

 M 2014

**U. PORTO**  
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

# **ELEMENTOS GEOMÉTRICOS PARA O PLANEAMENTO FÍSICO DE TERMINAIS PORTUÁRIOS**

**JERÓNIMO DANIEL AMORIM MARTINGO**  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA  
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
ENGENHARIA CIVIL



# **ELEMENTOS GEOMÉTRICOS PARA O PLANEAMENTO FÍSICO DE TERMINAIS PORTUÁRIOS**

**JERÓNIMO DANIEL AMORIM MARTINGO**

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

---

Orientador: Professor Doutor Fernando Francisco Machado Veloso  
Gomes

JUNHO DE 2014

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e à minha Irmã

*“Põe quanto tu és no mínimo que fazes”*

*Fernando Pessoa*



## **AGRADECIMENTOS**

Esta página destina-se ao desejo do autor desta dissertação expressar de forma sincera os agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais pela educação e princípios que me transmitiram, fazendo de mim a pessoa que sou hoje.

Gostaria de agradecer também em particular ao Professor Doutor Fernando Francisco Veloso Gomes, orientador deste trabalho, pela disponibilidade e conhecimento transmitido, expressando todo o meu apreço pela pessoa e profissional que é.

Ao Professor Doutor Paulo Jorge Rosa Santos pela sua disponibilidade em facultar bibliografia para o desenvolvimento de alguns tópicos deste trabalho.

À D. Esmeralda pela sua simpatia genuína e pelo conforto que me proporcionou durante todo o ano letivo.

Por fim, a entrega desta dissertação representa o fim de um ciclo da minha vida, assim não queria deixar de agradecer a todos aqueles amigos que me apoiaram e estiveram presentes nos momentos mais difíceis, em especial aos meus colegas de casa.

A todos vós o meu sincero obrigado!



## **RESUMO**

A presente dissertação teve por objetivo principal a elaboração de uma compilação de dados e recomendações para o dimensionamento de terminais portuários em termos de planeamento físico (lay-out).

Numa primeira abordagem foi analisada a necessidade de evolução dos portos marítimos tendo em consideração o panorama de transporte marítimo existente atualmente, seguindo-se um estudo da influência dos navios mercantes no dimensionamento de alguns parâmetros de projeto.

Após a diferenciação das tipologias de terminais portuários, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e um conjunto de análises a terminais já construídos, dos quais resultou a apresentação de metodologias de dimensionamento que poderão servir de diretrizes para os projetistas que pretendam executar o dimensionamento das instalações portuárias. Com as metodologias estabelecidas é possível determinar os requisitos de área de terraplenos a dispor para a armazenagem das mercadorias de cada terminal, as profundidades e comprimentos de cais em função das características dos navios de projeto e das taxas de movimentação anuais.

Na fase final da dissertação procedeu-se à aplicação prática dos procedimentos de cálculo propostos, em casos de estudo específicos, como os terminais de contentores e cruzeiros do porto de Leixões, o terminal de granéis sólidos do porto de Sines, o terminal roll-on/roll-off do porto de Setúbal e do porto de Lisboa e o terminal de contentores do porto de Luanda.

As recomendações propostas podem servir de projeções e restrições a ponderar em novos projetos, no entanto, para uma aplicação concreta é necessário relaciona-las com as inúmeras variáveis consequentes das condições locais dos terminais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Portos, planeamento físico, terminais portuários, navios mercantes, metodologias de dimensionamento.



## **ABSTRACT**

This work had the aim of developing a compilation of data and recommendations for the design of ports terminals in terms of physical planning (layout).

In a first approach was analysed the need for development of seaports, having in consideration the state of maritime transport currently, followed by a study on the influence of commercial ships in some design parameters.

After a differentiation on the existing types of port terminals, was developed a literature search and studies about some of the existing terminals around the world, which resulted in the presentation of design methodologies that can serve as guidelines for designers in terms of design port facilities.

In the final stage of this dissertation a practical application was made of the proposed calculation procedures in specific case studies, such as container and cruise terminals in port of Leixões, solid bulk terminal in port of Sines, roll-on/roll-off terminal that exist in port of Setúbal and port of Lisboa and container terminal in the port of Luanda.

The recommendations that were proposed can serve as projections and considering restrictions on new designs, however for a specific application is required relates them with numerous variables resulting from local conditions of the terminals.

**KEYWORDS:** Ports, physical planning, port terminals, commercial ships, design methodologies.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO ESTUDO .....	1
1.2. DESCRIÇÃO DOS OBJETIVOS .....	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	2
<b>2. PORTOS MARÍTIMOS - TRANSPORTE MARÍTIMO</b> .....	5
2.1. CONCEITO DE PORTO MARÍTIMO .....	5
2.2. MODELOS DE GESTÃO PORTUÁRIOS .....	5
2.2.1. CONCEITO DE AUTORIDADE PORTUÁRIA .....	5
2.2.2. PRINCIPAIS MODELOS DE GESTÃO PORTUÁRIA .....	5
2.2.3. MODELO DE GESTÃO DOS PORTOS PORTUGUESES .....	7
2.3. EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE MARÍTIMO .....	7
2.3.1. PANORAMA DO TRANSPORTE MARÍTIMO EUROPEU .....	7
2.3.2. NECESSIDADE DE EVOLUÇÃO DOS PORTOS .....	9
2.4. ESTRATÉGIAS PARA AUMENTAR A CAPACIDADE DE UM PORTO .....	9
2.4.1. AMPLIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES .....	9
2.4.2. MELHORAMENTO DOS RENDIMENTOS DOS EQUIPAMENTOS .....	10
2.4.3. DOTAR O PORTO DE MELHORES INFRAESTRUTURAS .....	11
2.4.4. CRIAÇÃO OU REMODELAÇÃO DE ACESSOS AO PORTO .....	11
<b>3. OS NAVIOS MERCANTES</b> .....	13
3.1. TIPOLOGIAS .....	13
3.2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA – A INDÚSTRIA DOS NAVIOS .....	13
3.2.1. NAVIOS PORTA-CONTENTORES .....	13
3.2.2. NAVIOS GRANELEIROS .....	14
3.2.3. NAVIOS RO-RO .....	15
3.2.4. NAVIOS CRUZEIRO .....	16

<b>3.3. EVOLUÇÃO DAS DIMENSÕES PRINCIPAIS</b> .....	17
3.3.1. DESCRIÇÃO DAS PROJEÇÕES .....	17
3.3.2. PROJEÇÕES ANTIGAS VS ATUAIS DAS DIMENSÕES PRINCIPAIS .....	18
3.3.2.1. Projeção para porta-contentores .....	18
3.3.2.2. Projeção para graneleiros.....	20
3.3.2.3. Projeção para cruzeiros .....	22
<b>3.4. INFLUÊNCIA NO DIMENSIONAMENTO PORTUÁRIO</b> .....	24
3.4.1. CANAIS DE APROXIMAÇÃO.....	24
3.4.1.1. Considerações económicas.....	24
3.4.1.2. Projeto de canais de aproximação .....	25
3.4.1.3. Navio de projeto.....	25
3.4.1.4. Conceito de projeto.....	25
3.4.2. MOBILIDADE DENTRO DE UM PORTO .....	30
3.4.2.1. Fatores condicionantes no projeto.....	30
3.4.2.2. Determinação da área de manobras .....	31
<b>4. TERMINAIS PORTUÁRIOS</b> .....	33
<b>4.1. INTRODUÇÃO</b> .....	33
<b>4.2. TIPOS DE TERMINAIS</b> .....	33
4.2.1. TERMINAL DE CONTENTORES .....	33
4.2.2. TERMINAL DE GRANÉIS SÓLIDOS.....	35
4.2.3. TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF.....	38
4.2.3.1. O papel dos serviços roll-on/roll-off .....	38
4.2.3.2. Elementos dos terminais roll-on/roll-off .....	39
4.2.4. TERMINAL DE CRUZEIROS .....	41
4.2.4.1. Funcionalidade dos terminais .....	41
4.2.4.2. Requisitos programáticos .....	42
4.2.4.3. Elementos do terminal .....	44
<b>4.3. OPERAÇÕES E PROCESSOS LOGÍSTICOS</b> .....	44
4.3.1. ANÁLISE E OPERAÇÕES NOS TERMINAIS DE CONTENTORES .....	44
4.3.2. OPERAÇÕES EM TERMINAIS DE GRANÉIS SÓLIDOS .....	46
4.3.3. MOVIMENTAÇÃO DOS PASSAGEIROS NO TERMINAL DE CRUZEIROS.....	47

<b>4.4. EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS .....</b>	<b>48</b>
4.4.1. MOVIMENTAÇÃO DE CONTENTORES.....	48
4.4.1.1. Equipamentos de cais .....	48
4.4.1.2. Transporte horizontal.....	51
4.4.1.3. Terrapleno de armazenagem .....	53
4.4.2. MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS .....	55
4.4.2.1. Tipos de carregadores de navios .....	55
4.4.2.2. Tipos de descarregadores de navios .....	57
4.4.2.3. Empilhadores e reclaimers .....	59
4.4.3. MOVIMENTAÇÃO DE CARGA ROLL-ON/ROLL-OFF .....	60
<b>4.5. ESTRUTURAS DE ACOSTAGEM NOS TERMINAIS .....</b>	<b>60</b>
4.5.1. CONFIGURAÇÃO FÍSICA .....	60
4.5.2. CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DA CONFIGURAÇÃO FÍSICA DA ESTRUTURA DE ACOSTAGEM .....	61
4.5.3. RECOMENDAÇÕES PARA A ESCOLHA DA ESTRUTURA EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES TERMINAIS.....	62
4.5.4. CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DA TIPOLOGIA ESTRUTURAL .....	63
4.5.4.1. Influência da cota dos fundos rochosos .....	63
4.5.4.2. Influência na adjudicação da empreitada.....	64
4.5.4.3. Influência da amplitude da maré no projeto da estrutura.....	64
4.5.4.4. Influência dos fenómenos da ressonância e reflexão da ondulação .....	65
<b>5. METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO DE TERMINAIS .....</b>	<b>67</b>
<b>5.1. TERMINAL DE CONTENTORES .....</b>	<b>67</b>
5.1.1. RELAÇÕES BASEADAS EM MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE.....	68
5.1.1.1. Área utilizável .....	69
5.1.1.2. Uso das gruas .....	70
5.1.1.3. Uso do cais.....	72
5.1.1.4. Balanço geral.....	73
5.1.2. BASES DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DO LAY-OUT DE TERMINAIS.....	75
5.1.2.1. Comprimento de cais.....	75
5.1.2.2. Equipamentos de transporte horizontal.....	78
5.1.2.3. Área de <i>apron</i> .....	78
5.1.2.4. Capacidade do terrapleno de armazenamento .....	79

5.1.2.5. Equipamentos da área do terraplano de armazenagem .....	80
5.1.2.6. Área terrestre e edifícios.....	81
<b>5.2. TERMINAL DE GRANÉIS SÓLIDOS .....</b>	<b>82</b>
5.2.1. ZONA DE ACOSTAGEM .....	83
5.2.1.1. Fator de comprimento de cais .....	83
5.2.1.2. Profundidade de água .....	84
5.2.1.3. Capacidade de carga.....	85
5.2.1.4. Capacidade de descarga.....	85
5.2.2. ZONA DE ARMAZENAGEM .....	86
5.2.2.1. Dimensionamento da área de armazenagem .....	86
5.2.2.2. Área total do terminal.....	89
<b>5.3. TERMINAL DE ROLL-ON/ROLL-OFF .....</b>	<b>89</b>
5.3.1. CRITÉRIOS DE PROJETO .....	89
5.3.2. CONSIDERAÇÕES DE PROJETO.....	91
5.3.3. METODOLOGIAS E DIRETRIZES DE PROJETO.....	92
5.3.3.1. Diretrizes para as rampas de acesso .....	92
5.3.3.2. Exigências de cais .....	94
5.3.3.3. Requisitos de área do terminal.....	95
<b>5.4. TERMINAL DE CRUZEIROS .....</b>	<b>97</b>
5.4.1. PADRÕES DE PROJETO .....	97
5.4.1.1. Classificação das instalações e terminais .....	97
5.4.1.2. Indicações para aspetos de conceção .....	98
5.4.2. DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS DO TERMINAL .....	99
<b>6. APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DAS METODOLOGIAS .....</b>	<b>105</b>
<b>6.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>105</b>
<b>6.2. APLICAÇÃO AOS TERMINAIS DE CONTENTORES DO PORTO DE LEIXÕES .....</b>	<b>106</b>
6.2.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE LEIXÕES .....	106
6.2.2. REQUISITOS DOS TERMINAIS DE CONTENTORES .....	106
6.2.2.1. Requisitos de cais.....	106
6.2.2.2. Requisitos de equipamentos .....	107
6.2.2.3. Requisitos da capacidade do terraplano .....	108
6.2.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA.....	108

<b>6.3. APLICAÇÃO AO TERMINAL DE CONTENTORES DO PORTO DE LUANDA</b> .....	109
6.3.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE LUANDA .....	109
6.3.2. REQUISITOS DO TERMINAL DE CONTENTORES .....	109
6.3.2.1. Requisitos de cais .....	110
6.3.2.2. Requisitos de equipamentos .....	111
6.3.2.3. Requisitos da capacidade do terraplano .....	111
6.3.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA .....	112
<b>6.4. APLICAÇÃO AO TERMINAL DE GRANÉIS DO PORTO DE SINES</b> .....	113
6.4.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE SINES .....	113
6.4.2. REQUISITOS DO TERMINAL DE GRANÉIS .....	113
6.4.2.1. Requisitos de cais .....	113
6.4.2.2. Requisitos de equipamentos .....	113
6.4.2.3. Requisitos da área de armazenagem .....	113
6.4.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA .....	114
<b>6.5. APLICAÇÃO AO TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF DO PORTO DE SETÚBAL</b> .....	115
6.5.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE SETÚBAL .....	115
6.5.2. REQUISITOS DO TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF .....	115
6.5.2.1. Requisitos de rampas de acesso e cais .....	115
6.5.2.2. Requisitos da área do terminal.....	115
6.5.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA .....	116
<b>6.6. APLICAÇÃO AO TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF DO PORTO DE LISBOA</b> .....	116
6.6.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE LISBOA .....	116
6.6.2. REQUISITOS DO TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF .....	116
6.6.2.1. Requisitos de rampas de acesso e cais.....	116
6.6.2.2. Requisitos da área do terminal.....	117
6.6.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA .....	117
<b>6.7. APLICAÇÃO AO TERMINAL DE CRUZEIROS DO PORTO DE LEIXÕES</b> .....	118
6.7.1. DESCRIÇÃO DO TERMINAL .....	118
6.7.2. REQUISITOS DO TERMINAL DE CRUZEIROS .....	118
6.7.2.1. Requisitos de cais .....	118
6.7.2.2. Requisitos de processamento de passageiros .....	118
6.7.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA .....	118

<b>7. SÍNTESE E CONCLUSÕES</b> .....	121
7.1. SÍNTESE E CONCLUSÕES .....	121
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	122
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	123
<b>ANEXO – A1</b> .....	127
<b>ANEXO – A2</b> .....	133
<b>ANEXO – A3</b> .....	137
<b>ANEXO – A4</b> .....	141
<b>ANEXO – A5</b> .....	145
<b>ANEXO – A6</b> .....	149
<b>ANEXO – A7</b> .....	153

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Constrangimentos das instalações portuárias .....	2
Fig.2 – Quotização do mercado dos transportes internacionais em Portugal .....	7
Fig.3 – Evolução do volume de mercadorias transportadas por via marítima .....	8
Fig.4 – Densidade de rotas marítimas mundiais.....	8
Fig.5 – Ampliação do terminal de contentores do porto de Sines .....	10
Fig.6 – Rede de acessos ao porto de Leixões .....	11
Fig.7 – Navio Emma Maersk.....	14
Fig.8 – Navio graneleiro Vale Brasil .....	15
Fig.9 – Exemplo de navio roll-on/roll-off com rampa de popa .....	16
Fig.10 – Navio cruzeiro MS Oasis of the Seas .....	17
Fig.11 – Relação comprimento/capacidade de transporte – navios porta-contentores.....	18
Fig.12 – Relação largura/capacidade de transporte – navios porta-contentores .....	18
Fig.13 – Relação calado/capacidade de transporte – navios porta-contentores.....	19
Fig.14 – Relação calado/comprimento – navios porta-contentores.....	19
Fig.15 – Relação comprimento/Dwt – navios graneleiros.....	20
Fig.16 – Relação largura/Dwt – navios graneleiros .....	21
Fig.17 – Relação calado/Dwt – navios graneleiros .....	21
Fig.18 – Relação comprimento/Dwt – navios cruzeiro.....	22
Fig.19 – Relação largura/Dwt – navios cruzeiro .....	23
Fig.20 – Relação calado/Dwt – navios cruzeiro .....	23
Fig.21 – Configuração em planta do canal de aproximação.....	26
Fig.22 – Representação de alguns dos fatores que influenciam o dimensionamento .....	28
Fig.23 – Representação da área de manobras dentro de um porto .....	31
Fig.24 – Projeção da distribuição dos volumes de contentores em 2015 .....	33
Fig.25 – Contentores de 8,5 e 8 pés de altura.....	34
Fig.26 – Representação dos diferentes elementos principais constituintes de um terminal de contentores .....	35
Fig.27 – Terminal de granéis sólidos do porto de Hamburgo .....	36
Fig.28 – Distribuição percentual das mercadorias nos terminais de importação e exportação .....	36
Fig.29 – Formas de armazenamento de mercadorias .....	38
Fig.30 – Terminal roll-on/roll-off do porto de Havre .....	39
Fig.31 – Terminal turnarorund de cruzeiros do Porto de Miami.....	42

Fig.32 – Distribuição dos passageiros pelas principais rotas mundiais de cruzeiro .....	42
Fig.33 – Representação da localização dos diferentes elementos a dimensionar no terminal .....	44
Fig.34 – Síntese das operações nos terminais de granéis .....	46
Fig.35 – Fluxograma das operações nas instalações de um terminal .....	47
Fig.36 – Diferentes áreas de competência dos equipamentos .....	48
Fig.37 – Equipamento de cais guindaste pórtico .....	49
Fig.38 – Equipamento de cais guindaste móvel.....	50
Fig.39 – Equipamento de cais guindaste de grande extensão .....	50
Fig.40 – Equipamento de transporte horizontal AGV .....	51
Fig.41 – Equipamentos de transporte horizontal TTU's .....	52
Fig.42 – Equipamento de transporte horizontal MTS .....	52
Fig.43 – Equipamento de transporte horizontal straddle carrier .....	53
Fig.44 – Equipamentos RTG's .....	54
Fig.45 – Equipamento carregador do tipo radial .....	55
Fig.46 – Instalações de exportação de grãos.....	56
Fig.47 – Equipamento de arraste de materiais .....	56
Fig.48 – Carregamento através de grua de garras .....	57
Fig.49 – Chain buckets .....	58
Fig.50 – Bucket elevator .....	58
Fig.51 – Equipamento pneumático do tipo sucção .....	59
Fig.52 – Empilhador e empilhador-reclaimer em áreas de armazenagem .....	59
Fig.53 – Reclaimer em ponte e pórtico.....	60
Fig.54 – Principais tipologias das estruturas de acostagem .....	61
Fig.55 – Influência da amplitude da maré no dimensionamento da estrutura .....	64
Fig.56 – Problemas de decisão no projeto de terminal de contentores .....	65
Fig.57 – Possibilidades de posicionamento dos terraplenos .....	66
Fig.58 – Graus de utilização dos terminais dos portos analisados .....	67
Fig.59 – Relação métrica entre área de terraplano e a capacidade de movimentação de contentores do terminal .....	68
Fig.60 – Relação métrica entre o número de pórticos de cais e a capacidade de movimentação de contentores do terminal .....	69
Fig.61 – Relação métrica entre o número de receções de navios porta-contentores e o número de pórticos de cais do porto.....	69
Fig.62 – Relação métrica entre o calado de projeto e a capacidade de movimentação de contentores dos terminais.....	70

Fig.63 – Relação métrica entre o comprimento do cais e a capacidade de movimentação de contentores dos terminais .....	71
Fig.64 – Relação métrica entre o número de pórticos e o comprimento de cais dos terminais analisados.....	72
Fig.65 – Relação métrica entre o comprimento do cais e a área de terrapleno dos terminais analisados.....	72
Fig.66 – Representação do comprimento de cais.....	75
Fig.67 – Duas tipologias de layout diferentes .....	78
Fig.68 – Diferenciação entre blocos com diferentes equipamentos .....	79
Fig.69 – Procedimento de desenvolvimento .....	80
Fig.70 – Localização dos terminais analisados.....	81
Fig.71 – Fator de comprimento de cais nos terminais analisados .....	81
Fig.72 – Calado de projeto versus capacidade de movimentação dos terminais analisados .....	82
Fig.73 – Capacidade de carregamento instalada versus taxa de transferência anual .....	83
Fig.74 – Capacidade de descarregamento instalada versus taxa de transferência anual .....	84
Fig.75 – Fatores de armazenagem para os terminais de importação analisados .....	85
Fig.76 – Fatores de armazenagem para os terminais de exportação analisados .....	85
Fig.77 – Pilha trapezoidal de material.....	86
Fig.78 – Fatores dos terminais analisados .....	87
Fig.79 – Disposições construtivas standard das rampas fixas segundo a ISO (6812), classe A e B respectivamente.....	91
Fig.80 – Representação de um exemplo de rampa ajustável.....	92
Fig.81 – Diferentes alternativas para o layout do cais .....	93
Fig.82 – Diferentes tipologias de pontes de (Des)embarque ordenadas de acordo com o Quadro 25 –.....	98
Fig.83 – Diferentes áreas de acessibilidade condicionadas pelo tipo de passadiço .....	98



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Modelos básicos de gestão portuária existentes .....	6
Quadro 2 – As diferentes gerações dos navios porta-contentores .....	14
Quadro 3 – Classificação dos navios graneleiros quanto ao material transportado .....	15
Quadro 4 – Categorias dos navios graneleiros .....	15
Quadro 5 – Tipos de navios roll-on/roll-off existentes .....	16
Quadro 6 – A evolução dos navios cruzeiro .....	16
Quadro 7 – Fatores que influenciam o dimensionamento da largura do canal e respetivas recomendações .....	27
Quadro 8 – Diâmetros mínimo e recomendados em função da profundidade da água e comprimento dos navios .....	31
Quadro 9 – Propriedades de alguns granéis sólidos .....	37
Quadro 10 – Quadro comparativo entre as vantagens das tipologias de terminais de cruzeiros .....	41
Quadro 11 – Quadro síntese das recomendações para a seleção da configuração física da estrutura de acostagem .....	63
Quadro 12 – Condições de acessibilidade a dados e métricas portuárias disponíveis .....	66
Quadro 13 – Equipamentos necessários por guindaste de cais .....	76
Quadro 14 – Dimensões das sub-áreas constituintes da área de apron .....	77
Quadro 15 – Número de equipamentos a aplicar no terraplano de armazenagem em função do sistema de operações .....	79
Quadro 16 – Intervalos do fator de comprimento de cais nos terminais analisados .....	82
Quadro 17 – Média do calado de projeto e distribuição das tipologias dos navios graneleiros .....	83
Quadro 18 – Fatores de armazenagem .....	86
Quadro 19 – Média dos fatores dos terminais analisados .....	87
Quadro 20 – Fatores de conversão de veículos .....	94
Quadro 21 – Requisitos típicos de área em função da tipologia de carga .....	94
Quadro 22 – Síntese dos requisitos de áreas de apoio para terminais ro/ro e ferry .....	95
Quadro 23 – Classificação dos terminais de cruzeiros .....	96
Quadro 24 – Classificação das instalações dos terminais de cruzeiros .....	96
Quadro 25 – Principais tipologias e observações das pontes de embarque/desembarque existentes .....	97
Quadro 26 – Síntese dos terminais submetidos à aplicação das metodologias de dimensionamento .....	103
Quadro 27 – Requisitos dimensionais dos cais dos terminais de contentores .....	104

Quadro 28 – Larguras associadas à área de apron dos terminais de contentores .....	104
Quadro 29 – Definição de variáveis precedentes ao cálculo de dimensionamento do cais .....	105
Quadro 30 – Requisitos e exigências de equipamentos nos terminais de contentores .....	106
Quadro 31 – Requisitos da capacidade do terraplano de armazenagem .....	106
Quadro 32 – Definição de variáveis precedentes ao cálculo de dimensionamento da capacidade do terraplano .....	106
Quadro 33 – Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal Norte e Sul.....	107
Quadro 34 – Requisitos dimensionais do cais do terminal de contentores do porto de Luanda .....	108
Quadro 35 – Largura associada à área de <i>apron</i> do terminal de contentores do porto de Luanda ...	108
Quadro 36 – Definição de variáveis precedentes ao cálculo de dimensionamento do cais .....	108
Quadro 37 – Requisitos e exigências de equipamentos de cais no terminal de contentores do porto de Luanda.....	109
Quadro 38 – Requisitos da capacidade do terraplano de armazenagem do terminal de contentores do porto de Luanda.....	109
Quadro 39 – Definição de variáveis precedentes ao cálculo de dimensionamento da capacidade do terraplano .....	110
Quadro 40 – Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal de contentores do porto de Luanda.....	110
Quadro 41 – Requisitos dimensionais do cais do Terminal Multipurpose .....	111
Quadro 42 – Requisitos da área de armazenagem do terminal Multipurpose.....	112
Quadro 43 – Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal Multipurpose .....	112
Quadro 44 – Requisitos da área do terminal roll-on/roll-off.....	113
Quadro 45 – Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal Roll-on/roll-off .....	114
Quadro 46 – Requisitos da área do terminal roll-on/roll-off.....	115
Quadro 47 – Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal roll-on/roll-off.....	115
Quadro 48 – Requisitos dimensionais do cais do Terminal de Cruzeiros.....	116
Quadro 49 – Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do Terminal de Cruzeiros .....	117

## SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

$A_{\text{Total Ro-Ro}}$  – Área total de armazenagem de carga roll-on/roll-off [ $\text{m}^2$ ]

$A_{\text{Arm}}$  – Área terrestre a disponibilizar para armazenamento dos contentores [ $\text{m}^2$ ]

$A_{\text{Cont}}$  – Área da base de um contentor [ $\text{m}^2$ ]

$A_{\text{Min}}$  – Área mínima recomendada para um bom funcionamento do *apron* [ $\text{m}^2/\text{passageiro}$ ]

$A_{\text{Terraplano}}$  – Área do terraplano do terminal de contentores [ha]

$B$  – Largura do navio [m]

$C_B$  – Coeficiente de bloco [-]

$C_{\text{Cais}}$  – Comprimento do cais disponível [m]

$C_{\text{Movimentação}}$  – Capacidade de movimentação do terminal [TEU/ano]

$C_S$  – Vagas a disponibilizar [TEU]

$C_q$  – Capacidade de movimentação no cais [TEU/ano]

$d_{\text{cont}}$  – Distância necessária para a não contaminação [m]

$D_{\text{Hor}}$  – Dimensão horizontal da área de acessibilidade, adota-se normalmente o comprimento do navio de projeto [m]

$D_t$  – Fator de inatividade [-]

$D_{\text{Ver}}$  – Dimensão vertical da área de acessibilidade [m]

$F_{\text{nh}}$  – Número de Froude [-]

$f_{\text{arm}}$  – Fator de armazenagem [ $\text{t}/\text{m}^2$ ]

$f_u$  – Fator de unidade [-]

$g$  – Aceleração da gravidade [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

$h_{\text{Emp}}$  – Altura de empilhamento [Número de contentores]

$h$  – Altura de água disponível [m]

$L_C$  – Comprimento de cais [m]

$L_{\text{CR}}$  – Comprimento de cais requerido [h.m/sem]

$L_N$  – Comprimento médio dos navios [m]

$L_{\text{pp}}$  – Comprimento entre perpendiculares do navio [m]

$L_{\text{pilha}}$  – Comprimento teórico das pilhas [m]

$L_u$  – Uso do cais, somatório do comprimento do navio com o intervalo de atracação [m]

$m$  – Massa total disposta numa dada pilha de granéis [t]

$N_{20}$  – Número de contentores com 20ft de comprimento [UN]

$N_{40}$  – Número de contentores com 40ft de comprimento [UN]

$N_C$  – Número de cais [UN]

- $N_{ds}$  – Número de dias de trabalho por semana [UN]  
 $N_g$  – Número de guindastes por navio [UN]  
 $N_N$  – Número de receções de navios semanal [Navios/sem]  
 $N_{Navios}$  – Número de navios rececionados anualmente [UN]  
 $N_{Pass.}$  – Número de passageiros previsto que (des)embarcam [UN]  
 $N_{pilhas}$  – Número de pilhas pretendidas no terminal [UN]  
 $N_{Pórticos}$  – Número de pórticos de cais [UN]  
 $N_{TGS}$  – Número de vagas em planta [TEU]  
 $N_{Tot}$  – Soma dos contentores [UN]  
 $P_C$  – Produtividade do cais [movimentos/h]  
 $P_{Cais}$  – Ocupação do cais [%]  
 $P_T$  – Fator de pico por semana no terraplano [%]  
 $Q_{rg}$  – Rendimento dos guindastes [TEU/h]  
 $R$  – Raio de curvatura [m]  
 $S$  – Visitas por ano [TEU/ano]  
 $S_p$  – Dimensão da parcela [TEU]  
 $T$  – Calado do navio [m]  
 $T_d$  – Tempo médio de permanência [d]  
 $T_{td}$  – Horas de trabalho por dia [h/d]  
 $T_{(Des)Carregamento}$  – Tempo de descarregamento ou carregamento [h/navio]  
 $T_{(Des)Amarração}$  – Tempo de desamarração ou amarração dos navios [h/navio]  
 $T_{Serviço Total}$  – Tempo de serviço total [h/navio]  
 $TTA$  – Taxa de transferência anual [t/ano]  
 $T_{ta}$  – Horas de trabalho anuais no cais [h/ano]  
 $T_{ts}$  – Horas de trabalho no cais por semana [h/sem.]  
 $U_{Cais}$  – Fator de pico por semana no cais [15 – 20 %]  
 $V$  – Velocidade de movimentação do navio na água [m/s]  
 $w$  – Largura nos alinhamentos retos do canal [m]  
 $w_{BM}$  – Largura associada às condições de manobra [m]  
 $w_{Br}$  – Largura relativa aos taludes laterais [m]  
 $w_i$  – Larguras adicionais referentes às questões ambientais, ajuda de navegação e tipo de carga [m]  
 $w_p$  – Largura associada à distância de passagem [m]  
 $W_{pilha}$  – Largura das pilhas [m]

$W_{tg}$  – Produtividade do guindaste [0,65 a 1]

$\alpha$  – Ângulo de curvatura [°]

$\alpha_R$  – Ângulo de repouso [°]

$\Delta_A$  – Espaçamento do intervalo de atracação [m]

$\Delta W$  – Largura adicional na zonas de curvatura do canal [m]

$\mu$  – Fator de transbordo [-]

$\nabla$  – Volume de água deslocado [m<sup>3</sup>]

$\rho$  – Peso volúmico [t/m<sup>3</sup>]

A – Autoestrada

AAPA – American Association of Port Authorities

AGV – Automated-Guided Vehicle

APDL – Administração dos Portos do Douro e Leixões

CLIA – Cruise Lines International Association

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

IC – Itinerário Complementar

INE – Instituto Nacional de Estatística

IP – Itinerário Principal

IPTM – Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos

ISO – International Organization for Standardization

MTEU – Milhão de TEU

OBO – Ore/Bulk/Oil

OO – Ore/Oil

PCC – Pure Car Carrier

PSA – Port of Singapore Authority

RMG – Rail-Mounted Gantry Crane

RTG – Rubber-Tyred Gantry Crane

SC – Straddle Carrier

TCL – Terminal de Contentores de Leixões SA

TEU – Twenty-foot Equivalent Unit

TMS – Terminal Multipurpose de Sines

TTU – Truck-Trailer Unit

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development

d – Dia

dwt – Deadweight tonnage

ft – Pés

h – Hora

ha – Hectare

kg – Quilogramas

km – Quilómetro

kt – Quilotonelada

Mt – Milhão de toneladas

sem - Semana

t – Toneladas

Z.H.L – Zero hidrográfico

# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO DO ESTUDO

Portugal desde o período dos descobrimentos sempre teve uma forte ligação com os oceanos. Os portos existentes na altura, apesar das condições precárias, serviam não só para o abrigo das embarcações militares mas também para o estabelecimento de algumas trocas comerciais. No entanto, com a forte revolução industrial e o desenvolvimento das redes ferroviárias conectando os territórios com as áreas portuárias, os portos necessitaram de evoluir, aumentando a sua capacidade de armazenagem e disponibilizando condições de receção de navios cada vez maiores.

Com as alterações nas tipologias dos navios e a sua evolução nas dimensões, as exigências para com as instalações do porto aumentaram significativamente, principalmente os requisitos de proteção. Assim, os portos localizados em zonas onde as condições locais não garantiam proteção natural, foram construindo estruturas de proteção da agitação marítima.

A estruturação física de um porto pode dividir-se em quatro setores típicos, as estruturas exteriores, as estruturas interiores de acostagem, infraestruturas de acesso e os terminais portuários (Cardoso, 2012).

As estruturas exteriores desempenham essencialmente funções de proteção da agitação marítima e inibição da deposição de sedimentos no interior do porto. Quebramares é o nome comumente dado a estas estruturas, sendo que podem ser do tipo vertical, taludes ou mistos. Quanto às estruturas interiores ou de acostagem são normalmente denominadas de cais, servem de zona de aproximação e atracação dos navios. É neste local que se efetuam todas as operações de carga e de descarga de mercadorias. Relativamente às infraestruturas de acesso ou canais de aproximação, têm a função de servir de vias de acesso dos navios desde alto mar até ao interior do porto. Por vezes necessitam de ser dragados periodicamente de maneira a garantir o calado necessário para existência de boas condições de navegabilidade e segurança. Por último, a armazenagem periódica de mercadorias é efetuada nos terminais portuários, os quais estão devidamente munidos de equipamentos específicos que permitem movimentar as mercadorias desde o muro de cais até às áreas de terraplenos.

No dimensionamento físico dos terminais portuários os projetistas têm de relacionar diversas variáveis. Estas dependem forçosamente das condições locais, como o espaço disponível e cotas dos fundos rochosos. No entanto, a grandeza do volume de mercadorias a movimentar bem como o seu tipo, contentores, granéis, cargas rolantes entre outras, têm também um grande peso na determinação das características dos terminais. A dimensão dos navios é outro dos parâmetros que pode influenciar o dimensionamento das instalações, como o comprimento de cais, a profundidade de água, a distância entre estruturas e o número de equipamentos a dispor no cais.

Portanto, os projetistas necessitam de ter em consideração os constrangimentos existentes na localização dos terminais a dimensionar, tanto os terrestres como os marítimos (ver Figura 1).



Figura 1 – Constrangimentos das instalações portuárias

O papel dos portos marítimos tornou-se de tal maneira relevante para o desenvolvimento da comunidade que por vezes se pode equacionar o que surge em primeiro lugar, se a cidade circundante às instalações, se o porto propriamente dito, existindo sempre uma clara relação entre a dimensão da cidade e o tráfego das instalações portuárias (Cardoso, 2012).

## 1.2. DESCRIÇÃO DOS OBJETIVOS

A presente preparação da dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil opção de Hidráulica, intitulada “*Elementos Geométricos para o Planeamento Físico de Terminais Portuários*” tem por objetivo primordial efetuar uma compilação de dados e recomendações para o dimensionamento de terminais portuários em termos de planeamento físico (lay-out).

Pretende-se efetuar uma diferenciação entre as tipologias dos terminais portuários de maneira a perceber as características próprias e processos operacionais de cada tipo.

Com a compilação de dados e recomendações tentar-se-á elaborar um conjunto de metodologias de dimensionamento dos terminais que poderão servir de diretrizes para os projetistas que pretendam efetuar um macro-dimensionamento das instalações.

As metodologias permitirão determinar as áreas de terraplenos a dispor para a armazenagem das mercadorias, e as profundidades e comprimentos de cais em função dos navios de projeto e taxas de movimentação anuais. Para a determinação do número de equipamentos a implementar nos terminais, bem como o seu rendimento operacional, serão apresentadas algumas recomendações.

A influência dos navios no dimensionamento de alguns parâmetros de projeto será estudada e analisada, destacando-se os canais de aproximação e a distância entre estruturas.

É importante salientar que as recomendações a propor podem servir de projeções e restrições a ponderar em novos projetos, no entanto, para uma aplicação concreta é necessário estudar outros parâmetros, os quais existem bastantes variáveis em função da localização dos terminais.

## 1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em 7 capítulos. No presente capítulo começa-se por efetuar um enquadramento genérico, com a descrição dos objetivos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 intitulado “Portos Marítimos – Transporte Marítimo”, será abordado o conceito de porto marítimo e as suas funções, os principais modelos de gestão portuários adotados em particular nos portos portugueses. Irá ser efetuada uma análise da evolução do transporte marítimo associando a mesma à necessidade de evolução dos portos. Por último serão demonstradas algumas medidas para a ampliação da capacidade de um porto.

De seguida, no capítulo 3 intitulado “Os Navios Mercantes”, proceder-se-á a uma caracterização das principais tipologias e evolução histórica de navios comerciais, sendo apresentadas projeções das dimensões principais estabelecendo relações entre o calado, comprimento entre paralelas, largura e capacidade de transporte. No final do capítulo é estudada a influência dos navios no dimensionamento portuário mais especificamente no projeto dos canais de aproximação e na mobilidade dentro de um porto.

Relativamente ao capítulo 4 intitulado “Terminais Portuários”, começar-se-á por um descrição e distinção das diferentes tipologias de terminais a estudar, seguida de uma análise das operações e processos logísticos que se realizam no interior de cada terminal. Serão também estudados os diversos equipamentos de movimentação de cargas existentes em cada tipologia, sendo apresentados valores de rendimentos dos mesmos. As diferentes estruturas de acostagem nos terminais e a influência de algumas variáveis na sua escolha serão abordadas no final do capítulo.

No capítulo 5 intitulado “Metodologias de Dimensionamento de Terminais”, serão apresentados os procedimentos de cálculo a seguir para a elaboração de um macro-dimensionamento das características dos diferentes terminais. As expressões e formulações serão definidas neste capítulo bem como alguns dados relevantes para a preparação dos projetos.

Quanto ao capítulo 6 intitulado “Aplicação e Validação das Metodologias”, como o nome indica dedicar-se-á à aplicação prática dos procedimentos de cálculo propostos, em casos de estudo específicos, como os terminais de contentores e cruzeiros do porto de Leixões, o terminal de granéis do porto de Sines, o terminal roll-on/roll-off do porto de Setúbal e do porto de Lisboa e o terminal de contentores do porto de Luanda. Após a aplicação será efetuada uma comparação de resultados e respetiva análise crítica.

Todas as sínteses e conclusões relevantes serão apresentadas no capítulo 7, sendo acompanhadas de sugestões para desenvolvimentos futuros baseados nesta dissertação.



# 2

## PORTOS MARÍTIMOS – TRANSPORTE MÁRITIMO

### 2.1. CONCEITO DE PORTO MARÍTIMO

A palavra porto vem do latim *portus*, que significa sítio de uma costa ou de um rio onde os navios podem fundear, lugar onde se embarca ou desembarca, refúgio ou abrigo. Genericamente um porto é uma área abrigada, com agitação e ondulação reduzidas, destinada a acostagem de barcos e navios, com os serviços necessários ao carregamento e descarregamento de carga e ao armazenamento da mesma por um período temporário. A localização do porto, rio ou oceano, denomina o porto de fluvial ou marítimo.

### 2.2. MODELOS DE GESTÃO PORTUÁRIOS

#### 2.2.1. CONCEITO DE AUTORIDADE PORTUÁRIA

A autoridade portuária constitui uma das entidades públicas que tem um papel muito particular e difícil de desempenhar, sendo o grande operador portuário. É necessário coordenar, integrar e gerir todas as atividades que decorrem nas instalações portuárias.

Geralmente a autoridade portuária detém as infraestruturas, os equipamentos e as áreas dos respetivos terminais. Outras das funções que são desenvolvidas são as atividades de regulamentação e fiscalização de todas as tarefas exercidas dentro do porto. Assim, esta entidade de um modo geral é a gestora e senhoria das instalações com funções de planeamento do porto a longo prazo, desenvolvendo a coordenação das tarefas, a gestão de contratos de concessão e o controlo e segurança do tráfego marítimo.

#### 2.2.2. PRINCIPAIS MODELOS DE GESTÃO PORTUÁRIA

O nível de intervenção estatal é variável, existindo portos totalmente privatizados, alguns em que o estado apenas estabelece linhas gerais ou até mesmo outros em que o estado é a entidade mais forte, gerindo toda a estratégia e política portuária. No entanto, visto que os portos têm um relevo e uma importância estratégica no sistema de desenvolvimento da economia dos países, na maioria das situações o controlo ao longo dos anos tem sido efetuado pelo poder público. Por outro lado com a necessidade de evolução nomeadamente de obras de ampliação e melhoramento da qualidade do serviço, são requeridos investimentos elevados que por vezes não estão ao alcance das entidades públicas, introduzindo assim o envolvimento dos agentes privados na gestão dos portos.

Independentemente do tipo de modelo de gestão adotado, os objetivos são comuns, destacando-se a eficiência e eficácia como os fundamentais. Qualquer que seja a estrutura escolhida os portos têm de estar direcionados para os mercados envolventes de maneira que possam proporcionar serviços de qualidade.

Como objetivos específicos da reestruturação da gestão dos portos podem citar-se os seguintes (Rocha, 2012):

- Aumentar a eficiência e diversificação dos serviços;
- Reduzir os custos e fomentar a concorrência;
- Promover o porto num mercado aberto;
- Promover recursos financeiros para o seu desenvolvimento;
- Facilitar a introdução de métodos modernos de gestão empresarial;
- Reduzir ao máximo o suporte financeiro dos poderes públicos.

Existem três grupos principais de modelos de gestão e administração de um porto: administração direta pelo estado, administração direta pelo município ou administração privada. Em todos eles existe sempre uma entidade comum e já mencionada anteriormente, a autoridade portuária.

Relativamente aos modelos básicos de gestão existem quatro tipos distintos, encontrando-se os mesmos referidos no Quadro 1.

Quadro 1 – Modelos básicos de gestão portuária existentes – Fonte: Adaptado de Rocha, 2012

Tipo	Instalações	Superestrutura	Trabalho Portuário	Outras Funções
1-Porto Público	Público	Público	Público	Maioria Público
2-Tool Port	Público	Público	Privado	Público/Privado
3-Landlord Port	Público	Privado	Privado	Público/Privado
4-Porto Privado	Privado	Privado	Privado	Maioria Privado

No caso em que o tipo de modelo de gestão é de porto público, a entidade gestora desenvolve e efetua a manutenção das instalações e superestrutura, incluindo os equipamentos de movimentação de mercadorias. A vantagem deste modelo é o facto de existir um comando total sobre a organização do porto, tanto a nível estratégico como de produção. Contudo os encargos e riscos para a autoridade portuária são mais elevados devido à não participação do setor privado.

A participação do setor privado começa a denotar-se no segundo tipo de modelo referido anteriormente, o *ToolPort*. Neste modelo as atividades que se desenvolvem no interior do porto são ao encargo de entidades privadas, com as instalações e custo de manutenção suportados pela autoridade portuária. A principal desvantagem deste modelo é o facto de não existir um controlo unificado da produção nos terminais.

Segundo o modelo *LandlordPort* apenas as instalações são propriedade da autoridade portuária, sendo as restantes áreas geridas e submetidas ao controlo das entidades privadas. Assim com as concessões a outras entidades, o serviço público transfere os encargos de manutenção e os riscos de exploração para o setor privado durante um determinado período de tempo a definir nos contratos. Como principal desvantagem da aplicação deste modelo destaca-se a falta de controlo sobre a produção e a possível criação de uma sobre-capacidade portuária.

Por último o modelo de porto privado é precisamente o antónimo do primeiro tipo apresentado. As entidades privadas detêm o controlo total sobre todas as áreas da gestão, funcionando como o

proprietário do porto. A principal vantagem deste tipo é, à imagem do modelo público, um completo controlo da produção por parte da mesma entidade. Contudo não existe um agente regulador (Rocha, 2012).

### 2.2.3. MODELO DE GESTÃO DOS PORTOS PORTUGUESES

A concessão dos serviços portuários a entidades do setor privado tem sido uma situação muito comum na Europa e mesmo mundialmente, tendo como objetivo fundamental, criar um maior envolvimento dos privados no investimento e na gestão dos portos, reduzindo o esforço financeiro para os governos.

Em Portugal os portos pertencem ao estado português integrando o domínio público, consequentemente geridos por entidades públicas. A APDL é um dos exemplos dessas mesmas entidades, que possuem poder próprio para a plena exploração económica dos portos, definindo a estratégia e a visão da gestão.

Relativamente ao tipo de modelo de gestão característico dos portos portugueses, pode-se dizer que assenta no tipo *LandlordPort*, com uma forte participação do setor privado. Estas entidades têm a competência de gerir as operações e atividades nos terminais portuários através de concessões que lhe foram atribuídas pela administração pública portuária. Assim as atividades de movimentação de mercadorias, a armazenagem das mesmas são dirigidas pelos privados. Contudo a pilotagem e o reboque dos navios são geridos pela administração do porto em questão.

## 2.3. EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE MARÍTIMO

### 2.3.1. PANORAMA DO TRANSPORTE MARÍTIMO

Atualmente existe uma globalização da economia e uma reorganização dos sistemas de produção mundiais. Isto exige uma procura elevada dos serviços de transporte, tornando-se mais exigente ao nível de prazos e custos de transporte. Assim os portos transformaram-se em centros de passagem e troca de mercadorias movimentadas através da frota de navios mercantes.

A via marítima é ainda escolhida como forma de transporte para produtos com muito baixo custo por tonelada e em situações de grande distância. Como a capacidade de carga dos navios é cada vez mais elevada, este meio de transporte torna-se particularmente competitivo para rotas de longa distância, sendo os produtos transportados de grande volume e/ou peso. No entanto, a baixa velocidade faz com que não seja uma opção a ter em consideração no transporte de uma variedade mais diversificada de mercadorias (Carvalho, 2002).

Dividindo o mercado dos transportes internacionais em quatro meios de transporte, nomeadamente marítimo, aéreo, ferroviário e rodoviário, apresentam-se na Figura 2, relativamente a Portugal, duas quotizações da quantidade de mercadorias movimentadas nos diferentes meios em toneladas.

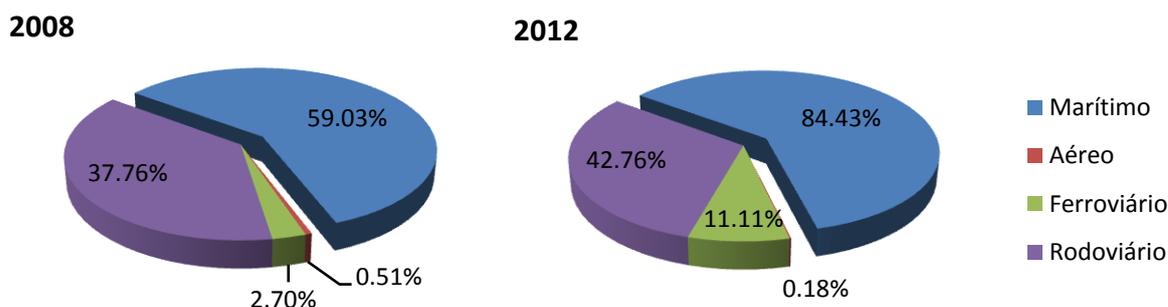


Figura 2 – Quotização do mercado dos transportes internacionais em Portugal – Fonte: INE, 2014

A comparação dos valores relativos ao transporte marítimo de mercadorias de 2008 e 2012 prova que o volume de carga transportada por mar tem crescido consideravelmente representando um aumento de 25%.

Na Figura 3 é apresentada a evolução do volume de mercadorias transportadas por meio marítimo através dos portos portugueses desde 1998 até 2012.

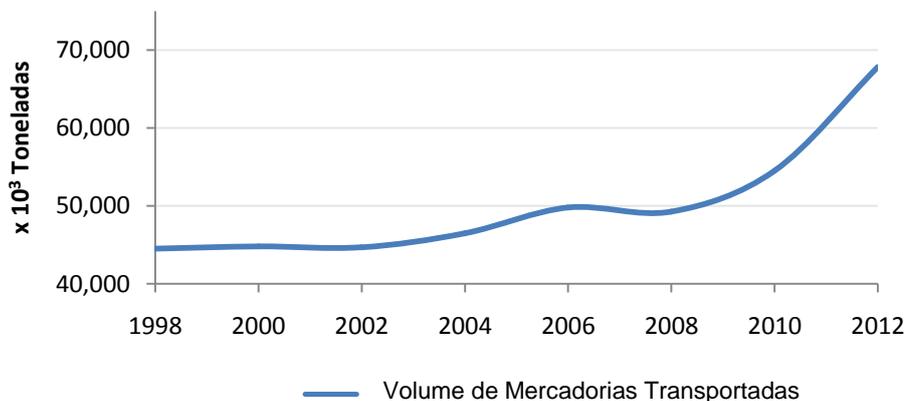


Figura 3 – Evolução do volume de mercadorias transportadas por via marítima – Fonte: IPTM, 2014

Observando a Figura 3 é possível constatar que existiu um aumento significativo do volume de mercadorias transportadas por via marítima em Portugal, cerca de 52%, o que reforça a grande importância dos portos como ponto fundamental no plano estratégico económico nacional.

A melhoria das condições de competitividade e capacidade dos portos poderá consolidar ainda mais a sua posição vincando o impacto na sociedade e economia mundial (Dias, 2009). Para efetuar uma consolidação gradual ao longo do tempo de maneira a fazer frente ao crescimento do transporte marítimo, houve a necessidade de ir melhorando as ligações entre os principais portos de cada país, interligando os locais produtores aos importadores.

Na Figura 4 é representada a densidade de rotas marítimas mundiais, tendo o principal destaque a zona do Oceano Atlântico como o local mais movimentado, com rotas a atingir mais de 5 000 viagens por ano.

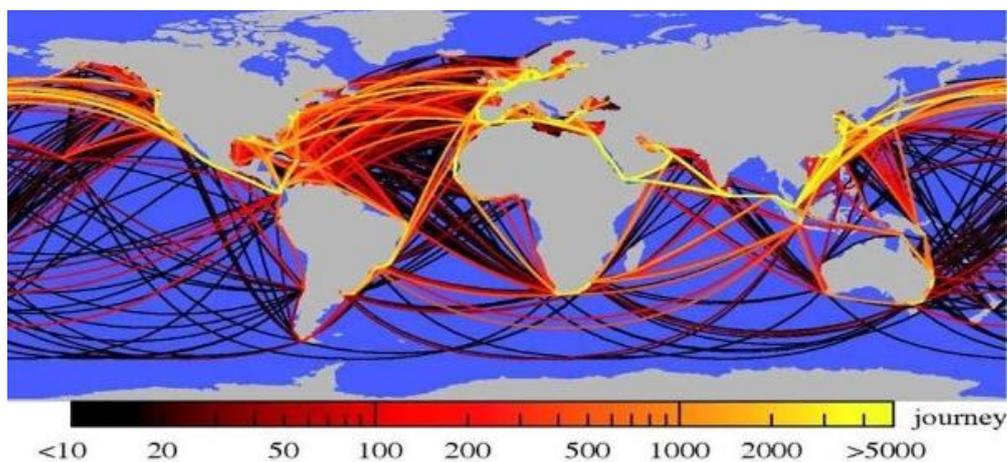


Figura 4 – Densidade de rotas marítimas mundiais – Fonte: mundoemar.com

### 2.3.2. NECESSIDADE DE EVOLUÇÃO DOS PORTOS

Atualmente a economia globalizada forçou os países a efetuar trocas comerciais de mercadorias para a sua subsistência e desenvolvimento. Longe estão os tempos em que a realização de permutas de produtos se fomentava em pequenos locais e com as sociedades mais próximas. Com a criação de certos mercados produtivos e outros mais de cariz importador, muitas das vezes longínquos, as distâncias de transporte aumentaram. Para que o custo de transporte fosse reduzido a indústria naval foi desenvolvendo os navios, especializando-os em função da carga transportada, e aumentou as dimensões, dos mesmos de maneira a dilatar a capacidade de transporte.

Em relação ao futuro perspectiva-se um exponencial investimento nesta área da economia. Os índices de competitividade no transporte dos produtos obrigaram os países a desembolsar fundos para potencializar a sua interligação e conectividade com as restantes sociedades. Assim, no transporte marítimo surgem alguns desafios (Dias, 2009):

- Maior capacidade dos navios obtendo-se assim uma redução do custo por unidade de produto transportado;
- Maior velocidade de ponta proporcionando um tempo de transporte mais reduzido;
- Dotação dos portos de meios informáticos que aumentem a sua eficiência;
- Aumento da capacidade dos portos (estruturas e equipamentos);
- Melhoria das condições de acesso por terra ao porto para reduzir o inconveniente associado à falta de flexibilidade do transporte marítimo.

A pressão da evolução das dimensões dos navios e o crescente volume de mercadorias movimentado faz com que as autoridades marítimas tenham duas hipóteses de escolha, ou constroem novos portos ou aumentam a capacidade dos existentes.

### 2.4. ESTRATÉGIAS PARA AUMENTAR A CAPACIDADE DE UM PORTO

Provada a necessidade do aumento da capacidade dos portos mundiais para disponibilizar melhores condições de receção e maior competitividade do meio de transporte, é de realçar as principais formas de provocar esse efeito (Dias, 2009):

- Aumentar a área dos terminais portuários;
- Melhorar os rendimentos dos equipamentos de movimentação de cargas;
- Dotar o porto de melhores infraestruturas;
- Criar ou remodelar os acessos ao porto;
- Investimentos em tecnologias e automação.

O caminho escolhido pelas autoridades portuárias para a ampliação da capacidade depende de inúmeros fatores relacionados com as condições em que os portos estão inseridos. Algumas das opções são mais dispendiosas comparativamente com outras, logo o estado financeiro das entidades é um fator preponderante na escolha. As condições naturais do porto, como a proteção da agitação marítima, os fundos dos canais, o caudal sólido transportado pelos rios no caso de estar localizado em estuários são questões importantes que podem inviabilizar alguns das pretensões das administrações. Nas situações em que o porto está rodeado por zonas urbanas, não existindo espaço para o aumento de áreas, verifica-se uma pressão exterior enorme que dificulta o crescimento do porto.

#### 2.4.1. AMPLIAÇÕES DAS INSTALAÇÕES

A falta de espaço é um dos fatores que inibe o crescimento ou remodelação dos portos. Grande parte das instalações portuárias aquando do seu dimensionamento, não era previsto que a sua influência e

importância na economia da região se tornassem vitais. Daí muitos dos portos mais antigos estarem a exceder a sua lotação máxima.

A ampliação das instalações nomeadamente das áreas dos terraplenos constitui uma boa forma de aumentar a capacidade do porto. Estas operações de ampliação podem ser fisicamente implementadas por um avanço em terra, um avanço sobre o plano de água ou uma solução mista.

O avanço sobre o plano de água tem sido muito escolhido ultimamente já que a grande maioria dos portos mundiais estão constringidos pela pressão exercida pela cidade que os rodeia. Com esta forma de ampliação existe não só um aumento da área de terraplenos disponível mas também um aumento significativo das profundidades de água, permitindo facilitar a criação de condições para a receção de navios com dimensões superiores. No entanto, esta solução necessita de grandes quantidades de material de aterro que contenha determinadas propriedades e características para uma boa compactação, manuseio e que atinjam níveis de segurança elevados. Por vezes a realização de dragagens em locais nas proximidades ou o desmonte de rochas proveniente do aumento dos fundos dos canais de aproximação, podem servir de fonte de extração do material necessário.

Uma das novas ampliações previstas nos portos portugueses que seguiu esta tendência foi a criação do mega-terminal no porto de Sines, representada na Figura 5.



Figura 5 – Ampliação do terminal de contentores do porto de Sines – Fonte: olhardesinesnofuturo.com

#### 2.4.2. MELHORAMENTO DOS RENDIMENTOS DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos de movimentação de cargas nos terminais e nos respetivos cais, são uma parte fulcral nos processos e operações de logística que influenciam os índices de produtividade do porto. Uma instalação portuária pode até estar munida de uma grande área de terraplenos, no entanto, se os equipamentos instalados não possuírem um rendimento e uma capacidade razoável, existe uma reduzida eficiência e rentabilidade.

Assim as autoridades portuárias podem e devem investir na qualidade dos equipamentos dos seus terminais aumentando a velocidade de movimentação das mercadorias entre o navio e os diferentes setores do terminal em questão, reduzindo o tempo de permanência dos navios no porto. Isto pode permitir aumentar o número de receções anuais.

### 2.4.3. DOTAR O PORTO DE MELHORES INFRAESTRUTURAS

Esta medida pode não introduzir diretamente um aumento da capacidade do porto, mas aumenta certamente a sua competitividade, dotando-o de novas capacidades.

O melhoramento das infraestruturas é a medida normalmente mais económica para as autoridades portuárias. Assim, com a evolução das dimensões dos navios e com a necessidade urgente de disponibilizar as condições de acostagem, as administrações dos portos têm optado por esta medida, construindo novos cais ou remodelando os existentes.

No entanto, esta opção não se limita apenas às remodelações dos muros de cais, mas engloba todas as obras alternativas cujo objetivo é a receção de mercadorias de uma forma diferente, para a qual o porto ainda não está equipado. A implementação das rampas roll-on/roll-off de diferentes tipos é um dos exemplos dessas obras que permitem um aumento da velocidade de descarga e uma adaptação maior às diferentes tipologias dos navios.

### 2.4.4. CRIAÇÃO OU REMODELAÇÃO DE ACESSOS AO PORTO

A interligação entre os diferentes meios de transporte, marítimo, ferroviário, rodoviário e aéreo é extremamente importante para a rentabilização dos sistemas. O serviço dos portos não se limita à receção e envio de mercadorias mas sim a uma conectividade com a restante rede de movimentação de produtos.

Visto isto, a provisão de vias de ligação entre os portos e a rede rodoviária e ferroviária da região em que estão inseridos deve fazer parte dos princípios de investimento das administrações das instalações portuárias.

Um dos casos portugueses mais evidente é o porto de Leixões, apresentando uma grande afluência de tráfego terrestre. Este está localizado a 5km do Aeroporto Internacional Francisco Sá Carneiro, conectado com os Itinerários Principais – IP 1 e IP 4, bem como com os Itinerários Complementares IC 1/A 28, IC 23 e A41. Quanto às ligações ferroviárias o porto encontra-se ligado à rede geral do país por intermédio da linha de cintura do porto, ligação essa estabelecida através da Estação de Contumil ([www.apdl.pt](http://www.apdl.pt)). Na Figura 6 encontra-se ilustrado um esquema representativo da rede de acessos rodoviários ao porto de Leixões.



Figura 6 – Rede de acessos ao porto de Leixões – Fonte: APDL, 2014



# 3

## OS NAVIOS MERCANTES

### 3.1. TIPOLOGIAS

A frota mundial de navios é composta por diferentes tipos de embarcações destacando-se os navios utilizados para fins militares, comerciais, industriais e de recreio. Contudo, estas categorias englobam diversas tipologias que assumem certas particularidades devido à especificidade das cargas que transportam. É assim importante diferenciá-las e explicitá-las de modo a que sejam conhecidas as repercussões nos processos de acostagem dos navios.

Como o âmbito da tese está ligado às trocas comerciais de mercadorias em infraestruturas portuárias, a categoria de navios a analisar passa pelas tipologias comerciais ou mercantes. A denominação das diferentes tipologias está relacionada com a variedade e espécies de mercadorias transportadas. Dentro desta classe estão inseridos os navios porta-contentores, os graneleiros, os Ro-Ro e ainda os navios de transporte de passageiros, também designados de cruzeiros.

### 3.2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA – A INDÚSTRIA NAVAL

Ao longo dos tempos os navios mercantes foram constantemente evoluindo no sentido de adquirir capacidades e características que permitissem a adaptação às exigências dos mercados e das cargas transportadas. A queda nos custos de transporte marítimo influenciou o volume de transações comerciais pressionando a indústria dos navios a desenvolver continuamente novas gerações de embarcações com comprimentos, largura e calados superiores de maneira a acompanhar o crescimento e as necessidades de transporte. Nos próximos pontos serão apresentadas as diferentes gerações, ao longo da história, para as principais tipologias de navios comerciais.

#### 3.2.1. NAVIOS PORTA-CONTENTORES

Este navio pode transportar diversos tipos de mercadorias contentorizadas, principalmente devido à grande variedade de contentores que existem atualmente. Os contentores podem transportar desde peças de vestuário, mobiliário, equipamentos mecânicos, mercadorias refrigeradas entre outras.

As principais rotas mundiais marítimas unem continentes e atravessam oceanos durante o transporte de diversas mercadorias. Devido ao facto de a navegação contornando os continentes tornar-se um aspeto anti-económico foram realizadas grandes obras de engenharia por forma a construir canais de navegação permitindo atalhos por terra. O Canal do Panamá inaugurado a 10 de outubro de 1913 tem o objetivo de unir o Oceano Pacífico e ao Oceano Atlântico. No entanto, a sua fama não se deve só ao facto do número de navios que transitam no canal por ano mas sobretudo à capacidade das suas eclusas, ou seja, aos condicionalismos que apresenta face às dimensões dos navios. Isto deu origem à

designação Panamax – dimensões máximas que um navio poderá ter para atravessar o Canal do Panamá sem problemas (Dias, 2009). Na Figura 7 está representado o navio EmmaMaersk, que constitui um dos maiores navios porta-contentores do mundo, com cerca de 397 m de comprimento e uma capacidade de transporte de 15 000 TEU.



Figura 7 – Navio EmmaMaersk – Fonte: vesseltracker.com

A evolução ao longo das diferentes gerações dos navios porta-contentores está bem presente consultando o Quadro 2. A sua primeira geração poderia transportar cerca de 500 a 800 TEU possuindo um comprimento entre 135 a 200 metros. Atualmente a geração mais recente tem uma capacidade de transporte acima dos 11 000 TEU sendo que os navios podem chegar aos 397 metros de comprimento.

Quadro 2 – As diferentes gerações dos navios porta-contentores – Fonte: Adaptado Lloyd’s Register of Shipping

Geração	Designação	Comprimento [m]	Calado [m]	Capacidade [TEU]
1ª [1956-1970]	Converted Cargo Vessel	135-200	<9	500-800
2ª [1970-1980]	Cellular Containership	215	10	1 000-2 500
3ª [1980-1988]	Panamax Class	250-290	11-12	3 000-4 000
4ª [1988-2000]	PostPanamax	275-305	11-13	4 000-5 000
5ª [2000-2005]	PostPanamax Plus	335	13-14	5 000-8 000
6ª [2006-presente]	New Panamax	397	15,5	11 000-14 500

### 3.2.2. NAVIOS GRANELEIROS

Estas embarcações possuem vários porões selados que permitem o transporte da mercadoria em bruto e em grandes quantidades. Os navios graneleiros podem dividir-se em diferentes configurações em função do tipo da mercadoria transportada. Destacam-se os navios de transporte de granéis sólidos, granéis líquidos, produtos químicos, gases liquefeitos e os navios petroleiros.

A especialização do navio poderá ainda ser mais específica ao ponto de distinguir não só o estado físico da mercadoria mas também os diferentes tipos existentes em cada estado. Dentro dos granéis sólidos existem os cimentos, minérios e minerais. Já nos granéis líquidos surgem o crude, o petróleo ou derivados. No Quadro 3 é apresentada uma classificação generalizada dos navios e uma descrição dos materiais transportados pelos mesmos.

Quadro 3 – Classificação dos navios graneleiros quanto ao material transportado

Classificação	Material Transportado
Mineraleiro	Minerais em bruto
Cimenteiro	Cimento
Conbulker	Contentores e granéis
OBO (Ore/Bulk/Oil)	Minerais, granéis e crude
OO (Ore/Oil)	Minerais e crude

O crescimento da necessidade de transporte de elevadas quantidades de materiais fez com que os navios graneleiros fossem evoluindo, existindo cinco grandes categorias apresentadas no Quadro 4. As embarcações inicialmente tinham comprimentos na ordem dos 169 m, podendo atualmente ultrapassar os 300 m. A capacidade de transporte foi substancialmente aumentada permitindo reduzir o custo de transporte global no setor.

Quadro 4 – Categorias dos navios graneleiros – Fonte: Adaptado shipfinance.dk

Designação	Comprimento [m]	Calado [m]	Porte [dwt]
Handysize	169	7,5-10,5	15 000-50 000
Handymax	190	10,5-12,25	35 000-50 000
Panamax	225	12,25-14,5	60 000-80 000
Capesize	291	14,5-18,0	120 000-170 000
VLBC	>300	18,0-23,0	>200 000

Na Figura 8 é visível o maior navio graneleiro do mundo denominado Vale Brasil dedicando-se ao transporte de minério de ferro. Pertence à categoria VLBC, tem um comprimento de 367 m, um calado de 23 m e uma capacidade de transporte de 400 000 toneladas.



Figura 8 – Navio graneleiro Vale Brasil – Fonte: gigantesdomundo.blogspot.com

### 3.2.3. NAVIOS RO-RO

Os navios roll-on/roll-off transportam diversos tipos de cargas rolantes, como automóveis, camiões ou até mesmo carruagens. Os primeiros navios que surgiram, semelhantes a este tipo, foram os Ferry que efetuavam transportes de curta distância entre margens de rios demasiadamente largas para a construção de pontes.

No início dos anos 50 com a forte pressão da comercialização automóvel o sistema Ro-Ro começou a ser usado em navios mercantes (Ventura, 2010). Quanto aos tipos de navios, pode dizer-se que a evolução não se desenvolveu apenas no crescimento da capacidade de transporte e dimensões dos navios mas também na possibilidade da combinação de diferentes mercadorias a bordo, ver Quadro 5.

Quadro 5– Tipos de navios roll-on/roll-off existentes – Fonte: Adaptado CroatianShipBuilding

Designação	Comprimento [m]	Calado [m]	Porte [dwt]	Mercadorias [veículos]
Ferry	85	2,4	2 400	100
Pure Car Carrier (PCC)	150	5,4	6 800	1500
Pure Car TruckCarrier	200	8,0	16600	7000
ConRo	210	9,4	24 400	3260 e 1320 TEU

Visto que a carga transportada por este tipo de navios é carregada e descarregada pelos seus próprios rodados, maioritariamente sem a presença de equipamentos, os navios necessitam de ser munidos de certas particularidades. Uma das maiores senão a maior são as rampas de acesso, que podem ser aplicadas na proa, popa (ver Figura 9) ou lateralmente ao longo do desenvolvimento do navio.

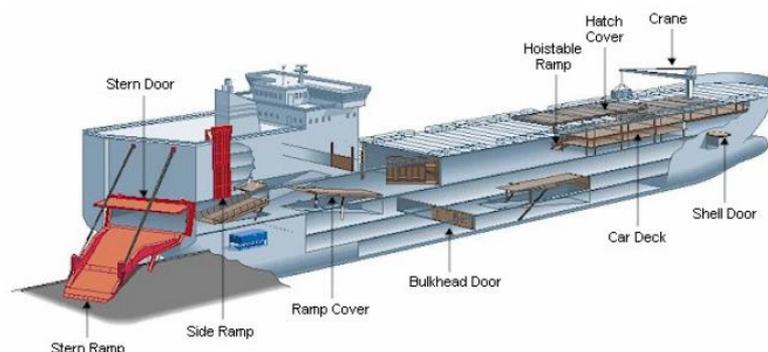


Figura 9 – Exemplo de navio roll-on/roll-off com rampa de popa – Fonte: Ventura, 2010

### 3.2.4. NAVIOS CRUZEIRO

Os navios cruzeiro sofreram uma dramática evolução nas suas dimensões e complexidade desde 1960 até à década de 90. O desenvolvimento do turismo de cruzeiros forçou a indústria dos navios a adaptar-se às necessidades, mais especificamente às exigências dos números de passageiros que se verificam nas diferentes rotas e linhas de cruzeiro existentes no mercado. No Quadro 6 é apresentada uma evolução das diferentes gerações ao longo dos anos.

Quadro 6 – A evolução dos navios cruzeiro – Fonte: Adaptado (Tewes, 2012)

Geração	Comprimento [m]	Calado [m]	Capacidade [Passageiros]
1ª [1960's]	120	>9	400-500
2ª [1970's]	150	6,0-10,8	500
3ª [1980's]	240	7,8-9,0	1 200
4ª [1990's]	>270	<8,4	>2 500

A garantia da qualidade do serviço prestado pelas empresas dos cruzeiros, as zonas de lazer dentro do navio como restauração, piscinas e centros comerciais fizeram aumentar significativamente as dimensões dos navios. O exemplo mais recente da grandeza e luxo verificados nestes navios é o MS OasisoftheSeas que pode ser visível na Figura 10.



Figura 10–Navio cruzeiro MS OasisoftheSeas – Fonte: seascanner.com

Este navio insere-se na 4ª Geração apresentando um peso bruto de 225 282 toneladas, um comprimento de 339 m, um calado de 9 m e uma capacidade de 5450 passageiros.

### 3.3.EVOLUÇÃO DAS DIMENSÕES PRINCIPAIS

#### 3.3.1. DESCRIÇÃO DAS PROJEÇÕES

Na década de 70, o mundo vivia uma receção económica, mas surgiram os primeiros passos em ordem à especialização dos navios mercantes. As evoluções fizeram-se sentir na conversão de navios de transporte de carga geral, em porta-contentores, graneleiros e navios de transporte de cargas rolantes (roll-on/roll-off). Este progresso traduziu-se no aumento das dimensões, na especialização do projeto das embarcações e nos equipamentos alocados aos navios.

Com base em dados estatísticos das frotas de navios existentes naquele período de tempo (*Lloyd's Register of Shipping, 1983*), são apresentadas projeções das dimensões principais dos navios, estabelecendo relações entre as mesmas, como a largura, o comprimento, o calado, a capacidade de transporte em TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) para os navios porta-contentores ou dwt (Deadweight tonnage) em toneladas para os navios graneleiros e cruzeiros. No entanto com o passar dos anos as tendências demonstradas pelas projeções antigas foram-se desenvolvendo, umas de acordo com o esperado e outras seguindo diferentes tendências. Assim, foram analisadas projeções efetuadas em estudos mais recentes com o objetivo de estabelecer pontos de comparação entre o esperado no passado e o que realmente existe na atualidade.

O tratamento estatístico de dados para as projeções antigas consistiu em transformar tabelas de recolhas de amostras (Agerschouet *al*, 1983), em várias distribuições de pontos que relacionam as grandezas a analisar, sendo assim possível obter através da aplicação de regressões do tipo linear e potencial, as expressões que traduzem as variações existentes nas dimensões principais dos navios e a sua capacidade de transporte ou dwt.

Quanto aos dados para as projeções atuais foram seguidas as indicações e recomendações elaboradas em diversos estudos recentes para navios porta-contentores (Charchalis and Krefft, 2009), graneleiros

(Kristensen, 2012) e cruzeiros (Takahashiet al, 2005). Para efeitos comparativos as projeções para uma dada relação entre dimensões são apresentadas no mesmo gráfico.

### 3.3.2. PROJEÇÕES ANTIGAS VS ATUAIS DAS DIMENSÕES PRINCIPAIS

#### 3.3.2.1. Projeção para porta-contentores

Primeiramente serão abordadas as distribuições relativas aos navios porta-contentores. A amostra de dados para a projeção relativa a 1983 teve por suporte uma análise a 457 navios, (Agerschouet al, 1983). Observando o gráfico apresentado na Figura 11, verifica-se a variação do comprimento dos navios porta-contentores em função da sua capacidade de transporte em TEU.

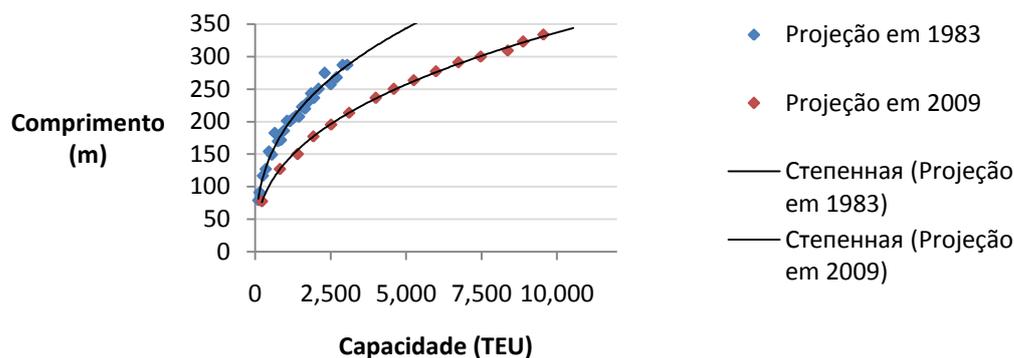


Figura 11 - Relação comprimento/capacidade de transporte – navios porta-contentores

Expressões:

- Projeção em 1983 →  $y = 15,027 x^{0,3673}; R^2 = 0,9861;$
- Projeção em 2009 →  $y = 9,3702 x^{0,3901}; R^2 = 0,9819.$

Os valores da correlação resultante da aplicação das regressões potenciais são bastante satisfatórios, contudo ressalve-se que as amostras de dados apenas retratam os navios existentes até à data da recolha. A capacidade máxima dos navios da amostra antiga situava-se nos 3 000 TEU, correspondendo a um comprimento de 285 m. Portanto, a geração dos navios mais recentes na altura da recolha seria a terceira. Relativamente à projeção mais recente, é provado que a evolução do comprimento com o aumento da capacidade de transporte não foi tão significativa como o esperado no passado.

À semelhança da relação anterior, foram também aplicadas regressões potenciais na análise da relação largura/capacidade de transporte (ver Figura 12).

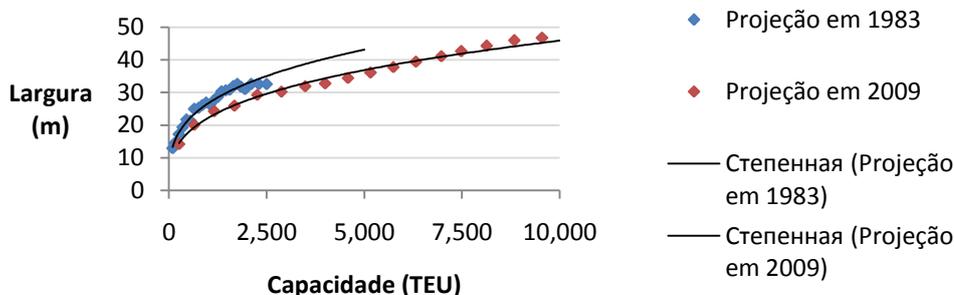


Figura 12 – Relação largura/capacidade de transporte – navios porta-contentores

Expressões:

- Projeção em 1983 →  $y = 3,3268 x^{0,3008}; R^2 = 0,9818;$
- Projeção em 2009 →  $y = 2,6375 x^{0,3116}; R^2 = 0,9700.$

A largura correspondente à capacidade máxima verificada na projeção antiga situa-se nos 33 m. Na parte final da linha de tendência existe uma zona onde há uma estabilização e manutenção da largura, o que indica que existiria uma tendência futura para uma evolução menos significativa desta dimensão comparativamente com as restantes. Isto é confirmado com a projeção de 2009, na qual é demonstrado que a evolução da largura é menos pronunciada e tenderá a estabilizar.

Outra das relações estudadas é entre o calado e a capacidade de transporte, sendo a mesma mostrada na Figura 13.

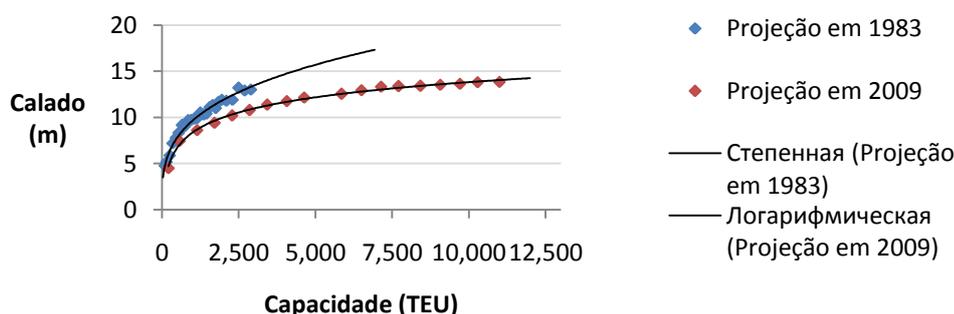


Figura 13 - Relação calado/capacidade de transporte – navios porta-contentores

Expressões:

- Projeção em 1983 →  $y = 1,1977 x^{0,3021}; R^2 = 0,9843;$
- Projeção em 2009 →  $y = 2,2568 \ln(x) - 7,3765; R^2 = 0,9600.$

Relativamente ao calado dos navios antigos, para uma capacidade de transporte de 3 000 TEU, o calado necessário encontrava-se nos 13 m, prevendo-se na altura um aumento significativo do mesmo com a introdução de maior capacidade nas seguintes gerações de navios. Contudo a indústria naval conseguiu aumentar a capacidade de transporte sem provocar um aumento de calado tão elevado quanto se previa. Com a regressão logarítmica da projeção de 2009 prevê-se que a evolução do calado tenda a estabilizar.

A relação calado/comprimento é de elevada importância, pois permite perceber a profundidade de água necessária num canal de acesso ou numa estrutura portuária de acostagem para um determinado comprimento de navio (ver Figura 14).

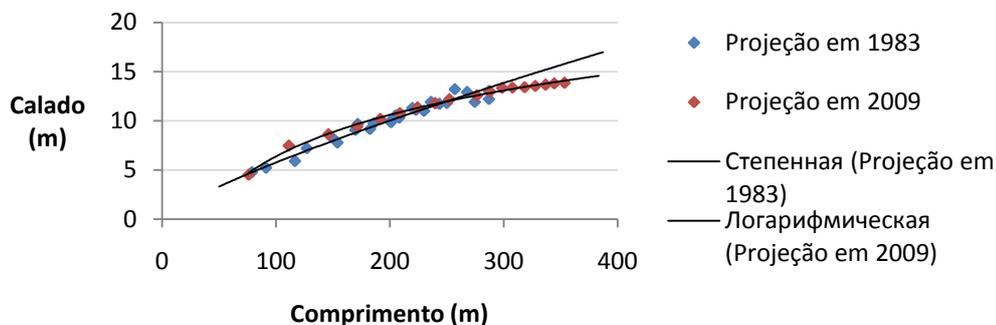


Figura 14 – Relação calado/comprimento – navios porta-contentores

Expressões:

- Projeção em 1983 →  $y = 0,1457 x^{0,7985}; R^2 = 0,9710;$
- Projeção em 2009 →  $y = 6,0851 \ln(x) - 21,647; R^2 = 0,9953.$

Estabelecendo uma correspondência entre dados, tendo por base a capacidade de transporte, foi possível relacionar o calado e comprimento dos navios pertencentes às amostras. As projeções estão de acordo com o esperado. Quanto à projeção em 1983, era esperada uma relação linear entre o calado e o comprimento visto que as duas dimensões aumentavam significativamente com o aumento da capacidade de transporte.

Já a projeção em 2009 visto que como já analisado anteriormente, a evolução do calado tenderá a estabilizar, a relação entre o mesmo e o comprimento será logarítmica. O comprimento evoluirá, contudo o calado não acompanhará com o mesmo crescendo pronunciado.

### 3.3.2.2. Projeção para graneleiros

Seguidamente, nas Figuras 15 a 17 serão apresentadas as distribuições efetuadas relativamente aos navios graneleiros, tendo por base uma amostra de 4700 navios para a elaboração da projeção em 1983 (Agerschouet *al*, 1983), não existindo distinção entre os navios de transporte de sólidos e líquidos. No entanto os dados para a projeção em 2012 referem-se apenas aos navios de transporte de granéis sólidos (Kristensen, 2012).

A primeira relação apresentada é entre o comprimento dos navios e o dwt dos mesmos, visível na Figura 15.

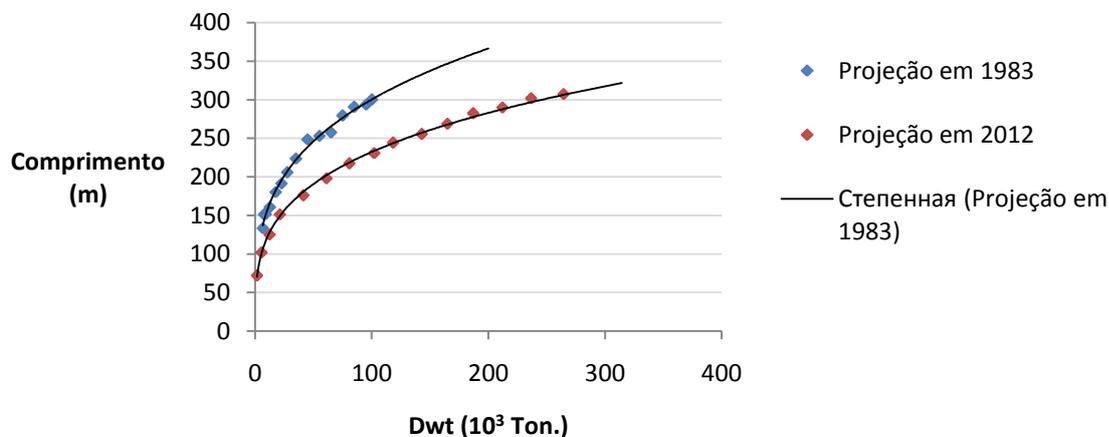


Figura 15 – Relação comprimento/Dwt – navios graneleiros

Expressões:

- Projeção em 1983 →  $y = 11,014 x^{0,2871}; R^2 = 0,9921;$
- Projeção em 2012 →  $y = 8,8188 x^{0,2841}; R^2 = 0,9988.$

Os valores de correlação obtidos resultantes da aplicação das regressões potenciais são elevados o que indica a qualidade das expressões obtidas. A projeção em 1983 sugeria um aumento de comprimento mais significativo comparativamente com o previsto em 2012. A parte final da curva relativa à projeção em 2012 dá indicação de uma tendência para a estabilização da evolução do comprimento.

Outra das relações estudadas foi a largura/dwt dos navios graneleiros, podendo ser visualizada na Figura 16.

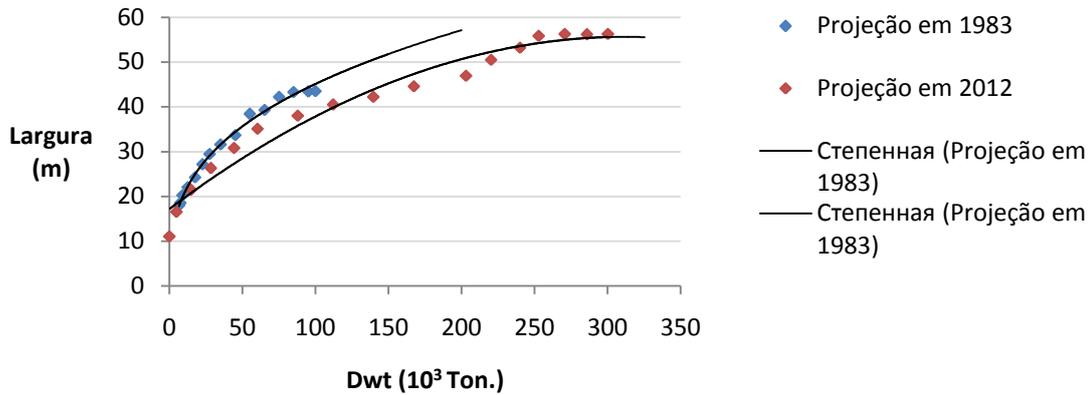


Figura 16 – Relação largura/Dwt – navios graneleiros

Expressões:

- Projeção em 1983 →  $y = 0,9022 x^{0,3398}; R^2 = 0,9812;$
- Projeção em 2012 →  $y = -4 \times 10^{-10} x^2 + 0,002x + 17,199; R^2 = 0,9649.$

A largura deste tipo de navio é superior à dos navios porta-contentores, devido isto às condições de disposição de cargas. Para uma capacidade de 100 000 toneladas, regista-se uma largura necessária de 43 m, de acordo com a projeção antiga. Esta relação apresenta um pequeno desvio entre as projeções, sendo visível em ambas uma estabilização no troço final da curva.

Seguidamente é mostrada a relação entre o calado e o dwt dos navios graneleiros, sendo demonstradas as projeções na Figura 17.

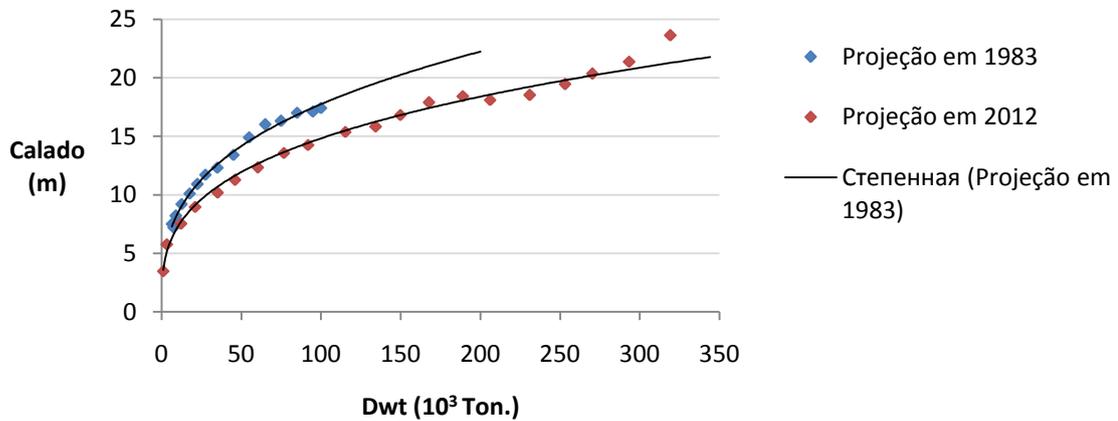


Figura 17 – Relação calado/Dwt – navios graneleiros

Expressões:

- Projeção em 1983 →  $y = 0,4170 x^{0,3298}; R^2 = 0,9937;$
- Projeção em 2012 →  $y = 0,4096 x^{0,3116}; R^2 = 0,9919.$

Quanto ao calado, para uma capacidade de transporte de 100 000 toneladas, os navios possuíam cerca de 17,5 m, igualmente superior comparando com os navios porta-contentores. Devido ao peso da carga

transportada necessitam de um calado elevado de modo a provocarem um grande volume de água deslocada, aumentando a impulsão hidrostática.

A relação indica também que a tendência seria a estabilizar o valor do calado, não acompanhando o aumento significativo da capacidade. Isto foi confirmado com a projeção de 2012 que prova uma evolução diminuta comparativamente com a prevista na projeção em 1983. No entanto, os pontos da dispersão da projeção mais recente apresentam uma ligeira subida, o que no futuro poderá representar um aumento de calado significativo dos navios graneleiros.

### 3.3.2.3. Projeção para cruzeiros

Por último, apresentam-se as distribuições relativas à análise da amostra de dados das dimensões e peso bruto de navios cruzeiro nas Figuras 18 a 20, englobando as características de cerca de 5800 navios na recolha de dados para elaboração da projeção em 1983. Quanto aos dados para a projeção de 2005 foram baseados em estudos e amostras das dimensões elaborados na data (Takahashiet al, 2005). Na Figura 18 é apresentada a relação entre o comprimento e o dwt dos navios cruzeiro.

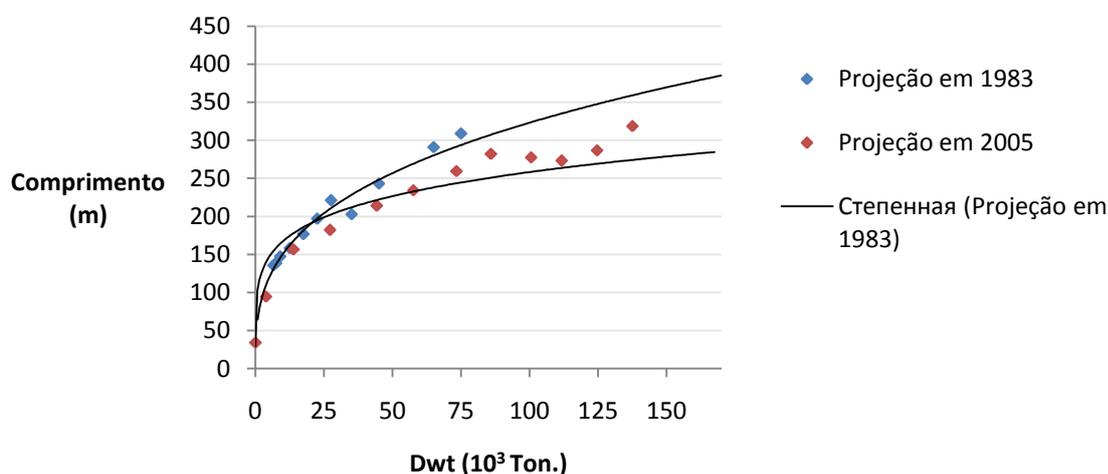


Figura 18 – Relação comprimento/Dwt – navios cruzeiro

Expressões:

- Projeção em 1983 →  $y = 7,1513 x^{0,3310}; R^2 = 0,9710;$
- Projeção em 2005 →  $y = 29,427 x^{0,1887}; R^2 = 0,9445.$

Os navios cruzeiro daquele período de tempo, ainda não eram munidos de todas as tecnologias e condições de conforto dos atuais, contudo já apresentavam dimensões elevadas, nomeadamente o seu comprimento já ultrapassava os 300 m. Através da aplicação de regressões potenciais, obtiveram-se valores de correlação satisfatórios, permitindo validar as expressões da relação entre os dois elementos característicos.

Para dwt's abaixo das 50 000 toneladas as curvas são bastante próximas, contudo à medida que o dwt dos navios sobe, a projeção em 2005 apresenta valores de comprimento inferiores comparativamente com a projeção mais antiga.

A próxima relação apresentada é entre a largura e o dwt dos navios cruzeiros, sendo as projeções apresentadas na Figura 19. A diferença entre as projeções antiga e atual, nesta relação de características

dos navios, é muito reduzida. Ambas as regressões aplicadas são do tipo potencial, sendo que as curvas das duas projeções coincidem quase perfeitamente.

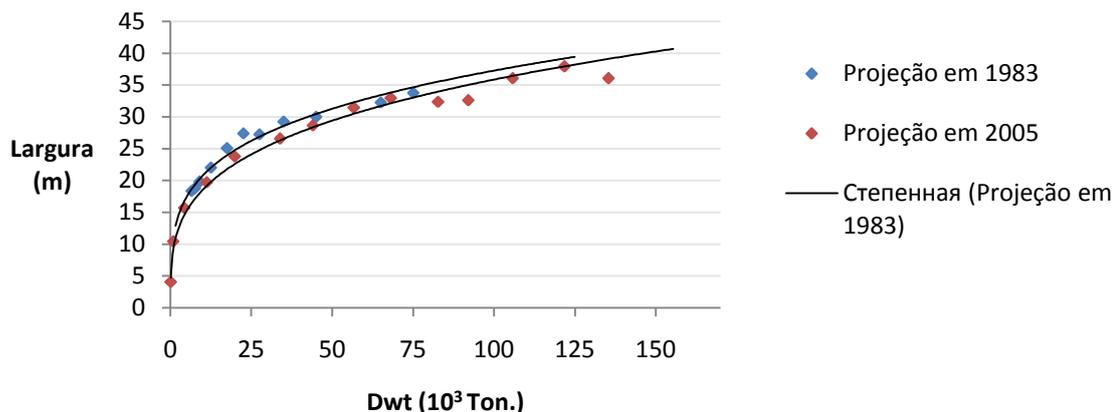


Figura 19 – Relação largura/Dwt – navios cruzeiro

Expressões:

- Projeção em 1983  $\rightarrow y = 2,0290 x^{0,2928}; R^2 = 0,9758;$
- Projeção em 2005  $\rightarrow y = 1,3315 x^{0,2860}; R^2 = 0,9866.$

As projeções da largura dos navios cruzeiro mostram que provavelmente existiria no futuro uma estabilização da dimensão, permanecendo na ordem dos 35 m à semelhança dos navios de transporte de contentores. A projeção mais recente comprova essa estabilização, sendo que no futuro a largura poderá ultrapassar os 40 m.

Por último, a relação calado/peso bruto presente na Figura 20, mostra que das frotas existentes, em função do tipo de navio, os cruzeiros são o tipo que apresenta uma evolução de calado menos pronunciada, não ultrapassando os 10,5 m para cerca de 80 000 toneladas na antiguidade.

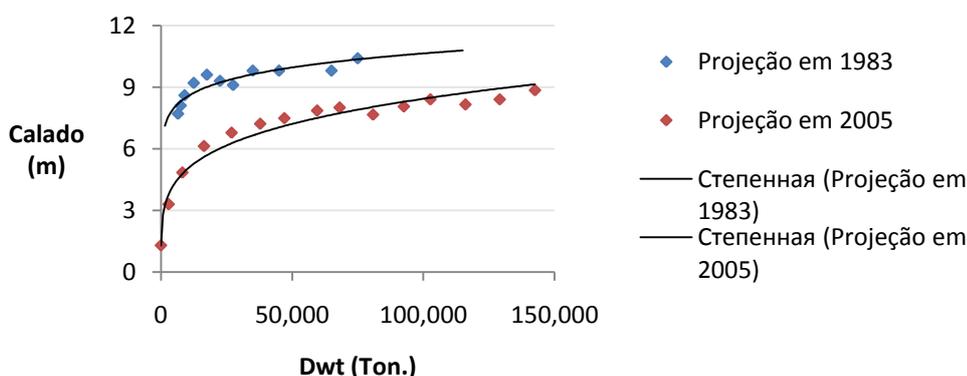


Figura 20 – Relação calado/Dwt – navios cruzeiro

Expressões:

- Projeção em 1983  $\rightarrow y = 3,5355 x^{0,0957}; R^2 = 0,8168;$
- Projeção em 2005  $\rightarrow y = 0,6241 x^{0,2261}; R^2 = 0,9841.$

Entre todas as relações efetuadas com base nas amostras de dados relativas às frotas de navios, esta, é aquela que apresenta um valor de correlação mais reduzido, isto na projeção efetuada para 1983.

No entanto, a curva da projeção de 2005 tenderá a aproximar-se da curva relativa à projeção mais antiga, significando que a evolução do calado não se verificou com a rapidez prevista no passado.

### 3.4. INFLUÊNCIA NO DIMENSIONAMENTO DE TERMINAIS

#### 3.4.1. CANAIS DE APROXIMAÇÃO

Os canais de aproximação constituem a entrada dos portos nas quais os navios circulam até à zona de acostagem após a sua chegada ao porto. O projeto dos canais de aproximação reúne um conjunto de aspetos relacionados com a manobra dos navios e engenharia marítimo-portuária de maneira a que culmine num dimensionamento para um determinado nível de navegabilidade. Isto obriga a que seja necessário ter acesso ao conhecimento de certos elementos auxiliares no dimensionamento como as dimensões do navio, ações resultantes do comportamento humano nas manobras dos navios bem como a previsão de efeitos nas condições locais.

No projeto do *lay-out* final dos canais de aproximação estão contempladas as seguintes configurações:

- o alinhamento e largura do canal e entrada do porto;
- profundidade do canal/calado disponível;
- dimensão e forma dos espaços de manobra dentro do porto.

O planeamento e previsão do *layout* final e as suas dimensões próprias são de extrema importância uma vez que a criação das condições de navegabilidade pode implicar o investimento de grandes quantias monetárias e devido a que após o estabelecimento do alinhamento e largura existem dificuldades e complexidade na alteração ou adaptação a novas situações.

Devido aos desenvolvimentos contínuos no transporte marítimo e indústria naval as infraestruturas portuárias são forçadas a efetuar melhoramentos e alterações. No caso da não evolução há a forte possibilidade das instalações do porto não estarem preparadas e conseqüentemente provocar atrasos no rececionamento dos navios, incidentes e acidentes, resultando numa forte penalização para a economia e gestão do porto.

##### 3.4.1.1. Considerações económicas

Aquando do desenvolvimento do projeto de dimensionamento do canal de aproximação é fulcral a elaboração simultânea de uma análise custo/benefício. Este estudo permite justificar a viabilidade económica da obra variando a mesma consoante o comprimento do canal e da existência ou não de condições de proteção naturais.

Relativamente aos custos associados ao canal de aproximação destacam-se as seguintes componentes:

- Construção – compostos pelos investimentos agregados às operações de dragagem dos fundos, reperfilamento dos taludes laterais e alargamentos necessários;
- Manutenção – em muitas situações onde o caudal sólido transportado é elevado, futuramente é necessário efetuar novas dragagens e reperfilamentos;
- Operações – custos associados aos rebocadores, auxiliares de pilotagem e navegação;
- Mitigação de impactos ambientais.

### 3.4.1.2. Projeto de canais de aproximação

#### a. Fases do projeto

O processo de projeto de dimensionamento poderá ser dividido para uma melhor organização em duas grandes fases:

- Conceitos de projeto – fase preliminar do projeto onde são estimadas considerações sobre diversos parâmetros físicos fulcrais para o dimensionamento como o alinhamento, largura e profundidade;
- Projeto detalhado – têm por objetivo a validação e refinamento os resultados provenientes da fase preliminar utilizando modelos numéricos aliados à experiência e criatividade dos projetistas.

A metodologia de dimensionamento é baseada em certos aspetos como é o caso do navio de projeto que estabelece a linha de diretrizes no que diz respeito às exigências das dimensões no canal. Em certas ocasiões é benéfico considerar mais que um navio de projeto de modo a contemplar as exigências incitadas pela indústria naval.

#### b. Alinhamento, largura e profundidade

No dimensionamento dos canais de aproximação os projetistas preocupam-se maioritariamente com a geometria do mesmo. Os principais componentes a analisar são o alinhamento a largura e profundidade. Estes elementos serão abordados separadamente existindo uma interdependência variável entre os anteriores. A velocidade do navio será uma variável extremamente condicionante para o dimensionamentos dos parâmetros anteriores, não devendo ser demasiadamente baixa, pois provoca problemas nas operações de manobra do navio e eleva o tempo de passagem das embarcações no canal. Por outro lado velocidades elevadas dificultam a execução das operações de circulação, diminuindo os níveis de segurança.

### 3.4.1.3. Navio de projeto

A escolha do navio de projeto deverá ser dirigida e baseada em determinadas considerações de ordem vária sendo que a escolha deverá garantir que todos os navios com previsão de receção efetuem as manobras de aproximação em condições de segurança. O navio escolhido até poderá não ser a tipologia que apresenta as maiores dimensões contudo é aquele que condiciona o dimensionamento do canal. Assim surgem outras considerações a ter na escolha do navio para além das dimensões do mesmo:

- Possuir fraca capacidade de manobra;
- Grande influência no contexto de operações no porto;
- Resistência ao vento;
- Transporte de mercadorias perigosas.

Quanto às dimensões principais do navio, calado, largura e comprimento poderão ser identificadas através de uma previsão a longo prazo utilizando as expressões propostas no tópico 3.3.2 que traduzem a evolução das tendências da indústria naval.

### 3.4.1.4. Conceito de projeto

Nesta fase são tomadas algumas decisões quanto a características gerais da configuração do canal para efeitos de estudos preliminares. Baseando-se em alguns critérios, destacando-se a economia e a análise das condições locais, são definidas as interligações entre os elementos chave no dimensionamento. A título exemplificativo em determinadas situações, com um aumento adicional de largura, pode

compensar para reduzir a profundidade, ou o alinhamento pode constituir uma forma de alterar a largura e a profundidade(PIANC – PTC II-30, 1997).

a. Alinhamentos retos e zonas de curvatura

Na escolha do alinhamento do canal devem ser tomadas algumas precauções de modo que se salvaguardem os seguintes aspetos:

- O comprimento do canal deve ser o mais curto possível;
- Respeitar as condições locais;
- Evitar a sobreposição com áreas onde a deposição sólida é elevada ou onde exista grande dificuldade de dragagem devido à resistência mecânica do solo;
- Evitar locais com agitação marítima e meteorológica predominante;
- Impedir zonas de curvatura próximas à entrada no porto.

O canal é constituído por alinhamentos retos e interligados por zonas de curvatura, ver Figura 21. Os projetistas devem efetuar um dimensionamento no qual os alinhamentos retos sejam definidos por uma extensão recomendável e as zonas de curvatura possuam um raio elevado de maneira que a curva seja ultrapassada de forma suave.

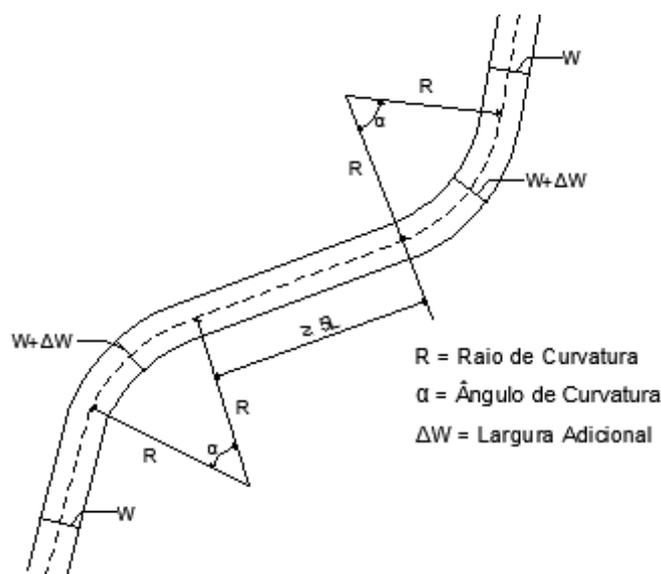


Figura 21 – Configuração em planta do canal de aproximação – Fonte: Adaptado PIANC – PTC II-30, 1997

Qualquer zona de curvatura que estabeleça a ligação entre dois alinhamentos retos do canal de aproximação tem de ser dimensionada tendo em conta a capacidade de viragem dos navios (ângulo do leme). A forma de relacionar o raio de curvatura com as características dos navios poderá ser conseguida através da consulta do ábaco 1 apresentado no Anexo-A1, que estabelece as diretrizes de dimensionamento para os projetistas. Através desse ábaco é possível determinar qual o raio de curvatura mais indicado em função do rácio entre a profundidade da água e o calado e o comprimento do navio de projeto considerado.

Ainda a respeito das zonas de curvatura, em locais onde as águas são pouco profundas agregado a uma baixa capacidade de viragem dos navios, os raios atingem valores máximos. Como foi explicitado anteriormente no segmento curvo é prevista uma adição de largura suplementar com vista à execução da curva com níveis de segurança desejados. Consultando o ábaco 2 apresentado no Anexo-A1, poderá ser determinada a largura adicional na zona do segmento curvo.

## b. Considerações sobre a largura nos alinhamentos retos

Para o dimensionamento da largura do canal são tidos em conta diferentes aspetos que variam de local para local influenciando diretamente a dimensão horizontal do canal. No Quadro 7 são apresentados os diversos fatores em consideração e as recomendações a seguir.

Quadro 7–Fatores que influenciam o dimensionamento da largura do canal e respetivas recomendações – Fonte: Adaptado de PIANC – PTC II-30, 1997

Fator	Recomendação
Condições para manobra	Na resposta à agitação marítima os pilotos dos navios necessitam de escolher um caminho de navegação. Para isso, a habilidade do piloto e o tempo de resposta do navio ao leme são essenciais, logo há que prever uma largura para a via de navegação.
Ambiental (agitação marítima)	As consequências da agitação marítima como a ondulação, correntes e ventos, influenciam a posição e a direção do navio quando circula no canal. Devido a estas oscilações na localização do navio aquando do seu percurso no canal é fundamental prever um acréscimo de largura.
Ajuda de navegação	Nos portos onde a ajuda de navegação na aproximação dos navios é de elevada qualidade, os canais têm uma largura mais reduzida. Assim deve ser efetuado juízo do grau de qualidade da ajuda necessária de acordo com os requisitos locais.
Tipo de carga	Existem por vezes navios que transportam mercadorias perigosas cujo derrame pode causar danos sérios. Nestes casos há que prever um acréscimo da largura de reduzir o risco de contacto do navio com as margens do canal.
Distância de passagem	Os canais de aproximação podem ser constituídos em algumas situações por duas vias de circulação. Nestes casos para além da dimensão das duas pistas é adicionado um espaço entre as mesmas por forma a aumentar as condições de segurança de circulação.
Taludes laterais	Em certos casos existe uma interação entre o navio e os taludes laterais o que pode provocar a completa falta de controlo da embarcação. Para evitar esta situação é prevista uma largura adicional fora das vias de circulação.

Na Figura 22 são representados alguns dos fatores que influenciam o dimensionamento da largura dos alinhamentos retos.

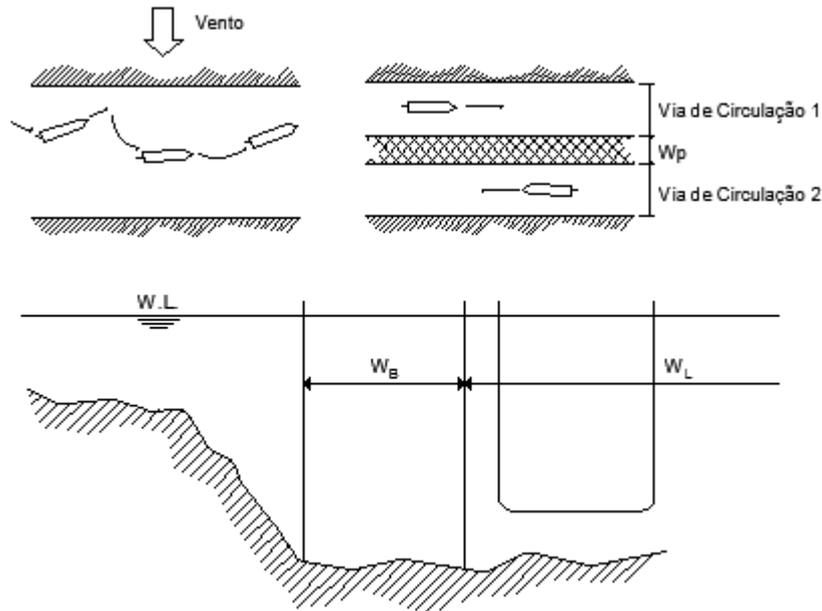


Figura 22 – Representação de alguns dos fatores que influenciam o dimensionamento - Fonte: Adaptado de PIANC – PTC II-30, 1997

### c. Considerações sobre a profundidade

O dimensionamento da profundidade do canal de aproximação assume uma relação forte com a velocidade de movimentação do navio, assim é proposta uma relação velocidade/profundidade disponível com base no número de Froude:

$$F_{nh} = V/\sqrt{gh} \quad (3.1)$$

Onde:

- $F_{nh}$  - Número de Froude [-];
- $V$  - Velocidade de movimentação do navio na água [m/s];
- $g$  - Aceleração da gravidade [9,81 m/s<sup>2</sup>];
- $h$  - Altura de água disponível [m].

Quando os valores do número de Froude se aproximam da unidade a resistência ao movimento dos navios atinge valores excessivamente altos. Por este motivo os valores devem respeitar um limite recomendado de 0,6 a 0,7.

Outro dos pontos a ter em conta no dimensionamento é o efeito de afundamento das embarcações denominado por *Squat*. Este fenómeno consiste na tendência que os navios têm em afundar-se quando os fundos marítimos se aproximam do casco da embarcação. Este efeito é função da velocidade do navio e é acentuado em águas pouco profundas. Assim é necessário efetuar uma previsão de qual a altura de água a disponibilizar de maneira a que a ocorrência deste fenómeno seja evitada.

Para um cálculo rápido e expedito pode ser usada a expressão Huuska e Icorels:

$$Squat (m) = 2.4 \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{(1 - F_{nh}^2)}} \quad (3.2)$$

Onde:

- $\nabla$  - Volume de água deslocado [m<sup>3</sup>] -  $C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T$ ;
- $C_B$  – Coeficiente de bloco [-];
- $L_{pp}$  – Comprimento do navio [m];
- $B$  – Largura do navio [m];
- $T$  – Calado do navio [m];
- $F_{nh}$  - Número de Froude [-].

Uma forma simples de controlar o efeito de afundamento ou *squat* é limitar o rácio entre a profundidade e o calado de projeto a um valor mínimo. Em zonas onde a agitação marítima não se faz sentir com grande intensidade, os valores recomendados devem situar-se entre 1,10 a 1,15. No caso de o navio estar sujeito a uma agitação mais pronunciada os valores do rácio devem subir até a um mínimo de 1,30 (PIANC – PTC II-30, 1997).

A variação das marés é também um importante aspeto a avaliar no processo de dimensionamento e determinação da profundidade do canal. Em locais onde a variação entre os níveis de preia-mar e baixa-mar é elevado no âmbito do projeto não chega garantir as condições de segurança de circulação dos navios para o nível inferior, ou seja baixa-mar. As variações de velocidade podem resultar em problemas de *squate* resistência ao movimento. Portanto é fundamental analisar a influência da variação das marés em várias situações, seguindo sempre o caminho da segurança e estabilidade de movimentação dos navios no canal de aproximação.

#### d. Método de dimensionamento do canal

Neste tópico será abordado o procedimento de dimensionamento a seguir para a obtenção de nível adequado de segurança e viabilidade económica. A sequência de abordagem dos elementos será idêntica à utilizada no tópico anterior.

Alinhamentos retos e zonas de curvatura:

- Para o dimensionamento destes elementos devem ser seguidas as diretrizes explicitadas no tópico 3.4.1.4 alínea a), referidas anteriormente.

Largura nos alinhamentos retos:

- Quanto à largura do canal nos alinhamentos retos as expressões de cálculo variam consoante o número de vias de circulação. No caso de ser prevista apenas uma via, o cálculo é elaborado utilizando a seguinte formulação:

$$w = w_{BM} + \sum_{i=1}^n w_i + w_{Br} + w_{Bg} \quad (3.3)$$

Onde:

- $w_{BM}$  – Largura associada às condições de manobra (ver Quadro 1, Anexo-A1) [m];
- $w_i$  – Larguras adicionais referentes às questões ambientais, ajuda de navegação e tipo de carga (ver Quadro 2, Anexo-A1) [m];
- $w_{Br}$  e  $w_{Bg}$  – Largura relativa aos taludes laterais (ver Quadro 3, Anexo-A1) [m].

-Para canais com duas vias de circulação a formulação a utilizar é a seguinte:

$$w = 2w_{BM} + 2 \sum_{i=1}^n w_i + w_{Br} + w_{Bg} + \sum w_p \quad (3.4)$$

Onde:

- $w_p$  – Largura associada à distância de passagem (ver Quadro 4, Anexo-A1) [m].

Profundidade:

- No que diz respeito à determinação da profundidade devem ser seguidas as especificações referidas no tópico 3.4.1.4 alínea c), como o número de Froude recomendado e ter em consideração o *squat* previsto bem como a variação das marés.

### 3.4.2. MOBILIDADE DENTRO DE UM PORTO

Os navios necessitam de efetuar manobras dentro do porto, ou seja, há que prever áreas de manobra dentro da zona portuária de maneira a que os navios possam efetuar os movimentos de acostagem bem como mudanças de direção e sentido.

Quando o navio se aproxima do porto ou terminal, normalmente reduz a sua velocidade suficientemente para que mantenha o controlo da navegação em função das características locais existentes.

O processo é similar aquando das manobras de partida dos navios dos terminais portuários. A embarcação parte da velocidade zero efetuando a viragem seguida de uma aceleração de forma a sair das instalações portuárias em condições de segurança. Assim, os espaços requeridos para a execução destas operações estão compreendidos no conceito de área de manobras.

#### 3.4.2.1. Fatores condicionantes no projeto

A área de manobras depende principalmente dos seguintes aspetos (Normas ROM 3.1-99, Parte VIII):

- Tamanho, dimensões e características dos navios condicionantes espectáveis de receção (os quais podem não ser os maiores, vários tipos de navios deverão ser analisados);
- Volume de tráfego, bem como as velocidades de navegação admissíveis dos navios nas zonas de aproximação;
- Características geométricas das zonas nas quais as manobras serão efetuadas;
- O ambiente marítimo existente na área, em particularo limite para as condições operacionais nas manobras;
- Efeitos de desvio da popa nas fases finais das manobras, os quais podem ser mais pronunciados em navios que circulam a velocidades mais baixas;

- A utilização de rebocadores e as suas características no auxílio a diferentes operações de manobra.

Na análise efetuada nos tópicos seguintes é assumido que dois ou mais navios não efetuam manobras simultaneamente, ou seja, as dimensões estabelecidas para a área de manobras são propostas apenas para um navio em operação.

### 3.4.2.2. Determinação da área de manobras

Na Figura 23 é representada de uma forma genérica a aproximação de um navio a um porto e a sua manobra de viragem de maneira a que fique com o alinhamento adequado à acostagem num dos cais dos terminais. A área de manobras a disponibilizar deverá ser igual à área do círculo completo descrito pelo navio mais condicionante.

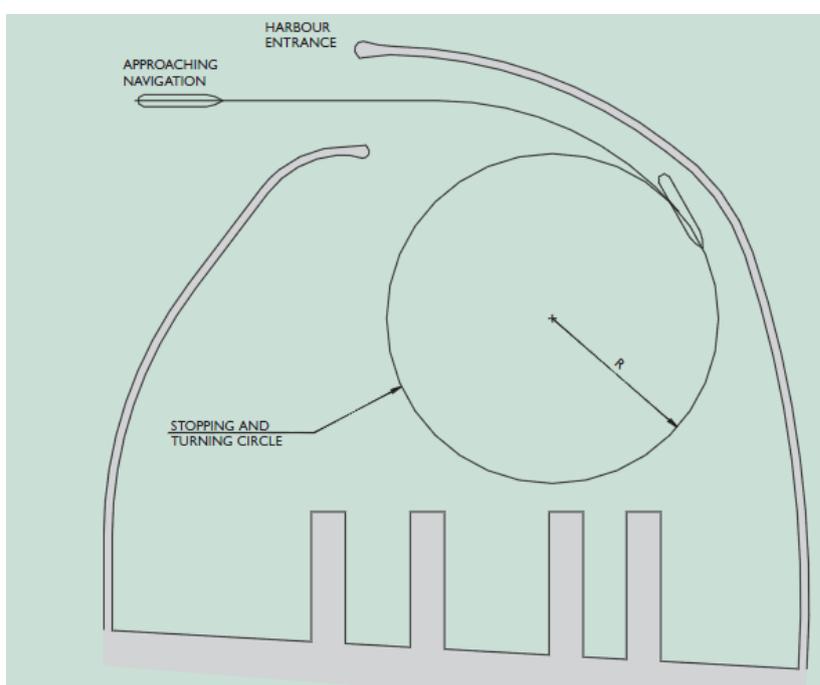


Figura 23 – Representação da área de manobras dentro de um porto – Fonte: Normas ROM 3.1-99, Parte VIII

Visto a área ter a forma do círculo, há que determinar o diâmetro da circunferência descrita em função da profundidade da água no local e do comprimento entre perpendiculares do navio. Para operações em navios com uma única hélice o Quadro 8 apresenta os seguintes diâmetros:

Quadro 8 – Diâmetros mínimo e recomendados em função da profundidade da água e comprimento dos navios – Fonte: Adaptado Normas ROM 3.1-99, Parte VIII

Profundidade da água	Diâmetro da circunferência	
	Recomendado	Mínimo
≥ 5.0 Calado	8 $L_{PP}$	6 $L_{PP}$
1.5 Calado	10 $L_{PP}$	7 $L_{PP}$
≤ 1.2 Calado	16 $L_{PP}$	10 $L_{PP}$

Em navios que possuem dupla hélice existem alguns ajustes a fazer ao especificado no Quadro 8 bem como em questões de condições de operacionalidade, ou seja:

- Redução dos valores cerca de 10% para casos com profundidades da água  $\geq 1.5$  Calado e cerca de 20% no caso de profundidades  $\leq 1.2$  Calado;
- As condições de operacionalidade não devem exceder os seguintes valores:
  - Velocidade absoluta do vento – 10,0 m/s;
  - Velocidade absoluta da corrente – 0,50 m/s;
  - Altura de onda significativa – 3,0 m.

Outros fatores que podem alargar a área de manobras pois podem causar certos desvios na rota do navio aquando da execução da operação, de entre os quais se destacam os desvios provocados pelo ação do vento, da ondulação e da corrente ou agitação verificada. Daí ser fundamental efetuar as manobras quando se verificam as condições de operacionalidade recomendadas para uma execução em segurança.

# 4

## TERMINAIS PORTUÁRIOS

### 4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordadas quatro tipologias de terminais – contentores, granéis, roll-on/roll-off e cruzeiros. Devido a limitações temporais foram apenas escolhidos estes tipos, sendo que o facto de serem normalmente as tipologias que assumem um papel principal nas instalações portuárias constituiu o critério central da escolha. Relativamente aos terminais escolhidos, serão analisadas as operações e processos logísticos que se desenvolvem no seu interior, os equipamentos de movimentação de cargas e por último serão tecidas algumas considerações sobre a escolha do tipo de estrutura de acostagem.

### 4.2. TIPOS DE TERMINAIS

#### 4.2.1. TERMINAL DE CONTENTORES

A utilização dos contentores tem desempenhado um papel crucial na transformação da produção e distribuição industrial ao nível mundial. A redução do custo de transporte marítimo de mercadorias em contentores constituiu um fator decisivo para o desenvolvimento da indústria naval bem como a localização separada da produção de componentes e a montagem dos mesmos (Mohseni, 2012). Em consequência, os mercados de transporte locais fundiram-se num mercado global com transporte a preço reduzido, resultando numa elevada taxa de transporte de contentores para todos os cantos do mundo.

Na Figura 24, encontra-se representada projecção da distribuição dos volumes de contentores em 2015, assumindo-se a Ásia de Este, mais especificamente a China, como a maior potência no transporte marítimo de contentores.

Nos termos “*standard*” existem diferentes tipos e tamanhos de contentores que têm de ser distinguidos. Contudo, as diferentes tipologias de contentores movimentadas em todo o mundo têm de ser homologadas de acordo com a ISO 668. Relativamente às dimensões propriamente ditas, nomeadamente o comprimento, largura e altura, são normalmente expressas em pés e polegadas. Quanto ao comprimento, predominantemente existem os contentores com 20ft e 40ft, mas também com 45ft. As normas “*standard*” definem que a largura deverá ser 8ft e que as alturas poderão ser 8ft, 8,5ft ou 9,5ft, ver Figura 25. Com esta definição das dimensões tornou possível uniformizar os tipos de gruas e equipamentos nos terminais a nível mundial facilitando a disponibilidade e o manuseamento dos contentores.

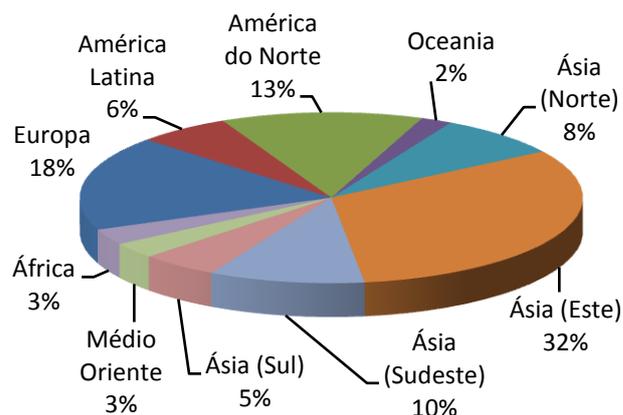


Figura 24 – Projeção da distribuição dos volumes de contentores em 2015 – Fonte: United Nation ESCAP, 2012

No que diz respeito à tara, para um contentor de 20ft é cerca de 2 250kg sendo o máximo peso bruto suportado 22 750kg. Já nos contentores de 40ft a tara é de 5 250kg e o peso bruto cerca de 32 500kg (HechtandPawlik, 2007). Quando o fator de arrumação de carga é medido em m<sup>3</sup> por tonelada, os valores encontram-se situados nos intervalos de 2.3 a 2.8 para os contentores de 40ft e 1.7 a 1.8 para os contentores de 20ft (Agerschouet *al*, 2004). Assim, muitas mercadorias têm fatores de arrumação de carga que excedem consideravelmente o máximo peso bruto suportado pelos contentores, existindo também uma larga percentagem de taxa de transferência de contentores nos terminais que não se encontram com o seu máximo pois as mercadorias que transportam possuem fatores elevados. No entanto, o peso não constitui um fator crucial para o operador do terminal, desde que não exceda a capacidade do equipamento.



Figura 25 – Contentores de 8,5 e 8 pés de altura – Fonte: shipoverseas.com

A capacidade dos navios e dos terminais de contentores são geralmente medidas em termos de TEU (Twenty-footEquivalentUnit), referindo assim ao comprimento de 20ft dos contentores. Consequentemente, um contentor com cerca de 40ft denomina-se com 2 TEU's.

Os terminais de contentores podem ser divididos em cinco áreas principais, nomeadamente:(a) cais acostável, (b) área de *apron*, (c) sistema de transporte, (d) área de armazenamento e (e) edifícios. As áreas de acostagem são o cais e o *apron*, as terrestres são constituídas pelo terrapleno de armazenamento e os edifícios. O sistema de transporte é o elemento que realiza a ligação entre a zona de acostagem e o interior do terminal, mais especificamente a zona terrestre (Carlo *et al*, 2013).

Estes elementos estabelecem ligações complexas que podem influenciar significativamente a eficiência e a rentabilidade de um terminal. Dependendo do tipo de embarcação, dos equipamentos de movimentação de carga, os lay-out's e a produtividade dos terminais variam (Mohseni, 2012).

Seguidamente apresenta-se uma breve descrição dos elementos (ver Figura 26):

- a. Cais acostável –os cais são o elemento que cria a interface entre o navio e a zona terrestre. Após a receção dos porta-contentores, é assumido um posicionamento paralelo ao longo do cais. Quanto à configuração dos muros de cais, para terminais de contentores não difere necessariamente dos cais para outra tipologia de terminal, contudo os equipamentos envolvidos são diferentes;
- b. Área de *apron* – esta área consiste num espaço aberto, paralelo ao alinhamento do cais que se desenvolve ao longo do comprimento do mesmo. As principais funções residem na disponibilidade de uma área para os guindastes e gruas de cais e num espaço de circulação de tráfego interno para os veículos de manuseamento de contentores. A determinação da largura é dependente da largura da via do guindaste e do tipo de transporte horizontal adotado;
- c. Sistema de transporte –a movimentação dos contentores assume um papel fulcral em termos de rendimento e produtividade no terminal, assim o sistema de transporte adotado, influenciará não só o layout final mas também os indicadores de desempenho do terminal;
- d. Área de armazenamento –os contentores que se destinam à exportação e os que advêm da importação, são armazenados e mantidos no terrapleno por um determinado período de tempo. Por vezes existem contentores que transportam mercadorias perigosas, sendo obviamente necessário a pré-determinação de condições especiais;
- e. Edifícios –existem algumas instalações nos terminais para a reparação e manutenção dos equipamentos, embora a maior parte das operações de manutenção sejam efetuadas fora dos terminais. Contudo, como os equipamentos apresentam um porte elevado, a sua movimentação para fora do terminal é difícil e conseqüentemente o acesso a oficinas exteriores. Para além disso, todos os terminais necessitam de edifícios para o desenvolvimento de atividades de gestão, recursos humanos e funções de apoio.

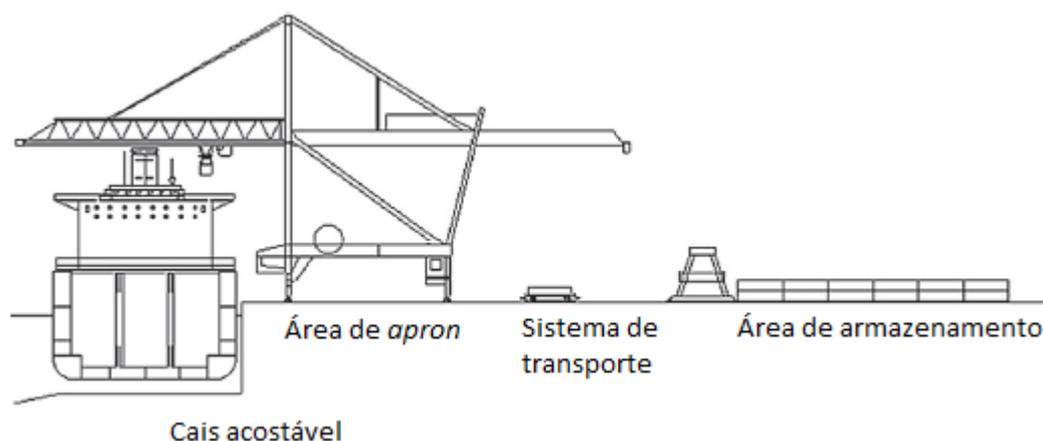


Figura 26 – Representação dos diferentes elementos principais constituintes de um terminal de contentores –  
Fonte: Carlo *et al*, 2013

#### 4.2.2. TERMINAL DE GRANÉIS SÓLIDOS

A carga carregada e descarregada a granel divide-se em dois tipos diferentes – os granéis sólidos (ver Figura 27) e os líquidos. Este tópico diz respeito aos granéis sólidos, cargas movimentadas de acordo com o seu estado físico, de forma solta. É usual ouvir-se falar de transferências a granel de madeiras, metais e cereais, contudo existe ainda outro tipo de carga, denominada “semi-granel”, que engloba todos os carregamentos efetuados com a carga ensacada.



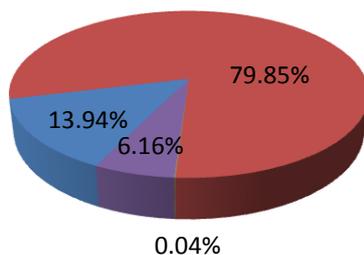
Figura 27 – Terminal de granéis sólidos do porto de Hamburgo – Fonte: hafen-hamburgo.de

Os granéis sólidos dividem-se em dois grupos principais, “as grandes cargas” e “as pequenas cargas”, sendo os produtos que constituem as principais mercadorias movimentadas neste tipo de terminal os seguintes:

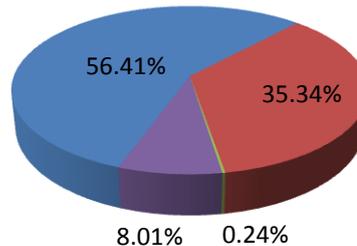
- Minérios de ferro;
- Grãos (cereais);
- Minerais (areia, cascalho e sal);
- Carvão;
- Bauxite;
- Fosfato.

Na Figura 28 é apresentada uma distribuição percentual das mercadorias nos dois tipos de terminais.

### Importação



### Exportação



- Carvão
- Minérios de Ferro
- Fosfato
- Outros

Figura 28 – Distribuição percentual das mercadorias nos terminais de importação e exportação – Fonte: Adaptado Martin, 2010

Um grande terminal de granéis possui características muito próprias e diferentes dos restantes terminais portuários. Ao nível do layout, os requisitos quanto às infraestruturas e acessibilidades são mais exigentes, nomeadamente a profundidade da água, as instalações de armazenamento da carga e a localização. Os problemas laborais e administrativos que acontecem periodicamente merecem um tratamento e abordagem diferentes, comparativamente com os terminais de carga geral.

Por vezes, dependendo do que é transportado num determinado porto, é extremamente benéfico que exista um ou mais cais dedicados exclusivamente ao carregamento ou descarregamento de granéis sólidos, ou até mesmo, mais especificamente reservado para um único tipo de carga (Agerschouet *et al*, 1983). Contudo, esta decisão está dependente da previsão do volume anual ou sazonal que se poderá esperar, existindo assim um risco económico associado. Outros fatores que desempenham um papel relevante na tomada de decisão são a localização das instalações de armazenamento, a contaminação dos produtos bem como a sua exposição e riscos de segurança. Com os cais especializados, é possível instalar dispositivos ou equipamentos de movimentação de cargas, que possuem uma maior eficiência e capacidade de concretizar taxas de transferência mais altas, contrastando com a baixa capacidade dos mecanismos aplicados nos cais versáteis.

Relativamente à profundidade da água, geralmente as exigências de projeto apontam para mais de 15 metros, já que a receção de navios é condicionada pelo calado disponível, as tendências ditam uma utilização de navios com dimensões cada vez maiores. Com navios que possuam um porte elevado, os stocks de granéis nas instalações de armazenamento devem ser também elevados. É necessário garantir uma mecanização da movimentação, bem como uma rede transportadora até ao terminal.

Geralmente os equipamentos transportadores estão localizados muito próximos do cais, quando se verifica o contrário, as estruturas de apoio causam numerosas perturbações no transporte horizontal e no tráfego de veículos. As pilhas no armazenamento em stock, podem causar problemas geotécnicos devido à grandeza das solicitações que exercem nas superfícies perto dos cais. No Quadro 9 são apresentadas as propriedades de alguns granéis sólidos, como o fator de acondicionamento e o ângulo de repouso.

Quadro 9 – Propriedades de alguns granéis sólidos – Fonte: Agerschouet *et al*, 1983

Mercadoria	Fator de Acondicionamento (m <sup>3</sup> /ton.)	Ângulo de Repouso (°)
Bauxite	0,74-0,91	28-49
Cimento	0,65	-
Carvão	0,8-1,4	30-45
Farinha de Peixe	1,25	-
Milho	1,33-1,42	30-40
Centeio	1,42	30
Soja	1,25	30
Trigo	1,33-1,39	25-30
Minério de Ferro	0,30-0,66	30-50
Fosfato	0,73-0,78	30-34
Açúcar	1,13-1,27	40

O tipo de mercadoria influencia a forma de armazenamento da mesma, ver Figura 29. Assim, a armazenagem pode ser segundo as seguintes formas:

- Terraplano aberto – usado normalmente para mercadorias que não sofrem degradação com a exposição a diferentes elementos;
- Armazém – usado para mercadorias que sofrem degradação devido à exposição à chuva;
- Silo – usado para armazenar grãos, cimento e materiais no geral que necessitem de ser protegidos;

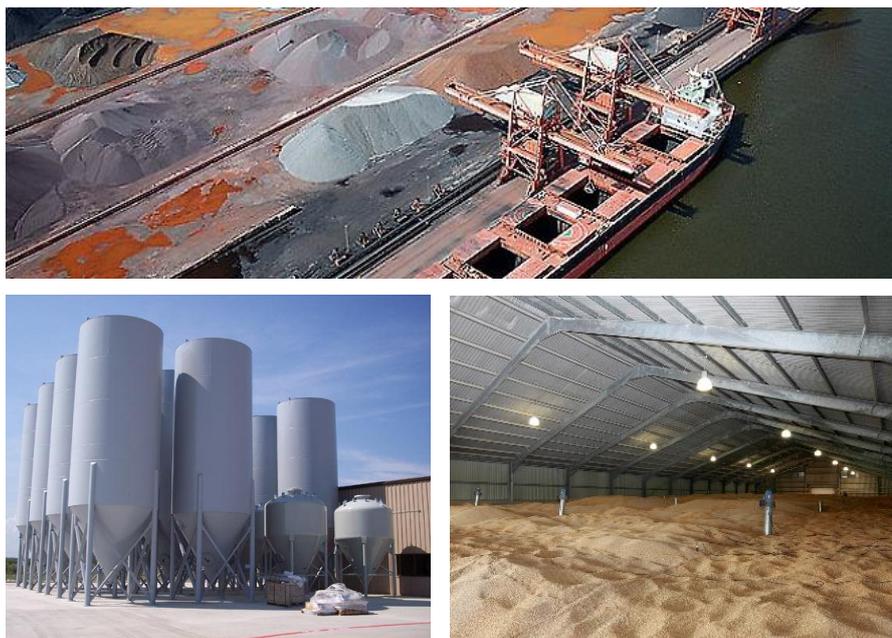


Figura 29 – Formas de armazenamento de mercadorias – Fontes: Header-massengut; BedechiAmerica; Trade in África

É notório que algumas mercadorias possuem riscos de degradação quando não devidamente protegidas, mas por vezes a escolha entre um armazém ou um silo é baseada apenas no tempo de armazenagem. Usando o silo quando esse tempo é curto e para mercadorias que estão sob a forma de pó ou grãos de reduzida dimensão.

#### 4.2.3. TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF

##### 4.2.3.1. O papel dos serviços roll-on/roll-off

A expansão dos serviços Ro-Ro nas trocas comerciais ao nível portuário é um enorme desenvolvimento para os países tendo em conta a grande flexibilidade na operação. As cargas transportadas pelos navios Ro-Ro assumem uma grande variedade, os carregamentos podem surgir em combinações de veículos automóveis, camiões, camiões-reboque ou até mesmo chassis de veículos.

Diversos tipos de navios com diferentes dimensões estão em constantes operações de transporte. O projeto dos navios difere no que diz respeito às instalações da rampa, a qual pode estar localizada na proa, na popa ou até mesmo nos lados da embarcação. Os navios podem acostar longitudinalmente ao longo do cais ou segundo certos ângulos, de maneira que a rampa fique acessível e estabilizada. A carga é transportada em diferentes convés e o acesso entre cada convés é frequentemente promovido por rampas ou elevadores dentro do próprio navio. Em alguns casos, as conexões podem ser feitas para o cais para cada nível diferente de convés (UNCTAD, 1985).

Genericamente, nestas trocas comerciais podem-se identificar três tipos principais de navios:

- Tipo 1 – navios com múltiplos convés que necessitam que os portos detenham uma rampa no cais;
- Tipo 2 – navios com rampas de popa;
- Tipo 3 – mistura de navios ro/ro com lo/lo requerendo uma rampa de cais.

Os navios pertencentes ao segundo tipo, equipados com as rampas na popa bem como convés múltiplos conectados através de rampas internas, são normalmente os mais utilizados atualmente contribuindo para a expansão deste serviço. Assim os custos de investimento em terminais mais sofisticados é evitado, enquanto que uma larga variedade de cargas pode ser movimentada. No entanto, há um custo energético adicional, já que as rampas são transportadas embora possam parcialmente fazer parte da estrutura do casco. A dimensão das áreas de estacionamento nestes terminais pode ser observada na Figura 30.



Figura 30 – Terminal rol-on/rol-off do porto de Havre – Fonte: terminal-ro-ro-havre.fr

Na tentativa de prever o grau de influência que os serviços Ro-Ro podem ter numa determinada zona, surgem duas características principais:

- A capacidade de um serviço Ro-Ro alcançar uma alta movimentação de cargas com grande rapidez num porto altamente desenvolvido e em contraste velocidade apenas satisfatórias num porto convencional;
- A capacidade de um serviço Ro-Ro para alterar os seus portos de receção com relativa facilidade, provocando uma mudança nos padrões de comércio.

#### 4.2.3.2. Elementos dos terminais roll-on/rol-off e ferry

Definições:

- Terminal Ferry – instalação para a receção, processamento, triagem e carregamento de passageiros e os respetivos veículos em navios ferry;
- Terminal Ro-Ro – instalação para a receção, processamento, triagem e carregamento de cargas rolantes em navios Ro-Ro;

Contudo, as diferenças funcionais entre um terminal Ro-Ro e o ferry são menor e maioritariamente relacionadas com a provisão de instalações e condições para os passageiros. Na prática, o mesmo terminal é frequentemente usado para os dois serviços, funcionando como um terminal ro/ro e ferry ao mesmo tempo (Podolak, 1978). Nas secções seguintes os terminais serão separados em duas abordagens diferentes.

De seguida serão identificados os elementos do terminal ferry e apresentada uma descrição sobre as características e funções (Podolak, 1978):

- a. Vias de acesso – as estradas ou vias que promovem o acesso ao complexo do terminal desempenham uma função crucial tanto nos terminais que se destinam à importação de veículos como os de exportação. O grau de qualidade das estradas de acesso, como o número de vias disponíveis, pavimentação e outros aspetos de dimensionamento, variam normalmente com a importância do serviço e o fluxo de tráfego bem como outros possíveis usos que o acesso poderá ter;
- b. Área de espera - no caso dos terminais ferry, normalmente existe um pequeno espaço para um estacionamento temporário onde os veículos que chegam da via de acesso podem aguardar a chegada do navio e comprar os bilhetes de ingresso sem ser necessário efetuar inversões de marcha e provocar congestionamento no acesso ao terminal;
- c. Bilheteira – estas instalações consistem numa pequena edificação onde os utilizadores do ferry podem pagar as taxas de transporte sem sair dos seus veículos. Encontram-se normalmente localizadas à entrada do terminal abrangendo todas as tipologias dos veículos circulantes, permitindo também efetuar uma triagem dos utilizadores em função do seu destino;
- d. Área de triagem (também chamadas zonas de estacionamento) – estas são as áreas respetivas onde os veículos são mantidos e ordenados em função da agenda do seu carregamento para os navios. Constituem uma forma de elevado armazenamento, com um layout que permite a sua organização de forma compacta, permitindo ao operador facilidade e velocidade de execução na movimentação dos veículos para o navio. A sua localização geralmente situa-se muito próxima do muro de cais de modo a reduzir ao máximo possível o tempo de carregamento. Quanto ao pavimento deste espaço, varia consoante o tipo de carga a armazenar, no caso de se tratar de veículos pesados, deverá preencher certos requisitos especiais.
- e. Vias de transferência – estes são os elementos responsáveis por conectar as áreas de armazenamento à zona de carregamento do navio Ro-Ro. Normalmente são constituídas apenas por uma via de trânsito mas se o navio estiver projetado para condições diferentes, poderão ser acrescentadas mais vias;
- f. Pontes e rampas transferência – estas estruturas conectam o cais ao navio, sendo geralmente fixas, no entanto atualmente são projetadas de maneira que parte esteja fixa à costa e a outra possa movimentar-se verticalmente de acordo com o nível da maré. Esse movimento pode ser promovido através de sistemas hidráulicos ou mecânicos, ou poderá ser construído sob pontões flutuantes movendo-se assim em função do nível de água. Quanto ao comprimento destes elementos, deve ser tal que não permita que o declive das rampas exceda a capacidade máxima de tração dos veículos (em função das tipologias de carga). Habitualmente é instalado um dispositivo denominado aba, cujo objetivo passa por fazer com que o navio não tenha de estar forçosamente fixado à rampa de maneira que reduza as probabilidades de danos nos elementos;
- g. Cais – este elemento é, à semelhança dos outros terminais, o local onde o navio acosta. Em função da forma de carga/descarga do navio, o cais poderá ter configurações diferentes, se um navio for carregado lateralmente, não podem existir saliências na estrutura, por outro lado se o navio for carregado através da popa o cais deverá assumir a forma de um “L”. As defensas são outro aspeto importante, pois neste tipo de terminal o sistema adotado é mais sofisticado comparativamente com outros terminais, permitindo reduzir bastante o tempo de acostagem dos navios;

- h. Edificações – os edifícios de apoio no terminal fornecem condições aos passageiros dos navios como salas de espera, sanitários e restauração mas também podem criar condições para os operadores dos terminais como escritórios. O tamanho destas instalações varia consoante o volume de tráfego expectável e da previsão por parte do projetista de serviços a implementar;
- i. Zona intermodal – nos terminais ferry há a necessidade de conexão a outros serviços como é o caso dos transportes públicos, autocarros, metro, praça de táxis entre outros. Assim há que prever um espaço para a implementação de certas instalações que possam fornecer estas condições.

#### 4.2.4. TERMINAL DE CRUZEIROS

##### 4.2.4.1. Funcionalidade dos terminais

A implantação de um terminal de cruzeiros poderá trazer um grande desenvolvimento e impulso turístico à região ou cidade na qual está localizado. Os terminais de cruzeiros podem funcionar segundo de duas formas – terminal de escala ou terminal *turnaround*. Estes são os termos normalmente utilizados para diferenciar as duas tipologias dos terminais no setor do turismo de cruzeiros.

Considera-se um terminal de escala, um qualquer terminal localizado num porto marítimo que integre o itinerário de um cruzeiro marítimo, onde os passageiros poderão apenas desembarcar do navio durante um certo intervalo de tempo para visitar em certos casos a cidade e arredores.

No que diz respeito aos terminais *turnaround*, designam-se os terminais nos quais os passageiros embarcam iniciando a sua viagem nesse porto ou desembarcam, terminando a sua viagem turística.

No entanto as instalações de um terminal podem funcionar como escala e *turnaround* em simultâneo no caso de existir mais que uma linha de cruzeiros no terminal. No Quadro 10 são apresentadas as vantagens das duas tipologias de terminais de cruzeiros.

Quadro 10 – Quadro comparativo entre as vantagens das tipologias de terminais de cruzeiros

Características	Terminal de escala	Terminal <i>turnaround</i>
Tarifas dos navios	-	✓
Impacto na região	-	✓
Custo de investimento	✓	-
Complexidade operacional	✓	-
Área de instalações	-	-

Significa ✓ vantajoso

Relativamente a benefícios económicos os terminais *turnaround* estimulam a economia da região na qual o terminal está localizado, pois os passageiros têm quase obrigatoriamente de utilizar aeroportos ou transportes públicos para chegar às instalações do terminal e por vezes até aproveitam mesmo para conhecer a cidade durante os dias anteriores ao embarque. As tarifas do navio também são superiores pois o período de acostagem é significativamente superior aos de escala. Neste momento o terminal de cruzeiros com maior peso no turismo de cruzeiros bem como com as instalações mais sofisticadas e maiores do mundo é o terminal *turnaround* do porto de Miami, ver Figura 31.



Figura 31 - Terminal *turnarorund* de cruzeiros do Porto de Miami – Fonte: milesarrentalmiami.com

#### 4.2.4.2. Requisitos programáticos

##### a. Objetivos de projeto

Os objetivos principais a cumprir pela equipa projetista passam por estabelecer um plano de dimensionamento estratégico e de segurança de modo a criar um ambiente que protege não só os passageiros utilizadores dos cruzeiros como também as instalações do terminal.

##### b. Histórico de cruzeiros na zona (Itinerários ou rotas)

A localização geográfica do terminal poderá constituir uma âncora para o sistema de navegação da região, transformando-se num mercado emergente, atingindo picos de passageiros por hora elevados. Na análise efetuada numa fase prévia ao dimensionamento propriamente dito, é necessário ter em consideração o historial de itinerários ou rotas de cruzeiros que se verificam nas imediações da região. Isto permite conhecer e determinar uma previsão da afluência de cruzeiros ao terminal e presumir qual o pico de passageiros por hora que se verificará após a construção das instalações. Relativamente às principais rotas de cruzeiro mundiais destacam-se os seguintes grandes grupos, ver Figura 32:

- Transatlânticas;
- Caribbean/Bahamas;
- Alaska;
- Europa;
- Mediterrâneas;
- América do Sul;
- Havai;
- Austrália/Nova Zelândia;
- Ásia.

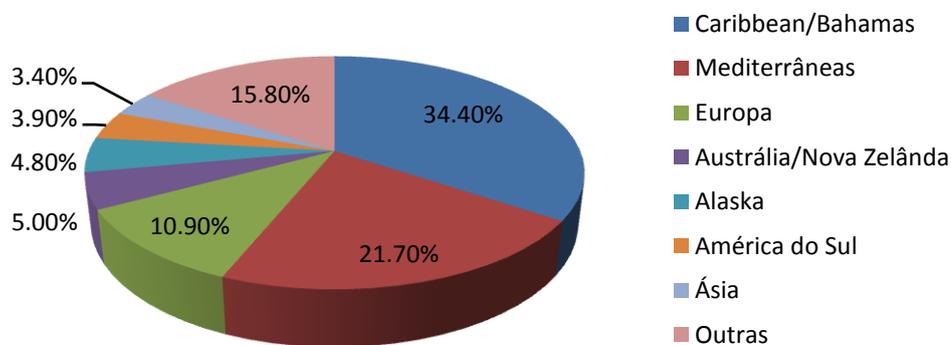


Figura 32 – Distribuição dos passageiros pelas principais rotas mundiais de cruzeiro – Fonte: CLIA, 2013

Após o conhecimento das rotas, a entidade gerente do porto ou terminal de cruzeiros, deverá estabelecer contactos com as linhas de cruzeiros, de modo que o terminal a construir possa fazer parte do grupo de escalas dos itinerários dos navios. Para Portugal, a principal porta de acesso ao mundo dos cruzeiros são as rotas transatlânticas e as mediterrâneas, tendo em consideração o posicionamento geográfico do país.

c. Estratégias

Nos casos em que é prevista a construção de instalações de apoio aos passageiros, como no novo terminal de cruzeiros do Porto de Leixões, a inserção dos edifícios no contexto panorâmico do local obedece a certos requisitos arquitetónicos.

d. Parâmetros operacionais dos navios

A importância dos parâmetros operacionais dos navios é relevante para o dimensionamento, assim como as condições de proteção portuárias e do mercado em que o terminal está inserido. As dimensões características dos navios condicionam o dimensionamento das instalações de receção como o muro de cais, calado e condições de manobrabilidade. Após a definição do ano horizonte de projeto, há que efetuar uma previsão da evolução das dimensões dos navios com base nas tendências verificadas. Quanto às condições portuárias, visto se tratarem de navios de transporte de passageiros, as exigências no que diz respeito à estabilidade e movimentações depois do momento de acostagem tornam-se por vezes variáveis impeditivas do desenvolvimento do projeto. No entanto, existem diversos portos que oferecem condições excelentes para o trânsito deste tipo de navios, possuindo elementos de proteção da agitação marítima mais reforçados, nomeadamente através dos quebramares ou até constituem portos naturalmente protegidos.

e. Viabilidade económica

Os custos de investimento na construção de um terminal de cruzeiros são extremamente elevados, por isso antes de qualquer início de projeto ou atividade de construção, é recomendável efetuar um estudo de viabilidade económica, preparado com base no horizonte de projeto definido. Este estudo transmite ao programa de desenvolvimento de projeto confiança, previsões das necessidades e impulsos de mercado.

As projeções das taxas de transferência de passageiros são fornecidas como uma ordem de grandeza ou indicador superficial do potencial de passageiros, tendo o objetivo de determinar os requisitos de segurança e instalações apropriadas. Estas projeções são estimativas futuras com base na evolução das dimensões dos navios baseadas em pareceres profissionais ou estimativas subjetivas, não se restringindo só às projeções económicas.

f. Estabelecimento da linha de cruzeiros

As linhas de cruzeiros têm sempre expectativas adicionais na busca de novos itinerários e portos de escala, que no caso da construção de novos terminais podem constituir pontos fortes para o estabelecimento de ligações. Assim podem destacar-se os seguintes:

- Pacotes financeiros que façam sentido na linha no itinerário já existente;
- Um local onde a linha de cruzeiros é procurada e bem-vinda;
- Estabilidade nos acordos com a entidade gerente do terminal de cruzeiros;
- Uma atmosfera onde todas as partes intervenientes trabalham em conjunto de modo a atingir objetivos;
- Forte compromisso entre o porto e a comunidade para trabalhar em conjunto.

#### 4.2.4.3. Elementos do terminal

Os projetistas dos terminais de cruzeiros precisam de prestar atenção a diversas tendências visto que as mesmas têm um impacto significativo nos elementos do terminal a dimensionar, tais como (ver Figura 33):

- i. Tipos e números de pontes de embarque/desembarque (passadiços);
- ii. Área limite dos passadiços ou área de acessibilidade;
- iii. Zona intermodal;
- iv. Área alfandegária;
- v. Área de movimentação de bagagens.

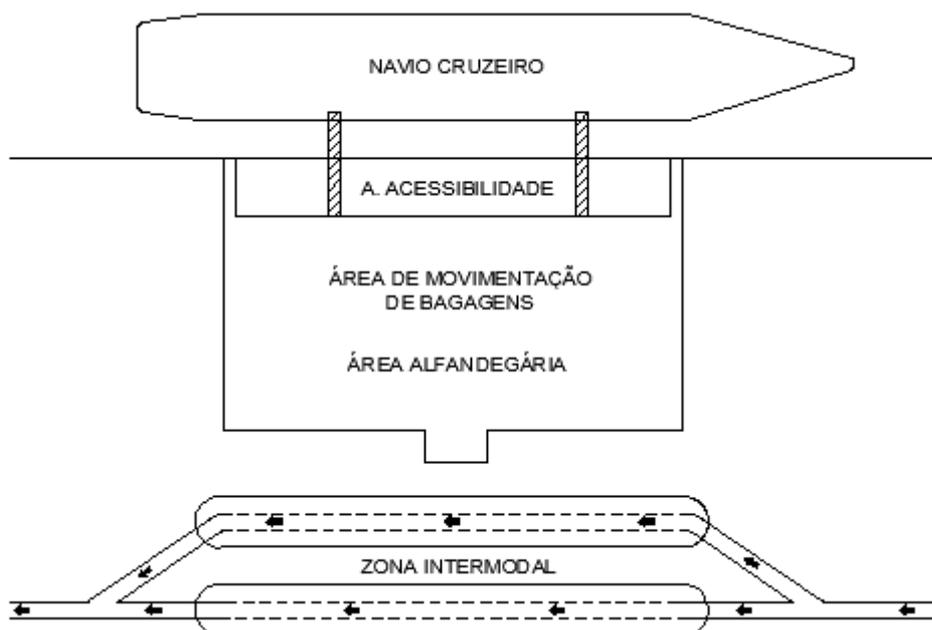


Figura 33 - Representação da localização dos diferentes elementos a dimensionar no terminal – Fonte: Tewes, 2012

### 4.3. OPERAÇÕES E PROCESSOS LOGÍSTICOS

#### 4.3.1. ANÁLISE E OPERAÇÕES NOS TERMINAIS DE CONTENTORES

Os terminais de contentores têm uma função de conexão intermodal, fornecendo uma conexão entre o transporte marítimo e o transporte terrestre (Mohseni, 2012). À semelhança dos restantes terminais, os de contentores são um sistema complexo de funções que só se tornam eficientes quando o layout é projetado de modo a que as operações no terminal ocorram com altos níveis de produtividade. Assim, são identificadas pelo menos três áreas operacionais (Böse, 2011):

- Área de *apron* – área operacional entre o muro de cais e o terraplino de armazenamento;
- Terraplino de armazenamento – espaço destinado à deposição dos contentores por um determinado período de tempo;
- Área terrestre de instalações – área que engloba o portão, parque de estacionamento, escritórios e oficinas de manutenção dos equipamentos.

Após identificadas as principais áreas operacionais, podem ser determinadas as funções e operações que se desenvolvem neste tipo de terminal estando relacionadas com a área operacional que pertencem. Assim destacam-se as seguintes operações (Böse, 2011):

- a. Carga e descarga de contentores de/e para navios – a movimentação de contentores no cais e na zona terrestre assume-se como um dos centros de logística nos terminais deste tipo. Relativamente ao processo de descarga, após a chegada e conseqüente atracação de um navio, o descarregamento é efetuado por meio dos guindastes de cais segundo o plano de descarga. Por outro lado, o processo de carregamento ocorre em geral após o processo anterior estar completo, ou seja, quando os guindastes terminam a descarga, procedem ao carregamento do navio segundo também, um plano de carga;
- b. Armazenamento de contentores – a área de terrapleno funciona como um espaço destinado ao armazenamento temporário em que os contentores importados e exportados permanecem por um determinado período de tempo, aguardando a sua transferência. É impossível a perfeita equivalência entre a zona terrestre e o transporte marítimo, daí ser necessário implementar o terrapleno, de modo que o sistema se torne menos vulnerável a perturbações. O tipo e a escolha do sistema de equipamentos para a movimentação nesta zona serão abordados mais à frente;
- c. Verificação das informações dos contentores – com o elevado fluxo de contentores nos terminais e os diversos destinos de transferência, é necessário verificar as informações de cada de modo que possam chegar ao destino de forma segura. Com os avanços tecnológicos, foi possível fazer com que as informações da carga transportada esteja já disponível no terminal antes da chegada do navio, permitindo aumentar a eficiência do terminal e melhorar a qualidade de movimentação;
- d. Verificação e registo de danos – devido às rotas longas e complexas dos navios, bem como o envolvimento de várias entidades, a carga transportada pode sofrer danos. Visto isto, é efetuada uma inspeção da carga de maneira a verificar ou não a existência de danos, tanto no local de entrada como no de saída, possibilitando determinar assim a entidade responsável;
- e. Verificação do conteúdo transportado – apesar dos contentores em regra não serem abertos entre a origem e o destino, com o aumento do fluxo global, alguns contentores são selecionados aleatoriamente com base em determinados métodos para uma vistoria. Geralmente é efetuada uma inspeção através de Raios-X, e no caso de a verificação de um conteúdo suspeito de violar regras, o contentor é aberto para uma inspeção física;
- f. Prestação de serviços de apoio – num terminal de contentores, existem sempre serviços adicionais a efetuar, tais como limpezas, reparações e manutenção dos equipamentos ou até serviços administrativos. Normalmente este grupo de operações fica situado e desenvolve-se nos edifícios e instalações terrestres.

O projeto e dimensionamento de um terminal de contentores começam com a previsão e determinação dos fluxos de contentores verificados nas operações acima explicitadas (Mohseni, 2012). As previsões são sempre acompanhadas de erro associável uma vez que os mercados são dinâmicos e pelo facto de os valores reais serem por vezes de elevada dificuldade de atingir. Visto que os contentores possuem diferentes dimensões, para a gestão das operações é necessário conhecer os valores dos fluxos em unidade TEU. É então em algumas situações calculado um fator de unidade, que visa definir a divisão entre os contentores com 40ft e 20ft, ou seja:

$$f_u = \frac{N_{20} + 2N_{40}}{N_{Tot}} \quad (4.1)$$

Onde:

- $N_{20}$  – Número de contentores com 20ft de comprimento [UN];
- $N_{40}$  – Número de contentores com 40ft de comprimento [UN];
- $N_{Tot}$  – Soma dos contentores [UN].

Os fluxos que se verificam nos terminais são comumente apelidados de taxas de transferência, dividindo-se nas taxas do cais, empilhamento e na taxa terrestre, sendo geralmente expressas sob a forma de TEU/ano. A taxa de transferência do cais é definida como a quantidade de contentores, considerando a carga/descarga no muro de cais, assumindo um papel crucial no dimensionamento do comprimento de cais, número de guindastes e o tipo de transporte horizontal. Quanto à taxa de transferência de empilhamento diz respeito à soma do número de visitas TEU's de todos os fluxos que atravessam o terraplano de armazenamento, sendo frequentemente utilizada para o cálculo e determinação da área necessário para o terraplano e o tipo de equipamentos de movimentação. Por último a taxa de transferência terrestre é a soma de todas a unidades de contentores que se move através de vias de trânsito terrestre, como estradas e vias férreas, sendo necessária para o cálculo da capacidade de circulação de tráfego nas imediações do terminal.

#### 4.3.2. OPERAÇÕES EM TERMINAIS DE GRANÉIS

Nos terminais de granéis os processos logísticos assumem um papel extremamente relevante, pois há uma maior diversificação ao nível de tipologias de cargas e mercadorias que se encontram dispostas na área de armazenagem. Na Figura 34 é apresentado um esquema síntese das operações nos terminais de granéis.

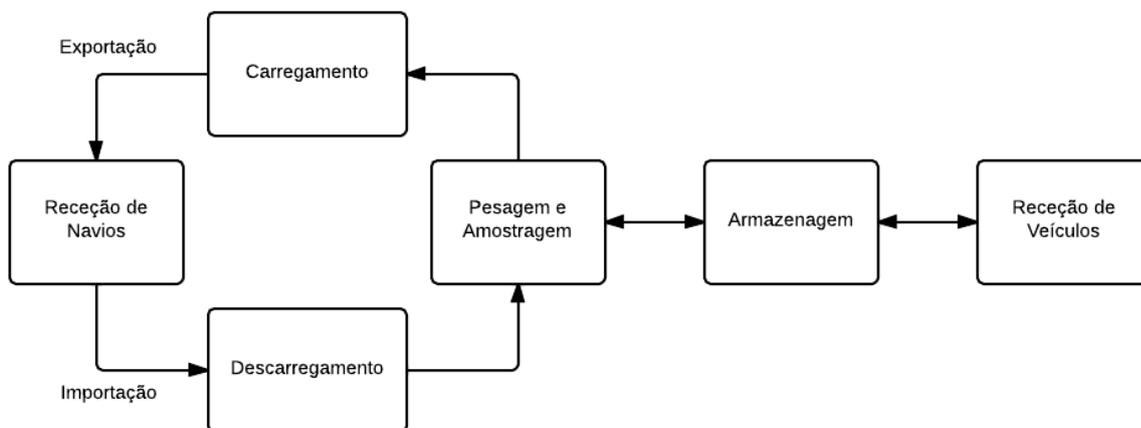


Figura 34 – Síntese das operações nos terminais de granéis

As mercadorias que se destinam à exportação, ou seja, que chegam ao porto por acessos terrestres, normalmente por vias férreas ou veículos pesados, necessitam de ser descarregadas. Existem quatro formas de executar tal operação (UNCTAD, 1985):

- Descarga de fundo;
- Tombamento rotativo;
- Tombamento de extremidade;
- Descarga pneumática.

Os métodos acima referenciados podem ser aplicados aos veículos pesados ou aos veículos sob carris, contudo os tombamentos e a descarga de fundo são mais frequentes em camiões não sendo necessário qualquer dispositivo auxiliar ao contrário das descargas pneumáticas. Ressalve-se que por vezes o descarregamento das mercadorias não é possível de executar em áreas próximas ao terrapleno de armazenagem, logo é essencial existir alguns transportadores intermédios. Esta movimentação designa-se por transporte horizontal, normalmente efetuado por transportadores rolantes ou em correia. O mesmo se aplica quando existe o descarregamento do navio graneleiro e a localização da armazenagem das mercadorias se situa a uma distância considerável do cais.

Ainda nos terminais de exportação, o carregamento dos navios é a operação de movimentação de mercadorias crítica. Visto isto há que ter especial atenção na previsão e dimensionamento do número e tipo de equipamentos carregadores de modo a não condicionar as operações. Por vezes a capacidade de carregamento é afetada por outras partes da instalação, como os transportadores ou reclaimers, rondando normalmente os 1 000 a 7 000 t/h (UNCTAD, 1985).

Já nos terminais de importação, a operação característica denomina-se como descarregamento de mercadorias. À semelhança do carregamento, os equipamentos que executam esta tarefa, necessitam de ser cautelosamente dimensionados e escolhidos de modo a introduzir a capacidade de movimentação desejada.

Normalmente, por motivos de pagamento e efeitos de documentação, as mercadorias carregadas ou descarregadas são pesadas. Os níveis de precisão na pesagem dependem fundamentalmente do tipo de equipamento utilizado e do material movimentado, sendo o método mais comum, a pesagem continua enquanto as mercadorias são transportadas(UNCTAD, 1985). A operação amostragem, é por vezes requerida de modo a provar ao comprador do produto que as mercadorias se encontram de acordo com as especificações. O processo de recolha, obedece a certos parâmetros como um valor mínimo de amostras, o rigor e procedimentos utilizados.

#### 4.3.3.MOVIMENTAÇÃO DOS PASSAGEIROS NO TERMINAL DE CRUZEIROS

A principal movimentação dentro das instalações de um terminal de cruzeiros é a circulação dos passageiros e bagagens. Na Figura 35 é apresentado um fluxograma que visa representar as principais operações.

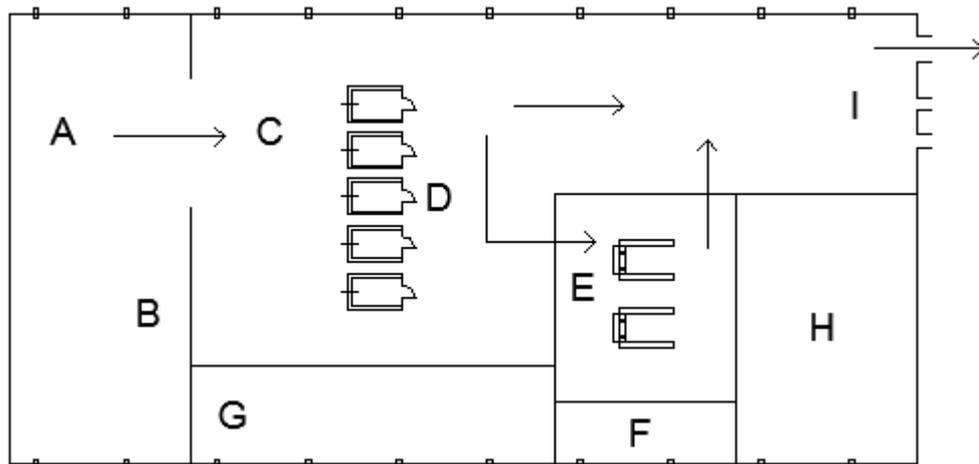


Figura 35 - Fluxograma das operações nas instalações de um terminal

É de destacar o seguinte zonamento:

- A. Os passageiros recolhem ou colocam a sua bagagem na área de movimentação;
- B. Preenchimento de formulários no caso de check-in;
- C. Na zona de inspeção os passageiros organizam-se segundo filas para posterior fiscalização de bagagens. As dimensões deste espaço devem permitir que a operação decorra com organização e rigor, impedindo a aglomeração exagerada de passageiros.
- D. Realização da inspeção por oficiais de fiscalização;
- E. No caso de ser identificada uma irregularidade os passageiros proprietários da bagagem são movidos para uma área de inspeção secundária que fica resguardada para uma posterior análise;
- F. Procedimentos de verificação na área secundária de inspeção;
- G. Estação de controlo visual através de filmagem da área de movimentação de bagagens.
- H. Localização dos serviços de apoio, escritórios, administração e armazenamento;
- I. Circulação de passageiros entre a zona intermodal e as instalações do terminal.

#### 4.4.EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS

##### 4.4.1. MOVIMENTAÇÃO DE CONTENTORES

O processo de movimentação pode ser dividido de acordo com as áreas operacionais definidas anteriormente. Em função da área e operação a efetuar, é adotado um equipamento para o estabelecimento da ligação no processo de movimentação. De seguida serão abordados os equipamentos existentes em função da área de competência e explicitadas algumas das suas características técnicas, como é o caso de rendimentos bem como vantagens e desvantagens da sua aplicabilidade. Na Figura 36 são apresentadas as deferentes áreas de competência dos equipamentos.

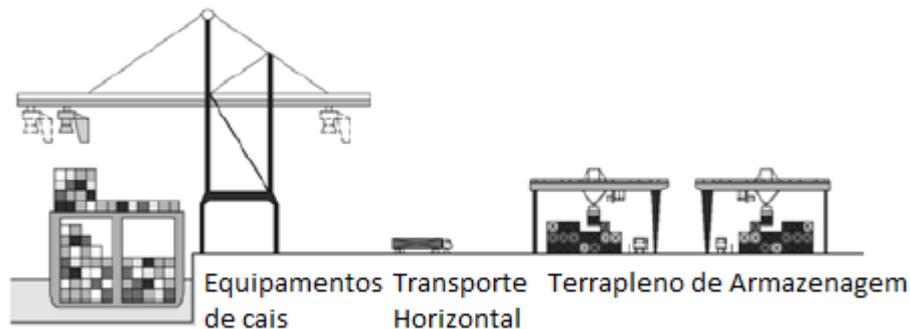


Figura 36 – Diferentes áreas de competência dos equipamentos – Fonte: AdaptadoBose, 2011

##### 4.4.1.1. Equipamentos de cais

Após a acostagem de um navio porta-contentor, os equipamentos de cais são os dispositivos responsáveis pelo carregamento e descarregamento dos contentores. Por vezes denominados por gruas navio-costa, os equipamentos de cais têm uma tarefa fulcral e o seu desempenho é essencial para as operações nos terminais bem organizados (Kemme, 2013). Atualmente existem vários tipos de guindastes, com diferentes tamanhos, capacidade de movimentação, conceção logística entre outros atributos, a operar nos terminais de contentores espalhados pelo mundo. Contudo, destacam-se três tipos – (a) Guindaste pórtico, (b) Guindaste móvel e (c) Guindaste de grande extensão.

### a. Guindaste pórtico

Atualmente, os terminais modernos são equipados com esta tipologia de guindaste, a qual oferece maior produtividade, o que significa que a movimentação dos contentores é efetuada a uma maior velocidade. Para a carga/descarga dos contentores, são necessários três componentes de movimentos, contemplado por três dispositivos – *portal*, *trolley* e *spreader* (ver Figura 37).



Figura 37 – Equipamento de cais guindaste pórtico – Fonte: portuguese.alibaba.com

Assim o equipamento é montado sobre uma linha férrea ou carris (*portal*), que lhe confere mobilidade ao longo do muro de cais, no entanto os guindastes no terminal não podem passar uns pelos outros, ou seja, a sua ordem de posição no muro de cais não pode ser alterada. Outro dos dispositivos do guindaste é o *trolley*, consistindo no elemento responsável pela transferência dos contentores entre o navio e a costa, circulando ao longo da viga do pórtico. Geralmente os guindastes são apenas equipados com um único *trolley*, contudo por vezes, são implementados dois *trolley*'s, permitindo que as distâncias do transporte horizontal sejam diminuídas. Por último, os *spreaders* são o dispositivo que visa a fixação do contentor.

Esta tipologia de guindaste permite adaptar-se com maior facilidade ao aumento das dimensões dos navios porta-contentores, estando a indústria a proceder continuamente ao aumento da produtividade dos equipamentos de maneira que as operações efetuadas decorram sem problemas.

Relativamente ao desempenho dos guindastes pórtico, pode-se dizer que depende de diversos parâmetros, tais como a velocidade de elevação/descida do contentor no *spreader*, a velocidade de deslizamento do *trolley* e não esquecendo que comumente este tipo de guindaste é manuseado por intermédio de um operário, ou seja, existe um índice de rendimento associado. Porém, a velocidade de deslize do *trolley* pode variar entre 45m/min (Panamax) e 240m/min (Super-PostPanamax) sendo o desempenho técnico normalmente verificado cerca de 50-60 contentores/h (ver Quadro 1, Anexo-A2).

Quanto às vantagens de desvantagens da aplicabilidade deste equipamento, ressaltam como pontos benéficos a alta taxa de movimentação implementada e o espaço limitado entre guindastes, no entanto é necessário um elevado investimento e custos de manutenção e a flexibilidade nos movimentos está condicionada pelo carril.

### b. Guindaste Móvel

Outra tipologia apresentada é o guindaste móvel, equipado com rodas, sendo muito mais flexível ao nível de deslocamentos comparativamente com o guindaste pórtico, visível na Figura 38. Esta flexibilidade permite a oferta de soluções práticas mais diversificadas de acordo com as necessidades verificadas no terminal. Embora a produtividade dos guindastes móveis seja bastante inferior à constatada no tipo

pórtico, existem algumas características próprias do mesmo que fazem com que seja uma alternativa barata, por exemplo, quando se pretende uma capacidade de elevação de grandes massas. Segundo empresas vendedoras do equipamento, o rendimento técnico situa-se entre os 25-28 contentores/h e as capacidades de elevação entre as 40 e 208 t(ver Quadro 2, Anexo-A2).



Figura 38 – Equipamento de cais guindaste móvel – Fonte: Gottwald

Ainda no que diz respeito a algumas características, os guindastes móveis possuem um enorme alcance devido à sua capacidade de rotação. Isto permite-lhe colocar os contentores em determinados pontos do terrapleno, fazendo com que se verifique uma redução do número de equipamentos de transporte horizontal necessários. Agregado ao baixo custo de investimento e a grande flexibilidade de deslocação, estão constituídos os pontos fortes da aplicação deste equipamento.

c. Guindaste de grande extensão

Existem terminais de contentores de pequenas e médias dimensões em que o espaço disponível para armazenamento no terrapleno é limitado ou reduzido. Os guindastes de grande extensão são parecidos com os guindastes pórtico contudo têm a capacidade de aumentar a capacidade de armazenamento, aumentando a densidade dos contentores no terrapleno, representado na Figura 39. Estes equipamentos são mais amplos comparativamente com os restantes e permitem empilhar os contentores sob um intervalo de guindaste. A aplicação deste tipo de equipamento num cais de um terminal elimina o transporte horizontal entre o muro de cais e o terrapleno, permitindo uma disposição mais compacta.



Figura 39 – Equipamento de cais guindaste de grande extensão – Fonte: tesindus.nl

Uma consequência da eliminação do transporte horizontal é um tempo de ciclo menor, aumentando os níveis de produtividade, constituindo assim um dos pontos fortes. No que diz respeito ao desempenho técnico do equipamento, a sua capacidade de elevação poderá atingir as 40 t, sendo que a capacidade de movimentação pode atingir os 100 000 TEU/ano(ver Quadro 3, Anexo-A2).

#### 4.4.1.2. Transporte horizontal

Os veículos usados para o transporte horizontal entre as estruturas de cais e a área de armazenamento em terminais de contentores são consideravelmente diversificados, selecionados obviamente face às necessidades da taxa de transferência no terminal.

No transporte horizontal os equipamentos podem ser classificados segundo duas classes distintas: veículos passivos e ativos. Enquanto que os equipamentos que pertencem à classe passiva não estão habilitados à elevação dos contentores por intermédio deles próprios, os ativos estão equipados com dispositivos que permitem a elevação. Portanto os veículos passivos necessitam do auxílio de outro equipamento presente no terminal para o seu carregamento e descarregamento, normalmente os guindastes de cais nas áreas próximas do cais e os equipamentos no terrapleno na área de armazenamento assumem essa função (Kemme, 2013).

No entanto, podem ser identificadas quatro diferentes tipologias de veículos que são usados com diferentes características em quase todos os terminais – (a) Automated-guidedvehicle, (b) Truck-trailer unit, (c) Multi-trailersystem e (d) Straddlecarrier (Vis and de Koster, 2003).

##### a. Automated-guidedvehicle (AGV)

Os AGV's são equipamentos que pertencem ao grupo dos passivos e o seu funcionamento consiste num transporte robótico efetuado por veículos que são automaticamente guiados por trajetos predefinidos, Figura 40. A rede de vias de trânsito dos AGV's é definida por fios elétricos no pavimento fazendo com que o seu posicionamento seja assegurado com precisão. Contudo, com o objetivo de assegurar níveis de segurança aceitáveis, na frente e a traseira do equipamento estão implementados sensores de infravermelhos que detetam a proximidade de um obstáculo. A rede é também composta por vários segmentos que no caso de necessidade de desvio por obstrução, funcionam como alternativa à circulação do veículo (Saanen, 2010).



Figura 40 – Equipamento de transporte horizontal AGV – Fonte: bildarchiv-hamburg.de

Quanto ao seu desempenho técnico, os AGV's estão habilitados para o carregamento de contentores de 20ft, 40ft e 45ft, com uma capacidade de suporte de massa de cerca de 60 toneladas (ver Quadro 4, Anexo-A2). Este tipo de veículo era frequentemente utilizado em armazéns nos tempos precedentes à sua introdução em grande escala nas operações dos terminais de contentores. A sua aplicação permitiu a obtenção de baixos custos laborais devido à ausência de operadores e simultaneamente um alta capacidade de taxa de movimentação. Todavia, ainda apresenta um alto custo de investimento e manutenção e uma complexidade no sistema funcional.

b. Truck-trailer unit

Outro dos equipamentos passivos é o TTU, constituído por um veículo trator e trailer, apenas com capacidade de 2 TEU's de carga máxima por cada trator, ver Figura 41. Comparativamente com os restantes equipamentos de transporte horizontal, os TTU's são o grupo que apresenta uma maior flexibilidade no deslocamento e simplicidade logística, pois os locais de carga e descarga podem ser planeados de acordo com as necessidades. Por vezes são também frequentemente utilizados para aumentar a capacidade de outros sistemas já implementados, com custo de investimento reduzidos bem como o custo laboral. Relativamente ao desempenho técnico, os veículos podem atingir os 35 km/h de velocidade com um máximo de 2 TEU's de carga como já foi especificado anteriormente.



Figura 41 – Equipamentos de transporte horizontal TTU's – Fonte: conductix.com

c. Multi-trailersystem

O último tipo de equipamento apresentado, pertencente também à classe passiva, é o MTS representado na Figura 42. O seu funcionamento é bastante similar aos dos TTU's, é constituído por um trator no entanto o número de *trailer's* pode atingir as 5 ou 6 unidades ([www.kalmarglobal.com](http://www.kalmarglobal.com)). Assim a capacidade de transporte é aumentada em função do número de *trailer's* rebocados e consequentemente a produtividade é maior.



Figura 42 – Equipamento de transporte horizontal MTS – Fonte: portcalls.com

d. Straddlecarrier

Quanto aos equipamentos da classe ativa, ou seja, que possuem a capacidade de elevação dos contentores incorporada, o SC constitui o veículo mais popular no transporte ativo sendo conduzido por ação humana, representado na Figura 43. No que diz respeito aos elementos que integram o equipamento são nomeadamente um quadro metálico reforçado, uma cabine de operação, um *spreader* telescópico e um cabo ligado a um motor de tração. Geralmente estes veículos movimentam-se segundo as filas de contentores podendo elevar qualquer tipologia de contentores que esteja disposto segundo pilhas (Kemme, 2013). Devido às suas capacidades de empilhamento, os SC's podem

também ser retratados como equipamentos de área de armazenagem, não estando sujeito a limites de ação, tendo acesso a todas as áreas de terrapleno.



Figura 43 – Equipamento de transporte horizontal straddlecarrier – Fonte: internado.nl

Estes equipamentos podem elevar contentores até um máximo de 3 a 4 unidades de altura o que significa que podem mover até 2 ou 3 contentores simultaneamente, empilhando os mesmos segundo linhas separadas por faixas suficientemente largas para a circulação das rodas. A velocidade máxima de operação pode atingir cerca de 20 km/h (ver Quadro 5, Anexo-A2). Os pontos fortes da sua aplicabilidade são a alta capacidade de movimentação instalada e a possibilidade da utilização de uma única tipologia de equipamento em todo o terminal. Ressalve-se que estão implicados altos custos de investimento e manutenção, são requeridos operadores qualificados e consiste num veículo complexo.

#### 4.4.1.3. Terrapleno de armazenagem

Para um projeto e operacionalidade com sucesso num terminal de contentores é lançado um desafio com o objetivo de diminuir os custos de operação enquanto simultaneamente a qualidade do serviço e a eficiência das operações são aumentadas. Nesta área ao contrário das restantes, é selecionado um tipo de sistema de operações assente num conjunto de equipamentos que combinados atingem os índices de rendimento e operacionalidade desejados. A escolha correta do sistema de operações é um fator chave para o êxito operacional desta área. Os tipos de sistema normalmente adotados são os seguintes: (a) Sistema Reachstacker com TTU's, (b) Sistema StraddleCarrier, (c) Sistema Rubber-TyredGantryCrane com TTU's, (d) Sistema Rail-MountedGantryCrane.

##### a. Sistema *Reachstacker* com TTU's

O princípio de funcionamento deste sistema passa por combinar as unidades *reachstacker* com as TTU's. As últimas fazem a ligação entre a zona de cais, mais especificamente a área de *apron*, e a área de armazenagem. Os equipamentos *reachstacker* são responsáveis pelo empilhamento dos contentores segundo a disposição pretendida. Tradicionalmente os projetistas preveem o uso desta tipologia de sistema de operações em terminais de pequena e média dimensão pois estes equipamentos apresentam uma considerável flexibilidade e desinibem a possibilidade de possuir uma altura de pilha elevada, aumentando assim a densidade no armazenamento.

As vantagens da utilização deste sistema são o baixo custo de investimento e também o reduzido custo associado à operacionalidade. No entanto, são exigidos dois tipos de equipamentos diferentes, um para o transporte e outro para o empilhamento, bem como altos rendimentos de manuseamento por parte dos operadores, visto não se tratar de um sistema automático e ao número elevado de unidades envolvidas nas operações.

b. Sistema *StraddleCarrier*

Neste sistema os *straddlecarrier* transportam os contentores desde a área de *apron* até ao terrapleno de armazenagem, ou seja, são responsáveis pelo transporte horizontal e também desempenham a função de empilhamento. Assim estes equipamentos são independentes de qualquer outro, estando habilitados para desenvolver qualquer operação de movimentação. Este sistema ao contrário do anterior é indicado para terminais de média e grande dimensão, existindo alguma facilidade na possível alteração se necessária do lay-out do terminal.

A capacidade dos *straddlecarrier's* efetuarem o transporte horizontal e vertical, constitui a principal vantagem da aplicabilidade deste sistema, eliminando o tempo de espera para a troca dos contentores entre equipamentos. Outros dos benefícios é o impacto reduzido na operacionalidade do terminal no caso de rotura de um dos equipamentos e a flexibilidade do sistema em alterações. Comparativamente com o sistema anterior, os custos agregados ao investimento, manutenção e operação são consideravelmente superiores. Sendo também requerida uma área superior para o terrapleno devido à menor densidade de armazenagem.

c. Sistema *Rubber-TyredGantryCrane(RTG)com TTU's*

Esta tipologia de sistema baseia-se na combinação do equipamento *RTG* com *TTU's*, sendo representada na Figura 44. As unidades *TTU* transportam os contentores desde a zona de cais até ao terrapleno de armazenagem, no qual, os equipamentos *RTG* efetuam o empilhamento segundo longos blocos.

Os equipamentos *RTG* podem empilhar até 8 contentores de largura mais a faixa de rodagem e até mais de 4 a 7 contentores de altura, apresentando uma capacidade de elevação de 40 t (ver Quadro 6, Anexo-A2)A utilização deste tipo de equipamento influenciará a disposição do lay-out do terrapleno, sendo que a fim de reduzir as distâncias de viagem a movimentação do equipamento dar-se-á paralela ao cais.



Figura 44 – Equipamentos *RTG's* – Fonte: [liebherr.com](http://liebherr.com) e [konecranes.com](http://konecranes.com)

As sobrecargas suportadas pelo pavimento resultantes da circulação deste equipamento são elevadas, sendo requeridas determinadas características mecânicas nomeadamente de resistência do pavimento do terrapleno. A aplicação deste tipo de sistema apresenta custos médios comparativamente com os outros dois tipos já apresentados. Os requisitos de área de armazenagem são também menores devido à elevada capacidade de empilhamento. Contudo o facto de serem necessários dois tipos diferentes de equipamentos no processo de movimentação poderá aumentar o tempo final da operação.

#### d. Sistema Rail-Mounted Gantry Crane (RMG)

Constitui um sistema muito semelhante ao anterior no entanto o equipamento assenta sob carris e o transporte horizontal poderá ser efetuado por *TTU's* (blocos paralelos ao cais) ou *AGV's* (blocos perpendiculares ao cais). Relativamente aos *RMG's*, possuem uma capacidade de elevação de 50 toneladas, com empilhamentos de 3 a 5 contentores, podendo empilhar até 12 contentores de largura (ver Quadro 6, Anexo-A2).

Este sistema apresenta uma alta produtividade e custos de trabalho reduzidos resultantes do automatismo existente. Por sua vez, é um sistema mais rígido, mais difícil de sofrer alterações, apresentando custos de investimento elevados.

#### 4.4.2. MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS

##### 4.4.2.1. Tipos de carregadores de navios

Existem vários equipamentos disponíveis para o carregamento de navios, sendo que a sua aplicabilidade depende do tipo de mercadoria e do tipo de muro de cais. Quando se tratam de grandes volumes de minerais, os carregadores radiais e lineares são comumente utilizados.

O carregador radial consiste numa lança articulada que pode rodar até aproximadamente um ângulo de 90° sobre um ponto fixo, ver Figura 45. Na lança é suportado um transportador que se estende até ao navio, servindo como uma extensão variável de comprimento, a partir do qual é movimentada a mercadoria, podendo existir se necessário um funil. Desta forma, o equipamento cobre um segmento circular do navio.



Figura 45 – Equipamento carregador do tipo radial – Fonte: news.thomasnet.com

Quanto ao carregador do tipo linear, combina o movimento de translação com o de rotação, consistindo assim num refinamento da conceção radial. Neste tipo de carregador, o suporte de extremidade frontal move-se no sentido paralelo ao navio, enquanto que o transportador move-se na direção longitudinal relativamente ao ponto fixo. Geralmente a construção deste equipamento é mais simples e menos dispendiosa, ressalvando-se que a área do navio coberta pelo alcance do equipamento é aumentada.

Estes dois tipos de carregadores são os mais adequados para cais localizados em zonas mais expostas, não havendo necessidade de existir contacto direto entre o dispositivo de carregamento e o navio, já que o material a granel cai nos últimos metros da lança para o porão do navio. Assim, podem ainda ser tolerados alguns movimentos do navio graneleiro sem que haja interrupção da operação de carregamento.

Para instalações pequenas, o ponto de carregamento fixo é a forma de realizar a operação mais utilizada, traduzindo-se num baixo custo de execução e procedimentos simplificados. No entanto, o cais deverá ser mais longo que o normal de modo a permitir a movimentação do navio por forma a carregar todas as unidades isoladas no porão do navio. Este modelo funciona sem problemas em navios com poucos compartimentos, ou seja, quando não são necessárias demasiadas movimentações, em taxas de transferência baixas e na ausência de condições atmosféricas vigorosas que possam causar descolamentos nos navios (Agerschouet *al*, 1983).

Em mercadorias do tipo grãos, como os cereais, normalmente armazenados em silos, é comum usar-se outra técnica de carregamento. Esta técnica consiste em transportar o material para um ponto de cota elevada ao longo do lado do navio, carregando os compartimentos do porão por uma serie de calhas, ver Figura 46. Uma correia transportadora está disposta ao longo do cais, sendo que um dispositivo direciona o material até às calhas ligeiramente inclinadas. Atualmente, esta técnica foi alvo de alguns ajustes, nomeadamente a aplicação de um pórtico que tem por objetivo espalhar o material no porão, com calhas ajustáveis. Assim, é mais fácil a adaptabilidade aos tamanhos dos navios e o controlo das emissões de poeiras aquando a operação de carregamento.



Figura 46 – Instalações de exportação de grãos – Fonte: VentspilsGrain Terminal

Um método por vezes utilizado para transportar ou deslocar os materiais para locais próximos do equipamento de carregamento é a utilização de veículos como bulldozers (ver Figura 47) ou scrapers que arrastam as mercadorias para o local desejado. Esta situação é frequentemente verificada quando os materiais estão armazenados em armazéns.



Figura 47 – Equipamento de arraste de materiais – Fonte: Colourbox

#### 4.4.2.2. Tipos de descarregadores de navios

Normalmente é mais difícil descarregar as mercadorias dos porões dos navios comparativamente com o carregamento das mesmas. Portanto, de maneira a existir uma adequação aos vários desafios que se geram, existe uma maior variedade de equipamentos de descarga.

Nas operações de descarga o contacto entre o navio e o equipamento que efetua a operação é quase inevitável, portanto, são necessárias condições de estabilidade mais exigentes, de modo a manter uma posição própria entre o dispositivo de descarga e a pilha da mercadoria no porão do navio(UNCTAD, 1985).

Os tipos de dispositivos de descarga mais utilizados são:

- Gruas de garras – removem grande parte do material;
- Dispositivos mecânicos – os mais usados sãoos chainbuckets, bucketwheelse os elevadores-balde;
- Sistemas pneumáticos.

A grua de garras é o dispositivo mais comum utilizado na descarga de materiais a granel e mesmo com o passar dos anos o princípio de funcionamento deste equipamento não sofreu grandes alterações, ver Figura 48. A função desta grua é movimentar os materiais que se encontram dentro do porão do navio graneleiro, para uma área próxima do cais, assistindo assim os transportadores que posteriormente deslocam as mercadorias para a área de armazenagem. As mercadorias principalmente movimentadas por este tipo de equipamento são os minerais ou minérios, o carvão, a bauxite e o fosfato.

O rendimento de movimentação destas guas é na ordem das centenas de toneladas por hora dependendo o mesmo de vários fatores tais como a aceleração e velocidade do balde da grua, das distâncias verticais e horizontais a percorrer, a forma do porão do navio e a habilidade do operador. Normalmente a fadiga do operador limita o número de ciclos a 60 por hora. A forma de aumentar o rendimento do equipamento passa por colocar dois operadores que vão alternando os turnos de trabalho ou aumentar a capacidade de transporte da grua, o que provocará uma maior solicitação no equipamento.



Figura 48 – Carregamento através de grua de garras – Fonte: Shoreham-port

Os dispositivos mecânicos são normalmente utilizados em terminais de granéis de alta capacidade, onde frequentemente existem receções de navios. Os chainbuckets (ver Figura 49) apresentam geralmente um rendimento de 150 t/h, constituindo uma unidade independente funcionando segundo o princípio da massa (UNCTAD, 1985).

A cadeia de transporte é realizada por dentro de um invólucro retangular e o movimento contínuo dos baldes transporta o material do porão do navio para uma localização pretendida. Este dispositivo adapta-se a planos inclinados bem como ao transporte horizontal das mercadorias.



Figura 49 – Chainbuckets – Fonte: Flsmidth

Outros dos equipamentos de cariz mecânico são os elevadores-balde, ver Figura 50. Estes dispositivos assumem um rendimento bastante superior ao dos baldes em cadeia, rondando as 1000-5000 t/h, superior, em certos casos ao das guias de garras. Contudo o consumo energético é bastante elevado, sendo que a sua utilização só se justificam elevadas taxas de movimentação.



Figura 50 – Bucketelevator – Fonte: Directindustry

Quanto aos sistemas pneumáticos representados Figura 51, são adequados para movimentar mercadorias que possuam baixo peso específico e viscosidade como é o caso dos grãos de cereais e cimento, apresentando rendimentos na ordem das 200-500 t/h.

Estes dispositivos englobam dois grupos, os equipamentos de vácuo ou de sucção e por último os de pressão. Dependendo das características da mercadoria a descarregar, cada tipo atrás apresentado tem vantagens e desvantagens em relação as restantes. Nos sistemas que funcionam por vácuo as perdas de material durante a operação de transporte são inexistentes, contudo o consumo de energia é elevado. Por vezes os produtos a movimentar são nocivos e têm efeitos na saúde do operador, portanto os dispositivos de pressão não são os mais adequados a aplicar no transporte destes materiais.



Figura 51 – Equipamento pneumático do tipo sucção – Fonte: Flsmidth

#### 4.4.2.3. Empilhadores e reclaimers

Os empilhadores são um equipamento que atua na área de armazenagem, especialmente nos terraplenos abertos. A sua principal função, como o nome indica, é dispor o material sob a forma de pilhas, sendo aplicável a vários tipos de mercadorias. Relativamente ao seu funcionamento, o material é transportado até ao equipamento segundo um canal, fazendo com que seja capaz de percorrer todo o comprimento da pilha sob um carril, tendo um raio de ação elevado. A sua capacidade de rendimento ou movimentação situa-se no intervalo pode ir até às 6 000 t/h(UNCTAD, 1985). Contudo é condicionado pela capacidade dos equipamentos carregadores ou descarregadores que se situam no cais. Por vezes devido à área de armazenagem possuir dimensões reduzidas, ou seja, área de trabalho bastante limitada, são aplicados os empilhadores-reclaimers representados na Figura 52, que possuem a dupla função de empilhar e recuperar o material das pilhas.



Figura 52 – Empilhador e empilhador-reclaimer em áreas de armazenagem – Fontes: Absoluteastronomy; Directindustry

Relativamente aos reclaimers propriamente ditos, a sua função consiste em recuperar e reajustar o material que se encontra espalhado na pilha, proporcionando uma economia de espaço. Existem alguns tipos de reclaimers, destacando-se os constituídos por pórticos e por pontes representados na Figura 53. Ao contrário dos empilhadores, os reclaimers têm um campo de ação mais reduzido, atuando só numa fila. Quando a estrutura do equipamento consiste num pórtico, o material é recolhido por meio de braços metálicos, reformulando a forma da pilha, já nas estruturas formadas por pontes, o equipamento arrasta o material espalhado possibilitando a aglomeração segundo a disposição

pretendida. Por vezes são necessários veículos auxiliares como bulldozers de modo a tornar acessíveis certas quantidades de materiais. Ambas as tipologias movem-se sob carris ao longo da fila, sendo que os rendimentos típicos deste equipamento variam entre as 1 000 e 3 000 t/h.



Figura 53 – Reclaimer em ponte e pórtico – Fontes: Bernard S. Jansen; Directindustry

#### 4.4.3. MOVIMENTAÇÃO DE CARGA ROLL-ON/ROLL-OFF

Para algumas operações de transferência de cargas, é necessário a utilização de um veículo trator. Este equipamento terá a função de rebocar certos tipos de carga de modo que vençam os declives da rampa a certas velocidades, bem como auxiliar a circulação de cargas mais pesadas nas conexões das rampas.

Para desempenhar funções nas operações no interior do navio, são implementados alguns elevadores elétricos, sendo que os declives das rampas interiores podem reduzir o seu rendimento e normalmente estão limitados a 1:10.

### 4.5. ESTRUTURAS DE ACOSTAGEM NOS TERMINAIS

#### 4.5.1. CONFIGURAÇÃO FÍSICA

As estruturas de acostagem nos terminais têm como objetivo primordial proporcionar aos navios condições adequadas e seguras durante a sua permanência no porto de modo que a execução das operações e atividades portuárias (carga e descarga de mercadorias e transbordo de passageiros), se possam desenvolver em circunstâncias apropriadas.

As principais tipologias das estruturas de acostagem são as seguintes (ver Figura 54):

- Cais – são estruturas de acostagem rígidas que formam uma linha de acostagem contínua, excedendo normalmente o comprimento do navio, com uma ligação à terra total ou parcial criando um terraplano;
- Docas – podem consistir em estruturas rígidas ou flutuantes, formando linhas de acostagem contínuas ou descontínuas, possível de atracação de ambos os lados não criando um terraplano associado;
- Plataforma – esta tipologia é utilizada como ponto de atracação e amarração auxiliando as manobras de acostagem. Podem por vezes pertencer à estrutura das docas e soluções mistas, bem como constituir plataformas não acostáveis;
- Campos de boias – as boias são estruturas flutuantes cuja possibilidade de movimentação está limitada pela fixação ao fundo marítimo. Normalmente aplicadas na carga e descarga

de mercadorias em granel líquido pois estão conectadas a terra sob a forma de conduções submarinas;

- Soluções mistas – são constituídas por uma combinação de todas as outras tipologias.

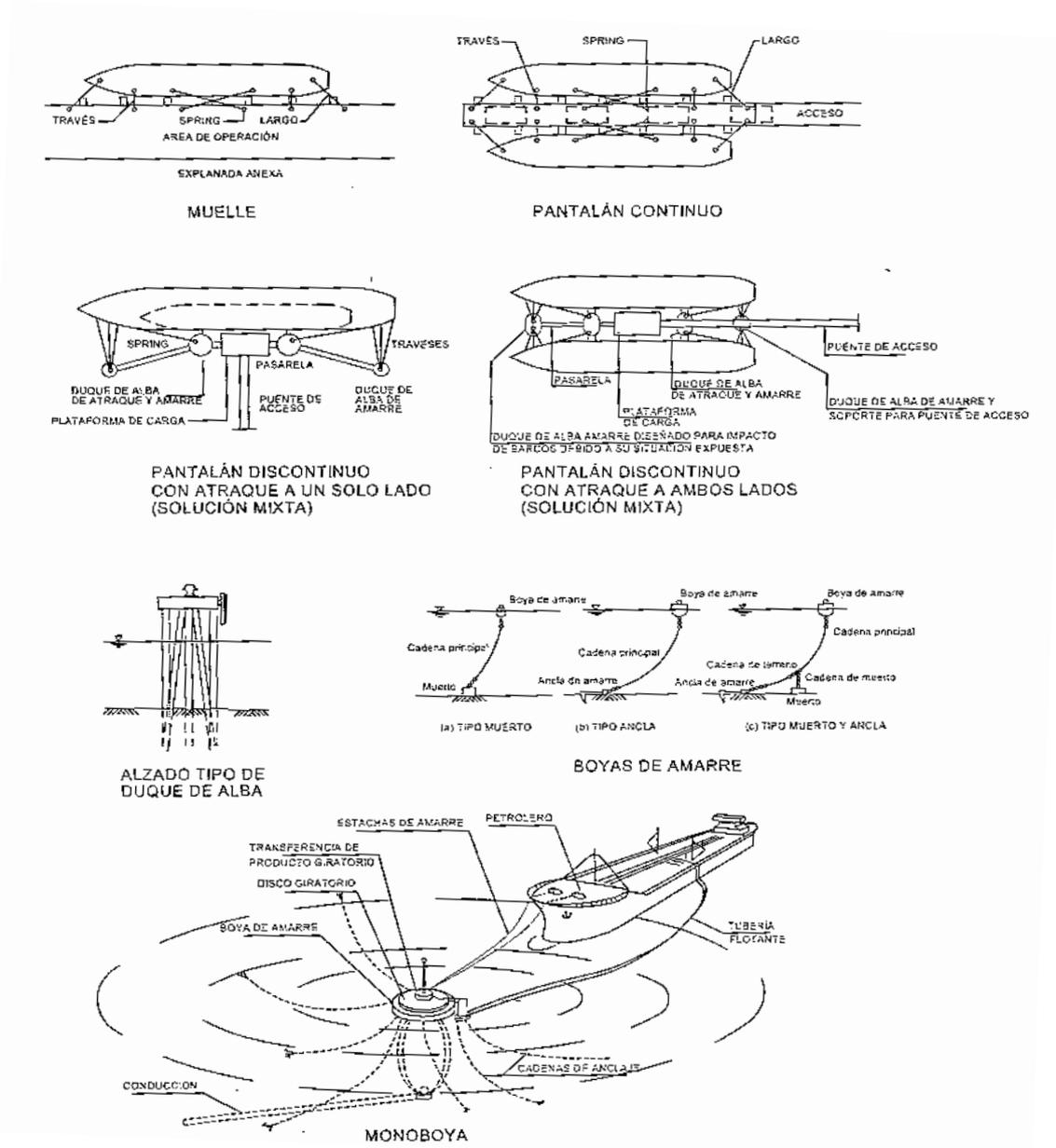


Figura 54 – Principais tipologias das estruturas de acostagem – Fonte: EROM 02, 2006

#### 4.5.2. CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DA CONFIGURAÇÃO FÍSICA DA ESTRUTURA DE ACOSTAGEM

Na escolha da configuração física da estrutura de acostagem que se adapta melhor à situação em estudo são geralmente seguidos certos critérios que dependem principalmente do volume e do tipo de tráfego de mercadorias a movimentar pelo terminal, bem como alguns requisitos operativos:

- Dimensões principais e frequência de receção dos navios;

- Carência de superfícies e instalações para a carga e descarga de mercadorias sob a estrutura de acostagem;
- Necessidade de áreas de armazenamento próximas da estrutura de acostagem com instalações de transporte entre os espaços;
- Conexão com o transporte terrestre.

A seleção entre as diferentes configurações que cumprem os requisitos operacionais para uma determinada situação será baseada em critérios de otimização económica, tendo em consideração os custos de construção e manutenção, não deixando de parte custos associados a possíveis remodelações. A tipologia selecionada deverá ser aquela que traduz um menor custo de global por cada unidade de mercadoria movimentada (EROM 02, 2006).

O cais é uma configuração que se adapta a todas as situações possíveis dada a sua flexibilidade operativo, no entanto, possui um custo de construção elevado comparativamente com as outras soluções.

#### 4.5.3. RECOMENDAÇÕES PARA A ESCOLHA DA ESTRUTURA EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES TERMINAIS

Para os terminais estudados na tese são apresentadas de seguida algumas recomendações para a escolha do tipo de configuração da estrutura de acostagem (EROM 02, 2006):

- i. Terminal de contentores – a configuração da estrutura mais conveniente é o cais pois é necessário que as operações de (des)carga de contentores se desenvolvam ao longo de todo o comprimento do navio, existindo sempre uma disponibilidade adjacente de ligação da linha de acostagem ao transporte para as áreas de armazenamento;
- ii. Terminal de granéis sólidos – a movimentação das mercadorias nos períodos de (des)carga efetua-se através de aberturas no convés dos navios graneleiros sendo importante, independentemente do sistema de manipulação, que a linha de acostagem seja contínua e maior que o comprimento do navio. Quando existem instalações especiais a configuração mais adequada é a doca contínua, no caso de soluções sem instalações especiais poderá optar-se por a tipologia cais;
- iii. Terminal roll-on/rol/off – após a acostagem dos navios ro/ro as operações de (des)carga realizam-se através de meios rolantes próprios da mercadoria ou auxiliados em pontos perfeitamente definidos no navio. Isto pressupõe a utilização de rampas que podem ser fixas ou não que não obrigam que a linha de acostagem esteja completamente ligada à área de estacionamento. Logo mediante as situações poderá ser utilizada uma doca descontínua ou um cais;
- iv. Terminal de cruzeiros – os navios utilizadores destes terminais transporta unicamente passageiros, realizando-se operações de (des)embarque através das portas situadas ao longo do navio. Assim a tipologia mais indicada será a doca contínua.

Tendo em conta o anteriormente descrito, as recomendações para a escolha da estrutura de acostagem mais adequada em função do terminal em questão, podem ser sintetizadas no Quadro 11.

Quadro 11 – Quadro síntese das recomendações para a seleção da configuração física da estrutura de acostagem

Tipo de mercadoria		Sistema de movimentação	Configuração
Contentores		Sistemas descontínuos com elevação	Cais
Granéis Líquidos	Produtos perigosos	Bombeamento (Pipe-line)	Campo de boias
	Produtos inócuos	Bombeamento	Doca descontínua
Granéis Sólidos	Com instalação especial	Sistemas contínuos	Doca (des)contínua
	Sem instalação especial	Sistemas descontínuos	Cais
Roll-on/rol-off		Meios rolantes	Doca descontínua
		Meios rolantes com elevação	Cais
Passageiros		-	Doca contínua

#### 4.5.4. CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DA TIPOLOGIA ESTRUTURAL

Para a seleção da tipologia estrutural mais adequada deverão ser analisadas as vantagens e inconvenientes de cada tipo em função das condicionantes locais. Normalmente as condicionantes a analisar dizem respeito ao uso e exploração, geotécnicas, morfológicas, climáticas, construtivas e uso de materiais e por último requisitos sísmicos.

##### 4.5.4.1. Influência da cota dos fundos rochosos

As soluções implementadas nas estruturas de acostagem/amarração são caracterizadas por estruturas robustas, pois a solicitações sobre as mesmas são de enorme grandeza. Existem dois grandes tipos de estruturas, as gravíticas (caixões, aduelas e blocos) e as recorrentes às estacas. As primeiras enumeradas exercem grandes esforços sobre a fundação, necessitando uma grande capacidade de carga e que a posição dos fundos rochosos se situe a cotas superiores. Já as soluções que recorrem a estacas são estruturas mais leves e aplicam-se quando os fundos se encontram a profundidades elevadas.

A constituição e disposição dos solos de fundação varia consoante a localização geográfica como até mesmo no local da obra, logo, antes de selecionar o tipo de solução da estrutura é muito importante efetuar estudos geológicos e geotécnicos de modo a conhecer as características geotécnicas dos solos de fundação.

Quanto às soluções alternativas que se aplicam quando os fundos rochosos estão a profundidades elevadas, nem todas são exequíveis em certas condições geotécnicas, (ver Anexo-A3):

- O estilo dinamarquês e a estrutura constituída por estacas cilíndricas, normalmente aplicam-se quando as cotas dos fundos rochosos são muito baixas, enquanto que no caso de a solução ser composta por estacas secantes de betão as cotas situam-se mais próximas da superfície;

- Relativamente à cortina de estacas pranchas ancoradas qualquer que seja a localização dos fundos rochosos, o seu uso é sempre possível, sendo frequentemente usado com níveis freáticos próximos na superfície;
- As paredes de betão moldadas no solo podem executar-se tanto a profundidades elevadas como reduzidas, contudo, se os solos forem de fraca qualidade, nomeadamente soltos e pouco resistentes, existirá muita dificuldade em efetuar a betonagem pois não há consistência das paredes.

No Anexo-A3, são apresentadas as soluções estruturais mais comuns para os elementos de acostagem dos navios.

#### 4.5.4.2. Influência na adjudicação da empreitada

Os equipamentos são uma parcela muito importante tanto no orçamento da empreitada como na planificação dos trabalhos e a sua utilização varia com o tipo de solução construtiva a implementar. O facto de a empresa construtora possuir e ter disponíveis a maquinaria necessária a aplicar na obra constitui uma vantagem na adjudicação da empreitada pois permite ter orçamentos mais baixos devido a não ter de recorrer ao aluguer.

Relativamente a questões mais específicas e técnicas, e como foi dito anteriormente o tipo de solução condiciona os equipamentos a empregar, a título exemplificativo, no caso de a solução passar pela impregnação de estacas é exigido o uso de maquinaria de perfuração e cravação, podendo ser pesada ou não dependendo das características dos solos. Por outro lado verificando-se uma solução em paredes moldadas, é requerido equipamento de betonagem “in situ”, e conseqüentemente transporte.

Como é possível perceber a influência, é passível dizer que determinadas soluções alternativas, em concurso, terão maior probabilidade de serem implementadas sob o facto das empresas concorrentes deterem o apetrechamento necessário à sua realização.

#### 4.5.4.3. Influência da amplitude da maré no projeto da estrutura

A amplitude da maré é função das forças gravitacionais entre a terra e a lua, conseqüentemente existem zonas no planeta onde se verificam maiores variações do nível das águas do mar (ver Figura 55). As situações de preia-mar e baixa-mar são preponderantes para obtenção das combinações de ações mais desfavoráveis, no caso da amplitude ser reduzida, não existe uma diferença tão acentuada entre as duas situações descritas anteriormente, simplificando assim os cálculos a efetuar.

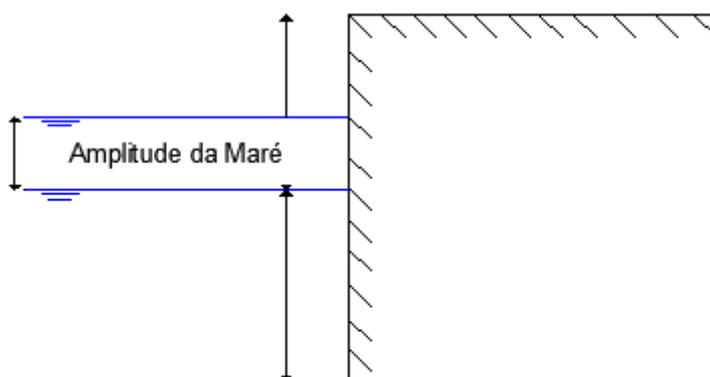


Figura 55 – Influência da amplitude da maré no dimensionamento da estrutura

#### 4.5.4.4. Influência dos fenômenos da ressonância e reflexão da ondulação

No interior das instalações portuárias, existe em certos casos a ocorrência de fenômenos de ressonância e reflexão da ondulação. Nas bacias portuárias, em resultado da amplificação por ressonância da energia das ondas incidentes há a criação de ondas de longo período em geral estacionárias que se designam por “calemas”. Estes fenômenos ondulatórios que se estabelecem em espaços de água confinados são normalmente causados pela perturbação devido a uma força oscilatória proveniente da ação do vento ou ondulação provocada pela movimentação de navios. No entanto, a agitação é frequentemente originada devida à refração, difração e reflexão da ondulação do exterior da bacia portuária.

Assim, é necessário adaptar as estruturas de acostagem a estas condições de modo que a incidência e ocorrência destes fenômenos oscilatórios não sejam tão pronunciadas. A solução passa por provocar perdas de energia na ondulação, implementando soluções com aberturas no muro vertical.



## 5

## METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO DE TERMINAIS

### 5.1. TERMINAL DE CONTENTORES

Durante um projeto de um novo terminal de contentores ou até mesmo em expansões de alguns já existentes, os projetistas deparam-se com inúmeras situações que exigem uma abordagem criteriosa. As mesmas compreendem decisões específicas relativamente ao lay-out do terminal e à escolha dos equipamentos de movimentação dos contentores. Estas decisões têm de ser ultrapassadas tendo em consideração a exequibilidade técnica, viabilidade económica e a performance operacional pretendida.

	Conexão <i>Hinterland</i>	Armazenagem	Transporte Horizontal	Navio-Costa
Projeto do Terminal	Tipo de Conexão	Tipo de Equipamento	Tipo de Veículo	Tipo de Guindaste
	Número de Equipamentos	Número de Equipamentos empilhadores	Número de Veículos	Número de Guindastes
		Dimensões do Terraplano	Dimensão da Área de Transporte	Comprimento de Cais

Figura 56 – Problemas de decisão no projeto de terminal de contentores – Fonte: Springer, 2011

Observando a Figura 56, constata-se que as características dos equipamentos, como o tipo e o número, assumem um papel fundamental. Devido à variedade de parâmetros, complexidades e decisões, a conceção de um terminal de contentores é um processo bastante demorado.

Nos tópicos seguintes, a fim de encontrar procedimentos de uma forma padronizada e de fácil utilização para o projeto de um terminal de contentores, são apresentadas duas abordagens de ferramentas de dimensionamento. A primeira tem por base uma análise elaborada a terminais já existentes, com uma amostra que tem por objetivo traduzir a globalidade mundial, estabelecendo relações segundo métricas de avaliação de capacidade. Já na segunda abordagem, são apresentadas algumas expressões e rácios para o dimensionamento do lay-out de um terminal.

### 5.1.1. RELAÇÕES BASEADAS EM MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE

Durante a elaboração de estudos sobre desenvolvimentos ou projetos de terminais, existem alguns desafios a ultrapassar, nomeadamente a dificuldade em medir a capacidade do terminal ou porto, bem como a medição da utilização e produtividade. As métricas de avaliação são índices que permitem relacionar as características físicas dos terminais, podendo-se assim quantificar a variação da capacidade em função da profundidade, do comprimento do cais e das áreas de terraplano.

As medições relativas ao grau de utilização e produtividades passam a ser também possíveis, percebendo-se as variações consoante a densidade de carga e horas de funcionamento.

As características das infraestruturas e as medidas operacionais são acessíveis, são dados divulgados publicamente, contudo, as medidas relativas à quantidade de trabalho e finanças, por vezes não são. Mediante os dados passíveis de recolha, é possível então estabelecer as relações ou métricas portuárias referentes à área utilizável, ao uso das gruas, ao uso do cais e ao balanço geral, como se pode verificar no Quadro 12.

Quadro 12 – Condições de acessibilidade a dados e métricas portuárias disponíveis – Fonte: Adaptado Tioga, 2012

Acessibilidade de Dados Portuários	Métricas Portuárias Disponíveis	
<b>Sempre</b>	<b>Área Utilizável</b>	
Profundidade do Cais/Canal	Cap. TEU/Área Bruta	A. Bruta/A. Líq. de Terraplano
Comprimento de Cais	Vagas TEU/Área de Terraplano	Rácio Líquido/Bruto
Cais	Vagas TEU/Área Bruta	Grau de Utilização
Tipo de Gruas	Cap. TEU/Vagas	Movimentos/Contentor
Área Bruta do Porto	Cap. TEU/Área Terraplano	Tempo Médio de Armazenamento
Cap. TEU do Porto	<b>Uso das Gruas</b>	
Cap. TEU médio dos Navios	Número de Gruas	Média/Máx. Movimentos por h
Receção de Navios	Cap. TEU/N. de Gruas	Cap. TEU/Grua Disponível por h
<b>Por vezes</b>	Receção de Navio/N. de Gruas	Cap. TEU/Grua Ocupada por h
Movimentos Médios da Grua/h	Utilização de Grua	Cap. TEU/Trabalhador
Áreas de Terraplenos (Acre)	<b>Uso de Cais</b>	
Vagas de TEU's	Número de Cais	Máx. DWT dos Navios
Estimados	Comprimentos de Cais	Cap. TEU/Cap. TEU dos Navios
Cap. TEU Máximo dos Navios	Calado/Cap. TEU	TEU Navios/TEU Máx. Navios
<b>Confidenciais</b>	Cap. TEU/Comp. do Cais	Utilização de Cais – TEU
Custos	Navios/Cais	Utilização de Cais – Navios
Trabalhadores	<b>Balanço Geral</b>	
Tempo de Viagem de um Navio	N. Gruas/Comp. do Cais	Área Útil/Cais
Preços	Área Bruta/Cais	Preço/TEU
Tempo Médio de Armazenagem	A. Terraplano/Comp. do Cais	Trabalhador/TEU
Tempo de Trabalho das Gruas	A. Terraplano/N. Grua	Trabalhador/Navio

Quanto à capacidade propriamente dita, deve existir um equilíbrio entre a capacidade do cais e a capacidade de armazenamento nos terraplenos, como é representado na Figura 57 (Merckx, 2011). Os fatores que afetam diretamente a capacidade do cais são as dimensões e o tipo dos navios, o tempo de operação das gruas, condicionado pelo seu número e o comprimento do cais. A área disponível em terra afeta a capacidade de armazenagem, as possibilidades de empilhamento e o tempo de armazenagem.

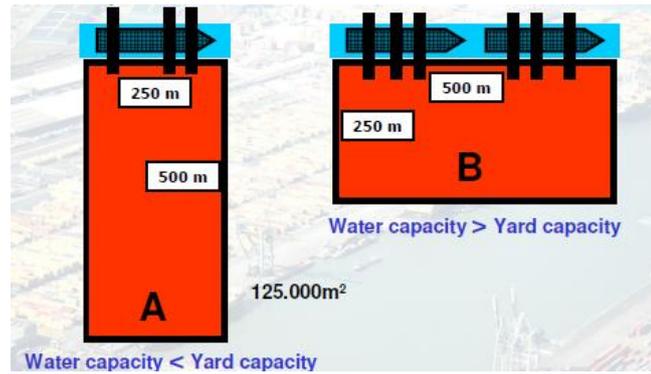


Figura 57 – Possibilidades de posicionamento dos terraplenos – Fonte: PSA, 2011

No âmbito desta dissertação foi elaborado um estudo, abrangendo 13 portos espalhados pelo mundo, totalizando cerca de 35 terminais de contentores, de modo que fosse possível traçar algumas relações baseadas nas métricas apresentadas no Quadro 12. Os terminais analisados têm como objetivo representar uma amostra a nível mundial encontrando-se uma lista no Quadro 1 do Anexo-A4 com uma breve descrição dos mesmos.

#### 5.1.1.1. Área utilizável

No grupo das métricas relativas à área utilizável foram selecionadas o grau de utilização dos terminais nos portos analisados (Figura 58) e a relação entre a área do terrapleno e a capacidade de movimentação instalada no terminal (Figura 59).

O grau de utilização corresponde ao rácio entre a capacidade de movimentação anual de contentores instalada efetivamente, e o número de movimentações anual. Na Figura 58, são apresentados os graus de utilização, permitindo assim perceber o estado do uso das instalações dos terminais e a necessidade de possíveis expansões.

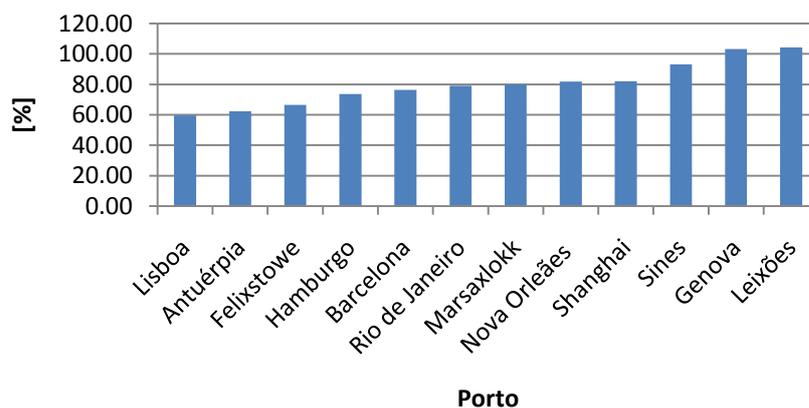


Figura 58 – Graus de utilização dos terminais dos portos analisados

Por normas os limites baseados em bibliografia sugerem um grau de utilização máximo de 80% (Smith, 2012), para a constituição de uma capacidade sustentável. Observando a Figura 58 acima representada verifica-se que alguns dos terminais nos portos analisados já se situam acima do limite, nomeadamente os portos de Sines, Génova e Leixões. Daí serem em parte fundamentadas algumas das expansões anunciadas pelas organizações nacionais, especialmente nos terminais de contentores do porto de Leixões.

A capacidade de armazenamento depende fundamentalmente da área do terraplino disponível e da densidade de armazenamento, ou seja, com valores de densidade reduzidos, existe um aumento da capacidade de manuseio e um custo operacional reduzido. Contudo, os projetistas tendem a aumentar a densidade de maneira que o aumento de volume seja acomodado. Através dos dados recolhidos na amostra, foi possível estabelecer uma relação entre a área do terraplino de armazenagem e a capacidade de movimentação de contentores anual instalada nos terminais.

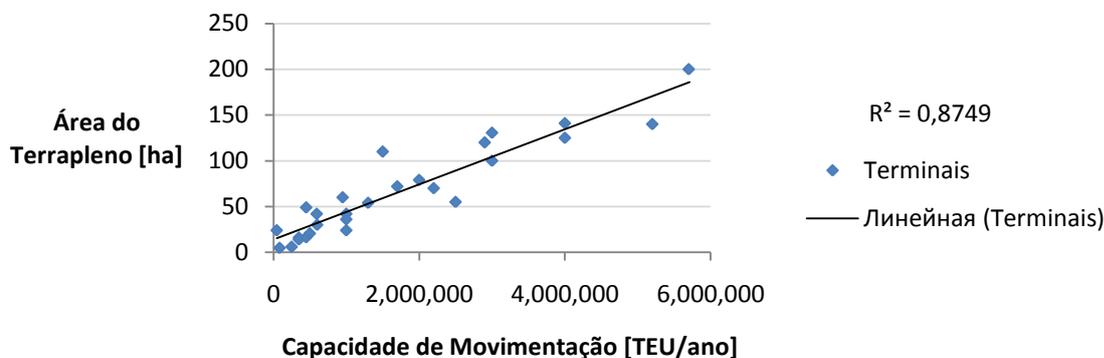


Figura 59 – Relação métrica entre área de terraplino e a capacidade de movimentação de contentores do terminal

Atentando à Figura 59 percebe-se que os dados da amostra apresentam uma gama alargada, existindo um terminal que atinge os 6 MTEU/ano, com uma área de terraplino de 200 ha. Aplicando uma regressão linear, foi possível chegar a uma expressão que traduz a variação da área do terraplino em função da capacidade que se pretende instalar no terminal:

$$A_{\text{Terraplino}} = 3 \times 10^{-5} C_{\text{Movimentação}} + 13,909 \quad (5.1)$$

Onde:

- $A_{\text{Terraplino}}$  – Área do terraplino do terminal de contentores [ha];
- $C_{\text{Movimentação}}$  – Capacidade de movimentação do terminal [TEU/ano].

No entanto, é de realçar que mesmo que a capacidade seja maioritariamente dependente da área do terraplino, é possível aumentá-la sem recorrer ao aumento do espaço. A diminuição do tempo de permanência dos contentores e a instalação de uma maior altura de empilhamento, são fatores que permitem aumentar a capacidade de movimentação de contentores num terminal.

#### 5.1.1.2. Uso das gruas

As gruas ou guindastes instalados no terminal, mais propriamente na zona do cais, são elementos cruciais no que diz respeito à implementação de capacidade de carga/descarga dos navios. Um mau dimensionamento ou errada previsão da quantidade de equipamentos requeridos, poderá resultar numa incapacidade de manuseamento e consequentemente, em operações demoradas e diminuição da produtividade.

No que toca ao uso das gruas, os terminais dos portos analisados foram estudados quanto à relação existente entre o número de pórticos de cais e a capacidade de movimentação anual instalada (Figura 60) e a relação entre o número de receções de navios e o número de pórticos em cada terminal (Figura 61).

No número de equipamentos de cais, foram apenas contabilizados os guindastes (normalmente do tipo pórtico) que se situam na zona do cais cuja função é carregar ou descarregar os navios porta-contentores, apresentando-se na Figura seguinte a primeira análise efetuada.

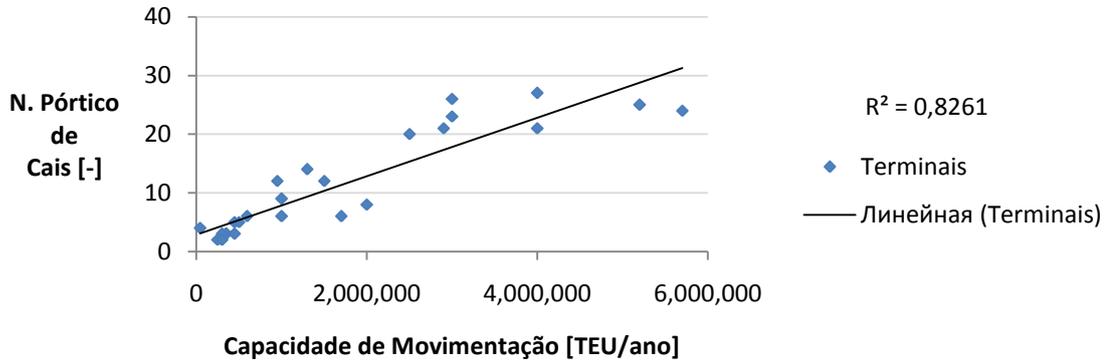


Figura 60 – Relação métrica entre o número de pórticos de cais e a capacidade de movimentação de contentores do terminal

De acordo com a Figura 60, é perceptível que existe uma relação direta entre o número de pórticos de cais e a capacidade do terminal, no entanto, um número elevado de guindastes instalados pode não pressupor uma capacidade de movimentação igualmente elevada. Isto é, devido aos diferentes rendimentos dos equipamentos, condicionados pela sua dimensão e operacionalidade. A expressão linear que exprime a relação métrica é a seguinte:

$$N_{Pórticos} = 5 \times 10^{-6} C_{Movimentação} + 2,8732 \quad (5.2)$$

Onde:

- $N_{Pórticos}$  – Número de pórticos de cais [UN];
- $C_{Movimentação}$  – Capacidade de movimentação do terminal [TEU/ano].

Relativamente à segunda relação estudada, por motivos de dificuldade de acesso a dados da receção dos navios por cada terminal, a análise cingiu-se apenas à globalidade de cada porto, ou seja, foi somado o número de pórticos de cada terminal no caso de um porto possuir mais que um terminal de contentores. Visto isto, o número de pontos disponíveis para elaborar a dispersão diminui significativamente, fazendo com que reduza a qualidade da amostra. Porém, atendendo à Figura 61, pode-se verificar que o valor da correlação é razoável.

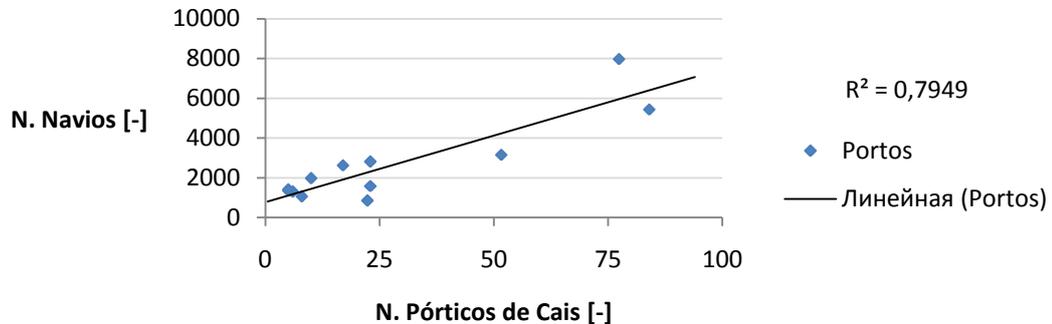


Figura 61–Relação métrica entre o número de receções de navios porta-contentores e o número de pórticos de cais do porto

O volume de navios porta-contentores rececionados por um porto é condicionado pela capacidade dos equipamentos do cais, mais especificamente na carga e descarga dos contentores. Assim, com a análise realizada foi possível compreender a sua relação com os equipamentos efetivamente instalados.

A regressão que mais se aproximou da dispersão de pontos à semelhança das anteriores foi a linear, obtendo-se a seguinte expressão:

$$N_{Navios} = 67N_{Pórticos} + 767 \quad (5.3)$$

Onde:

- $N_{Navios}$  – Número de navios rececionados anualmente [UN];
- $N_{Pórticos}$  – Número de pórticos na zona do cais [UN].

### 5.1.1.3. Uso do Cais

Normalmente, dependendo da capacidade do terminal, são rececionadas dezenas de navios porta-contentores por semana, sendo o cais a zona do terminal que faz a conexão entre os navios e o lado terrestre do terminal. Há sem dúvida duas grandes questões ao nível de dimensões que têm uma elevada influência na capacidade de acostagem do cais, a profundidade de água disponível, que condiciona a receção de navios com um determinado calado e o comprimento do cais, que dita o número de navios que podem estar acostados simultaneamente.

Na Figura 62 é apresentada a análise da relação entre o calado e a capacidade dos terminais estudados. A profundidade deve ser determinada tendo em consideração a comparação entre os custos da dragagem e manutenção e os benefícios ao nível de possibilidade de receção de navios com maiores dimensões e conseqüentemente aumento da capacidade. Para uma investigação realista da otimização pretendida, é necessário possuir previsões da evolução do calado dos navios existentes. Após a recolha de dados da amostra, foi traçado um limite mínimo para o calado de projeto, representado na Figura 62 por uma linha a tracejado tangente aos pontos de valor mínimo, podendo servir de guia de pré-dimensionamento.

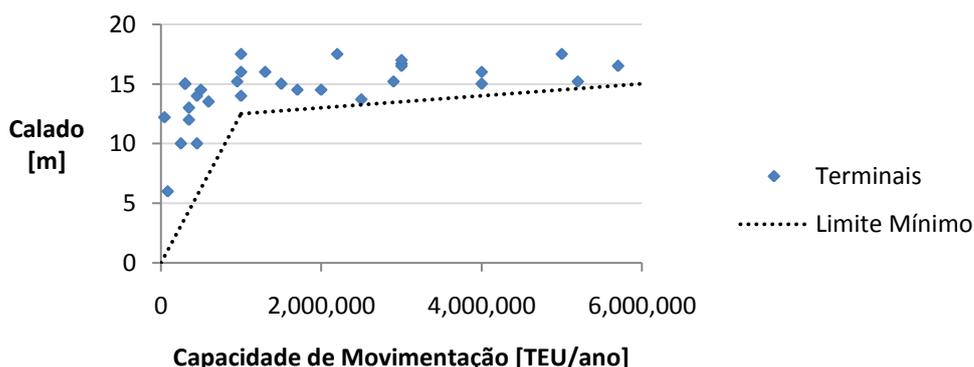


Figura 62 – Relação métrica entre o calado de projeto e a capacidade de movimentação de contentores dos terminais

A outra métrica estudada foi a relação entre o comprimento de cais e a capacidade do terminal, Figura 63. Nos terminais de contentores, os cais especializados podem atingir rendimentos entre 5 a 10 vezes superior comparativamente com os restantes cais (UNCTAD, 1985). O comprimento de cais deve ser dimensionado de modo que a sua ocupação seja a apropriada, proporcionando tempos de espera

aceitáveis e reduzidos. Visto que os custos de espera associados a navios porta-contentores são geralmente mais elevados, é reforçada a necessidade de reduzir os tempos. O comprimento total do cais é também dividido em espaços (Agerschouet al, 2004), formando diversos cais (exemplo – cais 1: 0-300 m; cais 2: 300-600 m, ...).

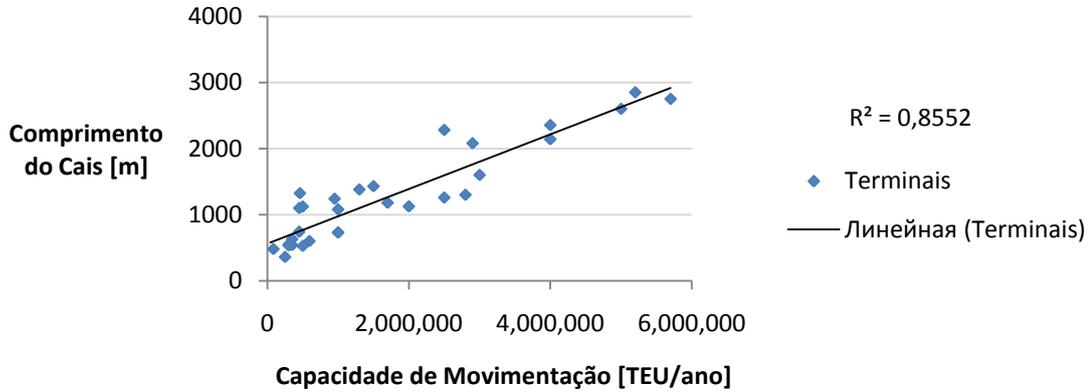


Figura 63 – Relação métrica entre o comprimento do cais e a capacidade de movimentação de contentores dos terminais

Na recolha de dados, nomeadamente na medição do comprimento de cais disponível foi considerado o total. A amostra de dados analisada apresenta uma gama alargada de comprimentos, variando entre os 400 e os 2900 m. O comprimento máximo verificado, cerca de 2900 m, corresponde a uma capacidade de movimentação de 6 MTEU/ano. Habitualmente e de acordo com o que já foi explicitado anteriormente, as decisões tomadas na acostagem seguem o objetivo de minimizar o tempo de acostagem e maximizar a produtividade do terminal. Uma forma de executar fisicamente o pretendido é posicionar a área de armazenagem próxima da zona do cais, diminuindo o tempo do transporte horizontal, aumentando a produtividade do equipamento e fazendo com que o tempo que o navio está acostado diminua (Kemme, 2013).

Para o aumento da capacidade do cais as medidas a adotar sintetizam-se em três aspetos, otimização da agenda da receção dos navios, aumento do número de equipamentos de carga/descarga de navios no cais e aumento do comprimento de acostagem. Contudo, é notório que modificando uma destas variáveis, serão sentidas consequências noutros aspetos de dimensionamento. Com a análise efetuada aos terminais (Figura 63), após a aplicação de uma regressão linear, obteve-se uma expressão que relaciona o comprimento de acostagem com a capacidade de movimentação do terminal, sendo a mesma:

$$C_{Cais} = 0,0004C_{Movimentação} + 563,24 \quad (5.4)$$

Onde:

- $C_{Cais}$  – Comprimento do cais disponível [m];
- $C_{Movimentação}$  – Capacidade de movimentação do terminal [TEU/ano].

#### 5.1.1.4. Balanço geral

Neste tópico tendo em conta as métricas explicitadas no Quadro 12, serão abordadas as relações entre o número de pórticos de cais e o comprimento do mesmo, bem como a relação entre o comprimento do cais e a área do terraplano de armazenagem. Estas duas relações métricas são de elevada importância pois a primeira permite conhecer a necessidade de equipamentos em função do comprimento de cais pretendido. Na recolha de dados foram contabilizados apenas os equipamentos de cais, não sendo avaliado o seu rendimento operacional, o que faz com que a relação obtida sirva apenas como guia de

pré-dimensionamento. Na Figura 64 encontra-se representada a dispersão dos resultados obtidos após o estudo.

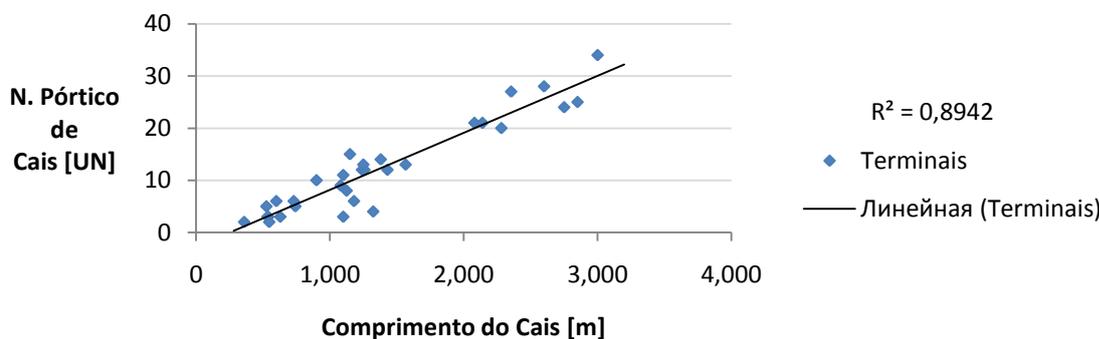


Figura 64 – Relação métrica entre o número de pórticos e o comprimento de cais dos terminais analisados

Após a acostagem dos navios, devem ser tomadas decisões quanto ao tipo de guindaste de cais que poderá ser utilizado para a carga e descarga dos contentores. Relativamente ao número de equipamentos necessários, pode-se dizer que existem dois fatores restritivos. Primeiramente, nem todos os guindastes podem ser guiados para cada zona individual do cais, devido ao facto de estarem condicionados ao carril férreo. Em segundo, os terminais de contentores são constantemente alvo de expansões, tanto ao nível de instalações de armazenamento como de condições de acessibilidade a navios de porte superior, com equipamentos de dimensões diversificadas, nos quais nem todos podem executar as operações em navios de dimensões superiores. Outro aspeto a acrescentar é a sequência de carga e descarga dos contentores, que tem influência nos processos logísticos do terminal. Através da análise elaborada obteve-se uma expressão que exprime a relação, sendo a seguinte:

$$N_{Pórticos} = 0,0109C_{Cais} - 2,7479 \tag{5.5}$$

Onde:

- $N_{Pórticos}$  – Número de pórticos na zona do cais [UN].
- $C_{Cais}$  – Comprimento do cais disponível [m].

Por sua vez a segunda relação estudada faz com que seja possível perceber a interação entre o terrapleno e o cais assim, ao nível da configuração da disposição do lay-out, é exequível conhecer para uma determinada área de terrapleno de armazenagem, qual o comprimento de cais correspondente. Ou seja, constitui uma solução para a resolução do problema enunciado na Figura 57, otimizando a capacidade do cais tendo em conta a capacidade do terrapleno, fazendo com que não exista um terrapleno demasiado extenso e custos elevados no transporte horizontal.

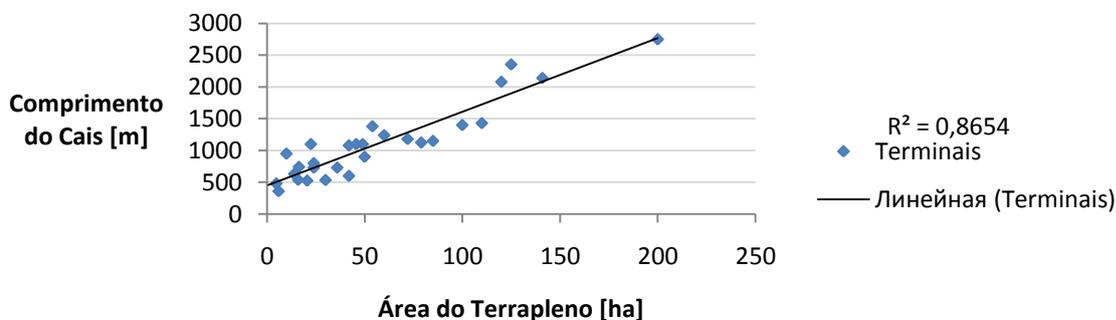


Figura 65 – Relação métrica entre o comprimento do cais e a área de terrapleno dos terminais analisados

Quanto à amostra de dados, notando a Figura 65 verifica-se que os pontos da dispersão acumulam-se maioritariamente até aos 100 ha correspondendo a um comprimento de cais de 1500 m aproximadamente, indicando as dimensões que geralmente são adotadas neste tipo de terminal para estes parâmetros. Assim, considerando um terraplano com 100 ha, com um comprimento de cais disponível de 1500 m, seria necessário que o terraplano detivesse cerca de 670 m de extensão. A expressão que manifesta a relação entre os parâmetros é a seguinte:

$$C_{Cais} = 11,595A_{Terraplano} + 449,69 \quad (5.6)$$

Onde:

- $C_{Cais}$  - Comprimento do cais disponível [m];
- $A_{Terraplano}$  - Área do terraplano do terminal de contentores [ha].

### 5.1.2. BASES DE CÁLCULO PARA A DEFINIÇÃO DOLAY-OUT DE TERMINAIS

Nesta secção são apresentadas algumas metodologias de cálculo para o procedimento do dimensionamento dos terminais de contentores, tendo por base um estudo elaborado na Universidade de TU Delft (Mohseni, 2012). As formulações abrangem não só os parâmetros a dimensionar na zona do cais como é o caso do comprimento e número de equipamentos necessários e a capacidade do terraplano, mas também a área de *apron*, especificações quantos aos equipamentos de transporte horizontal bem como os equipamentos de movimentação de contentores na área de armazenagem. Comparativamente com as relações métricas, as metodologias apresentadas nos tópicos seguintes, são mais complexas e em simultâneo, mais rigorosas, pois são considerados outros fatores que têm demasiada importância.

#### 5.1.2.1. Comprimento de cais

Considerando todos os elementos a construir num terminal de contentores, o muro do cais é o componente mais dispendioso, portanto os projetistas têm o hábito de limitar as dimensões ao estritamente necessário, baseando-se nas características do navio de projeto e na capacidade a implementar no terminal. Assim a magnitude da capacidade anual é o primeiro parâmetro a definir, existindo quatro fluxos diferentes a considerar:

- Contentores gerais;
- Contentores vazios;
- Contentores frigoríficos;
- Contentores de transbordo.

Quanto às formas de introduzir os dados de transferência, existem duas possibilidades. Na primeira, a capacidade anual é definida como o número total de carga de TEU movimentada sobre o muro de cais. A segunda forma, é definir o número de receções de navios anualmente e associar um volume de contentores em TEU, por cada carga e descarga (Mohseni, 2012).

Contudo, existem ainda outros fatores fundamentais para a determinação correta e rigorosa do comprimento de cais necessário, como o tempo de serviço e as horas de trabalho anuais do cais. No que diz respeito ao cálculo do tempo de serviço, é necessário o conhecimento do número e da produtividade dos equipamentos no cais e o número de receções anuais efetuadas.

Visto isto, o tempo de serviço total pode ser calculado da seguinte forma (Mohseni, 2012):

$$T_{Serviço\ Total} = T_{(Des)Carregamento} + T_{(Des)Amarração} \quad (5.7)$$

Onde:

- $T_{Serviço\ Total}$  – Tempo de serviço total [h/navio];
- $T_{(Des)Carregamento}$  – Tempo de descarregamento ou carregamento [h/navio];
- $T_{(Des)Amarração}$  – Tempo de desamarração ou amarração dos navios [h/navio].

O tempo de descarga ou carga é função de diversos parâmetros, nomeadamente das características dos equipamentos a instalar no muro de cais do terminal. A expressão que se apresenta a seguir pode ser usada para o seu cálculo (Thorsen, 2010):

$$T_{(Des)Carregamento} = \frac{S_p}{N_g \times Q_{rg} \times W_{tg}} \quad (5.8)$$

Onde:

- $S_p$  – Dimensão da parcela [TEU];
- $N_g$  – Número de guindastes por navio [UN];
- $Q_{rg}$  – Rendimento dos guindastes [TEU/h];
- $W_{tg}$  – Produtividade do guindaste [0,65 a 1].

Outro fator referido anteriormente, mais especificamente o total de horas de trabalho no cais, tendo em conta o fator de tempo de inatividade, as horas de trabalho por semana podem ser calculadas da seguinte forma:

$$T_{ts} = (1 - D_t) \times T_{td} \times N_{ds} \quad (5.9)$$

Onde:

- $T_{ts}$  – Horas de trabalho no cais por semana [h/sem.];
- $D_t$  – Fator de inatividade [-];
- $T_{td}$  – Horas de trabalho por dia [h/d];
- $N_{ds}$  – Número de dias de trabalho por semana [UN].

Quando um navio com dado comprimento, se encontra acostado ao cais, são adicionados espaçamentos entre o mesmo e os navios atracados à frente e atrás na ordem dos 10-20 m (ver Figura 66), sendo mesmo em certos casos também aplicados entre as extremidades dos navios e as do cais (Agerschouet *al*, 2004). Com as expressões anteriormente descritas e a noção de uso do cais, comprimento do navio e intervalo de atracação é possível calcular a primeira aproximação do comprimento do cais necessário. Ou seja:

$$L_{CR} = T_{Serviço\ Total} \times N_N \times L_u \quad (5.10)$$

Onde:

- $L_{CR}$  – Comprimento de cais requerido [h.m/sem.];
- $T_{Serviço\ Total}$  – Tempode serviço total [h/sem.];
- $N_N$  – Número de receções de navios semanal [Navios/sem.];
- $L_u$  – Uso do cais, somatório do comprimento do navio com o intervalo de atracação [m].



Figura 66 – Representação do comprimento de cais – Fonte: TU Delft, 2012

Tendo em conta as horas de trabalho por semana, a ocupação do cais, que exprime o grau de utilização do muro de cais no terminal e um fator de pico por semana, de modo que sejam introduzidas situações extremas e condicionantes no dimensionamento, é possível determinar o comprimento necessário de cais, utilizando a seguinte equação (Thorsen, 2010):

$$L_C = L_{CR} \times \frac{P_{Cais}}{T_{ts} \times U_{Cais}} \quad (5.11)$$

Onde:

- $L_C$  – Comprimento do cais [m];
- $L_{CR}$  – Comprimento de cais requerido [h.m/sem.];
- $P_{Cais}$  – Fator de pico por semana no cais [15 – 20 %];
- $T_{ts}$  – Horas de trabalho no cais por semana [h/sem.];
- $U_{Cais}$  – Ocupação do cais [%].

Após o comprimento de cais calculado, existem ainda mais dois parâmetros a serem determinados relativamente a esta área, são eles o número de equipamentos, ou seja, guindastes e o número de cais. Através de uma regra empírica, verifica-se que por cada **80-100 m** de cais deve ser implementado um guindaste (Mohseni, 2012). Quanto ao número de cais, pode ser determinado segundo a seguinte formulação (Ligteringen, 2009):

$$N_C = \frac{L_C - \Delta_A}{L_N + \Delta_A \times 1,1} \quad (5.12)$$

Onde:

- $N_C$  – Número de cais [UN];
- $L_C$  – Comprimento do cais [m];
- $L_N$  – Comprimento médio dos navios [m];
- $\Delta_A$  – Espaçamento do intervalo de atracação [m].

Segundo a aplicação do teorema das filas, o tempo médio de espera em unidades do tempo de serviço, pode ser calculado. No entanto, se o tempo de espera médio determinado for superior aos valores aceitáveis pela autoridade portuária ou até mesmo o cliente, será necessário efetuar uma variação dos parâmetros de dimensionamento no projeto, como é o caso do número de guindastes por navio ou as horas de trabalho operacionais. No que diz respeito à produtividade do cais, pode ser estimada como se segue:

$$P_C = \frac{C_{Movimentação}}{f_u \times N_C \times T_{ta}} \quad (5.13)$$

Onde:

- $P_C$  – Produtividade do cais [movimentos/h];
- $C_{Movimentação}$  – Capacidade de movimentação anual de contentores [TEU/ano];
- $f_u$  – Fator de unidade [-];
- $N_C$  – Número de cais disponível [UN];
- $T_{ta}$  – Horas de trabalho anuais no cais [h/ano].

#### 5.1.2.2. Equipamentos de transporte horizontal

Estes equipamentos desempenham uma função crucial nos processos logísticos e operações nos terminais de contentores, são eles que fazem a ligação entre a zona do cais e os terraplenos de armazenagem. Por forma a garantir que não haja interrupção nas operações de cais e para manter o tempo de espera dentro de intervalos aceitáveis, a capacidade de transporte horizontal deve ser pelo menos, igual à capacidade máxima de transferência no cais (Mohseni, 2012).

A determinação do número de unidades de equipamentos necessários é baseada em regras empíricas, ou seja, em projetos anteriormente realizados ([www.royalhaskoning.co.uk](http://www.royalhaskoning.co.uk)). São apresentadas no Quadro 13, cinco relações para equipamentos diferentes, tendo por base os guindastes do cais.

Quadro 13 – Equipamentos necessários por guindaste de cais – Adaptado TU Delft

Equipamento	Unidades/Guindaste de cais
ReachStacker	1.3
StraddleCarrier	5.5
ShuttleStraddleCarrier	5
PortTractorsVehicle	5
AGV	5

Depois da determinação do número de equipamentos de transporte horizontal, procede-se ao dimensionamento da largura da via de trânsito associada à movimentação dos mesmos. Através dos dados de desempenho, pode ser efetuada uma previsão da largura necessária para um bom funcionamento, ou seja, o espaço a deixar deverá ser igual ao produto entre o número de equipamentos previstos pela largura média dos mesmos.

#### 5.1.2.3. Área de *apron*

O espaço imediatamente adjacente ao muro de cais designa-se por área de *apron*. Este espaço tem como função servir de estaleiro provisório dos contentores que são carregados e descarregados. Durante o descarregamento contínuo de um navio, os contentores após serem movimentados pelos guindastes de cais, são depositados nesta área de maneira que os equipamentos de transporte horizontal os possam transportar até ao terraplano, no caso de carregamento, o procedimento é o inverso. Assim, pode-se afirmar que esta área faz o interface entre os equipamentos de cais e os de transporte horizontal.

Os terminais de contentores, à semelhança dos terminais de carga geral, possuem áreas de *apron* contínuas e paralelas ao muro de cais, mesmo que por vezes, em certas partes do cais não seja estritamente necessário. Se a área for contabilizada imediatamente adjacente ao muro, a largura é

determinada pelo somatório da distância entre os apoios dos guindastes de cais, que normalmente se situa tipicamente entre os 20 e 30 m, mais o alcance do guindaste para além do seu carril interior que anda por volta dos 10 a 20 m (Agerschouet *al*, 2004).

A fim de limitar o calado de projeto dos navios, os porta-contentores atuais detêm porões mais largos. Isto resulta na necessidade de um aumento do alcance dos guindastes de cais e consequentemente num aumento da área de *apron*. Assim, possibilita a armazenagem temporária dos contentores como já foi explicado anteriormente.

Procedendo à divisão do espaço em sub-áreas paralelas ao muro de cais e tendo como base as dimensões transversais típicas dos projetos até então realizados pela RoyalHaskoning, encontram-se resumidas no Quadro 14 as dimensões sugeridas para dimensionamento.

Quadro 14 – Dimensões das sub-áreas constituintes da área de *apron* – Fonte: Adaptado TU Delft

Sub-área	Dimensão [m]
Muro de cais	3
Zona dos carris	30,5
Vias de trânsito internas	12
Distância de alcance interno	15

Contudo, as áreas acima propostas são definidas como dados de entrada “variável”, permitindo ao projetista ter opções e valores padrão aquando a iniciação de um projeto de dimensionamento.

#### 5.1.2.4. Capacidade do terraplano de armazenagem

Contrariamente ao que se pode pensar, a área de armazenagem não é necessariamente o principal fator para a escolha do lay-out apropriado ou para a adoção da altura de empilhamento. Ambos devem ser primeiramente estudados quanto à produtividade. Isto significa que apesar da área disponível, deve-se focar a atenção para a criação de distâncias o mais curtas possível entre os navios e as pilhas de contentores. Outro fator que deverá ser tido em conta no dimensionamento do lay-out, é a acessibilidade das pilhas para o transporte terrestre. Dividindo o terraplano de armazenagem em diferentes pilhas, as formulações seguintes podem ser utilizadas para calcular a capacidade de área de armazenagem requerida (Mohseni, 2012):

$$C_S = \frac{S \times T_d \times P_T}{365} \quad (5.14)$$

$$S = C_q (1 - 0,5\mu) \quad (5.15)$$

Onde:

- $C_S$  – Vagas a disponibilizar [TEU];
- $P_T$  – Fator de pico por semana no terraplano [%];
- $S$  – Visitas por ano [TEU/ano];
- $C_q$  – Capacidade de movimentação no cais [TEU/ano];
- $T_d$  – Tempo médio de permanência [dias];
- $\mu$  – Fator de transbordo [-].

As vagas terrestres disponíveis para o armazenamento de contentores em unidades TEU podem ser calculadas dividindo o número de vagas total a disponibilizar, pela altura de empilhamento em número de contentores. A equação que se segue pode ser usada para determinar o número de vagas de TEU:

$$N_{TGS} = \frac{C_S}{h_{Emp}} \quad (5.16)$$

Onde:

- $N_{TGS}$  – Número de vagas em planta [TEU];
- $h_{Emp}$  - Altura de empilhamento [Número de contentores].

No entanto, a área necessária pode ser diminuída através da redução do número de vagas terrestres de TEU. A equação anterior mostra que esta pode ser conseguida através do aumento da altura da pilha operacional. Contudo, aumentando a altura da pilha, o número e a capacidade dos equipamentos tenderá a aumentar.

A área terrestre a disponibilizar para o armazenamento dos contentores, pode ser determinada utilizando a seguinte expressão:

$$A_{Arm} = N_{TGS} \times A_{Cont} \quad (5.17)$$

Onde:

- $A_{Arm}$  – Área terrestre a disponibilizar para armazenamento dos contentores [m<sup>2</sup>];
- $A_{Cont}$  – Área da base de um contentor [m<sup>2</sup>].

#### 5.1.2.5. Equipamentos da área do terraplano de armazenagem

Existem diversos equipamentos na área de armazenagem que podem ser combinados entre si para movimentar os contentores no terraplano. Cada equipamento tem as suas características próprias e os seus dados de desempenho ou rendimentos.

À semelhança das dimensões propostas para a área de *apron*, os dados sugeridos para o número de equipamentos a adotar, são variáveis que podem ser ajustadas pelo projetista às condições de cada projeto de expansão e construção, ou em caso de evolução dos equipamentos adaptá-las às novas características dos mesmos. Dependendo da combinação adotada, o número de equipamentos em função das suas tipologias, poderá ser alterado.

Em função dos diferentes tipos de equipamento utilizado no terraplano, a disposição do lay-out poderá ser alterada. Um simples exemplo é no caso da implementação de RTG's os blocos de armazenagem serem dispostos em paralelo ao cais, contrariamente quando são implementados RMG's a disposição é perpendicular (Figura 67).

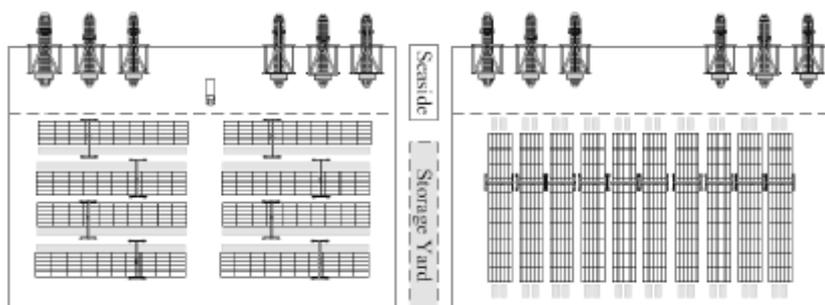


Figura 67 – Duas tipologias de layout diferentes – Fonte: Jurgen W. Bose, 2010

O bloco é definido pelo número de linhas e camadas de empilhamento, podendo existir diferentes combinações. A estrutura do bloco poderá assumir configurações diferentes em função do tipo de equipamento, portanto, o sistema de movimentação técnica selecionada para o lay-out de empilhamento tem uma grande influência sobre a disposição dos terminais em geral, a capacidade de empilhamento, a área necessária e o custo final do terminal (Figura 68).

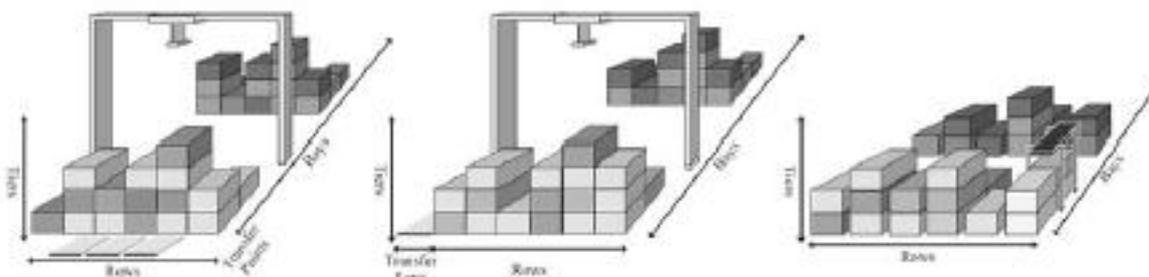


Figura 68 – Diferenciação entre blocos com diferentes equipamentos – Fonte: Jurgen W. Bose, 2010

Baseando-se na experiência prática e amostras globais de diversos terminais espalhados pelo mundo são apresentados no Quadro 15, o número de equipamentos a implementar no terrapleno de armazenagem por guindaste de cais em função do tipo de sistema de operações adotado e uma capacidade de armazenagem média prevista.

Quadro 15 – Número de equipamentos a aplicar no terrapleno de armazenagem em função do sistema de operações – Fonte: Adaptado Brinkmann, 2011

Sistema de operações	Equipamentos/Guindaste de cais [UN.]	Capacidade de armazenagem [TEU/ha]
<i>Reachstacker &amp; TTU</i>	2-3/4-5	350 - 1000
<i>Straddlecarrier</i>	4-5	500 - 750
<i>RTG &amp; TTU</i>	2-3/4-5	900 - 1000
<i>RMG &amp; TTU</i>	2/4-5	900 - 1000
<i>RMG &amp; AGV</i>	5-6/5-6	900 - 1000

#### 5.1.2.6. Área terrestre e edifícios

Os edifícios para o enchimento ou a colocação das mercadorias no interior dos contentores, bem como os edifícios destinados a escritórios ou apoio técnico, devem estar localizados atrás dos terraplenos de transição (Agerschouet *al*, 2004). O espaço terrestre a definir, consiste em duas partes básicas – i) Área de portão e ii) Escritórios.

##### i. Área de Portão

Esta área é constituída pelas faixas de tráfego, área de estacionamento, edifícios de receção e o portão do terminal. Para o dimensionamento do espaço necessário, os fatores necessários são os seguintes:

- Tamanho médio de camiões [m];
- Taxa de pico de receções de veículos [veículos/h].

Existem dois métodos para determinar o número apropriado de faixas de tráfego para a zona do portão. Utilizando o primeiro método, o número de faixas é calculado usando a teoria das filas de espera para tráfego de veículos. Para este cálculo é necessário o conhecimento da taxa de chegada e da taxa de serviço dos camiões (ver Quadro 1, Anexo-A5). Por outro lado, no segundo método o número de faixas é estimado com base numa determinada capacidade pretendida (veículos/h), que o portão poderá suportar (Mohseni, 2012). Quanto à área de estacionamento é calculada com base no número de vagas de estacionamento a implementar e do tipo de veículos.

ii. Escritórios

Na generalidade todos os terminais possuem uma área de escritórios nas imediações, podendo servir para funções administrativas ou controlo logístico. Esta área depende diretamente do número de colaboradores e é utilizada para a definição das operações de gestão, planeamento, finanças e administrações personalizadas. Alguma bibliografia sugere que o espaço de escritório necessário para cada membro deve ser no mínimo 20 m<sup>2</sup> (Ligteringer, 2009).

**5.2. TERMINAL DE GRANÉIS**

Um terminal de granéis consiste num muro de cais onde os navios graneleiros se possam acostar de modo a serem descarregados ou carregados e uma área de armazenagem na qual os materiais movimentados são temporariamente armazenados em pilhas, no caso de se tratar de um terraplano aberto. A Conferência em Comércio e Desenvolvimento das Nações Unidas (UNCTAD, 1985), apresenta um procedimento a seguir no dimensionamento de terminais de granéis, o qual é representado na Figura 69.

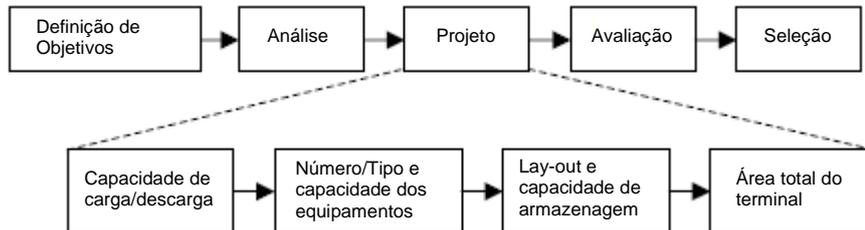


Figura 69 – Procedimento de desenvolvimento – Fonte: UNCTAD, 1985

Devido à grande evolução e crescimento no uso do transporte marítimo de mercadorias em granel, grande parte dos terminais existentes deverão ser submetidos a expansões ou então optar por construir novos terminais. O projeto e dimensionamento desses terminais é maioritariamente baseado na experiência prática e em algumas regras empíricas (Lodewijkset al, 2012).

Assim, foi analisado um estudo elaborado com base em 49 terminais de granéis de diversas partes do mundo (van Vianenet al, 2012), sendo as mercadorias estudadas o carvão e o minério de ferro. Foram ainda adicionados mais 5 terminais fazendo um total de 54.

Na Figura 70 são representadas as localizações dos 54 terminais, 26 dos quais, constituem terminais de importação e 28 de exportação.

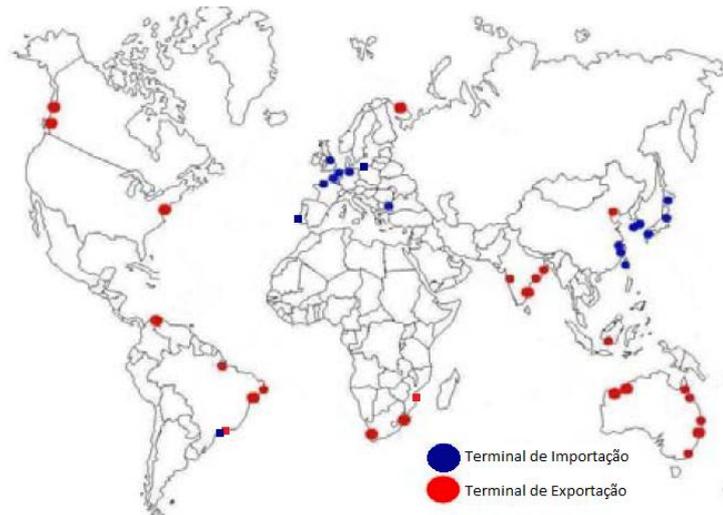


Figura 70–Localização dos terminais analisados – Fonte: (Adaptado de van Vianenet al, 2012)

Relativamente à análise dos terminais, pode-se dizer que a amostra traduz uma aproximação dos modelos da globalidade a nível mundial. De uma maneira genérica, os terminais de importação analisados têm valores taxas de transferência mais baixos, com um máximo de 50 Mt, por outro lado os terminais de exportação podem chegar a mais de 140 Mt de movimentação de mercadorias anual.

5.2.1. ZONA DE ACOSTAGEM

Na zona de acostagem dos terminais de graneis existem quatro aspetos que têm de ser alvo de análise, nomeadamente o comprimento de cais necessário, a profundidade da água disponível, que compromete e condiciona a receção de navios com diferentes calados e por último, a capacidade de movimentação de mercadorias na zona.

5.2.1.1. Fator de comprimento de cais

A capacidade de um terminal está diretamente relacionada com o comprimento de cais disponível, assim pode ser usado um fator que relacione a capacidade com o comprimento do cais para determinar quais os requisitos necessários num novo terminal (Ligteringen, 2000). Definindo fator de comprimento de cais (ver Figura 71) como o quociente entre a taxa de transferência anual [kt] pelo comprimento de cais [m], visto que as mercadorias movimentadas nos terminais estudados possuem densidades diferentes, é necessário especificar a análise separando os dois tipos de terminais bem como os dois materiais.

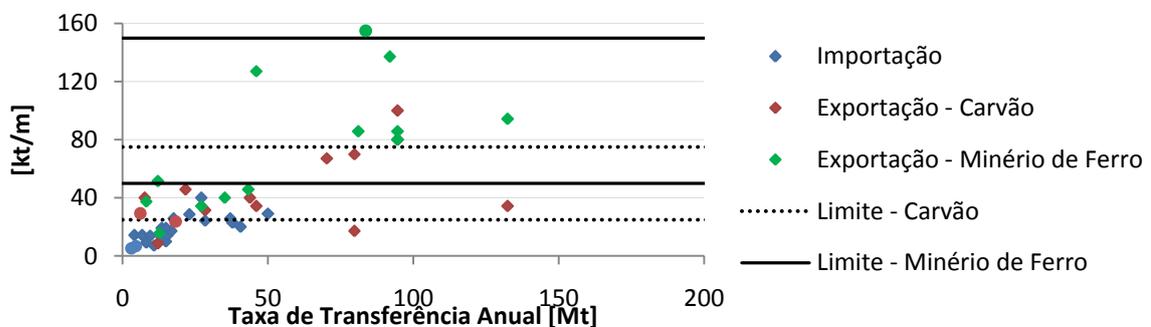


Figura 71 – Fator de comprimento de cais nos terminais analisados – Fonte: (Adaptado de van Vianenet al, 2012)

Existem alguns limites para os valores de fator de comprimento de cais sugeridos em bibliografia (Ligteringen, 2000), 25 – 75 kt/m para o carvão e 50 -150 kt/m para o minério de ferro. Contudo se for feita uma comparação entre os resultados provenientes da amostra com os limites sugeridos pela bibliografia, constata-se que quando se trata de um terminal de exportação os valores encaixam nos intervalos sugeridos, o mesmo não se passa quando se analisa terminais de importação. Visto isto *van Vianen* propõe um novo intervalo para o valor do fator de comprimento nos terminais de importação apresentados no Quadro 16, ajustado aos resultados da amostra da Figura 71.

Quadro 16 – Intervalos do fator de comprimento de cais nos terminais analisados – Fonte: (Adaptado de van Vianenet al, 2012)

Unidade [kt/m]	Importação		Exportação	
	Carvão e Minério de Ferro		Carvão	Minério de Ferro
Fator	7,5 - 20		25 - 75	50 - 150

### 5.2.1.2. Profundidade de água

As condições de disponibilidade do terminal para a receção de navios, mais especificamente o calado de projeto, condiciona extremamente os navios passíveis de acostagem no muro de cais. A análise feita aos terminais, quanto a este aspeto, tem por objetivo compreender as condições de acessibilidade, relacionando-as com as tipologias de navios graneleiros existentes e a capacidade de movimentação anual de mercadorias.

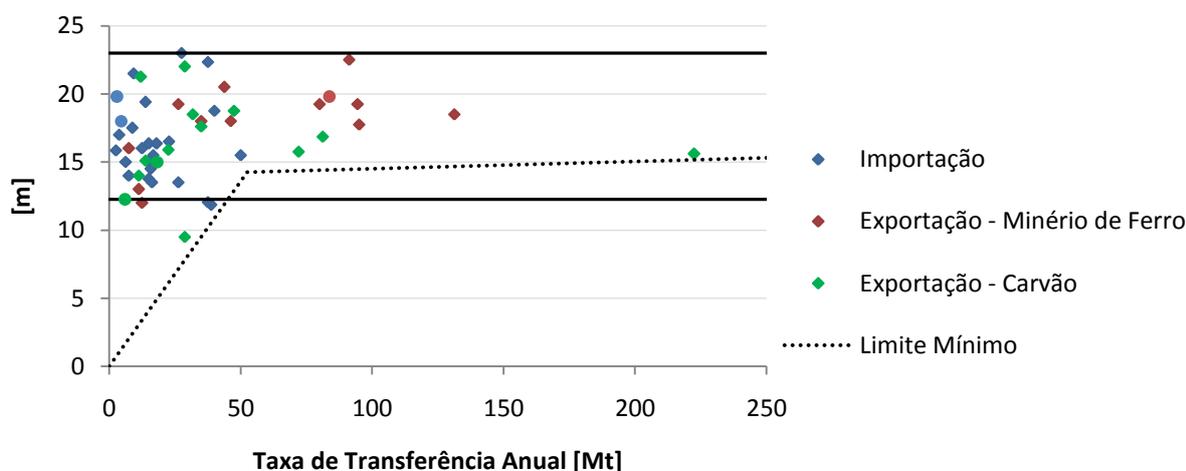


Figura 72–Calado de projeto versus capacidade de movimentação dos terminais analisados – Fonte: (Adaptado de van Vianenet al, 2012)

Observando a Figura 72, é possível perceber que existe um limite mínimo recomendado para o calado de projeto em função da taxa de transferência anual desejável no terminal. O intervalo de valores da amostra varia entre 10 e 25 m de calado.

Outras das observações retiradas, é que os terminais do tipo exportação, com avolumada quantia de movimentação de carga, possuem normalmente calados de projeto maiores, de modo a ser exequível a receção de navios do tipo VLBC. No Quadro 17 são apresentadas as médias do calado de projeto e distribuição das tipologias dos navios graneleiros.

Quadro 17 – Média do calado de projeto e distribuição das tipologias dos navios graneleiros - Fonte: (Adaptado de van Vianenet al, 2012)

		Importação	Exportação - Carvão	Exportação - M. Ferro
Média do Calado de Projeto [m]		16,8	17,3	18,4
Tamanho do Navio Máximo [%]	Handymax	9	-	-
	Panamax	17	15	17
	Capesize	52	46	8
	VLBC	22	39	75

### 5.2.1.3. Capacidade de carga

A capacidade de carregamento está associada naturalmente aos terminais de exportação, consistindo os principais equipamentos de movimentação de mercadorias, já anteriormente abordados, em carregadores lineares e radiais. Na Figura 73 estão representadas as capacidades de carregamento dos diferentes terminais de exportação em função do tipo de mercadoria.

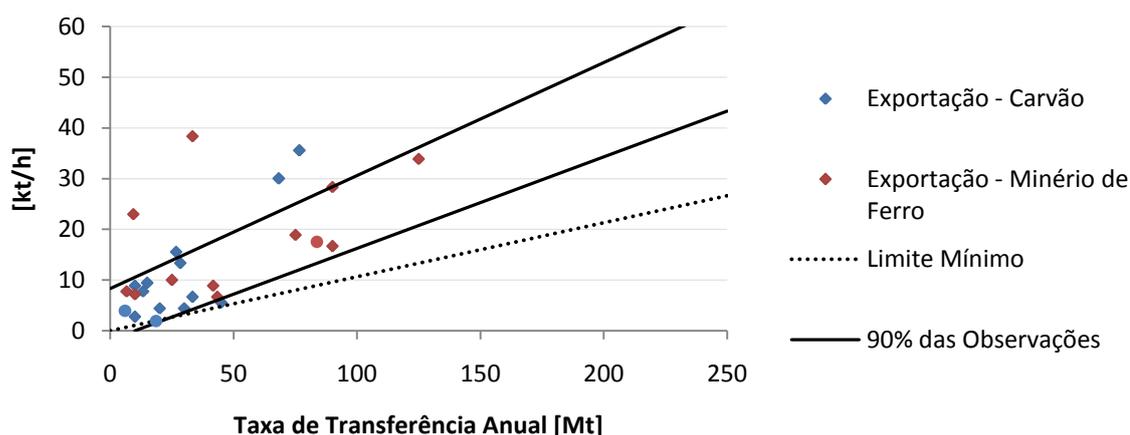


Figura 73 -Capacidade de carregamento instalada versus taxa de transferência anual – Fonte: (Adaptado de van Vianenet al, 2012)

Observando a Figura 73, são visíveis não só duas linhas contínuas que correspondem à demarcação do intervalo relativo a 90% dos valores da amostra, mas também uma linha tracejada que dita o valor mínimo recomendado a instalar de capacidade de carregamento em função da taxa de transferência anual pretendida.

Considerando o fator de carregamento como o quociente entre a capacidade instalada e a mínima recomendada requerida no terminal, verifica-se uma variação do mesmo entre 1.5 e 2.5. Em regra, os terminais de exportação possuem uma capacidade de carregamento duas vezes superior à necessária.

### 5.2.1.4. Capacidade de descarga

A capacidade de descarregamento está associada aos terminais de importação, sendo essencialmente os equipamentos de descarregamento já abordados anteriormente, do tipo grua de garras e dispositivos mecânicos. Os terminais analisados no estudo estão equipados com um total de 106 descarregadores.

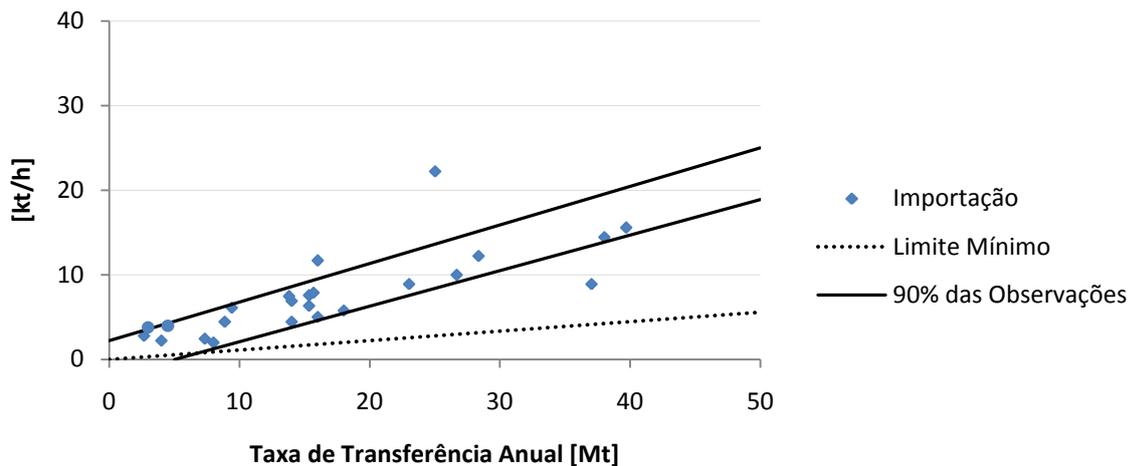


Figura 74 – Capacidade de descarregamento instalada versus taxa de transferência anual – Fonte: (Adaptado de van Vianen *et al*, 2012)

Através da recolha e análise da capacidade de descarregamento dos diferentes terminais, consegue-se efetuar uma previsão da capacidade mínima recomendada em função da taxa de transferência anual de mercadorias, encontrando-se representada por uma linha tracejada na Figura 74, tangente aos pontos de valores mínimos.

Definindo fator de descarregamento como o quociente entre a capacidade instalada e a mínima recomendada, aplicando aos dados da Figura 74, obtêm-se valores compreendidos no intervalo de 3 a 4.5, ou seja, os terminais estudados têm no mínimo uma capacidade instalada três vezes superior à mínima requerida (van Vianen *et al*, 2012).

A seleção do equipamento de descarga, depende de inúmeros fatores de entre os quais, o comprimento de cais disponível, preço, a especialização do equipamento e a previsão do crescimento da utilização.

### 5.2.2. ZONA DE ARMAZENAGEM

Ao contrário da zona de acostagem, nesta zona a atenção está focada para aspetos relacionados com processos logísticos, características físicas dos materiais armazenados e disposição das cargas nos terraplenos. Assim, os tópicos abordados serão o dimensionamento da área de armazenagem e a área total necessária para o terminal.

#### 5.2.2.1. Dimensionamento da área de armazenagem

Dependendo do tipo da mercadoria, carvão, minério de ferro entre outros, a área de armazenagem requerida por tonelada difere. A definição de fator de armazenagem  $f_{arm}$  consiste no quociente entre a taxa de transferência anual  $TTA$  [ $t/ano$ ] e a área total de armazenagem  $A$  [ $m^2$ ], ou seja:

$$f_{arm} = \frac{TTA}{A} \quad (5.18)$$

Quanto aos valores recomendados pela bibliografia, baseados em regras empíricas, situam-se entre 15 a 25 [ $t/m^2$ ] para o carvão e 30 a 40 [ $t/m^2$ ] para os minérios de ferro (Ligteringen, 2000).

Na Figura 75, são apresentados os fatores de armazenagem nos terminais de importação analisados, em função do tipo de mercadoria. As linhas horizontais constituem os valores recomendados pela bibliografia.

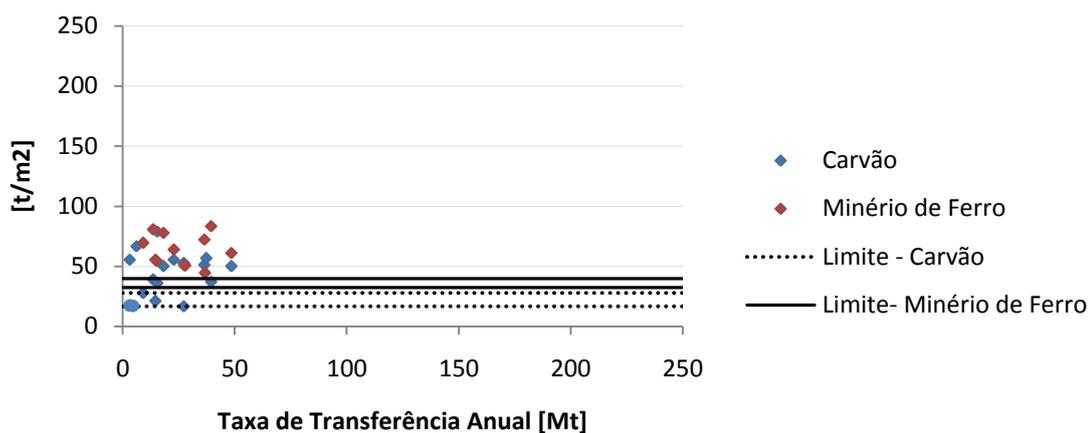


Figura 75 – Fatores de armazenagem para os terminais de importação analisados – Fonte: (Adaptado de van Vianenet *et al*, 2012)

Através do estudo que foi elaborado, constata-se que os fatores de armazenagem nos terminais de importação de minério de ferro são sempre superiores aos limites recomendados. Mesmo no caso da mercadoria se tratar de carvão, existem terminais na amostra que se encontram fora do intervalo, o que poderá indicar uma necessária revisão dos limites propostos.

Relativamente aos terminais de exportação de mercadoria a granel, os fatores de armazenagem são apresentados na Figura 76.

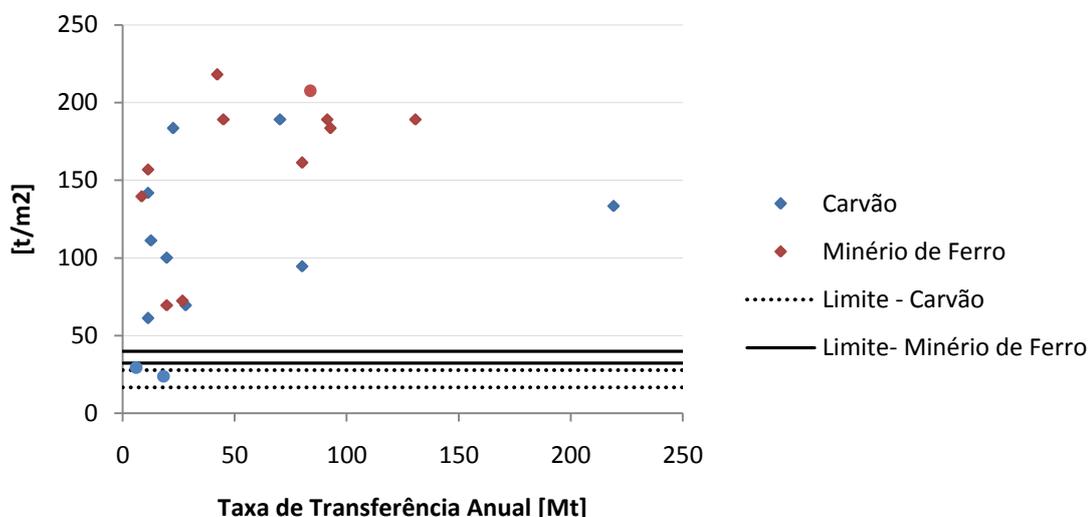


Figura 76 -Fatores de armazenagem para os terminais de exportação analisados – Fonte: (Adaptado de van Vianenet *et al*, 2012)

Comparativamente com os terminais de importação, estes possuem elevada quantidade de mercadoria por unidade de área, o que se traduz em enormes fatores de armazenagem. Na amostra, apenas dois terminais cumprem os limites propostos pela bibliografia, ou seja, à semelhança do que se verificou na análise dos terminais de importação, é necessário rever os intervalos recomendados, ver Quadro 18.

Quadro 18 – Fatores de armazenagem – Fonte: (Adaptado de van Vianenet al, 2012)

Unidade: [t/m <sup>2</sup> ]	Importação		Exportação	
	Carvão	Minério de Ferro	Carvão	Minério de Ferro
Terminais Analisados	15-75	45-80	25-185	70-210
Valores Recomendados (Ligteringen, 2000)	15-25	30-40	15-25	30-40

Para efeitos de cálculos, é essencial conhecer a configuração e as características das formas como os materiais são dispostos nos terminais. Geralmente, a disposição adotada é uma pilha, com secção trapezoidal e um dado comprimento a determinar. A Figura 77 mostra uma representação a três dimensões, onde são denominadas as variáveis a considerar.

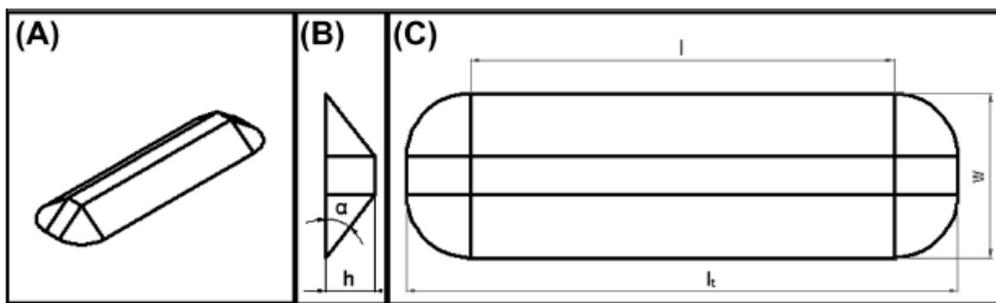


Figura 77 -Pilha trapezoidal de material

Tendo em conta as características físicas e mecânicas do tipo de materiais a armazenar, a pilha poderá assumir dimensões variáveis. Assim, é necessário conhecer o peso volúmico  $\rho$  [t/m<sup>3</sup>] e o ângulo de repouso  $\alpha_R$  [°] do material. A capacidade dos equipamentos de manutenção das pilhas constitui também um fator condicionante daí, a variável  $h$  [m] estar limitada a um valor máximo. Através da expressão seguinte, é possível obter a massa total [t] da mercadoria disposta numa dada pilha com secção trapezoidal (van Vianenet al, 2012):

$$m = hlp \left( w - \frac{l}{\text{TAN}(\alpha_R)} \right) + \frac{1}{3} \rho \pi \left( \frac{h^3}{\text{TAN}^2(\alpha_R)} \right) + \rho h (w - 2h / \text{TAN}(\alpha_R)) \cdot h / \text{TAN}(\alpha_R) \quad (5.19)$$

Devido a efeitos de contaminação e degradação as mercadorias são dispostas em pilhas individuais, logo existem uma distância  $d$ , no mínimo de dois metros, que deve ser considerada entre pilhas.

O cálculo da área de armazenagem necessária pode então ser efetuado através da seguinte expressão:

$$A = N_{pilhas} \cdot (L_{t_{pilha}} + d) \cdot (W_{pilha} + d_{cont}) = \frac{TTA}{f_{arm}} \quad (5.20)$$

Onde:

- $N_{pilhas}$  - Número de pilhas pretendidas no terminal [-];
- $L_{t_{pilha}}$  - Comprimento teórico das pilhas [m];
- $d_{cont}$  - Distância necessária para a não contaminação [2 m];
- $W_{pilha}$  - Largura das pilhas [m];
- $TTA$  - Taxa de transferência anual [t]

### 5.2.2.2. Área total do terminal

A área terrestre num terminal de granéis não se limita apenas à área de armazenagem, mas sim a uma área que engloba também os corredores de circulação dos veículos e equipamentos, os espaços destinados a edifícios de apoio, as zonas de carregamento e descarregamento entre outras. Visto isto, há a necessidade de prever qual será a área total necessária em função do tipo de terminal (importação ou exportação).

Definindo o fator do terminal como o rácio entre a área total e a área destinada à armazenagem, são apresentados na Figura 78, os valores associados aos terminais pertencentes à amostra.

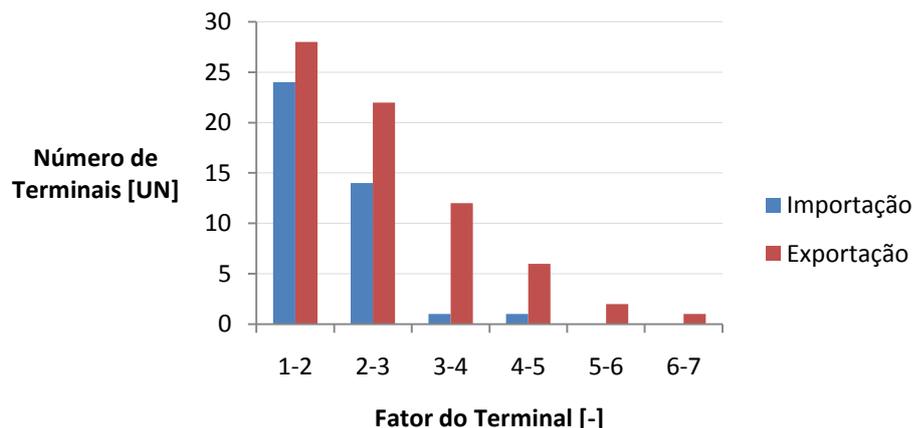


Figura 78 – Fatores dos terminais analisados – Fonte: (Adaptado de van Vianen *et al*, 2012)

Como se pode verificar através da visualização da Figura 78 acima representada, os terminais de importação apresentam um máximo em valor médio de 4.5, enquanto que os terminais de exportação apresentam cerca de 6.5. Contudo no Quadro 19 são sugeridos os valores correspondentes a uma média ponderada da análise.

Quadro 19 – Média dos fatores dos terminais analisados – Fonte: (Adaptado de van Vianen *et al*, 2012)

Unidade [-]	Importação	Exportação
Média do Fator do Terminal	2.1	3.1

## 5.3. TERMINAL DE ROLL-ON/ROLL-OFF

### 5.3.1. CRITÉRIOS DE PROJETO

Antes da fase de dimensionamento é necessário que o projetista defina os critérios de projeto. Nesta fase o projetista tem pelo menos teoricamente de estabelecer e explicitar certos critérios que posteriormente guiarão o projeto de dimensionamento, fazendo com que o produto final não se limite a cumprir as exigências dos utilizadores mas sim um determinado nível expectável. Tendo em conta a relação próxima entre o nível de serviço e as dimensões das instalações requeridas e os critérios de projeto, é evidente que o estabelecimento de certos parâmetros é um fator determinante para a determinação correta das dimensões dos elementos do terminal durante a fase de projeto propriamente dita. No entanto existem alguns problemas no estabelecimento dos parâmetros, nenhum serviço em terminais diferentes é o mesmo, quase sempre o tráfego movimentado varia, os intervalos entre receções dos navios são diferentes e o equipamento pode ser diversificado. Assim é muito pouco provável que os critérios estabelecidos sejam universais ao nível da sua aplicabilidade (Podolak, 1978).

Os critérios que normalmente se destacam referem-se ao (a) Ano de projeto, (b) Dia de projeto, (c) Veículo de projeto e (d) Navio de projeto.

a. Ano de projeto

Este critério consiste em usar no dimensionamento das instalações do terminal, os volumes de tráfego e outras condições do ano de projeto adotado. Isto permite considerar os seguintes fatores:

- O crescimento do volume de tráfego e rendimentos;
- Tempo de vida útil das instalações do terminal (25 – 30 anos);
- Vida útil dos navios Ro-Ro (20 – 25 anos);
- Estimativa de vida requerida das instalações.

Normalmente é usado um período de horizonte de projeto de 15 anos, que constitui metade da vida útil dos navios e terminais, segundo o qual deve ser mantida a possibilidade de expansão caso necessária.

b. Dia de projeto

Os volumes de tráfego em cada dia do ano de projeto adotado variam, existindo dias de picos, logo as instalações devem ser projetadas para um determinado dia em que se atinja os índices máximos de rendimento operacional. Assim os fatores considerados neste critério são os seguintes:

- Volumes de tráfego por dia;
- Número e grandeza dos dias de pico;
- Efeitos do congestionamento do terminal por um determinado tipo de carga;
- Habilidade do terminal em ultrapassar as dificuldades criadas por inexistência de capacidade;
- Repercussões resultantes da falta de capacidade.

Para o dimensionamento, de acordo com o dia de projeto, é recomendado efetuar a média do volume de tráfego dos 6 dias mais congestionados, tendo por base valores de tráfego de terminais semelhantes nas proximidades (Podolak, 1978).

c. Veículo de projeto

Devido às diferentes tipologias de carga, lançam-se várias questões quanto ao veículo de projeto para os diferentes elementos. Quais serão as dimensões e a tipologia que se deverá considerar para efeitos geométricos e aspetos estruturais? Visto isto há que ter em conta os seguintes fatores:

- Mistura de cargas e a percentagem de cada tipologia no tráfego global movimentado;
- Conhecer quais os elementos que poderão ter diferentes veículos de projeto;
- As limitações criadas pela topografia local.

Geralmente, o veículo de projeto adotado deverá ser o mais abrangente e maior possível de maneira a que qualquer alteração futura na mistura de tráfego não tenha efeitos demasiadamente pronunciados nos elementos do terminal. Estas situações verificam-se sobretudo quando se tratam de elementos que são difíceis de alterar após construídos como é o caso das pontes de transferência.

d. Navio de projeto

Fazendo analogia das outras tipologias de terminais, também neste tipo é necessário considerar um navio de projeto, de modo que se conheçam as suas dimensões principais como o calado, comprimento e largura. Este critério permite considerar os seguintes fatores condicionantes:

- Projeções de tráfego para o ano de projeto;
- Limitações ao nível de dimensões impostas pela topografia do porto;
- Novas dimensões de navios;
- Nível de serviço desejado.

É aconselhável que os lay-out's dos terminais sejam projetados com base no navio de dimensões superiores expectável de rececionamento.

### 5.3.2. CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

No projeto do lay-out do terminal tendo em conta um nível de macro dimensionamento, os principais elementos a analisar e caracterizar são (a) Rampas de cais, (b) Cais, (c) Área de estacionamento e (d) Vias de acesso terrestre.

a. Rampas de cais

Os navios que não estão equipados com as suas próprias rampas requerem condições portuárias especiais. Enquanto alguns navios são equipados com rampas de proa num determinado ângulo para o cais, normalmente não é possível instalar rampas no cais com relativa facilidade devido à falta de standardização dos navios, variações das marés etc. Isto faz com que seja necessário prover rampas ajustáveis de maneira que se estendam ao longo da direção longitudinal dos navios. As instalações requeridas são uma plataforma estrutural estendida desde o fim do cais, equipada com uma rampa fixa ou ajustável, ou um terminal ferry tradicional. A plataforma roll-on/roll-off tem de ser o suficientemente larga de maneira que acomode o tráfego que entra ou sai da rampa.

b. Cais

Relativamente ao muro de cais, surgem vários aspetos merecedores de atenção destacando-se entre eles o número e comprimento de cais necessários. Como existem navios com diferentes metodologias de carregamento e descarregamento, os cais devem estar dispostos de acordo com a configuração necessária ao rececionamento. O número de cais necessário é função do tempo de espera dos navios, no entanto, o custo de construção da estrutura do cais é extremamente elevado, condicionando o projeto e dimensionamento do mesmo. Com as tendências de subida do comprimento das embarcações, surgem alguns problemas na determinação do comprimento de cais. Contudo, é aconselhável adotar as projeções de dimensões dos navios no ano de projeto adotado para o dimensionamento.

c. Área de estacionamento

Na área de estacionamento poderá existir o armazenamento de várias tipologias de carga. No caso do parque se destinar ao armazenamento de cargas pesadas como camiões e trailers, a distribuição do peso das cargas no pavimento requer certos cuidados. A estrutura do pavimento poderá ter de ser reforçada o que provoca um aumento no custo de construção.

Por vezes existem alguns veículos que necessitam de prioridade no processo de carregamento, logo devem ser previstas zonas separativas dentro da área de estacionamento. O mesmo procedimento deve ser efetuado no que diz respeito à colocação dos veículos por zonas de destino.

d. Vias de acesso terrestre

As estradas de acesso ao terminal são projetadas de acordo com um determinado nível de serviço, que consequentemente ditará em função do volume de tráfego, um número de vias necessárias para atingir o definido nível. Normalmente o nível mínimo aconselhável é o C, assim os tempos de espera relativos à circulação são mais reduzidos tornando o serviço mais eficiente. Quanto à geometria da faixa de rodagem é similar ao adotado em obras de vias de comunicação correntes.

### 5.3.3. METODOLOGIAS E DIRETRIZES DE PROJETO

#### 5.3.3.1. Diretrizes para as rampas de acesso

Foram adotadas as disposições internacionais standard ISO (6812) relativas às conexões navio Ro-Ro – costa. As indicações podem ser adquiridas através do ISOTechnicalCommittee 8/Subcommittee 19.

Os seguintes tópicos dizem respeito às diretrizes standard para as rampas do cais, tanto fixas como ajustáveis:

- A via de trânsito deverá ter no mínimo 9 m de largura para a implementação de duas vias de circulação e 5 m no caso de ser implementada apenas uma via de trânsito;
- Mínimo de altura absoluta acima da rampa deverá ser 7 m;
- As cargas de projeto devem contemplar a regulamentação rodoviária dos países em questão, o tráfego esperado bem como a grandeza das cargas movimentadas por cima da rampa;
- As mudanças de declive na rampa, aumento ou diminuição, entre superfícies, devem ser limitados de maneira que permita a circulação de todas as cargas pretendidas. Quanto aos ângulos entre superfícies não devem ser excedidos os valores que são recomendados.

Para variações normais do nível de água das marés ou menos de 1.5 m, as rampas fixas são consideradas viáveis. Existem dois tipos de rampas fixas, a tipologia da Classe A são indicadas para navios equipados com rampas que podem atingir níveis de 0.25 a 1.75 m acima do nível da água, para todas as condições de carga. A outra tipologia são as rampas da Classe B, à semelhança das anteriores são também para navios com rampas próprias, no entanto podem atingir níveis de 1.5 a 3 m acima do nível de água.

Para as rampas fixas no cais:

- i. A largura deverá ser de 32 m ou no mínimo igual à largura do navio com dimensões maiores expectável de receção;
- ii. O declive na área de rampa do navio deverá ser limitado a 1:10.

Na Figura 79 são apresentados os esquemas propostos pelo ISOTechnicalCommittee 8/Subcommittee 19 para as rampas fixas da Classe A e B respetivamente.

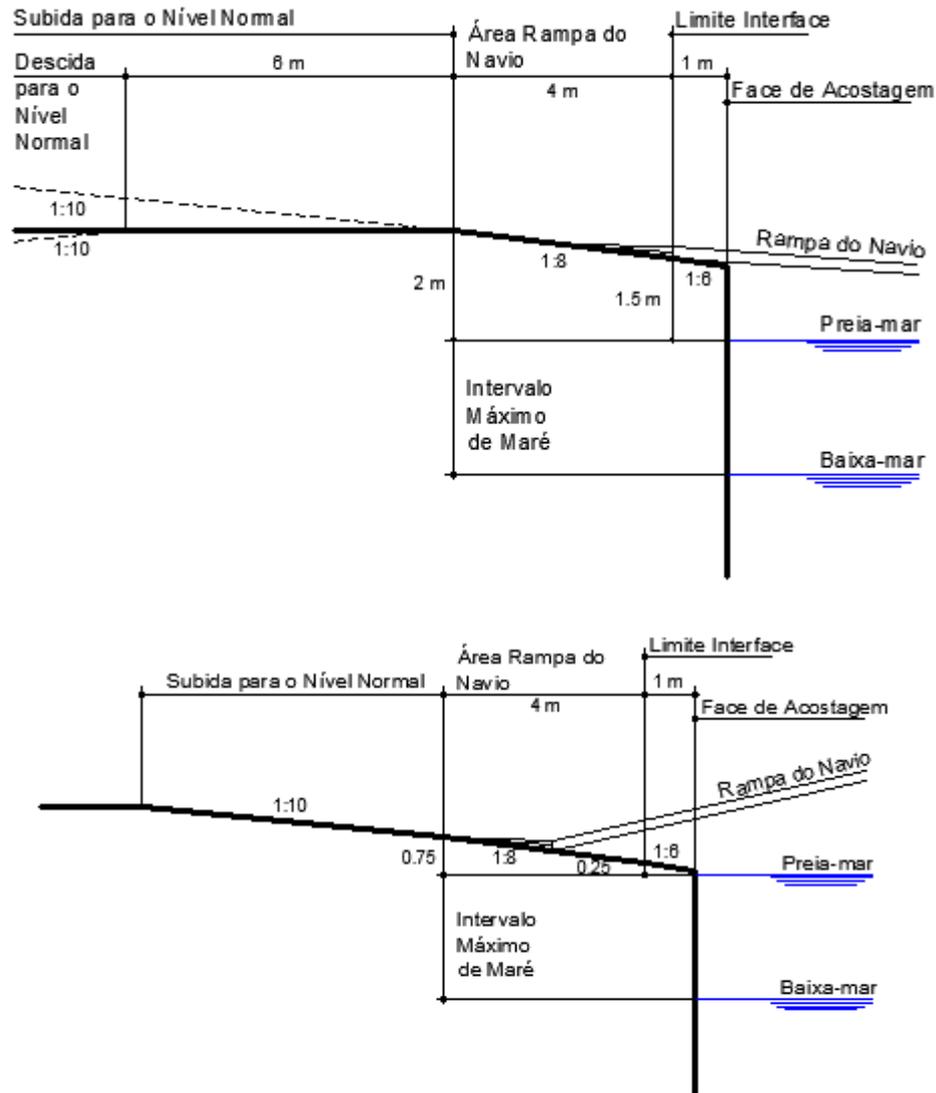


Figura 79 – Disposições construtivas standard das rampas fixas segundo a ISO (6812), classe A e B respetivamente

Novas instalações exclusivamente para navios roll-on/roll-off, equipados com rampas de proa e popa, também apresentam um custo sensivelmente reduzido para locais onde existe uma variação moderada das marés. No entanto nos locais onde o nível de maré apresenta uma variação elevada como é o caso do norte de França, é fundamental a implementação de rampas ajustáveis. Estes dispositivos detêm a capacidade de se adaptar ao nível de água instantaneamente através de sistemas de flutuação, ver Figura 80. Outra das particularidades deste tipo de rampa é a possibilidade de serem movidas ao longo da estrutura de cais, contribuindo para o aumento significativo da flexibilidade do cais.

As características das rampas ajustáveis são mostradas de seguida. A parte exterior da rampa deverá possuir uma largura suficiente para a acomodação da rampa do navio com dimensões maiores expectável de receção.

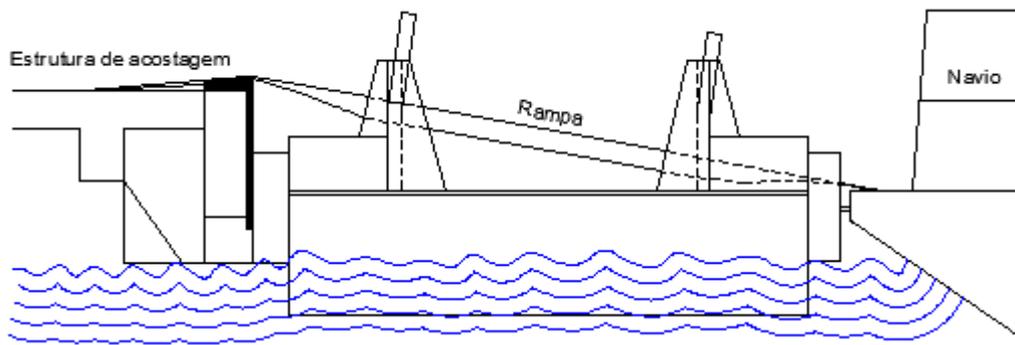


Figura 80 – Representação de um exemplo de rampa ajustável

### 5.3.3.2. Exigências de cais

Para além da necessidade de um bom acesso e áreas de estacionamento adequadas, as operações dos serviços roll-on/roll-off podem provocar algumas exigências nas instalações portuárias especializadas mas também por outro lado pode suportar as próprias exigências em portos menores. A esta flexibilidade está associada a dificuldade de previsão de quais são em facto as exigências ao nível de condições portuárias.

Desde que o cais dos terminais roll-on/roll-off podem ser preparados e equipados mais rapidamente que a maioria dos outros tipos de cais e que em muitos casos o navio de projeto pode ser conhecido, as instalações costeiras devem ser projetadas tendo em conta as necessidades provocadas pela acostagem do navio. Contudo o planeamento do cais deverá ser o mais flexível quanto possível de modo que permita possíveis atualizações e remodelações.

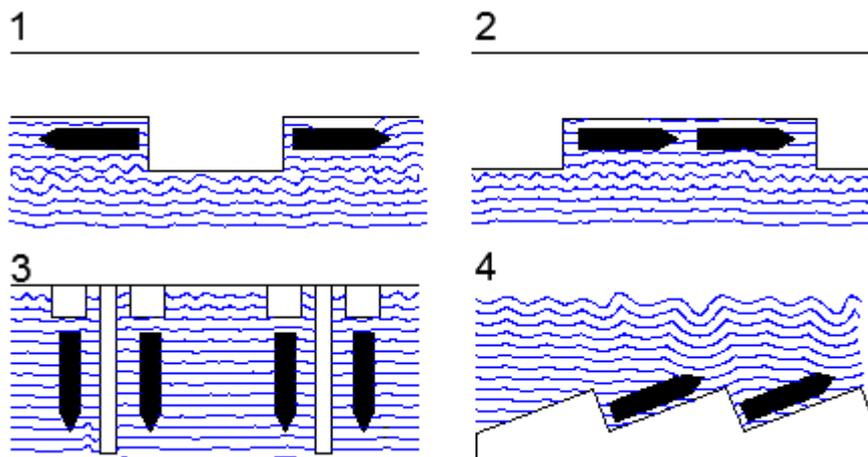


Figura 81 – Diferentes alternativas para o layout do cais

Existem quatro alternativas para os lay-out's do cais relativamente às tipologias de acostagem que podem ser seguidas (ver Figura 81):

1. Alternativa 1 – oferece um alto grau de flexibilidade no que toca a remodelações, sendo facilmente convertida noutros modos de movimentação de carga de acordo com outro tipo de navio. Contudo, parte do comprimento de cais é perdida (normalmente 60 metros). O comprimento total do cais necessário é elevado e representa um custo de investimento significativo;

2. Alternativa 2 – apenas é viável se o comprimento dos navios rececionados se mantiver inalterável durante um período de tempo significativo (30-40 anos), o que na realidade não pode ser garantido com as tendências da indústria naval em aumentar constantemente a capacidade das embarcações. Assim, apenas alguns portos estarão dispostos a assumir o risco de construir um cais que passado um período de tempo curto estará inadequado. No entanto, esta tipologia apresenta a vantagem de separar os fluxos de tráfego das cargas no terminal;
3. Alternativa 3 – constitui a tipologia de acostagem economicamente mais viável. Genericamente não é apropriada em alguns casos, visto só abranger navios equipados com rampas na proa e popa, eliminando um largo número de embarcações;
4. Alternativa 4 – tem a vantagem de combinar a flexibilidade no manuseamento de diferentes tipos de navios com a possibilidade de aumento do comprimento dos mesmos.

O cais dos terminais roll-on/roll-off devem estar localizados em zonas do porto bem protegidas. Em locais onde o efeito das marés não é tão pronunciado, as instalações roll-on/roll-off dispensam rampas ajustáveis e são bem mais baratas de construir. A forma mais simplista dos cais compreende uma superfície sobre a qual a rampa de popa ou proa é apoiada durante o processo de carga/descarga.

Uma rampa equipada com mecanismo de rotação permite a um navio usar um cais normal sendo suportada por um sistema de cabos de suspensão, o que dá aos navios uma grande flexibilidade de acostagem. Em grandes variações do nível de marés, a necessidade do uso de rampas ajustáveis bem como dos seus suportes é uma variável considerável a ter em conta no custo das instalações. Por exemplo para um intervalo entre marés de 5 m, uma rampa com um comprimento de 25 a 50 m deverá ser necessária, capaz de se opor a uma solicitação por parte das cargas mais pesadas como é o caso dos camiões e trailers.

Várias tipologias de projeto para as rampas ajustáveis têm sido estudadas e analisadas, diferindo essencialmente no processo adotado para o ajuste do final da rampa do navio em acomodar-se às mudanças de nível durante a carga/descarga e às flutuações das marés. A primeira alternativa consiste num pontão ou rampa flutuante com subida e descida automática, acompanhando os níveis de água verificados. A segunda possibilidade é a rampa do navio estar conectada a uma estrutura de elevação por cabos ou meios hidráulicos que a auxilia nos ajustes de nível a efetuar. Uma importante funcionalidade das rampas ajustáveis é a capacidade de ser movida de uma parte do muro de cais para outras necessárias. Isto contribui em muitos para o aumento da flexibilidade de acostagem.

#### 5.3.3.3. Requisitos de área do terminal

Os terminais roll-on/roll-off têm uma característica que os diferencia relativamente à área de armazenagem comparativamente com outros tipos de terminais. Visto as cargas transportadas serem pertencentes ao grupo das cargas rolantes, o terrapleno deverá ser devidamente protegido e as superfícies na área de armazenagem bem pavimentadas de modo a permitir a boa circulação dos veículos.

No cálculo da área de estacionamento necessária existem algumas metodologias que sugerem a conversão das várias tipologias de carga em veículos automóveis, sendo os cálculos efetuados nas mesmas unidades. Após a determinação da área, uma porção desse valor final é relativo aos veículos não automóveis. Os fatores de conversão podem ser consultados no Quadro 20.

Quadro 20 – Fatores de conversão de veículos – Fonte: WaterTransportationAssistanceDirectorate, DepartmentofTransport

Tipo de Veículo	Fator de Conversão
Automóvel	1
Pequeno camião	1
Camião	2
Camião-trailer	3
Autocarro	2
Autocaravana	2

A área requerida para o estacionamento das cargas rolantes pode ser determinada através do ábaco 1 de planeamento dos terminais roll-on/roll-off proposto pela ONU, do Anexo-A6. Este ábaco relaciona a capacidade de retenção de veículos necessária com a área de estacionamento a disponibilizar excluindo as áreas de acesso. Os requisitos típicos, excluindo a área de acesso, para os diferentes tipos de cargas estão dispostos no Quadro 21.

Quadro 21 – Requisitos típicos de área em função da tipologia de carga – Fonte: UNCTAD, 1985

Tipologias de Carga		Área/veículo [m <sup>2</sup> ]
Pesados	Camião Articulado (15 m)	46.5
	Camião Rígido (16 ton)	26.5
Automóveis	Grande	15.0
	Pequeno	10.0

Visto que neste tipo de terminal a movimentação das cargas no terrapleno aquando a operação de carregamento e descarregamento é efetuada sem o auxílio de equipamentos, é fundamental elaborar uma previsão adequada para a disponibilização de condições de acessibilidade e circulação satisfatórias. Assim consultando o ábaco 2, é possível determinar qual a soma da área de estacionamento e acessos em função de um fator de acesso a adotar e da área de estacionamento previamente determinada através do ábaco 1, ver Anexo-A6.

Exemplificando, um carregamento de 500 veículos automóveis pequenos deveriam necessitar de uma área de cerca de 4 000 m<sup>2</sup>, assumindo um fator de acesso de 0.2 ver ábaco 2 do Anexo-A6.

Após a determinação da área de estacionamento e acessos, segue-se a fase de previsão da capacidade de reserva, na qual é adotado um fator de segurança (exemplo 40, 50, 60 %) e depois da consulta do ábaco 3 é determinada a área total de armazenamento de carga roll-on/roll-off [ $A_{TotalRo-Ro}$ ] necessária face às condições estabelecidas, ver Anexo-A6.

O dimensionamento dos espaços deste terminal não limita apenas às áreas a disponibilizar para a armazenagem das cargas rolantes transportadas. De acordo com o que já foi mencionado anteriormente os terminais Ro-Ro e ferry têm muitos aspetos de dimensionamento em comum, como é o caso das áreas de apoio. Estas áreas englobam paragens para transportes, bilheteiras, restauração e áreas de espera, aspetos esses mais direcionados para os terminais ferry, bem como espaços para escritórios e serviços de segurança/controlo. Observando o Quadro 22, poder-se-á definir os espaços atrás explicitados de acordo com as áreas propostas (Podolak, 1978).

Quadro 22 – Síntese dos requisitos de áreas de apoio para terminais ro/ro e ferry

Instalações	Área Recomendada
<i>Paragem de Transportes</i>	
a)Taxis	7,6 m x Largura/Vaga
b)Autocarros	12,2 m x Largura/Vaga
<i>Bilheteira</i>	1,1 m <sup>2</sup> /Passageiro
<i>Áreas de Espera</i>	
a)Lugares sentados	2,3 m <sup>2</sup> /Passageiro
b)Lugares em pé	1,4 m <sup>2</sup> /Passageiro
<i>Escritórios</i>	6,0 m <sup>2</sup> /Trabalhador
<i>Serviços de Segurança</i>	
a)Escritório geral	18,6-37,2 m <sup>2</sup>
b)Estação de controlo	3,7 m <sup>2</sup>
<i>Restauração/Bares</i>	1,5 m <sup>2</sup> /Ocupante

## 5.4. TERMINAL DE CRUZEIROS

### 5.4.1. PADRÕES DE PROJETO

Os padrões de projeto para as instalações de processamento de navios cruzeiro descrito a seguir servem como referência de dimensionamento e/ou remodelações para os principais projetistas intervenientes como engenheiros portuários, arquitetos e também para as entidades gerentes dos terminais como a autoridade portuária.

Podem ser propostas alterações ou meios alternativos de dimensionamento que poderão provocar desvios em relação aos parâmetros propostos. Estas exceções resultam por vezes de pareceres e reuniões com os principais interessados no projeto, líderes das operações no terminal bem como outras agências governamentais. No entanto estes aspetos são benéficos para uma bom procedimento de dimensionamento, segundo os quais podem resultar acordos mútuos sobre parâmetros e requisitos que façam variar os padrões a seguir apresentados.

Nas instalações de processamento de passageiros estão incluídos os elementos descritos no tópico 4.2.5.3 - pontes de (des)embarque, área alfandegária, área de movimentação de bagagens, área de acessibilidade e zona intermodal.

As instalações de processamento de passageiros devem ser separadas fisicamente e visualmente de áreas públicas e outras áreas externas. A separação deverá ser implementada com uma estrutura de demarcação bem definida.

#### 5.4.1.1. Classificação das instalações e terminais

Os terminais *turnaround* e de escala podem ser classificados em função das receções que efetua e a sua sazonalidade ou frequência, ver Quadro 23. Após a sua classificação tendo em consideração o historial de terminais já efetuados, é possível prever um intervalo da grandeza ao nível de macro-dimensões necessárias bem como do custo médio da construção das instalações.

Quadro 23 - Classificação dos terminais de cruzeiros – Fonte: AAPA

Classificação	Custo [Milhões €]	Dimensões [m <sup>2</sup> ]	Descrição
Instalação Temporária	7 000 €	275-950	<i>Turnaround's</i> sazonais ou de emergência
Terminal de Entrada	2,2-7,3	2 000-5500	Entrada no mercado de cruzeiros em áreas sazonais
Terminal Ocasional	5,1-10,2	4 500-7 500	<i>Turnaround</i> sazonal ou anual num porto em crescimento
Terminal de Uso Regular	8,8-25,0	7 500-11 500	Porto de origem devidamente estabelecido
Terminal de Uso Misto	>25,0	>11 500	Porto de escala ou <i>turnaround</i>

Outras das classificações possível de se fazer é associada às instalações do terminal tendo em conta o número de passageiros processados por hora de pico, ver Quadro 24. Este número de passageiros processados ou volume de pico é dependente da tipologia do navio de projeto e pode servir como critério de projeto para o estabelecimento de áreas numa etapa preliminar do procedimento de dimensionamento.

Quadro 24 – Classificação das instalações dos terminais de cruzeiros

Classificação	Volume de pico <sup>1</sup>
Pequenas Instalações	800
Instalações de Médio Porte	800-2000
Grandes Instalações	>2000

#### 5.4.1.2. Indicações para aspetos de conceção

Um projeto de dimensionamento de um terminal de cruzeiros deve seguir certas recomendações que constituem pontes fortes na conceção das instalações do terminal tais como:

- Redução do espaço no terminal – a consolidação pode reduzir os requisitos gerais de espaço, reduzindo conseqüentemente o custo de construção e operação proporcionando o conceito de economia de espaços;
- Redução do enfileiramento de passageiros – a consolidação elimina uma área de filas durante o desembarque, podendo diminuir o tempo total de desembarque;
- Redução de espaços de apoio – uma consolidação da mão-de-obra permite inerentemente uma redução de certos espaços de apoio que atualmente causam redundâncias entre entidades;
- Única agência de aprovação de projeto – a criação de uma entidade única elimina de certa forma a dificuldade normalmente presente para que os projetistas e entidades portuárias obter a aprovação de várias agências diferentes durante o processo de projeto e construção. Assim o tempo associado a atrasos desse processo é reduzido significativamente.

<sup>1</sup> Número de passageiros processados por hora de pico

## 5.4.2. DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS DO TERMINAL

Nos terminais de cruzeiro como já foi referido anteriormente os principais elementos a dimensionar são (a) Pontes de embarque/desembarque, (b) Área de acessibilidade, (c) Zona intermodal, (d) Zona alfandegária e por último (e) Área de movimentação de bagagens. De seguida serão abordados os elementos enumerados previamente e após uma descrição são referidas indicações e diretrizes para o projeto dos mesmos.

## a. Pontes de embarque/desembarque

As pontes de embarque ou desembarque são os elementos do terminal de cruzeiros que estabelecem a ligação dos passageiros entre o navio e terra e vice-versa. Assim estes elementos fazem parte integrante em todo o processo de dimensionamento do terminal e não podem ser considerados apenas um mero equipamento. Um sistema de pontes de (des)embarque podem reduzir bastante a área do terminal e consequentemente a poupança nos custos de construção.

Quanto às tipologias existem à disposição do projetista podem dividir-se em dois grupos, as pontes de acesso múltiplo e simples. No Quadro 25 apresentam-se as principais tipologias de pontes bem como uma breve descrição/observação.

Quadro 25 - Principais tipologias e observações das pontes de embarque/desembarque existentes

Grupo	Tipologia	Descrição/Observações
Múltiplo	Switch-back	Normalmente aplicadas em situações que a área limite dos passadiços é estreita ou apertada ( $Largura < 12$ m) permitindo variar as alturas de elevação e as localizações horizontais das portas de acesso
	DoubleSwitch-back	Implementadas em situações em que a área limite dos passadiços é significativa ( $12 < Largura < 15$ m) possuindo maior capacidade de adaptação às portas de acesso dos navios
	Lift	A sua aplicação é idealizada para terminais em que dada a sua localização se verifiquem grandes variações do nível das marés possibilitando a adaptação ao nível das águas através de rampas ajustáveis
Simple	Fixa ou Pivot	Permitem a adaptação aos vários locais de portas de acesso dos navios cruzeiro através da rotação do passadiço

Para aumentar o conforto dos passageiros aquando da sua circulação nestes elementos até ao espaço dos serviços de apoio do terminal, geralmente são envidraçados constituindo assim uma manga, promovendo uma maior orientação no embarque e desembarque dos passageiros. Relativamente aos requisitos técnicos, estes elementos necessitam de compreender aspetos de resistência ao vento, estabilidade e segurança na sua construção e operacionalidade.

Na Figura 82 encontram-se representadas as diferentes tipologias de pontes de (des)embarque ordenadas de acordo com o Quadro 25.



Figura 82 - Diferentes tipologias de pontes de (Des)embarque ordenadas de acordo com o Quadro 25– Fonte: Boards.cruisecritic.com

Dimensionamento:

As pontes de embarque ou desembarque afetam o projeto das instalações do terminal, sendo as principais questões de dimensionamento o número e o tipo de elementos a colocar no terminal bem como o custo de investimento na compra dos elementos. Geralmente as entidades gestoras do terminal investem significativamente em pontes (des)embarque em terminais *turnaround* com um tráfego de mais de 50 dias por ano com receções de navios ou em terminais de escala em que as variações do nível das marés são elevadas. Normalmente implementam-se 2 pontes por cada navio com mais de 3.000 passageiros. Quanto à tipologia escolhida deve ser de acordo com o espaço fornecido pela área de acessibilidade e as portas de acesso dos navios cruzeiro.

b. Área de acessibilidade

A área de acessibilidade ou área limite dos passadiços é a zona onde as pontes de (des)embarque se deslocam e constituem um espaço cujas dimensões condicionam a operacionalidade das pontes. Através de uma forma similar à área de *apronns* terminais de contentores, a área de acessibilidade é simplesmente definida por uma dimensão vertical e horizontal (ver Figura 83).

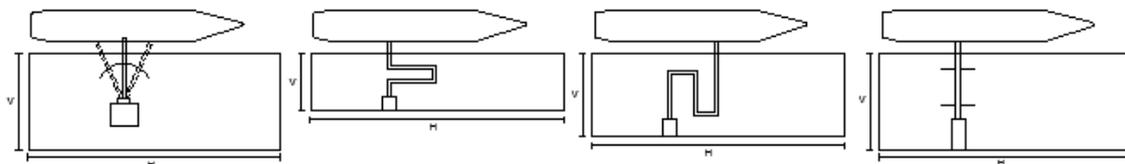


Figura 83 – Diferentes áreas de acessibilidade condicionadas pelo tipo de passadiço

A máxima área é aquela que possui o maior intervalo de dimensões verticais e horizontais, sendo aquela que permite o acesso ao maior número de portas laterais dos navios e a maior flexibilidade para operações futuras. Devido à presente dificuldade na previsão de mecanismos a longo prazo de forma precisa, esta área deve ser suficientemente flexível para acomodar diferentes geometrias de navios.

Dimensionamento:

A inclinação ou declive existente após a construção do pavimento deste espaço deverá estar limitado a um valor máximo sendo nos EUA 1 vertical para 12 horizontal. No entanto, os níveis de maré e a ondulação que se verifica na localização do terminal afetam os valores da inclinação.

As dimensões verticais e horizontais estão condicionadas pela escolha da tipologia da ponte e do navio de projeto respetivamente. No caso da escolha do passadiço se efetuar primeiramente em relação ao dimensionamento da área de acessibilidade, a dimensão vertical a adotar será a necessária de modo a permitir a circulação longitudinal dos passadiços no intervalo de comprimento do navio. Já na ocorrência do processo se verificar ao contrário, ou seja, o dimensionamento do *apron* ser precedente à escolha dos passadiços, a dimensão horizontal está diretamente ligada ao comprimento do navio de projeto sendo que a vertical é desconhecida. Tendo por base regras empíricas, que ditam um mínimo de 1,3 m<sup>2</sup> de área de acessibilidade por cada passageiro que (des)embarque, e conhecendo o comprimento do navio de projeto é possível determinar a dimensão vertical ou profundidade de *apron* para um processamento dos passageiros sem dificuldades.

$$D_{Ver} = N_{Pass.} \times \frac{A_{Min}}{D_{Hor}} \quad (5.21)$$

Onde:

- $D_{Ver}$  – Dimensão vertical da área de acessibilidade [m];
- $N_{Pass.}$  – Número de passageiros previsto que (des)embarcam [-];
- $A_{Min}$  – Área mínima recomendada para um bom funcionamento do *apron* [1,3 m<sup>2</sup>/passageiro];
- $D_{Hor}$  – Dimensão horizontal da área de acessibilidade, adota-se normalmente o comprimento do navio de projeto [m].

### c. Zona intermodal

A zona intermodal constitui a primeira e a última experiência dos passageiros e define-se como o espaço no qual os passageiros dos navios cruzeiros possam fazer a interface com os transportes terrestre como autocarros, metro e táxis e vice-versa. Assim no layout final de um terminal de cruzeiros o projetista deve prever uma área na qual os passageiros possam ter acesso aos transportes, inserindo o terminal na rede de transportes da cidade. Isto permitirá ao passageiros no caso de escalas dos navios, circular livremente pela cidade ou no caso dos terminais *turnaround* ter meios de transporte para se deslocar do aeroporto ou estação de comboio até ao terminal de maneira a embarcar no cruzeiro.

Em certos casos devido à localização remota do terminal, como é o caso do terminal de cruzeiros do porto de Leixões, a tarefa de conexão com os meios de transporte é extremamente difícil. Por isso equacionam-se outros tipos de ligação, a implementação de elétricos sob carris é uma das possibilidades.

Dimensionamento:

O princípio da acessibilidade deve estar presente em qualquer zona intermodal, fazendo a interface entre o terminal de cruzeiros e a cidade na qual está localizado. Em determinadas situações o tipo de veículos que podem aceder a esta zona está condicionado pelas condições locais, nomeadamente o espaço para implantação das vias de circulação.

Quando se prevê a implementação de vias de circulação motorizada com dois sentidos, em consideração com o que foi projeto para o novo terminal de Leixões, o perfil-tipo para a faixa de rodagem, é composto por duas vias com 3 m cada possibilitando sempre o cruzamento de veículos ao longo do seu desenvolvimento. A velocidade deve estar limitada a 30 km/h de maneira que a circulação dos veículos se efetue em segurança (Silva *et al*, 2008).

Após o desembarque os turistas provenientes do navio cruzeiro, têm gosto de conhecer a cidade, monumentos históricos, parques, efetuar compras, circular de um modo geral pelos espaços públicos. Estas atividades turísticas podem não ser executadas a título próprio pelos passageiros, ou seja, existem companhias que já incluem atividades-extra no pacote da viagem. Isto faz com que geralmente os passageiros se movimentem em autocarros, logo o terminal de cruzeiros deve estar munido de um estacionamento para os veículos, sendo estabelecido um mínimo recomendável de 15-20 unidades (Levis, 2007). No terminal de cruzeiros de Leixões estão previstos 15 lugares para autocarros e 40 vagas para automóveis ligeiros, sendo o volume de pico de passageiros de 3 000.

A previsão de uma ciclovia ao longo do desenvolvimento da faixa de rodagem da circulação motorizada é uma medida normalmente aplicada, possibilitando ao público geral, mais especificamente os moradores da cidade, usufruir dos espaços e instalações do terminal como forma de atividades de lazer.

Relativamente á inserção de transportes públicos como o metro pode dizer-se que é de um grau de complexidade elevado. Isto porque a rede da cidade já está programada e planeada, dificultando a inclusão da mais uma estação no contexto geral. No entanto é uma das possibilidades de estender o acesso facilitado dos passageiros a toda a cidade.

#### d. Zona alfandegária

Antes de entrar nas instalações do terminal, todos os passageiros, independentemente do país de origem, devem passar por uma triagem de segurança. Após este processo de segurança os passageiros terão permissão para entrar nas instalações do terminal, proceder ao levantamento da bagagem ou circulação até á zona intermodal. Os procedimentos de controlo de segurança são efetuados na zona alfandegária.

Atualmente as especificações para o projeto destas instalações, não aconselham que a área relativa às inspeções possa ter um uso compartilhado durante os períodos onde não existem receções de navios cruzeiro. Isto faz com que:

- Exista uma subutilização do espaço das instalações que poderiam ser aproveitadas para usos alternativos que resultariam em receitas adicionais;
- Muitos portos não possam compensar o custo de construção de terminais com implementação de usos alternativos nas épocas baixas;
- Alguns dos espaços da área de inspeção são usados com baixa intensidade, podendo ser compartilhados com outros utilizadores do terminal.

No entanto como se tratam apenas de diretrizes, não tendo caracter obrigatório, podendo ser sujeitas a ajustes, apresentam-se de seguida algumas recomendações para a disposição das áreas de segurança. Assim é proposta uma classificação dos espaços segundo níveis de segurança, de maneira que seja possível em determinados casos o uso compartilhado de algumas áreas, oferecendo cumulativamente segurança e rentabilização de espaços.

A classificação é a seguinte:

- Nível I – Baixo nível de segurança requerido: Locais dentro da área de inspeção que durante a época baixa possam ser utilizados por público geral que circula no terminal, permitindo o uso alternativo;
- Nível II – Nível médio de segurança requerido: Conjunto de espaços acessíveis apenas às equipas de operações de inspeção com devida identificação;
- Nível III – Alto nível de segurança requerido: Grupo de espaços dentro da área de inspeção que exigem um elevado nível de segurança, sendo acessíveis apenas aos oficiais das operações de fiscalização.

Dimensionamento:

A área de controlo de segurança é dividida por vezes em duas partes, primeiramente os passageiros e a respetiva bagagem são submetidos à fiscalização por partes dos operadores de segurança e no caso de ser encontrada alguma irregularidade, existe a movimentação desse passageiro para um espaço nas proximidades para uma avaliação mais profunda.

Tendo em consideração esta divisão, na primeira área de controlo é prevista a instalação de dispositivos controladores como detetores de metais e scanners raios-x para fiscalização da bagagem dos passageiros. O mínimo recomendável são 5 unidades conjuntas por cada 1000 passageiros processados (Levis, 2013). Porém área recomendada por cada passageiro processado num terminal de cruzeiros é 1,2 m<sup>2</sup>, sendo possível ter uma previsão do espaço necessário para uma execução correta e sem dificuldades do controlo de segurança (Tewes, 2012).

Um aspeto de grande importância é a conceção da área de inspeção alfandegária de forma a que os passageiros não a possam ignorar ou a própria fiscalização interagir com o público.

e. Área de movimentação de bagagens

Após as verificações de segurança na área alfandegária os passageiros passam a uma área que se denomina por área de movimentação de bagagens no caso de check-in ou em caso de check-out recolhem a sua bagagem neste espaço e deslocam-se até à área alfandegária. Ou seja, este espaço destina-se ao levantamento ou entrega das bagagens dos passageiros. Normalmente são implantados alguns tapetes rolantes onde nos quais circulam as bagagens à semelhança dos aeroportos.

No planeamento do projeto de terminais de cruzeiros a área de movimentação de bagagens será a maior área no programa final. Isto porque para além da área necessária à circulação das bagagens, corredores e elementos de circulação vertical, são ainda adicionados serviços de segurança, sanitários e possivelmente serviços de restauração.

Dimensionamento:

Na área de movimentação de bagagens surgem dois grandes aspetos a ter em conta no dimensionamento, os tapetes rolantes e a área de circulação dos passageiros com a bagagem. A utilização dos tapetes provoca uma diminuição do custo de exploração, economia de espaço e organização na distribuição da bagagem. Segundo indicações bibliográficas com base em regras empíricas, é necessário 1 tapete rolante por cada 600 bagagens (Levis, 2013). No que diz respeito ao dimensionamento da área de circulação de bagagens, é recomendado um critério de dimensionamento que dita 1 m<sup>2</sup> por cada passageiro processado (Tewes, 2012). Assim o navio de projeto terá influência significativa no dimensionamento desta área, estabelecendo o pico de passageiros que se verificará nas instalações do terminal.



## 6

## APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DAS METODOLOGIAS

### 6.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo destina-se à validação das metodologias de dimensionamento dos terminais propostas no capítulo anterior. Para cada uma das quatro tipologias de terminais estudadas foram selecionados casos de estudo.

Na validação das metodologias de dimensionamento de terminais de contentores foi efetuada uma aplicação aos terminais do porto de Leixões e ao terminal do porto de Luanda, relativamente aos granéis sólidos o caso de estudo foi o terminal do porto de Sines. Quanto aos procedimentos associados ao dimensionamento de terminais roll-on/roll-off foram aplicados ao terminal do porto de Setúbal e ao terminal do porto de Lisboa. Por último a validação das metodologias de dimensionamento dos terminais de cruzeiros foi efetuada com a aplicação ao novo terminal do porto de Leixões. No Quadro 26 é apresentada uma síntese dos terminais submetidos à aplicação dos procedimentos de dimensionamento.

Quadro 26 – Síntese dos terminais submetidos à aplicação das metodologias de dimensionamento

Porto	Terminais Analisados			
	Contentores	Granéis	Ro-Ro	Cruzeiros
Leixões	✓	-	-	✓
Luanda	✓	-	-	-
Sines	-	✓	-	-
Setúbal	-	-	✓	-
Lisboa	-	-	✓	-

Os resultados finais provenientes da aplicação das metodologias foram comparados com os dados existentes na atualidade, sendo tecidas algumas observações. No que diz respeito à recolha de dados dos terminais já existentes, foi efetuada de três formas – acesso a dados de projeto, fichas técnicas dos terminais e ferramentas Google.

## 6.2. APLICAÇÃO AOS TERMINAIS DE CONTENTORES DO PORTO DE LEIXÕES

### 6.2.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE LEIXÕES

O porto de Leixões está localizado no Norte de Portugal na foz do Rio Leça, próximo da cidade do Porto sensivelmente a 3,2 km a norte da foz do Rio Douro. Este porto desempenha um papel estratégico no transporte marítimo português sendo o principal ponto de trocas comerciais no Norte do país.

Para a carga contentorizada o porto apresenta dois terminais, o Terminal de Contentores Norte e o Sul. Desde de Dezembro de 1999 e por um período de 25 anos, estes terminais foram concessionados à empresa TCL – Terminal de Contentores de Leixões SA ([www.apdl.pt](http://www.apdl.pt)).

### 6.2.2. REQUISITOS DOS TERMINAIS DE CONTENTORES

A recolha de dados foi maioritariamente obtida através das fichas técnicas dos terminais disponíveis na plataforma web da APDL. Foram assim recolhidos os dados necessários relativos aos requisitos dos cais, capacidade do terraplano, bem como dos equipamentos de cais, de transporte horizontal e da área de armazenagem dos dois terminais existentes.

#### 6.2.2.1. Requisitos de cais

No Quadro 27 são apresentadas as exigências dimensionais do cais dos dois terminais de contentores do porto de Leixões que serviram para uma posterior comparação com os resultados obtidos através da aplicação das metodologias. A obtenção destes dados foi efetuada com a consulta das fichas técnicas dos terminais na plataforma web da APDL.

Quadro 27 – Requisitos dimensionais dos cais dos terminais de contentores

	Exigências	
Terminal Norte	Comprimento	360 m
	Fundos	- 10 m (Z.H.L)
Terminal Sul	Comprimento	540 m
	Fundos	- 12 m (Z.H.L)

Na zona adjacente ao muro de cais encontra-se a área de *apron*, sendo também um espaço alvo de dimensionamento. Através da medição de distâncias com ferramentas Google, obtiveram-se as seguintes larguras, perpendiculares ao cais relativas à área de *apron*, apresentadas no Quadro 28.

Quadro 28 -Larguras associadas à área de *apron* dos terminais de contentores

Apron	Dimensão [m]	
	Terminal Norte	Terminal Sul
TOTAL	45,0	50,7

No entanto para efeitos de cálculo e dimensionamento aplicando as metodologias são necessários outros dados, ver Quadro 29. Para a determinação destas variáveis foram seguidos indicadores propostos por alguma bibliografia e indicações provenientes das operações nos terminais do porto de Leixões.

Quadro 29 – Definição de variáveis precedentes ao cálculo de dimensionamento do cais

Variável	Valor	Observações
$T_{(Des)Amarração}$ [h]	2,5	Média dos valores pertencentes ao intervalo [2 – 3 h] proposto na bibliografia de Mohseni, 2012
$S_p$ [TEU]	850	Valor determinado de modo a que o tempo médio de estadia dos navios no terminal (site da APDL) igualar o tempo total de serviço
$Q_{rg}$ [TEU/h]	60	Tendo em conta as características dos guindastes de cais referidas pela TCL e os rendimentos dos equipamentos no Anexo-A2
$W_{tg}$ [-]	0,65	Assumido de acordo com o intervalo [0,65 – 1] é o valor condicionante para o dimensionamento
$D_t$ [-]	0,3	Baseado no tempo médio de espera dos navios após acostagem nos terminais e a relação com o tempo total de estadia dos mesmos
$T_d$ [h/dia]	24	Os terminais do porto de Leixões estão operacionais em full-time, ou seja, 24 h nos 7 dias da semana
$N_{ds}$ [UN]	7	
$N_N$ [UN]	26	No ano de 2013 o porto de Leixões recebeu cerca de 1339 navios porta-contentores, o que resulta numa média diária de 26 navios
$L_N$ [m]	180/275	Estes valores são relativos ao terminal norte e sul respetivamente, tendo sido determinados em função do calado disponível em cada terminal
$\Delta_A$ [m]	10	Valor mínimo pertencente ao intervalo [10 – 20 m] proposto anteriormente (Agerschouet <i>al</i> , 2004)
$L_C$ [m]	190/285	Resultado do somatório do comprimento médio dos navios com o espaçamento de atracação definidos anteriormente
$P_{Cais}$ [%]	17,5	Em função do intervalo [15 – 20] proposto por Mohseni (2012) foi admitido o valor médio do intervalo
$U_{Cais}$ [%]	49	Consultando os indicadores de serviço da APDL relativos ao ano de 2013, este foi o valor médio da ocupação do cais
$f_u$ [-]	1,5	Calculado em função do número de vagas disponíveis no terraplano em TEU's e o correspondente número de contentores

#### 6.2.2.2. Requisitos de equipamentos

Através da consulta da plataforma web da empresa TCL foi possível conhecer as características e o número de equipamentos requeridos nas diferentes áreas operacionais, ver Quadro 30. No terminal Norte, o sistema de operações adotado é composto por *RMG's&TTU's*, contudo no terminal Sul o sistema é composto por uma fusão de dois sistemas, assim é constituído por *RMG's&Reachstacker&TTU's*.

Quadro 30 – Requisitos e exigências de equipamentos nos terminais de contentores

	Exigências de Equipamentos			
	Pórtico de Cais	RMG's	TTU's	Reachstacker
Terminal Norte	2	5	10	-
Terminal Sul	3	7	14	4

### 6.2.2.3. Requisitos da capacidade do terraplano

Relativamente aos dados e requisitos da capacidade do terraplano, a capacidade de movimentação anual, o número de vagas e a área total do terminal foram obtidos através da consulta do sítio da APDL, ver Quadro 31. Quanto à altura de empilhamento e a área de armazenagem foram determinadas usando as ferramentas Google.

Quadro 31 – Requisitos da capacidade do terraplano de armazenagem

	Terminais	Norte	Sul
Capacidade de Movimentação [TEU/ano]	250 000	350000	
Número de Vagas [TEU]	4 000	15 000	
Altura de Empilhamento [Contentor]	4	5	
Área de armazenagem [ha]	2,6	6,1	

À semelhança do procedimento de dimensionamento do cais dos terminais, para a determinação da capacidade do terraplano são necessários dados adicionais, ver Quadro 32. Estes dados englobam o fator de transbordo do terminal, o fator de pico semanal do terraplano e a duração de permanência dos contentores na área de armazenamento.

Quadro 32 - Definição de variáveis precedentes ao cálculo de dimensionamento da capacidade do terraplano

Variável	Valor	Observações
$\mu$ [-]	0,10	Nestes terminais são previsíveis níveis reduzidos de transbordo de contentores, assim foi admitido um valor condizente com a situação
$P_T$ [%]	20/50	Esta variável assume um carácter de grande influência na determinação do número de vagas a disponibilizar. Considerando a grandeza do terminal sul em relação ao norte, prevê-se um fator de pico semanal superior para o mesmo
$T_d$ [dias]	27	Juntamente com a variável anterior possui uma grande preponderância no dimensionamento. Admitiu-se a duração de permanência dos contentores vazios, que constitui o valor condicionante para o processo de cálculo

### 6.2.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA

No Quadro 33 é apresentada uma síntese dos resultados obtidos para o terminal Norte e Sul, após a aplicação das metodologias de dimensionamento, estabelecendo um ponto comparativo com os requisitos enumerados anteriormente. O procedimento de cálculo detalhado é apresentado na Folha 1 e 2 do Anexo-A7.

Quadro 33 – Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal Norte e Sul

Secção	Terminal Norte		Terminal Sul	
	Real	Obtido	Real	Obtido
Comprimento de Cais [m]	360	364	540	547
Largura de <i>Apron</i> [m]	45	60,5	50,7	60,5
Vagas [TEU]	4 000	4 041	15 000	13 297
N. Equipamentos [UN]	P.Cais	2	2	3
	RMG's	5	4	7
	TTU's	10	10	14
	Reachstacker's	-	-	4
Área de armazenamento [ha]	2,6	2,3	6,1	6,0

Comparando os resultados obtidos pela aplicação das metodologias com os requisitos dos terminais, pode-se dizer que de forma geral são bastante semelhantes. No dimensionamento do comprimento do cais, as diferenças poderão ser explicadas pela possível utilização de fatores de produtividade ou rendimentos dos guindastes que não condizem na perfeição com os verificados na realidade operacional. Quanto à largura de *apron*, a dimensão do equipamento de cais assume um papel fundamental no dimensionamento desse espaço, mais especificamente na distância entre carris necessária. Daí existir alguma diferença de resultados.

Já na secção referente à determinação do número de vagas em TEU's a disponibilizar no terrapleno, os fatores de pico semanais e o fator de transbordo verificados na realidade operacional poderão explicar as diferenças existentes. Relativamente ao número de equipamentos a implementar no terminal, tendo em conta os sistemas de operações adotados, existem pequenos desvios em relação aos requisitos. Por último na área de armazenamento necessária o fator de unidade é determinante para o seu dimensionamento visto influenciar significativamente a área média da base do contentor.

### 6.3. APLICAÇÃO AO TERMINAL DE CONTENTORES DO PORTO DE LUANDA

#### 6.3.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE LUANDA

A construção do porto de Luanda foi uma das necessidades impostas pelo desenvolvimento económico e industrial de Angola. A primeira intervenção, no que diz respeito a obras portuárias, foi efetuada em junho de 1945. Desde então o porto de Luanda conheceu várias obras visando a sua expansão e adequação às necessidades da economia angolana. As condições da baía em que se encontra localizado tornam o porto excecional ([www.portoluanda.co.ao](http://www.portoluanda.co.ao)).

A carga contentorizada é transacionada no terminal de contentores estando grande parte da área do mesmo concessionada à SOGESTER, entidade gestora do terminal.

#### 6.3.2. REQUISITOS DO TERMINAL DE CONTENTORES

Relativamente à recolha de dados para a aplicação dos procedimentos de dimensionamento, foi notada a ausência de diversos parâmetros na consulta da ficha técnica do terminal na plataforma web da administração do porto. Através da mesma foram obtidos apenas os dados quanto à profundidade dos

fundos e capacidade de movimentação anual. Os restantes requisitos foram medidos ou retirados de outras fontes.

### 6.3.2.1. Requisitos de cais

No Quadro 34 são apresentadas as exigências dimensionais do cais do terminal de contentores do porto de Luanda que serviram para uma posterior comparação com os resultados obtidos através da aplicação das metodologias. O comprimento de cais foi obtido através de uma medição via fotografia aérea, sendo que a cota dos fundos foi retirada da ficha técnica do terminal.

Quadro 34 – Requisitos dimensionais do cais do terminal de contentores do porto de Luanda

	Exigências	
Terminal Contentores	Comprimento	1200m
	Fundos	- 12,5m (Z.H.L)

Através da medição de distâncias com ferramentas Google, obteve-se a seguinte largura perpendicular ao cais relativa à área de *apron*, apresentada no Quadro 35.

Quadro 35 -Largura associada à área de *apron* do terminal de contentores do porto de Luanda

Apron	Dimensão [m]
	Terminal SOGESTER
TOTAL	45,0

Para efeitos de cálculo e dimensionamento, à semelhança da aplicação efetuada aos terminais Norte e Sul do porto de Leixões, são necessários outros dados, ver Quadro 36. Para a determinação destas variáveis foram seguidos indicadores propostos por alguma bibliografia e indicações provenientes das operações no terminal de contentores do porto de Luanda.

Quadro 36 – Definição de variáveis precedentes ao cálculo de dimensionamento do cais

Variável	Valor	Observações
$T_{(Des)Amarra\ ç\tilde{a}o}$ [h]	2,5	Média dos valores pertencentes ao intervalo [2 – 3 h] proposto na bibliografia de Mohseni, 2012
$S_p$ [TEU]	1300	Assumindo que a dimensão da parcela movimentada é um terço da capacidade média dos navios rececionados
$Q_{rg}$ [TEU/h]	25	Tendo em conta as características dos guindastes de cais referidas na ficha técnica e os rendimentos dos equipamentos no Anexo-A2
$W_{tg}$ [-]	0,65	Assumido de acordo com o intervalo [0,65 – 1] é o valor condicionante para o dimensionamento
$D_t$ [-]	0,3	Admitindo que um terço do tempo total de serviço é devido ao tempo de espera dos navios, ou seja, inatividade
$T_d$ [h/dia]	24	Os terminais do porto de Luanda estão operacionais em full-time, ou seja, 24 h nos 7 dias da semana
$N_{ds}$ [UN]	7	

$N_N$ [UN]	35	Valor médio proposto com base nos registos verificados na plataforma web da Marine Traffic ( <a href="http://www.marinetraffic.com.pt">www.marinetraffic.com.pt</a> )
$L_N$ [m]	280	Este valor foi determinado em função do calado disponível máximo verificado no terminal de contentores
$\Delta_A$ [m]	10	Valor mínimo pertencente ao intervalo [10 – 20 m] proposto anteriormente (Agerschouet <i>et al</i> , 2004)
$L_C$ [m]	290	Resultado do somatório do comprimento médio dos navios com o espaçamento de atracação definidos anteriormente
$P_{Cais}$ [%]	17,5	Em função do intervalo [15 – 20] proposto por Mohseni, 2012, foi admitido o valor médio do intervalo
$U_{Cais}$ [%]	50	Valor admitindo pressupondo que apenas metade do comprimento de cais será ocupado
$f_u$ [-]	1,4	Calculado em função do número de contentores movimentados anualmente e a movimentação anual em TEU's

### 6.3.2.2. Requisitos de equipamentos

Através de uma contagem efetuada via fotografia aérea foi possível identificar o número de pórticos de cais existentes no terminal, ver Quadro 37. No entanto, devido à ausência de dados tanto na ficha técnica como em outras fontes, não foram determinadas as exigências relativamente aos equipamentos a dispor no terraplano de armazenagem e no transporte horizontal de contentores.

Quadro 37 – Requisitos e exigências de equipamentos de cais no terminal de contentores do porto de Luanda

	Pórtico de Cais [UN]
Terminal de Contentores	12

### 6.3.2.3. Requisitos da capacidade do terraplano

Quanto aos dados e requisitos da capacidade do terraplano, a capacidade de movimentação anual foi obtida através da consulta do sítio da administração do porto de Luanda, ver Quadro 38. Já a altura de empilhamento e a área de armazenagem foram determinadas usando as ferramentas Google.

Quadro 38 – Requisitos da capacidade do terraplano de armazenagem do terminal de contentores do porto de Luanda

Terminal de Contentores	
Capacidade de Movimentação [TEU/ano]	1 200 000
Altura de Empilhamento [Contentor]	3
Área de armazenagem [ha]	26

Antes da aplicação dos procedimentos de cálculo e dimensionamento dos parâmetros relativos ao terraplano de armazenagem, é necessário definir algumas variáveis, nomeadamente o fator de transbordo, o fator de pico semanal do terraplano e a duração de permanência dos contentores no

terminal. No Quadro 39 são apresentados os valores admitidos e algumas observações tidas em consideração.

Quadro 39 - Definição de variáveis precedentes ao cálculo de dimensionamento da capacidade do terraplano

Variável	Valor	Observações
$\mu$ [-]	0,25	Visto que o terminal constitui uma das principais portas comerciais de Angola e dos países em redor, foi admitido que num quarto dos contentores movimentados é efetuado transbordo
$P_T$ [%]	50	Esta variável assume um carácter de grande influência na determinação do número de vagas a disponibilizar. Considerando uma possível grande afluência semanal foi assumido um valor de 50%
$T_d$ [dias]	25	Juntamente com a variável anterior possui uma grande preponderância no dimensionamento. Admitiu-se a duração de permanência dos contentores vazios com base em dados de outros terminais (Mohseni, 2012)

### 6.3.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA

No Quadro 40 é apresentada uma síntese dos resultados obtidos terminal de contentores do porto de Luanda após a aplicação das metodologias de dimensionamento. O procedimento de cálculo detalhado é apresentado na Folha 3 do Anexo-A7.

Quadro 40 – Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal de contentores do porto de Luanda

Secção	Terminal de Contentores	
	Real	Obtido
Comprimento de Cais [m]	1200	1284
Largura de <i>Apron</i> [m]	45	60,5
N. Pórticos de Cais [UN]	12	10
Área de armazenamento [ha]	26	27

Genericamente os resultados obtidos estão de acordo com os requisitos apresentados pelo terminal em análise. A pequena diferença verificada no comprimento de cais poderá ser explicada utilização de fatores de produtividade bem como rendimentos dos guindastes que não condizem com os que existem na realidade. Não esquecendo também que o comprimento requerido foi determinado através de uma medição e não da ficha técnica do terminal. A largura de *apron* apresenta uma diferença considerável, sendo que a justificação para tal está relacionada com o facto dos guindastes existentes no cais serem do tipo móvel, não havendo zona de carris, reduzindo assim a largura necessária.

A definição das variáveis precedentes ao cálculo e dimensionamento da capacidade do terraplano tem uma grande influência na determinação da área de armazenamento necessária. No entanto o resultado obtido encontra-se muito próximo do requisito apresentado pelo terminal.

## 6.4. APLICAÇÃO AO TERMINAL DE GRANÉIS DO PORTO DE SINES

### 6.4.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE SINES

O porto de Sines fica localizado na zona Sudoeste da costa portuguesa a 150 km da capital Lisboa, pertencendo ao cruzamento das principais rotas marítimas internacionais Ibero-Atlânticas. É um porto de águas profundas que apresenta condições naturais ímpares na costa portuguesa para acolher todos os tipos de navios. Dadas as suas características próprias de proteção natural e a liberdade em relação a pressões urbanas, o porto foi crescendo, constituindo hoje a principal porta de abastecimento energético do país (petróleo e derivados, carvão e gás natural).

Quanto à movimentação de cargas sob a forma de graneis sólidos, o porto apresenta o Terminal Multipurpose de Sines (TMS). Iniciou a exploração em 1992 em regime de concessão de serviço público à empresa Portsines e está essencialmente vocacionado para a movimentação de carvão para as centrais termoelétricas nacionais, constituindo um terminal de importação ([www.portodesines.pt](http://www.portodesines.pt)).

### 6.4.2. REQUISITOS DO TERMINAL DE GRANÉIS

Através da consulta da plataforma web da administração do porto de Sines foi possível recolher uma pequena parte dos dados para o procedimento de cálculo mais especificamente a profundidade da água, rendimentos dos equipamentos de descarregamento e taxa de movimentação anual de carvão. Os restantes foram adquiridos através da utilização das ferramentas Google.

#### 6.4.2.1. Requisitos de cais

No Quadro 41 são apresentadas as exigências dimensionais do terminal que movimenta as mercadorias em granel sólido, nomeadamente o carvão. A informação relativa aos fundos acostáveis foi retirada da ficha técnica do terminal disponível na plataforma web do porto de Sines. No entanto o comprimento de cais foi medido através de ferramentas Google.

Quadro 41 - Requisitos dimensionais do cais do Terminal Multipurpose

	Exigências
Comprimento de cais	350 m
Fundos	- 18 m (Z.H.L)

#### 6.4.2.2. Requisitos de equipamentos

Visto que este terminal se destina à importação de carvão para o abastecimento das centrais termoelétricas, os equipamentos de movimentação das mercadorias no cais são de operações de descarga. Assim, consultando a ficha técnica do terminal foi possível definir os requisitos ao nível do rendimento dos equipamentos instalados. O terminal está equipado com dois pórticos de garras no cais com uma capacidade de movimentação de 2 000 t/h cada unidade.

#### 6.4.2.3. Requisitos da área de armazenagem

Os aspetos analisados no que diz respeito aos requisitos de área de armazenagem englobam o dimensionamento propriamente dito do terraplino de armazenagem, a determinação das características das pilhas do material, como o comprimento e largura necessários e por último a área total do terminal a dispor, ver Quadro 42.

Quadro 42- Requisitos da área de armazenagem do terminal Multipurpose

		Exigências
Taxa de transferência anual [ton/ano]		4 600 000
Área de armazenagem [ha]		19
Pilhas	Número [-]	3
	Comprimento [m]	540
	Largura [m]	100
Área total do terminal [ha]		44

Parte dos requisitos foram obtidos consultando as fichas técnicas do terminal, no entanto, os valores da área de armazenagem e da área total do terminal foram medidos através de ferramentas Google.

No procedimento de cálculo para a determinação das características das pilhas há que definir a distância de não contaminação. Neste caso como a mercadoria é igual nas diferentes pilhas, foi adotado o valor mínimo de 2 m.

#### 6.4.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA

No Quadro 43 é apresentada uma síntese dos resultados obtidos através da aplicação das metodologias, permitindo efetuar uma comparação com os requisitos enumerados anteriormente e também no quadro. O procedimento de cálculo detalhado é apresentado na Folha 4 do Anexo-A7.

Quadro 43 - Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal Multipurpose

Secção	Real	Obtido	
Comprimento do cais [m]	350	[230 – 614]	
Fundos [m] ao Z.H.L	- 18	[16,8 – 18]	
Equipamento de descarga [t/h]	4 000	[3 000 – 4 500]	
Área de armazenagem [ha]	19	[18,4 – 31,3]	
Pilhas	Número [-]	3	
	Comprimento [m]	540	570
	Largura [m]	100	110
Área total do terminal [ha]	44	40,4	

Comparando os valores apresentados percebe-se no caso em que o resultado esteja sob a forma de intervalo o valor do requisito insere-se no mesmo ou quando é apresentado apenas um valor específico como resultado válido, ficam muito próximos dos requisitos dessa secção.

Contudo existem certas secções, nomeadamente o comprimento de cais e até mesmo a área de armazenagem, que nas quais o intervalo de valores apresentado como válido é relativamente alargado. Este resultado está relacionado com a variabilidade apresentada pelos terminais analisados na construção da metodologia de dimensionamento.

## 6.5. APLICAÇÃO AO TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF DO PORTO DE SETÚBAL

### 6.5.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE SETÚBAL

O porto de Setúbal é um porto natural localizado no estuário do Sado dispondo de condições naturais de acesso e de proteção excelentes. Quanto a acessos terrestres o porto está bem centralizado a 40 km da cidade de Lisboa por autoestrada (cerca de 40 minutos), o que facilita o trânsito rodoviário de e para os mercados e zonas industriais a norte do Tejo. As suas instalações sofreram uma evolução constante ao longo do tempo, constituindo hoje uma grande porta de trocas comerciais no panorama nacional.

A 1ª fase da construção do terminal Roll-on/roll-off em 1985 consistiu no primeiro investimento em infraestruturas portuárias dedicadas a este segmento de tráfego. Com as instalações da fábrica AutoEuropa em Palmela, as instalações do porto foram chamadas a desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento da região. Atualmente, parte da exploração do terminal está concessionada à empresa AutoEuropa, por onde é exportada grande parte da produção da indústria.

### 6.5.2. REQUISITOS DO TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF

Existiu alguma dificuldade associada à recolha de dados para a definição dos requisitos de dimensionamento do terminal roll-on/roll-off. A ficha técnica do terminal encontrou-se privada de informações úteis para a aplicação das metodologias e posteriores comparações de resultados. Isto obrigou à utilização das ferramentas Google para a medição de determinadas variáveis.

#### 6.5.2.1. Requisitos de rampas de acesso e cais

O terminal apresenta uma rampa fixa com uma largura de aproximadamente 32,5 m e um cais com 365 m de comprimento. No entanto a acostagem dos navios é efetuada no local da rampa de acesso o que inutiliza o comprimento disponível apresentado. Quanto à profundidade da água, o cais apresenta fundos a -12 m ao Z.H.L.

#### 6.5.2.2. Requisitos da área do terminal

Como já foi dito anteriormente a ficha técnica do terminal apresentava algumas lacunas de informação. Assim, a capacidade de retenção, ou seja, o número de vagas a dispor no terminal para o estacionamento dos veículos teve de ser determinada através de uma análise via fotografia aérea contando o número de lugares tendo em conta a sua delimitação sob a forma de marcas visivelmente identificáveis, ver Quadro 44. Relativamente à área total de armazenamento dos veículos foi também determinada através de medições com ferramentas Google.

Quadro 44 – Requisitos da área do terminal roll-on/roll-off

	Exigências
Tipologia de veículo [-]	Automóvel pequeno
Capacidade de retenção [UN]	5200
Área total de armazenamento [milhares m <sup>2</sup> ]	120

Para os procedimentos de cálculo é necessário estabelecer variáveis adicionais mais especificamente o fator de acesso e a capacidade de reserva a instalar no terminal, definindo-se assim 0.6 e 50% respetivamente.

### 6.5.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA

No Quadro 45 é apresentada a síntese dos resultados obtidos com aplicação das metodologias de dimensionamento sendo que o procedimento de cálculo detalhado é apresentado na Folha 5 do Anexo-A7.

Quadro 45 -Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal Roll-on/roll-off

Secção	Real	Obtido
Largura da rampa [m]	32,5	32,0
Exigências de cais [-]	-	Alternativa 3
Área total de armazenamento [milhares de m <sup>2</sup> ]	120,0	112,0

Efetuada uma breve comparação entre os requisitos e os resultados, percebe-se que os valores não são muito diferenciados. Na largura da rampa o desvio poderá ser explicado pelo erro associado à medição aérea assim como nos valores da área total de armazenamento. Ainda sobre a rampa de acesso a implementar no terminal sugere-se a implementação de uma rampa fixa de acordo com o existente na realidade, da classe A seguindo as Diretrizes ISO 6812 no que diz respeito aos declives. Quanto às exigências de cais, visto que é prevista a acostagem dos navios tendo em consideração o posicionamento da rampa, é sugerido a utilização da alternativa 3, proposta no desenvolvimento das metodologias.

## 6.6. APLICAÇÃO AO TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF DO PORTO DE LISBOA

### 6.6.1. DESCRIÇÃO DO PORTO DE LISBOA

O porto de Lisboa está localizado no estuário do rio Tejo, sendo um grande porto europeu de orientação atlântica, cuja centralidade geo-estratégica lhe confere um estatuto de relevo nas cadeias logísticas do comércio internacional. Este porto é também líder nacional no movimento de navios (em número e em Gross Tonnage) e ocupa o primeiro lugar no ranking nacional de movimentação de carga contentorizada e de graneis sólidos agro-alimentares ([www.portodelisboa.pt](http://www.portodelisboa.pt)).

Quanto à carga roll-on/roll-off é movimentada no cais avançado de Alcântara, na margem Norte do rio Tejo. A sua proximidade do centro da capital e do maior mercado de vendas de automóveis coloca este porto como o preferido de algumas marcas para a descarga das suas importações.

### 6.6.2. REQUISITOS DO TERMINAL ROLL-ON/ROLL-OFF

Consultando a ficha técnica do terminal foi possível recolher parte da informação referente aos requisitos. No entanto, a área do terminal indicada era relativa à totalidade do terminal e não apenas à área total de armazenamento. O mesmo se aplica ao comprimento de cais, sendo relativo ao terminal de Alcântara e não referente apenas à zona de movimentação de cargas rolantes. Isto obrigou a uma medição utilizando as ferramentas Google.

#### 6.6.2.1. Requisitos de rampas de acesso e cais

O terminal apresenta uma rampa fixa com uma largura de aproximadamente 30,0 m e um cais com 280 m de comprimento. No entanto a acostagem dos navios é efetuada maioritariamente no local da rampa de acesso. O comprimento de cais apresentado pode ser utilizado caso os navios Ro-Ro sejam

munidos de uma rampa própria. Quanto à profundidade da água, o cais apresenta fundos a -10 m ao Z.H.L.

#### 6.6.2.2. Requisitos da área do terminal

De acordo com o referido anteriormente a ficha técnica apresentava algumas lacunas de informação. Assim a área total de armazenamento foi obtida efetuando uma medição via fotografia aérea. A tipologia de veículo tipicamente movimentada é o automóvel ligeiro, sendo adotada uma área de 10 m<sup>2</sup> por veículo. No Quadro 46 são apresentados os requisitos da área do terminal.

Quadro 46 – Requisitos da área do terminal roll-on/roll-off

	Exigências
Tipologia de veículo [-]	Automóvel pequeno
Capacidade de retenção [UN]	600
Área total de armazenamento [milhares m <sup>2</sup> ]	15,5

À semelhança dos valores utilizados na aplicação ao terminal roll-on/roll-off do porto de Setúbal o fator de acesso e a capacidade de reserva a instalar no terminal, foram admitidos 0.6 e 50% respetivamente.

#### 6.6.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA

No Quadro 47 é apresentada a síntese dos resultados obtidos com aplicação das metodologias de dimensionamento sendo que o procedimento de cálculo detalhado é apresentado na Folha 6do Anexo-A7.

Quadro 47 -Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do terminal roll-on/roll-off

Secção	Real	Obtido
Largura da rampa [m]	30,0	32,0
Exigências de cais [-]	-	Alternativa 1
Área total de armazenamento [milhares de m <sup>2</sup> ]	15,5	13,0

Comparando os resultados obtidos através da aplicação das metodologias de dimensionamento com os requisitos apresentados pelo terminal, compreende-se que os valores são muito próximos. As medições utilizando as ferramentas Google podem explicar os desvios existentes, na largura da rampa e na área total de armazenamento. Para a implementação da rampa de acesso no terminal sugere-se a implantação de uma rampa fixa da classe A seguindo as Diretrizes ISO 6812 no que diz respeito aos declives. Quanto ao cais, visto que a acostagem dos navios é função do posicionamento da rampa do terminal sugere-se a utilização da alternativa 1, proposta no desenvolvimento das metodologias.

## 6.7. APLICAÇÃO AO TERMINAL DE CRUZEIROS DO PORTO DE LEIXÕES

### 6.7.1. DESCRIÇÃO DO TERMINAL

O projeto para o novo Terminal de Cruzeiros de Leixões foi considerado no Plano Estratégico de Desenvolvimento do Porto de Leixões, em 2004. A intervenção, a ter lugar no molhe sul do porto de Leixões foi constituída por três componentes fundamentais: obra portuária, com um novo cais, uma doca de recreio e uma doca seca com edifício de apoio; espaços de articulação com a cidade; edifício principal que para além das funções da estação de passageiros, para escala, integra espaços complementares de comércio e restauração (Silva *et al*, 2008).

### 6.7.2. REQUISITOS DO TERMINAL DE CRUZEIROS

A recolha de dados para a determinação dos requisitos do terminal tanto ao nível de cais como das zonas de processamento de passageiros teve associada alguma dificuldade. As fichas técnicas não continham a informação detalhada, necessária para o procedimento de dimensionamento, daí terem sido efetuadas algumas suposições.

#### 6.7.2.1. Requisitos de cais

Consultando um artigo técnico de desenvolvimento sobre o terminal de cruzeiros, foi possível conhecer os requisitos ao nível do muro de cais, sendo apresentados no Quadro 48.

Quadro 48 -Requisitos dimensionais do cais do Terminal de Cruzeiros

	Exigências
Comprimento de cais	360 m
Fundos	- 10 m (Z.H.L)

#### 6.7.2.2. Requisitos de processamento de passageiros

Quanto aos requisitos das zonas de processamento de passageiros, o terminal de cruzeiros está dimensionado para a receção de navios até 310 m de comprimento o que pressupõe aproximadamente um volume de 3 000 passageiros por cada navio.

Relativamente ao espaço de instalações necessário, efetuando um somatório geral das áreas a dimensionar que dizem respeito ao processamento dos passageiros propriamente dito, atinge assim os 17 000 m<sup>2</sup>(Silva *et al*, 2008).

Na zona intermodal o número de paragens de autocarros previstas para possíveis excursões são 15 vagas sendo que para o estacionamento de viaturas ligeiras disponibilizam-se cerca de 40 vagas.

### 6.7.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS E COMPARAÇÃO CRÍTICA

No Quadro 49 é apresentada a síntese dos resultados obtidos com aplicação das metodologias de dimensionamento sendo que o procedimento de cálculo detalhado é apresentado na Folha 7 do Anexo-A7.

Quadro 49 - Comparação dos resultados obtidos com os requisitos do Terminal de Cruzeiros

Secção	Real	Obtido
Comprimento de cais [m]	360	310
Fundos [m] ao Z.H.L	-10	-8,4
Área de processamento de passageiros [m <sup>2</sup> ]	17 000	10 500
Número de pontes de (des)embarque [-]	-	2
Número de vagas para autocarros [-]	15	[15 – 20]
Número de vagas para automóveis [-]	40	[30 – 50]

Comparando os requisitos apresentados pelo terminal de cruzeiros e os resultados obtidos com a aplicação das metodologias, percebe-se que existem pequenos desvios. Quanto ao comprimento de cais, a variação de 50 m resulta da não consideração das margens de atracação na popa e na proa do navio. Já nos fundos a diferença pode ser explicada pela consideração nos resultados do calado indicado no Quadro 6, respetivo ao comprimento do navio de projeto. Relativamente à área de processamento de passageiros, os valores apresentam alguma diferença, no entanto visto que existiu uma dificuldade enorme em definir o requisito, admite-se que poderão existir alguns desvios desse valor. Na determinação do número de pontes de (des)embarque como não há uma referência que indique os requisitos quanto a esta infraestrutura não é possível efetuar uma comparação. Por último os princípios da zona intermodal ditam a determinação de um número de vagas de estacionamento para autocarros e automóveis, percebendo-se que os requisitos encaixam nos intervalos propostos.



# 7

## SÍNTESE E CONCLUSÕES

### 7.1. SÍNTESE E CONCLUSÕES

O objetivo principal desta dissertação foi efetuar uma compilação de dados e recomendações para o planeamento físico de terminais portuários, através do desenvolvimento de metodologias de dimensionamento e do estudo dos processos e operações que se desenvolvem nos terminais bem como os equipamentos de movimentação de mercadorias.

Cedo se percebeu a importância do papel dos portos na sócio-economia da região na qual estão localizados. A perspectiva do aumento das dimensões dos navios em função do aumento da capacidade de transporte e a evolução do transporte marítimo mostra que os portos terão de evoluir e adaptar-se às necessidades impostas pelos mercados. No caso dos portos já construídos, muitos terão de ampliar a sua capacidade, aumentando a sua área de terraplenos, investindo em equipamentos de maior capacidade e em infraestruturas.

Através do estudo dos navios comerciais ou mercantes foi possível analisar as diferentes tipologias em função da mercadoria transportada. Após a caracterização das diferentes gerações de navios em cada tipo, percebeu-se que existem relações bem definidas entre as dimensões principais dos navios como o comprimento, calado, largura e capacidade de transporte. Comparando as projeções das dimensões realizadas compreendeu-se que a evolução esperada no passado desenvolveu-se de uma forma menos pronunciada. A influência dos navios no dimensionamento de canais de aproximação e a sua mobilidade no interior dos portos ficou provada, sendo que as dimensões dos navios de projeto são extremamente condicionantes no que diz respeito às distâncias entre estruturas, profundidades de água e largura dos canais.

O estudo das quatro tipologias de terminais analisados permitiu perceber a sua organização espacial, ou seja, as áreas específicas em que se dividem. Os rendimentos dos equipamentos e a sua capacidade de movimentação de mercadorias condicionam as operações e os processos logísticos que existem em cada terminal. Com o investimento em equipamentos de capacidade elevada, os tempos das operações reduzem-se, melhorando a eficiência e a competitividade do terminal. Quanto à escolha das estruturas de acostagem, depende das cotas dos fundos rochosos, da amplitude da maré e os equipamentos que o empreiteiro tem disponíveis para a execução da obra.

Baseadas em terminais já existentes ou em “pesquisas bibliográficas” foram propostas metodologias de dimensionamento. Nos terminais de contentores, através da relação entre os comprimentos de cais, áreas de terrapleno, número de equipamentos de cais e capacidade de movimentação anual foram estabelecidas expressões que permitem uma determinação, com um nível genérico, das características do terminal. No caso dos granéis sólidos, foram analisados alguns terminais já construídos, em que as

mercadorias movimentadas eram essencialmente o carvão e os minérios de ferro. Com isto foi possível propor intervalos no dimensionamento das variáveis. Já nos terminais roll-on/roll-off foram seguidas algumas formulações propostas, sendo possível perceber que a determinação da área de estacionamento dos veículos está sujeita à tipologia da carga rolante, não esquecendo que o fator de acesso e capacidade de reserva representam uma boa parcela na área final. As rampas, são também uma infraestrutura de enorme importância, existindo essencialmente dois tipos, responsáveis pela conexão do muro de cais ao navio. Finalmente quanto aos terminais de cruzeiros percebeu-se que a área a dimensionar é composta por várias sub-áreas relativas ao processamento de passageiros. Neste tipo de terminal, outras das infraestruturas essenciais, são também as pontes de (des)embarque e a zona intermodal.

A forma de validar as metodologias propostas foi aplicá-las ao dimensionamento de diferentes terminais, formando assim vários casos de estudo. Para o procedimento de cálculo foi necessário efetuar uma recolha de dados relativos aos requisitos de cada terminal, na qual se manifestaram algumas dificuldades. No entanto, foi possível perceber que na generalidade as formulações e recomendações propostas podem servir como diretrizes de planeamento físico dos terminais.

Para executar um dimensionamento com qualidade e eficiência é necessário conhecer tanto as características do local em que o porto e os terminais serão inseridos, assim como as características dos navios de projeto e das mercadorias a movimentar.

## **7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

As limitações temporais foram um obstáculo ao desenvolvimento deste trabalho. No entanto, conseguiu-se desenvolver as metodologias de dimensionamento com base em elementos geométricos e as recomendações para projetos futuros.

Sugere-se que nos próximos estudos semelhantes a compilação de dados e recomendações se estenda a outras tipologias de terminais, especialmente os granéis líquidos e petroquímicos bem como os terminais de carga geral, alargando assim a possibilidade de aplicação dos elementos geométricos no dimensionamento dos terminais portuários.

Para um aumento da qualidade dos dados recolhidos o levantamento das características dos terminais já construídos deverá ser alargada, tanto quantitativamente como geograficamente. Assim, com um maior número de dados disponíveis no tratamento estatístico, o rigor das expressões obtidas das dispersões de pontos seria ampliado.

Deverão ainda nos próximos estudos serem analisadas e investigadas outras metodologias para dimensionamento de terminais de cruzeiros, procurando encontrar procedimentos de cálculo para a determinação de outras áreas constituintes do terminal.

Por último, aconselha-se à elaboração de mais aplicações a casos de estudo por forma a efetuar uma validação mais precisa das metodologias propostas.

## BIBLIOGRAFIA

- Agerschou, H., Dand, I., Ernst, T., Ghos, H., Jensen, O., Korsgaard, J., Land, J., McKay, T., Oumeraci, H., Petersch, J., Runge-Schmidt, L., Svendsen, H., (2004). *Planning and Design of Ports and Marine Terminals*. JOHN WILEY & SONS, New York.
- Agerschou, H., Lundgren, H., Sorensen, T., Ernst, T., Korsgaard, J., Schmidt, L., Chi, W. (1983). *Planning and Design of Ports and Marine Terminals*. JOHN WILEY & SONS, New York.
- Böse, J., (2011). Operations system of container terminals: A compendious overview. In *Handbook of Terminal Planning*, Springer Science & Business Media, Suderburg.
- Cardoso, J. (2012). *Gestão do parque de contentores do porto de Leixões no Terminal de Contentores de Leixões, SA*. Dissertação de Mestrado, FEUP.
- Carlo, H., Vis, I., Roodbergen, K. (2013). *Storage yard operations in container terminals: Literature overview trends, and research directions*. European Journal of Operational Research, 11/11/2013, Elsevier B.V., Groningen.
- Carvalho, J. M. Crespo de. (2002). *Logística*. Edições Sílabo, Lisboa.
- Charchalis, A., Krefft, J. (2009). *Main dimensions selection methodology of the container vessels in the preliminar stage*. Journal of KONES Powertrain and Transport, 02/02/2009, Gdynia Maritime University Faculty of Marine Engineering, Gdynia.
- Dias, P. (2009). *Soluções técnicas para o rebaixamento dos fundos de cais acostáveis*. Dissertação de Mestrado, FEUP.
- EROM 02, 2006 – *Procedimiento Metodológico Participativo para la Canalización, Recogida y Difusión de Estudios y Análisis Técnico Científicos sobre los Documentos del Programa ROM*.
- Hecht, H., Pawlik, T. (2007). *Maritime Container Shipping*. Hanseatic Lloyd, Bremen.
- ISO Technical Committee 8/Subcommittee 19, 2014 – *Ships and marine technology*.
- Kemme, N., (2013). *Design and operation of automated container storage system*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.
- Kristensen, H. (2012). *Determination of regression formulas for main dimensions of tankers and bulk carriers based on IHS Fairplay data*. Journal of University of Southern Denmark, Setembro de 2012, DTU, Copenhagen.
- Levis, L., (2007). *Pre-Design of Passenger Boarding Systems*. Cruise Conference – Cayman Islands (American Association of Port Authorities), Cayman Islands.
- Levis, L., (2013). *Planning for Cruise Terminals*. Sítio da Internet (<http://www.aapa.com>). Março de 2014.
- Ligteringer, H. (2000). *Ports and Terminals*. Delft University of Technology, Delft.
- Ligteringer, H. (2009). *Port and Terminals*. Reader, Delft University of Technology, Delft.
- Lodewijks, G., Ottjes, J., van Vianen, T., (2012). *Stockyard dimensioning for dry bulk terminals*. Delft University of Technology, Outubro de 2012, TRAIL Research School, Delft.
- Merckx, F. (2011). *Container terminal management: Capacity, planning and design*. Sítio da Internet (<http://www.singaporepsa.com/>). Março de 2014.

Mohseni, N. (2012). *Developing a tool for designing a container terminal yard*. Dissertação de Mestrado, Delft University of Technology.

PIANC, 1997, *PTC II-30 – Approach channels a guide for design (Final report of the joint Working Group PIANC and IAPH, in cooperation with IMPA and IALA Supplement to Bulletin no 95)*.

Podolak, B. (1978). *Design criteria and techniques for sizing major components of ferry and ro/ro terminals*. Dissertação de Mestrado, Carleton University.

Rocha, A. (2012). *A gestão e a concessão das áreas portuárias*. Sítio da Internet (<http://www.icjp.pt/>). 16/06/2014.

ROM 3.1-99 – Parte VIII, 2007, *Recommendations for the Design of the Maritime Configuration of Ports Approach Channels and Harbour basins*.

Saenen, Y., (2010). *Modeling techniques in planning of terminals: The quantitative approach, ensuring planning becomes reality*. Handbook of terminal planning, Delft.

Silva, L., Veloso-Gomes, F., Taveira-Pinto, F., Rosa-Santos, P., Guedes-Lopes, H. (2008). *Terminal de Cruzeiros de Leixões: Arquitetura e Engenharia Portuária*. 8.<sup>as</sup> Jornadas de Hidráulica, FEUP, Porto.

Smith, D. (2012). *Container port capacity and utilization metrics*. Sítio da Internet (<http://www.tiogagroup.com/>). Abril de 2014.

Takahashi, H., Goto, A. Motohisa, M. (2005). *Study on standards for main dimensions of the design ship*. Sítio da Internet ([www.nilim.go.jp](http://www.nilim.go.jp)). Março de 2014.

Tewes, K. (2012). *Duluth-Superior Cruise Ship Terminal Facility Study*. Sítio da Internet (<http://www.aia.com>). Abril de 2014.

Thorsen, C., (2010). *Port Designer's Handbook*. Second Edition.

UNCTAD, 1985 – *Port development – A handbook for planners in developing countries*.

van Vianen, T., Ottjes, J., Lodewijks, G. (2012). *Dry Bulk Terminals Characteristics*. Sítio da Internet (<http://www.bulk-solids-handling.com/>). Maio de 2014.

Ventura, M. (2010). *Navios RO/RO*. Sítio da Internet (<http://www.mar.ist.utl.pt>). 04/062014.

Sítios da Internet:

<http://www.kalmarglobal.com/>. Consultado em Abril 2014.

<http://www.royalhaskoning.co.uk/>. Março 2014.

<http://www.aia.com>. Abril de 2014.

<http://www.mar.ist.utl.pt>. 04/062014.

<http://www.bulk-solids-handling.com/>. Maio de 2014.

[www.nilim.go.jp](http://www.nilim.go.jp). Março de 2014.

<http://www.tiogagroup.com/>. Abril de 2014.

<http://www.icjp.pt/>. Consultado em Junho 2014.

<http://www.singaporepsa.com/>. Março de 2014.

<http://www.aapa.com>. Março de 2014.

<http://www.portodesines.pt>. Junho de 2014.

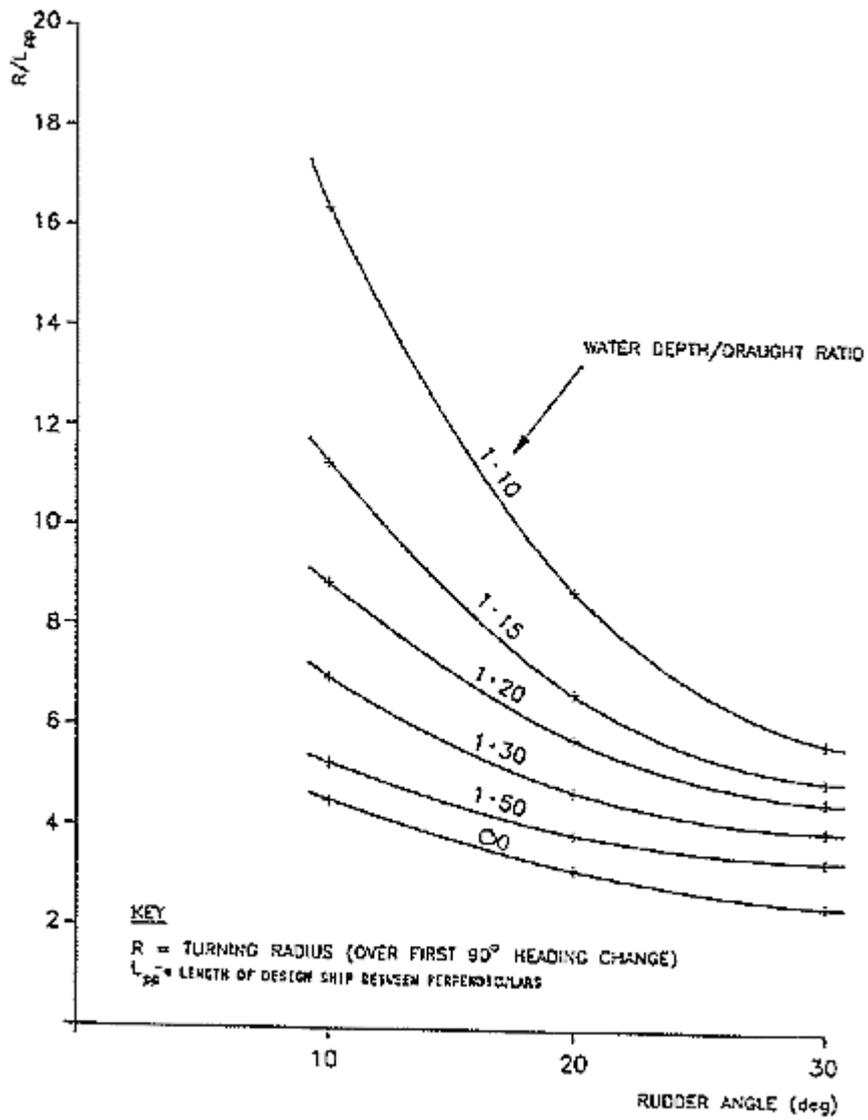
<http://www.apdl.pt/>. Junho de 2014



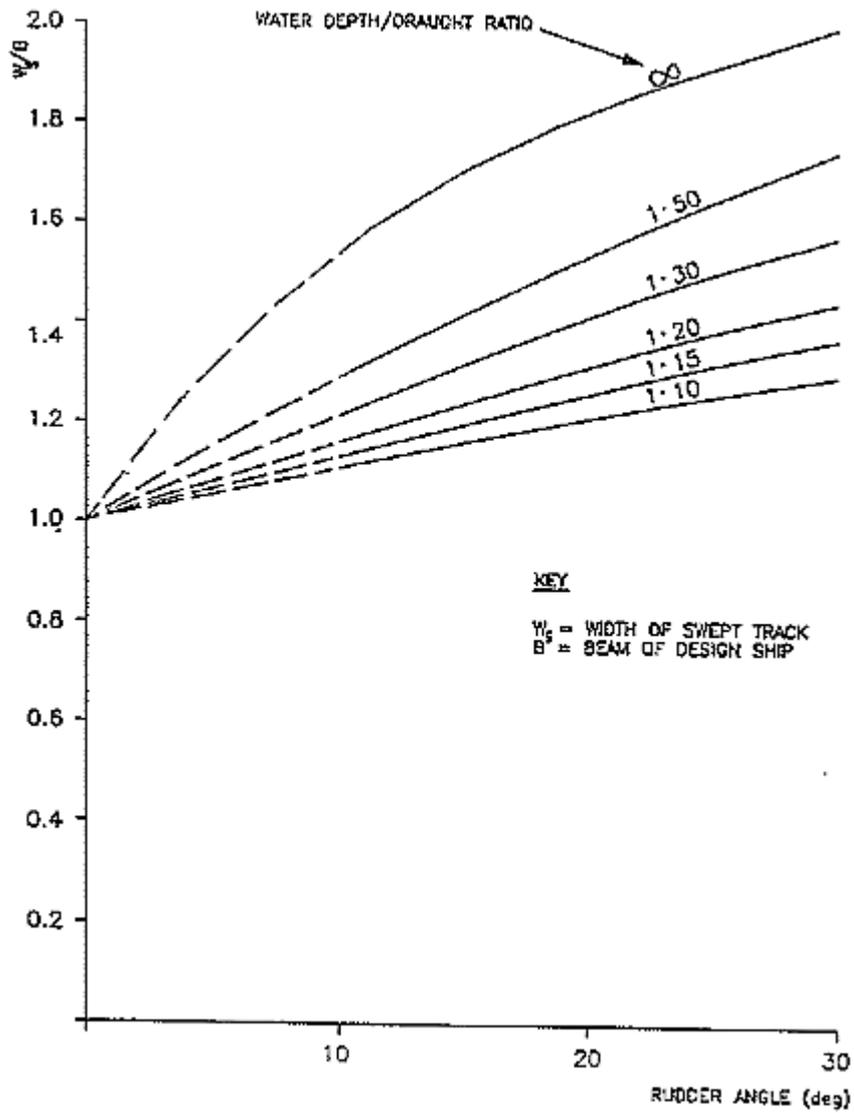
**ANEXO – A1**  
Dimensionamento dos Canais de Aproximação



Ábaco 1 – Relação do raio de curvatura com as características do navio



Ábaco 2 – Determinação da largura adicional na zona de segmento curvo



Quadro 1 – Determinação da largura associada às condições de manobra

Ship Manoeuvrability	good	moderate	poor
Basic Manoeuvring Lane, $W_{BM}$	1.3B	1.5B	1.8B

Quadro 2—Determinação das larguras adicionais referentes às questões ambientais, ajuda de navegação e tipo de carga

WIDTH $w_i$	Vessel Speed	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
<b>(a) Vessel speed (knots)</b> - fast > 12 - moderate > 8 - 12 - slow 5 - 8		0.1 B 0.0 0.0	0.1 B 0.0 0.0
<b>(b) Prevailing cross wind (knots)</b> - mild $\leq 15$ ( $\leq$ Beaufort 4) - moderate > 15 - 33 (> Beaufort 4 - Beaufort 7)  - severe > 33 - 48 (> Beaufort 7 - Beaufort 9)	all fast mod slow  fast mod slow	0.0 0.3 B 0.4 B 0.5 B  0.6 B 0.8 B 1.0 B	0.0 - 0.4 B 0.5 B  - 0.8 B 1.0 B
<b>(c) Prevailing cross current (knots)</b> - negligible < 0.2 - low 0.2 - 0.5  - moderate > 0.5 - 1.5  - strong > 1.5 - 2.0	all fast mod slow  fast mod slow  fast mod slow	0.0 0.1 B 0.2 B 0.3 B  0.5 B 0.7 B 1.0 B  0.7 B 1.0 B 1.3 B	0.0 - 0.1 B 0.2 B  - 0.5 B 0.8 B  - - -
<b>(d) Prevailing longitudinal current (knots)</b> - low $\leq 1.5$ - moderate > 1.5 - 3  - strong > 3	all fast mod slow  fast mod slow	0.0 0.0 0.1 B 0.2 B  0.1 B 0.2 B 0.4 B	0.0 - 0.1 B 0.2 B  - 0.2 B 0.4 B
<b>(e) Significant wave height <math>H_s</math> and length <math>\lambda</math> (m)</b> - $H_s \leq 1$ and $\lambda \leq L$  - $3 > H_s > 1$ and $\lambda = L$  - $H_s > 3$ and $\lambda > L$	all  fast mod slow  fast mod slow	0.0  $\approx 2.0 B$ $\approx 1.0 B$ $\approx 0.5 B$  $\approx 3.0 B$ $\approx 2.2 B$ $\approx 1.5 B$	0.0
<b>(f) Aids to Navigation</b> - excellent with shore traffic control - good - moderate with infrequent poor visibility - moderate with frequent poor visibility		0.0 0.1 B 0.2 B $\geq 0.5 B$	0.0 0.1 B 0.2 B $\geq 0.5 B$
<b>(g) Bottom surface</b> - if depth $\geq 1.5T$ - if depth < 1.5T then - smooth and soft - smooth or sloping and hard - rough and hard		0.0  0.1 B 0.1 B 0.2 B	0.0  0.1 B 0.1 B 0.2 B
<b>(h) Depth of waterway</b> - $\geq 1.5T$ - 1.5T - 1.25T - < 1.25T		0.0 0.1 B 0.2 B	$\geq 1.5T$ 0.0 < 1.5T - 1.15T 0.2 B < 1.15T 0.4 B
<b>(i) Cargo hazard level</b> - low - medium - high		0.0 $\sim 0.5 B$ $\sim 1.0 B$	0.0 $\sim 0.4 B$ $\sim 0.8 B$

Quadro 3 – Determinação da largura relativa aos taludes laterais

Width for bank clearance ( $W_{Br}$ or $W_{Bp}$ )	Vessel Speed	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
Sloping channel edges and shoals:	fast	0.7 B	-
	moderate	0.5 B	0.5 B
	slow	0.3 B	0.3 B
Steep and hard embankments, structures	fast	1.3	-
	moderate	1.0 B	1.0 B
	slow	0.5 B	0.5 B

Quadro 4 – Determinação da largura associada à distância de passagem

Width for passing distance, $W_p$	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
<b>Vessel speed (knots)</b> - fast > 12 - moderate > 8 - 12 - slow 5 - 8	2.0 B 1.6 B 1.2 B	- 1.4 B 1.0 B
<b>Encounter traffic density</b> - light - moderate - heavy	0.0 0.2 B 0.5 B	0.0 0.2 B 0.4 B

**ANEXO – A2**  
Especificações dos Equipamentos dos Terminais de Contentores



Quadro 1 –Especificações do guindaste pórtico – Fonte: Kalmar (Nelcon)

Outreach	47	m
Rail span	30.48	m
Back reach	15	m
Hoisting height of spreader above top of rail	32.3	m
Hoisting height of spreader beneath top of rail	32.3	m
Max. hoisting/lowering speed with 50 tons on ropes	60	m/min
Max. hoisting/lowering speed with 15 tons on ropes	120	m/min
Max. trolley travelling speed	60	m/min
Max. gantry travelling speed	5	m/min

Quadro 2–Especificações do guindaste móvel – Fonte: HMK 260

Capacity heavy lift	100 ton
Standard lift	45 ton
Hoisting/lowering	85 m/min
Traveling	80 m/min
Hoisting height	
Above ground level	36 m
Below ground level	12 m
Dimensions	
Propping base	12.5 m × 12 m
Crane in travel mode	17.2 m × 8.7 m
Crane productivity	15 move/hr

Quadro 3–Especificações do guindaste de grande extensão – Fonte: Liebherr

Lifted load	40 ton
Outreach	30 m
Rail span	48 m
Back reach	16 m
Hoisting speed	40/100 m/min
Trolley speed	180 m/min
Gantry speed	120 m/min
Handling capacity per crane per year	100,000 TEU/yr

Quadro 4–Especificações do AGV – Fonte: Gottwald

Loaded types	2*20/ 1*40/ 1*45 ft
Max. weight a single container	40 ton
Max. weight of 2×20 container	60 ton
Dead weight	25 ton
Width	3 m
Length	14.8 m
Max. travel speed	6 m/s
Max. speed in curves	3 m/s

Quadro 5–Especificações do straddlecarrier – Fonte: Kalmar

Lifted load	50 ton
width	4.9 m
Inside clear width	3.5 m
Overall length	5 m
Maximum travel speed	20 km/hr
Lifting height	1-over- 3 TEU

Quadro 6–Especificações do Rubber-TyredGantryCrane (RTG) – Fonte: Kalmar

Capacity under spreader	40 ton
Lifting height	1-over-5 TEU
Stacking width	7 + vehicle lane
Hoisting speed empty	40 m/min
Hoisting speed full	20 m/min
Trolley speed	70 m/min
Gantry speed	135 m/min

Quadro 6–Especificações do Rail-MountedGantryCrane (RMG) – Fonte: Konecranes

Capacity under spreader	Up to 50.8 ton
Lifting height	1-over- up to 5 TEU
Crane span	19 to 50 m
Hoisting speed empty	60 m/min
Hoisting speed full	30 m/min
Trolley speed	Up to 150 m/min
Gantry speed	Up to 2 m/min

**ANEXO – A3**  
Soluções Alternativas para Estruturas de Acostagem



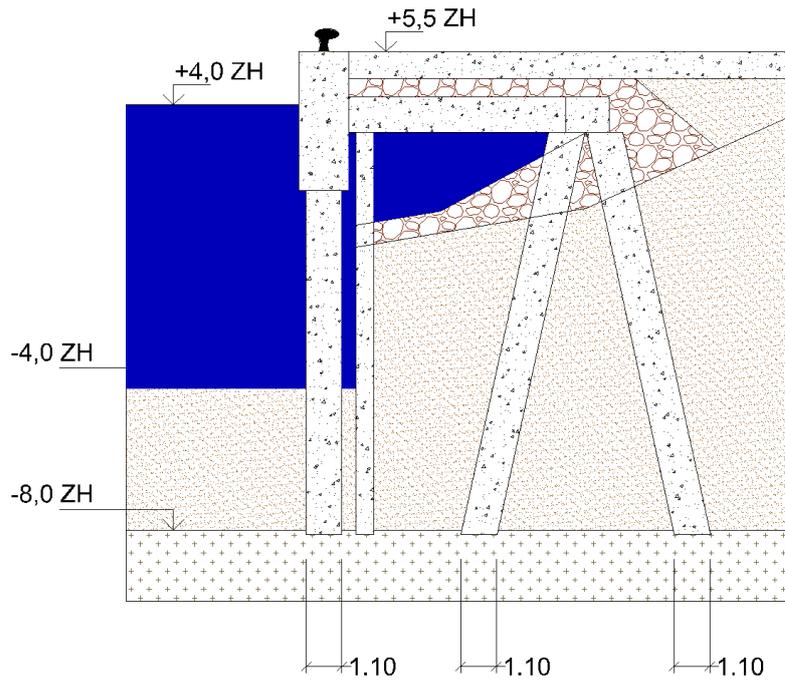


Figura 1—Secção transversal do cais do tipo dinamarquês

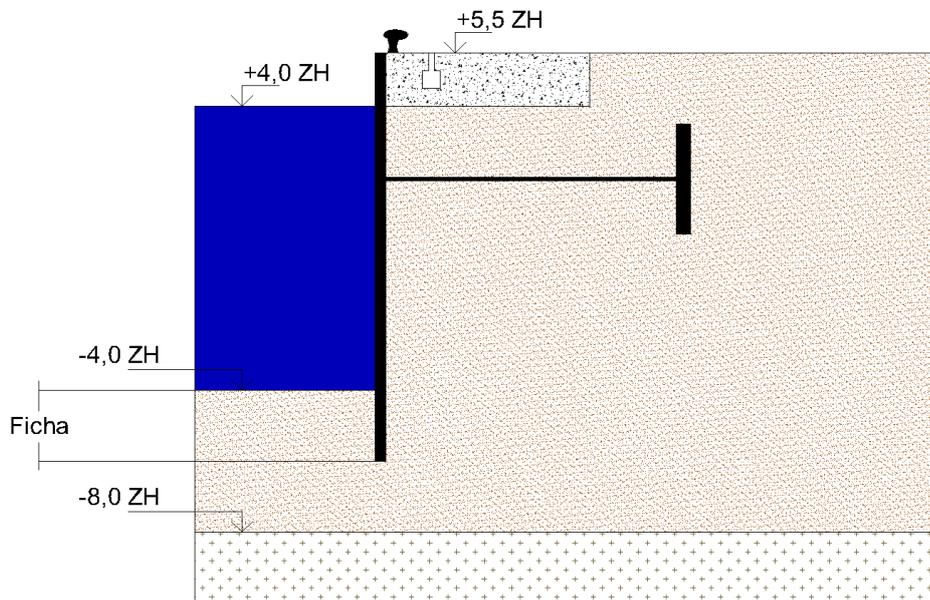


Figura 2—Secção transversal das estacas prancha ancoradas

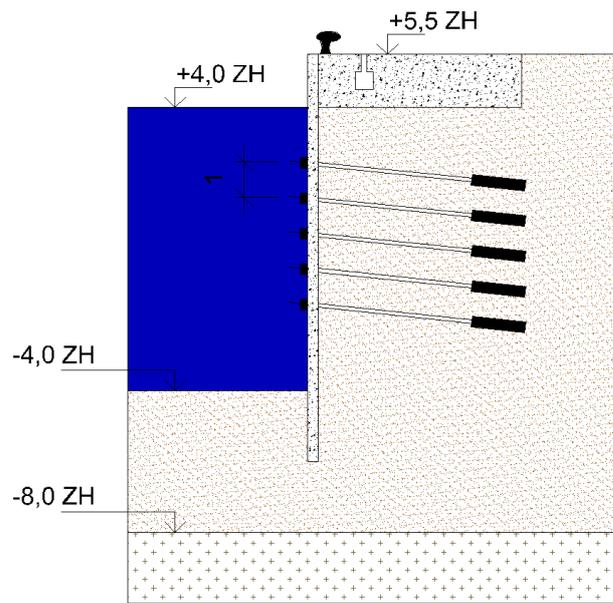


Figura 3—Secção transversal das paredes moldadas no solo

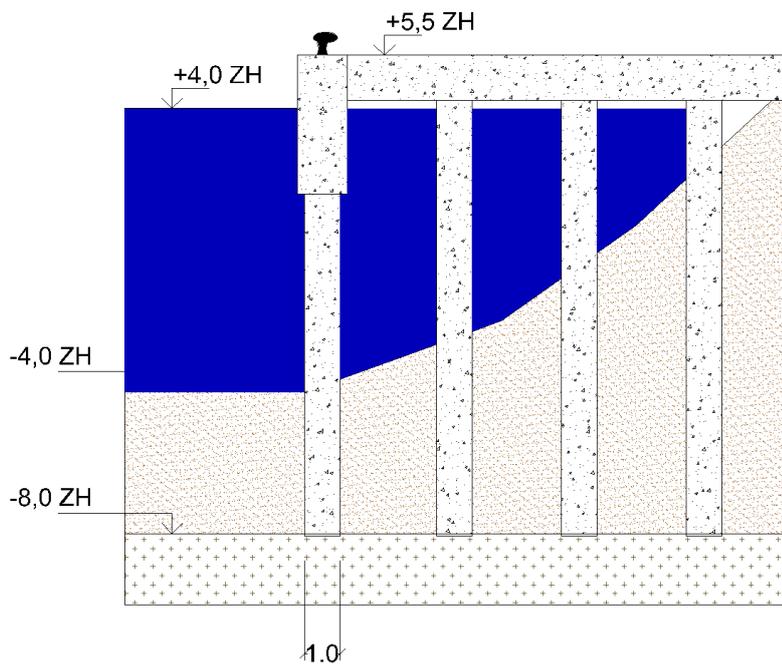


Figura 4—Secção transversal do cais em estacas cilíndricas

**ANEXO – A4**

Lista Bibliográfica dos Terminais de Contentores Analisados



Quadro 1 – Descrição dos terminais de contentores analisados no estudo

Descrição		Fonte
Porto	Terminal	
Leixões	Norte	<a href="http://www.apdl.pt">www.apdl.pt</a>
	Sul	
Lisboa	Alcântara	<a href="http://www.portodelisboa.pt">www.portodelisboa.pt</a>
	Multipropose	
	Santa Apolónia	
Sines	Terminal XXI	<a href="http://www.portodesines.pt">www.portodesines.pt</a>
Hamburgo	Altenwerd	<a href="http://www.hafen-hamburg.de/en">www.hafen-hamburg.de/en</a>
	Tollerot	
	Eurogate	
	Burchardkai	
Barcelona	Principe de España	<a href="http://www.portdebarcelona.cat">www.portdebarcelona.cat</a>
	Terminal Contenidors	
Felixstowe	Languard	<a href="http://www.portoffelixstowe.co.uk">www.portoffelixstowe.co.uk</a>
	Trinity	
Genova	Voltri Europa	<a href="http://www.porto.genova.it">www.porto.genova.it</a>
	Genova SpA	
Marsaxlokk	Terminal I	<a href="http://www.transport.gov.mt">www.transport.gov.mt</a>
	Terminal II	
Antuérpia	Noordzee	<a href="http://www.portofantwerp.com">www.portofantwerp.com</a>
	Europa	
	MSC Home	
	Churchill	
	Deurganck	
Shanghai	Wusong	<a href="http://www.portshanghai.com.cn/en">www.portshanghai.com.cn/en</a>
	Waigaoqiao I	
	Waigaoqiao II	
	Waigaoqiao III	
	Waigaoqiao IV	
	Yangshan I	
	Yangshan II	
Lobito	Terminal	<a href="http://www.eplobito.net">www.eplobito.net</a>
Nova Orleães	Nashville	<a href="http://www.portno.com">www.portno.com</a>
	Napoleon Avenue	
Rio de Janeiro	Terminal T1	<a href="http://www.portosrio.gov.br">www.portosrio.gov.br</a>
	Terminal T2	



**ANEXO – A5**

Dimensionamento da Área de Portão de um Terminal de Contentores



Quadro 1 – Determinação do número de faixas de tráfego

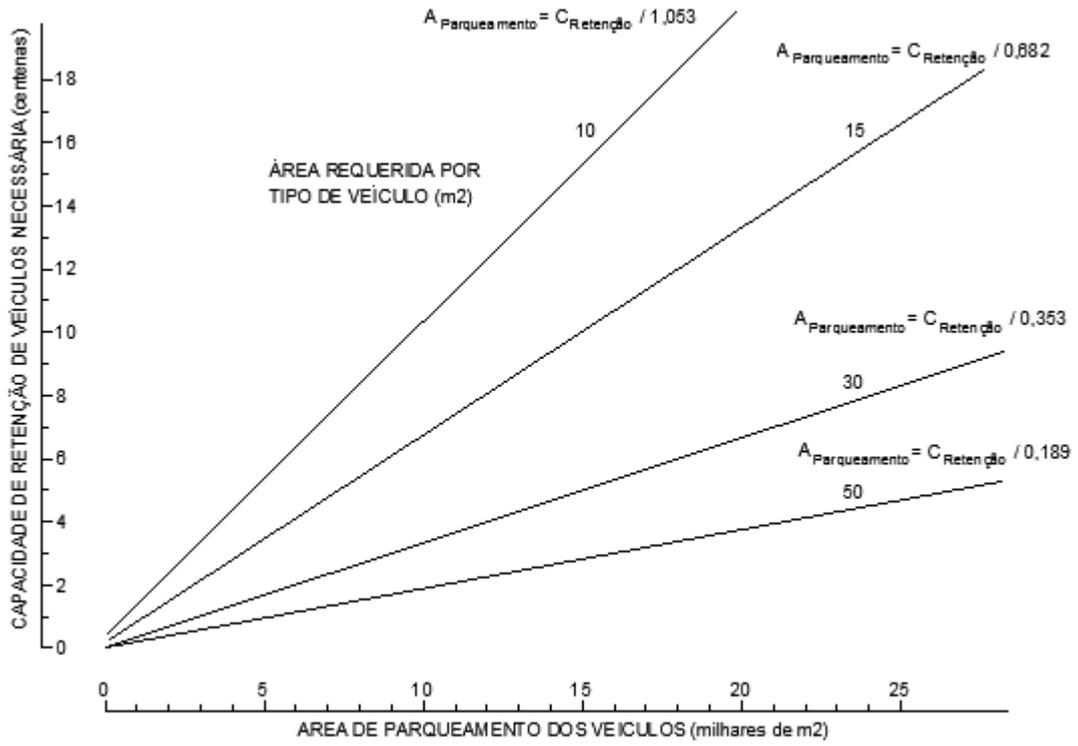
Arrival Rate ( $\lambda$ )	Service time ( $1/\mu$ )	Number of lanes
1	1	2
	1.5	3
	2	4
	3	6
	4	8
1.5	5	9
	1	3
	1.5	5
	2	7
	3	9
2	4	11
	5	15
	1	5
	1.5	6
	2	8
2.5	3	11
	4	14
	5	17
	1	6
	1.5	7
3	2	8
	3	11
	4	15
	5	18
	1	6
3.5	1.5	8
	2	10
	3	14
	4	18
	5	21
	1	6
	1.5	8
	2	11
	3	15
	4	20
	5	24



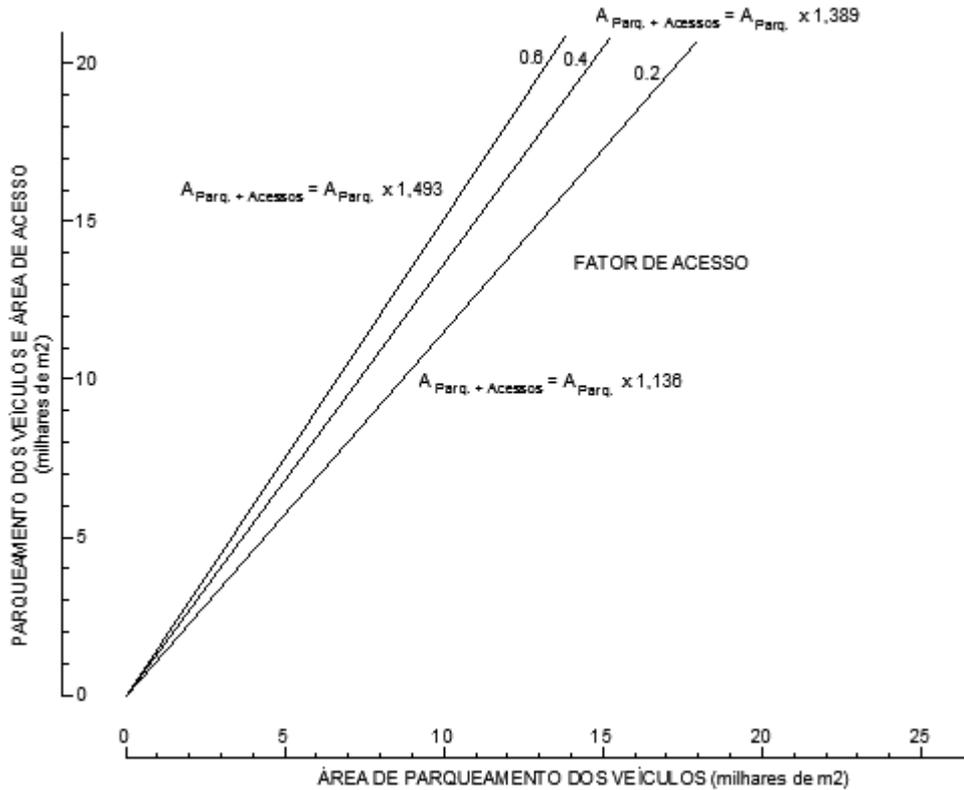
**ANEXO – A6**  
Requisitos de Área dos Terminais Roll-on/Roll-off



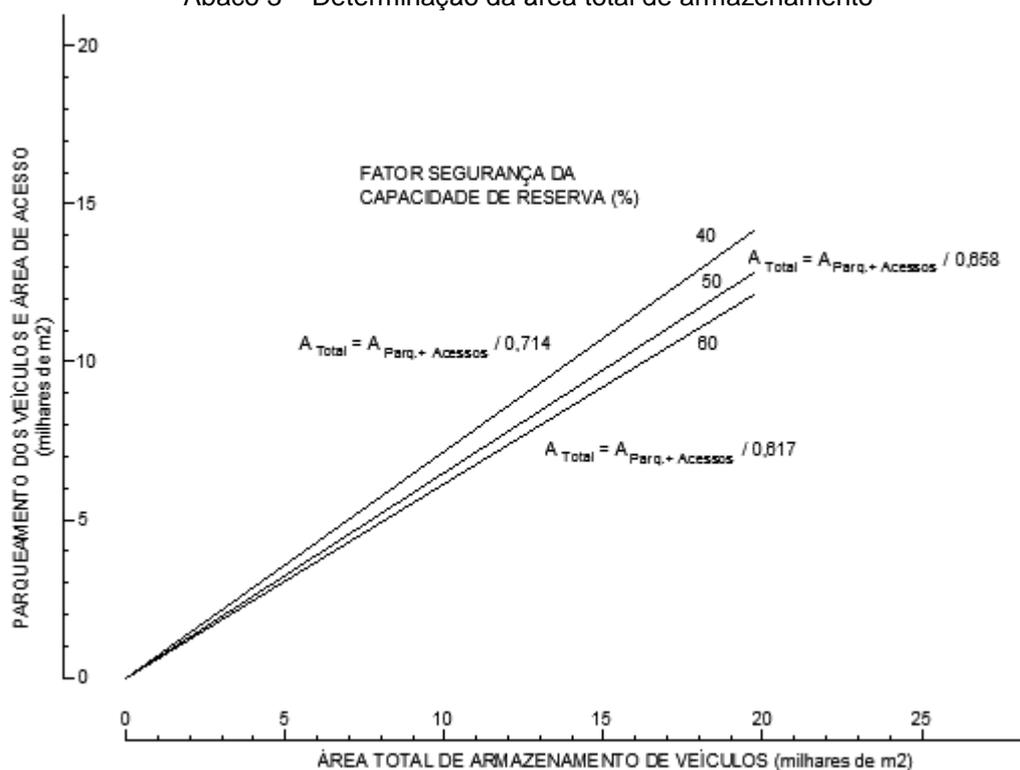
Ábaco 1 – Determinação da área de estacionamento dos veículos



Ábaco 2 – Determinação do somatório da área de estacionamento dos veículos com a área de acesso



Ábaco 3 – Determinação da área total de armazenamento



**ANEXO – A7**  
Resultados da Aplicação das Metodologias



Folha 1 – Dimensionamento do terminal de contentores Norte

Dimensionamento do cais

1-Cálculo do Tempo de Serviço Total

$$T_{\text{Serviço Total}} = T_{(\text{Des})\text{Carregamento}} + T_{(\text{Des})\text{Amarração}} \quad \boxed{24.3}$$

$$T_{(\text{Des})\text{Carregamento}} = \frac{S_p}{N_g \times Q_{rg} \times W_{tg}} \quad \boxed{21.8}$$

$$S_p \text{ Dimensão da parcela [TEU]} \quad \underline{850}$$

$$N_g \text{ Número de guindastes por navio [UN]} \quad \underline{1}$$

$$Q_{rg} \text{ Rendimento dos guindastes [TEU/h]} \quad \underline{60}$$

$$W_{tg} \text{ Produtividade do guindaste [0,65 a 1]} \quad \underline{0.65}$$

$$T_{(\text{Des})\text{Amarração}} \text{ [h]} \quad \underline{2.5}$$

2-Cálculo das horas de trabalho no cais por semana

$$T_{ts} = (1 - D_t) \times T_d \times N_{ds} \quad \boxed{117.6}$$

$$D_t \text{ Fator de inatividade [-]} \quad \underline{0.3}$$

$$T_d \text{ Horas de trabalho por dia [h/dia]} \quad \underline{24}$$

$$N_{ds} \text{ Número de dias de trabalho por semana [UN]} \quad \underline{7}$$

3-Cálculo do comprimento de cais requerido

$$L_{CR} = T_{\text{Serviço Total}} \times N_N \times L_C \text{ [h.m./sem]} \quad \boxed{120016.7}$$

$$T_{\text{Serviço Total}} \text{ Tempo de serviço total [h]} \quad \boxed{24.3}$$

$$N_N \text{ Número de receções de navios semanal [Navios/sem.]} \quad \underline{26}$$

$$L_C \text{ Uso do cais [m]} \quad \underline{190}$$

4-Cálculo do comprimento de cais

$$L_C = L_{CR} \times \frac{P}{T_{ts} \times U_{cais}} \quad \boxed{364}$$

$$L_{CR} \text{ Comprimento do cais requerido [h.m./sem.]} \quad \boxed{120016.7}$$

$$T_{ts} \text{ Horas de trabalho no cais por semana [h/sem.]} \quad \boxed{117.6}$$

$$U_{cais} \text{ Ocupação do cais [%]} \quad \underline{49}$$

$$P_{cais} \text{ Fator de pico por semana [%]} \quad \underline{17.5}$$

Folha 1 –Dimensionamento do terminal de contentores Norte

5-Determinação do número de cais

$$N_c = \frac{L_c - \Delta_A}{L_N + \Delta_A \times 1,1} \quad \boxed{2}$$

$$L_c \text{ Comprimento do cais [m]} \quad \boxed{364}$$

$$L_N \text{ Comprimento médio dos navios [m]} \quad \underline{180}$$

$$\Delta_A \text{ Espaçamento do intervalo de atracação [m]} \quad \underline{10}$$

6-Cálculo da produtividade do cais

$$P_c = \frac{C_{\text{Movimentação}}}{f \times N_c \times T_{ta}} \text{ [movimentos/h]} \quad \boxed{10.9}$$

$$C_{\text{Movimentação}} \text{ Capacidade de movimentação anual [TEU/ano]} \quad \underline{250000}$$

$$f \text{ Fator TEU [-]} \quad \underline{1.5}$$

$$T_{ta} \text{ Horas de trabalho anuais no cais [h/ano]} \quad \underline{8760}$$

Dimensionamento da área de apron

Sub-área	Dimensão [m]
Muro de cais	3
Zona dos carris	30.5
Vias de trânsito internas	12
Distância de alcance interno	15
TOTAL	60.5

Equipamentos da área do terraplano de armazenagem

Sistema de operações	Equip./Guind. de cais [UN.]	Equip. a implementar [UN]
RMG's & TTU's	RMG	4
	TTU	10

Número de guindastes de cais 2

## Folha 1 –Dimensionamento do terminal de contentores Norte

Capacidade do terraplano de armazenagem

## 1-Cálculo do número de visitas por ano [TEU/ano]

$$S = C_q(1 - 0,5\mu) \quad 237500$$

$$C_q \text{ Capacidade de movimentação no cais [TEU/ano]} \quad 250000$$

$$\mu \text{ Fator de transbordo [-]} \quad 0.1$$

## 2-Cálculo do número de vagas a disponibilizar [TEU]

$$C_s = \frac{S \times T_d \times P}{365} \quad 4041$$

$$P_T \text{ Fator de pico por semana [-]} \quad 0.2$$

$$S \text{ Visitas por ano [TEU/ano]} \quad 237500$$

$$T_d \text{ Tempo médio de permanência [dias]} \quad 27$$

## 3-Cálculo do número de vagas terrestre a disponibilizar [TEU]

$$N_{TGS} = \frac{C_s}{h} \quad 1010$$

$$h \text{ Altura de empilhamento [Contentores]} \quad 4$$

## 4-Cálculo da área terrestre a disponibilizar para armazenagem [m2]

$$A_{Arm} = N_{TGS} \times A_{Cont} \quad [\text{ha}] \quad 2.3$$

$$A_{Cont} \text{ Área da base de um contentor [m2]} \quad 22.5$$

Folha 2–Dimensionamento do terminal de contentores Sul

Dimensionamento do cais

1-Cálculo do Tempo de Serviço Total

$$T_{\text{Serviço Total}} = T_{(\text{Des})\text{Carregamento}} + T_{(\text{Des})\text{Amarração}} \quad \boxed{24.3}$$

$$T_{(\text{Des})\text{Carregamento}} = \frac{S_p}{N_g \times Q_{rg} \times W_{tg}} \quad \boxed{21.8}$$

$S_p$  Dimensão da parcela [TEU] 24.3

$N_g$  Número de guindastes por navio [UN] 21.8

$Q_{rg}$  Rendimento dos guindastes [TEU/h] 850

$W_{tg}$  Produtividade do guindaste [0,65 a 1] 1

$T_{(\text{Des})\text{Amarração}}$  [h] 60

$T_{(\text{Des})\text{Amarração}}$  [h] 0.65

$T_{(\text{Des})\text{Amarração}}$  [h] 2.5

2-Cálculo das horas de trabalho no cais por semana

$$T_{ts} = (1 - D_t) \times T_d \times N_{ds} \quad \boxed{117.6}$$

$D_t$  Fator de inatividade [-] 0.3

$T_d$  Horas de trabalho por dia [h/dia] 24

$N_{ds}$  Número de dias de trabalho por semana [UN] 7

3-Cálculo do comprimento de cais requerido

$$L_{CR} = T_{\text{Serviço Total}} \times N_N \times L_C \text{ [h.m./sem]} \quad \boxed{180025}$$

$T_{\text{Serviço Total}}$  Tempo de serviço total [h] 24.3

$N_N$  Número de receções de navios semanal [Navios/sem.] 26

$L_C$  Uso do cais [m] 285

4-Cálculo do comprimento de cais

$$L_C = L_{CR} \times \frac{P}{T_{ts} \times U_{cais}} \quad \boxed{547}$$

$L_{CR}$  Comprimento do cais requerido [h.m/sem.] 180025

$T_{ts}$  Horas de trabalho no cais por semana [h/sem.] 117.6

$U_{cais}$  Ocupação do cais [%] 49

$P_{cais}$  Fator de pico por semana [%] 17.5

## Folha 2–Dimensionamento do terminal de contentores Sul

## 5-Determinação do número de cais

$$N_C = \frac{L_C - \Delta_A}{L_N + \Delta_A \times 1,1} \quad \boxed{2}$$

$L_C$ Comprimento do cais [m]	<u>547</u>
$L_N$ Comprimento médio dos navios [m]	<u>275</u>
$\Delta_A$ Espaçamento do intervalo de atracação [m]	<u>10</u>

## 6-Cálculo da produtividade do cais

$$P_C = \frac{C_{Movimentação}}{f \times N_C \times T_{ta}} \text{ [movimentos/h]} \quad \boxed{14.7}$$

$C_{Movimentação}$ Capacidade de movimentação anual [TEU/ano]	<u>350000</u>
$f$ Fator TEU [-]	<u>1.5</u>
$T_{ta}$ Horas de trabalho anuais no cais [h/ano]	<u>8760</u>

Dimensionamento da área de apron

Sub-área	Dimensão [m]
Muro de cais	3
Zona dos carris	30.5
Vias de trânsito internas	12
Distância de alcance interno	15
TOTAL	60.5

Equipamentos de transporte horizontal

Equipamento	Unid./Guindaste de cais	N. Equipamentos
Reach Stacker	1.3	4

Número de guindastes de cais 3

Equipamentos da área do terraplano de armazenagem

Sistema de operações	Equip./Guind. de cais [UN.]	Equip. a implementar [UN]
RMG's & TTU's	RMG	6
	TTU	14

Folha 2–Dimensionamento do terminal de contentores Sul

Capacidade do terraplano de armazenagem

1-Cálculo do número de visitas por ano [TEU/ano]

$$S = C_q(1 - 0,5\mu) \quad \boxed{336000}$$

$$C_q \text{ Capacidade de movimentação no cais [TEU/ano]} \quad \underline{350000}$$

$$\mu \text{ Fator de transbordo [-]} \quad \underline{0.1}$$

2-Cálculo do número de vagas a disponibilizar [TEU]

$$C_s = \frac{S \times T_d \times P}{365} \quad \boxed{13297}$$

$$P_T \text{ Fator de pico por semana [-]} \quad \underline{0.5}$$

$$S \text{ Visitas por ano [TEU/ano]} \quad \boxed{336000}$$

$$T_d \text{ Tempo médio de permanência [dias]} \quad \underline{27}$$

3-Cálculo do número de vagas terrestre a disponibilizar [TEU]

$$N_{TGS} = \frac{C_s}{h} \quad \boxed{2659}$$

$$h \text{ Altura de empilhamento [Contentores]} \quad \underline{5}$$

4-Cálculo da área terrestre a disponibilizar para armazenagem [m2]

$$A_{Arm} = N_{TGS} \times A_{Cont} \quad [\text{ha}] \quad \boxed{6.0}$$

$$A_{Cont} \text{ Área da base de um contentor [m2]} \quad \underline{22.5}$$

## Folha 3—Dimensionamento do terminal de contentores do porto de Luanda

Dimensionamento do cais

## 1-Cálculo do Tempo de Serviço Total

$T_{\text{Serviço Total}} = T_{(\text{Des})\text{Carregamento}} + T_{(\text{Des})\text{Amarração}}$	42.5
$T_{(\text{Des})\text{Carregamento}} = \frac{S_p}{N_g \times Q_{rg} \times W_{tg}}$	40.0
$S_p$ Dimensão da parcela [TEU]	1300
$N_g$ Número de guindastes por navio [UN]	2
$Q_{rg}$ Rendimento dos guindastes [TEU/h]	25
$W_{tg}$ Produtividade do guindaste [0,65 a 1]	0.65
$T_{(\text{Des})\text{Amarração}}$ [h]	2.5

## 2-Cálculo das horas de trabalho no cais por semana

$T_{ts} = (1 - D_t) \times T_d \times N_{ds}$	117.6
$D_t$ Fator de inatividade [-]	0.3
$T_d$ Horas de trabalho por dia [h/dia]	24
$N_{ds}$ Número de dias de trabalho por semana [UN]	7

## 3-Cálculo do comprimento de cais requerido

$L_{CR} = T_{\text{Serviço Total}} \times N_N \times L_C$ [h.m./sem]	431375
$T_{\text{Serviço Total}}$ Tempo de serviço total [h]	42.5
$N_N$ Número de receções de navios semanal [Navios/sem.]	35
$L_C$ Uso do cais [m]	290

## 4-Cálculo do comprimento de cais

$L_C = L_{CR} \times \frac{P}{T_{ts} \times U_{cais}}$	1284
$L_{CR}$ Comprimento do cais requerido [h.m./sem.]	431375
$T_{ts}$ Horas de trabalho no cais por semana [h/sem.]	117.6
$U_{cais}$ Ocupação do cais [%]	50
$P_{cais}$ Fator de pico por semana [%]	17.5

Folha 3–Dimensionamento do terminal de contentores do porto de Luanda

5-Determinação do número de cais

$$N_C = \frac{L_C - \Delta_A}{L_N + \Delta_A \times 1,1} \quad \boxed{5}$$

$L_C$ Comprimento do cais [m]	1284
$L_N$ Comprimento médio dos navios [m]	280
$\Delta_A$ Espaçamento do intervalo de atracação [m]	10

6-Cálculo da produtividade do cais

$$P_C = \frac{C_{Movimentação}}{f \times N_C \times T_{ta}} \text{ [movimentos/h]} \quad \boxed{19.6}$$

$C_{Movimentação}$ Capacidade de movimentação anual [TEU/ano]	1200000
$f$ Fator unidade [-]	1.4
$T_{ta}$ Horas de trabalho anuais no cais [h/ano]	8760

Dimensionamento da área de apron

Sub-área	Dimensão [m]
Muro de cais	3
Zona dos carris	30.5
Vias de trânsito internas	12
Distância de alcance interno	15
TOTAL	60.5

Capacidade do terrapleno de armazenagem

1-Cálculo do número de visitas por ano [TEU/ano]

$$S = C_q(1 - 0,5\mu) \quad \boxed{1050000}$$

$C_q$ Capacidade de movimentação no cais [TEU/ano]	1200000
$\mu$ Fator de transbordo [-]	0.25

Folha 3—Dimensionamento do terminal de contentores do porto de Luanda

2-Cálculo do número de vagas a disponibilizar [TEU]

$$C_s = \frac{S \times T_d \times P}{365} \quad \boxed{35959}$$

$P_T$ Fator de pico por semana [-]	0.5
$S$ Visitas por ano [TEU/ano]	<u>1050000</u>
$T_d$ Tempo médio de permanência [dias]	<u>25</u>

3-Cálculo do número de vagas terrestre a disponibilizar [TEU]

$$N_{TGS} = \frac{C_s}{h} \quad \boxed{11986}$$

$h$ Altura de empilhamento [Contentores]	<u>3</u>
--	----------

4-Cálculo da área terrestre a disponibilizar para armazenagem [m2]

$$A_{Arm} = N_{TGS} \times A_{Cont} \quad [\text{ha}] \quad \boxed{27.0}$$

$A_{Cont}$ Área da base de um contentor [m2]	<u>22.5</u>
--	-------------

Folha 4—Dimensionamento do terminal de granéis

Dimensionamento do cais

Taxa de transferência anual [kton/ano]	4600
Fator de comprimento de cais [kton./m]	[7,5 - 20]
Comprimento do cais [m]	[230 - 614]

Profundidade da água

Taxa de transferência anual [Mton/ano]	4.6
Calado médio para a mercadoria [m]	16.8
Calado do navio de projeto [m]	18

Capacidade de descarregamento

Taxa de transferência anual [Mton/ano]	4.6
Capacidade mínima [kton./h]	1
Intervalo de capacidade a instalar [kton/h]	[3,0 - 4,5]

Dimensionamento da área de armazenagem

$$s = \frac{TTA}{A}$$

Fatores de armazenagem

Terminais analisados [ton/m2]	[15 - 75]
Valores recomendados por Ligteringer [ton/m2]	[15 - 25]
Taxa de transferência anual [ton/ano]	4 600 000
Área de armazenagem [ha]	[18,4 - 31,3]

Determinação das características das pilhas

$$A = N_{pilhas} \cdot (Lt_{pilha} + d) \cdot (W_{pilha} + d)$$

$N_{pilhas}$	Número de pilhas pretendidas [-]	3
$Lt_{pilha}$	Comprimento teórico das pilhas [m]	570
$d$	Distância de não contaminação [m]	2
$W_{pilha}$	Largura das pilhas [m]	110
$A$	Área de armazenagem [ha]	19.2

## Folha 5—Dimensionamento do terminal de roll-on/roll-off do porto de Setúbal

Critérios de Projeto*1-Definição do ano de projeto*

Considera-se um horizonte de projeto de 25 anos

*2-Definição do veículo de projeto*

Considera-se a tipologia automóvel pequeno

Área = 10 m<sup>2</sup> por veículo

*3-Determinação do navio de projeto*

Calado disponível de 12 m ao Z.H.

Comprimento do navio = 220 m

Diretrizes para rampas de acesso

Utilização de rampa fixa da classe A, Diretrizes ISO 6812

Largura = 32 m

Exigências de cais

Utilização da alternativa 3

Requisitos de área do terminal

Capacidade de retenção = 5200 vagas

Fator de acesso = 0,6

Capacidade de reserva = 50 %

*1-Cálculo da área de estacionamento dos veículos*

$$A_{\text{Parqueamento}} = \frac{C_{\text{Retenção}}}{1,053} \quad [\text{milhares de m}^2] \quad \boxed{49.4}$$

$$C \quad \text{Capacidade de retenção [centenas]} \quad \underline{52}$$

*2-Cálculo do somatório da área de estacionamento com área de acesso*

$$A_{\text{Parqueamento+Acessos}} = A_{\text{Parqueamento}} \times 1,493 \quad [\text{milhares de m}^2] \quad \boxed{73.7}$$

*3-Cálculo da área total de armazenamento dos veículos*

$$A_{\text{Total de Armazenamento}} = \frac{A_{\text{Parqueamento+Acessos}}}{0,658} \quad [\text{milhares de m}^2] \quad \boxed{112.0}$$

Folha 6—Dimensionamento do terminal de roll-on/roll-off do porto de Lisboa

Critérios de Projeto

*1-Definição do ano de projeto*

Considera-se um horizonte de projeto de 25 anos

*2-Definição do veículo de projeto*

Considera-se a tipologia automóvel pequeno

Área = 10 m<sup>2</sup> por veículo

*3-Determinação do navio de projeto*

Calado disponível de 10 m ao Z.H.

Comprimento do navio = 210 m

Diretrizes para rampas de acesso

Utilização de rampa fixa da classe A, Diretrizes ISO 6812

Largura = 32 m

Exigências de cais

Utilização da alternativa 1

Requisitos de área do terminal

Capacidade de retenção = 600 vagas

Fator de acesso = 0,6

Capacidade de reserva = 50 %

*1-Cálculo da área de estacionamento dos veículos*

$$A_{\text{Parqueamento}} = \frac{C_{\text{Retenção}}}{1,053} \quad [\text{milhares de m}^2]$$

5.7

C Capacidade de retenção [centenas]

6

*2-Cálculo do somatório da área de estacionamento com área de acesso*

$$A_{\text{Parqueamento+Acessos}} = A_{\text{Parqueamento}} \times 1,493 \quad [\text{milhares de m}^2]$$

8.5

*3-Cálculo da área total de armazenamento dos veículos*

$$A_{\text{Total de Armazenamento}} = \frac{A_{\text{Parqueamento+Acessos}}}{0,658} \quad [\text{milhares de m}^2]$$

13.0

## Folha 7–Dimensionamento do terminal de cruzeiros

Dimensionamento do cais*1-Comprimento*

Considerando igual ao comprimento do navio de projeto [m]	310
---	-----

*2-Posição dos fundos*

Considerando a geração do navio de projeto [m ao Z.H.L]	-8.4
---	------

Dimensionamento da área de processamento dos passageiros*1-Determinação da área de acessibilidade*

$D_{Ver} = N_{Pass.} \times \frac{A_{Min}}{D_{Hor}}$	12.6
--	------

$D_{Ver}$  - Dimensão vertical da área [m]

$N_{Pass.}$ - Número de passageiros previsto que (des)embarcam [-]	3000
--	------

$A_{Min}$ - Área mínima recomendada [m2/passageiro]	1.3
---	-----

$D_{Hor}$ - Dimensão horizontal da área [m]	310
---	-----

Área de Acessibilidade [m2]	3900.0
-----------------------------	--------

*2-Condições da zona intermodal*

Número de vagas para autocarros [UN]	[15 - 20]
--------------------------------------	-----------

Número de vagas para automóveis [UN]	40
--------------------------------------	----

*3-Determinação dos requisitos da zona alfandegária*

Área mínima recomendada [m2/passageiro]	1.2
---	-----

Área da zona alfandegária [m2]	3600.0
--------------------------------	--------

*4-Determinação área de movimentação de bagagens*

Área mínima recomendada [m2/passageiro]	1
---	---

Área de movimentação de bagagens [m2]	3000.0
---------------------------------------	--------

Folha 7–Dimensionamento do terminal de cruzeiros

Área Total da Zona de Processamento dos Passageiros [m2] 10500.0

Determinação do número de pontes de (des)embarque

Número recomendado [UN/3000 passageiros] 2

Número de pontes a implementar [UN] 2