

PORTOS E AEROPORTOS

O CASO DAS PLATAFORMAS INTERMODAIS DE TRANSPORTE DE MERCADORIAS

ANDRÉ FILIPE DE LIMA CAPÃO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor António José Fidalgo do Couto

JULHO DE 2008

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

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

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

A meus pais Ana Paula e Jorge,
que me incentivaram e patrocinaram a minha formação

A meus avós Maria (em memória) e José,
que patrocinaram a minha formação

A minha muito amiga Peggy Abreu,
que me apoiou sempre em momentos de maior dificuldade

Quem, revendo o antigo, aprende o novo, pode ser considerado mestre
Confúcio

RESUMO

Inserido num cenário de globalização da economia mundial, o excepcional crescimento das transacções comerciais constatado ao longo das últimas décadas tem sido acompanhado por uma necessidade premente de aperfeiçoamento dos sistemas de mobilidade de mercadorias. Daí tem resultado uma aposta efectiva das sociedades modernas em políticas que ponderem o desenvolvimento de serviços integrados de logística suportados por redes de transporte intermodais cada vez mais complexas e fortemente dependentes das novas tecnologias.

A elevada quota de protagonismo atribuída aos transportes aéreo e marítimo durante todo o processo de discussão para definição das respostas estratégicas a dar aos desafios colocados ao transporte de carga numa economia globalizada justifica uma abordagem mais aprofundada às infra-estruturas que servem de apoio à actividade destes modais.

Através da pesquisa desenvolvida, procura-se compilar e encadear todo um conjunto de informações dispersas com vista à criação de uma base de partida sólida para uma discussão generalizada em torno da concepção de infra-estruturas portuárias e aeroportuárias enquanto plataformas intermodais para tratamento de cargas, a qual, presentemente, se encontra cingida a um grupo restrito constituído pelas entidades que exploram o sector.

Este estudo visa fundamentalmente a definição dos princípios básicos subjacentes ao processo de planificação/construção de portos e aeroportos destinados à manipulação de mercadorias. A análise realizada incide sobre os requisitos associados à realização de operações de carga/descarga de aviões e navios e à interface com os demais modais.

PALAVRAS-CHAVE:

Portos, aeroportos, plataformas intermodais, carga.

ABSTRACT

Inserted in a scenery of globalisation of the world economy, the exceptional growth of commercial affairs over the last decades has been followed by the absolute need of optimisation of the merchandise mobility system. As a result, there has been an effective investment of modern societies in policies which consider the development of logistics integrated services, supported by nets of intermodal transport, more and more complex and strongly dependent on new technologies.

The important role of air and sea freight transport services during the whole process of discussion towards the definition of strategic responses to the challenges of the different systems of transporting goods in a globalised economy justifies a deeper approach to the infra-structures supporting these modals' activity.

Through a developed research, one aims at compiling and connecting an amount of scattered information, in order to create a solid starting basis for a generalised discussion involving the conception/design of harbour and airport infra-structures as intermodal platforms for the treatment of cargo, which nowadays is attached to a restricted group of entities exploring the area.

This study's fundamental goal is to define the basic principles underlying the process of planning, designing and building harbours and airports for the handling of goods. The analysis accomplished focus on the assumptions related to the achievement of loading/unloading operations of planes and ships and to the interface with other modals.

KEY-WORDS:

Harbours, airports, intermodal platforms, cargo.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
ÍNDICE GERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE QUADROS	xii
ÍNDICE DE SIGLAS	xiii

1. INTRODUÇÃO	1
----------------------------	----------

2. CARACTERIZAÇÃO DA CARGA	3
---	----------

2.1. GENERALIDADES	3
---------------------------------	----------

2.2. CARGA AÉREA	3
-------------------------------	----------

2.1.1. CARGA NORMAL OU COMUM	3
------------------------------------	---

2.1.2. CARGA PERECÍVEL	4
------------------------------	---

2.1.3. CARGA DE GRANDE URGÊNCIA	4
---------------------------------------	---

2.1.4. CARGA DE ALTO VALOR	4
----------------------------------	---

2.1.5. CARGA VIVA	4
-------------------------	---

2.1.6. CARGA RESTRITA	4
-----------------------------	---

2.1.7. CARGA PERIGOSA	4
-----------------------------	---

2.2. CARGA MARÍTIMA	5
----------------------------------	----------

2.2.1. CARGA GERAL	5
--------------------------	---

2.2.2. CARGA A GRANEL	5
-----------------------------	---

3. PLANEAMENTO E DIMENSIONAMENTO	7
---	----------

3.1. GENERALIDADES	7
---------------------------------	----------

3.2. TERMINAIS DE CARGA AEROPORTUÁRIOS	7
---	----------

3.2.1. MÉTODO DA FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA)	7
--	---

3.2.2. MÉTODO DA SERVICES TECHNIQUES DES BASES AÉRIENNES (STBA)	9
---	---

3.2.3. MÉTODO DA INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA).....	9
3.2.4. MÉTODO DE ASHFORD	9
3.2.5. MÉTODO DO INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL (IAC).....	10
3.2.6. MÉTODO DE MAGALHÃES	11
3.2.6.1. Fluxo de importação	11
3.2.6.2. Fluxo de exportação	17
3.2.6.3. Fluxo de trânsito	21
3.2.7. EQUIPAMENTOS	22
3.3. TERMINAIS DE CARGA PORTUÁRIOS	23
3.3.1. TERMINAL DE CARGA GERAL	28
3.3.1.1. Generalidades	28
3.3.1.2. Dimensionamento.....	28
3.3.1.3. Discriminação das diferentes zonas das áreas de armazenagem.....	34
3.3.1.4. Disposição característica dos elementos constituintes	36
3.3.1.5. Equipamentos.....	37
3.3.2. TERMINAL DE CARGA CONTENTORIZADA	40
3.3.2.1. Generalidades	40
3.3.2.2. Sistemas de manipulação de contentores	42
3.3.2.3. Dimensionamento.....	45
3.3.3. TERMINAL DE POLIVALENTE	52
3.3.3.1. Generalidades	52
3.3.3.2. Disposição característica dos elementos constituintes	52
3.3.3.3. Equipamentos.....	53
3.3.4. TERMINAL DE ROLL-ON/ROLL-OFF	54
3.3.4.1. Generalidades	54
3.3.4.2. Disposição característica dos elementos constituintes	55
3.3.4.3. Dimensionamento.....	56
3.3.5. TERMINAL DE CARGA SECA A GRANEL.....	58
3.3.5.1. Generalidades	58
3.3.5.2. Equipamentos.....	58
3.3.5.2.1. Equipamentos carregadores	58
3.3.5.2.2. Equipamentos descarregadores.....	60
3.3.5.2.3. Equipamentos de transporte horizontal.....	64

3.3.5.2.4. Equipamentos empilhadores e/ou colectores	65
3.3.5.3. Dimensionamento	67
3.3.5.4. Disposição característica dos elementos constituintes.....	73
3.3.6. TERMINAL DE CARGA LÍQUIDA A GRANEL.....	74
3.3.6.1. Breves notas	74
 4. INTERFACE MODAL	76
4.1. GENERALIDADES.....	76
4.2. TERMINAIS DE CARGA AEROPORTUÁRIOS	76
4.3. TERMINAIS DE CARGA PORTUÁRIOS.....	77
4.4. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA TERMINAIS PORTUÁRIOS.....	82
4.4.1. TRAIN LOADER SYSTEM	82
4.4.2. RIVER-SEA PUSH BARGE SYSTEM.....	83
4.4.3. COMBINED TRAFFIC CARRIER SHIP/BARGE	84
4.4.4. BARGE EXPRESS TERMINALS	84
4.4.5. ROLLERBARGE.....	85
 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Equação do IAC para dimensionamento de terminais de carga.....	10
Fig. 2 - Fluxo de importação segundo Magalhães	11
Fig.3 – Equações para cálculo do número de equipamentos recebidos no turno de pico (f.i.)	12
Fig.4 – Equação para cálculo do número de posições necessárias (f.i.).....	12
Fig.5 – Equação para cálculo do número de linhas de espera necessárias (f.i.).....	12
Fig.6 – Equações para cálculo da área de espera da carga unitizada (f.i.)	12
Fig.7 – Equações para cálculo do número de linhas de atracação necessárias (f.i.)	12
Fig.8 – Equações para cálculo da área de atracação da carga unitizada (f.i.)	13
Fig.9 – Equação para cálculo da área de circulação de equipamentos (f.i.)	13
Fig.10 – Equação para cálculo da área do sistema transferidor (f.i.).....	13
Fig.11 – Equação para cálculo número de camiões necessários no turno de pico (f.i.).....	16
Fig.12 – Equação para cálculo número de posições de parada necessário (f.i.)	16
Fig.13 – Equação para cálculo do comprimento da plataforma (f.i.).....	16
Fig.14 – Equação para cálculo da área para docas e plataformas (f.i.).....	16
Fig.15 – Fluxo de exportação segundo Magalhães	17
Fig.16 – Equação para cálculo número de camiões necessários no turno de pico (f.e.)	17
Fig.17 – Equação para cálculo número de posições de parada necessário (f.e.)	18
Fig.18 – Equação para cálculo do comprimento da plataforma (f.e.)	18
Fig.19 – Equação para cálculo da área para docas e plataformas (f.e.)	18
Fig.20 – Equações para cálculo do número de linhas de atracação necessárias (f.e.).....	18
Fig.21 – Equações para cálculo da área de atracação da carga unitizada (f.e.).....	18
Fig.22 – Equação para cálculo da área de circulação de equipamentos (f.e.)	19
Fig.23 – Equação para cálculo da área do sistema transferidor (f.e.)	19
Fig.24 – Equação para cálculo do número de equipamentos recebidos (f.e.).....	21
Fig.25 – Equação para cálculo do número de estações de consolidação (f.e.).....	21
Fig.26 – Equação para cálculo da área para linhas extra de montagem (f.e.)	21
Fig.27 – Fluxo de trânsito segundo Magalhães	21
Fig.28 – Dollie	22
Fig.29 – Elevador de carga	22

Fig.30 – Motivos de preferência entre terminais concessionados ou não concessionados	24
Fig.31 – Respostas por motivo de preferência	24
Fig. 32 - Fases de Expansão de uma Estrutura Portuária.....	27
Fig. 33 – Planificação de terminais de carga geral – número de postos de atraque.....	29
Fig. 34 – Planificação de terminais de carga geral – custo da permanência dos navios no porto	31
Fig. 35 – Diagrama para determinação do factor de correcção.....	32
Fig. 36 – Planificação de terminais de carga geral – superfície de armazenamento	33
Fig. 37 – Modelos construtivos dos armazéns de trânsito.....	35
Fig. 38 – <i>Layout</i> modelo de um terminal de carga geral.....	37
Fig. 39 – Grua torre móvel para operação no cais.....	38
Fig. 40 – Evolução da frota mundial de navios portacontentores	40
Fig. 41 – Organograma dos factores que intervêm na planificação de um terminal de contentores	41
Fig. 42 – Diferentes tipos de <i>trailers</i> para movimentação de contentores	42
Fig. 43 – Empilhadora pesada para movimentação de contentores.....	43
Fig. 44 – Empilhadora pesada tipo <i>stacker</i> para movimentação de contentores	43
Fig. 45 – Empilhadora-pórtico	44
Fig. 46 – Grua-pórtico	45
Fig. 47 – Planificação de terminais de carga contentorizada – superfície de armazenamento de contentores	46
Fig. 48 – Planificação de terminais de carga contentorizada – estação de contentores.....	48
Fig. 49 – Secção transversal de uma estação de contentores	49
Fig. 50 – Planificação de terminais de carga contentorizada – postos de atraque necessários	50
Fig. 51 – Planificação de terminais de carga contentorizada – custo da permanência dos navios no porto	51
Fig. 52 – <i>Layout</i> modelo de um terminal polivalente.....	53
Fig. 53 – Planificação de Terminais para Carga sobre Rolamentos – superfície de armazenamento..	54
Fig. 54 – Carregador de pórtico	59
Fig. 55 – Carregador radial	59
Fig. 56 – Carregador linear	60
Fig. 57 – Grua com carro móvel elevado	61
Fig. 58 – Grua giratória	61
Fig. 59 – Esquema da secção transversal de um navio de granéis sólidos	62
Fig. 60 – Elevador pneumático móvel.....	62

Fig. 61 – Elevador pneumático portátil	63
Fig. 62 – Elevador de baldes	63
Fig. 63 – Máquina empilhadora	65
Fig. 64 – Máquina colectora	65
Fig. 65 – Máquina empilhadora-colectora	66
Fig. 66 – Modelos de pórticos empilhadores-colectores	66
Fig. 67 – Sistema de recolha subterrânea.....	67
Fig. 68 – Planificação de terminais de carga seca a granel – tempo dos navios no posto de atracque	68
Fig. 69 – Planificação de terminais de carga seca a granel – custo de permanência dos navios no posto de atracque	69
Fig. 70 – Grandezas caracterizadoras das pilhas de granéis secos.....	70
Fig. 71 – Planificação de terminais de carga seca a granel – capacidade de armazenamento	71
Fig. 72 – Planificação de terminais de carga seca a granel – capacidade de reserva	72
Fig. 73 – <i>Layout</i> modelo de um terminal de carga seca a granel	73
Fig. 74 – Configurações tradicionais dos postos de atracque de terminais de carga líquida a granel...	74
Fig. 75 – Instalações <i>offshore</i> com sistema de mono-bóia	74
Fig. 76 – Pormenor de uma mono-bóia.....	74
Fig. 77 – Solução típica de plataforma de interface modal num aeroporto.....	76
Fig. 78 – Terminal sem zona de acesso limitado aos modais rodo e ferroviário	77
Fig. 79 – Terminal com zona de acesso limitado aos modais rodo e ferroviário	77
Fig. 80 – Solução típica de plataforma de interface modal num porto.....	78
Fig. 81 – Solução típica de plataforma de interface modal num porto com vagas de estacionamento inclinadas.....	78
Fig. 82 – Pormenor de uma plataforma de carga dotada com portas especiais.....	79
Fig. 83 – Esquema de uma plataforma de interface com o transporte ferroviário	79
Fig. 84 – Evolução para um sistema de transporte directo com porto seco	79
Fig. 85 – Esquema de arranjo possível para um porto seco.....	80
Fig. 86 – Esquema ilustrativo do método de Mangole (1989).....	80
Fig. 87 – Sistema de interface modal com recurso a vagões modalohr	81
Fig. 88 – Pormenor do processo de carga de vagões e camiões na base dos silos	81
Fig. 89 – Pormenor do processo de carga de vagões e camiões na base dos silos	81
Fig. 90 – Pormenor do processo de descarga de camiões por tombamento	81

Fig. 91 – Pormenor do processo de descarga de vagões por tombamento	82
Fig. 92 – <i>Train loader system</i>	82
Fig. 93 – <i>Train loader system</i> – pormenor do sistema de descarga no interior do navio	83
Fig. 94 – <i>River-sea push barge</i>	83
Fig. 95 – <i>Combined traffic carrier ship/barge</i>	84
Fig. 96 – Terminal <i>barge express</i> activo	84
Fig. 97 – Terminal <i>barge express</i> passivo	85
Fig. 98 – <i>Rollerbarge</i>	85

Notas:

(f.i.) – relativo a fluxo de importação

(f.e.) – relativo a fluxo de exportação

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Proposta de dimensionamento segundo a <i>Federal Aviation Administration</i>	8
Quadro 2 – Proposta de Ashford para dimensionamento de terminais com nível tecnológico médio ...	9
Quadro 3 – Proposta de Ashford para dimensionamento de terminais com nível tecnológico elevado	10
Quadro 4 – Dimensionamento das áreas de armazenagem do fluxo de importação.....	14
Quadro 5 – Dimensionamento das áreas de armazenagem do fluxo de importação (cont.).....	15
Quadro 6 – Dimensionamento das áreas de armazenagem do fluxo de exportação.....	19
Quadro 7 – Dimensionamento das áreas de armazenagem do fluxo de exportação (cont.).....	20
Quadro 8 – Evolução da frota mundial nos finais do século passado	23
Quadro 9 – Sugestão de constituição de uma equipa móvel para 3 postos de atraque	38
Quadro 10 – Sugestão de constituição de uma equipa móvel para 3 postos de atraque considerando a necessidade de reserva	39
Quadro 11 – Sugestão de constituição de uma equipa mecânica para 2 postos de atraque.....	54
Quadro 12 – Configurações Típicas para Cais de Terminais Roll-On/Roll-Off.....	55
Quadro 13 – Metodologias de dimensionamento de terminais RO/RO	56

ÍNDICE DE SIGLAS

<i>FAA</i>	<i>Federal Aviation Administration</i>
<i>SBTA</i>	<i>Services Techniques des Bases Aériennes</i>
<i>IATA</i>	<i>International Air Transport Association</i>
<i>ULD</i>	<i>Unit Load Device</i>
<i>IAC</i>	<i>Instituto de Aviação Civil</i>
<i>UNCTAD</i>	<i>United Nations Conference on Trade and Development</i>
<i>RO/RO</i>	<i>Roll-On/Roll-Off</i>
<i>TEU</i>	<i>Twenty-foot Equivalent Unit</i>
<i>MBU</i>	<i>Multi Box Unit</i>
<i>TSL</i>	<i>Trans Sea Lifter</i>

1

INTRODUÇÃO

O transporte de mercadorias constitui uma necessidade básica das sociedades modernas. Além de fomentar a globalização económica, permitindo vencer barreiras entre o desenvolvimento e o subdesenvolvimento, é crucial para a mitigação dos desfasamentos espaciais e temporais vigentes entre as diversas entidades económicas. Desta forma, a aproximação dos elementos exploradores/produtores aos respectivos mercados de consumo tem-se vindo a tornar realidade. O desenvolvimento da economia mundial passa impreterivelmente pela optimização do desempenho conseguido no transporte de mercadorias.

Os modos de transporte de carga com maior expressividade são o rodoviário, o ferroviário, o dutoviário, o aéreo e o hidroviário, sendo que este último pode ser marítimo de longo-curso, marítimo por cabotagem ou fluvial. Cada um deles apresenta determinadas propriedades que propiciam a sua utilização em determinadas situações. Se por um lado o modo aéreo oferece maior celeridade e conforto no transporte de cargas leves ou perecíveis, por outro, o modo hidroviário permite a movimentação de cargas grandes e pesadas a longas distâncias, embora com uma velocidade bastante menor. O transporte ferroviário também permite o transporte de grandes cargas, mas a velocidades significativamente maiores que no modo hidroviário. Todavia, está sujeito a caminhos únicos e possui limitações insuperáveis ao nível da transposição marítima. O mesmo acontece com o modo rodoviário. No entanto, este modal permite o “transporte porta a porta”, conferindo ao transporte de carga uma vertente minuciosa através da flexibilidade e agilidade proporcionadas. Já o transporte dutoviário tem-se vindo a tornar bastante atractivo para movimentação de cargas líquidas ou gasosas, com vantagens inegáveis sob o ponto de vista económico. Tal porque, apesar da lentidão, a operacionalidade ocorre a tempo inteiro, com consumos energéticos diminutos e risco de danos ou perdas substancialmente menor que nos demais modais.

Depreende-se que a utilização de cada modo de transporte é caracterizada por um conjunto de virtudes e limitações. Os modelos intermodais surgem então como alternativas efectivas que permitem tirar proveito, de uma forma integrada, das vantagens proporcionadas por cada modo de transporte, atenuando, assim, os custos económicos e os impactes ambientais inerentes à movimentação dos diferentes tipos de carga.

As redes existentes para cada modo de transporte estão organizadas de modo a abrangerem determinados locais estratégicos denominados nós. É o caso das estações, portos e aeroportos, os quais podem funcionar como pontos de interface modal no processo de movimentação de carga, devendo, para tal, ser dotados de equipamentos e infra-estruturas adequados.

Os padrões de competitividade e eficiência reivindicados pela assimilação do conceito de economia global a nível mundial, impõem uma necessidade crescente de aperfeiçoamento dos modelos intermodais existentes. Essa necessidade também se reflectiu ao nível dos terminais intermodais de carga. Na sua génese, os mesmos eram constituídos exclusivamente por um conglomerado de instalações com funcionalidades específicas, destinadas a suportar as necessidades consequentes das actividades de troca de mercadorias entre modais. Desde então, algumas técnicas e inovações foram sendo incorporadas ao processo de design e planeamento dos terminais com vista à optimização de toda a operação de traslado de carga.

Neste trabalho, a pesquisa desenvolvida incide sobre as plataformas intermodais de carga das estruturas portuárias e aeroportuárias, pretendendo-se estabelecer um conjunto de indicações orientadoras na planificação e construção das mesmas. Estas devem privilegiar o tratamento das necessidades inerentes à realização de manobras de carga e descarga de navios e aviões e prever as exigências relativas às operações de armazenagem/ensilagem, inspecção aduaneira e interface com outros modais, nomeadamente em relação ao transporte rodoviário, ferroviário, marítimo por cabotagem, fluvial e dutoviário.

Ao longo do segundo capítulo, procura-se definir o conceito de carga e vincar a importância da sua correcta caracterização no âmbito de todo o processo de planeamento e design das estruturas portuárias e aeroportuárias. Já no decorrer do terceiro capítulo, aborda-se com alguma pormenorização o processo de dimensionamento dos portos e aeroportos no que aos terminais de mercadorias diz respeito. No mesmo capítulo, caracterizam-se os diferentes equipamentos de manipulação de carga com que os terminais podem ser dotados no intuito de alcançar índices de eficiência atractivos. Ao descrever as propriedades de cada equipamento, são pontualmente mencionados alguns aspectos relativos à interface modal que serão, contudo complementados pela informação apresentada no quarto capítulo. Neste, os portos e aeroportos são analisados enquanto plataformas intermodais de carga, referindo-se algumas particularidades que permitem aumentar os índices de rendimento conseguidos, sem deixar de se mencionar algumas das propostas com maior viabilidade que se encontram actualmente em fase de estudo.

2

CARACTERIZAÇÃO DA CARGA

2.1. GENERALIDADES

Entende-se por carga todo um conjunto de bens a transportar, geradores de receita, que não sejam passageiros ou respectivas bagagens.

A tipologia e quantidade das mercadorias a transportar vão influenciar directamente o planeamento e design das estruturas portuárias e aeroportuárias. Torna-se portanto fulcral a existência de um estudo prévio que disseque as propriedades da carga a movimentar num determinado terminal.

No âmbito do presente trabalho há que distinguir a carga que comumente se apropria ao transporte aéreo daquela que por norma é alvo do transporte marítimo.

2.2. CARGA AÉREA

A carga que tendencialmente é transportada por meio aéreo apresenta algumas especificidades relativas a peso, dimensões, valor ou urgência de entrega. Assim, as mercadorias não costumam ser excessivamente pesadas nem muito grandes, podendo também tratar-se de peças de valor excepcional ou com necessidade de entrega num curto espaço de tempo. Em termos gerais, a carga aérea pode ser dividida em:

- Malas postais;
- Encomendas expresso (*courier*);
- Carga propriamente dita.

O estudo desenvolvido incide sobre a carga propriamente dita, a qual apresenta elevada heterogeneidade, com uma multiplicidade de produtos e bens que dificultam a criação de classificações propícias à padronização das rotinas de manuseio e processamento da mesma. A classificação da carga aérea deve portanto ter em conta as especificidades de cada terminal, podendo contudo ser desenvolvida a partir de outras classificações já existentes e vulgarmente usadas nos terminais de carga com maior expressividade. Assim, pode-se distinguir:

2.2.1. Carga Normal ou Comum

Inclui itens ou lotes de carga que podem ser armazenados em sistemas porta-paletes ou *racks* com prateleiras e não requerem cuidados especiais ou procedimentos específicos para o seu

manuseio e armazenamento. Os armazéns destinados a este tipo de mercadorias podem ser divididos por sectores em função do peso das mesmas. Assim:

- Sector de pequenos volumes (até 30kg)
- Sector de volumes médios (de 30 a 250kg)
- Sector de grandes volumes (de 250 a 1000kg)
- Sector de volumes atípicos (acima de 1000kg)

2.2.2. Carga Perecível

Mercadorias cujo valor comercial se encontra limitado pelo tempo devido ao facto de estarem sujeitas a deterioração ou a se tornarem inúteis por atraso na entrega. É o caso de flores, jornais, remédios ou alguns tipos de alimentos.

Alguns destes bens podem exigir necessidades especiais tais como o armazenamento em câmara frigorífica.

2.2.3. Carga de Grande Urgência

Mercadorias normalmente associadas a aspectos de saúde e que, por se destinarem ao salvamento de vidas humanas, possuem uma necessidade de entrega célere. É o caso de soros, plasma sanguíneo, órgãos para transplante, etc.

2.2.4. Carga de Alto Valor

Mercadorias naturais ou artificiais cujo valor comercial é bastante elevado. É o caso das barras de ouro ou prata, jóias, pedras preciosas, veículos de corrida ou aparelhos e componentes electrónicos em geral.

Alguns destes bens podem exigir necessidades especiais tais como o armazenamento em cofre.

2.2.5. Carga Viva

Mercadorias compostas por animais vivos exigindo, portanto, cuidados especiais ao nível da medicina veterinária de forma a não comprometer a saúde animal nem, a um outro nível, a saúde humana.

2.2.6. Carga Restrita

Inclui mercadorias especiais, nomeadamente armas e explosivos, cuja exportação ou importação está sujeita a rígidas restrições impostas pelas autoridades governamentais de cada país, exigindo, portanto, tratamento e fiscalização específicos.

2.2.7. Carga Perigosa

Abrange mercadorias que podem por em causa a saúde ou segurança públicas quando transportadas por via aérea, requerendo por isso mesmo cuidados acrescidos no seu manuseio e armazenamento.

2.3. CARGA MARÍTIMA

As mercadorias cuja movimentação é normalmente assegurada pelo transporte marítimo são também pautadas por uma enorme heterogeneidade. Por outro lado, as limitações ao nível do peso ou dimensões e da urgência de entrega não são significativas.

Em termos gerais podemos distinguir:

2.3.1. Carga Geral

Engloba uma gama de bens e produtos muito variada. No passado, a carga geral era embarcada individualmente, volume por volume, o que se traduzia no agravamento do custo total de transporte. Ao longo dos tempos, têm vindo a ser desenvolvidas diversas técnicas com vista à unificação da carga por forma a diminuir o tempo de manuseio e o risco de dano ou roubo, atenuando assim os custos finais inerentes à movimentação das mercadorias. Algumas delas são:

- Carga Pré-lingada ou *pre-slung cargo* – cargas permanecem presas dentro das lingas que viajam junto com os navios. Trata-se de um método simples e barato para aumentar a produtividade das operações de estiva.
- Carga em Bandeja ou *Pallet* – cargas são depositadas e transportadas sobre estrados de madeira ou metal de dimensões variadas, embora se verifiquem tendências para padronização das mesmas. Eles facilitam a operação de carga e descarga com recurso a maquinaria especializada.
- Carga Contentorizada – cargas são transportadas em recipientes fechados de dimensões padronizadas pela *International Standards Organization*. Estes são fabricados em alumínio, aço, fibra de vidro, etc. em função do tipo de carga a que se destinam e são introduzidos nos navios por elevação. Podem ainda apresentar propriedades que garantam a ventilação ou refrigeração das cargas.
- Carga *Roll-On/Roll-Off* – cargas são introduzidas nos navios por movimento horizontal através de, por exemplo, contentores sobre chassis. Outros veículos como é o caso de carros ou camiões também podem estar incluídos neste tipo de carga.
- Carga Embarcada em Barcaças – a carga está armazenada em barcaças que garantem o transporte da mesma até ao navio. Posteriormente, elas são içadas directamente da água para o navio em causa.

2.3.2. Carga a Granel

Abrange todos aqueles produtos que são transportados de forma homogénea, podendo ser manipulada de forma contínua. Os graneis podem ser classificados em dois grandes grupos:

- Graneis Sólidos – podem ser distinguidos os:
 - ✓ Ordinários (*Bulks*) – abrangem as substâncias granulares de menor densidade como cereais, fertilizantes, sal, etc.
 - ✓ Minérios (*Ore*) – englobam as substâncias de maior densidade.

- Granéis Líquidos – podem ser distinguidos os:
 - ✓ Ordinários – Produtos líquidos não combustíveis nem tóxicos como água, vinho, azeite, etc.
 - ✓ Produtos petrolíferos – inclui o petróleo bruto e seus derivados
 - ✓ Gases Liquefeitos – engloba o gás natural, os gases provenientes da destilação do petróleo (propano, butano, etc.) e os produtos químicos tais como metanol, ácidos diversos, etc.

3

PLANEAMENTO E DIMENSIONAMENTO

3.1. GENERALIDADES

O processo de planeamento e design dos terminais de carga difere significativamente das estruturas portuárias para as aeroportuárias. Essa desigualdade advém fundamentalmente das dissemelhanças verificadas ao nível da carga operada, no que concerne à sua tipologia e quantidade. Se, por um lado, o transporte aéreo impõe limitações significativas ao nível da dimensão e peso das cargas a movimentar, por outro ele garante um deslocamento mais rápido associado a maiores consumos de combustível que se traduzem num frete mais dispendioso. Esses factos, associados à elevada capacidade de carga dos navios relativamente aos aviões, tornam o transporte marítimo mais adequado à maioria das necessidades de movimentação de mercadorias. Daí que os terminais portuários exijam, desde logo, uma área destinada ao tratamento de carga significativamente maior. As diferenças relativas à tipologia da carga traduzem-se ainda em diferentes procedimentos de tratamento/processamento das mercadorias, o que, por seu lado, se reflecte em equipamentos e infra-estruturas significativamente distintos.

Torna-se portanto necessário analisar separadamente todo o método de dimensionamento dos terminais de carga aeroportuários e portuários.

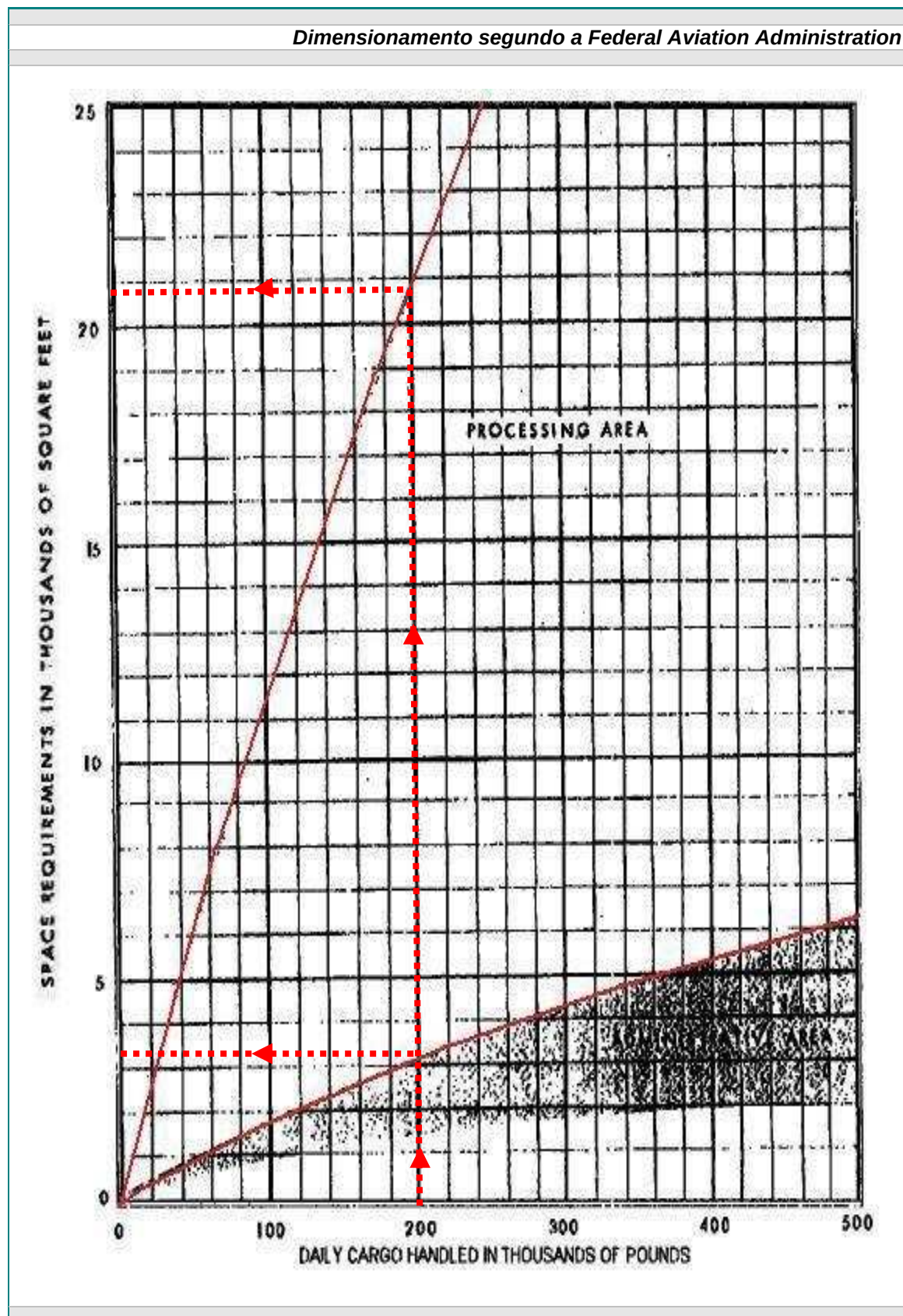
3.2. TERMINAIS DE CARGA AEROPORTUÁRIOS

Actualmente, não existe nenhum método consagrado para o dimensionamento das estruturas de carga aeroportuárias, uma vez que as empresas que actuam no sector mantêm em sigilo os respectivos modelos de abordagem da questão. Existe contudo um conjunto de indicações sobre o assunto, provenientes de algumas entidades competentes:

3.2.1. Método da *Federal Aviation Administration (FAA)*

A FAA (1964) trata do tema na circular AC 150/5360-2, *Airport Cargo Facilities*, onde apresenta, à página 22, um gráfico para estimar as áreas administrativas e de processamento de carga em função do movimento diário observado.

Quadro 1 – Proposta de dimensionamento segundo a Federal Aviation Administration



3.2.2. Método da *Services Techniques des Bases Aériennes (STBA)*

A SBTA (1984) na sua *Instruction Technique sur les Aérodrômes Civils*, no item 6.3, *Dimensionnement des Aérogares de Fret*, à página 39, cita apenas que índices gerais podem variar de 3t/ano/m² a 20t/ano/m².

3.2.3. Método da *International Air Transport Association (IATA)*

A IATA recomendava no passado a utilização de 1,0ft² por cada tonelada de carga anual para estimar a área de carga para exportação e 1,1ft² por cada tonelada de carga anual para área de carga de importação. A partir de 1991, apesar dos vários estudos desenvolvidos, a IATA não mais propôs qualquer método para dimensionamento de terminais de carga aérea.

3.2.4. Método de *Ashford*

Norman Ashford (1992), na 3ª edição de seu *Airport Engineering* apresenta no capítulo 11, *Air Cargo Facilities*, à página 355, um exemplo de dimensionamento para um terminal classificado como sendo de média tecnologia, e outro, à página 360, para um terminal de alto índice de mecanização.

Quadro 2 – Proposta de *Ashford* para dimensionamento de terminais com nível tecnológico médio

Exemplo 1 de Ashford		
Terminal com Nível Tecnológico Médio		
<i>Premissas Adoptadas</i>		
✓ Alto índice de contentorização ✓ Uso de empilhadoras nos processos de armazenamento da carga ✓ Ausência de equipamentos transferidores ou transelevadores		
<i>Critérios Para Projecto</i>		
	Terminais	
	Domésticos e de Exportação	De Importação
Produtividade por unidade de área (kg/m ² /ano)	13.500 a 22.500 (usar 13.500)	5.500
Docas para carga e descarga de camiões (kg/doca/h)	2.500 a 4.500 (usar 3.500)	1.800
Capacidade de acesso da carga ao pátio aéreo (Portas)		
✓ <i>Bypass pallets/door/h</i>	15	-
✓ <i>Pallets/door/h</i> processados	20	20
✓ Peso médio da carga em <i>pallet</i> ou contentor (kg)	1.800	1.800
✓ Peso médio da carga em <i>bins</i> (kg)	225	225
✓ Área de consolidação/desconsolidação de carga (kg/estação/h)	2.000	1.800

Quadro 3 – Proposta de Ashford para dimensionamento de terminais com nível tecnológico elevado

Exemplo 2 de Ashford
Terminal com Nível Tecnológico Elevado
<u>Parâmetros de Dimensionamento</u>
• Áreas de consolidação/desconsolidação de carga de 75m² por estação de trabalho • Docas para camiões com 4m de largura e 15m de comprimento e rampas para fora do terminal com 4m de largura • ULD's com 2.5 x 3.0 (m) para uma carga média de 1.5 ton • Tempo de consolidação de carga em ULD's de 45 min • Tempo de desconsolidação de carga em ULD's de 40 min • Áreas de armazenamento: factores de conversão e tempo de permanência da carga: ✓ Importação: - o Perecíveis e carga especial: 10.4m²/ton para um tempo de permanência da carga de 1 dia - o Carga normal: 7,25m²/ton para um tempo de permanência de carga de 3 dias - o Carga restrita: 12,5m²/ton para um tempo de permanência de carga de 2 dias - o Carga em perimento: 5m²/ton ✓ Exportação: - o 12,5m²/ton para um tempo de permanência de carga de 1 dia ✓ Áreas de armazenamento de ULD's em 3 níveis a 5,6m²/ULD e áreas para ULD's e pallets vazios de 50% da área para ULD's • Circulação, guarda e manutenção de equipamentos: 50% do somatório da importação, exportação e armazenamento de ULD's • Carga média recebida ou retirada por camião no lado terrestre de 1 ton • Tempo médio de carga e descarga de camião de 30 min

3.2.5. Método do Instituto de Aviação Civil (IAC)

Através do Manual de Capacidade da Comissão de Estudos e Coordenação da Infra-estrutura Aeronáutica, o IAC sugere o dimensionamento de terminais de carga aérea a partir da equação:

$$A = \frac{T \times F \times f \times t_m}{365 \times d \times h}$$

Sendo que :

A - Área em m²

T - Tonelagem anual prevista

F - Fator de flutuação da demanda de carga (varia de 1.1 a 1.5, sendo tanto maior quanto menor for *T*)

f - Fator que depende da configuração das áreas de armazenagem, variando de 1.3 a 2.5

t_m - Tempo médio de permanência da carga no terminal

d - Densidade média da Carga, variando de 0.0875 a 0.158 ton/m³

h - Altura máxima de empilhamento que depende do equipamento disponível (1.4 a 4.0 m)

Fig. 1 – Equação do IAC para dimensionamento de terminais de carga

3.2.6. Método de Magalhães

A partir dos modelos de Ashford, Magalhães (1998) procurou, no seu *Método de Dimensionamento para Terminais de Carga Aérea no Brasil* concebido no âmbito das pesquisas desenvolvidas pelo *Instituto Tecnológico de Aeronáutica*, desenvolver um método que colmatasse as carências verificadas no sector. O mesmo método foi mais tarde informatizado por Menezes (2001). O modelo de Magalhães sugere que o terminal de carga aéreo como um processador dinâmico que deve ser planeado de forma a atender ao movimento de carga nos fluxos de importação, exportação e trânsito, com a máxima integração entre os seus componentes. Através das actividades que compõem os fluxos de importação, exportação e trânsito, determina-se então as áreas necessárias numa estrutura aeroportuária de mercadorias. Assim:

3.2.6.1. Fluxo de Importação

O fluxo de importação abrange:

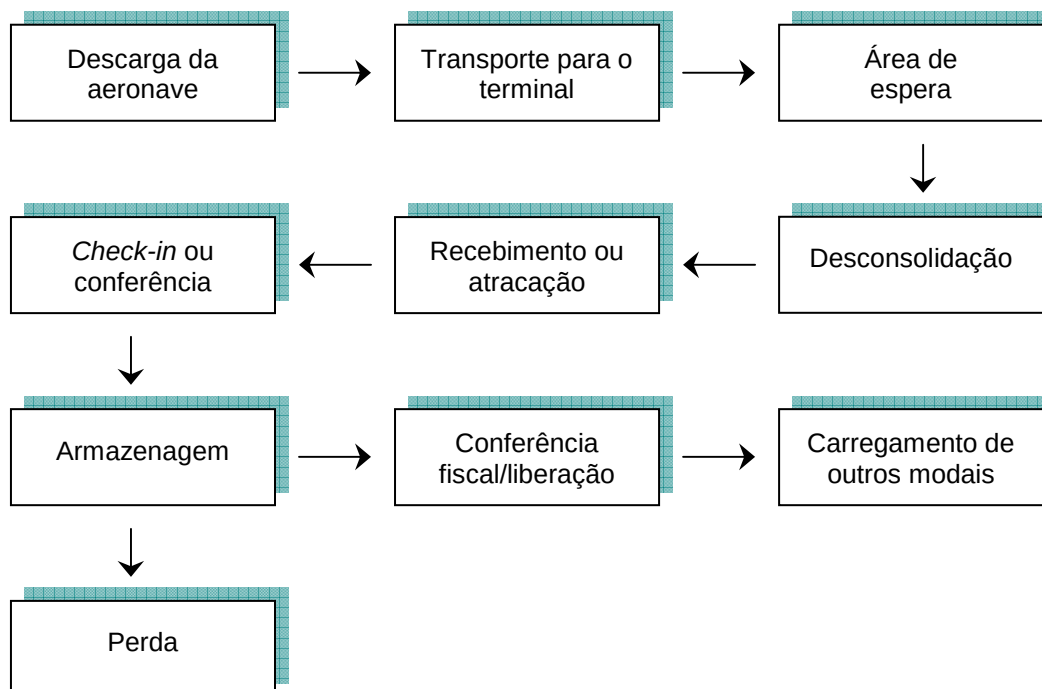


Fig. 2 – Fluxo de importação segundo Magalhães

São portanto necessárias diversas áreas específicas que, em conjunto, irão satisfazer as necessidades associadas ao fluxo de importação. São elas:

- **Área de Espera** – segundo o método, a área de espera é definida em função do número de posições (pranchas fixas) necessárias para espera de equipamentos. Por outras palavras, depende da quantidade de mesas fixas que irão ser necessárias para suporte de *pallets* ou contentores, também denominados *stackers*.

Assim, torna-se necessário conhecer o número de equipamentos recebidos:

$$\begin{aligned} NEQ &= \text{número de equipamentos recebidos} \\ NEQ_{\text{dia de pico}} &= \frac{\text{Carga unitizada recebida no dia de pico(ton)}}{\text{Carga por equipamento(ton)}} \\ NEQ_{\text{turno de pico}} &= NEQ_{\text{dia de pico}} \times \% \text{ da carga movimentada no turno de pico} \end{aligned}$$

Fig. 3 – Equações para cálculo do número de equipamentos recebidos no turno de pico (f.i.)

Conhecido o número de equipamentos recebidos, há que calcular o número de posições de espera necessárias:

$$\begin{aligned} NP &= \text{número de posições} \\ NP &= \frac{NEQ_{\text{turno de pico}} \times \text{Tempo de espera da carga na área de espera (h)}}{\text{Número de horas do turno de pico}} \end{aligned}$$

Fig. 4 – Equação para cálculo do número de posições necessárias (f.i.)

A partir do número de posições de espera necessárias, é possível determinar o número de linhas de espera necessárias:

$$\begin{aligned} NLE &= \text{número de linhas de espera} \\ NLE &= \frac{NP}{\text{Largura do Stacker (m)}} \end{aligned}$$

Fig. 5 – Equação para cálculo do número de linhas de espera necessárias (f.i.)

Em função do número de linhas de espera e tendo em conta algumas propriedades físicas dos *stackers* e dos *dollies*, torna-se possível quantificar a área de espera:

$$\begin{aligned} AE_{UNIT} &= \text{área de espera da carga unitizada} \\ \text{Comprimento} &= NLE \times (\text{Largura}_{\text{stacker}} + 5) \quad (m) \\ \text{Largura} &= \text{Largura}_{\text{stacker}} \times (\text{Comprimento}_{\text{stacker}} + 5) + \text{Comprimento}_{\text{dollye}} + 1 \quad (m) \\ AE_{UNIT} &= \text{Comprimento} \times \text{Largura} \quad (m^2) \end{aligned}$$

Fig. 6 – Equações para cálculo da área de espera da carga unitizada (f.i.)

- **Área de Recebimento ou Atracação** – o método sugere que, a área de recebimento seja quantificada a partir do conhecimento do número de linhas de atracação, da área necessária para actividades de atracação, da área para circulação de equipamento e da área do sistema transferidor.

Há portanto que converter a quantidade de carga recebida em número de equipamentos a serem desconsolidados. De seguida calcula-se a quantidade de equipamentos no sistema por unidade de tempo e, em função do tempo de desconsolidação de um equipamento, estima-se o número de estações de trabalho ou linhas de atracação necessárias.

$$\begin{aligned} NLA &= \text{número de linhas de atracação} \\ NEQ_{\text{por hora}} &= \frac{NEQ_{\text{turno de pico}}}{\text{Número de horas do turno de pico}} \\ NLA &= \frac{NEQ_{\text{por hora}} \times \text{Tempo de desconsolidação de uma ULD (min)}}{60} \end{aligned}$$

Fig. 7 – Equações para cálculo do número de linhas de atracação necessárias (f.i.)

Posteriormente, calcula-se a área necessária para as actividades de atracação, garantindo-se o acesso de pessoas e empilhadeiras às linhas de atracação pelas suas laterais:

$$\begin{aligned} AA_{UNIT} &= \text{área de atracação da carga unitizada} \\ \text{Comprimento} &= NLA \times (\text{Largura}_{stacker} + 5 + \text{Afastamento entre linhas}) \quad (m) \\ \text{Largura} &= \text{Afastamento entre linhas} \times (\text{Comprimento}_{stacker} + 5) \quad (m) \\ AE_{UNIT} &= \text{Comprimento} \times \text{Largura} \quad (m^2) \end{aligned}$$

Fig. 8 – Equações para cálculo da área de atracação da carga unitizada (f.i.)

Uma vez conhecida a área de atracação podemos definir a área de circulação de equipamentos, aplicando:

$$\begin{aligned} AC_{EQ} &= \text{área de circulação de equipamentos} \\ L &= \text{largura do corredor para circulação de empilhadeiras} \quad (m) \\ AC_{EQ} &= NLA \times (\text{Largura}_{Stacker} + 5 + N^{\circ} \text{ deposições de recebimento}) \times L \quad (m^2) \end{aligned}$$

Fig. 9 – Equação para cálculo da área de circulação de equipamentos (f.i.)

Resta, portanto, determinar a área do sistema transferidor, recorrendo a:

$$\begin{aligned} A_{ST} &= \text{área do sistema transferidor} \\ L_{ET} &= \text{largura do equipamento transferidor} \quad (m) \\ A_{ST} &= NLA \times (\text{Largura}_{Stacker} + 5 + N^{\circ} \text{ deposições de recebimento}) \times L_{ET} \quad (m^2) \end{aligned}$$

Fig. 10 – Equação para cálculo da área do sistema transferidor (f.i.)

- **Área de Armazenagem** – Magalhães sugere a sua divisão em sectores a dimensionar isoladamente em função das respectivas especificidades. Assim, existiriam 3 sectores principais divisíveis em vários subsectores que, por se destinarem a diversos tipos de carga, exigiriam equipamentos de armazenagem distintos, o que se traduziria em diferenças significativas ao nível dos factores de conversão de área. Assim, considera-se a existência de:
 - ✓ *Sector de cargas normais* – deve englobar:
 - o Subsector de pequenos volumes (até 30kg);
 - o Subsector de volumes médios (de 30 a 250kg);
 - o Subsector de grandes volumes (de 250 a 1000kg);
 - o Subsector de volumes atípicos por terem mais de 1000kg;
 - o Subsector para volumes de qualquer peso, atípicos por terem grandes dimensões;
 - o Subsector de ULD's;
 - ✓ *Sector das cargas especiais* – deve englobar:
 - o Subsector de cargas frigorificadas;
 - o Subsector de cargas de alto valor;
 - o Subsector de cargas radioactivas;
 - o Subsector de cargas perigosas;

- ✓ *Sector das cargas em trânsito* – as cargas em trânsito podem permanecer na estrutura aeroportuária até 24 horas e são normalmente armazenadas de forma unitizada em *pallets* ou contentores. O método sugere que o dimensionamento deste sector seja conseguido de forma análoga ao procedimento aplicado para o subsector de ULD's no sector de cargas normais.

As orientações de dimensionamento do método de Magalhães para áreas de armazenagem são então:

Quadro 4 – Dimensionamento das áreas de armazenagem do fluxo de importação

Dimensionamento das Áreas de Armazenagem	
Sector de Cargas Normais	
<u>Sector de pequenos volumes (até 30kg)</u>	
$A = C_m \times (2 \times L_m + L_c)$	$C = n_p \times C_p \times 2$
$F_{30} = \frac{A}{C}$	$A_{30} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{30}$
<u>Sector de volumes médios (de 30 a 250kg)</u>	
$A = C_m \times (2 \times L_m + L_c)$	$C = n_p \times n_e \times C_e \times 2$
$F_{30-250} = \frac{A}{C}$	$A_{30-250} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{30-250}$
<u>Sector de grandes volumes (de 250 a 1000kg)</u>	
$A = (L_m + 20) \times (2 \times C_m + L_c)$	$C = n_p \times n_e \times C_e \times 2$
$F_{250-1000} = \frac{A}{C}$	$A_{250-1000} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{250-1000}$
<u>Sector de volumes atípicos (mais de 1000kg)</u>	
$A = C_m \times (2 \times L_m + L_c)$	$C = n_p \times n_e \times C_e \times 2$
$F_{1000} = \frac{A}{C}$	$A_{1000} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{1000}$
<u>Sector para volumes de grandes dimensões</u>	
$A_{VA} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{VA}$	$F_{VA} = 15m^2/ton$
<u>Sector de ULD's</u>	
$Q = n_p \times q \times 2$	
$F_{ULD} = \frac{L_{ULD} \times C_{ULD} \times 2 + L_c}{Q}$	$A_{ULD} = \frac{C_t \times T \times F_{ULD}}{C_{med}}$
Sector de Cargas Especiais	
<u>Cargas Frigorificadas</u>	
$A_F = 1.1 \times C_t \times T \times F_F$	$F_F = 10m^2/ton$
<u>Cargas de Valor</u>	
$A_V = 1.1 \times C_t \times T \times F_V$	$F_V = 10m^2/ton$

Quadro 5 – Dimensionamento das áreas de armazenagem do fluxo de importação (cont.)

Dimensionamento das Áreas de Armazenagem (cont.)		
Sector de Cargas Especiais (cont.)		
<u>Cargas Radioactivas</u>		
$A_R = 1.1 \times C_t \times T \times F_R$	$F_R = 10m^2/ton$	
<u>Cargas Perigosas</u>		
$A = C_m \times (2 \times L_m + L_c)$	$C = n_p \times n_e \times C_p \times 2$	
$F_P = \frac{A}{C}$	$A_P = 1.1 \times C_t \times T \times F_P$	
Sector de Cargas em Trânsito		
$Q = n_p \times q \times 2$		
$F_{ULD} = \frac{L_{ULD} \times C_{ULD} \times 2 + L_c}{Q}$	$A_{ULD} = \frac{C_t \times T \times F_{ULD}}{C_{med}}$	
Legenda		
A	Área ocupada pelos módulos e pelo espaço entre eles	m ²
C _m	Comprimento dos módulos	m
L _m	Largura dos módulos	m
L _c	Largura para circulação entre módulos	m
C	Carga por módulo	kg
n _p	Número de prateleiras por módulo	uni
n _e	Número de estrados por prateleira	uni
C _p	Carga média por prateleira	kg
C _e	Carga média por estrado	kg
Q	Quantidade de ULD's	uni
q	Quantidade de ULD's por prateleira	uni
C _{med}	Carga média por ULD	ton
C _{ULD}	Comprimento da ULD	m
L _{ULD}	Largura da ULD	m
F ₃₀	Factor de conversão do sector de volumes pequenos	m ² /ton
F ₃₀₋₂₅₀	Factor de conversão do sector de volumes médios	m ² /ton
F ₂₅₀₋₁₀₀₀	Factor de conversão do sector de volumes grandes	m ² /ton
F ₁₀₀₀	Factor de conversão do sector de volumes atípicos	m ² /ton
F _{VA}	Factor de conversão do sector de volumes de grandes dimensões	m ² /ton
F _{ULD}	Factor de conversão do sector de ULD's	m ² /ton
F _F	Factor de conversão do sector de cargas frigorificadas	m ² /ton
F _V	Factor de conversão do sector de cargas de valor	m ² /ton
F _R	Factor de conversão do sector de cargas radioactivas	m ² /ton
F _P	Factor de conversão do sector de cargas perigosas	m ² /ton
A ₃₀	Área do sector de volumes pequenos	m ²
A ₃₀₋₂₅₀	Área do sector de volumes médios	m ²
A ₂₅₀₋₁₀₀₀	Área do sector de volumes grandes	m ²
A ₁₀₀₀	Área do sector de volumes atípicos	m ²
A _{VA}	Área do sector de volumes de grandes dimensões	m ²
A _{ULD}	Área do sector de ULD's	m ²
A _F	Área do sector de cargas frigorificadas	m ²
A _V	Área do sector de cargas de valor	m ²
A _R	Área do sector de cargas radioactivas	m ²
A _P	Área do sector de cargas perigosas	m ²
C _t	Carga total a armazenar	ton
T	Tempo de permanência	dias

O somatório da área de todos os sectores vai então permitir conhecer o valor da área total de armazenamento. O método aconselha ainda a aplicação das indicações de *Ashford*, segundo as quais o valor obtido deve ser afectado de um factor majorante que considere uma eficiência de armazenamento de 80 a 90%.

- **Área para Carga em Regime de Perda** – destina-se às cargas que não são retiradas pelo consignatário num determinado prazo definido pelas autoridades regulamentadoras. O método sugere que se adopte um valor equivalente a 20% da área de armazenagem para carga de perdimento.
- **Área de Docas e Plataformas de Interface Modal** – destina-se às actividades de carregamento dos demais modais com mercadorias armazenadas provenientes do meio de transporte aéreo. Magalhães defende que esta área seja quantificada em função do número de posições de parada de camiões necessário, que, por sua vez, dependerá da quantidade de carga movimentada no período de pico, da capacidade média dos veículos e do tempo necessário para o seu carregamento. Assim, começa-se por determinar o número de camiões necessários durante o período de pico de movimentação de mercadorias:

$$NC = \text{número de camiões}$$

$$NC = \frac{\text{Carga liberada no dia de pico(ton)}}{\text{Carga média por camião(ton)}} \times \% \text{ da carga movimentada no turno de pico}$$

Fig. 11 – Equação para cálculo número de camiões necessários no turno de pico (f.i.)

Conhecido que está o número de veículos que irá operar no turno de pico, há que determinar o número de posições de parada necessário:

$$NP = \text{número de posições}$$

$$NP = \frac{NC \times \text{Tempo médio de carregamento do camião (min)}}{60}$$

Fig. 12 – Equação para cálculo número de posições de parada necessário (f.i.)

Torna-se, portanto, possível conhecer o comprimento da plataforma:

$$C = \text{comprimento da plataforma}$$

$$C = NP \times \text{Largura}_{\text{por camião}} + 2 \times \text{Largura}_{\text{rampas laterais}}$$

Fig. 13 – Equação para cálculo do comprimento da plataforma (f.i.)

Assim, a área para docas e plataformas destinadas à interface modal é obtida por:

$$A_{DP} = \text{área para docas e plataformas}$$

$$A_{DP} = C \times \text{Largura}_{\text{plataforma}}$$

Fig. 14 – Equação para cálculo da área para docas e plataformas (f.i.)

O método sugere ainda que seja considerado um incremento desta área em cerca de 70 a 100% como forma de dar resposta às variações de demanda que possam eventualmente ocorrer.

- **Área de Inspeção Alfandegária** – destina-se à realização das operações de fiscalização ao encargo das autoridades aduaneiras. O método sugere que se adopte um valor que entre 70 e 100% do total de área prevista para docas e plataformas de interface modal como área de inspeção alfandegária.
- **Área Administrativa** – engloba os espaços destinados aos escritórios ocupados pelos funcionários da empresa concessionária do terminal, os espaços públicos e os sanitários. Magalhães cita um dimensionamento empírico que sugere um valor de 5% do total da área operacional do terminal como área administrativa.
- **Outras áreas** – inclui áreas para circulação de equipamentos usados na movimentação de carga entre os diversos sectores do terminal, para guarda desses mesmos equipamentos e para outros fins específicos de cada terminal. O método sugere um acréscimo de espaço na ordem dos 35% do total da área operacional do terminal por forma a suprir as necessidades referidas.

3.2.6.2. Fluxo de Exportação

O fluxo de exportação abrange:

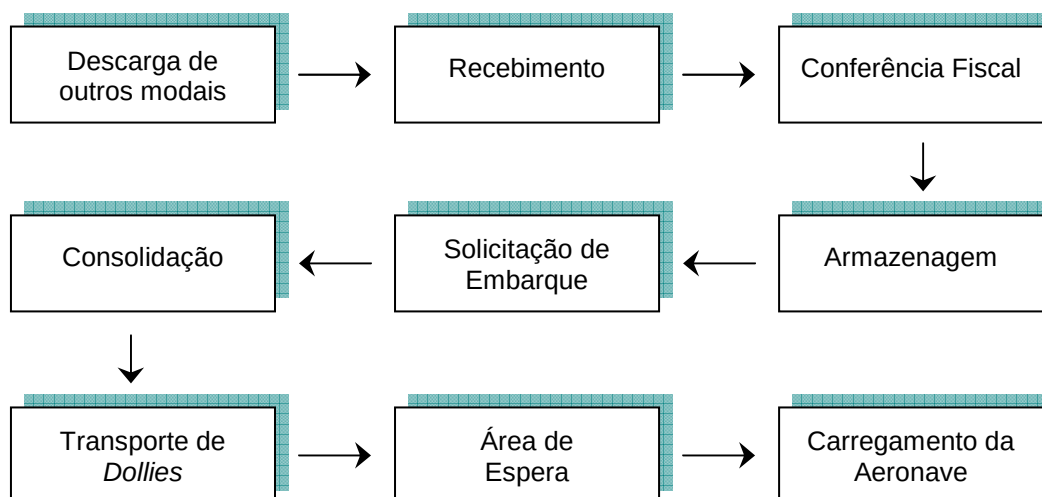


Fig. 15 – Fluxo de exportação segundo Magalhães

O fluxo de exportação é portanto garantido pela articulação de diversas áreas cujas especificidades justificam o seu dimensionamento isolado. Assim, tem-se:

- **Área de Docas e Plataformas de Interface Modal** – o dimensionamento das mesmas passa por um procedimento análogo ao aplicado nas áreas equivalentes existentes no terminal de importação. Assim, neste caso, o processo também começa pelo cálculo do número de camiões necessários durante o período de pico de movimentação de mercadorias:

$$NC = \frac{\text{Carga recebida no dia de pico(ton)}}{\text{Carga média por camião(ton)}} \times \% \text{ da carga movimentada no turno de pico}$$

NC = número de camiões

Fig. 16 – Equação para cálculo número de camiões necessários no turno de pico (f.e.)

Uma vez obtido o número de veículos que irá operar durante o turno de pico, há que calcular o número de posições de parada necessário:

$$NP = \frac{NC \times \text{Tempo médio de carregamento do camião (min)}}{60}$$

NP = número de posições

Fig. 17 – Equação para cálculo número de posições de parada necessário (f.e.)

Em função do número de posições de parada, torna-se possível conhecer o comprimento total da plataforma:

$$C = NP \times \text{Largura}_{\text{por camião}} + 2 \times \text{Largura}_{\text{rampas laterais}}$$

C = comprimento da plataforma

Fig. 18 – Equação para cálculo do comprimento da plataforma (f.e.)

A área para docas e plataformas destinadas à interface modal é então obtida aplicando:

$$A_{DP} = C \times \text{Largura}_{\text{plataforma}}$$

A_{DP} = área para docas e plataformas

Fig. 19 – Equação para cálculo da área para docas e plataformas (f.e.)

Também neste caso se deve prever a existência de uma capacidade de reserva correspondente a cerca de 70 a 100% como forma de dar resposta às variações de demanda que possam eventualmente ocorrer.

- **Área de Inspeção Alfandegária** – o seu dimensionamento passa por considerações análogas às contempladas nas áreas equivalentes existentes no terminal de importação (70 a 100% do total de área prevista para docas e plataformas de interface modal).
- **Área de Recebimento ou Atracção** – recorrendo ao método já aplicado para as áreas similares previstas para terminais de importação, começa-se por estimar o número de estações de trabalho ou linhas de atracção necessárias em função do número de equipamentos necessário. Assim:

$$NLA = \frac{NEQ_{\text{por hora}} \times \text{Tempo de desconsolidação de uma ULD (min)}}{60}$$

NLA = número de linhas de atracção

$NEQ_{\text{por hora}} = \frac{NEQ_{\text{turno de pico}}}{\text{Número de horas do turno de pico}}$

Fig.20 – Equações para cálculo do número de linhas de atracção necessárias (f.e.)

De seguida, calcula-se a área necessária para actividades de atracção:

$$\begin{aligned} AA_{UNIT} &= \text{área de atracção da carga unitizada} \\ \text{Comprimento} &= NLA \times (\text{Largura}_{\text{stacker}} + 5 + \text{Afastamento entre linhas}) \quad (m) \\ \text{Largura} &= \text{Afastamento entre linhas} \times (\text{Comprimento}_{\text{stacker}} + 5) \quad (m) \\ AE_{UNIT} &= \text{Comprimento} \times \text{Largura} \quad (m^2) \end{aligned}$$

Fig. 21 – Equações para cálculo da área de atracção da carga unitizada (f.e.)

Uma vez conhecida a área de atracação podemos definir a área de circulação de equipamentos, aplicando:

$$AC_{EQ} = \text{área de circulação de equipamentos}$$

$$L = \text{largura do corredor para circulação de empilhadeiras} \quad (m)$$

$$AC_{EQ} = NLA \times (Largura_{Stacker} + 5 + N^{\circ} \text{ deposições de recebimento}) \times L \quad (m^2)$$

Fig. 22 – Equação para cálculo da área de circulação de equipamentos (f.e.)

Resta, portanto, determinar a área do sistema transferidor, recorrendo a:

$$A_{ST} = \text{área do sistema transferidor}$$

$$L_{ET} = \text{largura do equipamento transferidor} \quad (m)$$

$$A_{ST} = NLA \times (Largura_{Stacker} + 5 + N^{\circ} \text{ deposições de recebimento}) \times L_{ET} \quad (m^2)$$

Fig. 23 – Equação para cálculo da área do sistema transferidor (f.e.)

- **Área de Armazenagem** – tal como ocorre na secção de armazenagem dos terminais de importação, Magalhães sugere a sua divisão em sectores a dimensionar isoladamente em função das respectivas especificidades. Assim, existiriam 3 sectores básicos:
 - ✓ **Sector de cargas normais** – deve englobar:
 - o Subsector de pequenos volumes (até 30kg)
 - o Subsector de volumes médios (de 30 a 500kg)
 - o Subsector de grandes volumes (acima de 1000kg)
 - o Subsector para volumes de qualquer peso, atípicos por terem grandes dimensões
 - ✓ **Sector das cargas restritas**
 - ✓ **Sector das cargas pré-unitizadas**

As orientações de dimensionamento do método de Magalhães para áreas de armazenagem são então:

Quadro 6 – Dimensionamento das áreas de armazenagem do fluxo de exportação

Dimensionamento das Áreas de Armazenagem	
Sector de Cargas Normais	
<u>Sector de pequenos volumes (até 30kg)</u>	
$A = C_m \times (2 \times L_m + L_c)$	$C = n_p \times C_p \times 2$
$F_{30} = \frac{A}{C}$	$A_{30} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{30}$
<u>Sector de volumes médios (de 30 a 500kg)</u>	
$A = C_m \times (2 \times L_m + L_c)$	$C = n_p \times n_e \times C_e \times 2$
$F_{30-500} = \frac{A}{C}$	$A_{30-500} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{30-500}$

Quadro 7 – Dimensionamento das áreas de armazenagem do fluxo de exportação (cont.)

Dimensionamento das Áreas de Armazenagem (cont.)		
Sector de Cargas Normais (cont.)		
<u>Sector de grandes volumes (mais de 500kg)</u>		
$A = (L_m + 20) \times (2 \times C_m + L_c)$	$C = n_p \times n_e \times C_e \times 2$	
$F_{500} = \frac{A}{C}$	$A_{500} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{500}$	
<u>Sector para volumes atípicos com qualquer peso mas de grandes dimensões</u>		
$A_{VA} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{VA}$	$F_{VA} = 15m^2/ton$	
Sector de Cargas Restritas		
$A = (L_m + 20) \times (2 \times C_m + L_c)$	$C = n_p \times n_e \times C_e \times 2$	
$F_{CR} = \frac{A}{C}$	$A_{CR} = 1.1 \times C_t \times T \times F_{CR}$	
Sector de ULD's		
$Q = n_p \times q \times 2$		
$F_{ULD} = \frac{L_{ULD} \times C_{ULD} \times 2 + L_c}{Q}$	$A_{ULD} = \frac{C_t \times T \times F_{ULD}}{C_{med}}$	
Legenda (cont.)		
A	Área ocupada pelos módulos e pelo espaço entre eles	m ²
C _m	Comprimento dos módulos	m
L _m	Largura dos módulos	m
L _c	Largura para circulação entre módulos	m
C	Carga por módulo	kg
n _p	Número de prateleiras por módulo	uni
n _e	Número de estrados por prateleira	uni
C _p	Carga média por prateleira	kg
C _e	Carga média por estrado	kg
Q	Quantidade de ULD's	uni
q	Quantidade de ULD's por prateleira	uni
C _{med}	Carga média por ULD	ton
C _{ULD}	Comprimento da ULD	m
L _{ULD}	Largura da ULD	m
F ₃₀	Factor de conversão do sector de volumes pequenos	m ² /t
F ₃₀₋₂₅₀	Factor de conversão do sector de volumes médios	m ² /ton
F ₅₀₀	Factor de conversão do sector de volumes grandes	m ² /ton
F _{VA}	Factor de conversão do sector de volumes atípicos de grandes dimensões	M ² /ton
F _{CR}	Factor de conversão do sector de cargas restritas	M ² /ton
F _{ULD}	Factor de conversão do sector de ULD's	m ² /ton
A ₃₀	Área do sector de volumes pequenos	m ²
A ₃₀₋₅₀₀	Área do sector de volumes médios	m ²
A ₅₀₀	Área do sector de volumes grandes	m ²
A _R	Área do sector de cargas restritas	m ²
A _{ULD}	Área do sector de ULD's	m ²
C _t	Carga total a armazenar	ton
T	Tempo de permanência	dias

Também para a secção destinada à exportação, Magalhães sugere que o valor da área total de armazenagem seja conhecido a partir do somatório da área de todos os sectores afectado de um factor majorante que considere um rendimento operacional de 80 a 90%.

- **Área para Linhas Extra de Montagem** – este espaço destina-se às cargas que abandonam o armazém com o propósito de embarcar sempre que a sua montagem não pode ser feita nas mesmas linhas das cargas recebidas nas docas e às cargas em trânsito imediato que tiverem dado entrada no terminal com destino a outro aeroporto.

O seu dimensionamento passa então pelo conhecimento do número de equipamentos recebidos:

$$NEQ = \frac{\text{número de equipamentos recebidos}}{\frac{\text{Carga proveniente do armazém no dia de pico (ton)}}{\text{Carga média por ULD (ton)} \times \text{Nº de horas do turno de pico}}}$$

Fig. 24 – Equação para cálculo do número de equipamentos recebidos (f.e.)

Em função do valor obtido, é possível determinar o número de estações de consolidação:

$$NE = \text{número de estações de consolidação}$$

$$NE = NEQ \times \text{Tempo médio de consolidação de uma ULD (min)}$$

Fig. 25 – Equação para cálculo do número de estações de consolidação (f.e.)

Conhecido o número de estações de consolidação necessário, torna-se possível dimensionar a área total destinada para linhas extra de montagem, partindo de uma premissa enquadrada no propósito final do estudo de Magalhães mas cuja generalização pecaria por ser algo falaciosa e por isso mesmo bastante discutível:

" De acordo com os terminais de Carga da INFRAERO em São Paulo e no Rio de Janeiro, é sugerido a utilização de 173m² por estação de consolidação", pelo que :

$$A_{LEMU} = NE \times 173$$

Fig. 26 – Equação para cálculo da área para linhas extra de montagem (f.e.)

3.2.6.3. Fluxo de Trânsito

O fluxo de trânsito abrange:

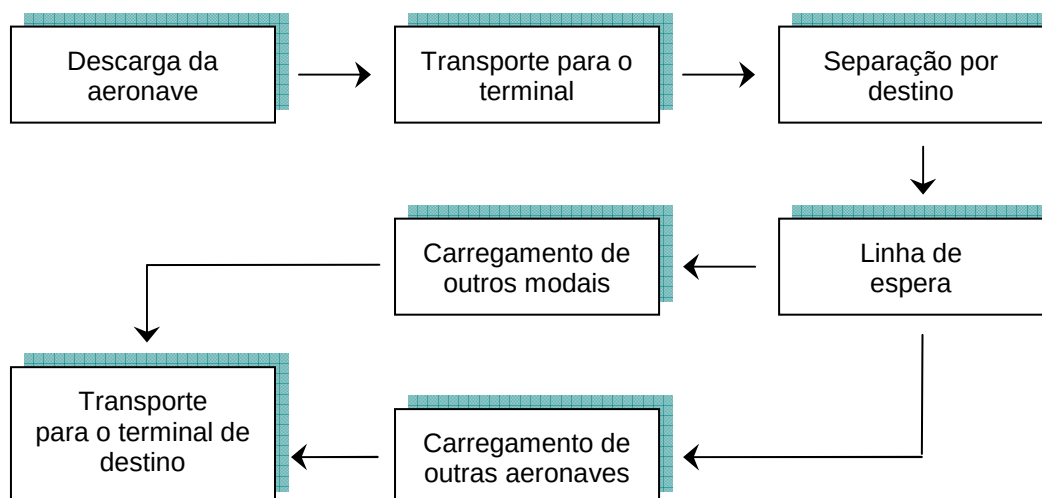


Fig. 27 – Fluxo de trânsito segundo Magalhães

3.2.7. Equipamentos

As equipas mecânicas que operam nos terminais aeroportuários de mercadorias são, por norma, bastante ligeiras, o que é facilmente justificável pelas propriedades que caracterizam a carga manipulada. Em termos gerais, pode-se dizer que os equipamentos que as compõem são:

- **Empilhadores ligeiros** – máquina usada para carregar e descarregar mercadorias unitizadas através de contentores ou *pallets*.
- **Dollies/Trolleys** – veículos não motorizados movidos por tracção que permitem o traslado das mercadorias no interior do terminal. Possuem um sistema de rolos na sua secção de recepção de carga o que facilita significativamente a movimentação da mesma.

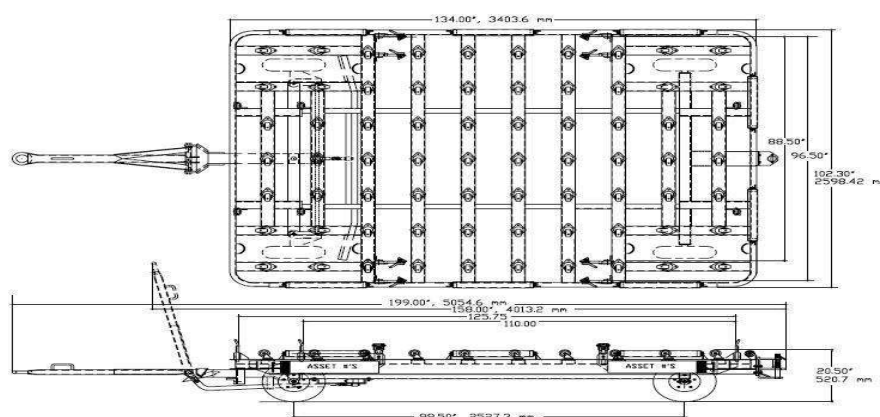


Fig. 28 – Dollie

- **Tractores** – constituem uma parte significativa de toda a equipa mecânica de manipulação de carga, sendo usados para mover outros equipamentos tais como os *dollies*.
- **Elevadores** – permitem realizar as operações de carga e descarga dos vários tipos de aeronaves e a diferentes níveis de altura. Também eles possuem um sistema de rolos que agiliza substancialmente a operação de manuseio da carga.

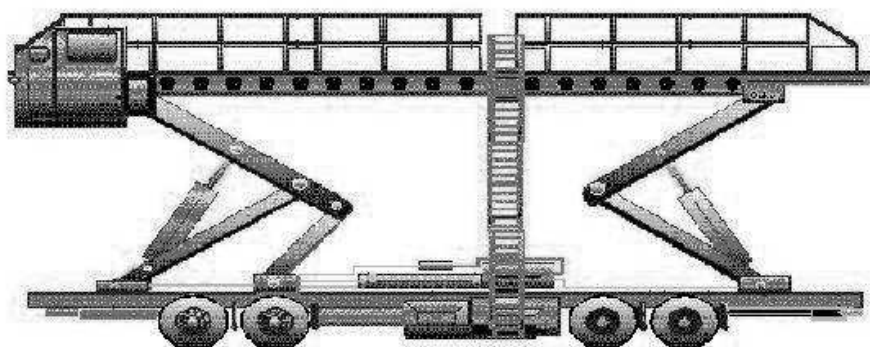


Fig. 29 – Elevador de carga

Para mercadorias excepcionalmente pesadas, é normal o recurso a aviões especializados no transporte de carga. Estes possuem propriedades tais que facilitam a operação de carga e descarga por rolamento a partir do solo. Torna-se portanto pouco interessante dotar um terminal aeroportuário de equipamentos com grande capacidade de elevação de carga.

3.3. TERMINAIS DE CARGA PORTUÁRIOS

O dimensionamento dos terminais de carga das estruturas portuárias deve obrigatoriamente passar pela análise das operações que neles irão ocorrer, mas também pela interpretação das tendências evolutivas que pautam o desenvolvimento do sector. Por norma, a construção portuária tende a absorver a evolução constatada ao nível da concepção naval. A partir de meados do século passado, tornou-se evidente o crescimento da capacidade total do transporte marítimo. Porém, o mesmo verificou-se ao longo de duas etapas:

- Inicialmente, o crescimento da capacidade de carga da frota mundial ficou a dever-se a um aumento indiscutível do número de embarcações;
- Nas últimas décadas, o crescimento do número de navios não tem sido tão evidente, tendo o incremento da capacidade de carga do transporte marítimo mundial ficado a dever-se, em grande parte, ao aumento das dimensões globais das embarcações.

Quadro 8 – Evolução da frota mundial nos finais do século passado

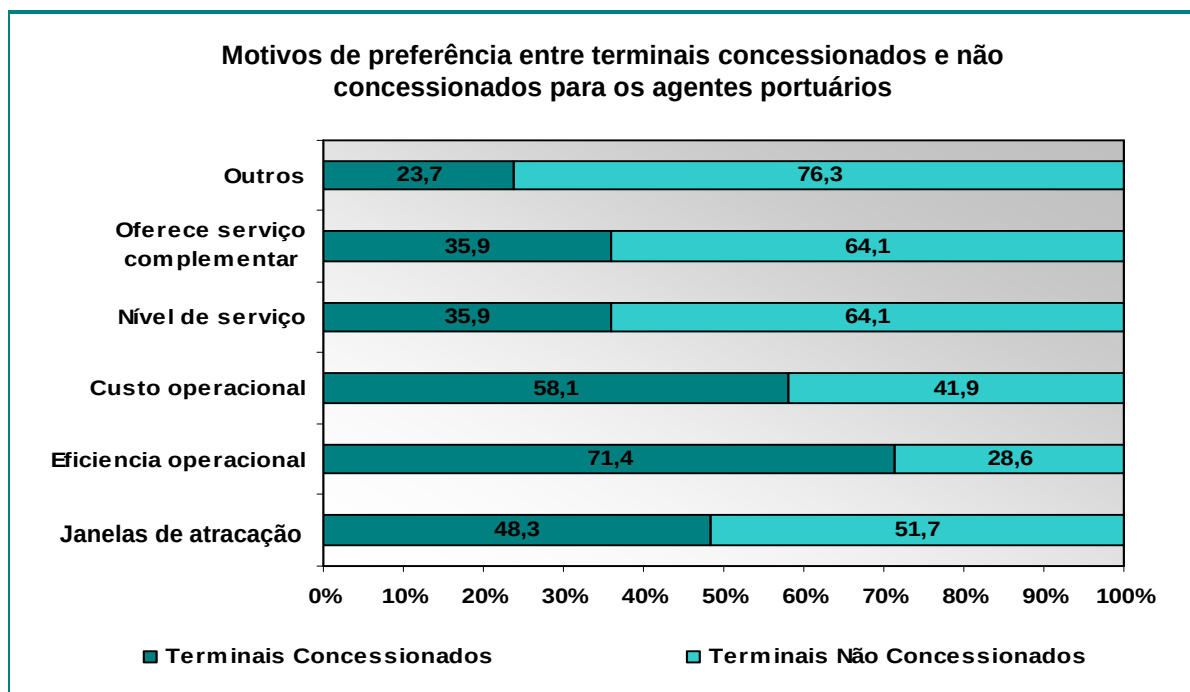
Ano	Número de Embarcações	Capacidade Total de Carga (x1000 m ³)	Capacidade Média de Carga (m ³)
1958	16.966	318.037	18.745
1968	19.361	521.715	26.947
1978	24.512	1.072.951	43.772
1988	25.424	1.109.961	43.658

Fonte: Apostila de Portos e Vias Navegáveis, Universidade de São Paulo, 2004

Os portos devem então, sempre que possível, possuir determinadas propriedades físicas que lhes permitam operar com navios de todos os tipos de dimensões.

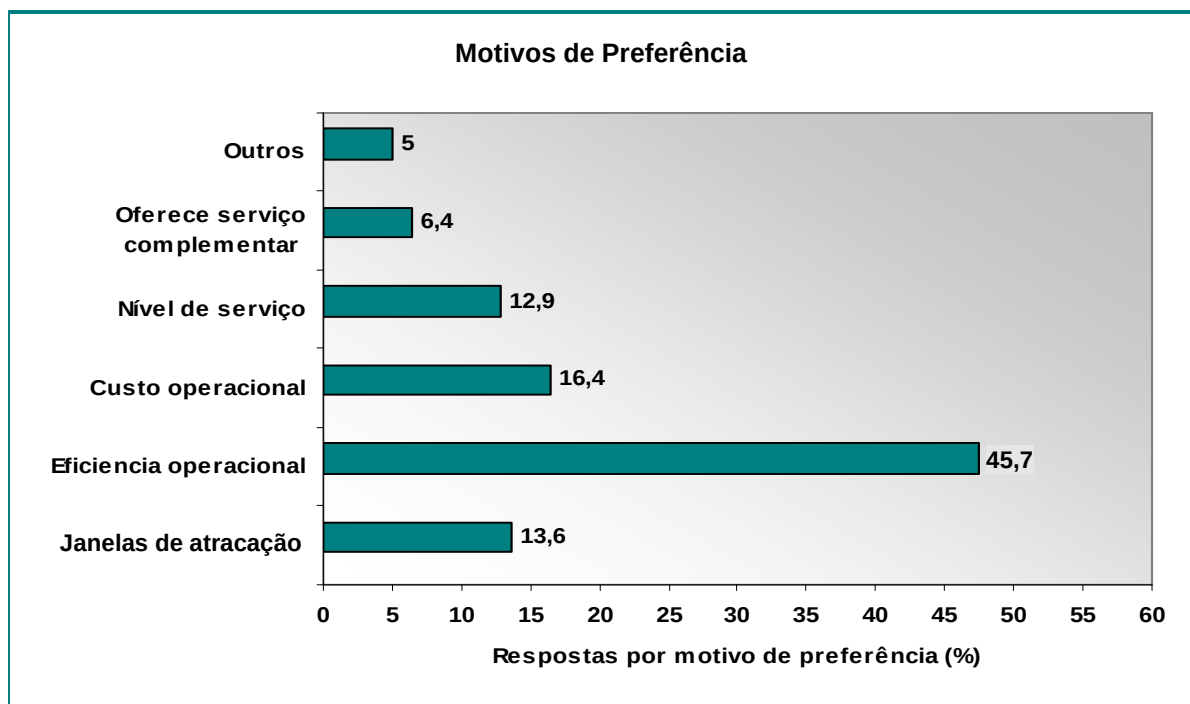
Por outro lado, as embarcações têm vindo a ser alvo de um processo gradual de especialização com vista à modernização do sector e ao aumento de competitividade do transporte marítimo face aos demais modais. Torna-se portanto natural que, no processo de construção portuária, se procure avançar para um cenário de concepção de estruturas com vários terminais especializados em detrimento dos terminais “multi-cargas” que operam com todo o tipo de navios. Estes últimos podem até tornar-se atractivos mas apenas em portos que operem com quantidades limitadas de vários tipos de carga mas que, por isso mesmo, não apresentam grande expressividade num contexto futuro de economia global.

A opção por uma estrutura portuária composta por vários terminais especializados também apresenta vantagens inegáveis ao nível da gestão portuária, facilitando a sua concessão individualizada a diferentes entidades privadas que garantam a sua devida exploração e modernização. Algumas dessas vantagens são traduzidas por dados provenientes de inquéritos estatísticos junto dos diversos agentes portuários:



Fonte: Adaptado de pesquisa CNT 2006

Fig. 30 – Motivos de preferência entre terminais concessionados ou não concessionados



Fonte: Adaptado de pesquisa CNT 2006

Fig. 31 – Respostas por motivo de preferência

Dos motivos que condicionam a preferência dos agentes portuários por terminais concessionados ou não, aqueles com maior afluência de resposta são respectivamente a eficiência e o custo operacionais, o que naturalmente traduzirá o seu maior grau de expressividade. Em ambos os casos, é notória a tendência dos agentes portuários para privilegiar os terminais concessionados, facto que deverá ser considerado ao longo do processo de planeamento e concepção de toda a infra-estrutura, criando-se cenários que favoreçam a concessão portuária e dos quais se pode destacar a opção por terminais especializados.

Todavia, só perante uma situação muito especial se poderia encarar a hipótese de construção de origem de um porto comercial dotado de vários terminais especializados. Os custos inerentes à concepção de uma infra-estrutura portuária são de tal forma avultados que todos os passos a dar devem ser exaustivamente ponderados. Por outro lado, o facto de este tipo de obras não constar das prioridades da maioria das sociedades actuais, torna os investimentos exigidos pouco apetecíveis para as classes políticas, sendo necessário recorrer ao capital privado, o que minora qualquer margem de erro hipoteticamente existente. A agravar todo esse cenário, encontra-se a forte incerteza associada a este tipo de obras a qual se pode dever aos mais diversos factores, tais como a natural evolução do mercado, a maior ou menor dependência relativamente às características do *hinterland* ou políticas erradas ao nível da administração portuária de infra-estruturas vizinhas que visem a concorrência ao invés da complementaridade. A concepção portuária deve portanto ser um processo bastante comedido assente em projectos de construção faseada que garanta a satisfação de todas as necessidades sem que, no entanto, se comprometa toda e qualquer perspectiva de evolução futura.

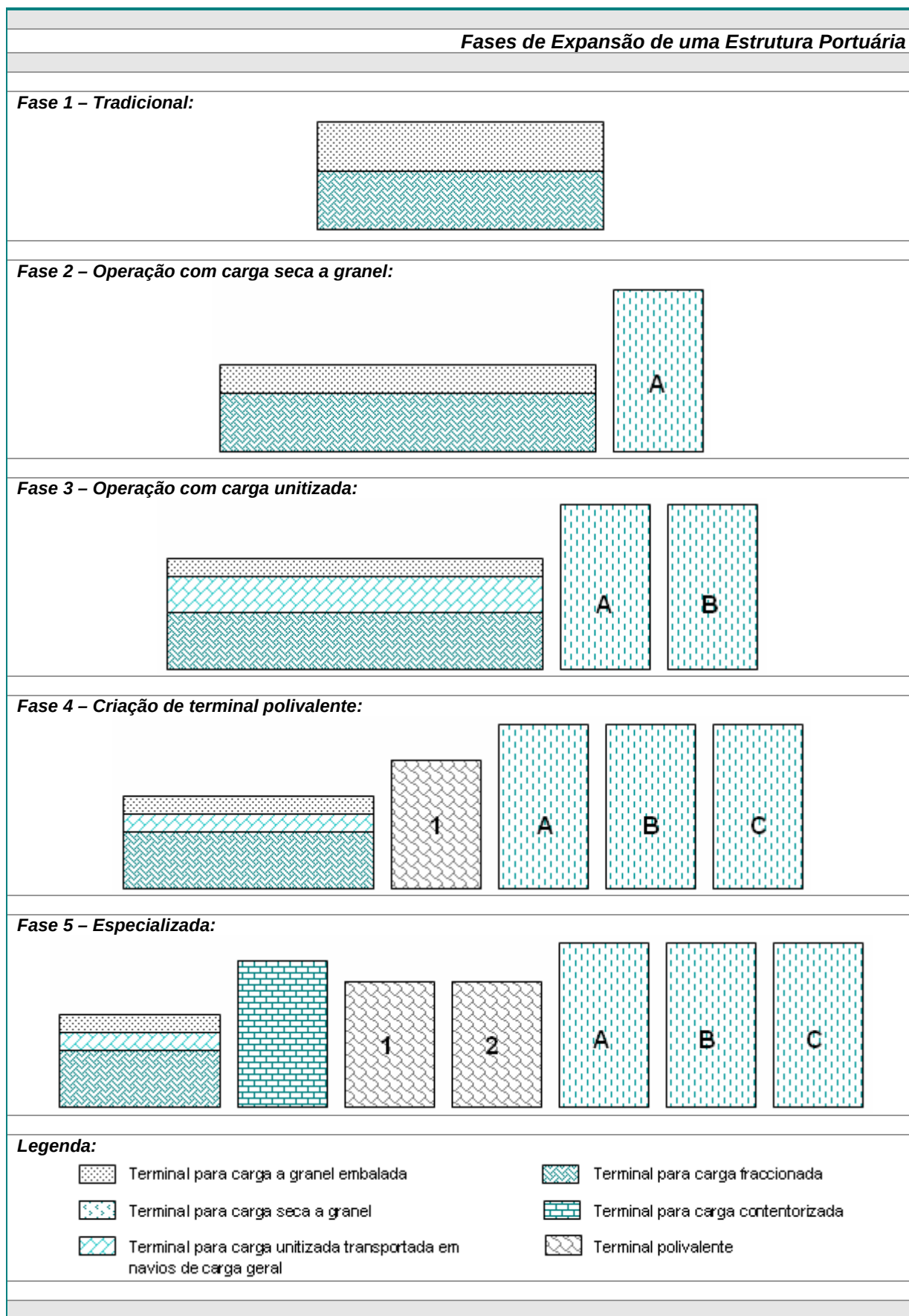
As orientações provenientes da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (1984) dão seguimento a essa mesma ideia, pressupondo a existência de 5 fases de evolução portuária:

- **Fase tradicional** – apropriada a uma etapa inicial onde apenas se opera com carga geral fraccionada ou a granel embalada (sacos, barris, etc.) pelo que somente se justificará a existência de um terminal de carga geral.
- **Fase de início de manipulação de carga seca a granel** – inicia-se quando a demanda de transporte de carga a granel embalada atinge um patamar tal que passa a justificar a criação de um terminal próprio para operar com cargas secas a granel. Normalmente, nesta fase também se procede à expansão do terminal de carga geral.
- **Fase de início de manipulação de carga unitizada** – justifica-se quando há necessidade de operação com mercadorias unitizadas (*pallets* ou contentores) transportadas em pequenas quantidades por navios não especializados. Nesta fase também se pressupõe uma maior necessidade ao nível da carga seca a granel pelo que se pode, eventualmente, criar um novo terminal especializado em graneis sólidos.
- **Fase de construção de um terminal polivalente** – surge a quando da dinamização das operações com de cargas unitizadas através de contentores, tornando-se necessária a criação de terminais polivalentes que permitam operar com essas mesmas cargas contentorizadas, mas também com a carga geral ainda existentes já

que se perspectiva uma diminuição significativa dos espaços a esta destinados. Os terminais polivalentes permitem minimizar as consequências de uma possível diminuição brusca do tráfego de carga contentorizada aquando do início da sua exploração, podendo ser posteriormente convertidos em terminais para carga contentorizada se se constatarem contornos de estabilidade ao nível da procura. Paralelamente, é de prever uma nova expansão do número de terminais especializados em granéis sólidos, dada a enorme diversidade associada a este tipo de mercadoria.

- **Fase especializada** – surge quando se opta pela concepção de terminais especializados para carga contentorizada, sendo ainda de prever a continuidade da aposta em terminais polivalentes que poderão operar com cargas específicas (madeira, ferro, etc.) ou funcionar como terminais RO/RO. Nesta fase, o terminal de carga geral assumirá dimensões bastante modestas.

Convém referir que as cargas sob forma de granéis líquidos proporcionam uma maior flexibilidade no que ao processo de planeamento do espaço portuário diz respeito. Tal se deve à generalização do recurso a sistemas de *pipelines* que permitem distanciar os pontos de carga/descarga dos locais de armazenagem, com prerrogativas óbvias no que concerne ao alívio da área disponível junto aos berços de atracação. Talvez assim se justifique a não alusão a terminais especializados para este tipo de carga no documento produzido pela Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento no capítulo que aborda as fases de construção portuária. Será ainda plausível considerar que em qualquer uma destas fases se possa avançar para concepção de um terminal próprio para granéis líquidos desde que tal se justifique em função das exigências de importação/exportação do *hinterland*.



Fonte: Adaptado de Desarrollo Portuario, 1984

Fig. 32 – Fases de Expansão de uma Estrutura Portuária

Uma estrutura portuária moderna pode então ter vários terminais especializados, desde que tal se mostre economicamente interessante em função do volume e tipologia das mercadorias. Os terminais mais comuns são então:

- *Terminal de Carga Geral* – opera com carga geral com exceção da carga contentorizada ou da carga Roll-On/Roll-Off;
- *Terminal de Carga Contentorizada* – opera com carga geral unitizada através de contentores;
- *Terminal Polivalente*
- *Terminal Roll-On/Roll-Off* – opera com carga geral unitizada do tipo Roll-On/Roll-Off;
- *Terminais de Carga Seca a Granel* – opera com graneis sólidos;
- *Terminais de Carga Líquida a Granel* – opera com graneis líquidos.

3.3.1. Terminal de Carga Geral

3.3.1.1. Generalidades

Destina-se essencialmente a operações de manipulação de carga geral fraccionada, podendo contudo operar com carga unitizada através de sacos, barris ou paletes. Eventualmente, poderá ocorrer necessidade de movimentação de mercadorias contentorizadas em quantidades muito limitadas e portanto insignificantes.

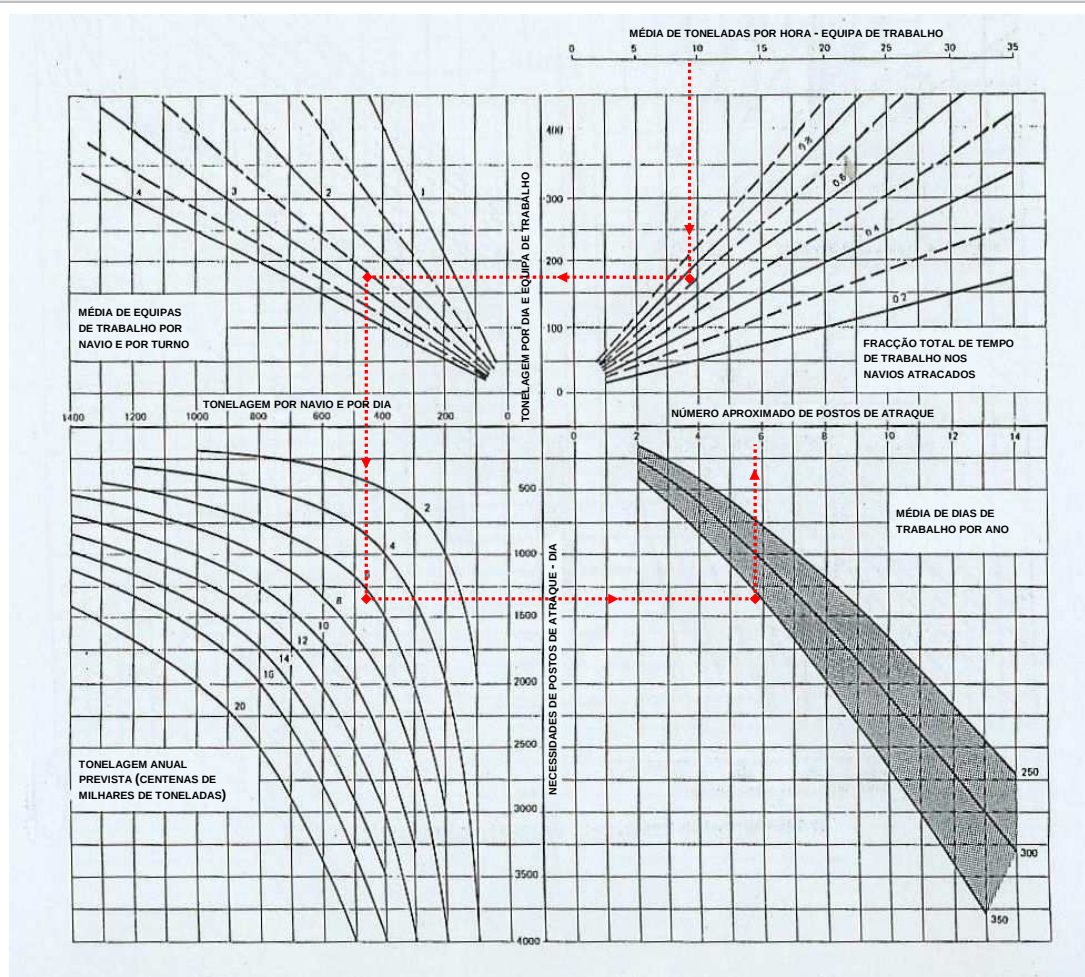
Este tipo de terminais assume uma importância especial em portos de pequena dimensão ou numa etapa primária do seu percurso evolutivo. Torna-se, portanto, conveniente que sejam dotados de alguma flexibilidade que assegure a sua fácil conversão em terminais polivalentes.

O planeamento de um terminal de carga geral deve abordar sempre a possibilidade de recurso a barcas com vista à dinamização da operação portuária. As condicionantes da sua utilização residem no agravamento do custo de manipulação da carga, seja pelo aumento do custo operacional ou pelo maior risco de danificação das mercadorias. Por outro lado, possibilita-se o aumento da capacidade de resposta do terminal aos períodos de pico da demanda sem que isso implique um agravamento exagerado ao nível do investimento em instalações. O uso de barcas surge então como uma solução de complementaridade bastante válida devendo ser considerada sempre que não se constatem impedimentos ao nível das condições de navegabilidade e exista (ou se possa constituir sem dificuldades de maior) uma frota deste tipo de embarcações com mão-de-obra especializada.

3.3.1.2. Dimensionamento

O dimensionamento deste tipo de terminais é realizado em função do número de postos de atracque que será necessário para satisfazer as exigências da procura. Segundo as orientações da UNCTAD para o desenvolvimento portuário, o dimensionamento de um terminal de carga geral deve ser calculado com recurso a 2 ábacos: enquanto o primeiro permite conhecer o número de postos de atracque necessário, o segundo permite-nos saber o tempo previsto de permanência dos navios no porto para estabelecer uma análise de custo/benefício. Assim, tem-se que:

Planificação de Terminais de Carga Geral

**Suporte Matemático:**

$$\text{Tonelagem por dia e por equipa de trabalho} = \frac{\text{Tonelagem média por hora e equipa de trabalho} \times \text{Fracção total de tempo de trabalho nos navios atracados} \times 24}{\text{Média de equipas de trabalho por navio e por turno}}$$

$$\text{Tonelagem por navio e por dia} = \frac{\text{Tonelagem por dia e por equipa de trabalho}}{\text{Média de equipas de trabalho por navio e por turno}}$$

$$\text{Necessidades de postos de atracagem-dia} = \frac{\text{Tonelagem anual prevista}}{\text{Tonelagem por navio e por dia}}$$

$$\text{Número aproximado de postos de atracagem} = \frac{\text{Necessidades de postos de atracagem-dia}}{\frac{\text{Número de dias de serviço por ano}}{\text{Taxa de utilização do posto de atracagem}}}$$

Notas:

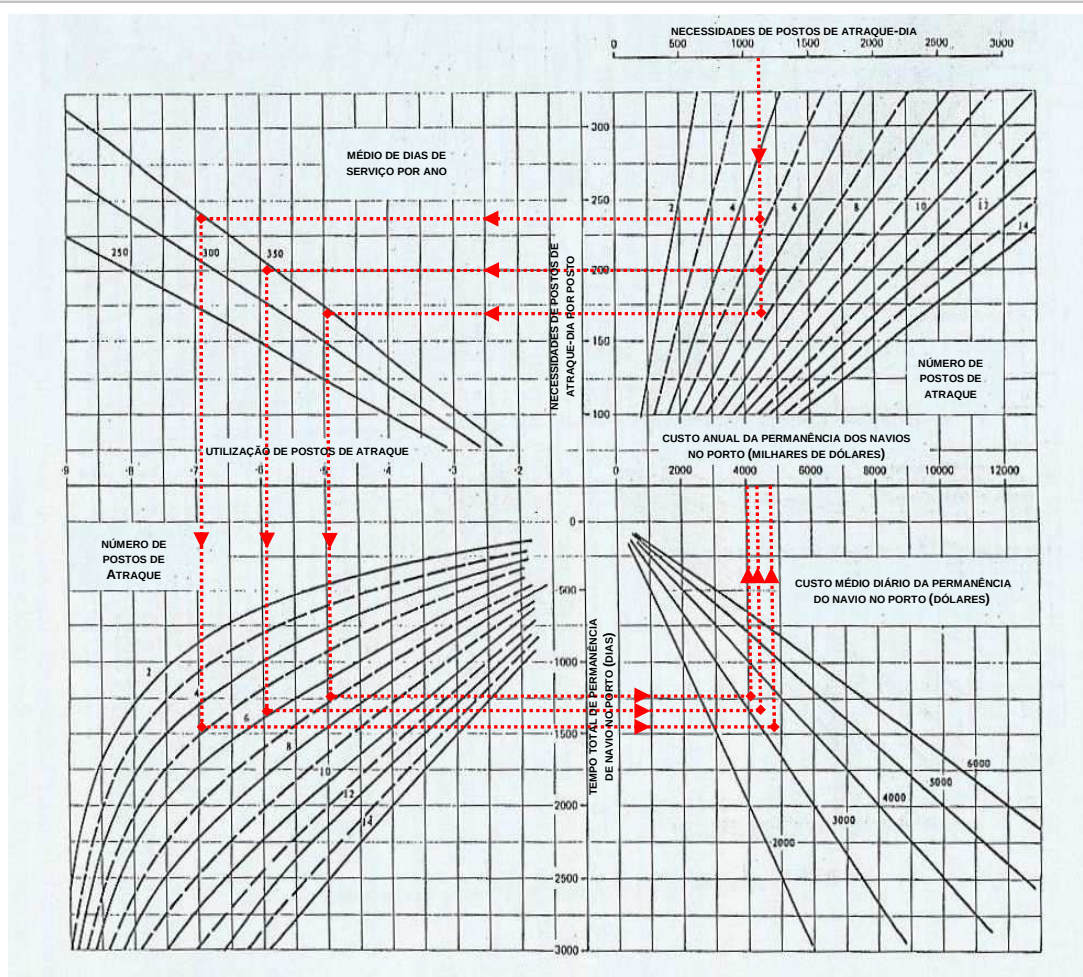
- A fracção total de tempo de trabalho nos navios atracados deve ser determinada relativamente a 1 semana;
- O número de dias de serviço por ano exclui todos aqueles dias em que o posto de atracagem está indisponível por motivos que se prendam com operações de dragagem, condições climáticas desfavoráveis, ocupação por navios não utilizados no transporte de mercadorias (ex.: navios de guerra), etc. Estão também incluídos os feriados mas não o(s) dia(s) de descanso semanal por já terem sido considerados na "fracção total de tempo de trabalho nos navios atracados".

Fig. 33 – Planificação de terminais de carga geral –número de postos de atracagem

Conhecendo a produtividade média das equipas de trabalho, aborda-se o ábaco da figura 33 traçando uma vertical até à linha que traduz a fracção de tempo em que se trabalha nos navios atracados. De seguida, traça-se uma horizontal até à linha que corresponde ao número médio de equipas de trabalho existente para operar por navio e por turno. Posteriormente, volta-se a traçar uma vertical até à curva relativa à tonelagem de carga que se prevê movimentar anualmente. Eventualmente, pode não existir necessidade de discriminar os indicadores de produtividade, podendo essa mesma vertical ser traçada a partir do eixo correspondente à tonelagem de carga diária manipulada por navio. A partir do ponto alcançado no passo anterior, traça-se uma nova horizontal até encontrar a curva relativa à média de dias de trabalho por ano no terminal em causa. Essa horizontal irá interceptar o eixo que traduz as necessidades de postos de atracque-dia, devendo ser esse valor registado pois será o principal dado de entrada do ábaco da figura 34. Prosseguindo, traça-se uma vez mais uma vertical até atingir o número aproximado de postos de atracque que se deve providenciar no terminal que nos encontramos a dimensionar.

Já no ábaco da figura 34, o dado de entrada será então o valor das necessidades de postos de atracque-dia obtido no primeiro gráfico. Estando essa variável quantificada, traça-se uma vertical até à linha relativa ao número de postos de atracque obtido como resultado final do primeiro diagrama. De seguida, há que traçar uma horizontal até à linha que traduz o número médio de dias de trabalho por ano no terminal. Feito isto, traça-se uma outra vertical no sentido descendente por forma a encontrar a curva relativa ao número de postos de atracque determinado no ábaco da figura 33. Posteriormente, há que traçar uma horizontal até ao valor correspondente ao custo médio diário de permanência do navio no porto, em dólares. Por fim, prolonga-se uma vertical até se alcançar o eixo que traduz o custo anual da permanência dos navios no terminal portuário, quantificados em milhares de dólares. Todo o procedimento efectuado no ábaco da figura 34 deve ser repetido para os valores unitários imediatamente antes e depois do número de postos de atracque necessário conhecido através do tratamento do ábaco da figura 33. Dessa forma, será possível estabelecer uma análise de custo/benefício através da comparação dos resultados obtidos para cada hipótese de número de postos de atracque a conceber.

Planificação de Terminais de Carga Geral



Suporte Matemático:

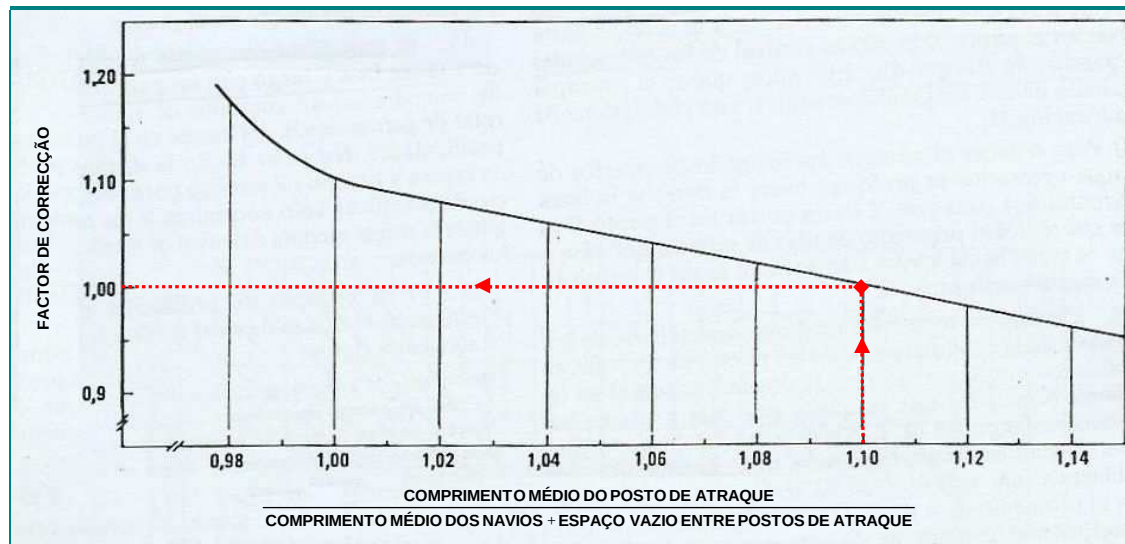
<i>Necessidades de postos de atracagem-dia por posto</i>	=	<i>Necessidades de postos de atracagem-dia</i>	/	<i>Número de postos de atracagem</i>
<i>Utilização de postos de atracagem</i>	=	<i>Necessidades de postos de atracagem-dia por posto</i>	/	<i>Número de dias de serviço por ano</i>
<i>Tempo total de permanência no porto (dias)</i>	=	365 x <i>Número de postos de atracagem</i>	x	<i>Utilização de postos de atracagem</i> x <i>Coefficiente de tempo de espera (*)</i>
<i>Custo anual de permanência de navios no porto</i>	=	<i>Tempo total de permanência no porto (dias)</i>	/	<i>Custo médio diário de permanência do navio no porto</i>

Notas:

(*) — Coeficiente de tempo de espera é obtido somando à unidade um valor de tempo médio de espera dos navios em fila, extraído de do quadro em anexo

Fig. 34 – Planificação de terminais de carga geral – custo da permanência dos navios no porto

Na análise de custo/benefício devem ainda ser consideradas as possíveis influências da extensão dos postos de atraque. Por norma, esta variável é definida com base no comprimento médio dos navios que compõem a corrente de tráfego a atender. A influência do comprimento dos postos de atraque será então considerada ao introduzir-se um factor de correcção do tempo total de permanência dos navios em porto, factor esse que é obtido por recurso ao gráfico seguinte.



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

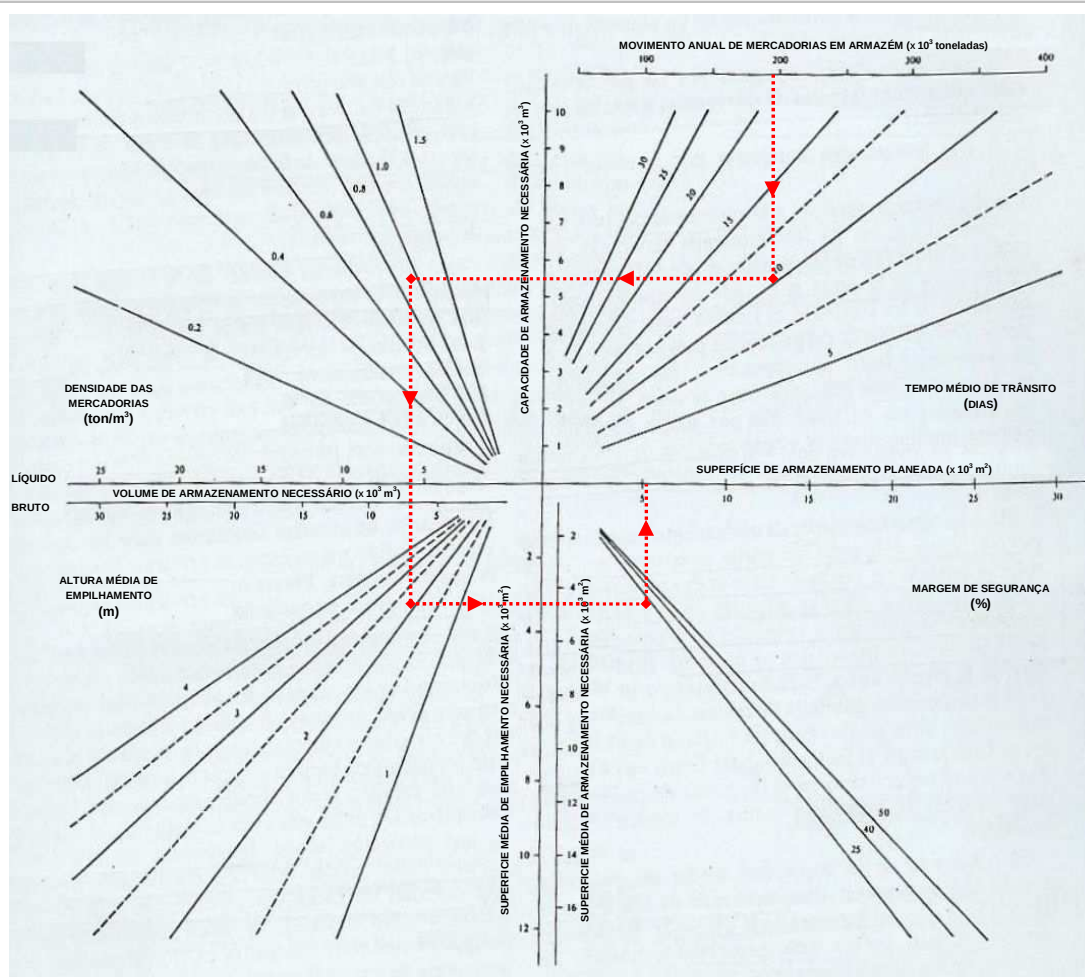
Fig. 35 – Diagrama para determinação do factor de correcção

Torna-se portanto perceptível que, quanto maior for a extensão do porto de atraque relativamente ao comprimento médio dos navios que irá acolher acrescido dos espaços vazios, menores serão os custos de permanência das embarcações do porto. Restará estabelecer uma análise comparativa entre várias hipóteses de dimensionamento para saber se esse menor custo justifica os acréscimos associados à concepção de postos de atracagem mais longos. Daí resultará a optimização, sob o ponto de vista económico, da escolha do número de postos de atraque, bem como do respectivo comprimento.

Este procedimento deve ser aplicado relativamente a todos os postos de atraque, com excepção de terminais com um único posto de atraque em que a extensão do mesmo deve ser tal que absorva o comprimento máximo verificado entre os navios que se prevê que vá acolher.

Conhecendo-se o número de postos de atraque e o respectivo comprimento, evolui-se então para o dimensionamento dos espaços destinados à armazenagem de mercadorias num terminal de carga geral. As orientações da UNCTAD sugerem que esse mesmo dimensionamento se realize com recurso a um outro ábaco.

Planificação de Terminais de Carga Geral



Suporte Matemático:

Capacidade de armazenamento necessária (ton)	=	Movimento anual de mercadorias em armazém	x	Tempo médio de trânsito	/	365
Volume líquido de armazenamento necessário	=	Capacidade de armazenamento necessária	/	Densidade das mercadorias		
Volume bruto de armazenamento necessário	=	1,2	x	Volume líquido de armazenamento necessário		
Superfície média de empilhamento necessária	=	Volume bruto de armazenamento necessário	/	Altura média de empilhamento		
Superfície média de armazenamento necessária	=	1,4	x	Superfície média de empilhamento necessária		
Superfície média de armazenamento planeada	=	Superfície média de armazenamento necessária	x	(1+0,01xMargem de segurança)		

Notas:

- O volume líquido de armazenamento necessário deve ser aumentado em 20% para que se considere o espaço perdido devido ao facto de as cargas não se encontrarem armazenadas num bloco compacto.
- A superfície média de empilhamento necessária deve ser aumentada em 40% para que seja considerada a existência de espaços onde as mercadorias não são empilhadas, tais como corredores, oficinas no interior das áreas de armazenamento, áreas destinadas ao pessoal, áreas destinadas ao controlo aduaneiro, etc.

Fig. 36 – Planificação de terminais de carga geral – superfície de armazenamento

Em função do movimento total de mercadorias previsto para um determinado posto de atracque, estima-se as proporções prováveis que serão entregues directamente ou que serão encaminhadas para áreas de armazenagem, sendo esta última variável o dado de entrada do ábaco da figura 36. Traça-se então uma vertical até à linha que traduz o tempo médio que se espera que as cargas permaneçam em trânsito, período esse que convém não ultrapassar os 10 dias. De seguida, prolonga-se uma horizontal até à linha relativa à densidade média das mercadorias com que se prevê laborar. Posteriormente traça-se uma nova vertical no sentido descendente até se alcançar a linha referente à altura média de empilhamento que, á partida, se deve situar algures entre 1 e 3m. Por fim, há que considerar a necessidade de uma reserva de capacidade que permita fazer frente às variações da demanda. Para tal, prolonga-se uma nova horizontal até à linha que traduz a margem de segurança pretendida, seguida de uma vertical no sentido ascendente que irá interceptar o eixo que quantifica a superfície de armazenamento planeada.

Convém ainda referir que um novo estudo de custo/benefício se torna indispensável para definir a altura de empilhamento. Só assim se poderá saber se é mais vantajoso optar por instalações mais onerosas mas que permitam uma maior altura de empilhamento ou por necessidades adicionais de superfície que possibilitem pilhas de carga mais baixas. Por outro lado, essa análise deverá também abordar as necessidades de reserva de capacidade que é económico satisfazer, procurando saber até que ponto os custos provenientes de possíveis congestionamentos não superam os encargos associados a uma maior capacidade de reserva. Quando não se conhece a forma de variação da demanda, a UNCTAD sugere que o acréscimo de área de armazenagem destinado a aumentar a capacidade de reserva se cifre nos 40%.

3.3.1.3. Discriminação das diferentes zonas das áreas de armazenagem

As áreas de armazenagem podem ser distinguidas como zonas de trânsito ou armazéns propriamente ditos. Assim:

- **Zonas de transito:**

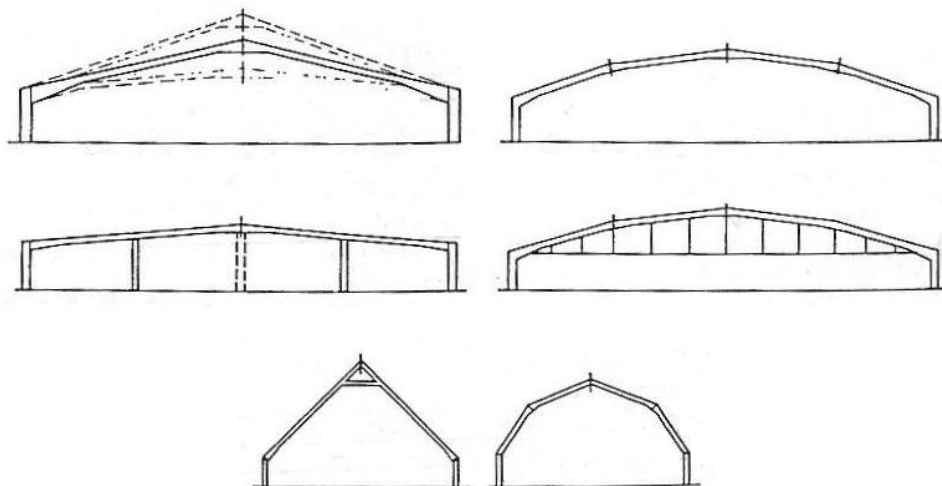
As correntes de movimento de mercadorias entre os navios e o porto e entre o porto e o *hinterland* apresentam diferentes velocidades, sendo a que primeira é, por norma, mais célere que a segunda. As zonas de trânsito desempenham então uma importante função de regulação dessas mesmas correntes. Além disso, é nelas que as entidades portuárias e autoridades aduaneiras verificam se as cargas e respectiva documentação se encontram em conformidade com as imposições administrativas vigentes. Justifica-se portanto o recurso a armazéns cobertos.

Por norma, as dimensões destes espaços encontram-se limitadas pelas características dos postos de atracque onde se inserem. Assim, atendendo à extensão média os postos de atracque, cifrada entre 160 e 180m, e à necessidade de garantir um espaço amplo de acesso entre os armazéns, justifica-se que o seu comprimento médio ronde os 110 /120m. Por outro lado, estas áreas não devem apresentar largura inferior a 60m, podendo contudo aceitar-se valores mínimos de 50m perante situações de indisponibilidade de espaço.

Os armazéns que compõem as zonas de trânsito devem apresentar algumas propriedades que garantam uma operacionalidade adequada:

- ✓ Ausência de um número excessivo de pilares interiores;
- ✓ Protecção especial para os pilares interiores existentes que garanta a integridade de toda a estrutura perante um eventual acidente;
- ✓ Condições de iluminação e ventilação adequadas;
- ✓ Portas em número e com localização adequados, dotadas de sistemas mecânicos que agilizem a sua manobra;
- ✓ Instalação de oficinas em pisos superiores para que não seja minimizada a área útil de armazenagem;
- ✓ Área útil de armazenagem deve ser de piso único, o que irá implicar uma infra-estrutura mais económica.

Deve estar ainda prevista a adopção de armazéns de trânsito que possam ser modificados ou desmontados e erigidos noutros locais, permitindo-se assim uma melhor resposta à variação das necessidades portuárias. Dessa forma, além de se conferir alguma flexibilidade a toda a operação portuária, também se acaba por privilegiar o recurso a infra-estruturas mais económicas.



Fonte: *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 37 – Modelos construtivos dos armazéns de trânsito

- **Zonas de armazenamento:**

À partida, são espaços destinados a suprir eventuais desfasamentos existentes entre a capacidade de armazenamento das zonas de trânsito e as necessidades decorrentes do fluxo máximo de carga. Dependendo das especificidades do meio envolvente ao porto, pode ainda haver interesse em enveredar pela actividade comercial de armazenamento de carga, atribuindo-se, nesses casos, uma importância especial a este tipo de espaços.

Por norma, estes espaços costumam permitir apenas o armazenamento de mercadorias ao ar livre, apresentando desde logo algumas limitações no que respeita à tipologia das mercadorias a que se destina.

O dimensionamento das zonas de armazenamento está subjacente a diversas variáveis, devendo contudo dar-se seguimento ao método empírico aplicado para as zonas de trânsito.

Estes espaços devem ainda encontrar-se correctamente delimitados e ser alvo de um estudo cuidadoso que aborde parâmetros específicos como a pavimentação e drenagem pluvial.

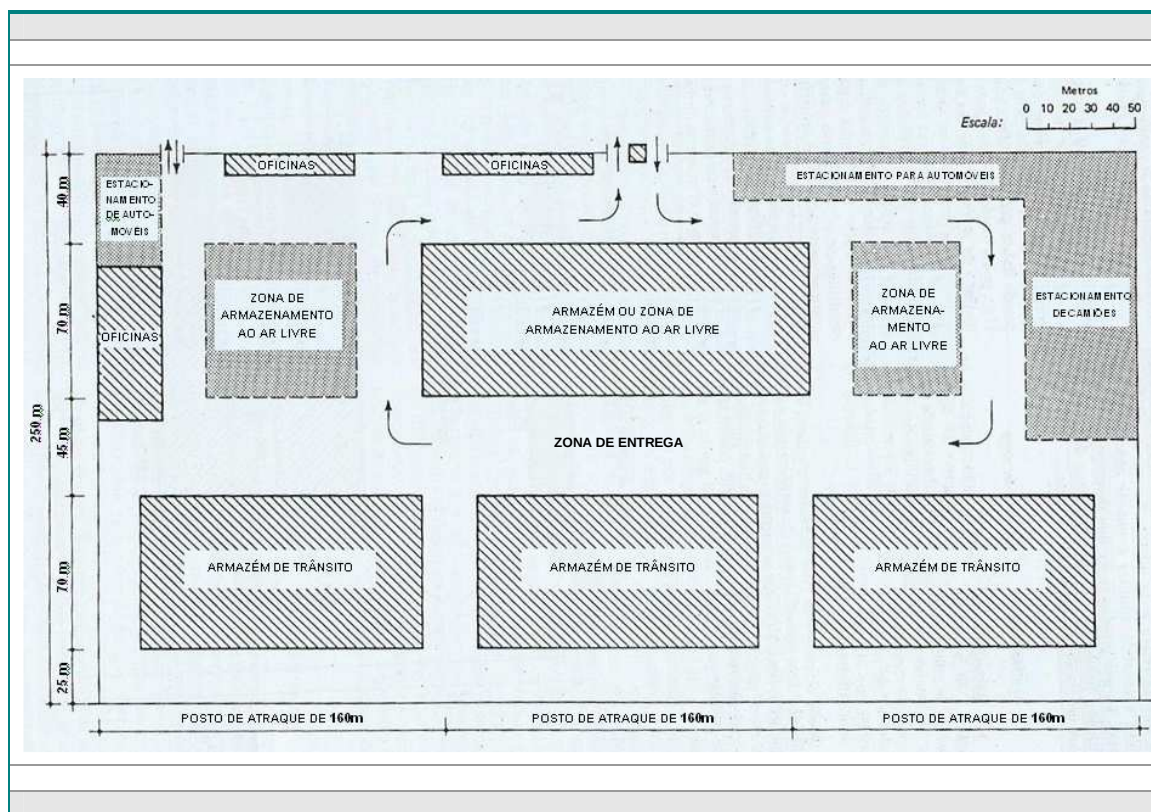
3.3.1.4. Disposição característica dos elementos constituintes

A concepção de um *layout* modelo para um terminal de carga geral fraccionada deve absorver algumas ideias base cujo propósito se prende com o melhor funcionamento de toda a infra-estrutura. Assim, há que ter em conta que:

- A esplanada junto ao cais deve ser ampla o suficiente para que as operações de carga, traslado e descarga de mercadorias ocorram sem restrições de maior. São aceitáveis valores mínimos de 25m de largura para estes espaços, embora seja aconselhável que esta se cifre nos 30m.
- Os espaços anexos à plataforma do cais devem estar reservados para os armazéns de trânsito em detrimento das áreas de armazenamento ao ar livre que se deverão localizar numa segunda linha mais afastada do cais. Entre as zonas de trânsito e as zonas destinadas ao armazenamento propriamente dito deve ser providenciado um amplo espaço destinado à entrega das mercadorias aos transportes rodoviário e ferroviário. De notar que, para este tipo de terminais, o transporte ferroviário se justifica apenas em casos muito específicos como sejam as necessidades de transporte regular de maquinaria pesada ou de escoar a produção de uma dada unidade fabril.
- Os espaços previstos para estacionamento e movimentação de veículos devem possuir uma extensão tal que iniba todo e qualquer estrangulamento de trânsito. Ainda com esse objectivo, deve-se garantir que o circuito de trânsito de veículos possua direcção única e se encontre claramente delimitado.
- Nos locais adjacentes à zona de operações, é conveniente garantir a presença de oficinas que agilizem as formalidades relativas à documentação e despacho da carga.
- Deve-se ainda garantir, sempre que possível, a presença de instalações auxiliares de apoio, nomeadamente serviços sanitários, vestiários, enfermaria e cantina. Estes espaços podem encontrar-se inclusos nas oficinas de apoio.
- Em certos casos, pode ser considerada necessária a existência de espaços próprios para guardar em segurança produtos inflamáveis e/ou explosivos.

Tomando em consideração os aspectos agora dispostos, será possível organizar um *layout* modelo que, embora bastante simplista por não reflectir as especificidades de cada infra-estrutura portuária, traduz algumas das principais preocupações a ter durante a concepção de um terminal de

carga geral fraccionada. Disso mesmo é exemplo a sugestão da UNCTAD para uma disposição característica dos elementos constituintes deste tipo de terminais, exposta na figura 38.



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

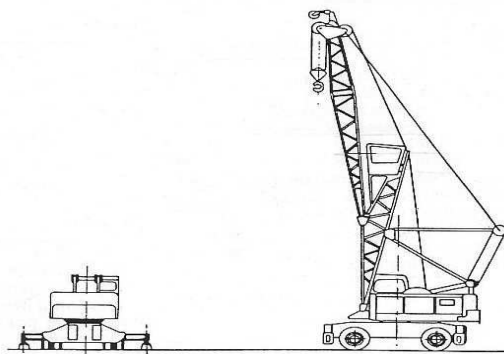
Fig. 38 – Layout modelo de um terminal de carga geral

3.3.1.5. Equipamentos

Os equipamentos para manipulação de carga geral fraccionada a providenciar num terminal portuário pode ser dividido em dois grupos:

- **Gruas de cais para carga e descarga de navios:**

A ideia tradicional de dotar a plataforma do cais com varias gruas fixas ou montadas sobre carris tem vindo gradualmente a cair em desuso. Tal se deve ao facto de muitos navios se encontrarem agora equipados com gruas próprias. Além disso, as limitações de movimento associadas a este tipo de equipamentos condiciona sobremaneira o seu papel, pelo que o recurso aos mesmos só se aceitaria em casos específicos para os quais seja espectável operar com um volume considerável e constante de mercadorias pesadas. De outra forma, torna-se mais vantajoso recorrer a gruas móveis de pneus que conferem uma maior flexibilidade ao terminal. Assim, além de se garantir que a explanada junto ao cais se encontra mais livre e desimpedida com vantagens óbvias ao nível da dinamização das operações de traslado de carga, também se poderá incorporar estes equipamentos nas equipas de armazenamento, sempre que a sua presença junto aos navios não se justifique.



Fonte: Desarrollo Portuário, 1984

Fig. 39 – Grua torre móvel para operação no cais

- **Equipamentos para translação e armazenamento de carga:**

A definição de quais os equipamentos com que dotar um determinado terminal de carga geral fraccionada com vista à translação e armazenamento de mercadorias tem que passar necessariamente pela criação de um plano de operações definido empiricamente. A solução mais económica e eficiente passa pela análise das necessidades de um conjunto de postos de atraque em detrimento de um dimensionamento individualizado para os mesmos.

Para desempenhar funções ao nível da translação de carga entre o pátio do cais e as zonas de armazenamento, é conveniente a existência de:

- ✓ Empilhadoras;
- ✓ Tractores e *trailers*.

Por outro lado, tendo em vista à realização operações de armazenamento de carga, é necessário garantir a presença de:

- ✓ Empilhadoras;
- ✓ Gruas de pátio móveis.

O *Desarrollo Portuário* (1984) preparado pelas Nações Unidas propõe a seguinte constituição para uma equipa móvel a operar num terminal portuário com 3 postos de atraque:

Quadro 9 – Sugestão de constituição de uma equipa móvel para 3 postos de atraque

Número total de equipas de operários		
10		
Tarefa	Equipamentos	Unidades
Operação de manipulação de carga entre gruas dos navios e empilhadoras	Empilhadoras	12
Operação de manipulação de carga entre gruas dos navios e tractores com <i>trailer</i>	Tractores	8
	<i>Trailers</i>	32
Operação de manipulação de carga entre gruas móveis e tractores com <i>trailer</i>	Gruas de torre móveis	2
	Tractores	8
	<i>Trailers</i>	32
Operação de manipulação de carga em zonas de armazenamento	Empilhadoras	8
	Gruas de pátio móveis	4

Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

O mesmo documento alerta para a necessidade de serem consideradas equipas operacionais de reserva para que, em caso de avaria ou manutenção, não se constatem quebras de produtividade.

Quadro 10 – Sugestão de constituição de uma equipa móvel para 3 postos de atraque considerando a necessidade de reserva

Equipas de operários de Reserva		
Navios de grande dimensão – 3 ou 4		
Navios de cabotagem – 1 ou 2		
Equipamentos	Factor de Majoração para Reserva	Equipa Final
Gruas de torre móveis	20% (desde que garantida 1 uni. de reserva)	3
Gruas de pátio móveis		5
Empilhadoras	25%	25
Tractores	20%	15
Trailers	5%	50

Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuario*, 1984

Convém também referir a existência de vários acessórios próprios para empilhadoras que lhes permitem operar com maior nível de adequação a certos tipos de cargas e assim, obter um rendimento superior. Alguns desses acessórios são:

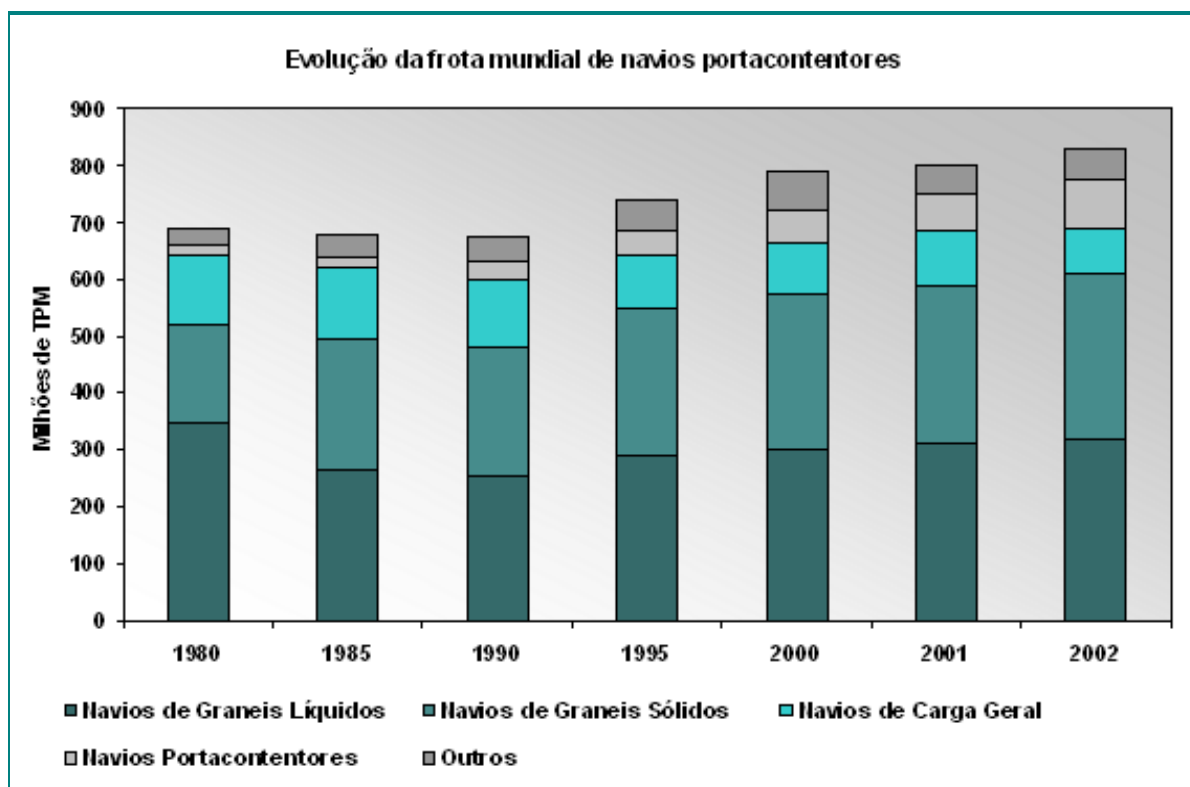
- ✓ Garras para manipulação de rolos de papel;
- ✓ Sistemas *push/pull*;
- ✓ Garras para caixas de cartão;
- ✓ Rotores;
- ✓ Duplo posicionador de garfos (*single-double*);
- ✓ Garras para fardos;
- ✓ Garras para barris;
- ✓ Virador de carga (*turnaload*);
- ✓ Escolhador de camadas (*layer picker*);
- ✓ Estabilizador de cargas;
- ✓ Volteador frontal (*bin dumper*);
- ✓ Sistema *raben* para pneus.

3.3.2. Terminal de Carga Contentorizada

3.3.2.1. Generalidades

A criação de um terminal especializado para manipulação de carga contentorizada deverá constituir a última fase evolutiva de uma infra-estrutura portuária, só se justificando quando se atingem determinados índices de demanda para os quais o incremento de produtividade gerado relativamente à utilização de terminais de carga geral e terminais polivalentes supere os elevados custos de concepção.

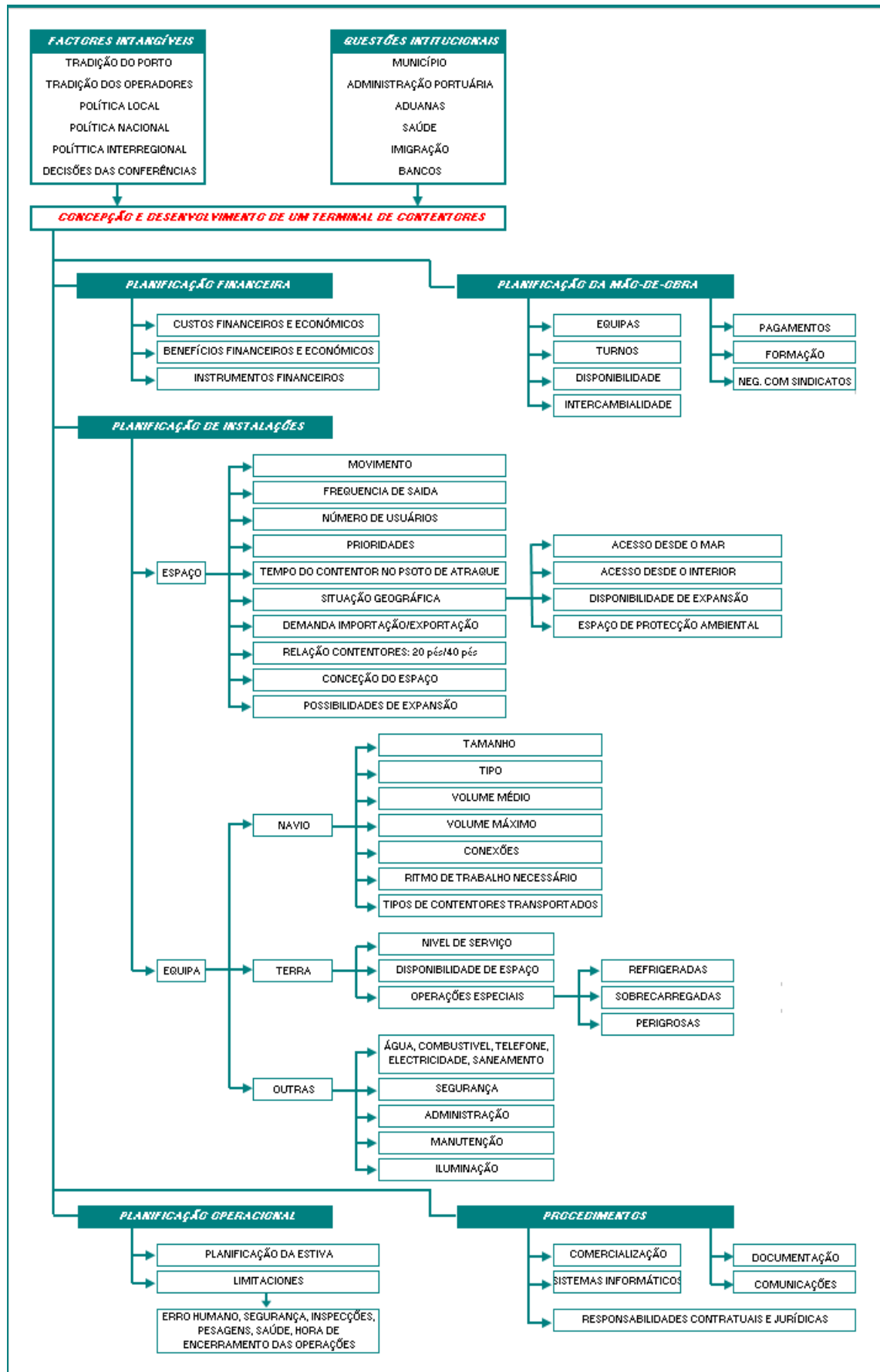
Por outro lado, o planeamento deste tipo de terminais deve ter em conta que a frota mundial de navios porta-contentores tem apresentado um crescimento anormalmente acentuado nos últimos anos, quer no que respeita ao número de unidades constituintes da mesma, quer ao nível da sua capacidade individual. Por conseguinte, estes terminais devem possuir uma flexibilidade e capacidade de expansão tais que consigam absorver as tendências evolutivas da frota a que se destinam.



Fonte: *El Transporte Marítimo em 2002* da UNCTAD realizado a partir da *World Fleet Statistics* da Lloyd's Register-Fairplay

Fig. 40 – Evolução da frota mundial de navios portacontentores

Existe portanto um elevado grau de risco associado à decisão de concepção de um terminal de contentores, o que, considerando o avultado investimento a realizar, justifica um estudo de viabilidade mais cuidadoso que aborde todos os factores que influência existentes. No organograma que se segue, procurou-se expor alguns dos pontos a abordar nesse mesmo estudo.



Fonte: Adaptado de Desarrollo Portuário, 1984

Fig. 41 – Organograma dos factores que intervêm na planificação de um terminal de contentores

3.3.2.2. Sistemas de manipulação de contentores

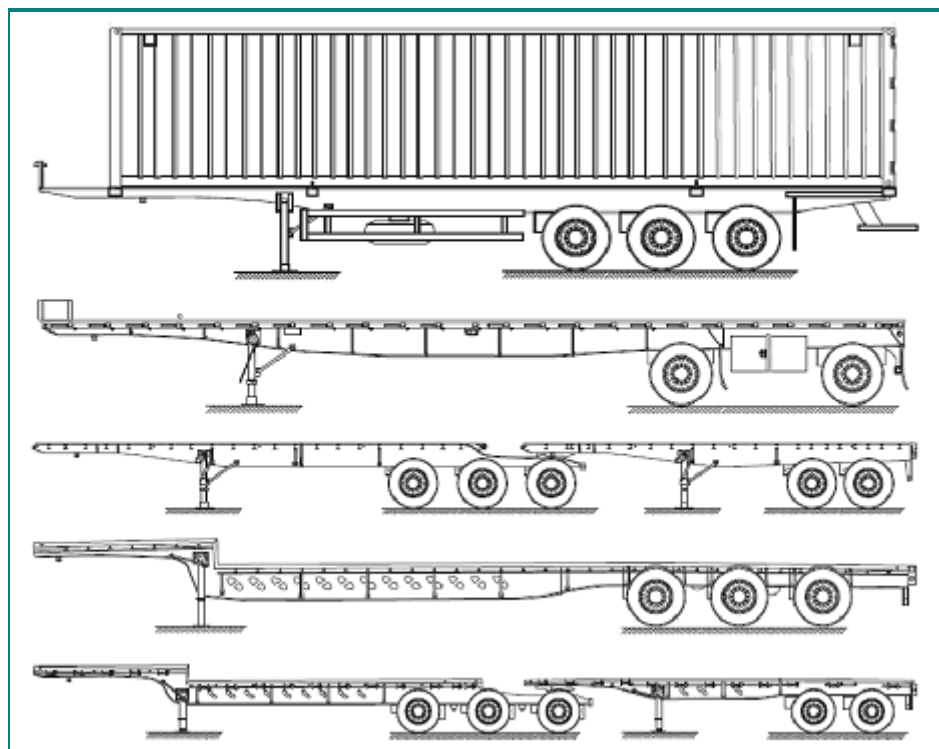
Actualmente, existem 4 sistemas de manipulação de carga contentorizada que podem ser utilizados individualmente ou de forma integrada em diferentes tipos de combinações conforme as especificidades do terminal em causa. Assim, tem-se:

- **Sistema de armazenamento em *trailers*:**

Neste sistema, os contentores de importação são descarregados dos navios através de gruas, sendo colocados em *trailers* através dos quais são encaminhados para a zona de armazenamento onde permanecem até serem recolhidos por um tractor. O mesmo procedimento mas em sentido inverso será aplicado relativamente aos contentores de exportação.

Trata-se de um sistema muito eficiente pois cada contentor estará automaticamente disponível. Todavia, a impossibilidade de empilhamento dos mesmos implicará a necessidade de uma área de armazenamento muito vasta. Por outro lado, o número *trailers* necessário também será muito expressivo.

Empiricamente, a UNCTAD sugere que, recorrendo a este sistema de manipulação de contentores, por cada 2.000 TEU, se garanta uma área de armazenamento de 100.000m².



Fonte: The United States Patent and Trademark Office – USPTO

Fig. 42 – Diferentes tipos de *trailers* para movimentação de contentores

- **Sistema de empilhadoras equipadas com garfos elevatórios:**

Neste sistema, os contentores são descarregados dos navios para o pátio do cais através de gruas sendo de seguida recolhidos por empilhadoras equipadas com garfos elevatórios de potência elevada que os transporta para as áreas de

armazenamento onde podem ser empilhados até 2 ou 3 níveis. Para contentores vazios, pode-se chegar aos 4 níveis de empilhamento dos contentores.

As enormes cargas geradas sobre o pavimento exigem o reforço do mesmo, bem como do respectivo solo de fundação.

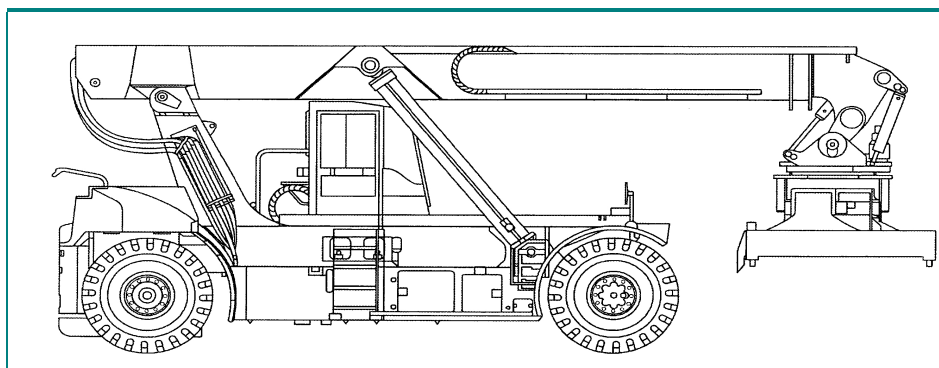
Os corredores entre pilhas devem ter uma largura típica de 12m ou 18m conforme se trate de contentores de 20 ou 40 pés, respectivamente.

Empiricamente, a UNCTAD sugere que, recorrendo a este sistema de manipulação de contentores, por cada 2.000 TEU, se garanta uma área de armazenamento de 72.000m² para uma altura de empilhamento média de 1,5 contentores.



Fonte: The United States Patent and Trademark Office – USPTO

Fig. 43 – Empilhadora pesada para movimentação de contentores



Fonte: The United States Patent and Trademark Office – USPTO

Fig. 44 – Empilhadora pesada tipo *stacker* para movimentação de contentores

- **Sistema de empilhadoras-pórtico:**

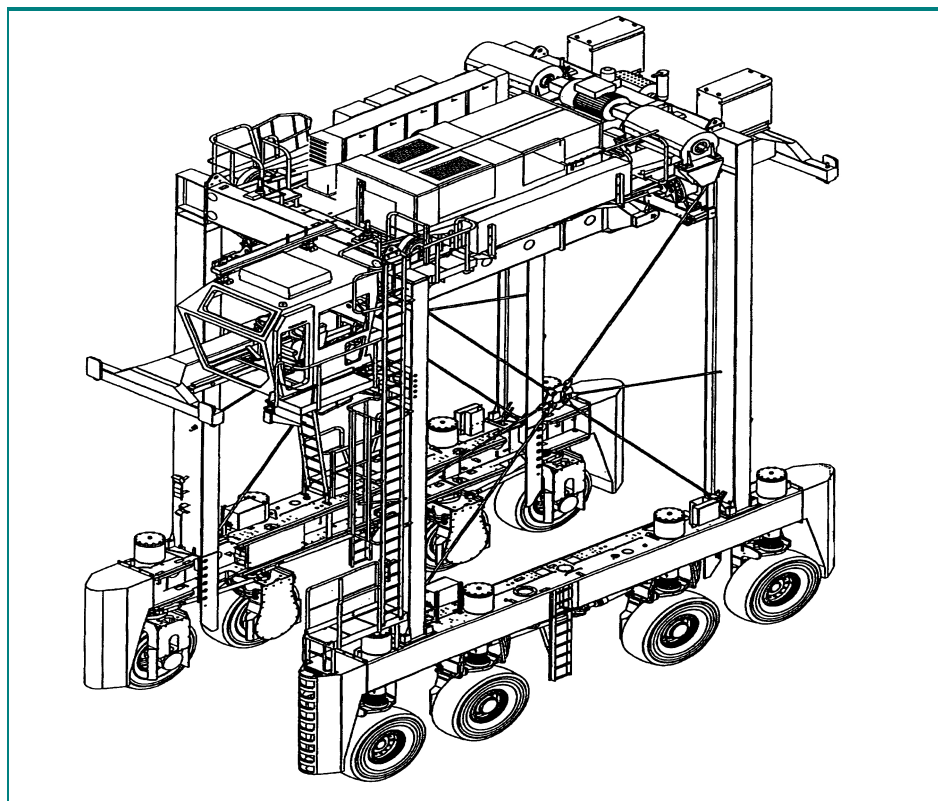
Neste sistema, a utilização de empilhadoras-pórtico permite constituir pilhas de contentores de vários níveis, realizar operações de traslado entre as guias-pórtico e as áreas de armazenagem e proceder à carga e descarga dos modais rodoviários e ferroviários. Apresenta portanto uma flexibilidade tal que, aliada à sua enorme capacidade de carga, permite fazer frente às demandas máximas verificadas.

Por outro lado, apresentam algumas desvantagens, das quais se destacam a falta de fiabilidade, a visibilidade limitada, o avultado custo de manutenção e a reduzida vida útil. Além disso, apresentam derrames significativos que provocam a

destruição dos pavimentos asfálticos. Estas limitações não são contudo impeditivas devido à sua enorme produtividade, sendo até natural que se trate do sistema predominantemente usado na manipulação de contentores.

Por cada grua-pórtico que se encontre a operar, é conveniente a existência de cerca de 6 empilhadoras-pórtico.

Empiricamente, a UNCTAD sugere que, recorrendo a este sistema de manipulação de contentores, por cada 2.000 TEU, se garanta uma área de armazenamento de 40.000m² ou 32.000m² para alturas de empilhamento média de 1,5 ou 2 contentores, respectivamente.



Fonte: The United States Patent and Trademark Office - USPTO

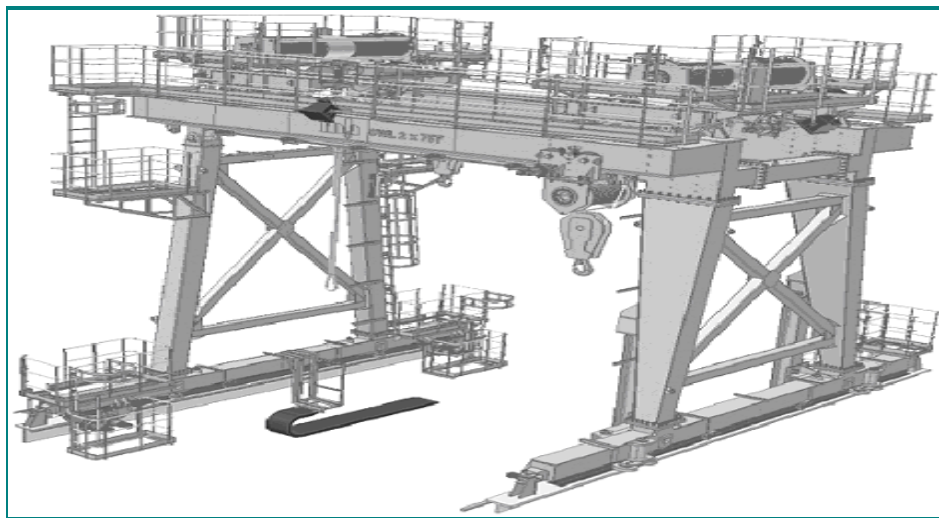
Fig. 45 – Empilhadora-pórtico

- **Sistema de gruas-pórtico:**

Neste sistema, recorre-se à utilização de gruas-pórtico montadas sobre carris ou sobre pneumáticos. No primeiro caso, torna-se possível o empilhamento até 5 níveis, enquanto que para o segundo caso tal só pode acontecer até 3 níveis. Já o movimento de translação de contentores entre o pátio do cais e a zona de armazenamento é realizado através de tractores/*trailers*.

Este sistema revela-se bastante económico relativamente ao espaço de armazenagem necessário e as gruas-pórtico apresentam vantagens ao nível da segurança, robustez, baixos custos de manutenção e longa vida útil. Além disso, este sistema presta-se melhor à automatização o que, por outro lado, significa uma perda importante de flexibilidade,

Empiricamente, a UNCTAD sugere que, recorrendo a este sistema de manipulação de contentores, por cada 2.000 TEU, se garanta uma área de armazenamento de 16.000m² para uma altura de empilhamento média de 3,5 contentores.



Fonte: Bergen Group Dreggen Catalog

Fig. 46 – Grua-pórtico

A escolha de um determinado método de manipulação de contentores passa pela análise da maior ou menor quantidade de espaço disponível. Assim, quando existe bastante solo disponível é mais económico um sistema de manipulação que permite menores alturas de empilhamento uma vez que os equipamentos requeridos são significativamente menos onerosos. Por outro lado, quando o terreno é escasso e caro, torna-se compensatório optar por um sistema de manipulação que permita o empilhamento em vários níveis.

3.3.2.3. Dimensionamento

O dimensionamento deste tipo de terminais é executado em função do sistema de manipulação de carga com que se encontram equipados, o qual irá influenciar directamente as áreas de armazenagem necessárias. Uma vez quantificadas as áreas destinadas ao armazenamento de contentores, será então possível definir o número de postos de atracque necessário.

A UNCTAD sugere o dimensionamento de um terminal de carga contentorizada através da aplicação de 4 ábacos. Assim, tem-se que:

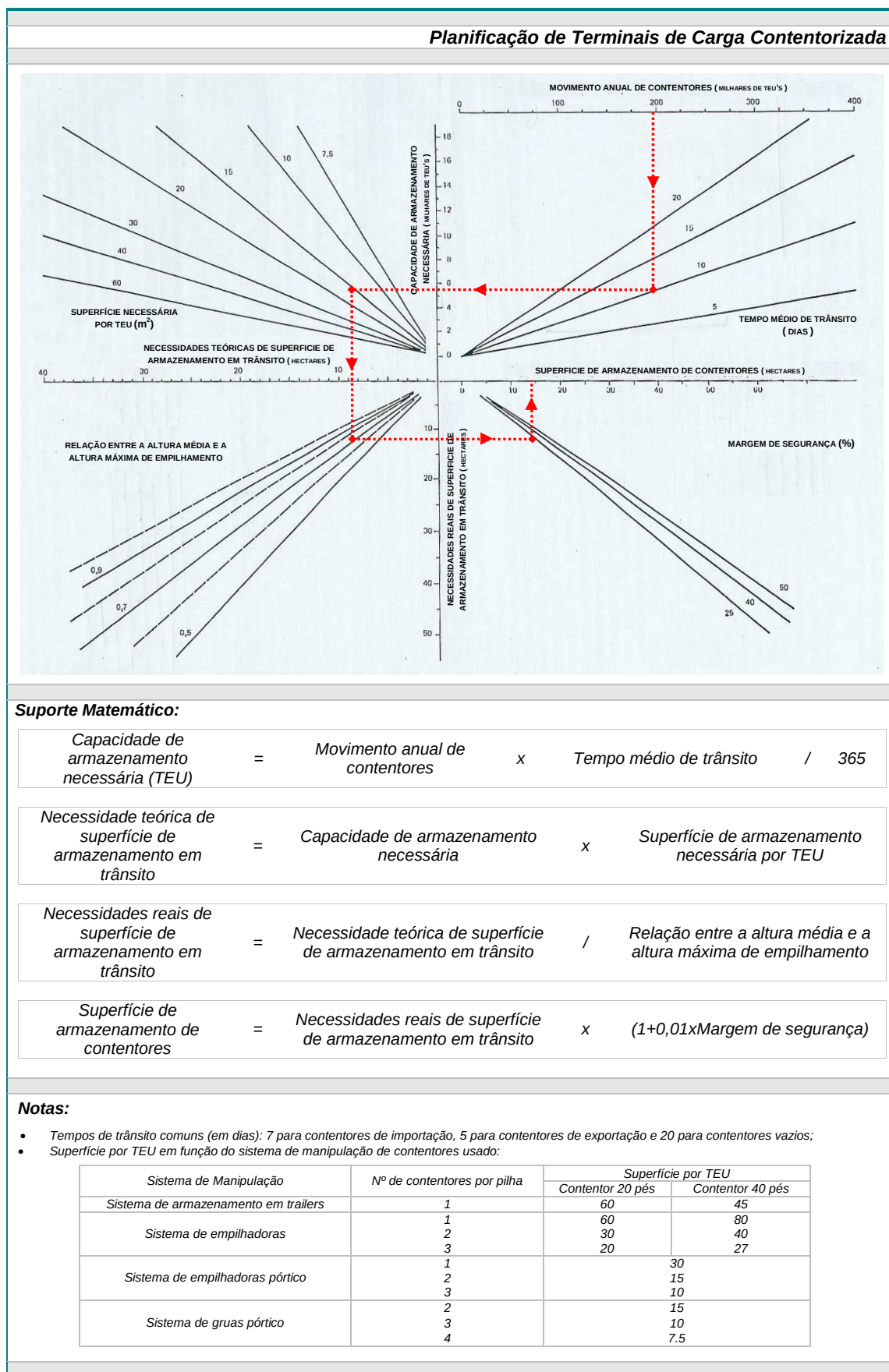


Fig. 47 – Planificação de terminais de carga contentorizada – superfície de armazenamento de contentores

Uma vez em posse de uma previsão fiável e coerente para tráfego anual de contentores, torna-se possível para o planeador dimensionar a área de armazenamento a providenciar. Aborda-se então o ábaco da figura 47, começando-se por traçar uma vertical até à linha que traduz o tempo médio que os contentores permanecem na área de trânsito. De seguida, traça-se uma horizontal até à linha que corresponde à superfície necessária por TEU, definida em função da altura máxima de empilhamento e do sistema de manipulação de contentores adoptado. Posteriormente, volta-se a traçar uma vertical até à recta que sugere a relação entre as alturas média e máxima de empilhamento. Pelo ponto alcançado no passo anterior, traça-se uma nova horizontal até à linha que corresponde à reserva de segurança necessária para fazer frente aos picos de demanda. Por fim, traça-se uma vertical no sentido ascendente até intersectar o eixo que nos dá a conhecer a superfície de armazenamento de contentores necessária. A utilização repetida do ábaco com diferentes equipas de manipulação e alturas de empilhamento, permitirá ao planeador achar a solução mais económica e eficaz face às limitações vigentes.

Ao planear um terminal de contentores, é necessário garantir a existência de uma estação de contentores, sendo este o espaço onde se poderá proceder a operações de consolidação/desconsolidação eventualmente necessárias. O ábaco da figura 48, sugere-nos o dimensionamento deste espaço em função das expectativas de movimentação anual de contentores no mesmo. Assim, partindo desse dado de entrada, traça-se uma vertical até à linha relativa ao tempo médio que os contentores permanecem em trânsito na estação. Na sequência do ponto obtido, há que traçar uma horizontal até à linha que traduz a altura média de empilhamento da carga geral. De seguida, traça-se uma outra vertical no sentido descendente por forma a encontrar a recta que considera o espaço despendido em acessos dentro da estação de contentores. Feito isso, há que traçar uma horizontal até à linha que traduz a margem de segurança de capacidade que se pretende e, a partir do ponto obtido, uma vertical até ao eixo que quantifica as necessidades de superfície da estação de contentores.

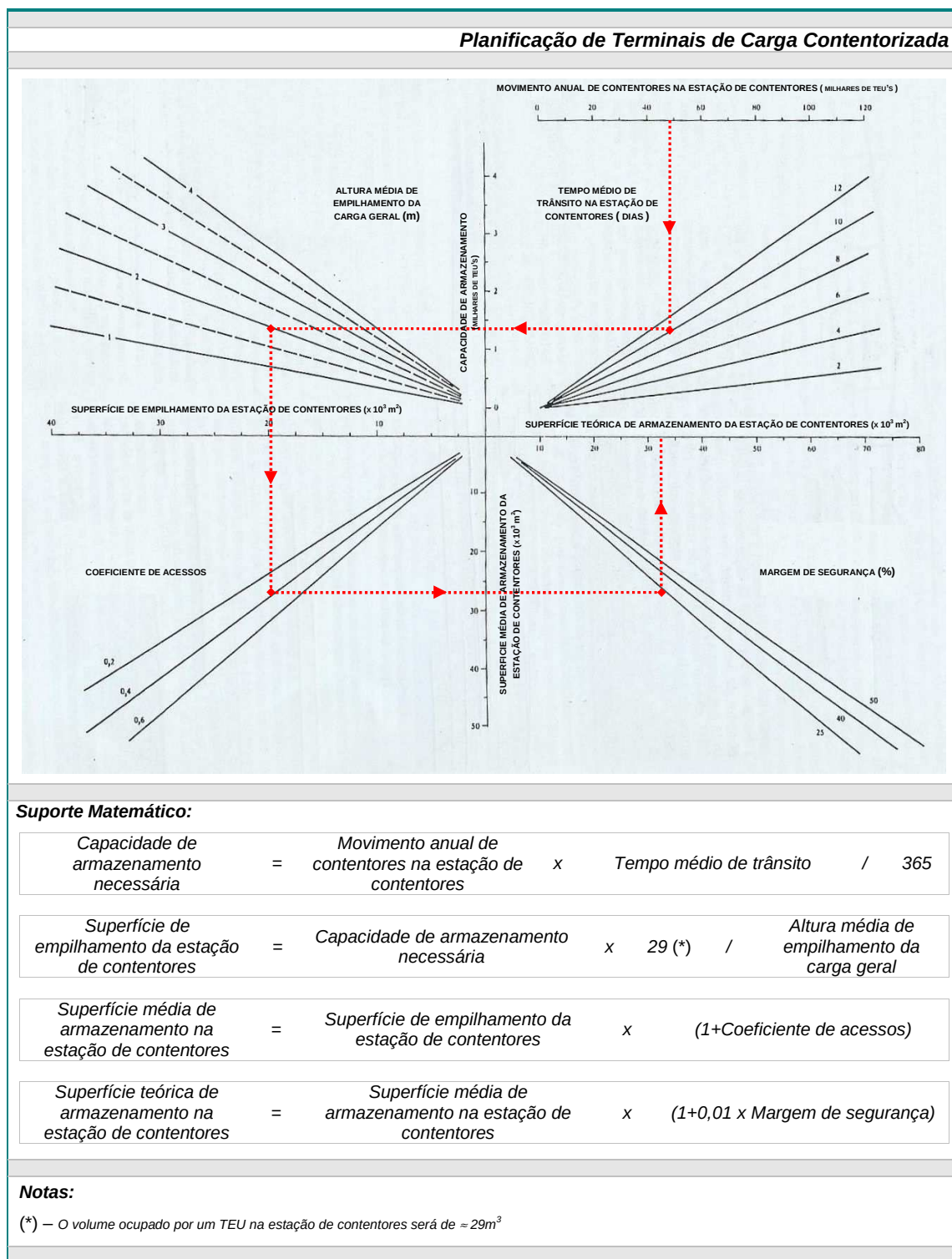
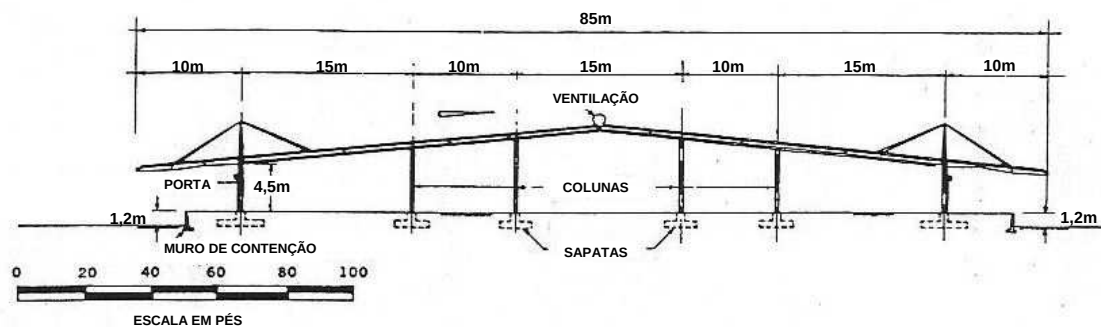


Fig. 48 – Planificação de terminais de carga contentorizada – estação de contentores

A UNCTAD sugere ainda que se garanta um total de 2 a 3 hectares de superfície extra por posto de atraque. Este espaço destinar-se-ia à criação de zonas de classificação, de acessos para os modais rodo e ferroviário, de estacionamento adequado, de alfândegas, de áreas de apoio ao pessoal, de espaços administrativos, de locais próprios para albergar serviços de segurança e manutenção ou para armazenamento de cargas perigosas, etc.



Fonte: Adaptado de Desarrollo Portuário, 1984

Fig. 49 – Secção transversal de uma estação de contentores

Uma vez dimensionadas a área de armazenagem e a estação de contentores, há que definir o número de postos de atraque que as mesmas justificam. Os elevados índices de produtividade apresentados pelos terminais especializados na manipulação de carga contentorizada irão justificar a necessidade de poucos postos de atraque, não devendo estes ser mais de 2 numa fase inicial.

Em termos gerais, a quantificação do número de postos de atraque necessário deve ter por base propósitos de minimização do tempo de espera dos navios por forma a aumentar a sua produtividade e assim mitigar os impactes consequentes dos fortes investimentos exigidos pela sua construção. Todavia, o avultado esforço financeiro associado à criação de um terminal de contentores também não permite ao planeador optar por uma qualquer solução de sobredimensionamento. Há portanto que ponderar uma solução que garanta uma boa taxa de ocupação dos postos de atraque mas com garantias de que não se verifiquem congestionamentos.

O ábaco da figura 50 permite então determinar as necessidades do ao nível dos postos de atraque partindo-se do horário normal de trabalho por dia praticado no terminal. Assim, a partir desse dado de entrada, traça-se uma vertical até à linha que traduz a média de unidades manobradas por hora e por grua. Na sequência do ponto obtido, traça-se uma horizontal até se alcançar a recta correspondente ao número de gruas utilizadas por navio e, de seguida, uma vertical descendente até à curva que representa a média de movimentos realizados por navio. Posteriormente, traça-se uma nova horizontal até à recta que corresponde ao número de navios operados anualmente. Por fim, através de uma vertical ascendente proveniente do ponto resultante do passo anterior, alcança-se o eixo que quantifica as necessidades anuais de postos de atraque-dia.

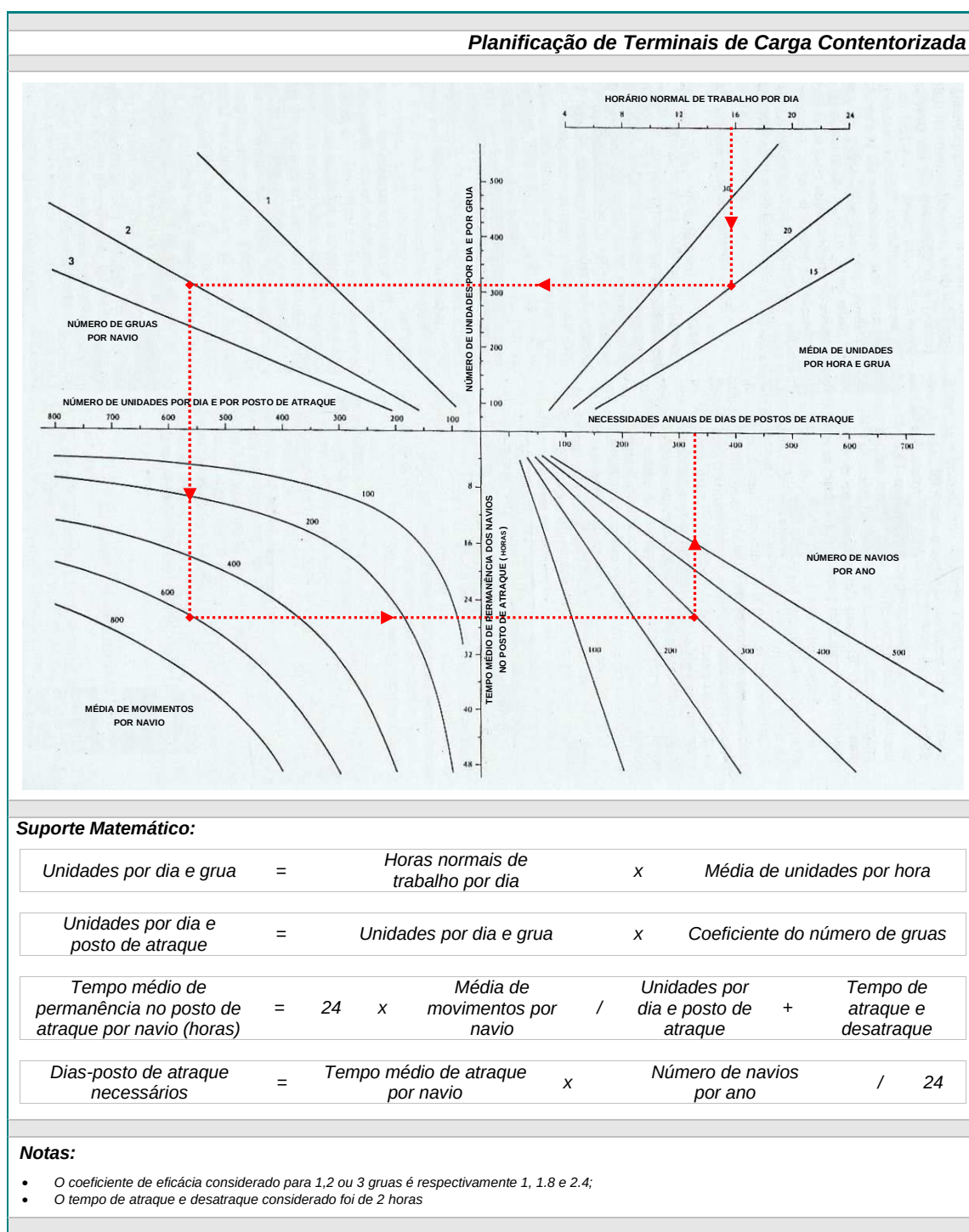


Fig. 50 – Planificação de terminais de carga contentorizada – postos de atraque necessários

Uma vez conhecidas as necessidades do terminal relativamente ao número de postos de atraque, torna-se necessário conhecer os custos associados à permanência dos navios no porto. Neste contexto surge o ábaco da figura 51 cujos resultados irão ser indicadores do nível de serviço praticado no terminal.

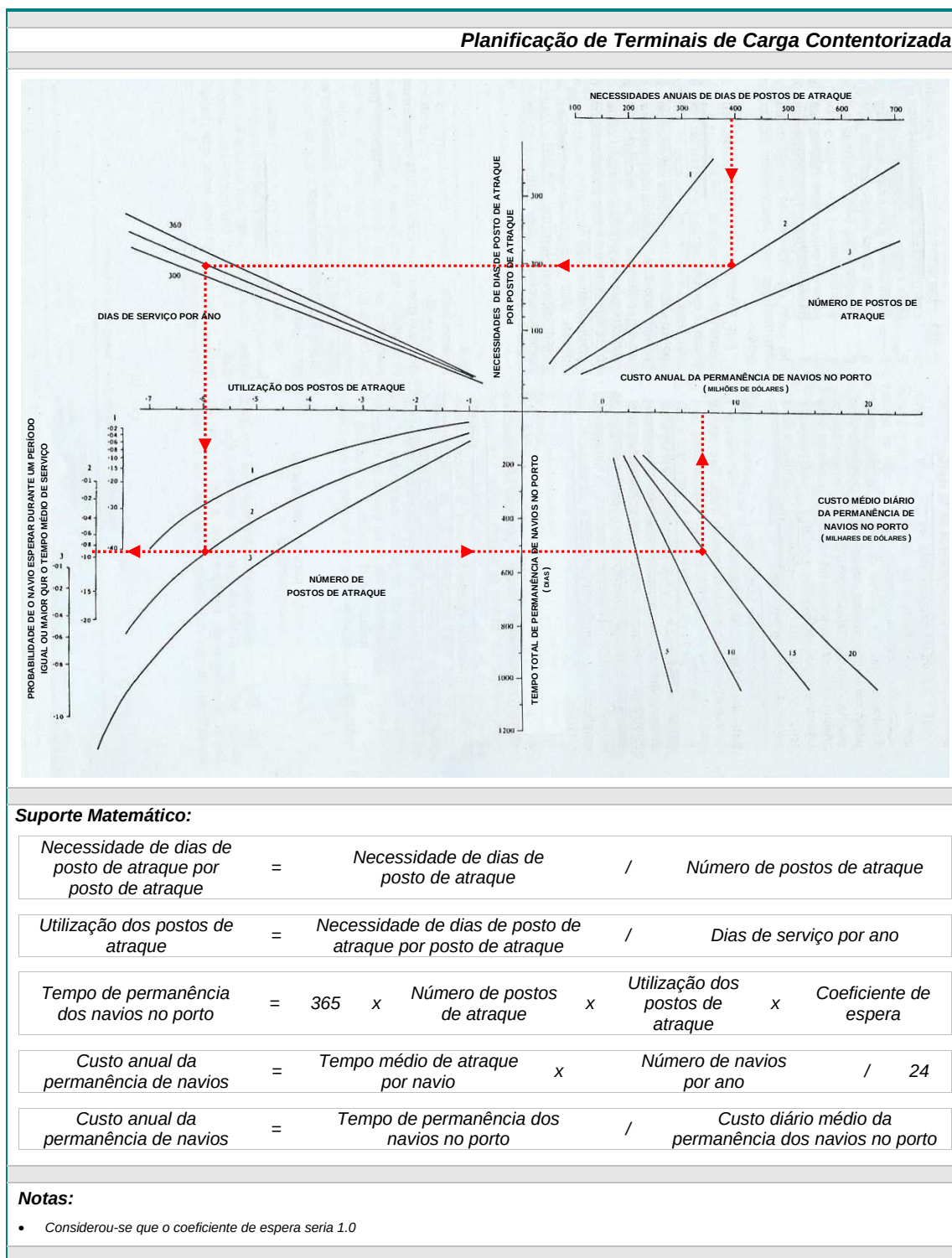


Fig. 51 – Planificação de terminais de carga contentorizada – custo da permanência dos navios no porto

Assim, partindo das necessidades anuais de dias de postos de atracagem, traça-se uma vertical até à linha relativa ao número de postos de atracagem da solução de dimensionamento a analisar. De seguida, traça-se uma horizontal até à recta que reflecte o número de dias de serviço por ano no terminal. Desde o ponto obtido, traça-se uma outra vertical no sentido descendente até intersectar com a curva relativa ao número de postos de atracagem dimensionado. Feito isso, há que traçar uma nova horizontal até à linha correspondente ao custo médio diário da permanência de navios no porto.

Para se conhecer o custo anual da permanência de navios no porto basta traçar uma vertical até ao eixo que quantifica esse indicador.

3.3.3. Terminal Polivalente

3.3.3.1. Generalidades

São terminais cuja existência só se justifica quando há necessidade de satisfazer uma demanda significativa de navios de carga geral que transportam uma grande diversidade de mercadorias recorrendo a vários métodos distintos, como sejam os contentores, as *pallet's*, as plataformas, as cargas pré-lingadas, etc.

As infra-estruturas polivalentes exigem um conjunto de equipamentos de manipulação de mercadorias significativamente mais vasto e variado que os terminais clássicos de carga geral. No entanto, o agravamento do investimento ao nível da equipa mecânica não implica um custo final de concepção necessariamente mais elevado. Assim, atendendo a que os índices de capacidade e produtividade obtidos nos terminais polivalentes superam amplamente os praticados nos terminais tradicionais, será natural que, a partir de um determinado valor de demanda, se torne anti-económica a utilização dos segundos em detrimento dos primeiros na medida em que, para manipular a mesma quantidade de carga, se exigirá um número substancialmente maior de portos de atracque. Por outro lado, a flexibilidade associada aos terminais polivalentes permite uma redução efectiva do custo de manipulação de carga com vantagens inegáveis ao nível dos lucros e da competitividade de toda a estrutura portuária.

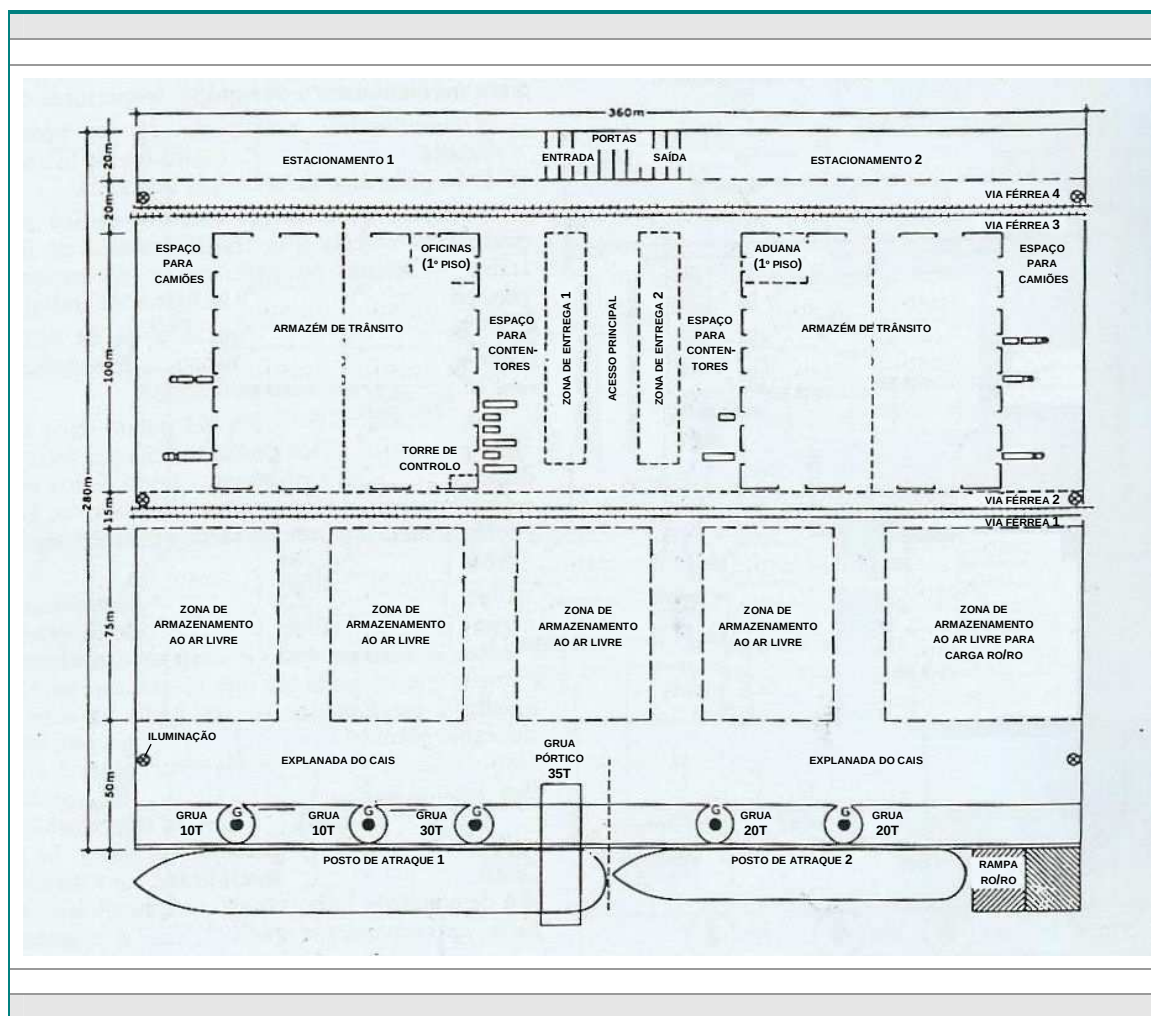
Outra vantagem destes terminais prende-se com a facilidade com que eventualmente se poderão converter em terminais especializados em função das necessidades do porto onde se integram.

3.3.3.2. Disposição característica dos elementos constituintes

O bom desempenho operacional de um terminal polivalente passa pela assimilação de algumas ideias base que é conveniente materializar no decorrer do processo de concepção do *layout* da infra-estrutura. Assim, há que considerar:

- Os armazéns devem encontrar-se nos espaços mais afastados do cais para que as operações de carga e descarga dos modais rodoviário e/ou ferroviário não condicionem significativamente as manobras de traslado de mercadorias.
- Deve providenciar-se uma área total de armazenamento ao ar livre bastante ampla e situada nas proximidades do cais.
- Há que garantir a existência de acessos que facilitem a intermodalidade com os transportes rodoviário e ferroviário.
- Deve ainda prever-se a existência de uma rampa RO/RO.

Será então possível organizar um *layout* modelo que, embora ignore as peculiaridades de cada infra-estrutura portuária, reflecta algumas das bases subjacentes ao planeamento de um terminal polivalente. A figura 52 retrata a sugestão da UNCTAD para uma disposição característica dos elementos constituintes deste tipo de terminais.



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 52 – Layout modelo de um terminal polivalente

3.3.3.3. Equipamentos

Nos terminais polivalentes, as operações de carga e descarga dos navios são realizadas com recurso a gruas existentes nas próprias embarcações ou a gruas móveis presentes no cais. Por conseguinte, há que dotar o terminal com uma combinação de gruas móveis montadas sobre carris onde estejam incluídas diferentes tipologias e capacidades de carga.

Por outro lado, a utilização de tractores e reboques constitui, por norma, o método mais utilizado para o traslado de mercadorias no interior do terminal. É também habitual recorrer-se a empilhadoras simples e empilhadoras-pórtico, embora estas últimas de uma forma bastante menos efectiva.

Para este tipo de terminais, a UNCTAD sugere a existência da seguinte equipa mecânica por cada 2 postos de atraque:

Quadro 11 – Sugestão de constituição de uma equipa mecânica para 2 postos de atraque

Equipamento	Capacidade	Unidades
Gruas-pórtico	35 ton	1
Gruas pesadas	30 ton	1
Gruas-torre móveis para trabalhos no navio	20 ton	2
	10 ton	2
Gruas-torre móveis para trabalhos na explanada	20 ton	1
	5 ton	2
Empilhadoras-pórtico	-	3
Empilhadoras simples	10 ton	5
	3 ton	15
Tractores	-	6
Reboques	-	18
Rampas RO/RO	-	1

Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

3.3.4. Terminal Roll-On/Roll-Off

3.3.4.1. Generalidades

A expansão do transporte de mercadorias em navios para os quais as operações de carga e descarga se procedem por rolamento horizontal constitui uma clara tendência evolutiva do sector. O crescimento verificado nas últimas décadas quer ao nível do número de navios RO/RO quer ao nível da capacidade dos mesmos foi de tal forma significativo que obriga o projectista a cuidados especiais ao nível do dimensionamento e concepção de um terminal especializado.

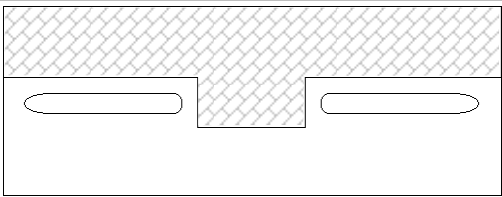
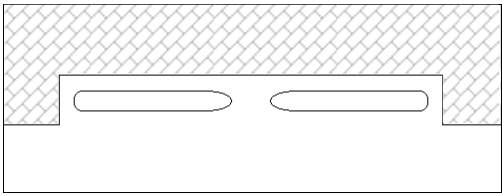
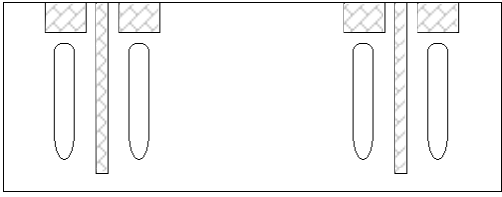
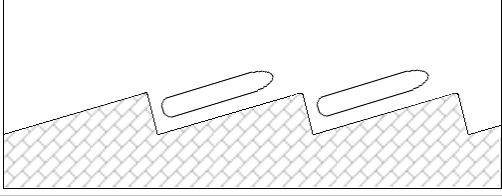
Por outro lado, há que ter em conta as variantes apresentadas pelos navios RO/RO no que à rampa diz respeito. Assim, os navios podem ter as rampas instaladas lateralmente ou ao nível da proa/popa. Se para os primeiros a acostagem tem que ocorrer necessariamente de forma paralela ao cais, já para os segundos tanto pode ocorrer paralelamente como perpendicularmente, dependendo da configuração quer da rampa, quer do próprio cais. Existem também alguns navios que não possuem rampa própria, havendo para estes necessidade de dotar o terminal de um mecanismo que permita o transbordo por rolamento da mercadoria. Os terminais RO/RO devem portanto ser projectados por forma a adaptar-se da melhor forma possível ao desenho nos navios que irão receber.

Estes terminais devem ainda apresentar características que lhes permitam operar eficazmente com veículos, reboques e semi-reboques, contentores sobre chassis ou até com mercadorias em *pallet's* ou plataformas carregáveis/descarregáveis através de empilhadoras simples.

3.3.4.2. Disposição característica dos elementos constituintes

A definição de um *layout* modelo para um terminal RO/RO não pode ignorar a configuração de cais a adoptar. Por norma, é conveniente o recurso a configurações o mais flexíveis possível de forma a que a infra-estrutura possa receber todo o tipo de navios que constituem a frota RO/RO. De seguida são então apresentadas algumas das configurações típicas que melhor respondem às necessidades de um terminal desta natureza.

Quadro 12 – Configurações Típicas para Cais de Terminais Roll-On/Roll-Off

Configurações Típicas para Cais de Terminais Roll-On/Roll-Off	
	Apresenta uma grande flexibilidade na medida em que pode, sem dificuldades de maior, adaptar-se às tendências evolutivas constatadas ao nível da dimensão dos navios RO/RO; As diferentes correntes de tráfego partilham o mesmo espaço no cais, o que pode reduzir os níveis de eficiência do terminal.
	Constitui um risco significativo na medida em que se limita a dimensão máxima dos navios a receber; A separação física das correntes de tráfego implica um aumento da eficiência operacional da infra-estrutura.
	Trata-se do terminal mais económico; Apenas pode operar com navios RO/RO onde seja possível proceder à carga e descarga pela popa ou pela proa; Elimina toda a hipótese de transbordo de carga por elevação.
	Permite operar com diferentes tipos de navios sem restrições significativas relativamente às suas dimensões.

Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Em portos onde o tráfego RO/RO não assuma uma dimensão muito expressiva torna-se admissível a adopção de uma variante ao último modelo de configuração de cais apresentado, a qual passa pela adopção de um posto de atraque único em esquina.

Outro aspecto que condiciona as características do terminal é a sua maior ou menor exposição às marés. À partida, existe toda a conveniência em reservar as secções mais protegidas do porto para instalação de um terminal RO/RO. Se for possível resguardar o terminal do efeito das marés, torna-se dispensável a existência de uma plataforma de transição ajustável e de extensão razoável que permita vencer os desfasamentos de nível entre o navio e o cais. O mesmo não ocorre se, por outro lado, o terminal estiver sujeito a grandes amplitudes de marés, o que implica um agravamento do custo final de toda a infra-estrutura. Atendendo a que a acção das marés pode ainda limitar o período operacional do terminal, torna-se conveniente a realização de um estudo de custo/benefício para estes casos, no qual seja analisada a possibilidade de criação de uma doca fechada

Para os casos em que não é possível ou viável a adopção de uma solução que dispense a existência de uma plataforma de transição ajustável, pode optar-se por dois tipos de estrutura:

- Plataforma de transição flutuante que sobe e baixa automaticamente em função dos movimentos da maré;
- Plataforma de transição onde o extremo que termina no navio se conecta a um pórtico por meio de cabos ou mecanismos hidráulicos.

3.3.4.3. Dimensionamento

O dimensionamento de terminais RO/RO é executado em função do tipo de mercadorias que se prevê manipular. Assim, a UNCTAD sugere:

Quadro 13 – Metodologias de dimensionamento de terminais RO/RO

Equipamento	Metodologia de Dimensionamento
Carga geral	Ábaco da figura 36 usado para dimensionamento de terminais de carga geral fraccionada
Carga contentorizada	Ábaco da figura 47 usado para dimensionamento de terminais de contentores
Carga sobre rolamentos	Ábaco da figura 53 apresentado de seguida

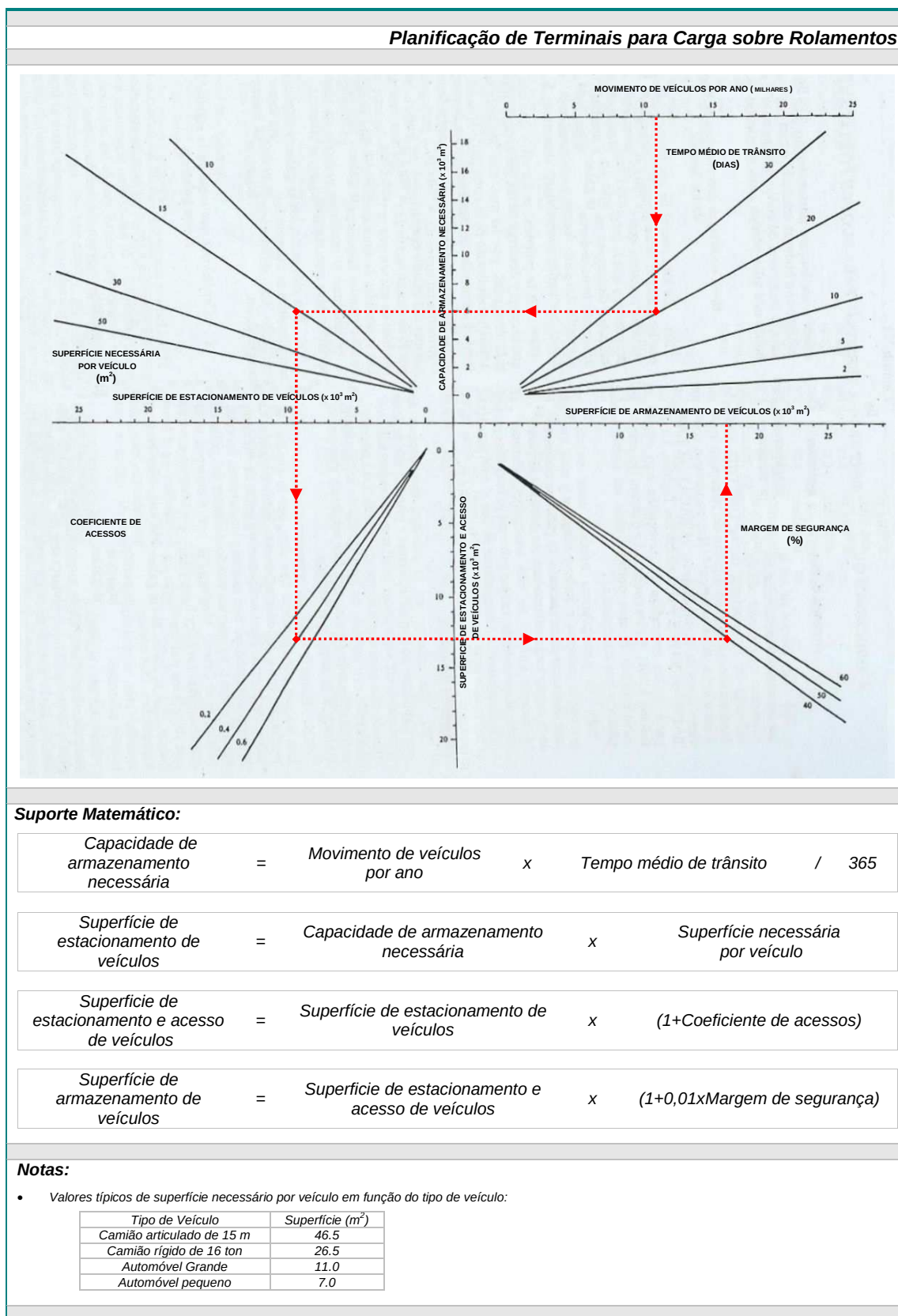


Fig. 53 – Planificação de Terminais para Carga sobre Rolamentos – superfície de armazenamento

A abordagem ao ábaco da figura 53 é feita tendo como dado de entrada o movimento anual de veículos espectável para cada posto de atraque, aplicando-se de seguida uma metodologia semelhante à que serve de base ao dimensionamento de terminais de carga geral. Assim, há que traçar uma vertical até à linha que traduz o tempo médio de trânsito dos veículos no terminal. Seguidamente, prolonga-se uma horizontal até se alcançar a recta relativa à superfície ocupada por veículo. Depois, traça-se uma nova vertical em sentido descendente até se alcançar a linha referente ao coeficiente que considera o espaço a prever para acessos. O processo de dimensionamento termina com a determinação da superfície de armazenamento de veículos necessária de forma a responder positivamente aos picos de demanda. Para tal, há que prolongar uma horizontal até à recta que traduz a margem de segurança pretendida, seguida de uma vertical em sentido ascendente até se interceptar o eixo que quantifica a grandeza pretendida.

3.3.5. Terminais de Carga Seca a Granel

3.3.5.1. Generalidades

A criação de um terminal especializado para manipulação de carga seca a granel constitui uma das primeiras fases evolutivas de uma infra-estrutura portuária de forma a não sobrecarregar os terminais de carga geral.

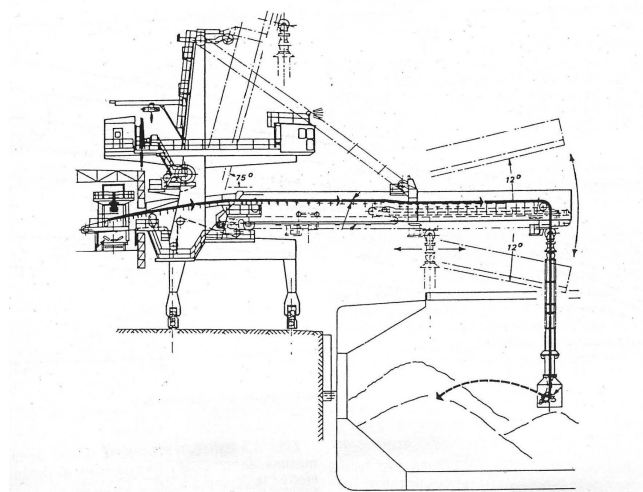
3.3.5.2. Equipamentos

Em termos gerais, a manipulação de mercadorias nos terminais de carga seca a granel procede-se com recurso a equipamentos específicos para cada uma das 4 operações essenciais: carga, descarga, transporte horizontal e empilhamento.

3.3.5.2.1. Equipamentos Carregadores

Os equipamentos carregadores são todos aqueles que realizam a operação de carga do navio, podendo ser:

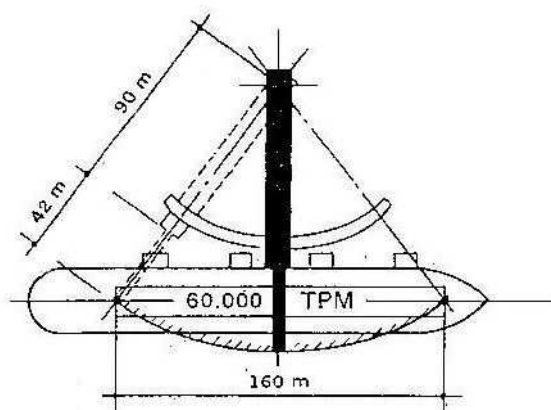
- **Carregador de pórtico** – Este carregador move-se paralelamente ao cais, possuindo uma esteira própria alimentada por transportadores horizontais e disposta sobre um braço suspenso que sobe ou desce para se adaptar às características dos navios. A grande vantagem da utilização deste tipo de carregadores prende-se com o facto de o movimento incutido ao seu braço resultar apenas em ligeiras variações do centro de gravidade de toda a estrutura, pelo que o espaço por necessário para a sua instalação é mínimo.



Fonte: Desarrollo Portuário, 1984

Fig. 54 – Carregador de pórtico

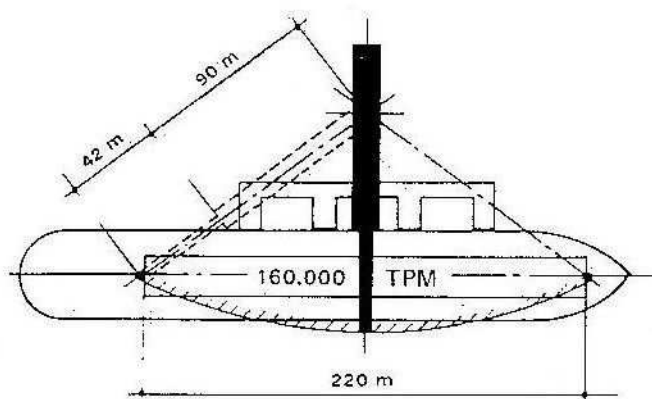
- **Carregador radial** – Este carregador é composto por um braço que gira em torno de um eixo vertical perpendicular em relação a um dos seus extremos que se encontra fixo enquanto o outro se move apoiado sobre rolamentos num caminho curvo suportado por pilares. O baixo custo deste equipamento relativamente aos carregadores de pórtico constitui o maior argumento em prol da sua utilização. Existem contudo limitações importantes, nomeadamente o facto de só se poder operar com navios que não possuam qualquer tipo de estrutura intermédia que condicione o seu movimento giratório.



Fonte: Desarrollo Portuário, 1984

Fig. 55 – Carregador radial

- **Carregador linear** – Este carregador é uma evolução do carregador radial onde se conjuga a rotação do braço com o movimento de translação do extremo que se encontrava fixo. Desta forma a via curva percorrida pelo rolamento de apoio do outro extremo passa a ser paralela ao navio, sendo a sua construção significativamente mais simples e menos custosa. As inovações introduzidas traduzem-se também num aumento significativo do alcance operacional obtido.



Fonte: Desarrollo Portuário, 1984

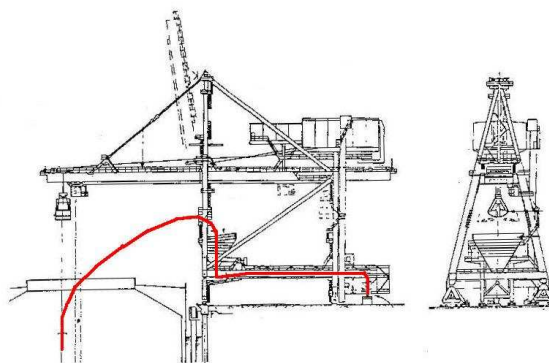
Fig. 56 – Carregador linear

- **Carregador fixo** – Trata-se de um equipamento significativamente mais simples onde o movimento do braço é muito limitado, podendo inclusive não existir. Consequentemente, a sua utilização apenas se justifica em terminais diminutos que apenas operam com pequenos navios e para os quais o ritmo operacional não tenha que ser otimizado.

3.3.5.2.2. Equipamentos Descarregadores

Os equipamentos descarregadores são aqueles que procedem à descarga das mercadorias do navio, podendo ser:

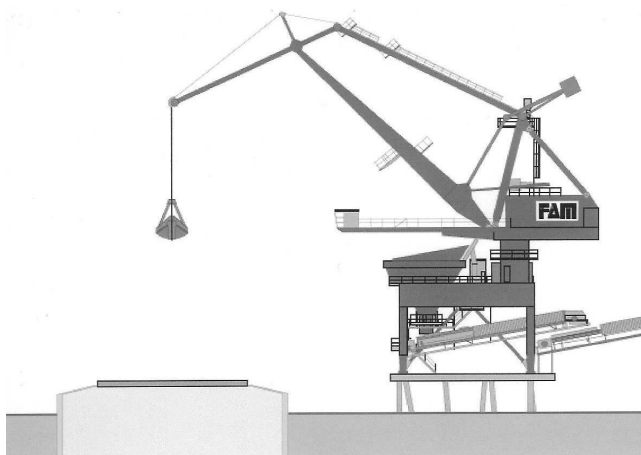
- **Grua com colher de carga** – Este sistema passa pela utilização de guias equipadas com colheres de carga que permitem descarga do navio para um recipiente afunilado que irá alimentar uma corrente transportadora que, por sua vez, encaminha o material granular para os respectivos locais de armazenamento. Deve-se garantir a existência de um jogo de 3 colheres de carga por grua para que haja sempre uma a operar e outra de reserva na eventualidade de alguma estar em reparação. Há ainda que prever a existência de diferentes tipos de colher de carga com diferentes desenhos e capacidades (colheres de carga ligeiras para fertilizantes e cereais ou pesadas para minérios). Existem 3 tipos de guias com colher de carga:
 - ✓ Grua com carro móvel elevado – devido ao seu avultado custo, apenas se justifica em terminais onde a demanda é tal que justifica a maximização das capacidades operacionais, uma vez que apresenta índices de produtividade acima de 500 ton/h, podendo mesmo alcançar as 2500 ton/h;



Fonte: Desarrollo Portuário, 1984

Fig. 57 – Grua com carro móvel elevado

- ✓ Grua giratória – trata-se da grua mais utilizada com uma produtividade de 500 a 1500 ton/h;



Fonte: <http://www.directindustry.com>

Fig. 58 – Grua giratória

- ✓ Grua-torre móvel – apropriada para portos mais pequenos que operam com navios de dimensão reduzida e com uma grande variedade de cargas, apresentando uma produtividade de 500 a 700 ton/h.
- **Sistema pneumático** – Este sistema passa pelo aproveitamento de uma corrente de ar gerada por pressão ou aspiração com vista à descarga dos navios. A sua maior limitação advém do facto de não apresentar os mesmos índices de eficiência para todos os tipos de carga, adaptando-se melhor a granéis de peso e viscosidade relativamente baixos. Além disso, este tipo de equipamento não se encontra preparado para vencer a resistência superior da camada superficial eventualmente formada pela compactação ou humificação de alguns materiais, o que constitui uma clara desvantagem se comparado com as gruas equipadas com colheres de carga. Por outro lado, a elevada produtividade apresentada tanto em situações de porão cheio (zonas A e B da figura 59) como em situações de porão quase vazio (zona C da figura 59), constitui a maior vantagem da utilização de sistemas pneumáticos, garantindo uma maior flexibilidade a toda a operação de descarga. Desta forma

evitam-se as situações de menor rendimento características de outros sistemas de descarga e nas quais se recorre a pá-carregadeira, vassoura, pá e sacos grandes (que têm que ser enchidos manualmente) durante a fase de limpeza do porão.

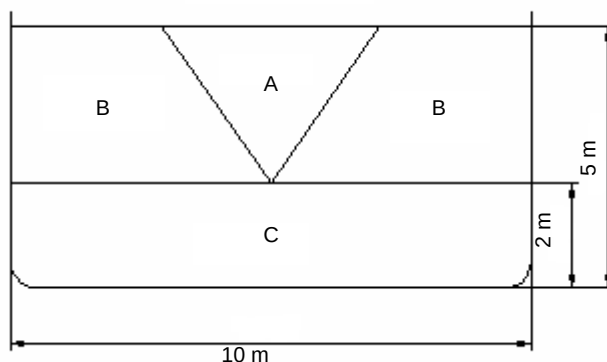
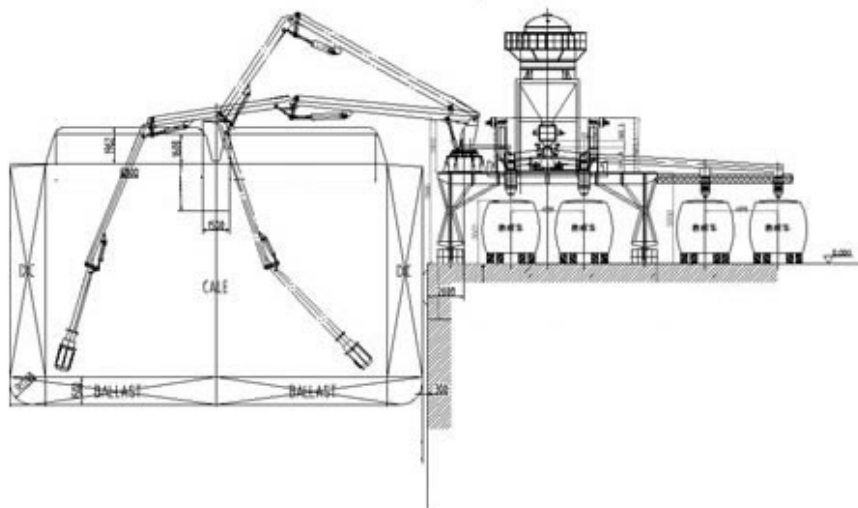


Fig. 59 – Esquema da secção transversal de um navio de granéis sólidos

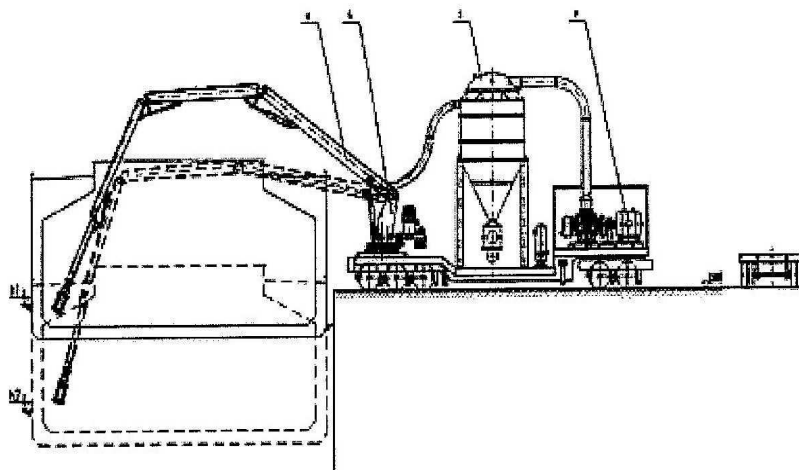
Em termos ambientais, pode-se também destacar o bom desempenho deste equipamento, com perdas de material por derrame bastante pequenas apesar do elevado consumo energético. Em termos gerais, podem-se destacar 2 tipos de sistemas pneumáticos:

- ✓ Elevador pneumático móvel – pórtico montado sobre carris paralelos ao cais, cuja produtividade ronda as 200 ton/h;
- ✓ Elevador ligeiro portátil – máquinas portáteis montadas sobre reboques com uma produtividade de 50ton/h;



Fonte: <http://www.freepatentsonline.com>

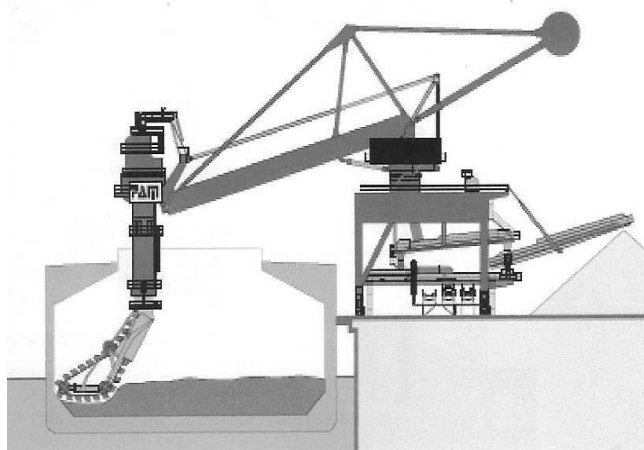
Fig. 60 – Elevador pneumático móvel



Fonte: <http://www.freepatentsonline.com>

Fig. 61 – Elevador pneumático portátil

- **Transportador vertical** – Estes equipamentos são compostos por um conduto rectangular onde se encontra uma cadeia transportadora ou por um conduto tubular dotado de um parafuso helicoidal no seu interior. O movimento ascendente destes mecanismos será responsável pela descarga do material granular com uma produtividade até 150ton/h e 600ton/h, respectivamente.
- **Elevador de baldes** – Este sistema consiste na utilização de um descarregador móvel equipado com um mecanismo elevatório de baldes em rotação contínua. Este sistema apresenta elevados índices de produtividade embora os custos de aquisição, funcionamento e manutenção sejam bastante elevados. Além disso, o elevado peso do conjunto, associado à força dinâmica produzida, implicam a existência de um cais reforçado que acaba por ser significativamente mais caro. A produtividade deste equipamento encontra-se compreendida entre as 1500 e 5000ton/h.



Fonte: <http://www.directindustry.com>

Fig. 62 – Elevador de baldes

- **Sistema de suspensão aquosa** – Este sistema passa pela utilização de bombas para a descarga de uma suspensão produzida a partir da mistura de água com o material granular. Assim, uma mistura inicial com uma fase aquosa de 30% é carregada em navios cisterna apropriados, sendo o excesso de água retirado antes de o navio zarpar, atingindo-se um teor de sólidos de 90%. Quando o navio alcança o porto onde efectuará a descarga, o teor de água da mistura é novamente aumentado por forma a facilitar a operação de bombagem para instalações apropriadas. Este método de descarga de granéis apresenta vantagens importantes ao nível da limpeza de toda a operação com perdas mínimas de material sólido. Todavia há que dotar o sistema com tanques de sedimentação onde seja possível proceder à recolha das partículas mais finas e à limpeza da água utilizada. Apesar desse inconveniente, trata-se de um sistema bastante económico na medida em que dispensa a existência de gruas de carga e descarga. A adopção deste processo de descarga de granéis também permite situar as zonas de armazenamento em locais mais afastados, libertando a zona adjacente ao cais. O rendimento alcançado nas operações de bombagem é um dos pontos mais favoráveis deste sistema, atingindo-se valores máximos de 6000/8000 ton/h (de material sólido).

3.3.5.2.3. Equipamentos de Transporte Horizontal

Os equipamentos de transporte horizontal são responsáveis pelo traslado das mercadorias entre o ponto de carga/descarga e os espaços destinados ao seu armazenamento. A escolha do tipo de transportador, bem como a definição da sua disposição ao longo do terminal, devem ser alvo de uma análise cuidada e ponderada. Além disso, há que optar entre sistemas elevados, ao nível do solo ou subterrâneos.

Os **transportadores de cinta** constituem a solução mais utilizada em terminais de carga seca a granel, facto que pode ser explicado pelos bons índices de produtividade conseguidos sem grandes gastos energéticos, pela fiabilidade e economia de manutenção ou pela grande adaptabilidade às exigências portuárias. Têm contudo a desvantagem de não poder funcionar com inclinações muito elevadas pelo que o espaço exigido para se atingir a altura necessária à normal alimentação das áreas de armazenagem pode ser considerável. No que à sua secção transversal diz respeito, eles podem ser planos ou côncavos, sendo os primeiros, por norma, usados para movimentação de carga embalada.

Existem outras soluções com vantagens ao nível protecção ambiental e da minimização do espaço necessário para se atingir determinadas alturas. Assim:

- **Transportador de tracção por cadeia** – Neste sistema, o material é transportado dentro de uma conduta totalmente fechada por acção de uma cadeia de raspadores que se move no interior da mesma. Este sistema é apropriado para a movimentação de cereais em terminais portuários de pequena dimensão, apresentando um rendimento de 500ton/h.
- **Transportador em massa** – Trata-se de um sistema semelhante ao transportador de tracção por cadeia, embora a secção transversal da conduta seja significativamente

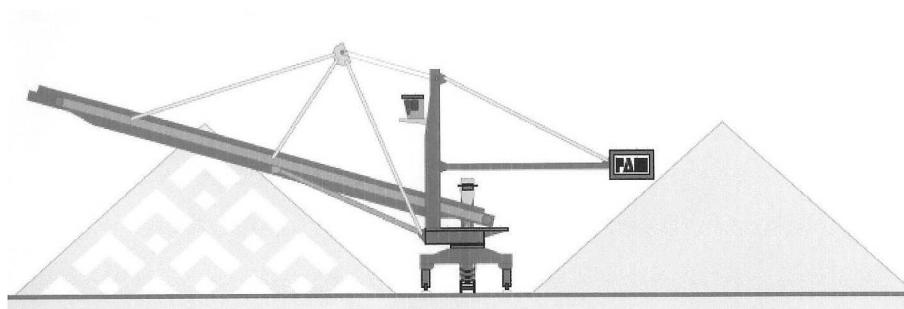
menor. Neste caso, o material move-se tanto na vertical como na horizontal, mas sempre como um corpo único.

- **Transportador de parafuso helicoidal** – Trata-se de um sistema compacto que permite que o transporte do material se proceda com inclinações significativas, só que com gastos energéticos elevados. A sua produtividade não supera a cifra das 500ton/h.
- **Bomba para finos** – Este sistema acaba por ser bastante atractivo para o transporte de material pulverizado com índices de produtividade até 200ton/h.

3.3.5.2.4. Equipamentos Empilhadores e/ou Colectores

Os equipamentos empilhadores e colectores destinam-se a toda a operação de manipulação de granéis nas áreas de armazenagem.

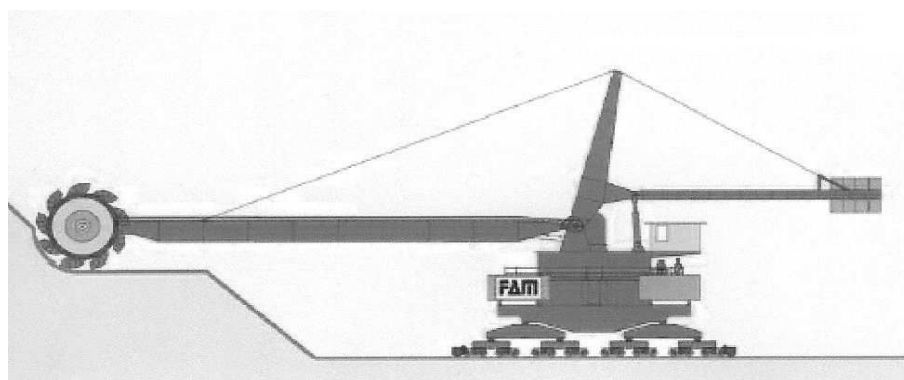
As **empilhadoras** são então máquinas alimentadas pelos transportadores horizontais e que, como o próprio nome indica, se destinam à criação de pilhas de material granular de forma contínua. Estes possuem um braço que pode ser móvel ou fixo e sobre o qual existe um transportador próprio que conduz o material granular até às pilhas. A produtividade deste tipo de máquinas pode superar as 6000ton/h.



Fonte: <http://www.directindustry.com>

Fig. 63 – Máquina empilhadora

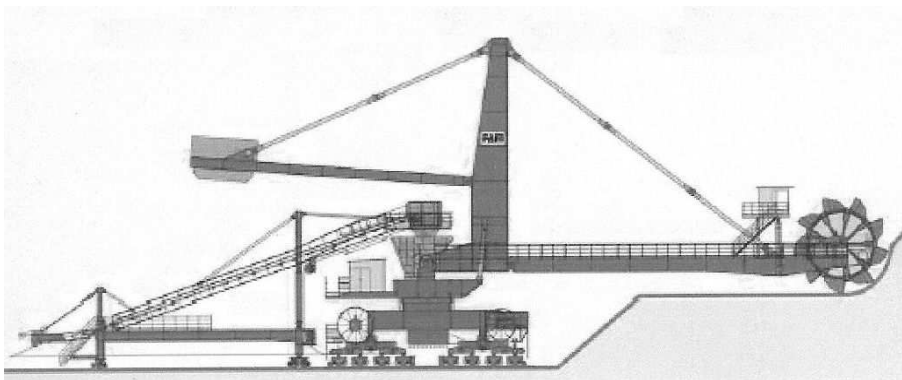
Já as **colectoras** são máquinas que procedem à recolha do material granular a partir das pilhas de armazenagem através de uma roda giratória com baldes. Este tipo de equipamentos é bastante pesado pelo que se deve garantir uma resistência superior ao nível do pavimento das vias que as recebem. A sua produtividade cifra-se entre as 1000 e as 3000ton/h.



Fonte: <http://www.directindustry.com>

Fig. 64 – Máquina colectora

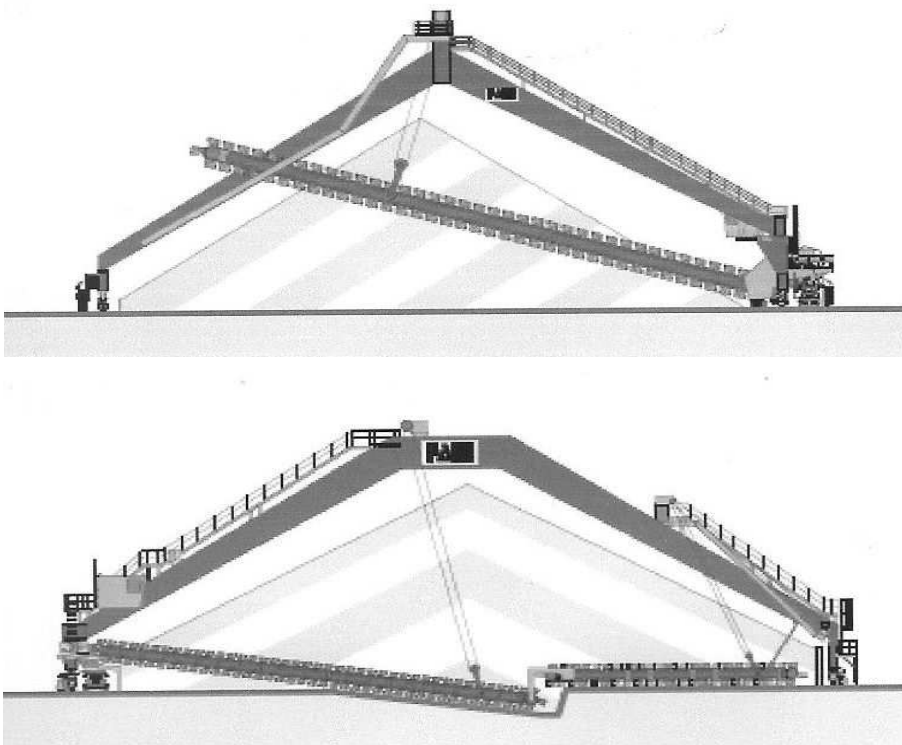
As chamadas **empilhadoras-colectoras** não são mais que equipamentos capazes de combinar as funções de empilhamento e recolha numa única máquina. Tornam-se particularmente úteis para terminais em que a zona disponível para armazenamento seja limitada.



Fonte: <http://www.directindustry.com>

Fig. 65 – Máquina empilhadora-coleitora

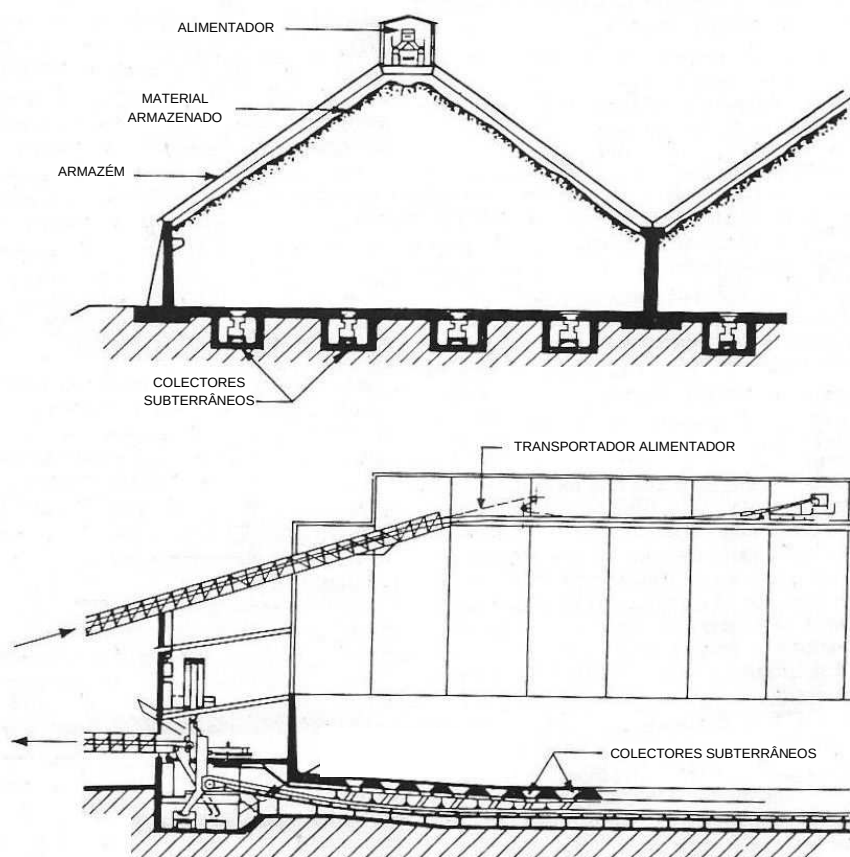
Em alternativa às empilhadoras-colectoras existe um sistema constituído por um **pórtico** que circula sobre carris e no qual se encontram suspensos um ou dois braços transportadores dotados com uma cadeia de raspadores responsável pela recolha do material granular. Este equipamento tanto pode ser instalado no interior dos armazéns como ao ar livre. Os índices de produtividade apresentados podem atingir as 1000ton/h.



Fonte: <http://www.directindustry.com>

Fig. 66 – Modelos de pórticos empilhadores-coletores

Existem ainda os **sistemas de recolha subterrânea** que passam pela existência de um ou mais transportadores instalados em túneis espalhados ao longo das áreas de armazenagem. Com este equipamento é possível alcançar produtividades em torno das 1000ton/h a custos de instalação relativamente baixos. Todavia, há que ter em conta os elevados custos de funcionamento e a incapacidade de esvaziar o armazém sem recorrer a equipamentos complementares. Além disso, é bastante difícil garantir a protecção do ambiente operacional devido à libertação de poeiras, facto que torna as condições laborais muito penosas.



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 67 – Sistema de recolha subterrânea

3.3.5.3. Dimensionamento

As limitações existentes ao nível da disponibilidade de espaços obrigam o projectista a procurar as soluções que prevejam o máximo volume de armazenamento de mercadorias na menor superfície possível, sem que isso condicione a operacionalidade do terminal. Essas soluções têm ainda que considerar restrições introduzidas pelas características mecânicas do material e pela capacidade resistente do solo.

Por norma a solução tradicionalmente adoptada passa pelo armazenamento em montões, podendo estes ser alongados ou circulares. As suas características físicas dependem dos taludes naturais aceites pelo material (definidos em função do seu ângulo de atrito) e da altura de descarga. As pilhas de granéis secos podem ainda ser ou não cobertas em função do tipo de carga e das características climáticas vigentes.

A UNCTAD sugere o dimensionamento dos terminais de carga seca a granel em função de uma análise ao número de postos de atraque e de instalações operacionais necessários para satisfazer as exigências da demanda. É dentro desse contexto que surgem os ábacos das figuras 68 e 69.

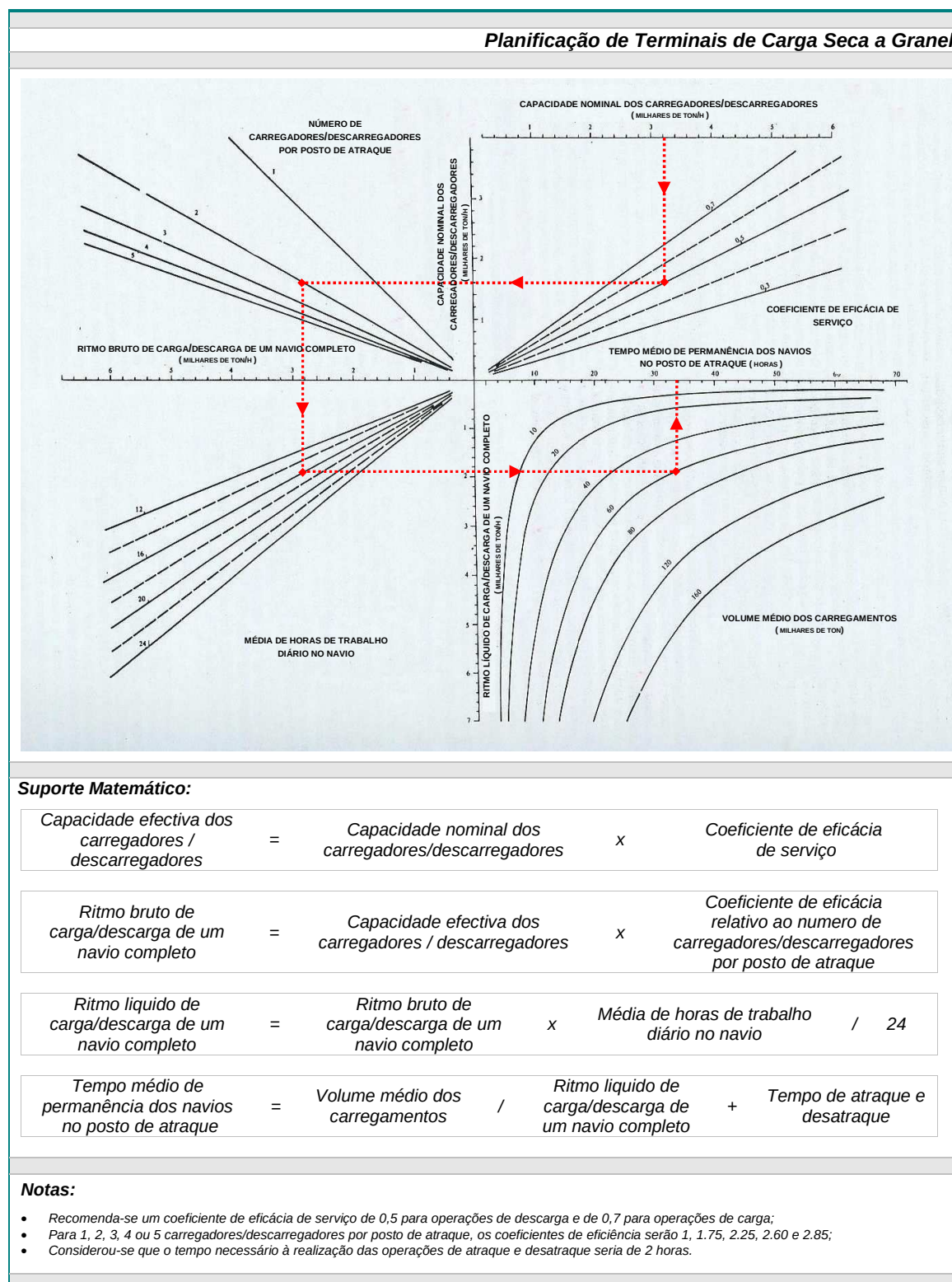


Fig. 68 – Planificação de terminais de carga seca a granel – tempo dos navios no posto de atraque

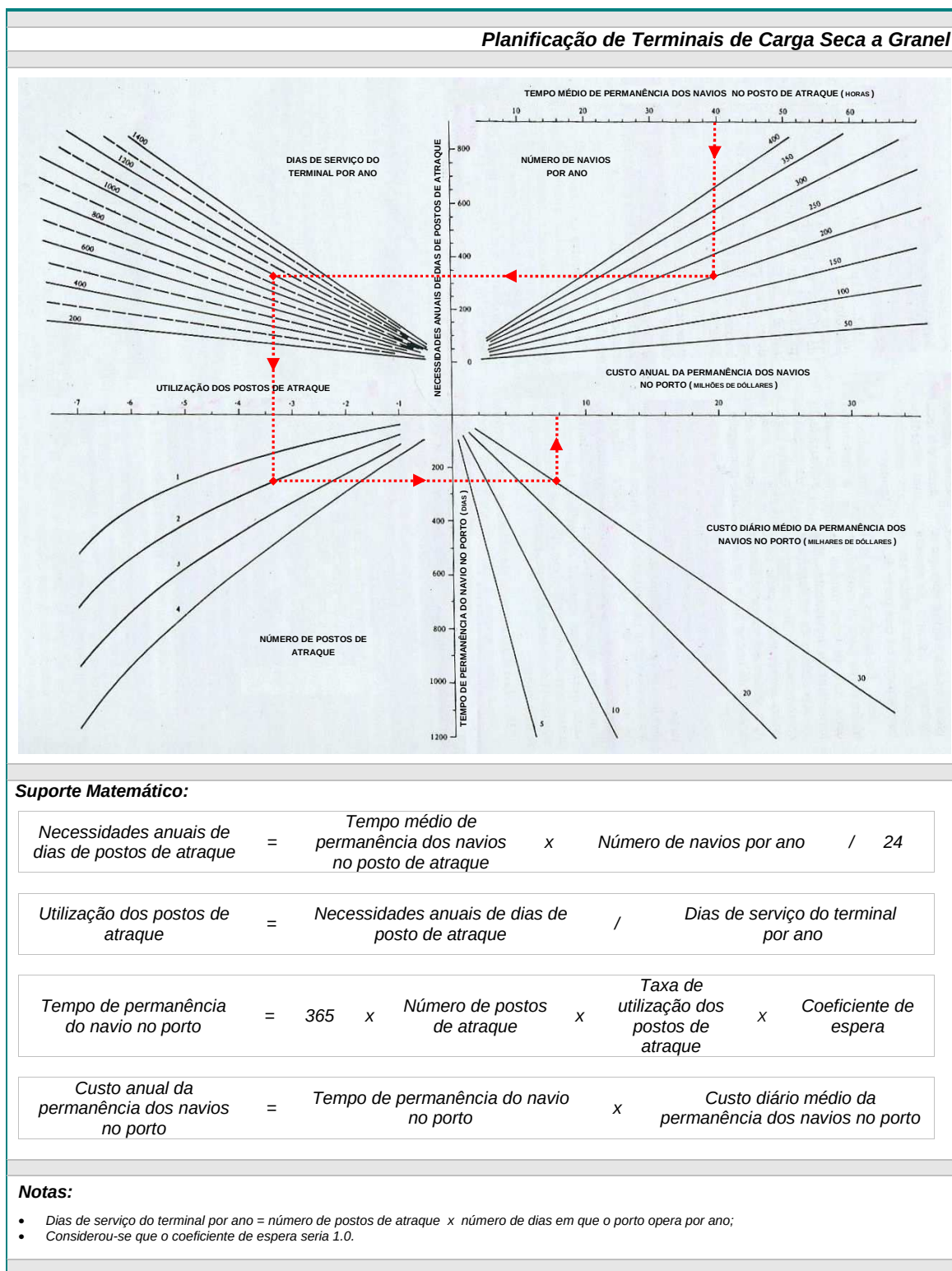


Fig. 69 – Planificação de terminais de carga seca a granel – custo de permanência dos navios no posto de atraque

A partir do valor da capacidade nominal dos equipamentos carregadores/descarregadores, aborda-se o ábaco da figura 68 seguindo o mesmo processo já utilizado para os ábacos anteriores. Assim, começa-se por traçar uma vertical até à recta correspondente ao coeficiente de eficiência operacional praticado. Posteriormente, prolonga-se uma horizontal desde o ponto obtido até à linha que traduz o número de equipamentos carregadores/descarregadores existentes no terminal por

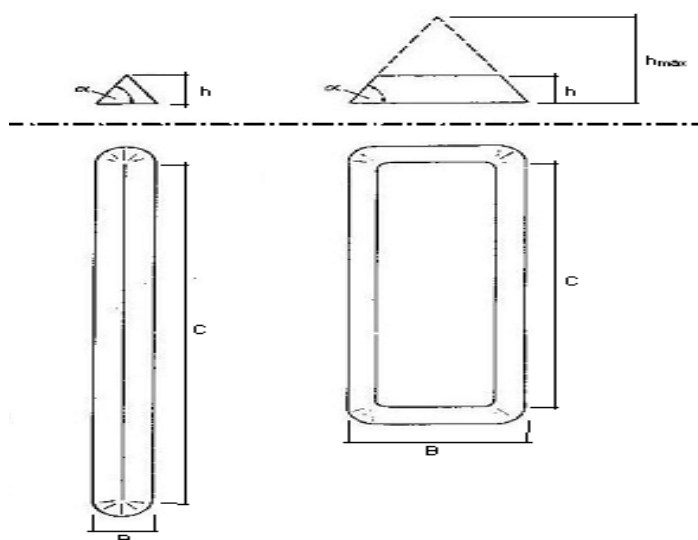
posto de atracque. De seguida, volta-se a traçar uma vertical até à linha relativa à média de horas de trabalho diário no navio. A partir do ponto alcançado, traça-se uma nova horizontal até encontrar a curva relativa ao volume médio dos carregamentos efectuados. Por fim, traça-se uma vez mais uma vertical mas desta feita em sentido ascendente até interceptar o eixo correspondente ao tempo médio de permanência dos navios no posto de atracque, sendo que o valor obtido será o dado de entrada com que se aborda o ábaco da figura 69.

Passando então ao ábaco da figura 69, traça-se uma vertical até à linha relativa ao número de navios operados anualmente. De seguida, há que traçar uma horizontal até à linha que traduz o número de dias de serviço do terminal a cada ano. Feito isto, traça-se uma outra vertical no sentido descendente até encontrar a curva relativa ao número de postos de atracque do terminal. Posteriormente, há que traçar uma nova horizontal até ao valor correspondente ao custo médio diário de permanência do navio no porto, em dólares. O valor que traduz o custo anual da permanência dos navios no porto será obtido depois de traçada uma vertical ascendente que irá interceptar o eixo característico de tal grandeza.

O procedimento deve ser repetido para várias soluções em que se preveja diferentes números de postos de atracque por forma a ser possível estabelecer uma análise comparativa de custo/benefício. Em função dos resultados obtidos, o projectista, em consonância com a administração portuária, irá definir o número de postos de atracque com que o terminal deverá ser dotado.

Uma vez definido o número postos de atracque do terminal, há que proceder ao dimensionamento dos espaços destinados à armazenagem de mercadorias. As orientações da UNCTAD sugerem que esse mesmo dimensionamento se realize com recurso à figura 71 onde se procura definir as grandezas que caracterizam as pilhas de granéis secos e a partir das quais será então possível definir a capacidade de armazenamento existente.

Antes de abordar o ábaco seguinte, convém ter-se noção das grandezas a partir das quais as pilhas podem ser caracterizadas. Assim:



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 70 – Grandezas caracterizadoras das pilhas de granéis secos

Definidas as grandezas características das pilhas de material seco a granel pode-se então passar à abordagem do ábaco da figura 71:

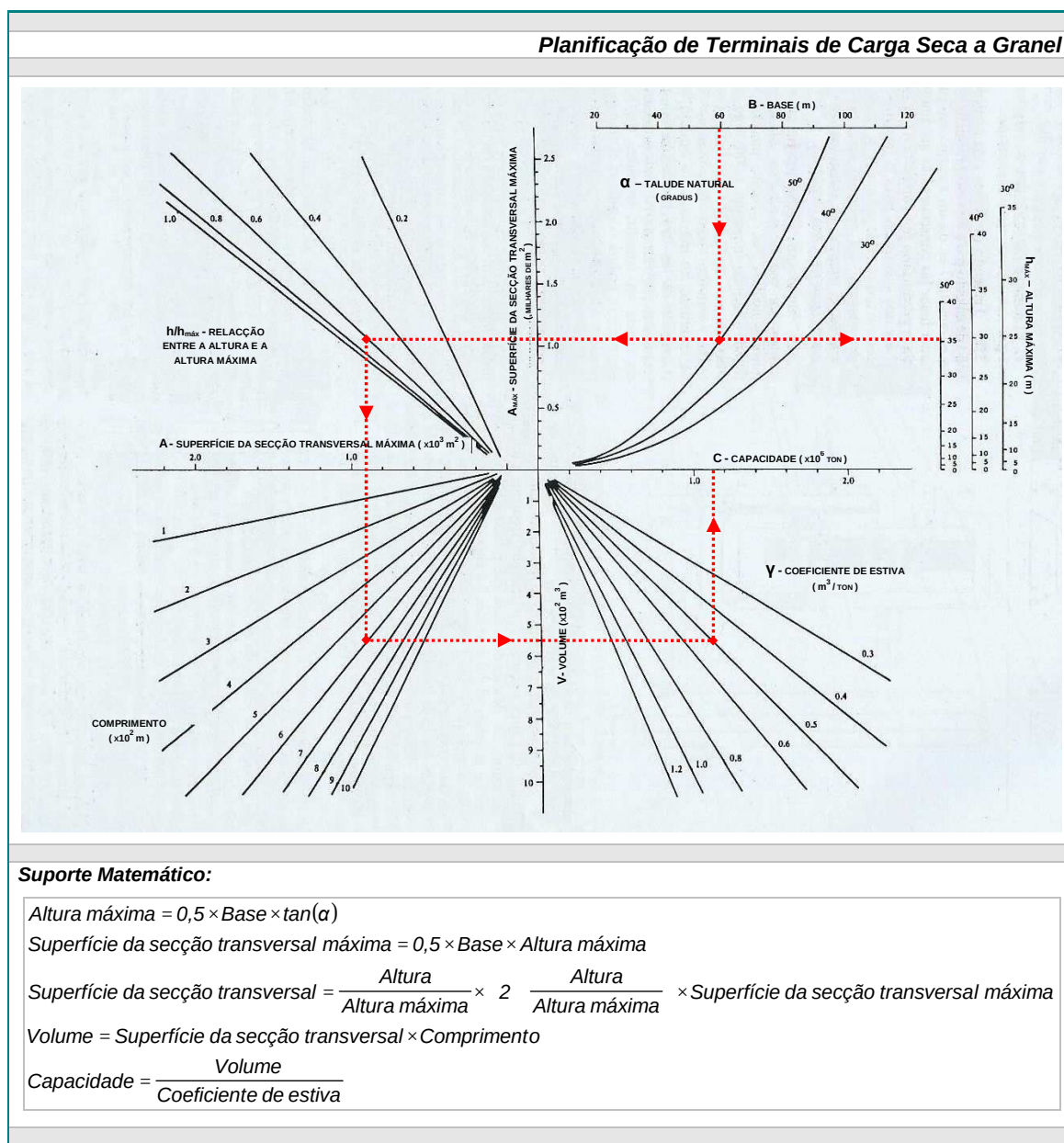


Fig. 71 – Planificação de terminais de carga seca a granel – capacidade de armazenamento

Assim, com conhecimento da largura disponível para a base da pilha, começa-se por traçar uma vertical até à curva correspondente ao talude natural aceite pelo material. De seguida, prolonga-se uma horizontal à direita até ao eixo que nos dá a conhecer a altura máxima possível para a pilha e outra à esquerda até à recta que traduz a relação entre a altura e a altura máxima da pilha. Feito isto, volta-se a traçar uma vertical até à linha relativa ao comprimento que se pretende conferir à pilha de inertes. A partir do ponto alcançado, traça-se uma nova horizontal até encontrar a recta correspondente ao coeficiente de estiva que caracteriza a operação no terminal. Por fim, traça-se uma vertical ascendente até interceptar o eixo, sendo que o valor obtido traduz a capacidade proporcionada por uma pilha com as dimensões escolhidas. O processo de dimensionamento pode

funcionar inversamente, definindo-se a capacidade pretendida e procurando-se saber que dimensões a permitem alcançar.

Além disso, há que ter em conta que o ritmo de chegada das mercadorias, provenientes do *hinterland*, ao terminal portuário apresenta desfasamentos significativos relativamente ao ritmo operacional que pauta o carregamento dos navios. Como não é economicamente viável prolongar a estada do navio no porto, há que garantir sempre a existência de um espaço de reserva que permita regularizar todo o fluxo de exportação evitando-se assim a existência de interrupções durante as operações de carga. Por outro lado, o espaço de reserva deve ter uma dimensão tal que garanta a normal operação de descarga dos navios sem qualquer tipo de paragem. A existência de espaços de reserva para complementar os fluxos de importação e exportação permite mitigar eficazmente o risco de interrupção de toda a operação portuária, com vantagens económicas inegáveis.

O gráfico da figura 72 sugerido pela UNCTAD prevê o dimensionamento da área de reserva para o nível médio e máximo de operações no terminal. A opção por um deles caberá ao projectista e deve passar sempre pela realização de uma análise de custo/benefício onde sejam confrontados os investimentos associados à criação deste espaço com os custos das interrupções.

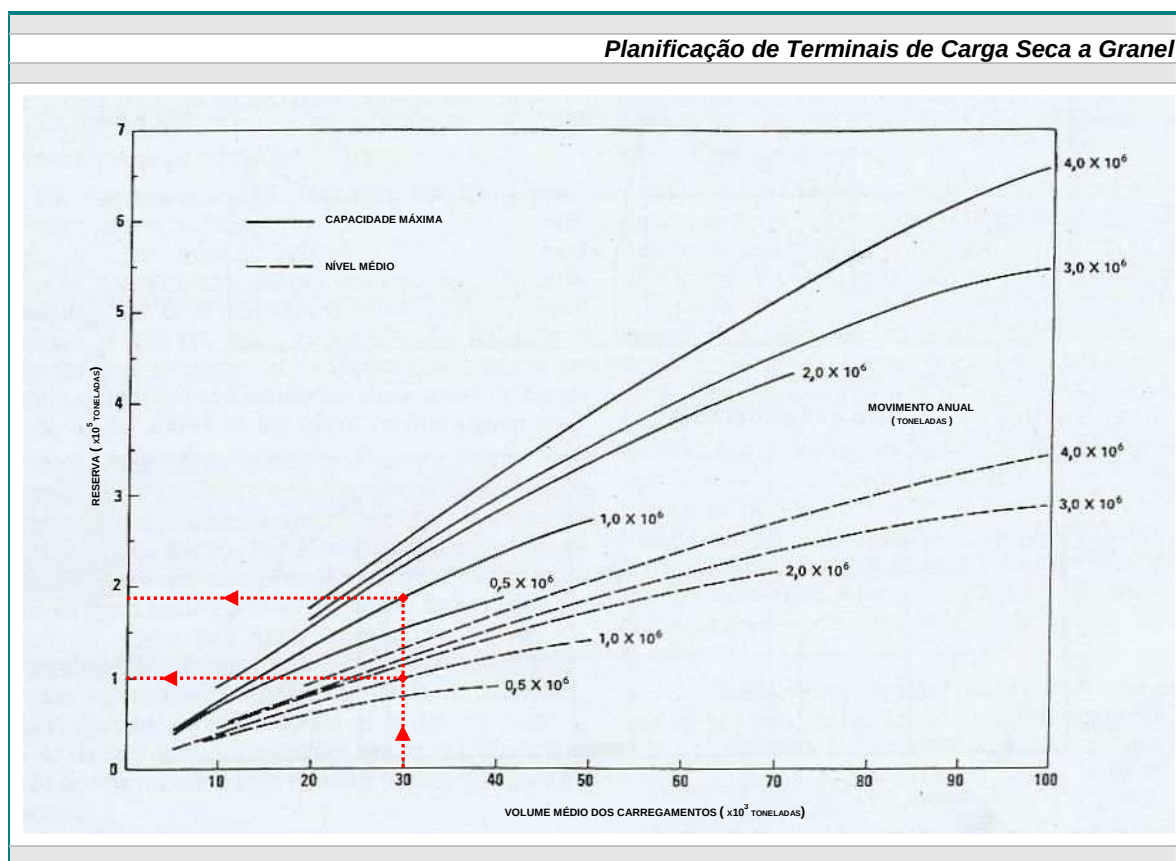


Fig. 72 – Planificação de terminais de carga seca a granel – capacidade de reserva

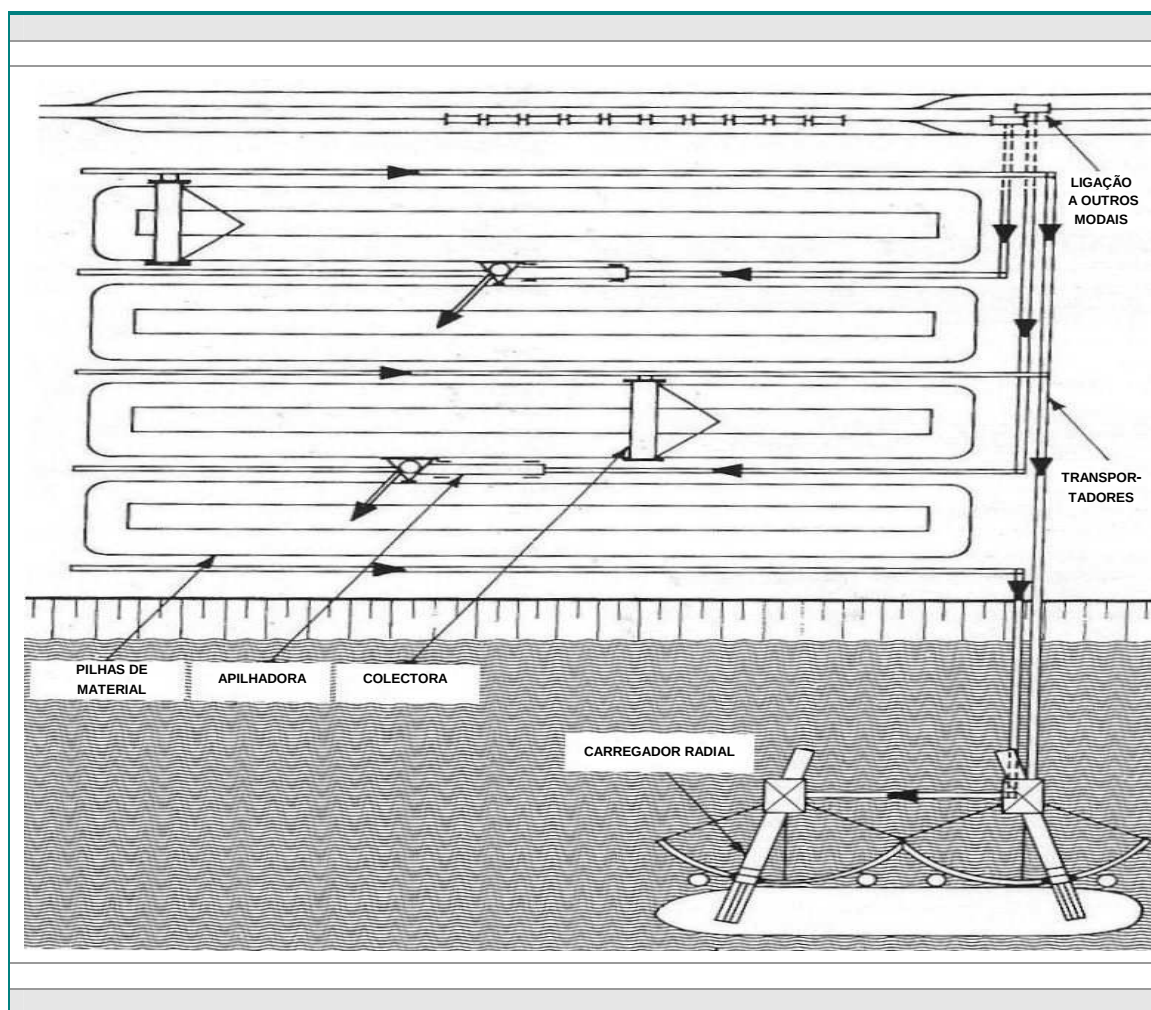
Ao valor obtido a partir do gráfico anterior, há que acrescentar a reserva inactiva relativa ao material residual cuja utilização corresponde ao total esvaziamento total da reserva e que, por ser de difícil e lenta manipulação, não é viável ser considerado como reserva útil.

De notar que estes espaços de reserva não necessitam estar fisicamente separados da restante zona de armazenagem.

Eventualmente, pode existir necessidade de complementar o armazenamento em explanada com o armazenamento em altura, recorrendo-se para tal aos silos. Estes são construídos em betão armado ou aço e destinam-se às cargas que necessitem de protecção contra humidade e insectos, podendo também ser utilizados em situações de grande restrição ao nível da contaminação do espaço envolvente à infra-estrutura portuária. Na construção de um silo deve ainda ter-se em conta que a queda de materiais friáveis a partir de uma altura considerável pode provocar a sua segregação e degradação, sendo conveniente recorrer a um sistema descensor em forma de espiral. A segregação do material granular ocorre quando este cai sobre o topo da pilha, na medida em que as partículas finas tendem a preencher os espaços vazios existentes enquanto as partículas maiores deslizam pela superfície da pilha, acumulando-se junto às paredes do silo. Há portanto necessidade de ter alguns cuidados ao nível da concepção e design de toda a estrutura, assunto esse que, no entanto, se desvia da temática abordada por este trabalho.

3.3.5.4. Disposição característica dos elementos constituintes

A figura 73 apresenta um exemplo de um *layout* modelo para um terminal de carga seca a granel, onde é perceptível a importância dos transportadores na ligação da zona de carga/descarga à zona de armazenamento e de interface modal.



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 73 – Layout modelo de um terminal de carga seca a granel

3.3.6. Terminais de Carga Líquida a Granel

3.3.6.1. Breves notas

Tradicionalmente, as configurações mais indicadas para terminais de carga líquida a granel passavam pela existência de plataformas ou espigões, ambos complementados com pontos fixos de amarração e atracação. Nestes casos, a operação de carga/descarga ocorre através de um ponto único localizado aproximadamente a meio da estrutura. Justifica-se portanto que esta tenha a dimensão estritamente necessária para instalação dos equipamentos de manejo da mercadoria, tais como braços de carga, bombas ou tubulações. Por outro lado, a armazenagem da carga será realizada em reservatórios afastados que se encontram ligados à estrutura de atraque através de uma rede de *pipelines*.

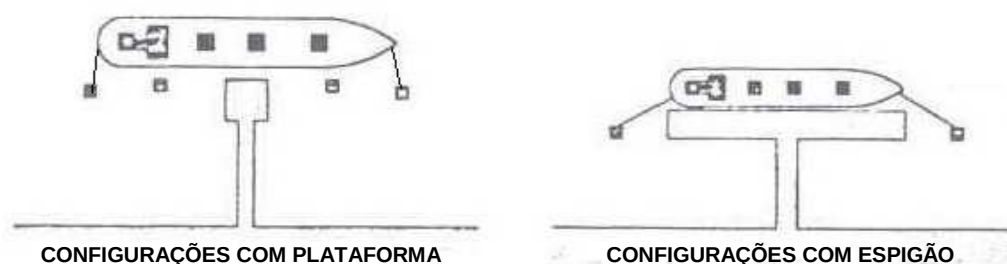


Fig. 74 – Configurações tradicionais dos postos de atraque de terminais de carga líquida a granel

Mais recentemente, têm surgido alternativas que permitem a carga e descarga de navios em mar aberto aumentando assim a capacidade da infra-estrutura portuária. É o caso das instalações *offshore* dotadas com sistema de mono-bóia.

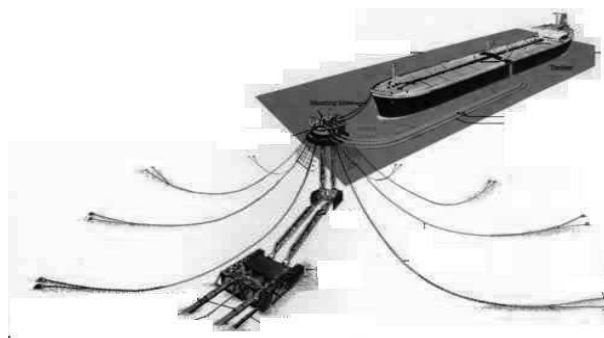


Fig. 75 – Instalações *offshore* com sistema de mono-bóia

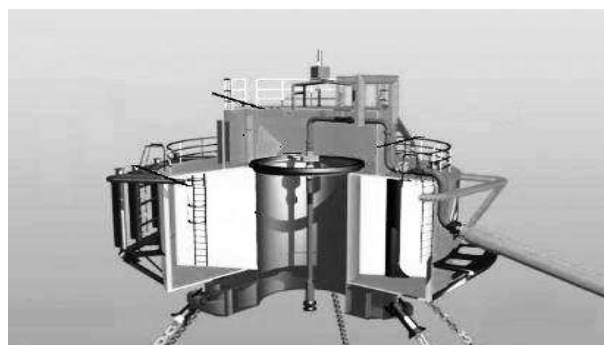


Fig. 76 – Pormenor de uma mono-bóia

A maior parte da carga líquida transportada por via marítima é constituída por petróleo e seus derivados. Por esse motivo, torna-se natural que, a maior parte dos terminais de carga líquida a granel se encontre preparada para operar especificamente com esse tipo de mercadorias. Daí resulta que a concepção dos terminais de carga líquida a granel acaba por ser desenvolvida pelas empresas que os irão explorar, o que justifica uma análise simplista realizada no presente trabalho.

4

INTERFACE MODAL

4.1. GENERALIDADES

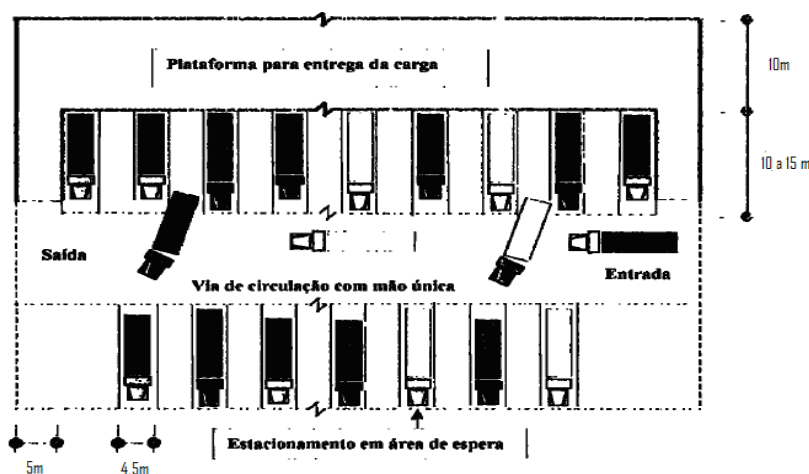
O acesso aos portos e aeroportos deve ser especialmente cuidado para que se consiga aproveitar ao máximo as potencialidades proporcionadas cada modal sem que se condicione os índices de operacionalidade de toda a infra-estrutura.

Ao nível das estruturas aeroportuárias de carga, a questão da intermodalidade assume contornos mais simplistas na medida em que as características da carga aérea apenas tornam viável a interface com o transporte rodoviário.

Por outro lado, a tipologia e quantidade de carga movimentada nos terminais portuários sugere a adopção de diversos tipos de sistemas intermodais. Em função das especificidades de toda a infra-estrutura e do próprio *hinterland* que a envolve, podem ser adoptadas soluções que passem pela interface com os transportes rodoviário, ferroviário, marítimo por cabotagem, fluvial e dutoviário.

4.2. TERMINAIS DE CARGA AEROPORTUÁRIOS

Nos pontos 3.2.6.1. e 3.2.6.2 já foram abordadas as recomendações do método de Magalhães para dimensionamento das docas e plataformas de interface modal. Aplicando o disposto nos pontos referidos, uma das soluções possíveis será:



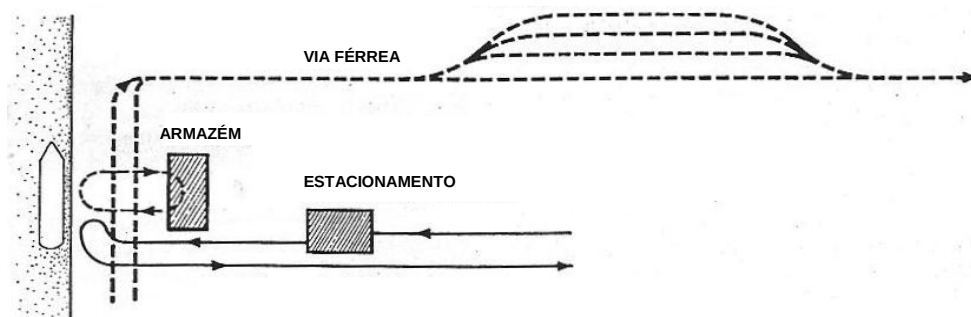
Fonte: Magalhães, 1998

Fig. 77– Solução típica de plataforma de interface modal num aeroporto

4.3. TERMINAIS DE CARGA PORTUÁRIOS

Numa primeira análise, o acesso de veículos ao interior do terminal portuário pode ocorrer de duas formas distintas:

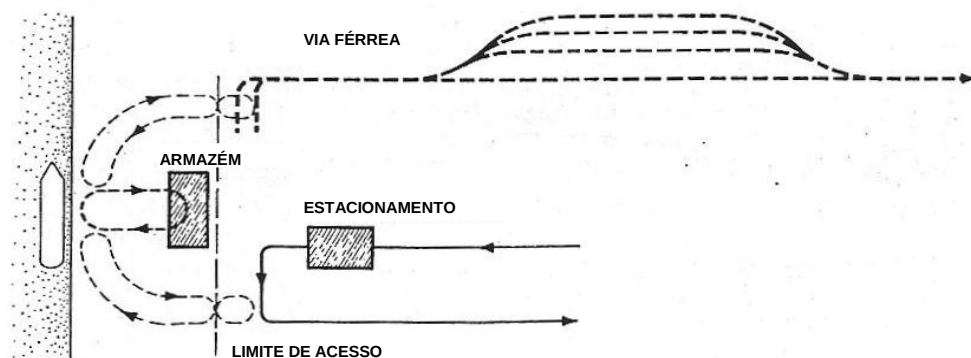
- **Método tradicional** – as operações de carga/descarga tanto se procedem indirectamente (via armazém de trânsito) como directamente (entre os navios e os camiões/vagões sem passar por qualquer área de armazenagem portuária) .



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 78 – Terminal sem zona de acesso limitado aos modais rodo e ferroviário

- **Método com limitação de acesso** – elimina as operações de carga que ocorrem directamente entre os navios e os demais modais.



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

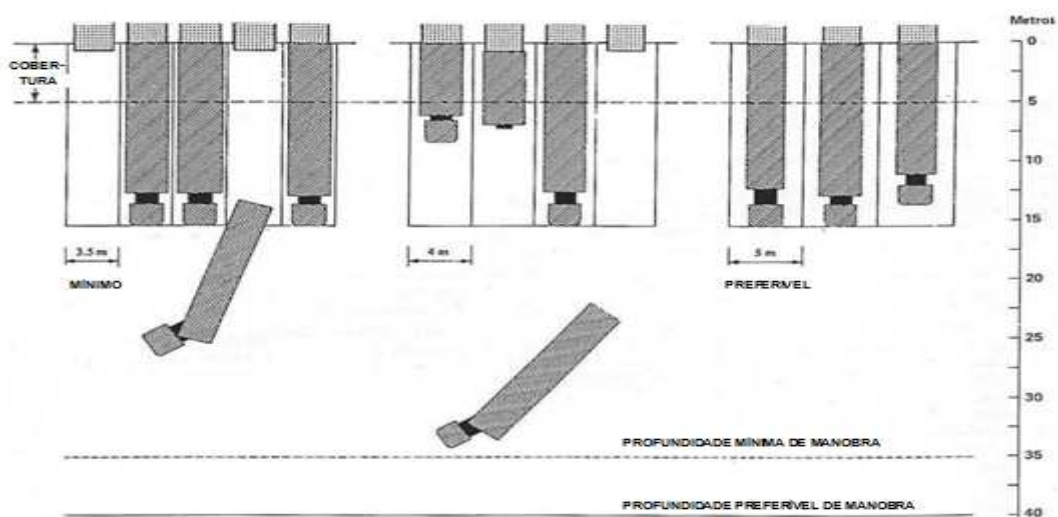
Fig. 79 – Terminal com zona de acesso limitado aos demais modais rodo e ferroviário

O método tradicional apresenta várias desvantagens, destacando-se a existência de conflitos de movimento entre os comboios ferroviários e os camiões e a sobreocupação da explanada junto aos cais. Daí resulta uma diminuição significativa da flexibilidade do terminal acompanhada por índices de produtividade bastante baixos. A sua aplicabilidade apenas pode ser considerada na concepção de pequenos terminais cuja expressividade num contexto de economia global é praticamente nula.

Por outro lado, o método que prevê a existência de uma zona de acesso interdito, obrigando todas as cargas a passar por áreas de trânsito, apesar de à primeira vista parecer mais restritivo, permite realizar as operações de carga e descarga de uma forma mais coordenada e, por isso, com maior eficácia. Além disso, o incremento de custos associado ao aumento da superfície de armazenamento e da quantidade de equipas de manipulação necessárias é largamente compensado por uma diminuição expressiva da dimensão do parque de veículos necessário e do tempo de rotação dos navios.

A existência de zonas de acesso de veículos às zonas de armazenamento dos terminais portuários constitui uma preocupação do planeador, devendo as suas propriedades ajustar-se às exigências que advêm da realização de traslado de carga e descarga entre diferentes modais.

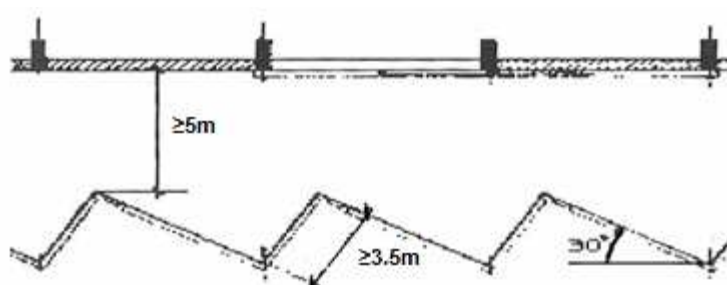
Para os terminais de carga geral, as preocupações básicas ao nível da interface modal residem na concepção de áreas de armazenagem dotadas com plataformas de carga. Assim, sempre que possível deve garantir-se a existência de plataformas de carga cobertas e elevadas que, usadas em conjunto com niveladores apropriados, permitem maximizar o rendimento de toda a operação. Os niveladores asseguram a ligação da plataforma ao veículo e assumem uma importância especial na medida em que, além de possibilitarem um aumento significativo do rendimento operacional e, consequentemente, do número de veículos manipulados, também asseguram uma diminuição dos custos de manutenção das empilhadoras. As dimensões da placa niveladora são muito variáveis devendo contudo assegurar a não existência de declividades superiores a 10%. A sua largura deve estar entre 1.8 a 2.1m e é conveniente a existência de uma superfície antideslizante. Um exemplo de disposição típica das plataformas de carga para interface com veículos rodoviários poderá ser:



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 80 – Solução típica de plataforma de interface modal num porto

Eventualmente podem ser consideradas plataformas que permitam que os camiões possam ser carregados pelo fundo ou pelo lado, bastando para tal que as vagas de recepção de veículos estejam dispostas com um ângulo de 30° com a horizontal. Esta configuração tem, contudo, a desvantagem de não permitir a interface com os veículos ferroviários.



Fonte: Apostila de Portos e Vias Navegáveis, Universidade de São Paulo, 2004

Fig. 81 – Solução típica de plataforma de interface modal num porto com vagas de estacionamento inclinadas

Além disso, há que garantir a existência de portas especiais que proporcionem a segurança e protecção das cargas mas também a sua manutenção em boas condições de conservação (ex: cargas que exijam armazenamento em câmara frigorífica).

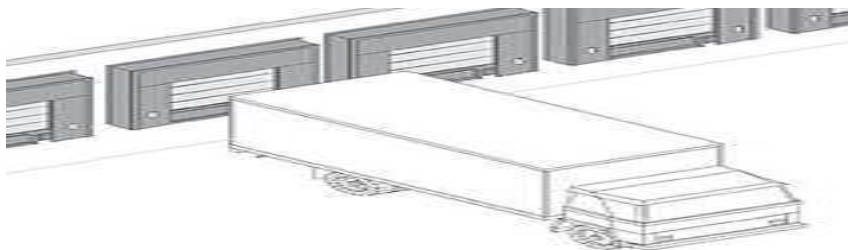
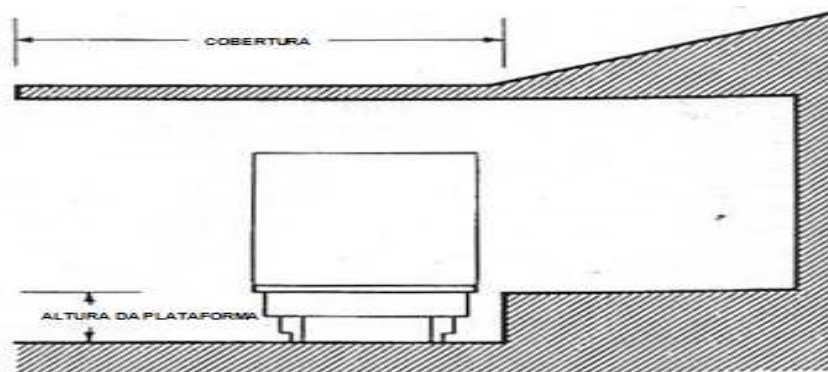


Fig. 82 – Pormenor de uma plataforma de carga dotada com portas especiais

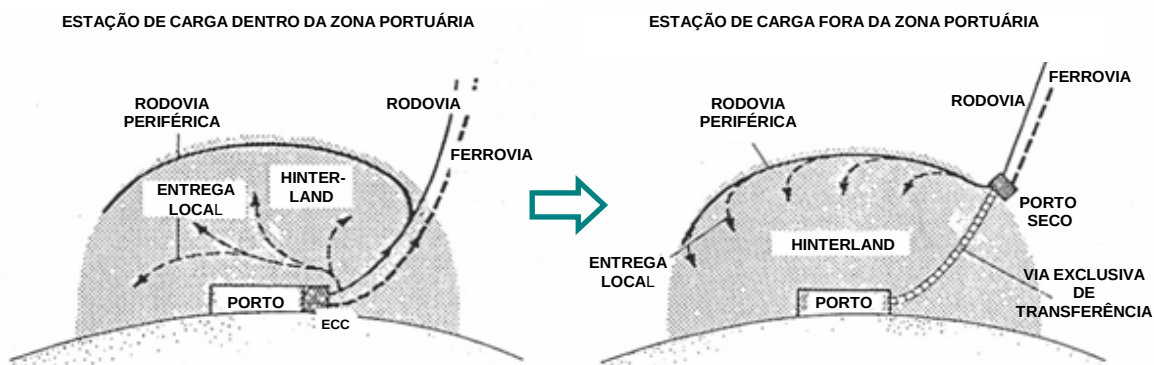
Sempre que possível, as plataformas de carga devem ser concebidas de forma a poderem operar com veículos rodoviários e ferroviários. Assim, há que prever a existência de carris afundados no pavimento como forma de garantir a existência de uma superfície plana para circulação dos camiões. Além disso, é necessário garantir à cobertura uma altura tal que não torne impeditiva a operação com qualquer um dos modais.



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 83 – Esquema de uma plataforma de interface com o transporte ferroviário

Para terminais de carga contentorizada têm surgido alternativas que sugerem a criação de sistemas de transporte directo assentes num princípio de separação da operação nos navios do serviço de distribuição de cargas pelo *hinterland*. É neste contexto surge o conceito de porto seco que consiste num terminal intermodal de mercadorias, rodo-ferroviário, situado no interior do *hinterland* e que possui uma ligação directa a um porto marítimo.



Fonte: Adaptado de *Desarrollo Portuário*, 1984

Fig. 84 – Evolução para um sistema de transporte directo com porto seco

A aplicação de sistemas portuários complementados pela existência de portos secos liberta um terreno valioso nas proximidades do cais e constitui uma hipótese de expansão para infra-estruturas que se encontrem estranguladas pelo tecido urbano envolvente. Além disso, assegura uma melhor incorporação de toda a infra-estrutura portuária na rede de transportes existente.

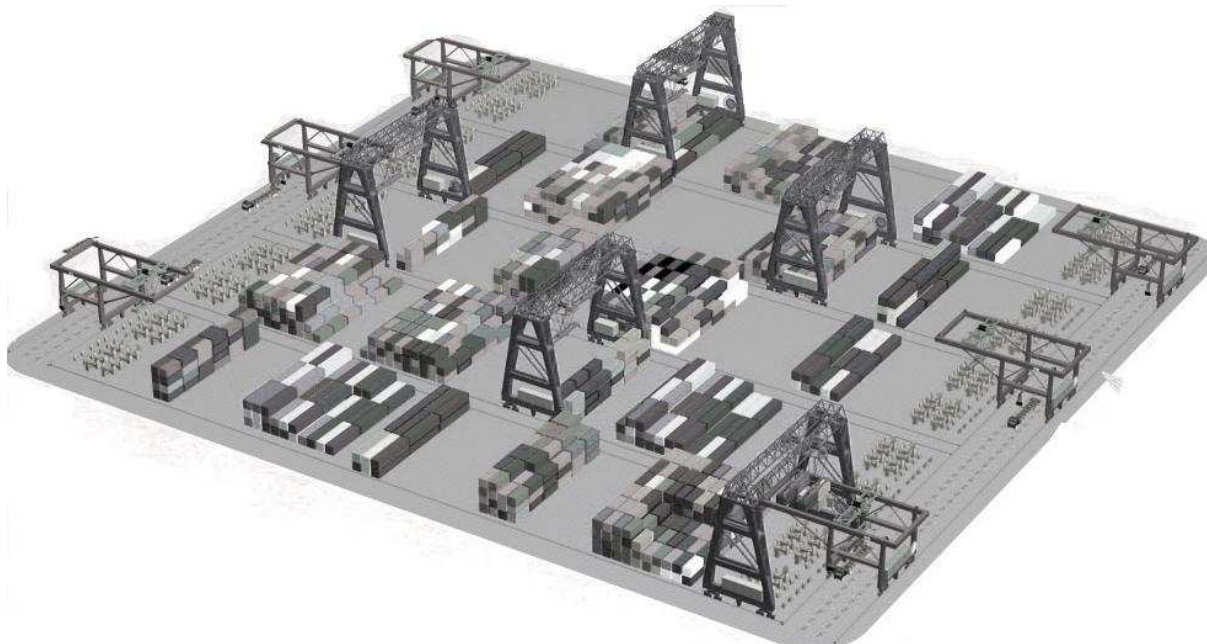
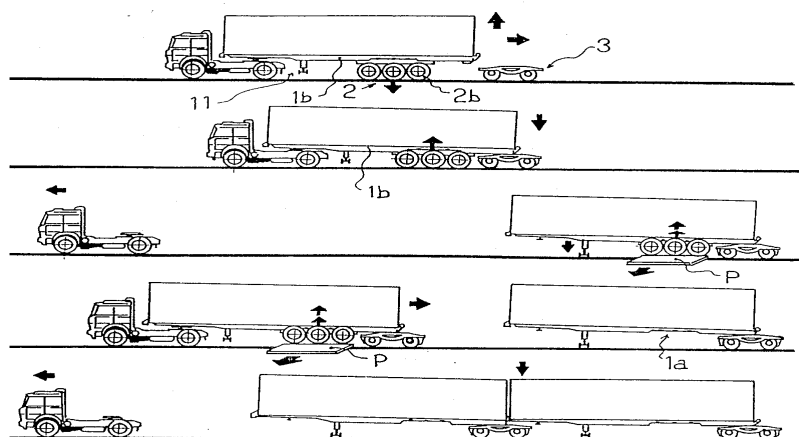


Fig. 85 – Esquema de arranjo possível para um porto seco

Nos terminais RO/RO, além da interface óbvia com o transporte rodoviário, também é interessante constatar as hipóteses de interface com o transporte ferroviário através da utilização de sistemas apropriados. Um desses sistemas foi desenvolvido por Mangone (1989) e consiste basicamente na utilização de semi-reboques normalizados cujo eixo seria facilmente desacoplável ou elevado para substituição por um truque ferroviário.

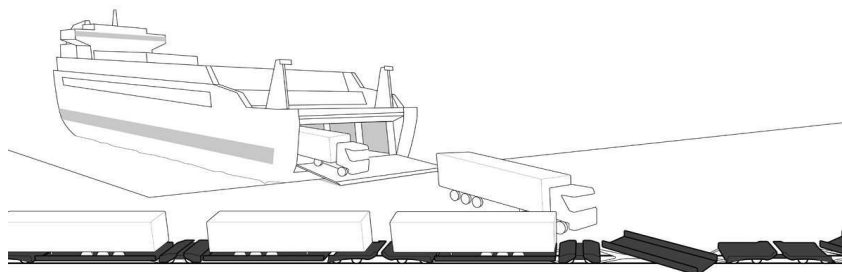


Fonte: <http://www.freepatentsonline.com>

Fig. 86 – Esquema ilustrativo do método de Mangone (1989)

Trata-se contudo de um sistema cuja exequibilidade sem grande perda de tempo é muito questionável, podendo por em causa os índices de produtividade pretendidos para o terminal portuário em questão. Foi nesse contexto que surgiu recentemente o vagão *modalohr*. Trata-se de

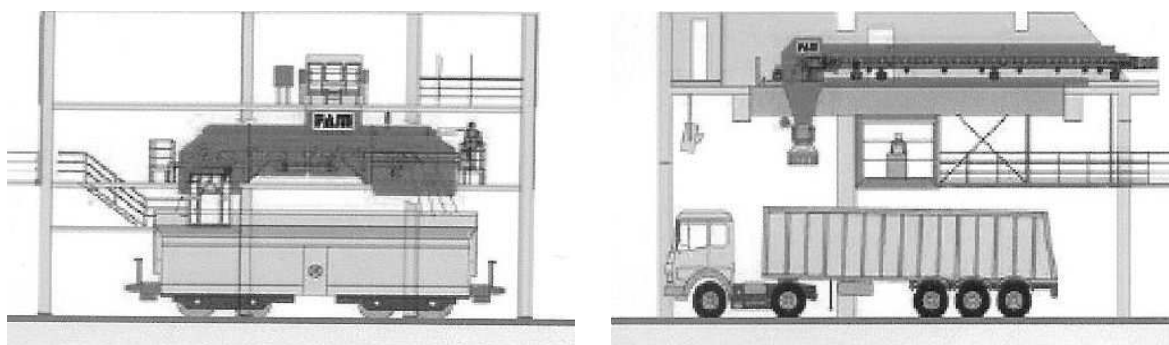
um vagão articulado de piso rebaixado concebido especificamente para o transporte de equipamentos rodoviários comuns. A simplicidade que caracteriza todo o processo de carga e descarga torna o sistema bastante atractivo, especialmente se comparado com o método de Mangone.



Fonte: <http://www.modalohr.com>

Fig. 87 – Sistema de interface modal com recurso a vagões *modalohr*

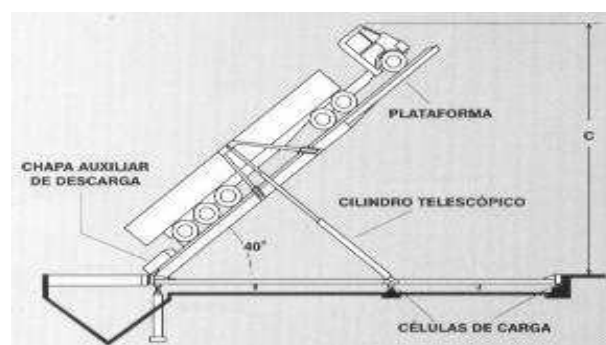
Ao nível dos terminais que operam com granéis sólidos, além dos processos comuns de carga directa de camiões e vagões por recurso a transportadores, convém fazer alusão à solução que considera a utilização de silos como elementos reguladores do fluxo de importação, facilitando todo processo de transferência de carga para os veículos rodo e ferroviários.



Fonte: <http://www.ibauhamburg.de>

Fig. 88 e Fig 89– Pormenor do processo de carga de vagões e camiões na base dos silos

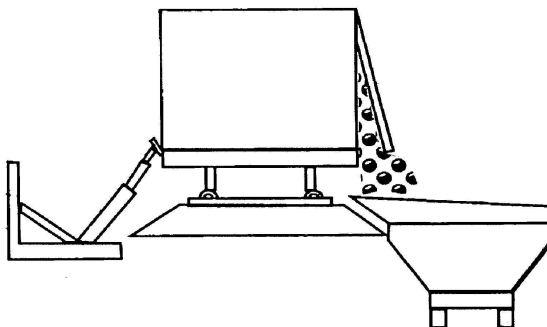
No que ao fluxo de exportação de granéis sólidos diz respeito, existem várias alternativas que passam pela descarga de camiões com recurso a tombadores, também denominados plataformas de descarga.



Fonte: <http://www.jms.com.br>

Fig. 90 – Pormenor do processo de descarga de camiões por tombamento

Para descarga de mercadorias transportadas por vagão até aos terminais portuários existem sistemas mais ou menos semelhantes concebidos a partir do princípio de descarga por tombamento do veículo para recipientes estrategicamente colocados nas proximidades da via-férrea. Todavia, encontram uma forte limitação no facto de não poderem ser aplicáveis a todo o tipo de vagões usados no transporte de granéis. Outra solução passa pela operação com vagões dotados com portas inferiores.



Fonte: <http://www.freepatentsonline.com>

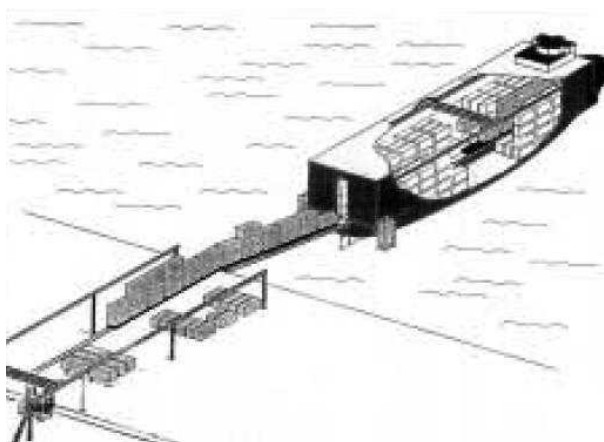
Fig. 91 – Pormenor do processo de descarga de vagões por tombamento

4.4. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA TERMINAIS PORTUÁRIOS

A intermodalidade constitui uma tendência clara da evolução dos sistemas portuários, existindo presentemente alguns modelos em fase de estudo merecedores de particular atenção.

4.4.1. Train Loader System

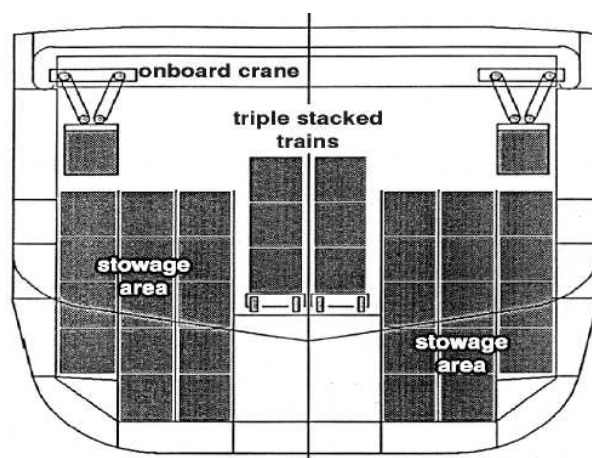
Trata-se de um modelo intermodal desenvolvido pela *Faculty of Mechanical Engineering and Marine technology of the Delft University* que ainda não foi aplicado na prática. O seu princípio de funcionamento assenta na ideia de carga/descarga de MBU's (multi box unit) em navios preparados para esse efeito com recurso a uma plataforma ferroviária que se estende desde a explanada do cais até ao interior da embarcação e sobre a qual circula um veículo auto-propulsionado denominado *train loader*.



Fonte: *Concepts of new-generation terminal and terminal nodes*, 1999

Fig. 92 – Train loader system

O *train loader* é então responsável pelo traslado da carga, estando preparado para receber até 3 níveis de contentores. No interior no navio, encontra-se uma grua automatizada que procede à sua carga/descarga.



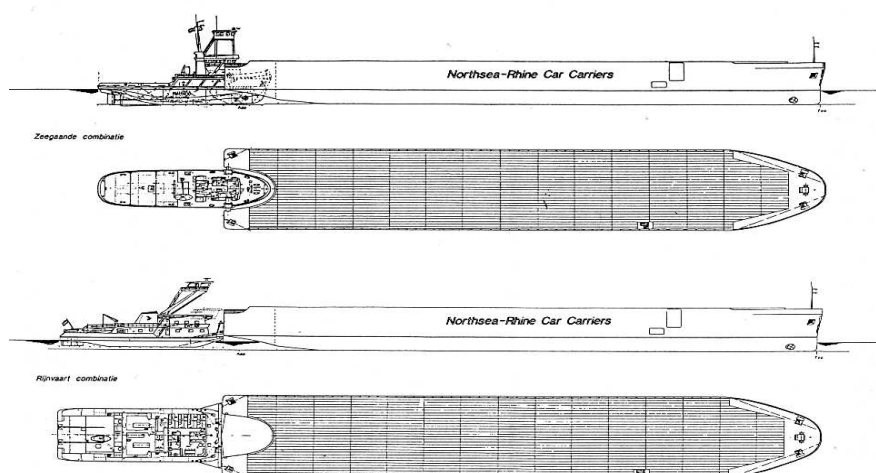
Fonte: Concepts of new-generation terminal and terminal nodes, 1999

Fig. 93 – Train loader system – pormenor do sistema de descarga no interior do navio

Trata-se de um modelo com enorme potencial de manipulação, proporcionando uma poupança efectiva ao nível do tempo dispendido e dos custos operacionais. Contudo, há que ter em conta o avultado investimento exigido devido à alta tecnologia envolvida. A sua maior desvantagem reside na necessidade de existência de terminais portuários a ele dedicados, o que implicará uma grande inflexibilidade ao nível do serviço prestado.

4.4.2. River-Sea Push Barge System

Trata-se de um modelo intermodal cuja ideia de base é a utilização de barcaças capazes de operar tanto no mar como nos rios de forma a conseguir-se uma poupança significativa ao nível dos custos e tempos de operação.

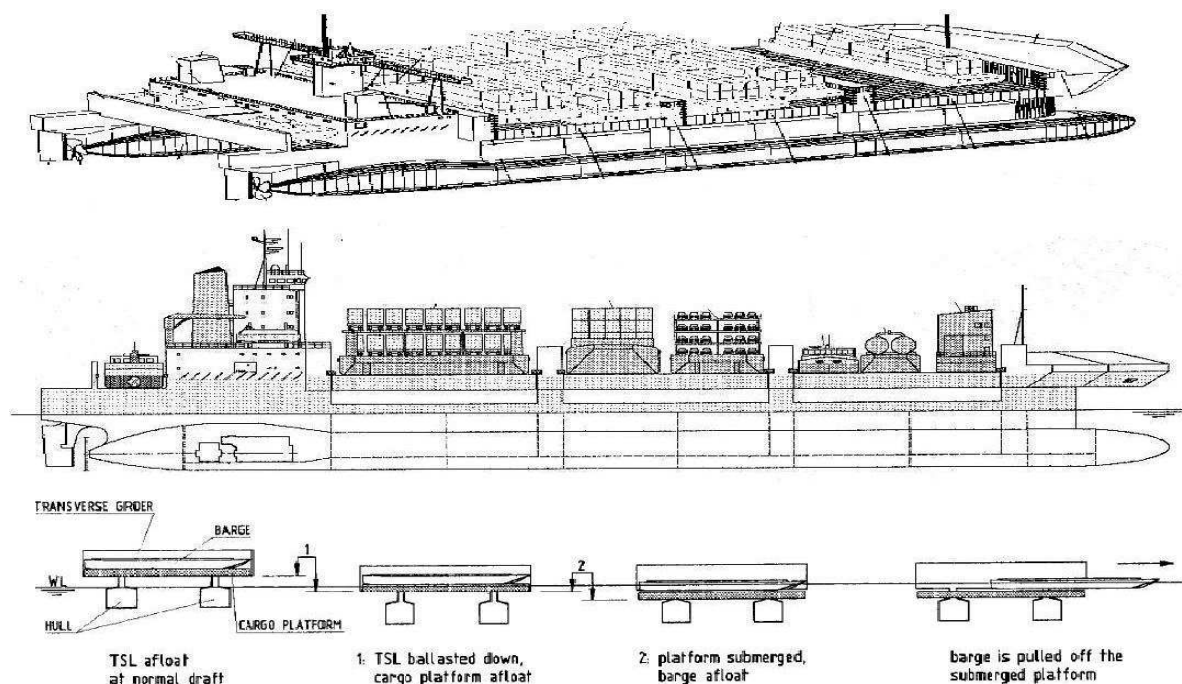


Fonte: Concepts of new-generation terminal and terminal nodes, 1999

Fig. 94 – River-sea push barge

4.4.3. Combined Traffic Carrier Ship/Barge

Trata-se de um conceito intermodal baseado na utilização de navios do tipo *Trans Sea Lifter* (TSL) capazes de transportar barcaças utilizadas na navegação interior. Torna-se assim possível o traslado das barcaças entre as vias navegáveis interiores que se encontrem separadas por mar aberto.



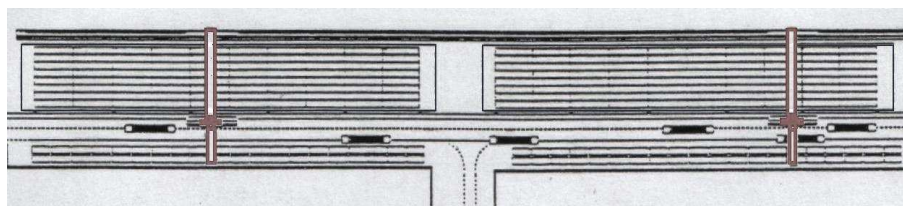
Fonte: Adaptado de *Concepts of new-generation terminal and terminal nodes*, 1999 e <http://www.freepatentsonline.com>

Fig. 95 – Combined traffic carrier ship/barge

4.4.4. Barge Express Terminals

Trata-se de um modelo intermodal que assenta na existência de terminais carga contentorizada concebidos especialmente para operar com barcaças como forma de diminuir significativamente os custos finais de transporte e manipulação das mercadorias. Estes terminais podem ser:

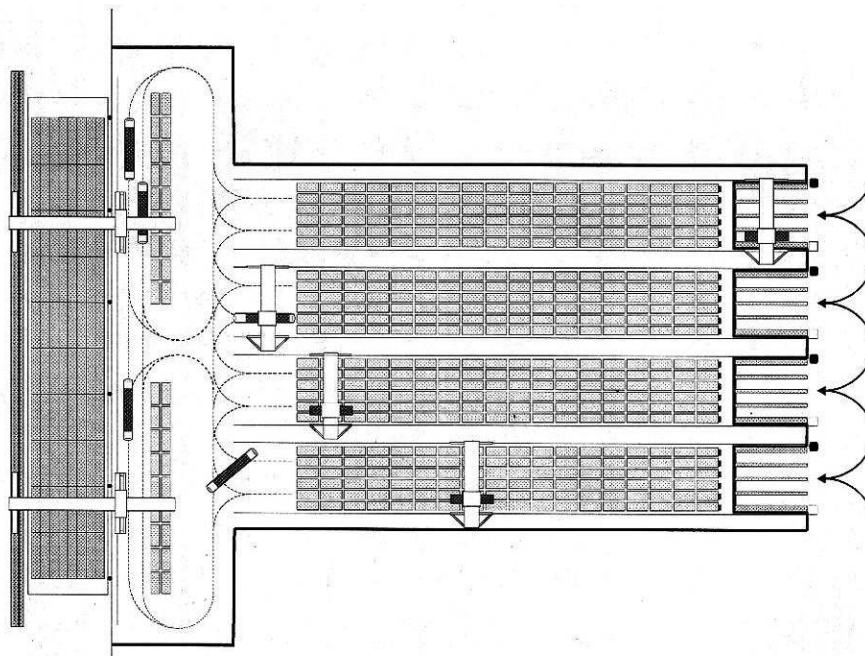
- Terminais *Barge Express Activos* – neste caso, a sequência de manipulação dos contentores será determinada pelo operador do terminal, pelo que apenas será necessária uma pequena área para empilhamento para compensar eventuais desequilíbrios temporários entre os fluxos de importação e de exportação de contentores



Fonte: *Concepts of new-generation terminal and terminal nodes*, 1999

Fig. 96 – Terminal *barge express* activo

- Terminais *Barge Express* Passivos – neste caso, não é suposto que o operador do terminal tenha controlo sobre o transporte exterior, nomeadamente sobre os camiões que recolhem e entregam contentores sem qualquer sequência pré-estabelecida. Naturalmente, a área de empilhamento terá que ser bastante maior que a existente nos terminais activos.

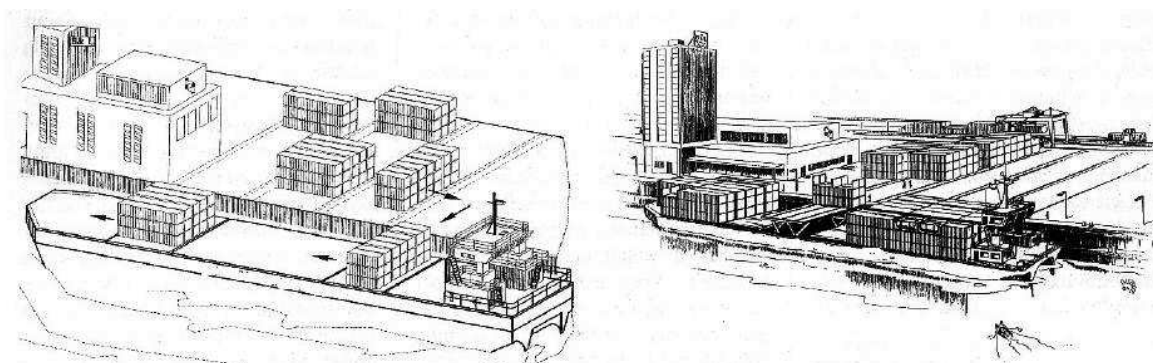


Fonte: Concepts of new-generation terminal and terminal nodes, 1999

Fig. 97 – Terminal *barge express* passivo

4.4.5. Rollerbarge

Trata-se de um modelo intermodal que assenta no transbordo horizontal de contentores e caixas móveis entre o terminal e uma barça, com reduções significativas do custo total da operação de manuseio. Assim, as *rollerbarges* são carregadas com os contentores previamente empilhados através de movimentos de translação horizontal. O movimento vertical dos contentores no interior no navio é garantido por elevadores instalados nas embarcações.



Fonte: Concepts of new-generation terminal and terminal nodes, 1999

Fig. 98 – Rollerbarge

5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os terminais intermodais assumiram uma enorme importância no âmbito da dinamização do transporte de mercadorias a nível mundial em resultado das exigências de competitividade reivindicadas pela natureza global que tem pautado a evolução económica das sociedades modernas nas últimas décadas. Foi neste contexto que surgiu a necessidade de passar a abordar os portos e aeroportos enquanto elementos integrantes de numa complexa rede de infra-estruturas de transportes com grandes responsabilidades na movimentação eficaz de bens e pessoas.

Entretanto, a literatura trata de forma escassa a temática dos terminais intermodais enquanto plataformas de manipulação de cargas, dando especial atenção à operação com passageiros. Por outro lado, o facto de se tratar de um tema relativamente recente tem sido responsável pela inexistência de uma discussão generalizada deste assunto que, assim, se tem mantido cingido a pequenos grupos de investigação e a empresas que exploram o sector, muitas das quais pautam a sua actividade por algum secretismo ao nível das inovações desenvolvidas.

Neste trabalho procurou-se abordar o planeamento e design dos terminais portuários e aeroportuários destinados à manipulação de mercadorias, dando-se especial atenção à sua natureza enquanto plataformas intermodais. Pretendia-se, à partida, reunir e compilar as informações dispersas sobre o tema por forma a criar uma base de partida com alguma solidez para análises futuras mais aprofundadas. Os objectivos da realização deste estudo passaram ainda pelo desejo de definição de um conjunto de indicações que permitisse a qualquer projectista orientar-se com alguma facilidade aquando do planeamento de uma plataforma intermodal de carga portuária ou aeroportuária.

Mais concretamente, estabeleceram-se caracterizações genéricas para as cargas movimentadas por via aérea e em função destas definiram-se os traços gerais que sustentam o planeamento e design dos portos e aeroportos. Tentou-se que essas análises tivessem sempre em linha de conta as tendências evolutivas que caracterizam o sector, dando-se então, a esse nível, especial atenção à interface modal.

Num outro patamar, surge o interesse do autor pelo tema e a satisfação proporcionada pelo aprofundar de conhecimentos numa área da engenharia civil não abordada em nenhum outro momento da sua formação superior.

BIBLIOGRAFIA

- Ashford, N. & Wright, P. H. **Aiport Engineering**, John Wiley & Sons, EUA, 1992.
- Ashford, N., Stanton, H. P. M. & Moore, C. A. **Aiport Operations**, John Wiley & Sons, EUA, 1992.
- FAA, **Aiport Cargo Facilities**, AC 150/5360-2, Federal Aviation Agency, Washington D.C., EUA, 1964.
- Horonjeff, R. & McKelvey, F. X. **Planning and Design of Aiports**, 4^a ed., McGraw-Hill, 1994.
- IATA, Capítulo 4 de **Aiport Development Reference Manual - Cargo Terminals**, International Air Transport Association, Genebra, Suíça, 1991.
- ICAO, **Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Good by Air**, Doc.9284-An/905, International Civil Aviation Organization, Monreal, Canadá, 1995.
- STBA, **Instruction Thechnique sur les Aérodromes Civils**, Serviços Thechniques des Bases Aérennes, Paris, França, 1984.
- STBA, **Les Aerogares de Fret**, Serviços Thechniques des Bases Aérennes, Paris, França, 1986.
- Tavares, L. A. P., **Sistema terminal de Carga em Aeroportos**, Trabalho de Graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brasil, 1990.
- Magalhães, J. S., **Um Método para Dimensionamento de Terminais de Carga Aérea no Brasil**, Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brasil, 1998.
- Lima Jr., O. F., **Métodologia para Concepção e Dimensionamento de Terminais Multimodais de Pequeno e Médio Porte**, Tese de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1988.
- Alves, C. J. P., **Apostila de Planejamento e Projeto de Aeroportos**, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brasil, 1998.
- Meneses, L. O., **Um Estudo sobre as Áreas Operacionais de Terminais de Carga Aérea**, Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brasil, 2001.
- Agerschou, Hans et alii. **Plannig and design of ports and marine terminals**. Brisbane, Willey-Interscience, 1983.
- Quinn, A. F. **Design and construction of ports and maritime structures**, McGrawHill, 1961.
- Thoresen, Carl A. **Port design guidelines and Recommendations**, Tapir, 1988.
- Konings, J. L. & Kreutzberger, E. **Towards a quality leap in intermodal freight transport, Theoretical notions and practical perspectives in Europe**. The Netherlands Research School for Transport, Infrastructure an Logistics, TRAIL, 2001.
- Bontekoning, Y. M. & Kreutzberger, E. **Concepts of new-generation terminal and terminal nodes**, The Netherlands Research School for Transport, Infrastructure an Logistics, TRAIL, 1999.
- UNCTAD, **Desarrollo portuario – manual de planificación para los países en desarrollo**, Nações Unidas, Nova York, EUA, 1984.
- UNCTAD, **El transporte marítimo en 2002**, Nações Unidas, Nova York, EUA, 2003.

UNCTAD, *Review of Maritime Transport*, Nações Unidas, Nova York & Genébra, EUA & Suíça, 2007.

Silva, A. N. R., *Portos e Vias Navegáveis*, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, 2004.

IBAU, *Shipunloaders, road- or port-mobile*, IBAU Hamburg Ingenieurgesellschaft Industriebau mbH, Hamburgo, Alemanha, 2007.

IBAU, *Self Discharging Cement Carrier*, IBAU Hamburg Ingenieurgesellschaft Industriebau mbH, Hamburgo, Alemanha, 2007.

IBAU, *Marine Cement Terminals*, IBAU Hamburg Ingenieurgesellschaft Industriebau mbH, Hamburgo, Alemanha, 2007.

IBAU, *Custom-built Small Terminals*, IBAU Hamburg Ingenieurgesellschaft Industriebau mbH, Hamburgo, Alemanha, 2007.

IBAU, *Central Cone - THE ORIGINAL*, IBAU Hamburg Ingenieurgesellschaft Industriebau mbH, Hamburgo, Alemanha, 2007.

Maritime Administration, U.S., *World Merchant fleet 2005*, U.S. Department of Transportation, EUA, 2006

Sánchez, R. J., *Reflexões sobre as tendências do comércio e transporte marítimo no início do séc. XXI*, CEPAL/ONU, Santiago, Chile, 2007

Rodrigues, R., *Transporte Intermodal*, Portugal, 2002

Maas, C. A., *Projeto de Terminais Intermodais de Carga Utilizando os Conceitos CADD e Simulação*, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 2001

Fernandes, M. G., *Modelo económico-operacional para análise e dimensionamento de terminais de contêineres e veículos*, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2001

Caldeirinha, V., *Terminais Portuários: usos privativos, públicos e dedicados*, Instituto Superior de Economia e Gestão, Portugal, 2002

CNT, *Pesquisa Aquaviária – Portos Marítimos: Longo Curso e Cabotagem*, Confederação Nacional do Transporte, Brasília, Brasil, 2006

<http://www.eclac.org/drni> 03 Julho 2008

<http://www.fmctechnologies.com> 03 Julho 2008

<http://www.jms.com.br> 03 Julho 2008

<http://www.turisazahar.com> 03 Julho 2008

<http://www.metsominerals.com> 03 Julho 2008

<http://www.freepatentsonline.com> 03 Julho 2008

<http://www.ibauhamburg.de> 03 Julho 2008

<http://www.flexiport.com> 03 Julho 2008

<http://www.b2babimaq.com.br> 03 Julho 2008

<http://www.port-handling.com> 03 Julho 2008

<http://www.nvntrak.org> 03 Julho 2008

<http://www.siglobal.es> 03 Julho 2008

<http://www.maquinascondor.com.br/grupo> 03 Julho 2008

<http://www.liebherr.com/lh> 03 Julho 2008

<http://www.eutp.org> 03 Julho 2008

<http://www.directindustry.com> 03 Julho 2008

<http://www.cascorp.com/web2/home.nsf> 03 Julho 2008

<http://www.modalohr.com> 03 Julho 2008

