manto protector*.

Contudo, existem ainda outras actividades não consideradas neste estudo previstas em contrato que seriam necessárias compatibilizar com estas actividades, tais como o tratamento de betão danificado em alguns casos no muro-cortina, ainda que constituam uma certa independência destas na medida em que não necessitam dos recursos mais significativos, como o pontão e as gruas. No entanto, salvaguarda-se a conveniência de se tratar algumas zonas quando os respectivos perfis estiverem “despidos”.

4.8. Preparação dos primeiros processos

4.8.1. Passagem da grua de rastros terrestre nas discontinuidades do cais

Houve diversas situações em que a largura das três fiadas de Antifer coincidia com alguns obstáculos ao longo do cais, nomeadamente, cabeços de amarração e escadas de acesso ao mar. O segundo caso, com maior relevância, ocorre em 4 pontos do cais.

São estudados dois processos para contornar este obstáculo em segurança e com eficiência.

Inicialmente, pensou-se na possibilidade de montar uma estrutura metálica que acabou por uma hipótese viabilizada, como se pode constatar na *Figura 49*.



Figura 49: Estrutura metálica montada para permitir continuação da "pista de blocos"

Este processo tem duração de cerca de 2 a 3 dias. Consiste na montagem de quatro apoios metálicos aparafusados aos dois degraus equidistantes entre si e das extremidades, mais dois apoios no patamar de acesso ao mar, com ligação aparafusada à parede, por forma a apoiar numa das extremidades. No início das escadas, no sentido descendente, a estrutura apoiaria no primeiro degrau.

A remoção da estrutura e, posteriormente, ajuste à escada seguinte, mais a nova aplicação nessa escada seguinte poderia vir a demorar cerca de 3 a 4 dias. Repare-se nos processos intermédios:

- Remoção dos blocos Antiferes que lhe assentam em cima, assim como o material que preenche a camada superior (tout-venant) e os interstícios;
- Desaparafusar as ligações;
- Remoção com grua e transporte para estaleiro;
- Medição das dimensões exactas da escada seguinte e ajuste da mesma;
- Transporte e reaplicação com processo semelhante ao anteriormente referido.

A segunda alternativa consistia num processo de aproveitamento dos blocos Antifer de 7.5 ton, dispondo-os da forma que ocupa o maior volume possível, de modo a minimizar o material para preenchimento dos vazios, num esquema semelhante ao apresentado na *Figura 50*.

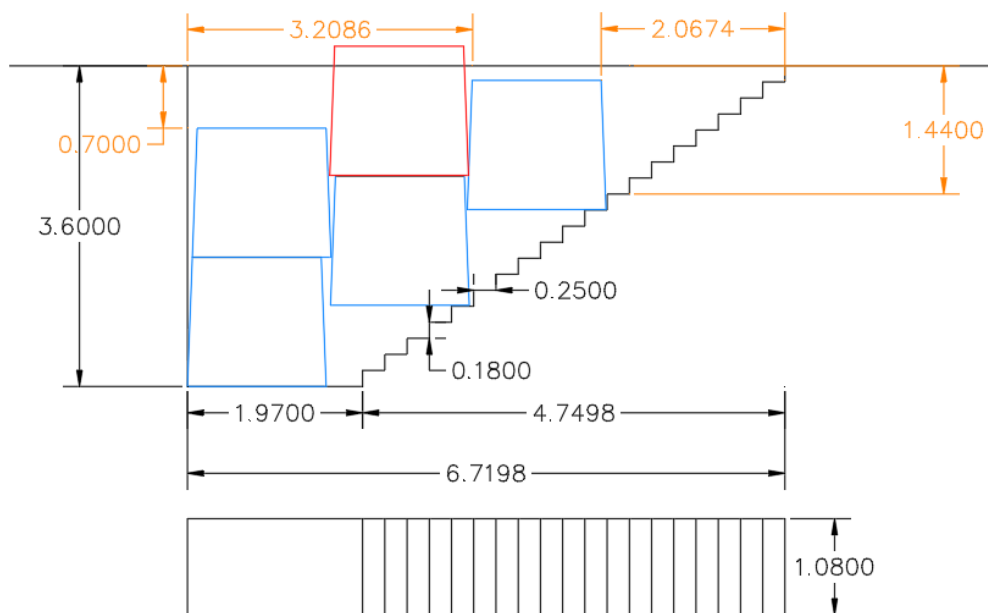


Figura 50: Esquema da opção de preencher com elementos de betão a escada

É necessário ter em conta que a largura na base dos blocos Antifer de 7.5 ton é de 1.45m e a largura das escadas varia entre 1.00m e 1.10m. Qualquer cofragem, seja para esse, ou outro material, ficará cerca de 0.30m afastada da extremidade das escadas.

As alternativas de material a encher dos vazios poderiam ser também tout-venant, no entanto, nesse caso teria de ser colocada uma cofragem, por exemplo de madeira.

Essa hipótese foi descartada por questões de segurança, pois não se considerou que este esquema de estrutura se pudesse manter estável.

Assim sendo, considerou-se outra hipótese: a colocação de betão pobre nos vazios. Além disso, considerou-se a solução de utilizar “blocos parciais Antifer” resultantes da pré-fabricação, isto é, encher parte da cofragem, apenas até à cota pretendida, e descofrar pouco tempo depois, assim que crie o mínimo de presa que mantenha relativamente estável o bloco, e sem perturbar a pré-fabricação dos 10 blocos Antifer por dia.

Foi ainda tida em conta mais uma solução, por forma a contornar os degraus. Portanto, considerou-se a utilização de uma cofragem de madeira “tipo” que descrevesse o contorno dos degraus, obtendo-se, por fim, o esquema ilustrado na *Figura 51*.

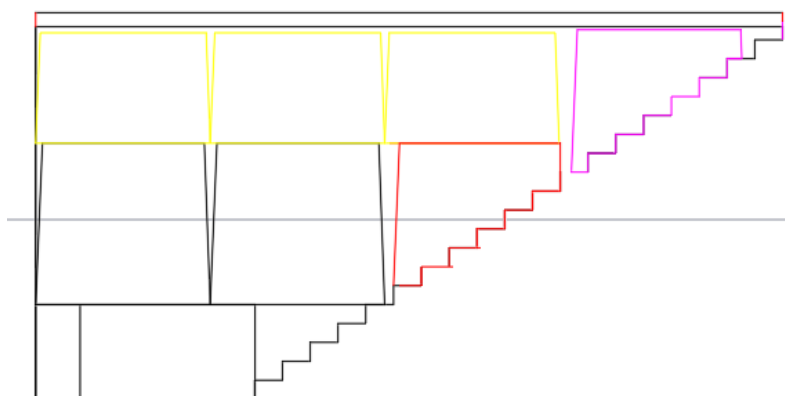


Figura 51: Esquema final de preenchimento com elementos de betão as zonas da escadas

Este processo tem uma duração ligeiramente mais vantajosa, uma vez que alguns dos blocos existem no local e os outros são transportados e colocados logo ao final de um dia.

A segunda alternativa, blocos de betão em detrimento da estrutura metálica, nas 3 escadas seguintes foi a hipótese seleccionada, pois consistia num processo mais simples e, em termos económicos, semelhante (embora no primeiro caso, os perfis metálicos possam ser reaproveitados).

Além disso, não era necessária a sua desmontagem para montar na seguinte posteriormente, então, não restringia que se tivesse de terminar todos os trabalhos com a grua sobre rastos terrestre na zona onde estaria a primeira escada para removê-la, e assim

sucessivamente. Ou seja, tornava-se possível a permanência da “pista de blocos” até ao final da empreitada.

4.8.2. Processo de subida da grua sobre rastos para a plataforma

Após a grua sobre rastos terrestre ter colocado os primeiros blocos Antifer de 7.5t nas fiadas que iriam servir de “pista” para a sua mobilidade em cima do cais, procedeu-se à execução da rampa que serviria para a subida da grua.

O movimento de translação da grua (sem carga) em superfícies com inclinação tem especificações do fabricante que se traduzem no *Quadro 8*, e que merecem análise. É possível consultar as especificações definidas pelo fabricante em *ANEXO nº8: Fichas técnicas e especificações do fabricante da grua sobre rastos terrestre (Manitowoc 12000)*.

Translação traseira				Translação dianteira			
0 - 1% de inclinação da rampa				0 - 1% de inclinação da rampa			
ângulo da lança	L lança [m]	% de inclinação da rampa	ângulo de inclinação da rampa [°]	ângulo da lança	L lança [m]	% de inclinação da rampa	ângulo de inclinação da rampa [°]
30-40	24,4-30,5	0,00	0,00	35-40	27,4-30,5	0,00	0,00
35-55	33,5-51,8			35-55	33,5-51,8		
50-70	54,9-61			45-70	54,9-57,9		
60-75	64-70,1	1,00	0,57	55-70	61-70,1	1,00	0,57
2 - 10% de inclinação da rampa				2 - 10% de inclinação da rampa			
ângulo da lança	L lança [m]	% de inclinação da rampa	ângulo de inclinação da rampa [°]	ângulo da lança	L lança [m]	% de inclinação da rampa	ângulo de inclinação da rampa [°]
30-45	21,3-24,4	2,00	1,15	30-35	21,3-24,4	2,00	1,15
35-60	27,4-45,7			35-45	27,4-45,7		
50-75	48,8-51,8	10,00	5,71	40-55	48,8-51,8	10,00	5,71
65-80	54,9-70,1			50-65	54,9-70,1		
11- 20% de inclinação da rampa				11- 20% de inclinação da rampa			
ângulo da lança	L lança [m]	% de inclinação da rampa	ângulo de inclinação da rampa [°]	ângulo da lança	L lança [m]	% de inclinação da rampa	ângulo de inclinação da rampa [°]
35-50	18,3-21,3	11,00	6,28	30-35	36,6	11,00	6,28
45-70	24,4-42,7			35-40	39,6-45,7		
60-80	45,7-51,8	20,00	11,31	35-50	48,8-57,9	20,00	11,31
70-80	54,9-70,1			40-55	61-70,1		

Quadro 8: Restrições da grua sobre rastos terrestre na translação em superfícies inclinadas

Ao se analisar o *Quadro 8*, verifica-se que há uma diferenciação entre a translação traseira e dianteira. Há ainda a referir que o quadro se refere à consideração da grua com lança (sem “*jib*” e sem *offsets*) e com um contrapeso de 34 toneladas.

Portanto, de acordo com as especificações do fabricante, para que sejam satisfeitas as condições de segurança na subida da grua sobre rastos pela rampa em questão, para a deslocação na condição “montada” com os vários tramos, ter-se-á que obedecer às seguintes condições:

- Lança com 42.7m;
- Contrapeso = 34ton;

Assim, ter-se-á uma inclinação máxima no sentido do movimento é de 20% (11,31°). Quanto à inclinação lateral máxima da rampa, segundo as recomendações do fabricante em *ANEXO nº8: Fichas técnicas e especificações do fabricante da grua sobre rastos terrestre (Manitowoc 12000)*, será de 1.10°, o que corresponde a uma diferença máxima de 10cm entre rastos.

Em relação à inclinação da lança nesta operação, conforme indica o *Quadro 8*, depende se se procede numa translação dianteira ou traseira. Portanto, tem-se:

- Caso de translação dianteira, a lança inclinada para a frente, entre 35° e 40°;
- Caso de translação traseira, a lança inclinada para a traseira do deslocamento, com inclinação entre os 45° e os 70°.

Além disso, tira-se ainda das especificações do fabricante que a máquina não pode girar no plano inclinado e que a transição entre a rampa e o plano horizontal tem que ser realizada de forma suave e unidireccional (ver *ANEXO nº8: Fichas técnicas e especificações do fabricante da grua sobre rastos terrestre (Manitowoc 12000)*)

Assim sendo, obtém-se uma rampa de 6,28° – 11,31° (11-20% de inclinação), conforme se pode observar na *Figura 52*.

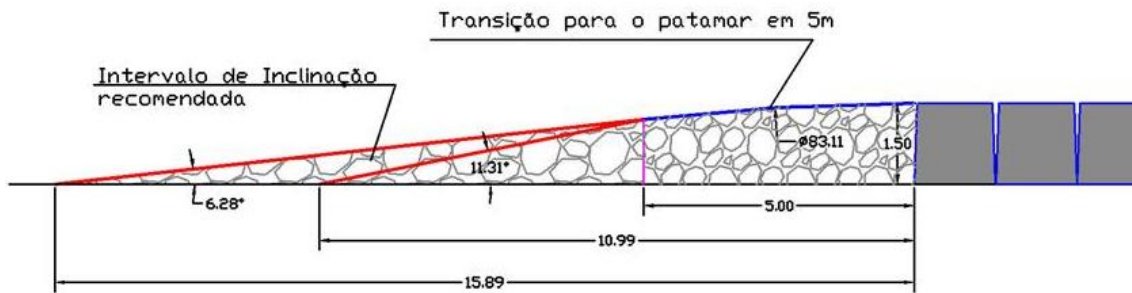


Figura 52: Esquema de criação da rampa de acesso para a grua terrestre

Portanto, para que se atinjam os 1.50m de altura (altura de um bloco Antifer, somado com uma camada de tout-venant para atingir a cota do muro-cortina) é necessária uma extensão de cerca de 15.90m.

Segundo os vários desenhos de planta do local, é possível satisfazer as condições desta operação com as condições propostas. No entanto, uma análise de viabilidade e dos possíveis ajustes a realizar à priori de qualquer processo nunca é descartável, de modo a garantir a segurança da operação.

Capítulo 5: Desenvolvimento da Empreitada

5.1. Descrição geral do desenvolvimento da “fase acompanhada da empreitada”

Conforme já foi referido, o acompanhamento da empreitada de Reabilitação do Cais de Machico teve maior incidência nos meses que a antecederam e no seu início, ou seja, durante a sua preparação e nos primeiros meses da mesma.

No entanto, com o acompanhamento das principais actividades, tornou-se possível detectar os processos onde é possível otimizar, para além de conhecer uma série de procedimentos inerentes à actividade em questão.

Relata-se, a par de uma análise crítica, o desenvolvimento das actividades em Machico com descrição dos acontecimentos, desde alguns pontos específicos, como por exemplo a análise dos procedimentos de concepção dos blocos Antiferes, até uma visão mais geral, como é o caso da compatibilização das actividades.

Uma das principais actividades foi a da pré-fabricação dos blocos Antifer. Nesta actividade, numa fase inicial, foi necessário fazer alguns ajustes, identificar procedimentos incorrectos e corrigir situações de forma correctiva para que, daí em diante, fosse possível ter uma postura preventiva, de modo a obter maior qualidade e satisfação do Dono de Obra.

O relato dos processos construtivos é ajustado em função de nuances que, ao longo da empreitada, foram surgindo, sendo que são demonstradas as principais etapas do que a preparação da empreitada previa acontecer e o modo como foi realmente procedido. São descritos os processos da construção da “pista de blocos”, da colocação dos blocos no talude e das reparações do betão e armaduras danificadas, entre outros.

Uma análise precoce dos rendimentos pode dar interpretações distorcidas da real tendência. No entanto, também poderá permitir, fazer algumas considerações, estimar as tendências, identificar as folgas, ou mesmo, identificar como melhorar os próprios rendimentos. Estes rendimentos poderão servir como base de consideração em futuros estudos para empreitadas com actividades semelhantes.

5.2. Acompanhamento dos trabalhos

O início dos trabalhos no cais de Machico só ocorreu algumas semanas após se ter iniciado a pré-fabricação dos blocos Antifer, aquando da chegada do equipamento destinado ao efeito, descarregado directamente na zona intermédia do tronco do cais, zona mais larga do cais.

Após se realizar a descarga dos tramos e da grua sobre rastos terrestre na zona intermédia do cais (com maior área), a própria grua montada no pontão auxiliou a montagem da grua terrestre.

5.2.1. Montagem da “pista de blocos”

Após a montagem da grua sobre rastos terrestre, foi a própria grua que iniciou a remoção dos primeiros blocos. Movimentou-os para a criação da “pista” de 3 fiadas, no sentido da cabeça do cais (ver *Figura 53*).



Figura 53: Trabalhos de criação da "pista de blocos"

Uma das dificuldades na colocação das 3 fiadas de blocos é que os “dentes” da pinça têm tal volume que restringe a colocação dos blocos, pelo que muitas das vezes os blocos ficaram afastados alguns centímetros entre si. Esta situação será tanto reduzida quanto maior for a perícia do manobrador. No entanto, intervêm de um a dois serventes nesta operação.

Sendo a pinça utilizada adequada para blocos Antifer a variar entre os 7.5t e os 30t, e sendo que os blocos utilizados na “pista de blocos” são de 7.5t, constata-se que se está na situação crítica (mínima). Verificou-se que, na grande maioria dos casos, a pinça apenas engata com dois dos três “dentes”, conforme se observa na *Figura 54*, exigindo ainda maior perícia por parte do manobrador da grua.



Figura 54: Pinça com apenas 2 "dentes" engatados

Estiveram envolvidos neste processo inicial dois manobreadores diferentes e constatou-se que os afastamentos médios na base dos blocos eram 0.11m e de 0.14m, respectivamente. O manobrador que obteve um afastamento médio de 0.11m tinha 23 anos de experiência como manobrador, enquanto o segundo caso apenas 5 anos como manobrador. Embora a amostra seja reduzida, a par do facto de se estar a ignorar outros factores com possível influência, é provável que haja uma relação entre a experiência do manobrador e a sua eficiência.

Em relação aos guarda-corpos existentes a contornar as escadas de acesso ao mar no patamar superior, optou-se por remover e transportar para serem reabilitados apenas ao modo que fosse necessário retirar, em detrimento de removê-las logo ao início.

Quanto aos cabeços de amarração, uma vez que não há nada em contrato previsto para se intervir, mantiveram-se. Então, a “pista de blocos” teve de sofrer alguns ajustes ao modo que foi avançando. A largura dos cabeços consumia uma largura entre cerca de 0.35 a 0.55m, sendo que os blocos Antifer contêm uma forma ligeiramente piramidal. Nestes vazios foram colocadas sacas de argamassa ou cimento, por forma a preenchê-los.

Veio-se a confirmar em obra que, para além da altura de o muro-cortina variar cerca de 0.25m ao longo do cais, também era mais elevado em relação ao cais do que os 1.45m (altura de um bloco Antifer de 7.5t). Portanto, os blocos ficariam algo entre 0.01m e 0.26m abaixo da cota do muro-cortina em praticamente todo o cais, conforme se observa na *Figura 55*.



Figura 55: Diferencial de cotas entre muro cortina e os blocos Antifer de 7.5t

De seguida, procedeu-se ao preenchimento da camada superior com tout-venant, assim como a já referida rampa para o acesso da grua sobre rastros à “pista de blocos” (ver *Figura 56*).



Figura 56: Acesso pela rampa à "pista de blocos"

Foi utilizada uma manta geotêxtil na base dos blocos Antifer, de modo a satisfazer a necessidade de não danificar o pavimento do cais e os próprios blocos Antifer de 7.5 ton (ver *Figura 57*).



Figura 57: Medidas de prevenção de forma a manter a integridade do cais com manta geotêxtil

Uma outra necessidade para salvaguardar a segurança prende-se com as bordas, onde se teve de colocar algo que delimitasse a “pista de blocos” para possibilitar a operação da grua, a fim de impedir a queda de material para o mar.

Além disso, foi colocada uma guarda em aço e malha-sol por forma a assegurar a segurança da passagem dos homens na “pista de blocos”. Observe-se as placas de madeira utilizadas, na *Figura 58*.

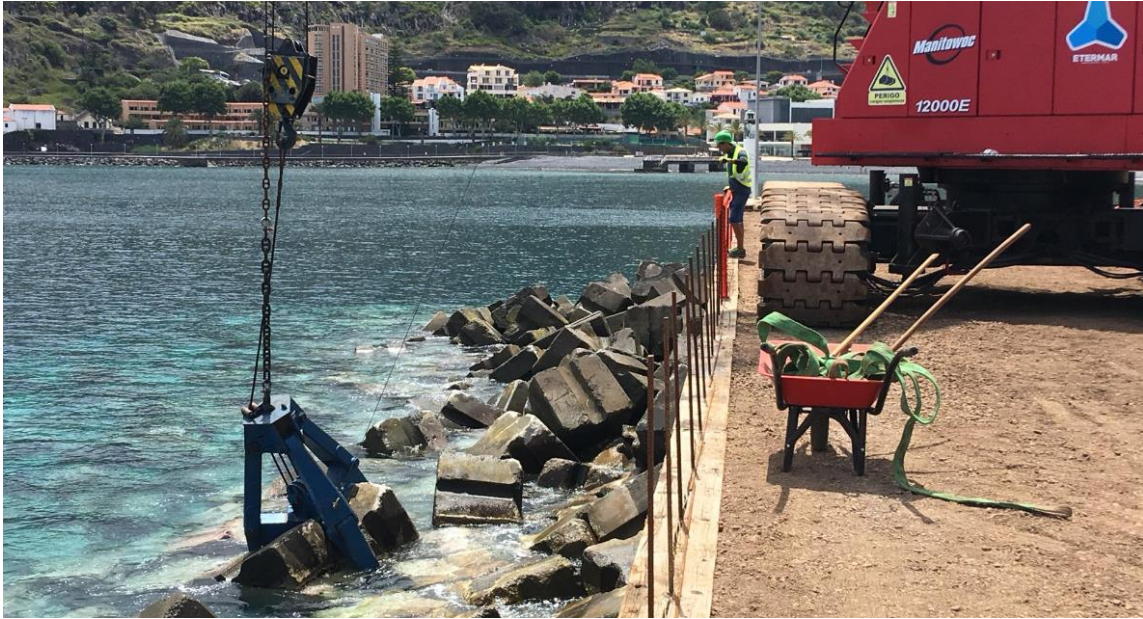


Figura 58: Guarda em aço e malha-sol e placas de madeira para evitar queda de material

Tendo em conta as singularidades existentes ao longo do cais, como cabeços de amarração e escadas de acesso ao mar, uma de outras hipóteses possíveis seria o preenchimento com “tout-venant”, embora seja uma solução pouco segura, devido à facilidade com que o material iria saindo dos interstícios, fazendo esta “pista” perder a coesão necessária.

Conforme já foi referido, na escada mais próxima da cabeça do cais, foi montada uma estrutura metálica (ver *Figura 59*).

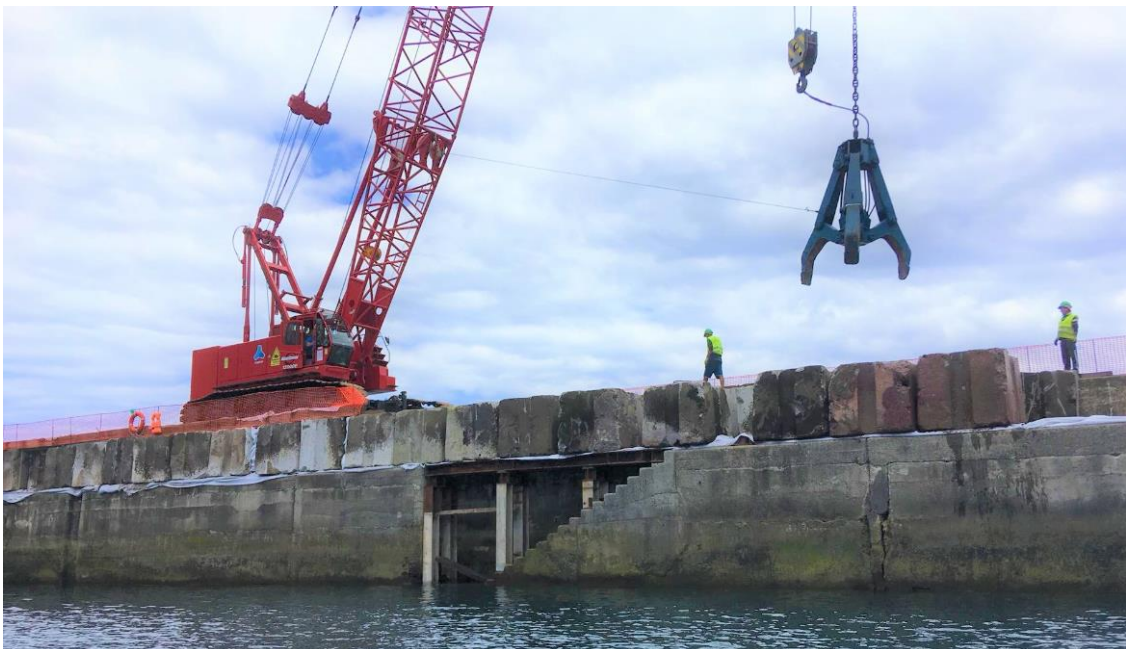


Figura 59: "Pista de blocos" a passar por cima da estrutura metálica da escada

Posteriormente, optou-se por uma outra solução nas três escadas de acesso ao mar seguintes. Essa outra hipótese alternativa passou pelo preenchimento com peças Antifer parcialmente completas, como aliás já foi esquematizado anteriormente.

Consiste este processo na colocação de blocos Antifer nas escadas de modo a preencher o máximo possível e, de seguida, os interstícios com material (por exemplo, tout-venant). Observe-se a *Figura 60*.



Figura 60: Trabalhos de preenchimento com elementos de betão de uma das escadas

De modo a conseguir-se a segurança e a estabilidade desta estrutura de blocos e material de enchimento, foi ainda concebida uma armação a ligar as várias estruturas, conforme se pode observar na *Figura 61*.



Figura 61: Processo construtivo no topo do preenchimento das escadas de precaução

Posteriormente, esta lâmina de cerca de 15cm de altura seria preenchida com betão pobre, oferecendo maior consistência à estrutura.

5.2.2. Análise da pré-fabricação dos blocos Antifer

Por iniciativa, foi realizada uma inspeção e posterior análise dos antiferes iniciais. Este procedimento torna possível cruzar as anomalias comuns a dias diferentes, através do apuramento dos procedimentos adoptados nesses dias. Identificam-se assim as causas das anomalias para, depois, dar instruções no sentido de eliminá-las.

Portanto, a monitorização das condições a que estiveram expostos, assim como as horas em que os procedimentos foram feitos, são base de dados fulcral para cruzamento de dados e posterior ajuste de modo a encontrar os pontos óptimos da qualidade do processo.

O rastrear dos procedimentos, anomalias e suas causas foi, portanto, objecto da criação de uma metodologia concebida da forma que segue.

Os blocos Antifer foram numerados e datados à medida que eram pré-fabricados. Uma vez que existiam moldes de dois tipos diferentes, os antigos (3 unidades) e os novos (7 unidades), totalizando o número de 10 blocos Antifer pré-fabricados por dia, registou-se numa tabela com que molde foi pré-fabricado cada um dos blocos Antifer.

Nessa mesma tabela seriam então referidas as informações necessárias para posteriormente, se caso disso, fazer as interpretações que pudessem vir a eliminar as causas de eventuais anomalias que fossem surgindo.

Segue-se o *Quadro 9* que serve de exemplo da descrita metodologia, simulando o segundo dia de pré-fabricação (blocos numerados do nº11 até ao nº20).

DATA: (xx-yy-zzzz)						
Nº do Antifer	Molde	Condições	Anomalia E	Anomalia B	Anomalia J	Estado Global
11	A	19°C, (08:30)		B1		4
12	A	20°C, começou a chover				5
13	A	22°C				5
14	N	23°C	E2	B3		3
15	N	23°C	E3	B3	J3	2
16	N	22°C	E3	B3		3
17	N	21°C		B2		4
18	N	21°C, (12:00), sol forte		B2	J2	3
19	N	21°C		B1		4
20	N	20°C				5

Quadro 9: Situação de exemplo de metodologia de monitorização de um dia de pré-fabricação

Analisando o Quadro 9 por definições, tem-se:

- ❖ Moldes com a letra A, correspondentes aos moldes antigos (ver *Figura 62*);



Figura 62: Moldes de cofragem de Antifer com 15t antigos

- ❖ moldes com letra N, correspondentes aos moldes novos (ver *Figura 63*);



Figura 63: Molde de cofragem de Antifer com 15t novo

- ❖ Condições, coluna destinada a observações de várias naturezas, como descrever condições atmosféricas e/ou defeitos nos procedimentos dos vários intervenientes da pré-fabricação;
- ❖ E – Corresponde à anomalia de defeitos nas esquinas/vértices dos blocos, entre E1 e o E5, que define o grau de acentuação da anomalia, entre “quase desprezável” até muito acentuada, respectivamente;
- ❖ B – Corresponde à anomalia de defeitos nas arestas dos blocos (ver *Figura 64*), entre B1 e o B5, que define o grau de acentuação da anomalia, entre “quase desprezável” até muito acentuada, respectivamente;



Figura 64: Aresta de Antifer com defeito

- ❖ J – Corresponde à anomalia de existência de junta de betonagem (ver *Figura 65*), entre J1 e o J5, que define o grau de acentuação da anomalia, entre “quase desprezável” até muito acentuada, respectivamente;



Figura 65: Antifer com juntas de betonagem

- ❖ Estado global que define uma nota global entre 1 e 5, de mau a muito bom, respectivamente.

Ao analisarem-se os quadros de vários dias diferentes, torna-se possível estabelecer padrões e, então, identificar quais as anomalias que ocorrem em determinadas condições.

No caso da anomalia J (juntas de betonagem), notou-se que poderia derivar de atrasos no transporte do betão, estabelecendo duas fases de betonagem, e/ou utilização de um betão diferente na segunda fase de betonagem. As consequências destas juntas de betonagem são essencialmente a existência de um plano onde os pontos, para igual tensão, estão mais propícios a rotura.

Nas anomalias E (vértices) e B (arestas), foi mais comum encontrar nos blocos Antifer pré-fabricados nos moldes novos nos primeiros dias de pré-fabricação. Possivelmente a causa terá sido pela inexperiência em trabalhar com estes moldes, pois nos dias seguintes, ao se ajustarem os procedimentos e ao tardar mais a descofragem, os blocos Antifer começaram a ter um aspecto melhor e os quadros de registo cada vez tiveram menos anomalias assinaladas.

O padrão estabelecido e encontrado nestas duas anomalias foi essencialmente a descofragem precoce e o possível incorrecto nos procedimentos de descofragem.

No que à arrumação dos blocos em stock diz respeito, necessita-se da grua sobre rastos com uma canga própria para a movimentação deste tipo de blocos e do auxílio de pelo menos um homem que acedia aos níveis superiores do stock através de uma escada, conforme se observa na *Figura 66*.



Figura 66: Trabalhos de movimentação dos blocos Antifer no estaleiro de pré-fabricação

5.2.3. Boia de sinalização com sistema iluminante

Tal como em casos de empreitadas no meio urbano onde seja necessária sinalização de trânsito, este tipo de empreitada que exige intervenção de equipamento marítimo obriga à sinalização com boias com intuito de evitar abalroamentos no mar, pelo que estas boias estão comumente equipadas com sistema iluminante (IH, 2013).

O critério de localização das boias prende-se simplesmente com a implantação de dois comprimentos do lado maior do pontão, neste caso 120m no total (comprimento de 60m), afastadas do cais (IH, 2013).

A Figura 67 ilustra o posicionamento e características das bóias e luzes utilizadas na presente empreitada.

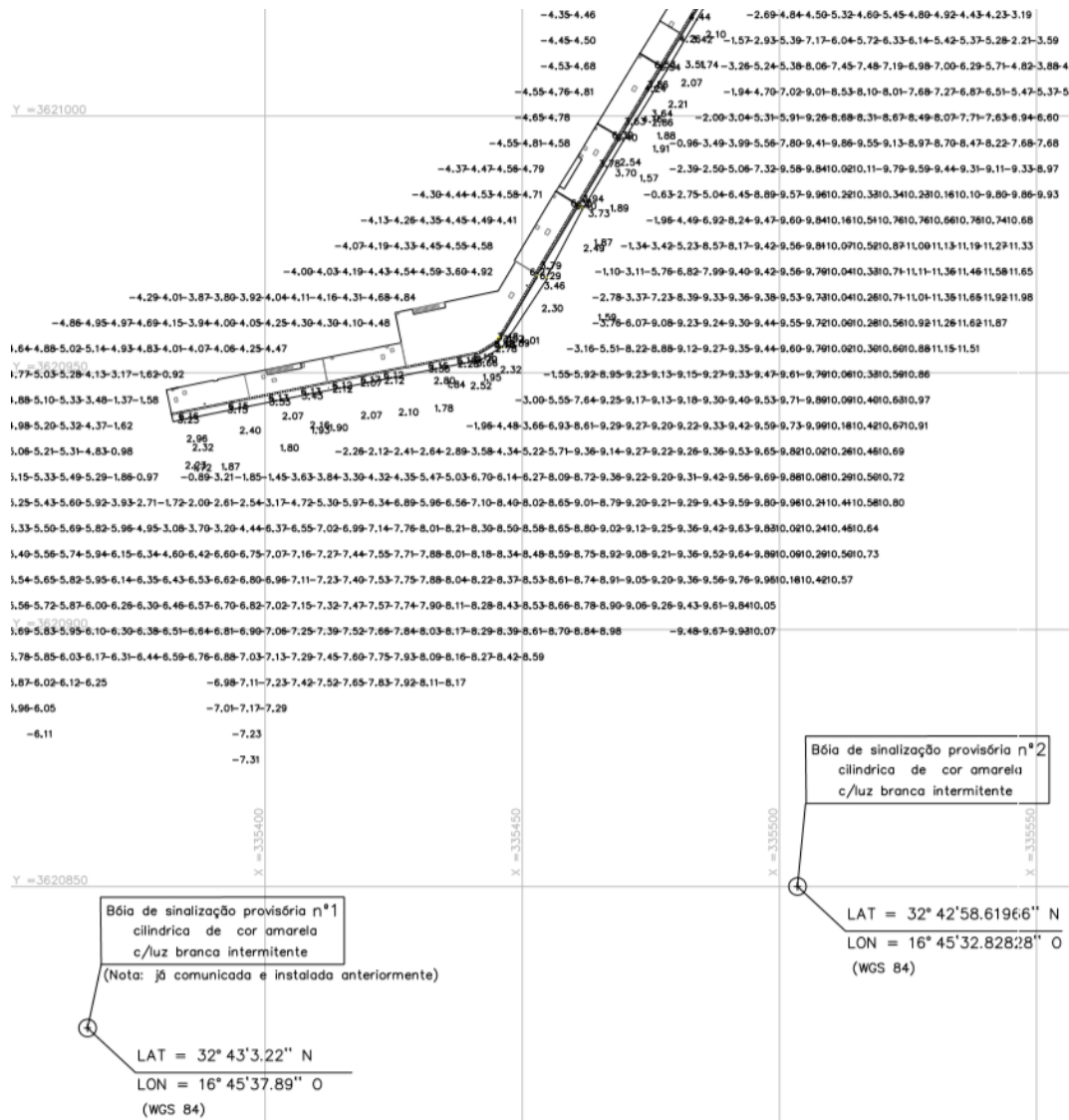


Figura 67: Planta de posicionamento e características das bóias e luzes utilizadas

Existiria uma terceira boia se ela não existisse já a sinalizar uma rocha a Este do cais.

5.2.4. Definição do talude do novo manto protector

Tendo em conta que a inclinação do talude constitui um indicador de qualidade, então, seria necessário conceber um método que viesse a cumprir com o rigor desejado a inclinação estabelecida pelo Projecto de Execução.

O método utilizado na definição da inclinação passa pelo encastramento de esquadros ao longo do cais, conforme se observa na *Figura 68*.



Figura 68: Esquadro encastrado

Este método consiste no encastramento de um esquadro com a inclinação desejada, neste caso de 1(v):2(h), e uma corda que segue o alinhamento até ao pé do talude, amarrado a uma poita por um mergulhador.

5.2.5. Remoção e movimentação de blocos Antifer submersos

Verificou-se que os rendimentos e/ou os recursos necessários na remoção (e colocação) dos blocos Antifer submersos é desvantajosa em relação àqueles que são removidos (ou

colocados) à superfície. Este fenómeno deve-se essencialmente a uma questão de visibilidade por parte do manobrador.

Ao se recorrer ao auxílio de mergulhadores especializados, apesar de melhorar a qualidade de colocação e o rendimento, torna a operação mais exigente em termos de sincronização dos vários intervenientes. Isto é, o mergulhador observa o que acontece e transmite os sinais através de gestos (ver *Figura 69*), e o manobrador segue as instruções, enquanto o encarregado marítimo coordena as operações de forma a obter o desejado.



Figura 69: Mergulhador a comunicar através de gestos

5.2.6. Logística de colocação e stock provisório no local

A logística na colocação dos blocos no talude tem nuances na medida em que existem camadas diferentes: núcleo com elementos TOT, camada de enrocamento 0.5t a 1t, sub-manto com blocos Antifer de 7.5t e o manto protector com blocos Antifer de 15t.

O transporte dos blocos a bordo do pontão continha uma quantia de 45 a 60 unidades por viagem, já que a capacidade máxima de segurança em navegação, considerando todos os acessórios e condições existentes, é de 900 ton.

Nesse sentido, enquanto o pontão procedia ao transporte dos blocos, a grua sobre rastos terrestre ia completando a “abertura” do perfil a intervencionar. Isto é, os blocos eram colocados num stock provisório próximo, na maioria das vezes no próprio perfil seguinte, conforme se

observa na *Figura 70*. Este procedimento havia sido estudado na preparação da empreitada, embora não se tenha optado pela utilização de uma giratória de braço longo para regularizar o talude.

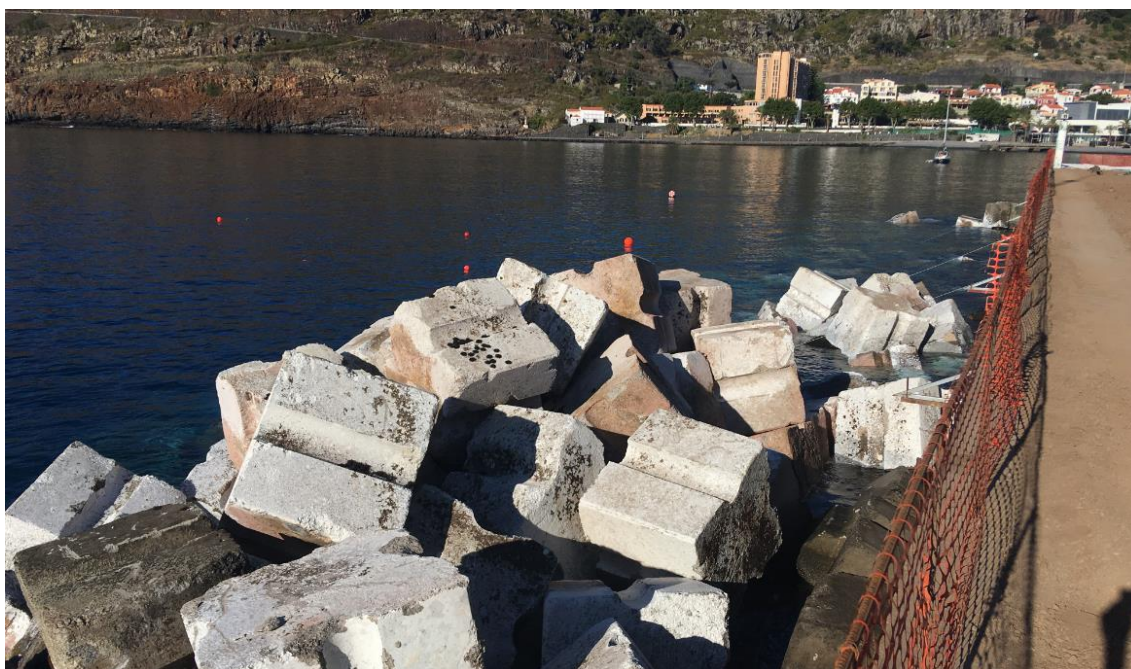


Figura 70: Stock provisório no perfil seguinte ao que se encontra “despido”

Pode-se observar na *Figura 70* o 1º perfil (próximo da cabeça do cais) completamente “despido”, enquanto no perfil seguinte (o mais próximo do local de onde se fotografou) se acumulavam em stock os blocos provenientes.

O mesmo procedimento veio a suceder com os blocos Antifer de 15 ton em algumas situações quando necessário, especialmente quando havia unidades a colocar pela grua terrestre nas zonas onde tinha capacidade para o fazer. Essa decisão libertava o “pontão + grua” para se dirigir ao estaleiro de pré-fabricação para o posterior transporte de mais blocos Antifer.

5.2.7. Reparação do betão e armaduras

Conforme era previsto em contrato, foram intervencionados vários pontos que careciam de tratamento. Um dos quais, o muro-cortina, cuja armadura já estava à vista. Então, aproveitando as alturas em que estavam “despidos” os perfis, intervencionou-se através de uma estrutura metálica em forma de bailéu com possibilidade de movimentar no sentido longitudinal do cais, conforme se observa na *Figura 71*.



Figura 71: Bailéu montado no lado exposto do cais para reparação de armaduras e betão danificado

5.2.8. Colocação dos blocos Antifer nas camadas

A colocação dos blocos Antifer, para além dos “esquadros-guia”, era auxiliada por boias visíveis na *Figura 72*, que delimitavam os vários perfis, pelos quais o encarregado e restante equipa se guiavam para organizar os trabalhos.



Figura 72: Linhas dos esquadros a definir a inclinação pretendida

Como anteriormente referido, nas zonas onde era necessário colocar enrocamento, eram removidos os blocos da camada inferior para colocar enrocamento, a fim de encontrar a cota desejada. Depois, o procedimento era colocar novamente os blocos no sub-manto e, posteriormente, os blocos Antifer de 15 ton no manto protector.

O procedimento de auxílio de mergulho tomou os métodos similares aos de remoção dos blocos, em que a pinça era manobrada pelo manobrador da grua do pontão em função das instruções que o mergulhador dava através de gestos. Observe-se a *Figura 73*.



Figura 73: Trabalhos de colocação em zona submersa auxiliados por mergulhador

Ao modo que iam sendo colocados os blocos do manto e sub-manto, conforme os procedimentos descritos, ia-se obtendo o aspecto cuja *Figura 74* reflecte.

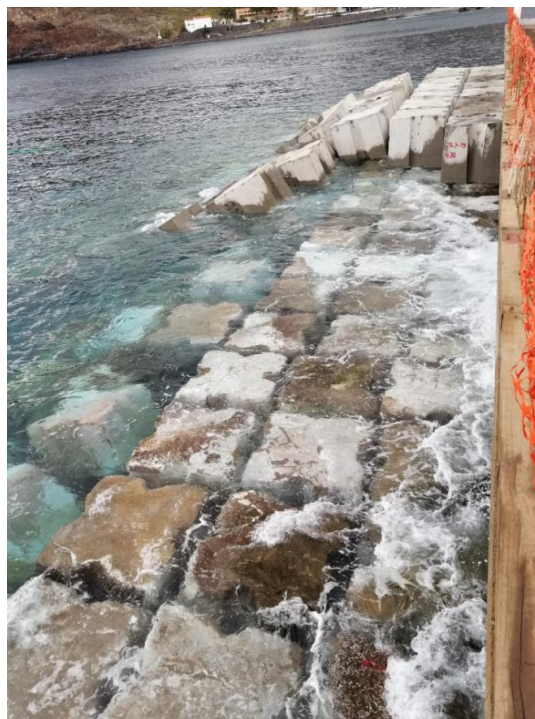


Figura 74: Aspecto da subcamada após intervenção e alguns blocos de 15t já colocados

5.3. Análise de rendimentos

Uma análise interessante a realizar é a dos rendimentos de colocação dos blocos Antifer, nomeadamente a comparação entre os dois conjuntos “pontão-grua” utilizados.

Naturalmente que o rendimento é muito condicionado pelas condições marítimas, no entanto, foi tida em conta a comparação de rendimentos para condições semelhantes.

Importa referir que os rendimentos também variam caso se se está a falar de colocações submersas não visíveis pelo manobrador ou de colocações em posições visíveis (podendo ser emersas ou submersas). Nos casos em que a posição não é visível, são necessários mergulhadores para facilitar a tarefa.

No caso do “pontão + grua” de maior capacidade de transporte (cerca de 60 blocos Antifer em cada transporte), foi verificado um rendimento médio de aproximadamente 15 minutos, considerando que cada ciclo é determinado pelo momento no qual a pinça engata os dentes no bloco Antifer a bordo, passando pela colocação do mesmo na sua posição de destino, até voltar a bordo para engatar o seguinte.

Este rendimento médio, por sua vez, é determinado ignorando se a posição de destino é visível para o manobrador ou não. Se se quiser ser mais específico, foram verificados rendimentos médios de cerca de 10 minutos e 17 minutos para as colocações em posições visíveis e não visíveis para o manobrador, respectivamente.

No caso do “pontão + grua” de menor capacidade (cerca de 20 blocos Antifer em cada transporte), foi verificado um rendimento médio total de 14 minutos. Já a decomposição do rendimento médio em posições visíveis e não visíveis verificado foi de 11 minutos e 16 minutos, respectivamente.

Capítulo 6: Outras actividades durante o Estágio

6.1. Acompanhamento da Empreitada: Reabilitação da Lota do Funchal

Durante o estágio foi feito um acompanhamento dos primeiros meses da empreitada de Reabilitação da Lota do Funchal.

A empreitada consistia na demolição completa do edifício existente à priori juntamente com a parte superior do cais e, à posteriori, na reconstrução de ambos. Após as demolições, de modo a manter os pilares do cais numa posição tanto hiperestática quanto possível, criou-se um sistema de “peleias” com perfis metálicos, conforme se observa na *Figura 75*.



Figura 75: Sistema de "peleias" para manter estáveis os pilares do cais demolido

A demolição de parte dos pilares do cais, até que se atingisse a cota prevista em projecto, teve de ser demolida manualmente, conforme mostra a *Figura 76*. Por vezes, esse trabalho dependia da maré, pois a cota desejada não era superior à grande maioria das PM locais ocorridas.



Figura 76: Demolição manual dos pilares até à cota pretendida

Em paralelo com as actividades de demolição, eram construídas peças pré-fabricadas de betão armado, como se observa na *Figura 77*, que viriam a ser colocadas no cais nas posições definidas pelo Projecto de Execução.



Figura 77: Trabalhos de execução de peças pré-fabricadas

Estas peças contêm dimensões diferentes e funcionam como vigas frontais, transversais, pré-lajes, conforme se observam algumas delas colocadas nas respectivas posições na *Figura 78*.



Figura 78: Peças pré-fabricadas colocadas nas respectivas posições

Após colocadas, viria a ser feita a betonagem da laje do cais, sendo que teria que ser faseada por betonagens em dias diferentes, de modo a que o betão ganhasse primeiro alguma resistência necessária para suportar o peso das betonagens seguintes.

6.2. Acompanhamento da Empreitada: Reabilitação do Cais da Ponta do Sol

Na outra empreitada acompanhada durante o estágio, a empreitada de Reabilitação do Cais da Ponta do Sol, as actividades de maior relevância a mencionar são:

- Pavimentos de betão armado com betão C50/60, XS3(P), CI 0.20, D_{máx} 8mm, S3 armado, pigmentado e com acabamento em sarrisca lavada bujardada de forma a imitar a cantaria da região, conforme se observa na *Figura 79*;



Figura 79: Trabalhos de pavimentação em betão armado com acabamento a imitar cantaria da região

- Preenchimento de juntas nos paramentos do cais, entre os quais em zonas com altura, conforme se observa na *Figura 80*,



Figura 80: Trabalhos de preenchimento de juntas nos paramentos exteriores do cais da Ponta do Sol

- Substituição do pavimento de calçada madeirense, mantendo as mesmas estereotomias, conforme se observa na *Figura 81*;



Figura 81: Pavimentação em calçada madeirense com estereotomia pretendida

- Substituição de diversas peças de cantaria da região, com reconstrução dos muros, conforme se observa na *Figura 82*;



Figura 82: Colocação de cantarias

Capítulo 7: Conclusão e desenvolvimentos futuros

7.1. Considerações finais

Com a realização do presente documento foi possível consolidar uma reflexão acerca das temáticas fundamentais da empreitada de Reabilitação do Cais de Machico.

De um modo geral, no desenvolvimento da empreitada tentou-se otimizar as logísticas inerentes à actividade e antecipar os problemas que dela iam ou poderiam ir surgindo, caso não se tivesse feito uma preparação da mesma.

A análise detalhada do Projecto de Execução pode melhorar significativamente a preparação da empreitada. Além disso, pode trazer questões relevantes a debater com o Dono de Obra ou Fiscalização da Obra, na medida em que, à priori da empreitada, ainda é possível fazer determinados ajustes que contemplem os interesses de todas as partes envolvidas.

O modo como está orçamentada uma empreitada, quanto à logística e equipamentos envolvidos, apesar de representarem os custos que determinaram o valor da empreitada, será sempre viável estudar que ajustes podem ser feitos no sentido de otimizar custos.

Dos processos construtivos mencionados ao longo do presente, há alguns que se tornaram a opção escolhida e outros que poderiam eventualmente ter sido a opção, mas acabaram inviabilizados. Os critérios de ponderação nas tomadas de decisão poderão ter de ajustar-se em função das circunstâncias, pelo que nos casos que foram surgindo e discutidos no corpo do presente documento são revelados alguns dos critérios envolvidos.

Através do desenvolvimento das várias hipóteses consideradas para o estaleiro de pré-fabricação, tomando por base as necessidades e condições desta empreitada, demonstraram-se metodologias para obter a disposição mais adequada a essas mesmas circunstâncias, de modo a que seja possível reduzir a área necessária e, assim, reduzir custos com a sua exploração.

Com as inspecções visuais aos Antifer pré-fabricados tornou-se possível criar uma metodologia de inspecção que medisse as anomalias, que cruzasse os dados e, assim, rastreasse as causas das anomalias, a fim de fazer uma intervenção correctiva dos procedimentos e de montar um sistema de procedimentos de preventivo.

Apesar de serem empreitadas de cariz diferente, as obras de construção civil e as obras marítimas acabam por ter muitas similaridades, pelo que, directa ou indirectamente, essa relação foi feita através das várias questões levantadas ao longo do presente documento.

7.2. Desenvolvimentos futuros

No futuro, o desenvolvimento de um estudo que descubra métodos e equipamentos que, após mergulhar o bloco Antifer dentro de água, através de objectos que criem forças no sentido da impulsão e contrárias à força gravítica, de modo a que a capacidade da grua terrestre ganhe maior alcance e, assim, possa realizar empreitadas como esta sem o auxílio do “pontão + grua”, poderá trazer compensações significativas em termos de custos com equipamento.

Referências Bibliográficas

Costa, A. (1999). *Mecanismos de Deterioração em Estruturas de Betão Armado*. Instituto Superior Técnico.

Frens, A.B. (2007). *The impact of placement method on Antifer-block stability*.

Instituto Hidrográfico. (2013). *Sistema de Balizagem Marítima – 3ª edição*.

Instituto Hidrográfico. (2019). *Tabelas de Marés*.

Maquet, J.F. (1985) Port of Antifer, France, *Design and construction of mounds for breakwaters and coastal protection*, Bruun. P., 696-703

Manitowoc 12000. (2011)

<https://www.manitowoccranes.com/ptBR/cranes/manitowoc/Manitowoc-product-literature/archive>

NP EN 206-1:2007 “Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade”

Pita, C. (1986). *Dimensionamento Hidráulico do Manto Resistente de Quebra-mares de Taludes*. Memória do LNEC nº670, LNEC. Lisboa.

Portaria n.º 177/2016. Regulamento de Balizagem Marítima Nacional.

USACE. (2011). *Coastal Engineering Manual (CEM), Part VI*. Washington, DC : U. S. Army Corps of Engineers.

ANEXOS

ANEXO nº1: Peças desenhadas do PE

ANEXO nº2: Diagramas de carga da grua sobre rastos terrestre

ANEXO nº3: Diagrama de cargas referente aos 3º de inclinação da grua de rastos montada no pontão de maior dimensão

ANEXO nº4: Diagrama de cargas referente aos 3º de inclinação da grua de rastos montada no pontão de menor dimensão

ANEXO nº5: Diagrama de cargas da grua de rastos de pré-fabricação – 1ª opção

ANEXO nº6: Diagrama de cargas da grua de rastos de pré-fabricação – 2ª opção

ANEXO nº7: Planeamento de algumas actividades associadas ao reperfilamento do manto protector

ANEXO nº8: Fichas técnicas e especificações do fabricante da grua sobre rastos terrestre (Manitowoc 12000)