

GUILHERME SOARES DE SÁ PEIXOTO

**“MODELO PARA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE
RETAGUARDA E ESTRATÉGIAS DE FORMAÇÃO DE
PILHAS NA ARMAZENAGEM EM TERMINAIS DE
CONTÊINERES”**

**Dissertação apresentada ao
Departamento de Engenharia Naval e
Oceânica da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre em
Engenharia**

**CONSULTA
FD-4038**

**São Paulo
2005**

OK

GUILHERME SOARES DE SÁ PEIXOTO

**“MODELO PARA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE
RETAGUARDA E ESTRATÉGIAS DE FORMAÇÃO DE
PILHAS NA ARMAZENAGEM EM TERMINAIS DE
CONTÊINERES”**

**Dissertação apresentada ao
Departamento de Engenharia Naval e
Oceânica da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre em
Engenharia**

**Área de Concentração
Engenharia Naval e Oceânica**

**Orientador
Prof. Dr. Rui Carlos Botter**

**São Paulo
2005**

AGRADECIMENTOS

Importante ressaltar a contribuição de grande valor oferecida pela Libra Terminais – T37 Santos, não apenas pelo auxílio na elaboração e confecção deste trabalho, mas principalmente pela possibilidade de conviver e trocar experiências com profissionais de elevado nível técnico tanto em seu quadro executivo quanto no operacional, especialmente aos Eng. José Eduardo Bechara e Henry James Robinson pelo conhecimento oferecido e ao companheiro Marcelo Patrício por “tocar o barco” em equipe.

Aos professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Marco Brinatti e Paulino e principalmente ao meu orientador Rui Carlos Botter; cujas observações e críticas repletas de objetividade e coerência, tanto contribuíram para a conclusão deste estudo.

Finalmente, aos meus familiares e amigos, Maurício Bailly de Sá Peixoto, pai, mestre e mentor da vida, minha mãe Ivonete, que no momento mais difícil de sua vida ainda teve a capacidade de dividir atenção, dando incentivo à continuidade deste trabalho e a Thelma pelo companheirismo e compreensão, nem sempre fácil de entender, para com os momentos ausentes.

ERRATA

Na pagina 19, onde se lê: <i>“...houve um lapso no modelo adotado para o novo sistema portuário brasileiro que acabou por definir para terminais de contêineres, áreas pouco adequadas para as operações...”</i>	Alterar para: <i>“...houve um lapso no modelo adotado para o novo sistema portuário brasileiro que acabou por definir para terminais de contêineres, áreas pouco adequadas para as operações, no tocante às suas dimensões, reduzindo a capacidade de atendimento à demanda de contêineres...”</i>
Na pagina 183, tabela 30:	Acrescentar: Custos de instalação de trilhos (R\$) RMG A = R\$ 744.000,00 RMG B = R\$ 558.000,00
Na pagina 176, tabela 18, onde se lê: <i>“Desempenho considerado:”</i>	Alterar para: <i>“Desempenho considerado (Média):”</i>
Na pagina 200, acrescentar: <i>“Apesar de ser premissa do modelo considerar a não existência de áreas disponíveis para expansão, fica clara a necessidade de buscar alternativas, principalmente nos casos em que seja identificado relevante crescimento da demanda, mesmo considerando a aplicação de estratégias de armazenagem”.</i>	
Na pagina 117, figura 5, acrescentar: 10. Análise econômico-operacional dos cenários avaliados.	

RESUMO

O aumento do transporte marítimo e da movimentação de contêineres no mundo em consequência da globalização iniciada nos anos noventa, da facilitação de determinadas barreiras comerciais e da expansão da cadeia logística das indústrias aliado à recente tendência de crescimento no cenário econômico brasileiro, aquecimento de certas atividades industriais e a satisfatória escalada do comércio internacional, notadamente das exportações, vêm formando um cenário de relevante aumento do tráfego de contêineres nos terminais, tanto nas principais rotas comerciais do mundo, como nos portos brasileiros. Especificamente em relação ao cenário portuário, além do incremento da demanda, importantes mudanças são notadas em período recente, valendo destacar: O processo de arrendamento de áreas dos portos brasileiros e transferência das operações para a iniciativa privada, cujo modelo deu preferência à concorrência interna, dividindo as áreas disponíveis em pequenos terminais; a escassez de áreas disponíveis para a expansão portuária seja pela ocupação urbana, seja por restrições ambientais; as alianças, fusões e aquisições entre armadores e empresas de navegação aumentando a pressão por elevado nível de serviço prestado pelos terminais; a mudança no perfil da carga e do comportamento da demanda nos principais terminais do mundo, decorrente do gradativo aumento da carga de transbordo e cabotagem. Esta dissertação aborda o problema da ocupação do pátio de forma sistêmica, identificando claramente os mais relevantes fatores que compõe o ambiente do sistema e a funcionalidade dos subsistemas que formam o sistema terminal portuário e suas principais atividades operacionais, focando no subsistema que trata do planejamento da armazenagem dos contêineres. O modelo proposto fornece uma avaliação comparativa entre diferentes sistemas de movimentação e tipos de equipamentos de retaguarda, através da aplicação de índices e taxas de ocupação e comprometimento do pátio de armazenagem, para uma determinada demanda sem considerar a possibilidade de áreas para expansão, considerando também a aplicação de estratégias para formação das pilhas, mostrando claramente a relação entre o tipo de equipamento de retaguarda, as estratégias de formação de pilhas aplicadas e a ocupação do pátio de armazenagem.

ABSTRACT

The increasing of the maritime transport and worldwide container traffic, consequences of globalization process started in the nineties, clearness of some commercial barriers and expansion of industrial logistics chain allied with a recent growing trend on the Brazilian economical scenario, warming up of some industrial activities and the satisfactory climbing of the international trade, especially on exports, are making a relevant container traffic increasing scenario over terminals, as on main world commercial routes, as on Brazilian ports. Specifically related with ports scenario, beyond the increasing of throughput, relevant changes can be noted in recent period, being important to point out: The reform and new regulation process of the Brazilian's port sector that allowed leasing areas and concession of operations to private sector and which model gave preference for internal competitiveness, dividing available areas in several undersized terminals; shortage of available areas designated to port expansion by environmental restrictions or urban occupation; alliances, joint-ventures and acquisitions between shipping lines and navigation companies increasing the pressure for higher level of service offered by terminals; modification on cargo profile and demand behavior due to gradual increase of transshipment containers, as well as the Brazilian cabotage (coastal) cargo growing usage. This dissertation approaches the problem of yard occupancy on a systemic way, clearly identifying the most relevant factors that compose the systems ambient and the functionality of the subsystems that forms the port terminal system and yours main operational activities, focusing on the subsystem that treats of stacking planning of containers. The proposed model offers a comparative evaluation out of different handling systems and equipment types over the applying of stacking yard occupancy and compromised rates, considering a defined demand, also taking into consideration the use of stacking strategies to form the piles, permitting that could be evaluated the feasibility and adaptability of the adopted solutions over the model founded results, allowing that the demand should be attended, without considering possible areas for expansion, clearly showing the relationship between the yard handling equipment type and system, the applied stacking strategies and the stack yard occupancy.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Histórico e desenvolvimento do sistema de transporte marítimo de contêineres.....	1
1.1.1. Evolução da movimentação de contêineres – Globalização	1
1.1.2. Empresas de navegação – A união de forças	4
1.1.3. Evolução dos navios – Impactos para os terminais.....	8
1.1.4. Alterações nas rotas mundiais – Tendência à concentração de cargas.....	12
1.1.5. Evolução da movimentação de contêineres – Portos Brasileiros.....	14
1.2. Motivação para a pesquisa	18
1.3. Objetivos e delimitação do problema.....	19
1.4. Escopo e delineamento do trabalho.....	22
2. CARACTERIZAÇÃO SISTÊMICA DE UM TERMINAL DE CONTÊINERES E SUAS OPERAÇÕES BÁSICAS	25
2.1. Os objetivos, as medidas de desempenho e o ambiente dos terminais de contêineres.....	31
2.2. Recursos operacionais dos subsistemas em um terminal de contêineres.....	37
2.2.1 Tipos de equipamentos e sistemas de movimentação utilizados em terminais de contêineres	40
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	48
3.1. Sistemas operacionais e tipos de equipamentos de movimentação utilizados em terminais de contêineres	48
3.2. Aplicação de modelos de simulação em terminais de contêineres.....	53
3.3. Estratégias e formas de armazenagem e ocupação de espaço no pátio de contêineres	67
3.4. Comentários sobre a revisão bibliográfica.....	80
4. CARACTERIZAÇÃO LOGÍSTICA DAS OPERAÇÕES EM TERMINAIS DE CONTÊINERES.....	84
4.1. O processo de tomada de decisão e seus níveis de planejamento em terminais de contêineres	84
4.2. O problema da ocupação de espaço no pátio de armazenagem	87
4.3. O processo de planejamento de armazenagem e recebimento de contêineres.	91
4.4. Estratégias de armazenagem, formação de pilhas de contêineres e aproveitamento do espaço físico	102
5. DESCRIÇÃO DO MODELO PARA A ESCOLHA DE EQUIPAMENTOS E ESTRATÉGIAS DE ARMAZENAGEM	116
5.1. A geração dos contêineres - Demanda	119
5.2. A configuração do pátio de armazenagem	124
5.2.1. Configuração do pátio de armazenagem – “Reach Stacker”	126
5.2.2. Configuração do pátio de armazenagem – “RTG”	130
5.2.3. Configuração do pátio de armazenagem – “RMG” versão A	132
5.3. Os parâmetros de segregação utilizados para o planejamento da armazenagem (Cenários 1.n)	136
5.3.1. Parâmetros de segregação aplicados – “Reach Stacker”-(Cenário 1.1)	139
5.3.2. Parâmetros de segregação aplicados – “RTG”-(Cenário 1.2).....	141
5.3.3. Parâmetros de segregação aplicados – “RMG” versão A-(Cenário 1.3).....	144

5.3.4. Parâmetros de segregação aplicados – “RMG” versão B–(Cenário 1.4)	144
5.4. As estratégias de armazenagem e formação de pilhas adotadas – (cenários 2.n)	145
5.4.1. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas aplicadas – “Reach Stacker”–(Cenário 2.1)	148
5.4.2. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas aplicadas – “RTG” – (Cenário 2.2)	150
5.4.3. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas aplicadas – “RMG” versão A – (Cenário 2.3)	151
5.4.4. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas aplicadas – “RMG” versão B – (Cenário 2.4)	152
5.5. Os índices operacionais e as taxas de ocupação de espaço aplicadas.	153
5.5.1 Capacidade anual de armazenagem do pátio	153
5.5.2 Capacidade nominal do pátio de armazenagem.	155
5.5.3 Capacidade operacional do pátio de armazenagem.	156
5.5.4 Ocupação física do pátio de armazenagem	157
5.5.5. Disponibilidade operacional do pátio de armazenagem	157
5.5.6 Ocupação comprometida do pátio de armazenagem	158
5.5.7 Ocupação total do pátio de armazenagem	159
5.5.8 Taxa de ocupação nominal do pátio de armazenagem	159
5.5.9 Taxa de ocupação operacional do pátio de armazenagem	160
5.5.10 Taxa de ocupação total do pátio de armazenagem.	160
5.5.11 Índice de comprometimento do pátio de armazenagem.	161
5.5.12 Área total utilizada pelo pátio de armazenagem	161
5.5.13 Área utilizada por posições ocupadas no pátios	162
5.5.14 Índice de utilização da área de armazenagem – pela capacidade	163
5.5.15 Índice de utilização da área de armazenagem – pela demanda	163
6. APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS OBTIDOS	165
6.1. Ocupação do pátio de armazenagem	167
6.2. Cálculos de capacidade, índices e taxas de ocupação	168
6.3 Análise comparativa dos resultados	169
6.4. Análise de custos	175
6.4.1. Dimensionamento dos equipamentos	176
6.4.2. Custos de Aquisição e implantação (obras civis)	181
6.4.3. Custos de Operação.	184
6.4.4. Custos de Manutenção.	185
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	189
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	200

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da movimentação mundial de contêineres em TEU 2 (1990 a 2002)..... 2	2
Figura 2 - Frota e capacidade de transporte das maiores empresas de navegação do mundo (2003) 6	6
Figura 3 - Caracterização sistêmica de um porto 26	26
Sistema Porto e Subsistemas Terminais 26	26
Figura 4 - Caracterização sistêmica de um terminal de carga geral 27	27
..... 29	29
Figura 5 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres - Subsistemas, suas principais atividades e suas interações..... 31	31
Figura 6 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres - Subsistemas e seus objetivos principais..... 33	33
Figura 7 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres - Subsistemas e suas medidas e índices de desempenho 34	34
Figura 8 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres 36	36
Sistema, Subsistemas e Ambiente. 36	36
Figura 9 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres - Subsistemas e seus recursos..... 39	39
Figura 10 – Exemplos ilustrativos – RTG..... 44	44
Figura 11 – Exemplos ilustrativos – RMG..... 45	45
Figura 12 – Exemplos ilustrativos – “ <i>Reach Stacker</i> ”..... 46	46
Figura 13 – Exemplos ilustrativos – “ <i>Straddle Carrier</i> ”..... 47	47
Figura 14 – Módulos de um sistema de apoio à decisão aplicável em um terminal de contêineres..... 57	57
Figura 15 - Comparação entre sistemas de movimentação e armazenagem 67	67
Por espaço no piso e TEU / hectare..... 67	67
Figura 16 - Fluxo operacional do planejamento, recebimento e armazenagem de contêineres de exportação 97	97
Figura 17 - Fluxograma dos processos para o planejamento, recebimento e armazenamento em um terminal de contêineres 100	100
Figura 18 - Fluxograma dos processos para o planejamento da armazenagem de contêineres..... 101	101
Figura 19 - Fluxograma representativo das etapas e processos do modelo..... 117	117
Figura 20 – Demanda – Distribuição dos contêineres..... 121	121
Figura 21 - Padrão típico de recebimento de contêineres de exportação em função da data da chegada do navio..... 122	122
Figura 22 - Padrão típico de recebimento de contêineres de exportação em função da data da chegada do navio - corrigido..... 123	123
Figura 23 - Pátio de armazenagem padrão 125	125
Figura 24 – Medidas e Características físicas – “ <i>Reach Stacker</i> ”..... 127	127
Figura 25 – Distância entre quadras – “ <i>Reach Stacker</i> ”..... 128	128
Figura 26 – Configuração do pátio de armazenagem – “ <i>Reach Stacker</i> ”..... 129	129
Figura 27 - Distância entre quadras – “ <i>RTG</i> ”..... 131	131
Figura 28 – Configuração do pátio de armazenagem – “ <i>RTG</i> ”..... 131	131
Figura 29 – Distância entre quadras – “ <i>RMG</i> ” versão A..... 132	132

Figura 30 – Configuração do pátio de armazenagem – “RMG” versão A.....	130
Figura 31 – Distância entre quadras – “RMG” versão B.....	134
Figura 32 – Configuração do pátio de armazenagem – “RMG” versão B.....	135
Figura 33 - Processo de decisão para definição do grupo de segregação de contêineres aplicado no modelo	138
Figura 34 – Exemplo de visualização de pilhas de 20 pés (07) e 40 pés (09/11).....	139
Figura 35 – Exemplo de ocupação e comprometimento – “Reach Stacker”	141
Figura 36 – Exemplo de ocupação e comprometimento – Pórtico “RTG” / “RMG”	142
Figura 37 – Orientação do armazenamento – Pórticos (“RTG” e “RMG”).....	143
Figura 38 – Exemplo de visualização de pilhas com mistura de contêineres.....	147
Figura 39 – Exemplo de remoções para acerto de quadra – “Reach Stacker”	150
Figura 40 - Exemplo de remoções para acerto de quadra – “RTG”	151
Figura 41 – Exemplo de remoções para acerto de quadra – “RMG”.....	152
Figura 42 – Formação dos cenários para análise do modelo de seleção.....	165
Figura 43 – Formação dos cenários 1.n.....	166
Figura 44 – Formação dos cenários 2.n.....	166
Figura 45 – Gráfico comparativo capacidade nominal x desempenho anual - Cenário 1 – Parâmetros Básicos de Segregação.....	194
Figura 46 – Gráfico comparativo capacidade nominal x desempenho anual - Cenário 2 – Estratégias de Armazenagem.....	194

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tráfego de contêineres nos principais portos do mundo (1995 a 2002) - Por região	3
Tabela 2 - Principais aquisições e fusões entre empresas de navegação.....	5
Tabela 3 - Participação dos principais operadores portuários no mundo.....	7
Tabela 4 - Classificação e características principais dos navios porta-contêineres ...	10
Tabela 5 - Evolução da frota mundial de navios porta-contêineres (1999 a 2003) Por capacidade de transporte (Em TEU)	10
Tabela 6 - Evolução da movimentação de contêineres nos principais portos do mundo.....	13
Tabela 7 - Relação entre problemas operacionais e horizonte de atuação	58
Tabela 8 - Problemas de decisão em função do horizonte de planejamento em terminais de contêineres.....	86
Tabela 9 - Dimensões do pátio e configuração das quadras - "RTG".....	130
Tabela 10 - Dimensões do pátio e configuração das quadras - "RMG" versão A...132	
Tabela 11 - Dimensões do pátio e configuração das quadras - "RMG" versão B...134	
Tabela 12 - Classes de peso adotadas para segregação na armazenagem.....	136
Tabela 13 - Principais vantagens e desvantagens na aplicação de estratégias de armazenagem - Combinação (mistura) de contêineres.....	148
Tabela 14 - Tempos de permanência por região e tipo de operação, em dias.....	155
Tabela 15 - Resultados obtidos do modelo - Comparação entre tipos de equipamentos (Cont.) - Cenário 1 - Parâmetros de segregação básicos (Sem estratégias de armazenagem).....	172
Tabela 16 - Resultados obtidos do modelo - Comparação entre tipos de equipamentos (Cont.) - Cenário 2 - Aplicando estratégias de armazenagem e formação de pilhas.....	173
Tabela 17 - Resultados obtidos do modelo - Comparação entre tipos de equipamentos (Cont.) - Cenário 2 - Aplicando estratégias de armazenagem e formação de pilhas.....	174
Tabela 18 - Desempenho de guindaste de cais, em TEU/guindaste/ano.....	176
Tabela 19 - Capacidade anual de armazenagem obtida do modelo, em TEU/ano...177	
Tabela 20 - Dimensionamento de guindastes de cais em função da capacidade do pátio.....	177
Tabela 21 - Incidência da carga de transbordo por região, 2001.....	179
Tabela 22 - Demanda anual do pátio de armazenagem, entrada/saída por via terrestre, em TEU/ano.....	179
Tabela 23 - Demanda anual do pátio de armazenagem, entrada/saída por via terrestre, em contêineres/ano.....	179
Tabela 24 - Dimensionamento de equipamentos de retaguarda em função dos guindastes de cais.	180
Tabela 25 - Desempenho e capacidade dos equipamentos de retaguarda, em movimentos por hora.	180
Tabela 26 - Dimensionamento dos equipamentos de retaguarda em função do pátio de armazenagem.....	181
Tabela 27 - Custo de aquisição de equipamentos de retaguarda, em US\$ e R\$.....	181
Tabela 28 - Custo total de aquisição por equipamento de retaguarda, em US\$ e R\$.....	182

Tabela 29 – Cálculo dos custos de instalação – Trilhos (RMG).....	183
Tabela 30 – Cálculo dos custos totais de obras civis de retaguarda (pátio e instalação).....	183
Tabela 31 – Cálculo de custo anual - aquisição e obras civis.....	183
Tabela 32 – Dimensionamento de operadores.....	184
Tabela 33 – Custo anual de operação – Operadores.....	184
Tabela 34 – Custo anual de operação – Energia, Combustíveis e Lubrificantes.....	185
Tabela 35 – Custo anual de manutenção dos equipamentos de retaguarda, em R\$/equipamento/ano.....	185
Tabela 36 – Consolidação dos custos anuais dos sistemas de movimentação de retaguarda.....	187
Tabela 37 – Análise econômica e operacional dos sistemas de movimentação de retaguarda.....	188
Tabela 38 – Fator de comprometimento das pilhas obtido do modelo.....	191
Tabela 39 – Comparação regional do desempenho médio do pátio de armazenagem utilizando RTG/RMG, 2001 (TEU/ha/ano).....	196
Tabela 40 – Desempenho anual do pátio de armazenagem obtido do modelo.....	197

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV – “*Automatic Guided Vehicles*”

ASC – “*Automatic Stacking Crane*”

ETA – “*Estimated time of arrival*”

MHC – “*Mobile Harbour Crane*”

POD – “*Port of Destination*”

RTG – “*Rubber Tired Gantry*”

RMG – “*Rail Mounted Gantry*”

SPOD – “*Stowage Port of Destination*”

TEU – “*Twenty Equivalent Unit*”

1. INTRODUÇÃO

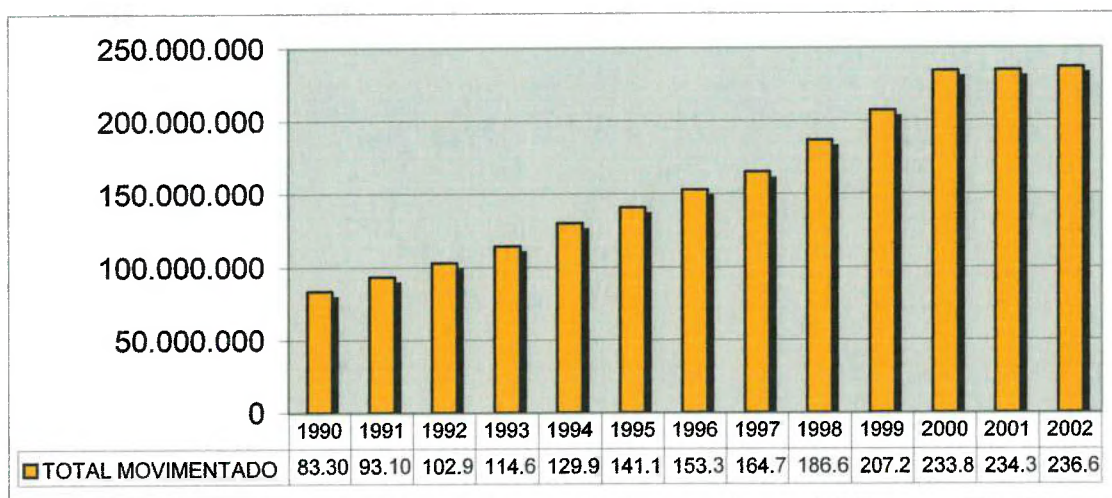
1.1. Histórico e desenvolvimento do sistema de transporte marítimo de contêineres

1.1.1. Evolução da movimentação de contêineres – Globalização

O transporte marítimo de contêineres teve seu início em Abril de 1956 quando o navio tanque Ideal X pertencente à empresa de navegação “Sea Land” fez sua viagem inicial entre Nova York e Houston carregando 58 contêineres sobre chassis em seu convés, em seguida surgiram os primeiros navios cargueiros convertidos à porta-contêineres com guindastes de bordo com capacidade de transportar o equivalente a 480 TEU; No ano de 1960 deu início o serviço entre a costa leste norte americana e o Havaí utilizando navios com capacidade de transportar até 520 TEU e em 1966 marcou o início do primeiro serviço regular entre a costa leste norte americana e a Europa. Mesmo considerando o pouco tempo de sua existência, menos de 50 anos, o transporte de contêineres vem passando por mudanças e ajustes estruturais que exigem um, nem sempre fácil, acompanhamento por parte de todos os componentes deste sistema, dos navios aos terminais, para que os requisitos técnico-operacionais consequentes destas mudanças sejam atendidos.

Alguns índices devem ser ressaltados que revelam o crescimento da demanda e esta tendência pode ser confirmada ao analisarmos os fatores condicionantes do comércio exterior mundial.

- Atualmente mais de 60% de toda carga geral do mundo que é atualmente transportada através dos mares utiliza contêineres. No ano 2000 esta parcela correspondia a 54%, em 1995 eram 48% e em 1990 cerca de 37%;
- Entre países industrializados essa parcela chega à cerca de 80% de toda troca de mercadorias;
- Nos anos 90 a taxa média de crescimento mundial da movimentação de contêineres nos portos foi de 8,7%;



Fonte: Containerization international – ci online

Figura 1 – Evolução da movimentação mundial de contêineres em TEU (1990 a 2002)

A economia mundial, desde o advento da globalização, vem confirmando a tendência de incremento do comércio e negócios não somente entre os países, os itens abaixo expressam as principais características.

- O setor industrial cada vez confirma o modelo de especialização e verticalização das atividades produtivas, buscando em áreas distantes, as fontes de matéria prima, produtos primários e inacabados, criando um ambiente de competição mundial entre fornecedores;
- As indústrias estão concentrando em poucas unidades de produção, o abastecimento da demanda de diversas regiões, buscando maximizar os efeitos da economia de escala;
- A abertura dos mercados mundiais e atendimento a uma demanda globalizada aumentando o potencial produtivo e industrial.

A soma dos fatores acima descritos além de aumentar o volume do comércio mundial, com relevante participação dos contêineres, faz com que seja formada uma cadeia de suprimentos cada vez mais sofisticada, usuária e dependente de uma logística eficaz de sistemas de transporte.

Tabela 1 - Tráfego de contêineres nos principais portos do mundo (1995 a 2002) - Por região

REGIÃO DE COMÉRCIO INTERNACIONAL	MOVIMENTO ANUAL DE CONTÊNERES NOS PRINCIPAIS PORTOS DO MUNDO - POR REGIÃO (em TEU)												
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
AMÉRICA DO NORTE	83.305.174	93.109.333	102.993.269	114.937.292	128.995.654	141.132.357	153.345.071	164.759.782	186.696.341	207.239.862	233.891.915	234.352.752	236.611.572
América do Norte	1.534.354	2.047.977	2.261.818	2.543.802	2.695.809	2.961.518	3.201.830	3.458.920	3.718.842	4.085.533	4.619.163	4.669.778	4.303.890
América do Sul	1.534.354	2.047.977	2.261.818	2.543.802	2.695.809	2.961.518	3.201.830	3.458.920	3.718.842	4.085.533	4.619.163	4.669.778	4.303.890
AMÉRICA CENTRAL E CARIBE	2.923.280	3.001.275	3.610.992	3.941.853	4.108.346	4.030.859	4.712.087	6.596.320	9.114.637	9.128.099	9.875.288	8.342.100	6.711.717
América Central	2.000.469	2.138.174	2.422.193	2.597.002	2.814.692	2.740.537	3.444.913	4.205.695	4.876.940	3.795.785	4.876.940	4.875.659	4.149.434
Caribe	842.767	863.101	1.188.799	1.344.771	1.293.654	1.290.322	1.344.407	1.390.625	4.900.742	5.372.314	5.198.348	3.466.437	2.562.283
ÁFRICA	1.860.350	1.947.691	2.525.168	2.672.947	3.106.474	3.538.664	3.302.744	3.408.043	4.107.357	5.203.466	5.203.466	3.221.671	1.395.251
África do Sul	100.523	280.135	307.680	375.519	375.519	375.519	375.519	239.679	257.234	267.175	267.175	519.697	328.213
África do Norte	292.059	241.250	247.941	237.033	262.496	369.448	473.722	369.460	351.612	419.891	661.205	725.942	25.288
África do Leste	792.059	873.945	912.606	989.191	1.138.495	1.445.406	1.575.530	1.764.862	1.764.862	1.433.942	2.140.195	473.127	78.311
África do Oeste	714.230	652.456	1.084.486	1.129.243	1.363.621	1.346.289	1.244.586	1.434.444	1.733.669	1.739.786	1.662.379	1.860.940	966.439
EXTREMO ORIENTE	31.919.771	37.963.527	40.928.412	46.544.091	55.094.740	61.221.169	65.158.407	69.666.719	77.440.044	92.969.431	106.313.220	110.043.078	123.177.442
Extremo Oriente	13.207.780	14.898.540	17.272.121	20.143.025	24.400.520	27.012.342	30.209.638	36.008.434	45.442.328	54.070.560	54.070.560	56.716.539	69.198.744
Ásia Leste	10.244.840	12.969.251	11.716.002	12.433.413	14.242.799	15.182.746	15.905.463	15.915.188	17.071.776	19.689.416	22.720.363	22.773.546	23.769.623
Ásia Sul	8.131.173	9.699.721	11.534.229	13.556.081	16.015.590	18.017.363	19.995.309	22.386.479	23.879.232	27.366.512	29.754.074	30.245.734	29.979.998
Pacífico Norte	115.660	145.795	146.336	148.417	159.651	157.036	155.311	164.469	163.655	145.191	132.689	140.158	136.250
Pacífico Sul	220.136	241.220	259.754	263.155	237.210	251.662	262.825	311.745	316.747	315.664	236.534	167.101	130.627
EUROPA	24.496.495	25.841.916	29.434.895	30.440.694	33.674.017	35.807.545	40.516.433	42.757.070	46.621.601	49.668.745	55.093.933	56.736.039	48.318.234
Europa Ocidental	1.591.867	1.491.445	1.641.775	1.979.179	2.291.426	2.404.961	2.796.197	2.990.042	2.892.601	2.970.406	3.466.977	3.462.086	2.251.064
Europa do Norte	15.368.850	16.230.099	17.365.119	17.946.698	19.642.005	20.595.528	22.430.094	22.816.743	24.505.578	26.012.260	28.300.665	28.698.045	23.702.666
Europa do Sul	308.662	336.054	503.260	584.860	740.321	740.321	779.538	785.740	996.209	1.030.967	1.289.590	1.289.460	482.720
Europa do Leste	2.895.049	3.065.164	4.839.468	4.346.408	4.513.669	4.932.244	5.782.981	6.082.188	6.082.188	6.475.518	7.448.413	7.687.059	7.410.967
Europa do Oeste	3.699.021	4.025.906	4.336.972	4.834.849	5.799.752	6.732.393	7.981.306	9.105.233	11.475.677	11.999.450	13.428.467	13.964.457	13.713.221
Europa do Nordeste	683.846	683.252	749.301	811.967	830.090	830.090	904.317	1.007.144	1.110.546	1.180.044	1.301.641	1.364.962	757.596
ÍNDIA E ORIENTE MÉDIO	3.832.025	5.392.319	6.403.769	7.326.395	7.717.465	8.632.125	9.379.172	10.590.237	11.337.405	12.839.042	14.229.543	13.983.562	15.084.789
Oceano Índico	92.740	103.844	162.672	236.627	236.941	244.611	286.511	256.798	157.965	155.614	403.635	420.635	404.096
Índia Continental	1.061.965	1.831.005	1.940.863	2.333.940	2.436.986	3.042.996	3.531.193	4.056.596	4.646.578	4.722.897	5.079.023	4.703.675	4.546.563
Orientes Médio	2.024.367	2.679.421	3.324.688	3.726.638	4.034.064	4.407.880	4.546.191	5.053.262	5.519.716	6.694.262	7.533.618	7.471.104	8.637.592
Mar Vermelho	652.953	778.049	955.326	1.029.990	1.009.427	936.629	1.016.337	1.133.581	1.015.524	1.056.659	1.213.448	1.308.148	1.493.136
AMÉRICA DO NORTE	15.264.429	15.352.056	15.738.162	16.804.395	20.822.341	22.188.800	22.806.609	23.834.925	27.745.179	28.008.070	30.307.380	31.091.652	34.332.778
América do Norte	5.967.840	6.866.961	7.422.210	8.468.451	9.768.451	10.426.134	12.054.768	11.751.603	12.526.098	12.616.435	12.526.098	12.616.435	13.693.770
América do Sul	957.118	1.026.070	1.147.621	1.166.655	1.151.164	1.296.097	1.451.127	1.451.127	1.472.626	1.619.128	1.692.397	1.629.797	1.708.168
América do Leste	8.399.471	7.444.970	7.114.281	9.937.698	11.693.200	11.491.416	11.749.261	11.741.063	14.200.294	14.619.988	16.679.295	16.830.540	19.016.842
América do Nordeste	24.055	24.055	54.050	29.572	36.226	22.636	23.379	17.611	17.291	17.361	17.590	14.680	14.000
AMÉRICA DO SUL	1.471.490	1.562.572	2.070.023	2.423.725	2.775.862	2.752.270	3.877.789	4.726.548	6.619.276	6.696.146	7.049.922	6.344.842	3.290.471
América do Sul	965.042	1.183.624	1.183.624	1.325.243	1.727.952	1.947.131	2.149.172	2.394.957	3.129.629	3.129.629	3.622.648	3.362.963	2.299.916
América do Leste	51.744	64.669	148.337	207.248	266.283	369.597	463.601	923.317	1.291.868	1.236.044	1.501.169	1.501.663	549.369
América do Oeste	457.704	573.482	737.962	891.234	781.651	559.549	1.266.016	1.408.574	2.197.779	2.179.270	2.197.115	1.460.696	441.187

Fonte: Containerization internacional - ci online

Neste cenário, os portos e os serviços por eles prestados são fundamentais ao sistema logístico, podendo ser definitivo na escolha de um determinado fornecedor ou mesmo para a localização de uma unidade de produção ou centro de distribuição em sua área de incidência. Para um terminal moderno é essencial que se tenha capacidade de fazer as operações de movimentação da carga de maneira eficiente, a um custo baixo, e com versatilidade e flexibilidade necessária a atender os anseios do armador, que estão diretamente ligados com os anseios do produtor e do consumidor final, seja na exportação ou importação, representando também fator estratégico de extrema importância para o desenvolvimento de um país.

1.1.2. Empresas de navegação – A união de forças

Exercendo papel de significativa importância neste cenário, os armadores e empresas de navegação vêm alterando sua forma de atuação nos últimos quinze anos e se organizando em alianças e acordos de maneira a atender esse incremento da demanda de contêineres e da complexidade logística do comércio e produção mundial.

Este processo de cooperação pode ser dividido em três etapas distintas, sendo elas:

1. A busca por acordos operacionais que permitiam a utilização de espaços em navios de empresas distintas, obtendo com isso maior flexibilidade e cobertura sem ter que disponibilizar uma embarcação para uma determinada rota sem demanda que justificasse o investimento;
2. A tendência de junções entre diversos serviços, regionais ou mesmo globais, formando alianças, visando ainda maior eficiência, flexibilidade e qualidade no serviço, com o compartilhamento e disponibilização de espaços nos navios, terminais, contêineres, etc.;
3. Forte movimento de aquisições e fusões entre armadores, atualmente estima-se que 25 empresas detenham 60% da frota de porta-

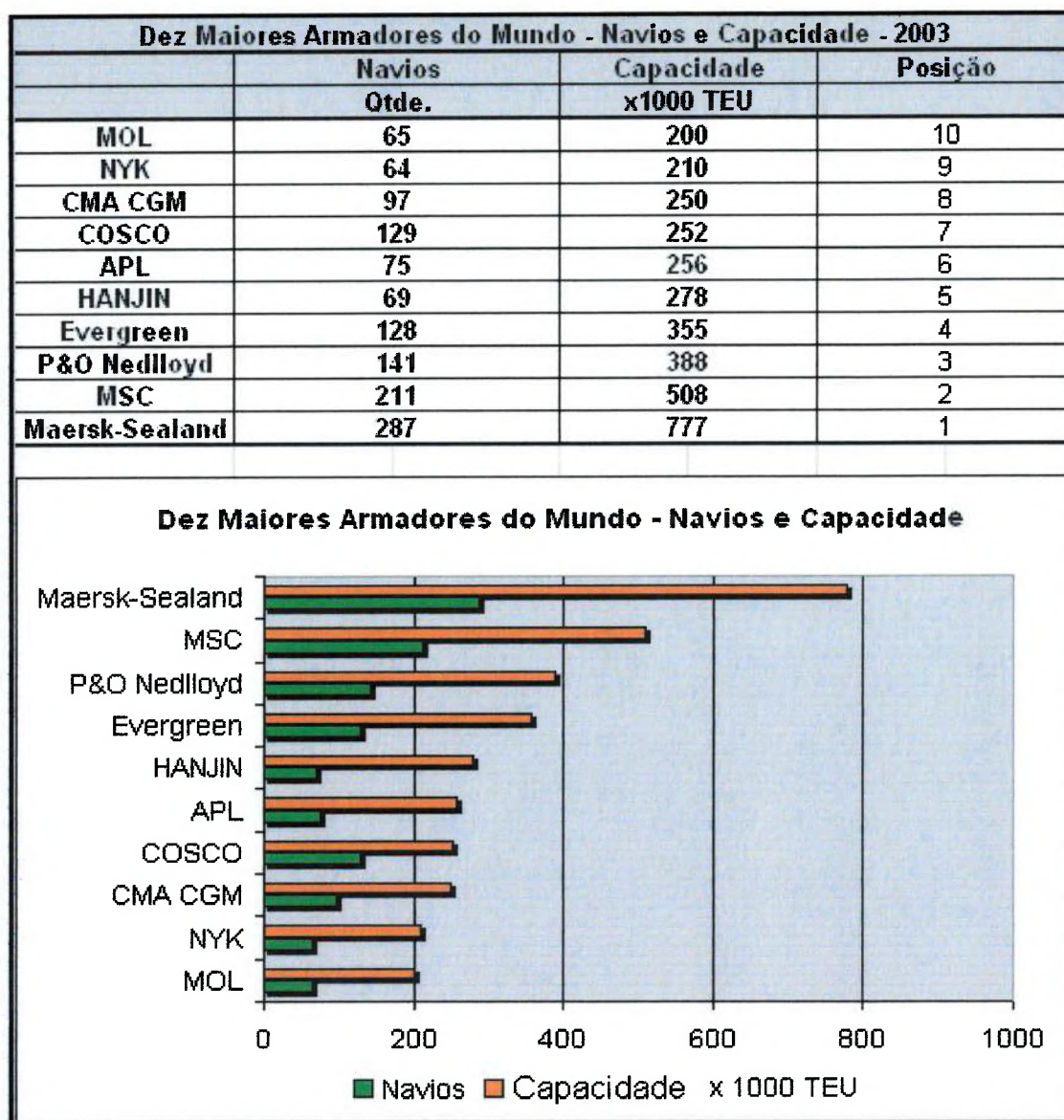
contêineres, esta etapa é caracterizada por um maior ganho de escala e escopo, além de aumentar o poder de negociação com os terminais e prestadores de serviços em geral.

Tabela 2 - Principais aquisições e fusões entre empresas de navegação

ARMADOR	ANO	FUSÃO/AQUISIÇÃO
Maersk-Sealand	1999	<i>Aquisição da divisão de navegação da empresa norte-americana SeaLand, consolidando uma aliança que iniciou em 1991.</i>
	1999	<i>Aquisição da empresa de navegação Safmarine.</i>
P&O/Nedlloyd	1996	<i>Anunciada a fusão entre a P&O containers e a Nedlloyd.</i>
	1998	<i>Aquisição da companhia de navegação Blue Star Line.</i>
Hanjin/DSR-Senator	1997	<i>A Hanjin Shipping assume o controle da empresa de navegação DSR-Senator</i>
NOL/APL	1997	<i>Aquisição da APL-American President Lines pela empresa de navegação NOL –Neptune Orient Lines</i>
CP Ships	1995	<i>Aquisição da empresa de navegação CAST, sua concorrente na rota para o norte da Europa.</i>
	1997	<i>Aquisição da companhia de navegação Lykes Lines.</i>
	1997	<i>Aquisição da empresa de navegação Contship Container Lines.</i>
	1999	<i>Fusão (Joint-venture) com a empresa de navegação TMM, aumentando sua participação na América Latina.</i>
CMA/CGM	1996	<i>A empresa de navegação francesa CMA assume a participação da estatal CGM.</i>

Fonte: World Bank Port Reform Toll Kit, The Evolution of Ports in a Competitive World (2001)

Todos os estágios de acordos, alianças e fusões ainda vêm ocorrendo tanto em nível mundial como em rotas específicas e serviços regionais, de acordo com a demanda existente, e é fortemente esperado que este processo mantenha a tendência atualmente verificada, extrapolando a cooperação apenas nas empresas de navegação e partindo também para a formação de grandes grupos operadores internacionais, que se envolvem em várias etapas da logística do transporte marítimo em diversas regiões do mundo.



Fonte: The evolution of ports in a competitive world, world bank (2001) e Containerization international – ci online

Figura 2 - Frota e capacidade de transporte das maiores empresas de navegação do mundo (2003)

Tabela 3 - Participação dos principais operadores portuários no mundo

OPERADOR PORTUÁRIO GLOBAL	<i>PARTICIPAÇÃO NO MERCADO MUNDIAL</i>
Hutchinson Port Holdings	<i>Iniciou sua expansão mundial em 1991, teve sua origem na operação dos terminais de Hong Kong e atualmente atua em mais de 17 portos, movimentando mais de 14 milhões de TEU/ano.</i>
Maersk-Sealand	<i>Opera atualmente 32 terminais espalhados pelo mundo e tem envolvimento direto com a operação em outros 36 terminais. Utiliza como concentradores, os portos de Algeciras e Salalah.</i>
P&O Ports	<i>Gerencia mais de 20 terminais pelo mundo, totalizando cerca de seis milhões de TEU/ano. Recentemente adquiriu a International Terminal Operating Company aumentando sua participação nos EUA.</i>
Sea-Land Terminals	<i>Ainda representa um dos maiores operadores globais de terminais, com atuação nos EUA, Hong Kong, China, Austrália, Rússia, Finlândia e República Dominicana.</i>
PSA Corporation	<i>Operador portuário do porto de Singapura partiu para atuação mundial em 1990, atualmente opera também no Yemen, Portugal, China, Itália, Índia e Brunei. Recentemente assumiu as operações de um terminal de Antuérpia. Movimenta mais de 18 milhões de TEU/ano</i>
Dubai Ports Authority	<i>Recentemente foi introduzido no cenário mundial operando terminais em Beirute, Jeddah, Djibouti, Jebel Ali e Rashid</i>
SSA – Seattle Stevedores Authority	<i>Operador dos EUA que atua globalmente em terminais no Panamá, Vietnã, Indonésia, África do Sul, Índia, Indonésia, México, Egito e Bangladesh.</i>
BLG-Eurokai	<i>Operador portuário alemão, movimenta mais de três milhões de TEU/ano e atualmente tem participação em terminais de Portugal e na Itália, no importante porto de Gioia Tauro.</i>

Fonte: The evolution of ports in a competitive world, world bank (2001)

Notável também a evolução de operadores portuários globais que expandem sua atuação através da própria operação ou apenas pela cooperação em parcerias técnico-operacional, bem como a participação cada vez maior dos grandes armadores em terminais dedicados e também a tendência mundial, principalmente em países em desenvolvimento, da transferência das operações para a iniciativa privada através de arrendamentos ou privatizações, atualmente os dez primeiros operadores portuários são responsáveis por cerca de 40% de toda a movimentação mundial de contêineres em terminais.

Todo este processo de consolidação dos parceiros no setor portuário e de navegação resulta em um poder nunca antes observado, que deverá ser cada vez mais utilizado nas negociações com as autoridades portuárias, governos dos países com vocação portuária e terminais, visto que a decisão de escolha de um determinado porto ou terminal para a operação de um serviço pode representar um fator definitivo para a sua continuidade no cenário mundial, por essa razão as entidades estatais, autoridades e operadoras portuárias devem ficar muito atentas a incentivos, condições tarifárias e estratégias operacionais, a fim de garantir a manutenção da competitividade das suas atividades em um cenário de demanda crescente.

1.1.3. Evolução dos navios – Impactos para os terminais

No aspecto da tecnologia dos navios, um dos fatores principais onde é notável uma mudança significativa nos últimos cinco anos, é a evolução da frota destinada ao transporte de contêineres, principalmente no tocante às dimensões dos navios. Na década de 60, os primeiros navios convertidos de cargueiros ou navios-tanque tinham capacidade de 750 a 1000 TEU, com calado de 9 metros e navegavam com velocidade de 18 a 21 nós; Nos anos 70 surgem os primeiros navios projetados especificamente para o transporte de contêineres, com capacidade para até 1500 TEU, navegavam de 20 a 23 nós; na segunda metade dos anos 70 surgem os primeiros projetos que excluíam os guindastes de bordo, visando aproveitar melhor o espaço, com isso a capacidade de transporte aumentou para até 2500 TEU, tinham calado de 10 metros e velocidade de navegação de 22 a 26 nós. Estes navios tinham

suas dimensões, comprimento e largura, próximas ao limite de transposição do canal do Panamá, daí a denominação de navios Panamax, navios desta classificação tem seu comprimento limitado a 289,5 metros e largura a 32,3 metros. No final dos anos 80, os projetos de navios porta-contêineres, ainda Panamax, evoluíram e tinham capacidade para mais de 4000 TEU, devido à crise do petróleo da década de 70, a tendência de maior velocidade foi interrompida e os navios tinham como foco a economia de combustível.

No final dos anos 90 surgem os primeiros navios que excediam as dimensões do canal do Panamá, conhecido como Post-Panamax, estes primeiros navios, encomendados pela empresa de navegação APL tinham 273 metros de comprimento e 39 metros de largura, com capacidade para 4400 TEU, esta tendência foi seguida pelas principais empresas de navegação do mundo, destacando os projetos da Maersk e P&O Nedlloyd, cada uma encomendou uma classe de navios com capacidade para mais de 6000 TEU com velocidade de 25 nós e calado de 13,5 metros. Paralelo a esta tendência, os projetos de navios Panamax continuavam em evolução, e navios com capacidade para 4800 TEU ainda mantendo as dimensões limite da categoria.

Recentemente, estão surgindo navios de capacidade para transportar mais de 5.000 TEU, podendo em alguns casos alcançar faixa de 10.000 a 12.000 TEU de capacidade, já se fala no termo Malacca-max, que seria o calado limite para a transposição do estreito de Malacca, este projeto propõe um mega navio de 400 metros de comprimento, 60 metros de largura e 21 metros de calado, com capacidade de transporte para 18.000 TEU. Apesar das grandes controvérsias que envolvem estes mega projetos no tocante a viabilidade operacional e economia de escala, o mercado tem a expectativa da entrada em operação de navios deste porte, principalmente nas rotas de maior movimentação, notadamente no eixo Europa-Extremo Oriente.

Tabela 4 - Classificação e características principais dos navios porta-contêineres

Classe	Capacidade de transporte (TEU)	Comprimento LOA (m)	Largura Boca (m)	Profundidade Calado (m)	Ano do Projeto	Colunas no convés (Rows)	Alturas (Tiers)
Panamax - 1a Geração	< 1.000	180	25	9	1960-1970	< 13	< 11
Panamax - 2a Geração	1.000 - 2.000	210	30,5	10,5	1970-1980	13	11
Panamax - 3a Geração	3.000 - 4.000	285	32,2	12	1985	13	11-13
Panamax - 4a Geração	4.000 - 5.000	290	32,2	13	1988	13	14-15
Pós-Panamax - 1a Geração	> 4.000	273	39,4	14	1995	16	15-16
Pós-Panamax - 2a Geração	> 5.000	299,9	42,8	14	1998	17	15-16
Super Pós-Panamax	10.000 - 15.000	> 300	44-46	14-16	2000	18	16-17
Malacca-max	> 15.000	400	70	21	2000	28	16-17

Fonte: Alderton, P. (1999) e World Bank Port Reform Tool Kit (2001)

A capacidade de transporte total em navios porta-contêineres cresceu, no período entre os anos de 1999 e 2003, cerca de 70%, ultrapassando a marca de oito milhões de TEU em operação; A quantidade de navios da frota seguiu esta mesma taxa de crescimento, com uma considerável diferença, a composição da frota vem mudando, cada vez mais navios de maior porte estão sendo construídos, é nítida a utilização em maior frequência de navios com maior capacidade de transporte, navios com mais de 5.000 TEU já são responsáveis por 18% dos espaços disponíveis nos navios da frota mundial.

Tabela 5 - Evolução da frota mundial de navios porta-contêineres (1999 a 2003) Por capacidade de transporte (Em TEU)

FROTA MUNDIAL PORTA-CONTÊINERES	TOTAL			Abaixo de 1000 TEU			1000-1999 TEU			2000-2999 TEU			
	TEU	Diferença (%)	Navios	TEU	Diferença (%)	Navios	TEU	Diferença (%)	Navios	TEU	Diferença (%)	Navios	
1999	4.750.611	(%)	4.258	1.005.483	(%)	2.634	1.169.700	(%)	838	976.329	(%)	393	
2000	6.311.470	33%	7.037	1.789.531	78%	5.001	1.600.540	37%	1.182	1.019.037	4%	414	
2001	6.881.746	9%	7.067	1.762.447	-2%	4.854	1.692.906	6%	1.224	1.076.886	6%	440	
2002	7.568.893	10%	7.135	1.758.841	0%	4.748	1.750.662	3%	1.264	1.163.362	8%	474	
2003	8.240.834	9%	7.286	1.770.842	1%	4.729	1.801.596	3%	1.294	1.303.457	12%	527	
FROTA MUNDIAL PORTA-CONTÊINERES	3000-3999 TEU			4000-4999 TEU			Acima de 5000 TEU			FROTA TOTAL			
	TEU	Diferença (%)	Navios	TEU	Diferença (%)	Navios	TEU	Diferença (%)	Navios	TEU	1999	2001	2003
1999	712.631	(%)	206	588.731	(%)	135	297.737	(%)	52	< 2000	3.472	6.078	6.023
2000	762.085	7%	223	699.275	19%	160	441.002	48%	77	2000-2999	393	440	527
2001	842.872	11%	247	783.735	12%	178	723.100	64%	124	3000-3999	206	247	270
2002	919.470	9%	268	786.198	0%	179	1.190.360	65%	202	4000-4999	135	178	221
2003	934.950	2%	270	968.883	23%	221	1.461.106	23%	245	> 5000	52	124	245

Fonte: Containerization Internacional – CI-on line (2004)

Este aumento nas dimensões dos navios reflete diretamente nas operações dos terminais de contêineres, primeiramente nos equipamentos de cais que devem acompanhar essa evolução, espera-se que para navios da categoria Panamax, pórticos que alcancem treze colunas de contêineres e ultrapassem quatorze a quinze alturas;

para navios da categoria Post-Panamax, os guindastes devem alcançar dezessete colunas de contêineres e ultrapassar quinze a dezesseis alturas; já para atender os mega projetos de navios Super Post-Panamax, espera-se que os pórticos de cais tenham lança que permitam atingir a dezoito colunas e ultrapassem até dezessete alturas; navios de maior porte obrigarão aos terminais a desenvolverem conceitos de guindastes e atracação completamente diferentes dos atuais para suas operações.

Além das características físicas dos equipamentos de cais, outra questão relevante com o aumento das dimensões dos navios e, conseqüentemente, da capacidade de transporte, é a possibilidade de aumento da quantidade de contêineres movimentados por hora; quanto maior o navio, maior a possibilidade de ter mais guindastes operando simultaneamente e com isso maior fluxo de contêineres entre o navio e o terminal, que deve manter, não somente os equipamentos de cais, mas toda a infra-estrutura de retaguarda, adequadamente dimensionada para atender a esta demanda de movimentos, com os índices de produção desejados para os níveis de serviço estipulados pelos clientes. Esta é uma condição cada vez mais vital para a viabilidade econômico-operacional dos navios, principalmente os de maior porte, que tem na redução do tempo de permanência do navio pelo aumento da produção das operações nos terminais, a possibilidade de aumentar o número de viagens e contêineres transportados em um dado período, reduzindo o custo unitário dos contêineres transportados.

Outro ponto de considerável importância que é impactado nas operações de um terminal de contêineres com o aumento da movimentação e dimensões dos navios é a capacidade de armazenagem e a ocupação e densidade do pátio, que deve suportar a “avalanche” de contêineres descarregados em uma única viagem e em intervalos reduzidos devido a maior quantidade de frentes de operação (ternos), sem prejudicar os índices de produção dos navios em operação. Além disso, problemas com profundidade dos canais de navegação e dos berços atracação, bem como sua disponibilidade e filas de espera, deverão ser enfrentados de acordo com a especificidade de cada terminal.

1.1.4. Alterações nas rotas mundiais – Tendência à concentração de cargas.

No tocante a carga e sua logística, analogamente ao que ocorre com o setor produtivo industrial, o transporte marítimo de contêineres vem nos últimos anos confirmando a tendência de concentração do tráfego em grandes portos por navios de maior porte e a distribuição regional sendo efetuado por navios e terminais de menor porte, este padrão de operação é diretamente proporcional ao aumento da capacidade de transporte dos navios, e busca maximizar a utilização dos grandes navios, sem perder a cobertura aos mercados regionais através do transbordo dos contêineres e transporte por navios menores.

Como principais vantagens para as empresas de navegação estão: O atendimento a mercados marginais que não justificariam a escala direta de navios de grande porte, a redestinação de contêineres em pontos estratégicos entre serviços e rotas comerciais e as economias relacionadas diretamente com a operação portuária. Existem exemplos notáveis de portos no mundo que tem sua movimentação completamente firmada no tráfego de transbordo e outros que apresentam tanto o tráfego para sua própria área de incidência combinada com a carga para destinos mais distantes.

Os principais são os portos asiáticos de Hong Kong que tem sua boa parte de sua movimentação destinada a atender apenas a China e Singapura que atende a toda região sudeste da Ásia e Oceano Índico; O porto de Busan que atende como concentrador das regiões do norte da China, Kaohsiung que é um centro de transbordo para região central da Ásia; os portos japoneses de Tóquio, Nagoya, Kobe e Yokohama concentram tráfego do país e distribuem a carga por transporte terrestre.

Na Europa, os portos de Roterdam, e Hamburgo dividem a maior parte do tráfego para o norte europeu além de parcela considerável de transbordo, ainda tem movimentação relevante os portos de Antuérpia, Felixstowe e Le Havre; já no mediterrâneo os portos concentradores mais importantes são os de Algeciras, na

Espanha e Gioia Tauro, na Itália com tráfego consideravelmente dedicado a carga de transbordo.

Tabela 6 - Evolução da movimentação de contêineres nos principais portos do mundo

Porto	País	1996		1998		2000		2003	
		x1000 TEU	*	x1000 TEU	96 > 98	x1000 TEU	98 > 00	x1000 TEU	00 > 03
Hong Kong	China	13.280	*	14.582	10%	18.098	24%	20.449	13%
Singapura	Singapura	12.950	*	15.100	17%	17.090	13%	18.100	6%
Pusan	Coreia do Sul	4.684	*	5.753	23%	7.500	30%	10.407	39%
Kaohsiung	Taiândia	5.063	*	6.271	24%	7.426	18%	8.840	19%
Roterdam	Holanda	4.971	*	6.012	21%	6.275	4%	7.106	13%
Shangai	China	1.970	*	3.066	56%	5.613	83%	11.280	101%
Los Angeles	EUA	2.698	*	3.378	25%	4.879	44%	7.179	47%
Long Beach	EUA	3.067	*	4.098	34%	4.600	12%	4.658	1%
Hamburgo	Alemanha	3.054	*	3.547	16%	4.248	20%	6.138	44%
Antuérpia	Belgica	2.654	*	3.266	23%	4.082	25%	5.445	33%
Gioia Tauro	Italia	572	*	2.126	272%	2.653	25%	3.148	19%
Algeciras	Espanha	1.307	*	1.826	40%	2.009	10%	2.516	25%
Santos	Brasil	772	*	799	3%	801	0%	1.560	95%

Fonte: Shipping Statistics Yearbook (2001) e Containerization International - CI - On line (2004)

Existem determinados atributos imprescindíveis para a atuação de um terminal como concentrador de carga, tais como profundidade de acesso e atracação suficientes para o aporte de navios de grande porte (acima de 5000 TEU), berços de atracação com extensão suficiente, e equipado com guindastes de cais adequados, localização geográfica estrategicamente posicionada entre as origens e destino das rotas de maior tráfego, área de incidência relevante e boa frequência de escalas de navios menores para a distribuição regional; além destes pontos, é importante ressaltar que a logística operacional de um porto de transbordo é radicalmente diferente de um terminal convencional de contêineres e isso obriga que o terminal tenha infra-estrutura compatível com o nível de serviço esperado.

Com o aumento da capacidade de transporte dos navios, o tempo das operações de embarque e descarga também cresceria, aumentando o tempo de atracação do navio no porto e reduzindo o número de escalas em um mesmo período, para compensar essa perda, o armador teria como opções: (i) a entrada de um navio extra, complementando os portos que ficaram de fora da rota principal, que seria demasiadamente dispendioso e dificilmente seria viável economicamente; (ii) o aumento da velocidade dos navios, permitindo atender aos mesmos portos de escala,

solução esta que não revela ser muito prática para navios de grande porte, mantendo níveis aceitáveis de consumo de combustível; (iii) reduzir a frequência do serviço, que iria contrariar completamente a logística operacional dos importadores e exportadores que contam, cada vez mais, com datas regulares e constantes para receber ou enviar suas mercadorias; ou (iv) reduzir o número de escalas buscando deixar a carga destinada a uma região em portos concentradores para que posteriormente sejam distribuídas aos seus destinos, através de via marítima, ou ainda por modais terrestres e hidroviários dependendo da disponibilidade local. Esta última solução tem demonstrado ser a opção escolhida na maioria dos casos, confirmando a tendência e a relação entre o maior tamanho dos navios e a concentração de cargas nos portos de transbordo.

Ainda que a redução das escalas seja uma solução viável, a demanda por taxas de produtividades elevadas nas operações de carga e descarga dos grandes navios é obviamente uma exigência muito cobrada pelos armadores na escolha dos portos concentradores. Além do tempo de permanência do navio no terminal que deve ser minimizado, o terminal deve ter área suficientemente extensa para armazenar toda a carga dos destinos a serem atendidos a partir deste porto, que são descarregadas em uma única viagem e dependendo da frequência dos serviços de distribuição, serão reembarcados em prazos que variam de um a trinta dias. Esta característica obriga ao terminal a escolher corretamente a estratégia operacional a ser utilizada, seus equipamentos de retaguarda e o sistema informatizado de controle e apoio à decisão.

1.1.5. Evolução da movimentação de contêineres – Portos Brasileiros

No Brasil, guardada as devidas proporções, o advento do transbordo e concentração de cargas tem demonstrado gradativa evolução nos principais terminais, notadamente com a modalidade de transporte de cabotagem e atendimento ao Mercosul sendo os principais motivadores da evolução desta categoria de tráfego. A questão da escolha do porto concentrador na costa leste da América do sul ainda não está bem definida, os armadores começam a organizar os serviços aumentando a

opção por transbordo em casos ainda localizados, mas ainda é questionável se o volume de tráfego e as distâncias justificariam a escolha de apenas uma escala concentradora de toda a carga destinada aos países sul-americanos.

No porto de Santos já podem ser encontrados alguns poucos serviços regulares dedicados à carga de transbordo e em diversos outros serviços multi-escala, parte da carga também já está sendo destinada a regiões distantes aguardando no terminal até o reembarque em outro navio de rota distinta. Outra mudança relevante no cenário portuário brasileiro foi a recente regulamentação da navegação de cabotagem e dos contêineres oriundos desta categoria de transporte que permite a retirada dos contêineres diretamente do terminal portuário, atendendo diretamente a indústria e sua logística de produção e estoque. Para os dois casos existe um impacto considerável nas operações do terminal, resultando no aumento do tempo de permanência da carga nos terminais e conseqüentemente da ocupação da área de armazenagem de contêineres.

Nesta última década no Brasil, apesar de atrasado em relação à comunidade portuária mundial, o cenário portuário passava por reformas estruturais de grandes proporções, reformas estas que tinha como fundamento principal transferir, através de concessões para a iniciativa privada, as operações portuárias, por intermédio do arrendamento de áreas ou terminais. Pode-se considerar que esta reforma teve como marco inicial, a promulgação, em 1993 da Lei N^o. 8.630 conhecida como a “Lei dos Portos” e que busca organizar um modelo que embasasse jurídica, administrativa e economicamente o processo de reformas, que de fato, já se encontrava em andamento podendo ser encontrados diversos exemplos de mudanças estruturais no modelo portuário adotado antes mesmo da promulgação da lei. Este processo de reformas portuárias teve como grande bandeira, a substituição de um monopólio estatal pela instauração de um ambiente concorrencial.

Em complemento a Lei N^o 8.630/93 pode-se considerar como parte jurídica reguladora da reforma portuária brasileira as Leis N^o 8.666/93 e 8.883/94 que regulam as licitações; as Leis N^o 8.987/95 e 9.074/95 que regulam as concessões; a

Lei Nº 9.277/96 de delegação; a Lei Nº 9.491/97 e Medida Provisória Nº 1.594/97 conhecida como a Lei de desestatização. Pode-se perceber que a Lei dos Portos, unicamente, não conseguiu formular um modelo para a reforma portuária e que ao longo dos cinco anos subseqüentes vários ajustes jurídicos foram feitos no processo buscando correção no rumo seguido.

Como descrito anteriormente, um dos principais objetivos desta reforma incide sob a instauração de um ambiente de concorrência entre portos e entre terminais dentro dos portos, buscando bases isonômicas que permitissem uma disputa comercial e operacional justa e que motivasse o investimento, por parte da iniciativa privada para a modernização das operações, buscando atingir melhor nível de serviço prestado e maior eficiência produtiva. De uma maneira geral, a reforma procurou dar ênfase à especialização das áreas e terminais destinados a um determinado grupo ou tipo de mercadorias com características específicas; além disso, procurava estabelecer para cada grupo mais de uma alternativa em defesa da concorrência e da possibilidade de opção de escolha por parte dos clientes, teoricamente seguindo um plano de desenvolvimento e zoneamento, o qual é previsto em lei ser elaborado e aprovado pelo conselho de administração portuária (CAP) de cada autoridade portuária.

Passados dez anos do início do processo de desestatização das operações dos nossos portos, são inegáveis os benefícios que a reforma portuária trouxe para o setor, bem como a evolução na qualidade das operações e na movimentação notada desde o início do processo, em parte conseqüência do desenvolvimento do mercado; mas notadamente também fruto do investimento por parte da iniciativa privada em equipamentos, sistemas operacionais e aspectos administrativos e organizacionais; porém, além da herança histórica da localização geográfica dos portos brasileiros que, com raras exceções, estão inseridos nas cidades e sofrem com a falta de áreas para expansão; podem também ser identificados diversos exemplos da destinação de áreas inadequadas para a instalação de terminais, que precisaram passar por ajustes e adaptações, se distanciando da especialização necessária que garanta um desempenho condizente com as exigências do mercado.

Como resultado negativo deste processo, adotando como exemplo mais notável a situação no Porto de Santos, pode-se ressaltar:

- (i) A excessiva divisão das áreas destinadas a arrendamentos para propósitos distintos, nem sempre considerando as características particulares de cada operação, principalmente relativa à operação de terminais de contêineres, que foram estabelecidos com dimensões inferiores aos índices mundialmente reconhecidos, resultando em pátios congestionados e sobrecarregados diante da evolução da demanda;
- (ii) Freqüente interferência e conflitos entre os fluxos rodoviários e/ou ferroviários e os terminais e seus fluxos operacionais, devido à falta de um projeto viário que considerasse os arrendamentos estabelecidos e as condições limítrofes de cada terminal;
- (iii) Inexistência de infra-estrutura adequada que suporte estacionamento e bolsões para caminhões e pátios de manobras para composições ferroviárias sem prejudicar a logística operacional dos terminais.

Agravado pelas condições descritas acima, para muitos terminais torna-se imprescindível a busca por expansão de áreas, que nem sempre é viável devido à ocupação territorial imobiliária e urbana ou ainda áreas contíguas arrendadas a outro propósito, com isso uma alternativa que se apresenta é a adoção de novas estratégias operacionais visando adequar a existente estrutura do terminal a uma demanda consideravelmente maior que a considerada inicialmente e com características completamente diferente de cinco anos atrás devido às mudanças ocorridas no mercado e em sua logística. Diante do cenário instaurado, o desafio para o planejador

portuário brasileiro ganha ainda maior importância, representando em muitos casos fator vital para a sobrevivência do terminal no mercado competitivo e urge a necessidade em desenvolver metodologias e estudos que auxiliem nos processos de decisão do terminal, aliando o embasamento teórico acadêmico com o conhecimento prático e experiência operacional, necessários para a formulação correta do problema e a elaboração de análise comparativa entre as alternativas existentes, visando à obtenção da melhor solução técnica-operacional.

1.2. Motivação para a pesquisa

Um dos principais fatores motivadores para a escolha do tema para desenvolvimento de pesquisa na área portuária foi o fato de estar este setor passando por um importante processo de mudança, tanto na esfera mundial, ao analisarmos as mudanças na logística da produção mundial e no perfil e características da carga containerizada, a evolução dos navios, as fusões, entre outros aspectos; como no âmbito regional, ao considerarmos que se passaram mais de dez anos da promulgação da lei dos portos, início da gradativa desestatização das operações dos terminais portuários.

Em resumo, foram os fatores motivadores para a escolha do tema de pesquisa voltado para o planejamento e operação de terminais portuários de contêineres:

- (i) Estar inserido em um setor de considerável importância para o comércio mundial e em destacada evolução, principalmente nos países em desenvolvimento;
- (ii) Ter exemplos mundiais que mostram a relevância com que o tema é tratado tanto no meio acadêmico como pelas empresas e organizações e notar que ainda temos pouca literatura no Brasil que aborde o assunto de forma técnica e científica;

- (iii) Notar que mesmo após um processo de mudanças estruturais, houve um lapso no modelo adotado para o novo sistema portuário brasileiro que acabou por definir para terminais de contêineres, áreas pouco adequadas para as operações em níveis de serviço alcançados mundialmente;
- (iv) Perceber que além do crescimento previsto, a demanda está mudando de característica e o mercado passa por um processo de adequação às novas tendências logísticas do transporte marítimo e da produção industrial mundial;
- (v) Identificar necessidade urgente de buscar soluções para garantir a manutenção da competitividade dos terminais neste novo cenário que se apresenta;
- (vi) Acreditar no auxílio que trará uma metodologia específica que analise comparativamente as alternativas disponíveis, associando capacidade com estratégias de armazenagem, visto que grande parcela das decisões no setor ainda depende da experiência e prática de profissionais da área, sem necessariamente ter o embasamento teórico suficiente.

1.3. Objetivos e delimitação do problema

Pretende-se explorar o tema relacionado ao planejamento e operação portuária de contêineres, no tocante às operações de retaguarda, mais especificamente a ocupação do pátio de armazenagem, relacionando o tipo de equipamento de movimentação utilizado e o sistema operacional do terminal a uma determinada demanda de movimentação, avaliando os resultados de cada alternativa através de índices comparativos e expondo diferentes estratégias de operação.

O assunto abordado ganha importância no cenário brasileiro, face às mudanças verificadas nos últimos dez anos na estrutura organizacional, administrativa e operacional do setor portuário e o surgimento de uma nova realidade nas operações de contêineres, à medida que investimentos vêm sendo realizados, novos terminais instalados e áreas existentes destinadas à operação de contêineres sendo completamente remodeladas e equipadas visando se adequarem ao quadro que se apresenta, caracterizado por uma demanda em considerável crescimento que tem como importante propriedade uma mudança em seu comportamento decorrente da alteração do cenário logístico atual do comércio marítimo.

Pretende-se que o trabalho permita posicionar o leitor no assunto mesmo que este não tenha profundo conhecimento na área, para tanto, a caracterização do problema tem como objetivos principais descrever as operações básicas de um terminal de contêineres, os tipos de equipamentos e sistemas operacionais mais comumente encontrados em terminais de contêineres e suas principais especificidades e os problemas de decisão mais usuais em terminais de contêineres, classificando-os de acordo com os níveis de planejamento, finalizando com maior ênfase às questões relativas à ocupação de espaço.

No âmbito acadêmico mundial, o assunto é tratado sob diversos enfoques, desde modelagem matemática de otimização para reserva e ocupação do espaço, problemas de roteirização e otimização da movimentação até a relação entre estratégias de armazenagem relacionando-as à área disponível. Certamente o nível de tratamento científico dado ao problema está consideravelmente mais avançado do que os trabalhos que por aqui encontramos, muitos trabalhos tratam do problema utilizando recursos de simulação, outros através de modelos discretos, e alguns através de heurísticas e métodos de solução, principalmente para os casos combinatórios (NP-HARD), muito presente neste tema devido à alta incidência de incertezas e variáveis de comportamento pouco previsível, mas poucos foram encontrados que comparassem as alternativas de equipamentos e sistemas através de índices operacionais de ocupação de espaço. Este trabalho tem também a intenção de repassar os pontos básicos dos mais relevantes e recentes trabalhos publicados

relacionados ao tema, visando contribuir para o detalhamento e continuidade da pesquisa acadêmica associada ao planejamento e operação em terminais de contêineres.

Para complementar a análise das alternativas, é desenvolvido um modelo de análise de custos que compara cada tipo de equipamento, a partir de um dimensionamento que utiliza parâmetros e índices encontrados nas mais importantes referências mundiais do tema.

Contudo, a fim de evitar uma abordagem excessivamente abrangente e meramente conceitual do tema, o problema a ser tratado neste trabalho buscou restringir-se ao processo de decisão estratégica de um terminal de contêineres relativo à seleção adequada dos equipamentos de movimentação de retaguarda, tendo como objetivo final, a elaboração de uma metodologia que permita auxiliar na avaliação das diferentes alternativas existentes de tecnologia e sistemas operacionais associados às estratégias de armazenagem aplicadas em relação à ocupação de espaço, para uma expectativa de demanda de movimentação e disponibilidade de área para expansão, comparando os resultados obtidos através de índices e parâmetros operacionais propostos. A figura a seguir ilustra o objetivo e as delimitações do problema explorado nesta dissertação.

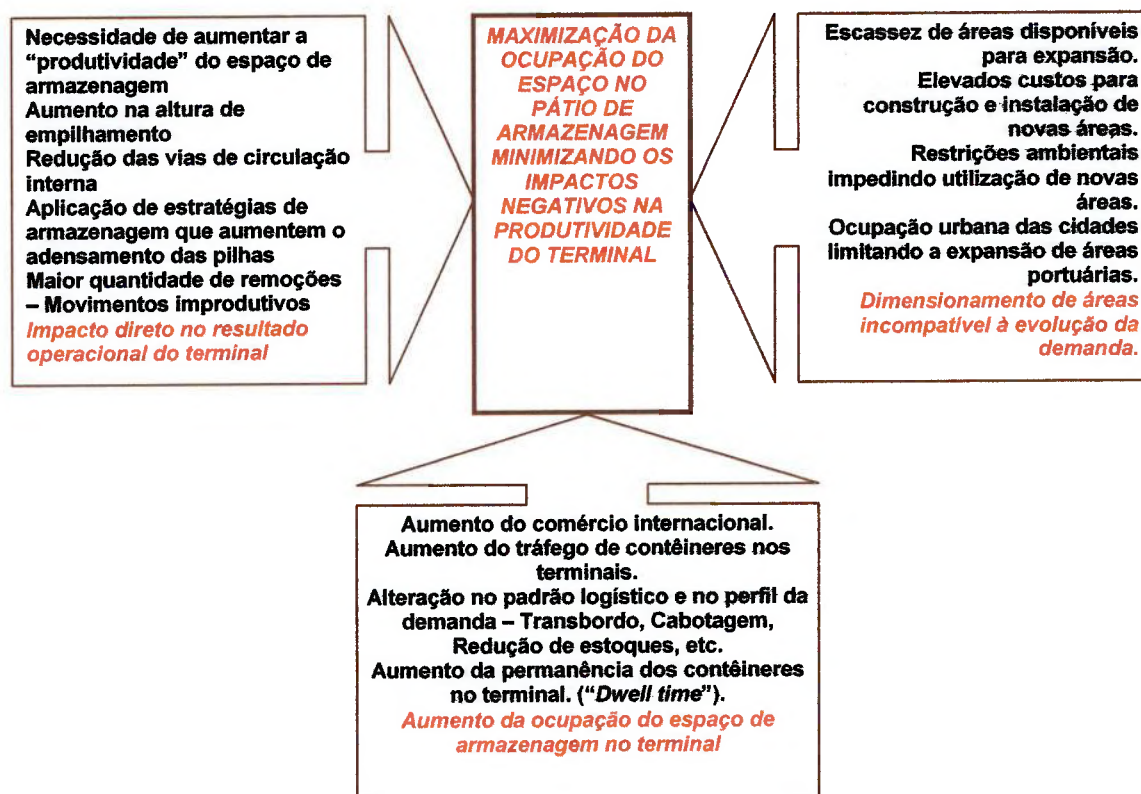


Figura 3 – Objetivos e delimitação do problema

1.4. Escopo e delineamento do trabalho

Este trabalho foi estruturado de maneira a dar uma contribuição ao planejamento portuário, mais especificamente em terminais de contêineres, garantindo que se obtenha desde conhecimentos operacionais primários do assunto, sob um caráter definitivamente mais abrangente e amplo; indo até a definição de um método específico para avaliação comparativa de soluções que envolvam diferentes tipos de equipamentos de movimentação e estratégias operacionais para a ocupação de espaço, a partir de determinadas premissas e hipóteses adotadas; passando pela revisão dos principais estudos encontrados no âmbito acadêmico e científico.

Neste capítulo introdutório, tem-se a apresentação do tema proposto e em seguida a descrição do cenário atual através de uma breve caracterização do sistema e seus principais componentes, ressaltando os fatores motivadores para a escolha do

tema e para pesquisa científica do assunto; de maneira descritiva, são apresentados os objetivos principais e secundários da tese, buscando também estabelecer os limites para o problema sugerido.

No capítulo 2 é tratada especificamente a caracterização do problema, buscou-se de maneira abrangente e hierárquica identificar as principais particularidades do tema, de maneira que, mesmo em não se tratando de um especialista na área, permita ao leitor ter pleno entendimento do assunto neste trabalho abordado. Descreve as operações básicas de um terminal de contêineres, com o objetivo de ressaltar suas principais características dentro do contexto sistêmico de um terminal, apontando os conceitos inerentes a cada operação e os recursos utilizados; seguindo essa mesma tendência, são descritos os tipos de equipamentos e sistemas operacionais mais comumente encontrados em terminais de contêineres e suas principais especificidades, ressaltando as vantagens e desvantagens de cada sistema.

No capítulo 3 é exposta toda a revisão bibliográfica do tema proposto, buscando na literatura acadêmica, estudos, trabalhos e publicações que abordassem sobre vários enfoques as questões relacionadas à ocupação de espaço e armazenagem em terminais de contêineres, mesmo sem estar diretamente relacionado ao trabalho ora desenvolvido, mas que de alguma forma pudesse contribuir na sua pesquisa, principalmente no tocante a modelagem matemática. Para efeito de organização, a revisão bibliográfica foi subdividida em três partes, dividindo os trabalhos com o tema relacionado. Na parte final são sumarizados os pontos que serão aproveitados na metodologia e no modelo matemático adotado.

No capítulo 4 é dada ênfase aos problemas de decisão mais usuais em terminais de contêineres, classificando-os de acordo com os níveis de planejamento. Focando o problema de ocupação do espaço, escolhido como problema a ser abordado; são definidos os índices e parâmetros operacionais a serem utilizados na metodologia proposta mais adiante, e são descritas as principais estratégias de armazenagem utilizadas para cada sistema.

O capítulo 5 apresenta a metodologia a ser utilizada e a descrição do modelo desenvolvido para a análise e seleção de equipamentos de retaguarda e estratégias de formação de pilhas na armazenagem em terminais de contêineres, são ressaltadas as principais premissas e restrições adotadas e as características física dos equipamentos e da configuração do pátio de armazenagem projetado para cada solução, apresentando também os parâmetros de segregação utilizados, as estratégias de armazenagem que definem cada cenário analisado. Neste capítulo também pode ser encontrada a definição dos itens e da formulação matemática aplicada no modelo.

O capítulo 6 descreve a aplicação do modelo para cada cenário e os resultados obtidos, que são consolidados em tabela no final do capítulo. São apresentadas, como saída do modelo, as visualizações dos pátios de armazenagem com a respectiva ocupação extraída do modelo e os cálculos dos índices e taxas e resultados obtidos para cada cenário. Neste capítulo também pode ser encontrada a análise de custo de cada alternativa analisada.

O capítulo 7 reúne as contribuições alcançadas pelo trabalho, as conclusões obtidas da aplicação do modelo e das análises realizadas e as sugestões para os próximos passos a serem dados visando a seqüência das pesquisas relacionadas ao tema explorado.

2. CARACTERIZAÇÃO SISTÊMICA DE UM TERMINAL DE CONTÊINERES E SUAS OPERAÇÕES BÁSICAS

No intuito de identificar as principais características das operações básicas que compõe um terminal de contêineres e auxiliar a modelagem do problema, além de situar adequadamente as restrições e limites do sistema no qual o terminal de contêineres está inserido, procurou-se adotar uma abordagem sistêmica para as operações de um terminal de contêineres, dividindo em subsistemas, os principais processos operacionais e identificando suas relações com os meios interno e externo.

Vale ressaltar que o tamanho e limites de um sistema variam de acordo com o enfoque da pesquisa e com os pontos a serem abordados, um sistema pleno para um determinado trabalho pode representar apenas um componente para outro.

Inicialmente vale ressaltar a conformação do sistema portuário formado por portos que compartilham, sob algum aspecto, um objetivo comum, devendo ser regido por políticas e regras de interesse maior, com foco no crescimento do comércio exterior e estabilidade da economia do país, sem deixar de lado a garantia do progresso e desenvolvimento das atividades regionais.

Em cada porto podem existir vários terminais, com tendência confirmada à especialização das operações, podendo inclusive existir concorrência entre terminais dedicados a uma mesma atividade, se a demanda assim permitir. Neste nível, a classificação mais encontrada na literatura divide os terminais de acordo com sua especialidade, conforme visualizado nas figuras que se seguem, dando maior ênfase aos terminais de carga geral, origem dos atuais terminais destinados às operações com carga containerizada.

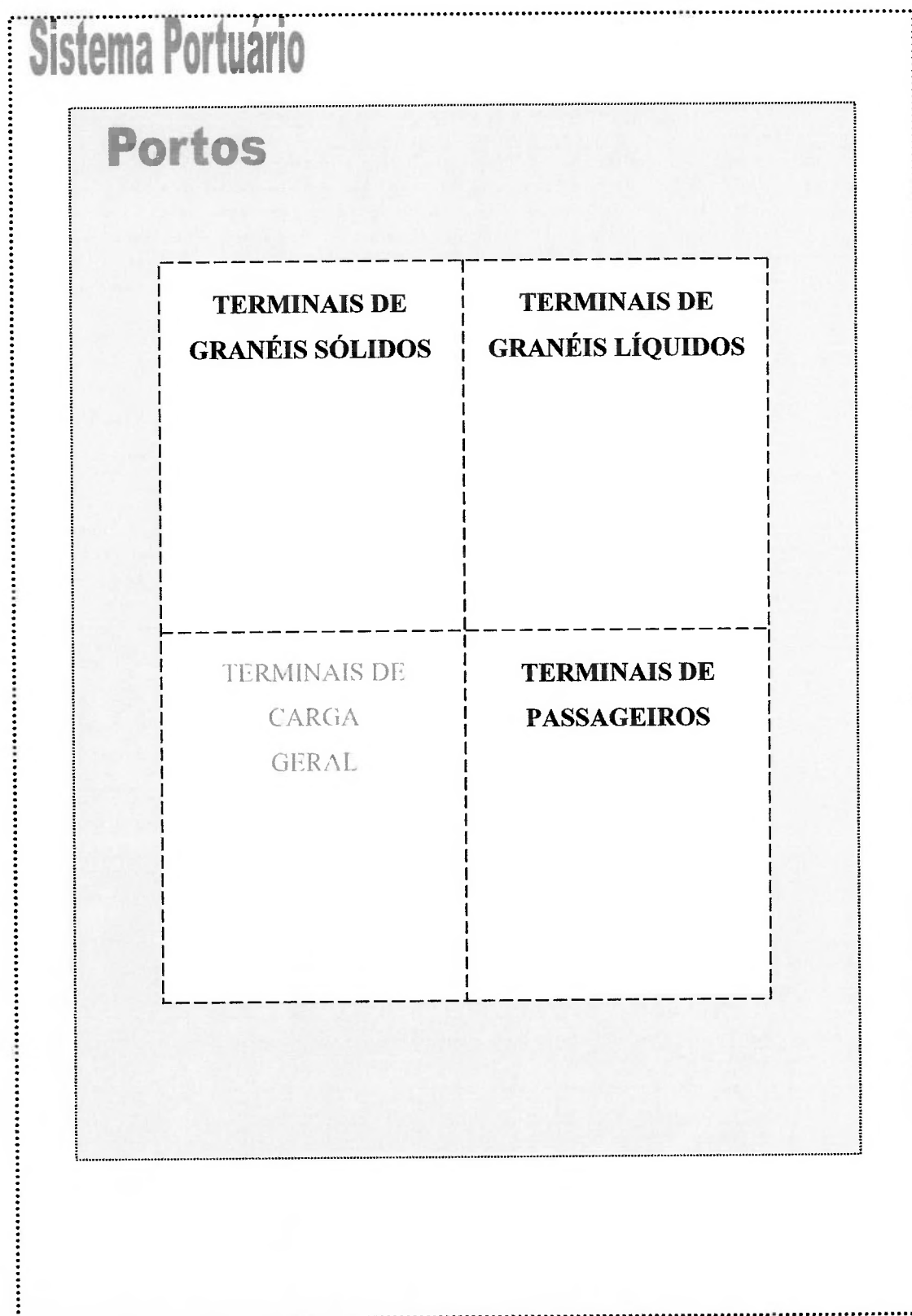


Figura 3 - Caracterização sistêmica de um porto
Sistema Porto e Subsistemas Terminais

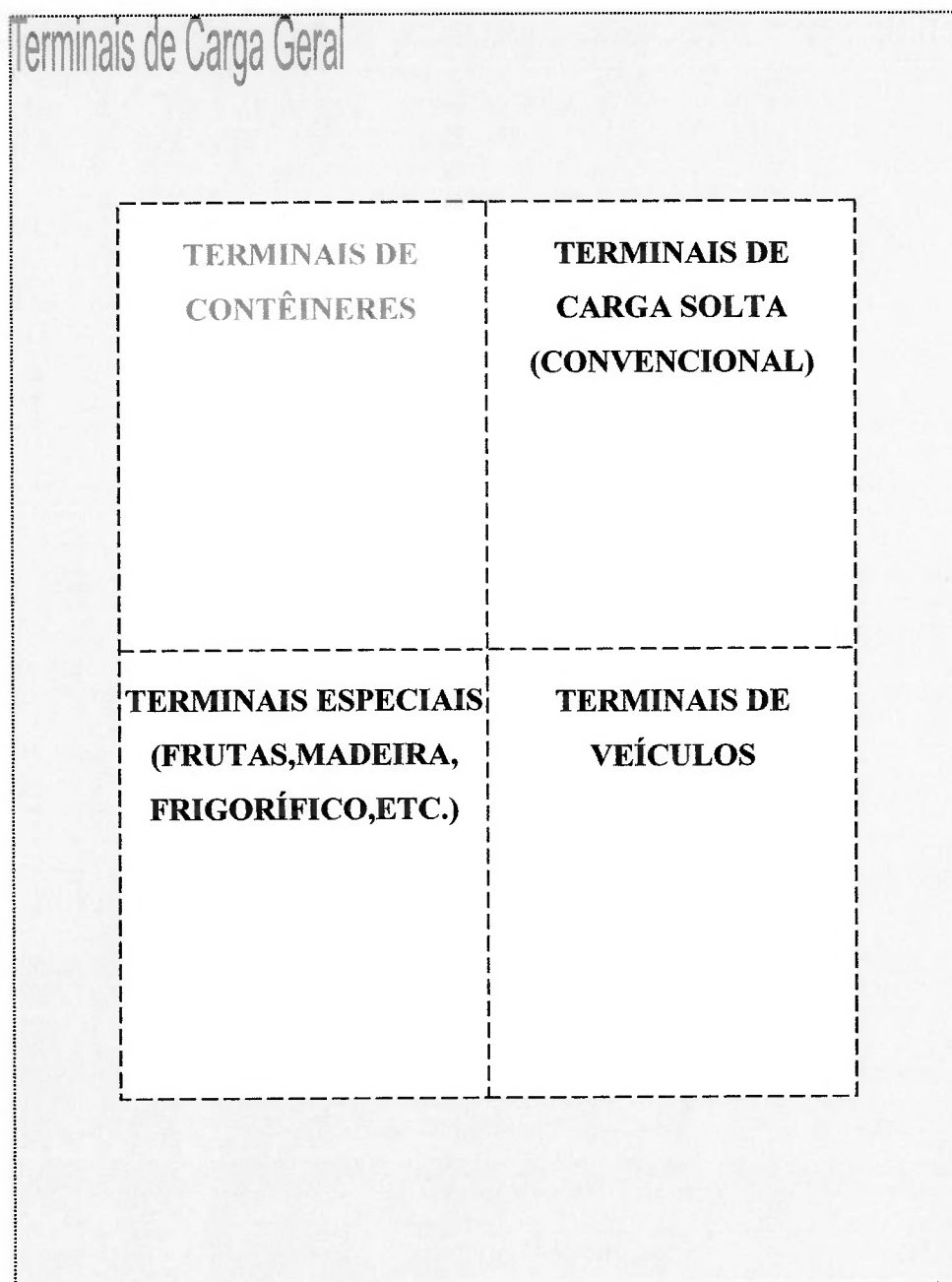


Figura 4 - Caracterização sistêmica de um terminal de carga geral
Subsistema Terminais

De forma geral, um terminal de contêineres tem como atividades operacionais básicas (i) a chegada e atracação de navios; (ii) o embarque e descarga dos contêineres destinados e provenientes de navios; (iii) a movimentação de contêineres na retaguarda; (iv) o recebimento, cadastro, vistoria e armazenamento de contêineres no pátio; (v) a entrega e carregamento de contêineres a veículos externos.

Um terminal de contêineres tem um alto índice de interações entre as atividades operacionais internas e externas ao ambiente ao qual está inserido, estando os resultados e comportamento de cada processo individual, diretamente relacionado ao resultado da etapa anterior e certamente influenciando o desempenho do processo subsequente e consecutivamente a eficiência do sistema como um todo.

Devido a esta natureza de interdependência entre as atividades operacionais, a teoria proposta por CHURCHMAN (1971) ainda é a que mais se aplica ao estudo do processo operacional de um terminal de contêineres. Para o autor, um sistema pode ser definido como "... um conjunto de partes coordenadas para realizar um conjunto de finalidades". CHURCHMAN (1971) sugere um método científico que tem seu princípio fundamental baseado em cinco premissas básicas que devem ser identificadas e exploradas no desenvolvimento da análise do sistema em questão, sendo elas:

1. Os objetivos e medidas de desempenho do sistema;
2. O ambiente do sistema e suas restrições fixas;
3. Os recursos do sistema;
4. Os componentes do sistema ou subsistemas, suas atividades, finalidades e medidas de rendimento;
5. A administração do sistema.

Visando facilitar a identificação das atividades e tarefas principais de cada subsistema, da interface entre eles, das medidas de rendimento e índices de avaliação, dos objetivos individuais e da contribuição de cada um para os objetivos

globais do sistema, para cada atividade básica identificada, de acordo com suas particularidades foi atribuído um subsistema.

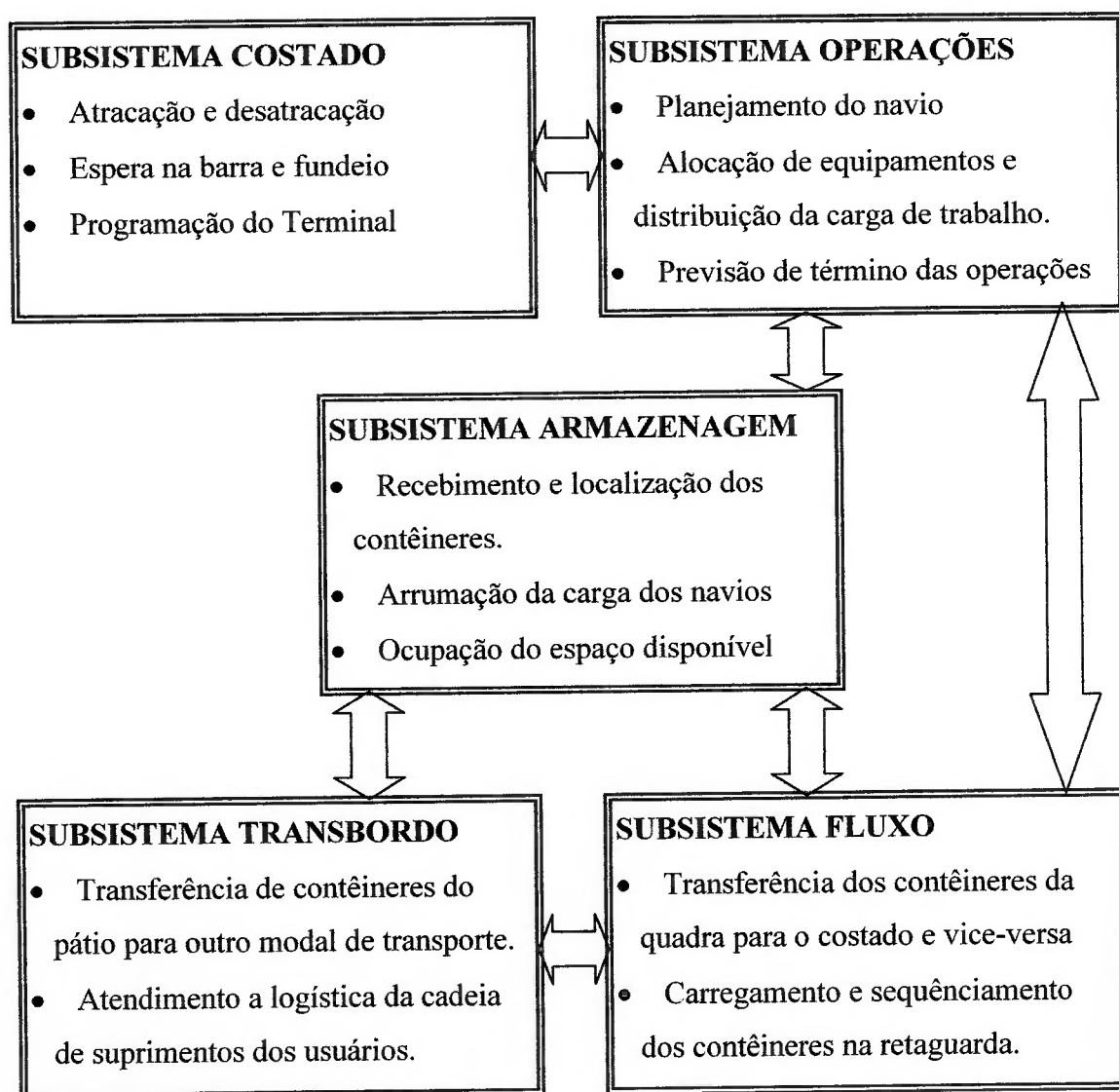


Figura 5 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres - Subsistemas, suas principais atividades e suas interações

SUBSISTEMA COSTADO – Responsável por todo o processo de chegada e atracação dos navios no terminal, acompanhamento e previsão da fila de espera dos navios na barra e nos fundeadouros, além de ser o ponto inicial para a programação operacional geral do terminal, já que trata da demanda de chegada dos navios.

SUBSISTEMA OPERAÇÕES – Neste componente são considerados todos os problemas referentes às operações de embarque e descarga de contêineres nos navios, a alocação dos equipamentos de cais e distribuição da carga de trabalho, através do plano de sequenciamento é item fundamental deste subsistema, visto que tem relação direta com o tempo de permanência do navio no terminal e atendimento ao nível de serviço ao cliente. Tem interação clara, direta e constante tanto com o subsistema costado como o subsistema fluxo.

SUBSISTEMA FLUXO – Este subsistema é responsável pela transferência de contêineres entre o costado e a retaguarda e vice-versa, dependendo da operação. Tem como principal característica o fornecimento de veículos transportadores aos equipamentos de cais, de maneira a evitar paradas e interrupções nas operações, para tanto deve procurar manter um dimensionamento adequado dos equipamentos de transporte e de movimentação na retaguarda. A organização e arrumação dos contêineres no pátio são fundamentais para que os objetivos deste subsistema possam ser atingidos, o que revela a interação nítida com o subsistema armazenagem; também traz impacto direto com os resultados do subsistema operações.

SUBSISTEMA ARMAZENAGEM – Tem como principais particularidades à ocupação do pátio de armazenagem, o recebimento dos contêineres e segregação no pátio de acordo com suas características, combinações e estratégias de armazenagem, a arrumação e preparação da carga para o embarque dos contêineres nos navios ou ainda o acerto das quadras para o recebimento da carga de importação dos navios e posicionamento dos contêineres para a entrega ao seu destino final.

SUBSISTEMA TRANSBORDO – Neste componente estão inseridas todas as tarefas de transferência que envolve mais de um modal de transporte. Normalmente

estas tarefas são executadas na retaguarda e utilizam à infra-estrutura rodoviária e ferroviária disponível no terminal. As operações de entrega e retirada de contêineres e todo processo operacional de atendimento, filas e bolsões, bem como a organização do tráfego operacional do terminal. Este subsistema tem ganhado cada vez mais importância para o terminal de contêineres, devido ao crescente aprimoramento e sofisticação dos sistemas logísticos e da cadeia de suprimentos. Neste caso, fica clara a interação com os subsistemas armazenagem e fluxo, visto que usualmente compartilham os mesmos recursos.

2.1. Os objetivos, as medidas de desempenho e o ambiente dos terminais de contêineres.

Os objetivos, segundo a teoria dos sistemas de CHURCHMAN (1971), do ponto de vista do cientista, devem ser definidos objetivamente e levando em consideração a totalidade do sistema, e sugere que sejam classificados entre objetivos reais e declarados no intuito de identificar claramente, quais devem ser as medidas de desempenho relevantes para a observação da eficiência do sistema. No caso de um terminal de contêineres, os objetivos declarados do sistema consistem na prestação de serviço ao armador, garantindo sempre o melhor resultado operacional para seus navios, reduzindo ao mínimo necessário o tempo de permanência do navio atracado e com índices mínimos de avarias.

Atualmente vem crescendo a importância das operações dos terminais na cadeia logística de suprimentos e da distribuição dos produtos, já representando, certamente, parte dos objetivos declarados. Os objetivos reais do operador portuário além de procurar garantir a obtenção dos objetivos declarados, também buscam o aumento da movimentação e expansão da sua participação no mercado, elevando conseqüentemente a receita do terminal; a utilização racional dos recursos, reduzindo suas despesas fixas e variáveis, e otimizando o custo total do sistema.

As medidas de desempenho, rendimento ou efetividade de um terminal de contêineres são facilmente identificadas, visto que a maioria dos objetivos consiste

em operações avaliadas por índices de produção, quando aliadas aos componentes de custo e recursos, as medidas de efetividade vão avaliar a produtividade do terminal. Os subsistemas do terminal podem ter objetivos específicos, mas equívoco grave se estas finalidades individuais não considerarem os objetivos globais do sistema, devem sempre estar em concordância com as metas estipuladas pela alta direção e restrições estabelecidas pelos integrantes do ambiente do sistema.

Os objetivos e as medidas de rendimento colocados e definidos conjuntamente irão estabelecer o nível de serviço a ser atendido pelo terminal de contêineres. Sendo assim, todas as atividades a serem executadas em cada subsistema definido no terminal deverão contribuir para a obtenção do nível de serviço estabelecido para suas operações. Nível de serviço para terminal de contêineres estará principalmente relacionado ao tempo de atendimento ao navio, desde sua chegada ao terminal até a sua partida para o próximo porto. Atualmente, devido à maior importância dos portos na cadeia logística dos produtos, outros aspectos vêm se tornando fundamentais para a avaliação do nível de serviço dos terminais de contêineres, como o tempo de atendimento aos veículos de transporte terrestre, acessibilidade marítima e terrestre, tempo de espera em fila, entre outros índices que são constantemente avaliados pelos armadores.

Medir as operações, atividades e processos em um terminal de contêineres é tarefa consideravelmente árdua, e que vem sendo explorada por um grande número de estudos, trabalhos, teses e discussões. Não tendo a pretensão de aprofundar o assunto, também sem ter a intenção de detalhar ou encontrar uma nova formulação para a mensuração das operações e sua produtividade, visando à obtenção das metas e objetivos globais do sistema, serão identificados na figura a seguir, apenas os principais objetivos a serem alcançados e índices de medição do desempenho operacional mais comumente encontrados para cada componente do sistema, com a finalidade de completar a caracterização sistêmica do terminal e elucidar os conceitos utilizados mais adiante na metodologia proposta nesta dissertação.

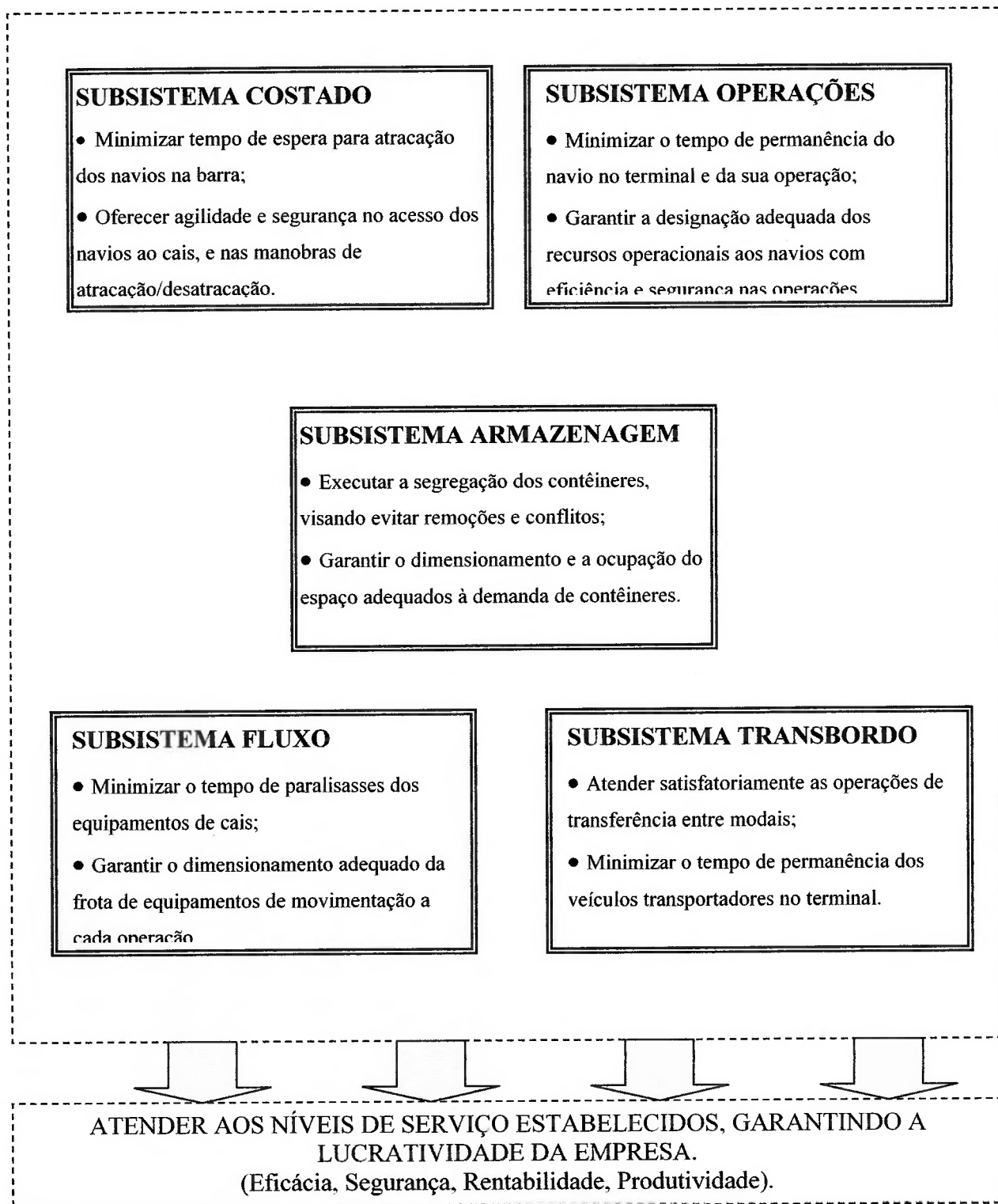


Figura 6 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres - Subsistemas e seus objetivos principais

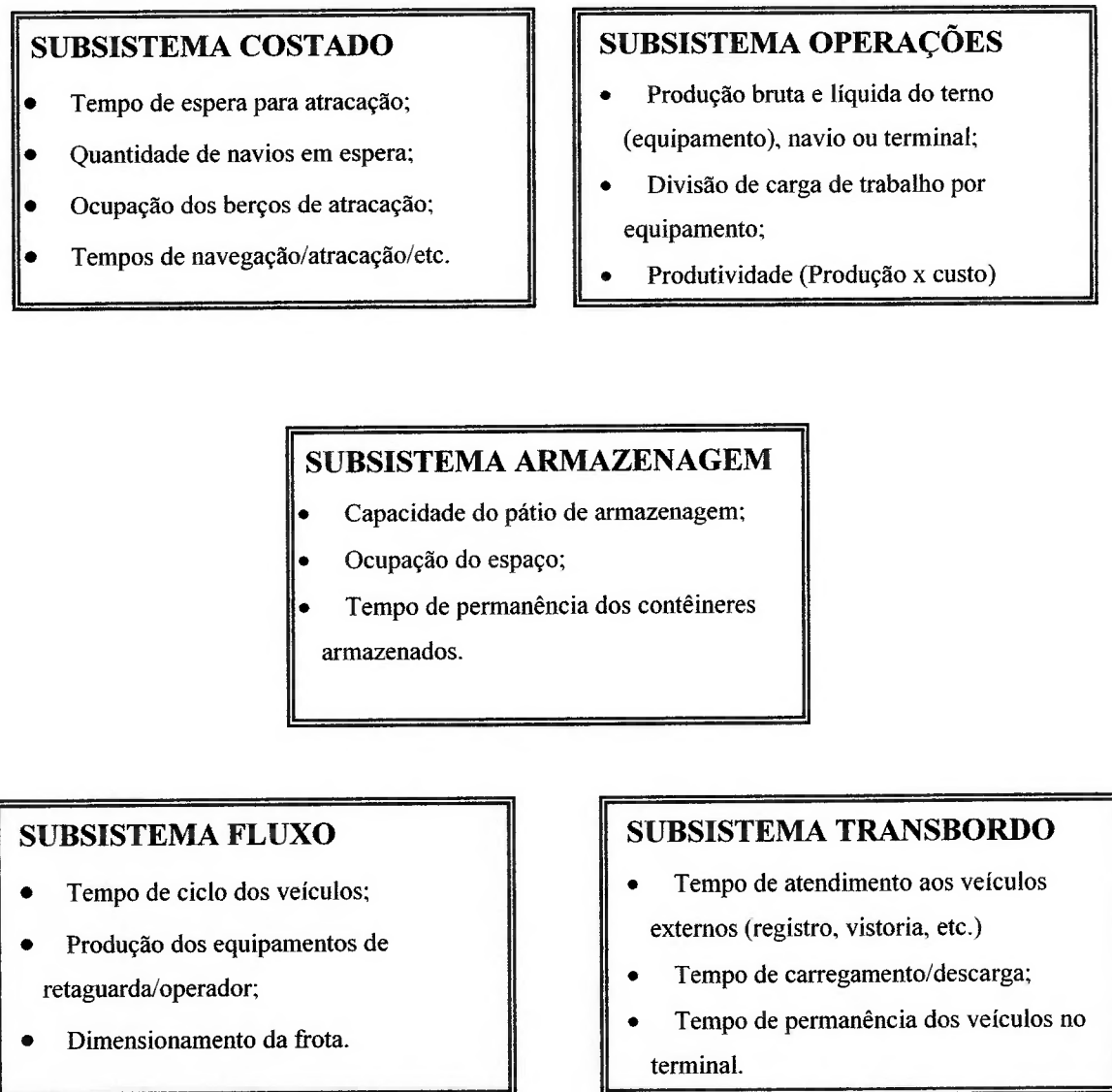


Figura 7 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres - Subsistemas e suas medidas e índices de desempenho

O ambiente que envolve um terminal de contêineres é formado de acordo com o modelo de administração, gestão e propriedade, variando conforme a influência do poder público, da autoridade portuária, aduaneira, do município, entre outros. Um ambiente, sob o enfoque sistêmico, é formado por atividades, poderes, entidades, órgãos ou empresas que impactam diretamente no processo produtivo do sistema, mas que são muito pouco suscetíveis às alterações de comportamento, influenciadas diretamente pelos elementos considerados no interior do sistema. A figura a seguir mostra as interfaces entre os subsistemas mais relevantes e alguns dos principais elementos componentes do ambiente do sistema de um terminal de contêineres. Uma ilustração similar, com maior foco em aeroportos, pode ser encontrada em GUALDA (1995) onde é apresentada sua contribuição ao planejamento e dimensionamento operacional de terminais de transportes.

No exemplo mostrado, as principais influências estão nos regulamentos e determinações impostas pelas autoridades governamentais nos processos produtivos do porto e, conseqüentemente no funcionamento do terminal; nas regras e condições definidas pela autoridade portuária que regulam determinadas tarifas, condições de concorrência e utilização da infra-estrutura considerada pública, comum a mais de um terminal; na condição e caracterização da mão-de-obra avulsa cuja utilização ainda é imposta e restrita a determinados sindicatos, no comportamento dos transportadores externos, tanto rodoviário como ferroviário, e prestadores de serviços exclusivos (praticagem) que tem fundamental importância no processo produtivo do terminal, entre outros.

A definição de um sistema e seu ambiente deve ser dinâmica, constante e continuamente revisada; visto que, apesar de um elemento fazer parte, sob um aspecto, do ambiente do sistema, uma determinada parte do seu processo operacional pode ter interação relevante, influenciar e ser influenciada pelo sistema, constantemente ou apenas por um período definido, podendo ser temporariamente inserido no sistema para a conclusão de um planejamento ou elaboração de um projeto específico.



Figura 8 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres Sistema, Subsistemas e Ambiente.

2.2. Recursos operacionais dos subsistemas em um terminal de contêineres.

Seguindo a mesma linha de raciocínio do item anterior, para facilitar o entendimento são identificados, de acordo com seu respectivo subsistema, os recursos utilizados, dando maior enfoque aos recursos operacionais, mais especificamente os equipamentos de movimentação de retaguarda e seus sistemas de operação. Lembrando que recursos, em uma caracterização sistêmica, são os meios que o sistema usa para desempenhar suas tarefas, podendo ser instalações físicas, equipamentos, pessoas, entre outros.

SUBSISTEMA COSTADO – Como recursos utilizados por este componente podem ser consideradas as zonas de fundeio, aonde os navios aguardam atracação, o canal de acesso por onde os navios entram no porto e chegam ao terminal, os rebocadores e a praticagem responsáveis pelas manobras de entrada e atracação dos navios e os berços de atracação, ou seja, o costado ou cais do terminal, que sofre impacto direto com o tamanho e particularidades dos navios.

SUBSISTEMA OPERAÇÕES – De maneira geral, os recursos utilizados para a execução das tarefas deste subsistema são os equipamentos de cais de pódio, conhecidos usualmente como portêineres, ou guindastes de grande porte ainda no cais, conhecido como MHC (*Mobile Harbour Crane*), ou mesmo em alguns casos dos guindastes de bordo dos navios. Para todos os casos, sua utilização é primordial para a obtenção de bons resultados, e que está diretamente relacionado com a divisão da carga no navio e com o plano de carga definido pelo armador. Outro aspecto que tem influência direta neste subsistema, e que também pode ser considerado um recurso é a distribuição e segregação da carga no pátio, ao fornecer subsídio para um bom sequenciamento dos contêineres.

SUBSISTEMA FLUXO – Neste componente, estão associados os recursos operacionais de equipamentos de movimentação de retaguarda, que serão mais detalhadamente estudados na seqüência do trabalho, os veículos transportadores (caminhões, chassis, tratores, etc.); além de utilizar e ter influência direta também

nos equipamentos de cais e na distribuição e preparação dos contêineres no pátio de armazenagem, evitando desta forma remoções durante a transferência da carga.

SUBSISTEMA ARMAZENAGEM – Também neste subsistema, os recursos utilizados correspondem aos equipamentos de movimentação de retaguarda, outro recurso fundamental para as tarefas deste componente é o próprio espaço disponível, a área de armazenagem que pode ser ocupada. Tem influência direta no desempenho deste subsistema, as características da demanda, as estratégias de armazenagem e a configuração e ocupação das pilhas de contêineres.

SUBSISTEMA TRANSBORDO – A infra-estrutura viária em geral faz parte dos recursos deste subsistema, os postos de atendimento ao caminhoneiro (Gates), pontos de registro de cargas, área de vistoria, ramais ferroviários, área para bolsões e estacionamentos, espaço para organização de filas, entre outros. Tem interferência direta, mais uma vez, os equipamentos de movimentação de retaguarda e o posicionamento dos contêineres no pátio de armazenagem.

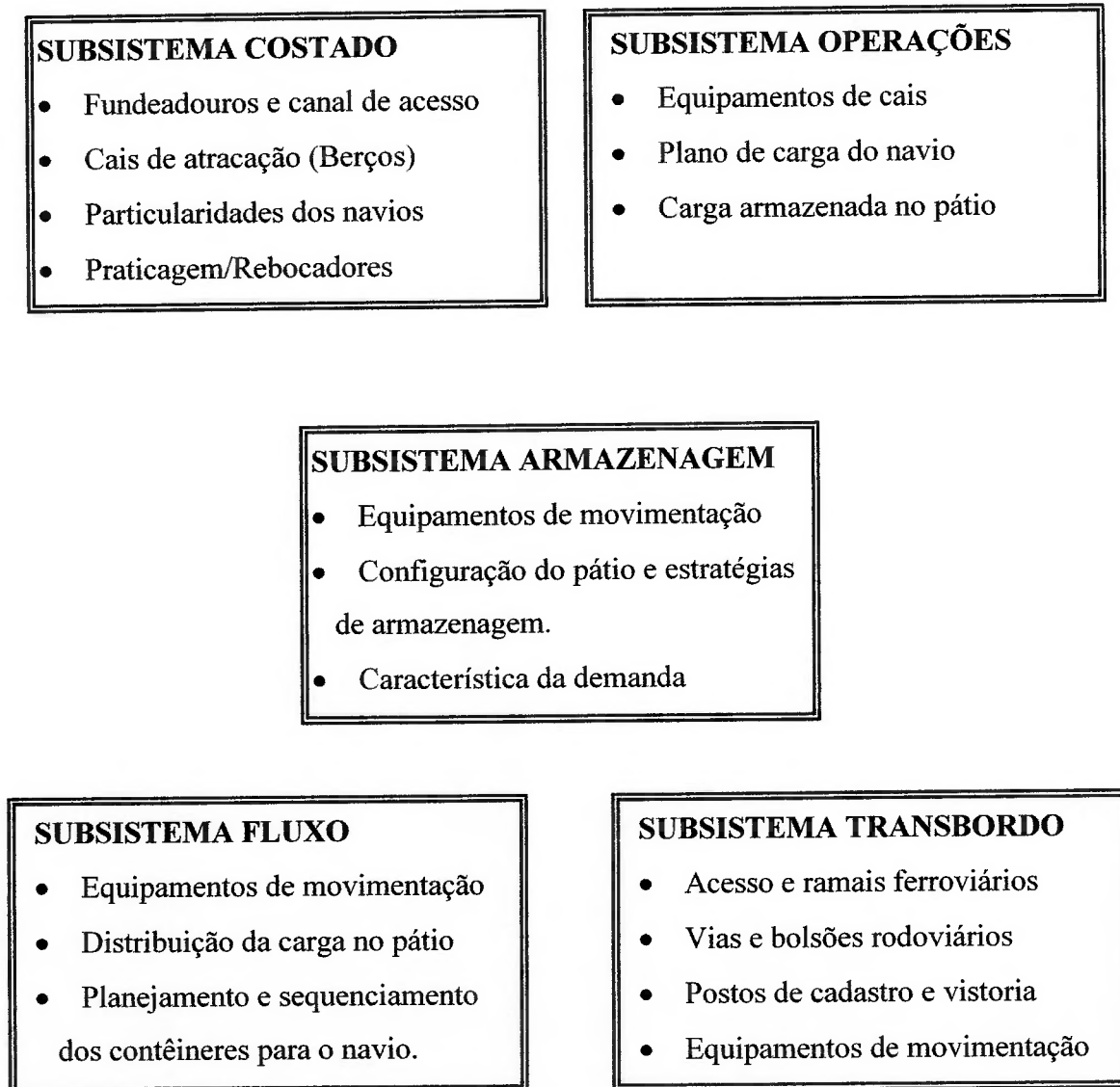


Figura 9 - Caracterização sistêmica de um terminal de contêineres - Subsistemas e seus recursos

2.2.1 Tipos de equipamentos e sistemas de movimentação utilizados em terminais de contêineres

Os equipamentos de movimentação de contêineres utilizados em terminais podem ser divididos inicialmente em duas classes, de acordo com o local onde são executadas suas operações, podendo ser equipamentos de cais, responsáveis pela movimentação de contêineres entre o navio e o terminal, e vice-versa; e os equipamentos de retaguarda, responsáveis pela movimentação de contêineres na área de armazenagem e pela transferência da carga para outros modais de transporte; neste capítulo serão detalhadas as características principais destes equipamentos.

As particularidades de cada equipamento variam consideravelmente entre os diferentes tipos e modelos, e estão diretamente atrelados às suas características, fatores importantes para o terminal, como os sistemas operacionais utilizados, a configuração definida para o pátio de armazenagem, o dimensionamento das vias internas de tráfego, a ocupação do espaço disponível, entre outros; esta condição justifica a necessidade de se conhecer mais detalhadamente as especificações de cada equipamento, suas restrições, vantagens e desvantagens para um determinado cenário previsto. A seguir serão descritas as principais características de cada equipamento de movimentação de retaguarda, classificados de acordo com a sua forma de utilização encontrada nos terminais e indicando as principais aplicações encontradas.

CHASSIS – (SEMI-REBOQUE) - O chassi ou semi-reboque é uma plataforma com rodas que é especialmente preparada para transportar contêineres de 20 pés e 40 pés e que requer ser engatado a um cavalo mecânico ou trator para seu deslocamento. Os chassis podem ser utilizados tanto em movimentações dentro do terminal em conjunto com outros equipamentos de retaguarda, no atendimento às operações do subsistema fluxo (carga e descarga dos navios), como em situações de envio e recebimento de contêineres direto entre o terminal e seu destino final, por via rodoviária.

Neste último caso, o terminal opta por não armazenar os contêineres no pátio, mantendo-os sobre os semi-reboques até o momento da sua retirada, seja para o embarque no navio, seja para a entrega ao destino. Trata-se de uma operação com alto grau de agilidade e eficiência, por não ser necessário nenhum transbordo do contêiner, desde a chegada, até a saída do terminal; porém é necessária uma enorme área operacional para atendimento à demanda de contêineres, visto que não é previsto o empilhamento, este fator também tem considerável interferência nos fluxos operacionais e bolsões de estacionamento para os chassis aguardando a destinação final. Os chassis utilizados neste tipo de operação devem estar aptos a trafegar normalmente pelas estradas, de acordo com a legislação rodoviária do local.

No caso em que os semi-reboques são utilizados para movimentação interna, os equipamentos complementam as operações de retaguarda, uma limitação importante é que requer sempre que exista um outro equipamento de movimentação disponível para carregar e descarregar os contêineres aos chassis. É comum encontrarmos estes chassis adaptados com guias e abas laterais que facilitam o carregamento do contêiner e normalmente também tem sua estrutura vazada nas extremidades para facilitar a operação de descarga de contêineres com *twist locks* (castanhas de bordo) acopladas, permitindo a retirada desta trava com o contêiner já colocado sobre chassis.

Uma variação do uso dos chassis consiste nas movimentações entre o pátio e o costado realizadas através de comboios formados por três a cinco chassis, sendo tracionados por um único veículo de transporte (trator). Este sistema, conhecido como multi-trailer ou MTS ("*multi-trailer system*"), considera a economia de ter apenas um veículo e um motorista transportando até cinco contêineres de quarenta pés ou dez TEU. Para a operacionalização deste equipamento é necessário que o terminal possua uma boa condição de fluxo, com quadras e vias internas organizadas e com espaço suficiente para manobras, além do que o sequenciamento dos contêineres deve ser feito minimizando o deslocamento do conjunto.

O sistema de multi-trailer pode ser encontrado nos portos de Gioia Tauro (Itália), Vancouver (Canadá), Rotterdam (Holanda) e Felixtowe (Inglaterra). Nos Estados Unidos um acordo laboral entre sindicatos e os portos impedem a utilização deste sistema; no Brasil, ainda não existe nenhum terminal que tenha optado por este tipo de equipamento em suas operações, parte por tratar-se de equipamentos especiais, ainda não fabricados no país, que necessitam ser importados, parte pela falta de infra-estrutura adequada nos nossos portos.

Outra evolução da utilização dos chassis nas movimentações internas dos terminais de contêineres, e que para muitos se trata do início de uma revolução nos métodos operacionais, é a aplicação de tecnologia avançada de automação de veículos nos semi-reboques, mais conhecidos como AGV, ou *Automated Guided Vehicles*, de fato esta tecnologia já é largamente aplicada no ambiente industrial e já existente exemplos da aplicação do conceito na área portuária, mais especificamente nos portos de Rotterdam, ECT Delta Terminal e Thamesport (Inglaterra), outros portos começam a mostrar iniciativa e interesse em ter sistemas automatizados, atualmente com a evolução da tecnologia de navegação e dos softwares de programação e controle, esta alternativa pode se tornar economicamente viável.

Um sistema AGV é composto basicamente por um chassi ou multi-trailer dotado de (i) uma controladora de bordo, responsável pelos procedimentos de ignição, aceleração, frenagem, direção, além de monitorar e detectar falhas no veículo e no programa; (ii) um sistema de gerenciamento, que providencia a programação e controle do tráfego, através de algoritmos roteirizadores, responsável pela otimização da utilização dos veículos e pelas “instruções” passadas a cada equipamento; (iii) um sistema de comunicação, usado para transferir dados entre o AGV e a central de controle, estes dados consistem em localização e situação atual do veículo e localização das próximas tarefas; e (iv) um sistema de navegação, que garante a direção e navegação ao AGV no ambiente operacional, que pode ser baseado em um caminho livre, onde os veículos são direcionados por sensores e sistemas anti-colisão ou fixo (restrito), onde os veículos seguem uma referência no piso, seja um trilho, uma faixa refletiva ou mesmo fibra ótica, para se locomoverem.

A grande vantagem do uso deste equipamento está na possibilidade de redução do custo com mão-de-obra e em um maior controle e eficácia das operações pela menor interferência humana no processo e também pela possibilidade de aplicação de algoritmos otimizadores complexos e sistemas de programação dinâmica. As mais notáveis restrições consistem na resistência político-laboral dos sindicatos, na perda de flexibilidade em determinadas situações que fogem ao esperado e em um maior custo de implantação do projeto.

RTG (RUBBER TIRED GANTRY) – Este equipamento é um guindaste em forma de pórtico, propulsado por motor diesel ou elétrico, apoiado sobre rodas, que se movimenta dentro do terminal para empilhar e transportar contêineres na área de armazenagem, sua grande dimensão lhe permite transladar-se em linha reta sobre altas e largas pilhas, permitindo atingir a qualquer posição interna da pilha.

Os equipamentos deste tipo contam com a vantagem de girarem suas rodas 90° para poder transladar dentro do terminal, mudando perpendicularmente de quadras, quando for conveniente. Importante ressaltar que as superfícies por onde o RTG realiza seu deslocamento devem ter seu pavimento reforçado, formando um caminho, devido ao elevado peso próprio do equipamento. Uma restrição operacional deste equipamento está na necessidade de alinhamento apropriado do semi-reboque embaixo do RTG, tempo considerável pode ser perdido se o chassi estiver mal posicionado ou ainda se o equipamento não estiver em boas condições, sensores e posicionadores podem auxiliar esta operação. Encontram alguma dificuldade na translação, devido ao alinhamento das rodas, principalmente quando operados por operadores pouco experientes.



Figura 10 – Exemplos ilustrativos – RTG

RMG (RAIL MOUNTED GANTRY) – Guindaste de pórtico de características similares ao RTG em utilização e estrutura, mas com a diferença de que sua propulsão pode ser elétrica ou mecânica e sua translação é executada sobre trilhos o que limita sua movimentação dentro do terminal. Normalmente permite dimensões ainda maiores que os pórticos sobre pneus. O custo destes equipamentos e sua instalação são elevados, mas os custos com a manutenção e operação são relativamente menores. São equipamentos que permitem grande nível de automação e tecnologia que provêem operações rápidas e seguras.

Graças a sua estrutura, estes equipamentos podem ser projetados para cobrir grandes vãos, com vigas em balanço, além de alcançarem maiores alturas do que o RTG, atualmente existem pórticos sobre trilhos que alcançam onze contêineres de largura e nove de altura. Outra vantagem a ser considerada é a maior facilidade e velocidade na translação, proporcionada pelos trilhos que garantem o alinhamento

durante o movimento. Da mesma forma que para o RTG, atenção deve ser dada ao posicionamento correto dos semi-reboques sob o equipamento.

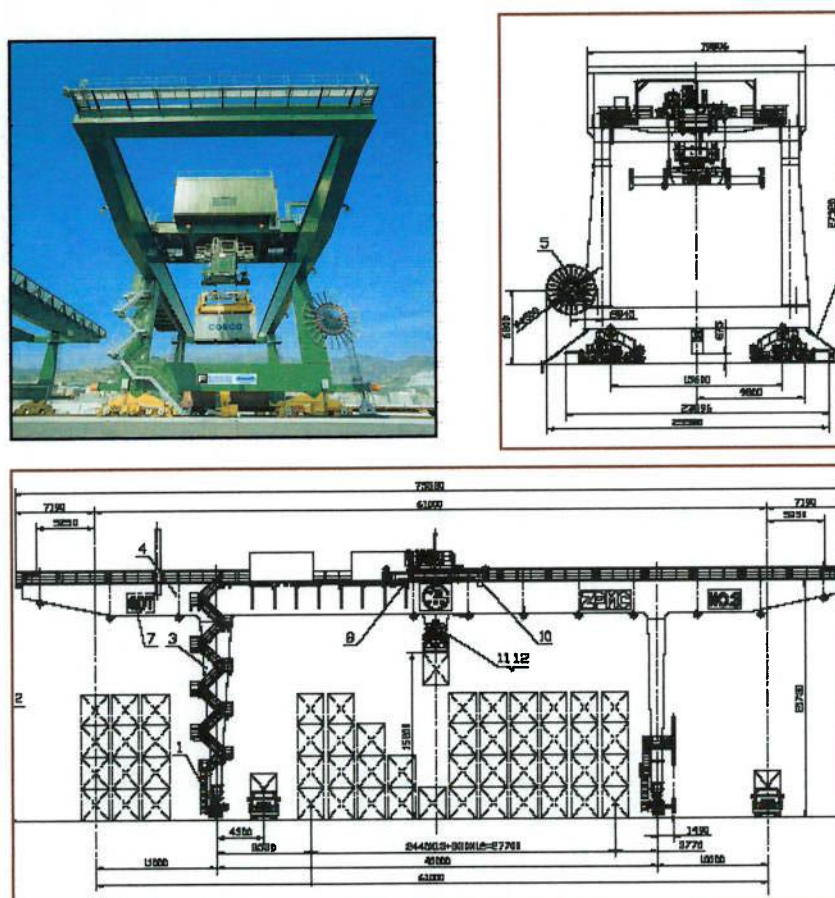


Figura 11 – Exemplos ilustrativos – RMG

REACH STACKER (EMPILHADEIRA) - É um veículo motorizado, a diesel, e equipado com sistemas hidráulicos para a movimentação de contêineres dentro do terminal. De grande manobrabilidade e versatilidade, pode movimentar-se rapidamente de uma área para outra do terminal para carregar e descarregar contêineres; a posição do operador no equipamento lhe oferece boa visibilidade e referência em relação à pilha e ao veículo. Normalmente tem capacidade de empilhamento de até cinco alturas, para contêineres cheios e até sete contêineres de altura, para vazios. Apesar de oferecer grande flexibilidade, este tipo de equipamento sofre, em determinados casos, pela falta de seletividade dos contêineres nas pilhas, principalmente quando elas atingem maiores alturas e larguras, a empilhadeira acessa a pilha apenas pela sua face livre, sendo necessário remover quantos contêineres houver na frente até chegar à posição desejada.



Figura 12 – Exemplos ilustrativos – “*Reach Stacker*”

STRADDLE CARRIER - É um veículo sobre pneus, preparado para levantar, transportar e empilhar contêineres da retaguarda ao costado, capaz de transportar um contêiner a cada vez, sem a necessidade dos chassis, este equipamento está projetado para transpor por sobre pilhas de até três alturas, ordenadas em quadras, facilitando desta maneira a o acesso e deslocamento dos equipamentos. O operador fica posicionado em uma cabine na parte superior da estrutura, suas dimensões, relativamente pequenas em comparação com outros tipos de equipamentos, lhe permitem boa manobrabilidade, mas por outro lado, restringem a visibilidade podendo acarretar em elevado índice de acidentes. Não oferecem, ainda, boas condições para a automação e tem como sério problema a questão dos

bloqueios de quadras e colisões entre os veículos durante as operações, aumentando a complexidade do sequenciamento e roteirização dos veículos. Como carregam o contêiner diretamente do piso ou da pilha, liberam os outros equipamentos de movimentação para a execução das próximas tarefas, desvinculando o seu ciclo operacional até o limite do congestionamento da área.



Figura 13 – Exemplos ilustrativos – “*Straddle Carrier*”

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Buscou-se na pesquisa bibliográfica, a reunião de publicações e trabalhos recentes que tratassem especificamente do problema de alocação de espaço e ocupação do pátio em terminais de contêineres. O tema foi encontrado compondo diversos estudos, mas com enfoques diferenciados, variando também a importância dada ao tema por cada autor em seu respectivo trabalho, de acordo com o objetivo a ser alcançado.

No intuito de facilitar o entendimento e acompanhamento da revisão e do conteúdo que dela foi extraído, a revisão bibliográfica foi organizada de acordo com o tema principal do trabalho pesquisado, ao final do capítulo têm-se, resumidamente descritas as contribuições extraídas de cada fonte ao trabalho desenvolvido.

3.1. Sistemas operacionais e tipos de equipamentos de movimentação utilizados em terminais de contêineres

As referências que foram utilizadas para a elaboração do trabalho neste tópico, tinham um caráter mais abrangente, com aplicação direta no desenvolvimento dos capítulos 2 e 4. Por tratar-se de aspectos e definições mais básicos, buscou-se basear a pesquisa, tanto em livros e autores já notadamente estabelecidos como referência bibliográfica na área portuária, como em publicações mais recentes que abordam o tema; todas, de alguma forma, deram sua contribuição ao desenvolvimento da pesquisa e elaboração desta parte do trabalho, além das inúmeras matérias e textos técnicos publicados em revistas especializadas.

ATKINS (1983) fornece uma visão clássica do terminal portuário de carga geral, já com tendência estabelecida a containerização, oferece um panorama referencial bastante válido do início das operações de terminais especializados em contêineres aos quais o autor dá a definição de modernos. A descrição da evolução histórica oferecida é bem completa, fazendo uma análise comparativa entre terminais

convencionais, com movimentação de carga geral desunitizada (solta), e terminais de contêineres, dando ênfase aos procedimentos operacionais e documentais.

O autor procura descrever detalhadamente as operações básicas de um terminal de contêineres, separando-as inicialmente em importação e exportação, a descrição é sempre acompanhada por boas ilustrações, fotos e desenhos explicativos. Aborda também alguns aspectos das operações de armazém de consolidação integrado e próximo ao terminal de contêineres, característica ainda muito usual na década de oitenta e que atualmente tende a estar, cada vez mais, afastado da área de operação.

Em relação à escolha de equipamentos, o trabalho apresenta um completo guia para a determinação das características dos equipamentos, de acordo com os principais aspectos que indicam a melhor opção. Ainda muito vinculado à movimentação de carga geral solta e também restrito à tecnologia existente na época, o texto deve ser utilizado apenas como referência para conceitos e aspectos teóricos, sendo necessário buscar atualização para os tipos de equipamentos, visto que, sofreram consideráveis modificações nas características técnicas e operacionais (capacidade, velocidade, etc.) ao longo destas duas décadas.

No tocante aos métodos e sistemas operacionais, apesar de ter uma visão um pouco distante da demanda atual de movimentação e dos impactos ocasionados aos grandes terminais em consequência deste relevante incremento, o autor oferece uma excelente referência em relação aos requisitos necessários para o planejamento operacional de um terminal de contêineres, desde sua implantação até a operação propriamente dita; elencando os principais fatores que devem ser considerados para o planejamento e escolha da forma de operação e dos equipamentos de movimentação. Oferece também uma análise detalhada de cinco sistemas de movimentação de contêineres (Chassis, *Straddle Carrier*, RTG, Empilhadeira e RMG), citando as vantagens e desvantagens de cada, que são resumidas em uma tabela de comparação sob dez itens comuns, sendo eles: (i) Utilização de espaço, (ii) Custo de investimento, (iii) Custo do equipamento, (iv) Fator de serviço por guindaste de cais,

(v) Mão de obra, (vi) Manutenção, (vii) Avarias, (viii) Controle das operações, (ix) Vantagens e (x) Desvantagens, que reflete bem uma orientação inicial da relação entre os fatores e a escolha do sistema de operações. Neste ponto vale a mesma premissa ressaltada no parágrafo anterior a respeito da necessária atualização da tecnologia atualmente existente, que muda consideravelmente a análise em determinados pontos.

O autor não dá muita ênfase à forma de armazenagem dos contêineres em cada sistema, se restringe a indicar a regras gerais para cada um, de acordo com suas características principais, eventualmente sugere alternativa para melhorar a ocupação do espaço, por exemplo, elevando uma altura de empilhamento nos contêineres vazios. Apesar de dedicar um tópico exclusivo para o controle do pátio de armazenagem, o autor estabelece parâmetros operacionais que não mais podem ser considerados na logística atual do transporte marítimo e dos terminais; porém, ainda assim o trabalho contém boas referências conceituais desta atividade.

Percebe-se também que o surgimento dos computadores e a sua aplicação como ferramenta operacional ainda aparece restrito a poucos terminais de grande movimentação para a época, ainda assim com objetivos voltados apenas ao armazenamento de dados e emissão de documentos e relatórios, o registro e controle das operações ainda são completamente manuais e transferidos posteriormente para o computador.

Outra referência clássica para planejamento e operações em terminais de contêineres pode ser encontrada em DALLY et al. (1983) que apresenta um manual das práticas aplicadas ao terminal e aos principais subsistemas que com ele interagem; na realidade esta publicação consiste em uma compilação de diversos estudos de caso e trabalhos desenvolvidos, por especialistas em cada tema de relevância, que são organizados em capítulos.

Apesar de ter sido redigido há duas décadas, a contribuição deste trabalho está em fornecer uma síntese detalhada das operações, técnicas e equipamentos

utilizados nos terminais de contêineres, sob um enfoque de profissionais especializados, oferecendo também formulações de dimensionamento, capacidade, diagramas e fluxogramas, sempre ressaltando as tendências a serem seguidas, mesmo que em alguns casos estas não tenham sido confirmadas, ainda assim, certamente a revisão deste trabalho foi de considerável valia para o desenvolvimento desta tese.

Em ALDERTON (1999) pode ser encontrado um registro interessante e bastante completo dos princípios básicos do planejamento e gestão das operações portuárias, traz um atualizado panorama histórico evolutivo das atividades portuárias, com destaque para a classificação e definição dos tipos de portos, de acordo com seu papel e atuação, sua localização geográfica, características físicas, administração, entre outras; oferece também um resumo dos principais fatores intervenientes da demanda de movimentação nos portos e da evolução do comércio mundial, apresenta ainda as mudanças ocorridas nos métodos operacionais, tecnologia e arranjos físicos dos portos desde 1800 até os dias atuais, enfatizando o desenvolvimento da tecnologia de construção dos navios e os impactos nos portos decorrentes destas mudanças.

Em relação à armazenagem em terminais de contêineres, o trabalho apresenta o conceito de produtividade da ocupação da área, ressaltando os principais motivos para a adoção de determinada estratégia de expansão e comenta a existência de correlação entre ocupação de espaço, altura de pilhas e rendimento das operações. Relaciona o tipo de sistema de operações com o equipamento de movimentação utilizado e o *lay out* das quadras e das vias de tráfego interno do terminal, oferece também uma forma de estimar o espaço necessário para a instalação de um pátio de contêineres, dada uma determinada demanda de movimentação, que será demonstrado no próximo capítulo.

De maneira geral, o livro é um completo e relativamente atualizado guia das operações portuárias em geral, com algum enfoque para terminais de contêineres, aborda os principais tópicos do setor, dos conceitos e definições básicas até as questões mais complexas, indo a um nível técnico bastante razoável.

MEERMANS e DEKKER (2001) apresentam uma revisão das atividades operacionais em um terminal de contêineres, enfatizando os recursos do campo da pesquisa operacional, aplicados a cada atividade, tem uma estruturação muito semelhante a VIS e de KOSTER, que apesar de ter sido publicado posteriormente a este trabalho, já havia desenvolvido um texto sob o mesmo enfoque no ano de 1999.

O trabalho apresenta uma descrição resumida das operações, ressaltando as características de cada sistema e equipamento de movimentação, seguindo uma linha de tendência bastante atualizada, no tocante a tecnologia e técnicas aplicadas. Com a finalidade de classificar os problemas de decisão, o autor também utiliza o conceito de níveis de planejamento, de acordo com o tempo de atuação e controle, classificando-os em estratégicos, táticos e operacionais. Apesar de não detalhar nenhuma solução ou método adotado, o trabalho procura encaminhar cada problema descrito a uma abordagem adequada para sua solução, por programação matemática inteira, modelo de filas ou de simulação, indicando também os pesquisadores e principais trabalhos publicados de cada tema.

Em VIS e de KOSTER (2003) pode ser encontrado um apanhado dos problemas e questões operacionais mais freqüentes em terminais de contêineres; com uma abordagem bastante moderna e atualizada, traz uma classificação dos problemas de decisão de acordo com seu nível de planejamento e controle, e descreve os processos e subprocessos operacionais mais relevantes, buscando identificar suas características particulares, os conceitos básicos aplicados a cada caso, os sistemas e equipamentos de movimentação adotados e as formas de abordagem aos problemas encontrados nos meios especializados observados ao longo dos anos.

Apesar do trabalho não detalhar nenhuma das soluções apresentadas, merece especial atenção no tocante à utilização como referência para a organização das categorias das atividades e dos processos operacionais em terminais de contêineres, servindo também como orientação para pesquisa bibliográfica, visto que cita inúmeros autores, publicações e métodos de solução para cada problema.

MEERMANS (2002) apresenta em sua tese, uma síntese das mais recentes técnicas de otimização para os sistemas de movimentação de contêineres, oferecendo uma abordagem matemática consideravelmente aprimorada e completa para a programação dos equipamentos e suas tarefas (*scheduling*) através de modelos e algoritmos de otimização; em sua introdução são descritos alguns dos mais modernos sistemas e equipamentos de movimentação de contêineres, com notada ênfase aqueles plenamente automatizados, tanto no transporte horizontal (AGV – *Automated Guided Vehicle*), como na movimentação vertical e empilhamento (ASC – *Automated Stacking Crane*). O autor adota como base o terminal de contêineres do operador ECT – *Europe Combined Terminals*, atuando em Rotterdam de forma automatizada desde 1993.

3.2. Aplicação de modelos de simulação em terminais de contêineres

A pesquisa realizada em trabalhos desenvolvidos neste tema, não teve a pretensão de ser extensa nem tão pouco de abordar todos os aspectos exaustivamente explorados em trabalhos que utilizam a simulação como ferramenta de modelagem, apenas procura dar uma breve revisão dos trabalhos mais relevantes recentemente desenvolvidos e verificar como foram tratadas as formas armazenagem e de ocupação de espaço em pátios de contêineres.

Um grande número de trabalhos foi desenvolvido voltado para a simulação da chegada e atracação de navios e dimensionamento do número de berços e equipamentos de cais; por não ser este o foco deste trabalho e também por já existir vasta documentação e discussão deste tema, esta pesquisa procurou abranger trabalhos que considerassem pelo menos as operações de retaguarda.

Em BOTTER (1984), foram desenvolvidos dois modelos computacionais para análise da capacidade de terminais portuários, sendo um baseado na teoria de filas e o outro aplicando simulação estocástica, elaborado em linguagem GPSS – *General Purpose Simulation System*. Tem como objetivo principal avaliar o desempenho operacional do porto, visando a identificação de caminhos e

componentes críticos, do berço ao pátio, tendo o enfoque sistêmico como princípio fundamental para a abordagem do problema. Procurou também avaliar comparativamente as duas formas distintas de modelagem, por teoria de filas e simulação, considerando aplicabilidade, performance computacional, precisão nos resultados, etc.

No modelo FILA são analisadas a capacidade de movimentação e formação de filas em cada um dos subsistemas do terminal, de acordo com uma demanda conhecida e características físico-operacionais estipuladas no modelo. Estes valores de capacidade máxima de movimentação, provenientes do tempo de atendimento em cada posto (berço, veículo, etc.) e da quantidade a ser movimentada são associados a determinados parâmetros de níveis de serviço, que quando atingidos incluem o referido subsistema no caminho crítico. Esta análise é feita para as operações dos navios nos berços, para os caminhões para atendimento às operações do navio, bem como a liberação da carga pela vistoria alfandegária na retaguarda. A questão da armazenagem é tratada pelo autor como fluxo de carga, apenas limitando o estoque máximo permissível e balanceando os estoques médios através de tempo médio de permanência da carga no pátio e compara o resultado com um limite admissível considerável como nível de serviço deste subsistema.

No modelo SIMULAÇÃO, o autor busca, através de eventos estocásticos e distribuições probabilísticas representativas dos processos de chegada e atendimento, obter modelos das operações de terminais para diferentes propósitos. Para terminais de contêineres o que mais se destaca é a transferência da carga entre navio e o armazém e vice versa, que é feita através de transporte horizontal com veículos, essa movimentação é modelada através de um ciclo fechado, calculando a fila tanto no berço como no armazém. A retirada e entrada de carga no armazém, assim como no modelo anterior, é tratada como fluxo de entrada e saída de carga, de acordo com a capacidade do veículo transportador e frequência de movimentação.

Nenhum dos modelos desenvolvidos pelo autor trata a questão da armazenagem, suas estratégias e políticas, como interveniente ao sistema; apenas é

estipulado um limite máximo de capacidade do pátio, que se atingido paralisa o modelo até que o pátio tenha novamente condição de recebimento de carga, depois da retirada do estoque pela saída de contêineres.

Em TONDO (1984), pode-se encontrar um exemplo de modelagem de terminais de contêineres, programado em GPSS, que simula suas operações, visando auxiliar no dimensionamento dos recursos e na racionalização das rotinas operacionais do terminal. Tem seu desenvolvimento focado nas operações de retaguarda e no atendimento aos contêineres provenientes e destinados ao navio, não considerando as unidades provenientes da interface externa. Como nos modelos anteriores, considera uma dada demanda de movimentação determinada pela capacidade do navio e o tempo necessário para estivagem/desestivagem de cada contêiner; a cada evento foi relacionado um tempo de ciclo de operação e são conhecidos as frotas de conjunto transportador (cavalo-mecânico e carretas) e equipamentos de movimentação (guindaste sobre pneus e aranhas ou straddle carriers). De acordo com as filas formadas em cada e o tempo médio de espera e a taxa de ocupação de cada recurso observado no modelo conclui-se a adequação do dimensionamento da frota disponível.

Neste trabalho, apesar do tema de armazenagem e posicionamento do contêiner no pátio ainda não aparecer com o devido destaque, pode-se observar um maior detalhamento nas rotinas operacionais de do terminal de contêineres e nos eventos representados no simulador, que definitivamente atinge seu objetivo de auxiliar no dimensionamento dos recursos e racionalização das operações de carga e descarga de navios em terminais de contêineres.

O modelo de simulação encontrado em FERNANDES (2001) tem como principal objetivo analisar um sistema portuário de maneira integrada, caracterizando e modelando as principais operações de um terminal de contêineres, tendo como resultado o dimensionamento adequado dos equipamentos de movimentação, de acordo com o índice de utilização de cada recurso, em relação à evolução da

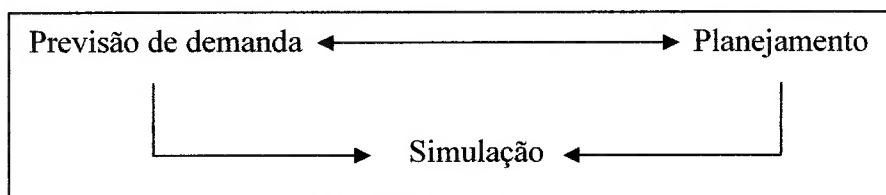
demanda, servindo como suporte para a análise econômica dos custos operacionais e de investimentos.

O modelo de simulação se restringe a analisar as operações de retaguarda no tocante às rotinas operacionais e aos tempos de atendimento em cada processo, não considerando a forma de armazenagem e preparação dos contêineres no pátio, apenas há a verificação se existe espaço disponível para armazenagem, resultando ou não em necessidade de expansão; também não são consideradas alternativas para equipamentos de movimentação e reflexos na ocupação do pátio e nos resultados operacionais, apesar de serem considerados cenários que variam a altura de empilhamento de acordo com empilhadeiras de diferentes características operacionais.

Inúmeros trabalhos publicados no exterior tratam da simulação de operações em terminais intermodal de contêineres, entre os mais relevantes encontrados na pesquisa vale ressaltar GAMBARDELLA, RIZZOLI e ZAFFALON (1998) que utiliza a simulação para validar os modelos de otimização e métodos de solução para os problemas operacionais do terminal; cita também a possibilidade de serem inseridas e apresentadas novas perspectivas de uma determinada política a ser implantada; e resalta as vantagens do simulador ter a habilidade de poder mostrar e confirmar visualmente os resultados obtidos por modelos matemáticos de otimização facilitando o entendimento e a aceitação por parte do administrador portuário operacional, permitindo que possam ser comparadas as decisões tomadas pelo sistema computacional com as decisões que seriam adotadas pelo administrador, usualmente baseadas apenas em suas experiências. Conclui o trabalho com aplicação do modelo em um estudo de caso no terminal de contêineres de La Spezia, localizado na Itália visando a calibração e validação dos resultados encontrados.

O trabalho traz uma descrição bastante detalhada do problema e da forma de abordagem do mesmo sob o enfoque de apoio às decisões operacionais. Dá notada ênfase nos problemas de retaguarda e costado, não entrando no tema de chegada e atracação de navios e ocupação de berços. Divide os problemas de retaguarda em três

grupos principais, sendo eles: (i) Armazenagem dos contêineres no pátio, (ii) Programação das operações de carga e descarga de navios, e (iii) Alocação de recursos no terminal; procura tratar cada problema utilizando módulos de abordagem inter-relacionados que juntos formam um sistema de apoio às decisões operacionais do terminal.



Fonte: Rizzoli et al. (1997).

Figura 14 – Módulos de um sistema de apoio à decisão aplicável em um terminal de contêineres

Apesar de citar e descrever o problema de armazenagem dos contêineres no pátio, este trabalho é aprofundado apenas no caso da alocação de recursos no atendimento às operações de carga e descarga dos navios, que é formulado através de um algoritmo de programação linear inteira, tendo como função objetivo maximizar o resultado da alocação de cada recurso; o modelo adota o fluxo de rede com capacidade nos arcos para representar as operações e os recursos e para a solução deste complexo modelo o autor aplica o método *branch & bound* resolvido pelo programa LP_SOLVE.

Após a solução do algoritmo de otimização, o autor descreve os componentes e eventos de planejamento que serão modelados na simulação do terminal, neste momento são inseridos eventos externos que irão interagir com a alocação dos recursos gerada pelo algoritmo de otimização, visando validar o resultado encontrado e permitir também que sejam aplicadas estratégias oriundas da experiência profissional do administrador, buscando o aprimoramento do modelo de apoio à decisão.

Como dito anteriormente, este trabalho não trata especificamente do problema de armazenagem, nem considera alternativas aos equipamentos de movimentação, seu ponto forte é o detalhamento consideravelmente mais realista das operações de pátio em um terminal de contêineres e o enfoque da utilização da ferramenta de simulação associada a um algoritmo complexo de programação matemática formando um sistema de apoio às decisões operacionais do administrador.

Na mesma linha do trabalho anterior, pode ser encontrado em BONTEMPI, GAMBARDELLA e RIZZOLI (1997), o mesmo conceito de interação entre previsão de demanda, planejamento e simulação, formando o sistema de apoio às decisões operacionais. Ressalta a complexidade de modelar integralmente o sistema, e sugere que os problemas operacionais principais de um terminal de contêineres sejam divididos de acordo com o horizonte de tempo de atuação para cada problema, sendo o resultado de um a entrada de dados para a solução do outro. O autor identifica três problemas, classificando-os de acordo com o quadro a seguir

Tabela 7 - Relação entre problemas operacionais e horizonte de atuação

Problemas Operacionais	Horizonte de Atuação		
	Longo	Médio	Curto
Armazenagem eficiente de contêineres no pátio	X		
Alocação de recursos nas operações de carga e descarga		X	
Programação (scheduling) das operações de carga e descarga			X

Fonte: Bontempi, Gambardella e Rizzoli (1997)

Para cada problema operacional, um método de solução diferente é adotado, sendo: (i) o problema da programação das operações de carga e descarga é modelado através da programação de tarefas (*job-shop scheduling*), tendo como objetivo a obtenção da seqüência ótima das tarefas a serem executadas pelos recursos de maneira a minimizar o atraso máximo na execução de uma determinada operação, associado ao método de solução de busca tabu; (ii) o problema da alocação de

recursos nas operações de carga e descarga de navios é abordado pelo autor de forma idêntica a GAMBARDELLA, RIZZOLI e ZAFFALON (1998) e; (iii) o caso da armazenagem é tratado por *job-shop scheduling* comparando diferentes arranjos do pátio, otimizando as operações de embarque e descarga de navios, de acordo com as posições dos contêineres no pátio. A abordagem da estratégia de armazenagem será revisada mais detalhadamente no próximo capítulo.

O trabalho aponta a utilização do simulador como elemento fundamental para avaliar a performance das políticas e estratégias adotadas, além de permitir a análises de cenários alternativos. Utiliza a linguagem de simulação para eventos discretos MODSIM III estruturada por processo e objeto. A estrutura proposta pelo autor para o simulador é dividida em classes hierárquicas, sendo elas: Os componentes do terminal, identificados como objetos e recursos, podendo ser ilustrados como os meios de transporte, equipamentos de movimentação, pátio de armazenagem; e as políticas e estratégias de gestão, classificadas pelos problemas operacionais citados no quadro acima. Cada classe tem um conjunto de métodos que são usados na aplicação do modelo de simulação e que colocados em rede orientada representam um determinado processo operacional.

Percebe-se neste trabalho, como em GAMBARDELLA, RIZZOLI e ZAFFALON (1998), que o modelo de simulação tem maior nível de detalhamento das atividades operacionais de retaguarda e que a sua aplicação tem como fundamental objetivo, validar os resultados obtidos através dos algoritmos e métodos de solução para os problemas operacionais; ressalta também a complexidade em tratar a questão operacional dos problemas encontrados em terminais de contêineres, dada a considerável parcela de incertezas e variáveis dinâmicas do sistema, e sugere a divisão em subsistemas, de acordo com o horizonte de atuação, de modo a permitir uma abordagem mais realista dos casos; sugere também a condição de integração entre técnicas de otimização e modelos de simulação para a formação de um sistema de apoio às decisões operacionais, confiável e robusto, para o planejador portuário.

Ainda nesta mesma linha, GAMBARDELLA, MASTROLILLI, RIZZOLI e ZAFFALON (2001) tratando os mesmos problemas de alocação de recursos e programação (*scheduling*) das operações de carga e descarga de navios, utiliza também o modelo de simulação para verificar a viabilidade das soluções otimizadas, avaliar a redução de custos obtida com a alocação otimizada dos equipamentos de movimentação de costado e retaguarda, bem como a interferência e conflitos da seqüência otimizada de tarefas programadas para a operação do navio, oriundas da aplicação do modelo de programação.

O autor sugere a integralização dos modelos de simulação e de otimização, sendo os resultados otimizados utilizados como dados de entrada para a simulação, formando um ciclo de replicações compatível com a hierarquia dos modelos de solução, e a simulação fornecendo a visão sistêmica das soluções e avaliando a viabilidade das mesmas. O trabalho detalha ainda mais a metodologia para a solução dos problemas de alocação de recursos e operações de carga e descarga, mas não explora o problema de armazenagem de contêineres no pátio.

Em BRUZZONE, GIRIBONE e REVETRIA (1999) a simulação é apontada como ferramenta de suporte à gestão portuária, dada à complexidade e dinamismo das operações de um terminal multimodal de contêineres; porém, o autor revela um dilema entre os pacotes de simulação, que ou costumam ser focados apenas em uma operação específica, não considerando as interações com componentes externos a rotina operacional simulada, ou perdem o detalhamento suficiente e se distanciam da realidade quando tenta ser mais abrangente no tocante as interações entre as operações.

O trabalho procura detalhar as necessidades para que sejam elaborados modelos de simulação que atendam as exigências emergentes dos terminais, sugerindo como enfoque a utilização de modelos de simulação específicos a uma operação, mas que possam de alguma forma interagir dentro de uma mesma estrutura, formando um simulador de maior abrangência (BRUZZONE, MERKURIEV, NOVITSKY, 1998).

Apesar de classificar em categorias, os problemas operacionais que podem ser tratados por simulação, o autor não especifica a solução de nenhum deles; porém oferece uma boa contribuição para a avaliação dos requisitos computacionais e operativos necessários para o desenvolvimento de modelos de simulação na área portuária. Finaliza com um estudo de caso para suporte a gestão de tráfego marítimo e portuário que associa em um único simulador, um modelo para entrada e saída de navios no porto que interage com um modelo de simulação das operações do terminal em diferentes níveis.

VEE, YE e SHAH (1999) apresentam em seu trabalho um modelo de simulação extremamente robusto desenvolvido para aplicação no Porto de Singapura, notadamente onde estão situados os terminais de contêineres com maiores tráfegos no mundo. Diante desta realidade, o modelo de simulação apresentado enfatiza bastante a plataforma computacional preparada para rodar o sistema. A opção adotada pelo autor foi a de processamento em paralelo utilizando super computadores, mais especificamente o sistema SGI Origin 2000, que permite o processamento de dois a oito processadores independentes expansivo a 256 processadores com compartilhamento de servidor de memória; além da máquina, o autor ressalta também a necessidade de um sistema operacional que permita a operacionalização do processamento de simuladores em paralelo, no trabalho é adotado o modelo de programação CILK desenvolvido no MIT – *Massachusetts Institute of Technology* que tem como principal característica garantir a melhoria na performance de processamento.

Em relação às rotinas operacionais inseridas no modelo de simulação, o trabalho divide o sistema portuário em três principais conjuntos de atividades, sendo elas: (i) Programação (*scheduling*) das operações portuárias, que seria a determinação da execução seqüencial das tarefas operacionais do terminal; (ii) Alocação das áreas de armazenagem, seleção da política de transferência de contêineres e a seleção e roteirização dos veículos para a transferência de contêineres; e (iii) Diversos planos de controle de tráfego. A ênfase do trabalho é dada para o terceiro conjunto de atividades, mais especificamente na operação de

AGV – *Automated Guided Vehicles* controlados por computador, podendo ainda ser formado por veículos sem “inteligência” onde a central controla todos os veículos e define as rotas e a programação das atividades, ou com veículos que permitem ser programados, podendo inclusive memorizar rotas e seqüências de tarefas.

O trabalho aborda muito mais a eficiência computacional do sistema e do modelo de simulação que as rotinas operacionais propriamente, e tem seu ponto forte na robustez do sistema de simulação, dando uma contribuição valiosa para os pesquisadores na área de simulação de grande porte.

TURNER (2000) explora um modelo simplificado de simulação para avaliar as estratégias e políticas de arrendamento de terminais de contêineres sob a luz da utilização e aproveitamento otimizado de recursos do sistema, comparando as vantagens e desvantagens da autoridade portuária na opção por terminais dedicados, usualmente operados pelos próprios armadores ou pela opção de manter terminais de uso público para atendimento a um grupo de armadores. O autor toma como caso o Porto norte-americano de Seattle.

Oferece uma revisão comparativa interessante entre empresas de prestação de serviço (portos e terminais) e empresas de produção (indústrias), ressaltando seus pontos em comum e fatores similares que permitem a utilização na modelagem de conceitos logísticos similares de capacidade de estoque e atendimento à demanda flutuante com nível de serviço. O modelo desenvolvido considera a capacidade de atendimento do terminal como função apenas da quantidade de guindastes de cais existentes; outros quesitos importantes como capacidade de armazenamento, quantidade de equipamentos de retaguarda, acessos, etc. foram considerados no modelo como restrições inoperantes. Conforme o autor, esta simplificação foi necessária para a adequação ao pacote de modelagem utilizado, apesar disto, o índice TEU/acre é utilizado para efeito comparativo entre os resultados das simulações.

MERKURYEVA, MERKURYEV e TOLUJEV (2000) apresentam um modelo de simulação que integra os principais processos logísticos operacionais de

um terminal de contêineres, não somente se restringindo a uma determinada operação. O trabalho tem como objetivos a segregação do tráfego interno através da organização das rotas de transporte, a melhoria da utilização do pátio e a análise dos impactos de condições climáticas nas operações. Para a modelagem básica foram utilizados os programas ARENA, aplicado para validar o modelo conceitual e o lay out do terminal e SLX, utilizado para executar replicações múltiplas e simultâneas, coletar dados estatísticos, permitir que o usuário possa alterar o lay out do terminal, sem necessidade de programação, através da interface gráfica e simular remotamente, através da internet, o impacto das condições climáticas nas operações do terminal.

O modelo de simulação é complementado com técnicas de meta-modelagem que permitem a substituição em determinados casos, da execução da simulação completa, tornando-a menos pesada computacionalmente e chegando mais rápido aos resultados, aproveitando modelos de regressão, além de facilitar a aplicação de modelos avançados de inteligência artificial e meta-heurísticas como algoritmos genéticos, redes neurais e lógica fuzzy, permitindo a criação e análise de diferentes cenários operacionais (*what-if* e *if-then*).

Em KIA, SHAYAN e GHOTB (2002) é apresentado um modelo de simulação para a avaliação comparativa entre estratégias operacionais de movimentação, visando identificar os impactos na ocupação do terminal, tanto no berço de atracação como na retaguarda. O trabalho não destaca maiores detalhes do simulador e de sua estrutura, cita apenas ser baseado em práticas de designação para os navios, berços, equipamentos de cais e de retaguarda (RTG e *Straddle Carrier*), combinado com meios de transporte externos (rodoviário e ferroviário), a movimentação de entrada e saída (*Gates*) e a área de armazenagem; concentra-se mais no tratamento estatístico dos dados de entrada e nos resultados finais e conclusões; o autor utiliza o programa Taylor II, simulador estocástico que tem como característica a capacidade de investigar sistemas operacionais complexos enfatizando a abordagem de gargalos em capacidade e ocupação.

Há no texto uma interessante citação do papel dos modelos de simulação na área portuária, que o aponta como sendo uma ferramenta utilizada pelo planejador portuário para determinar os efeitos de alterações na demanda, e em diversos aspectos operacionais, tecnológicos e de investimentos, auxiliando, deste modo, o processo de tomada de decisão. (WADHWA, 1990); e é seguindo este conceito que o autor trata o assunto, desenvolvendo um modelo que avalia a capacidade e ocupação dos berços de atracação, dado o intervalo de chegada de navios e o tempo de atendimento de suas operações; além disso, o modelo proposto avalia o impacto das atracações na ocupação do pátio de armazenagem e também no congestionamento da retaguarda, avaliando dois cenários operacionais e sugerindo a adoção de uma política tático-operacional alternativa.

A contribuição extraída deste trabalho está no enfoque integrado que, mais uma vez, é observado na aplicação de modelos de simulação; a inserção de componentes externos ao objetivo da análise (meios de transporte, tráfego de equipamentos, etc.) e os impactos da interação destes, expande as possibilidades da avaliação dos problemas operacionais causados, permitindo propostas alternativas para o desenvolvimento do terminal, mais especificamente para uma melhor utilização da infra-estrutura disponível, gerando redução de custos operacionais e de investimentos.

Em MEERSMANS (2002) pode ser encontrado um modelo de simulação para aplicação em terminais de contêineres automatizados e os principais componentes do modelo identificados pelo autor são discutidos, sendo eles:

(i) Gerador de navios – Para o modelo de simulação, um navio consiste em uma quantidade de contêineres a serem descarregados e carregados, que estão divididos em porões e conveses, cada contêiner pode ser tratado como uma entidade individual com características específicas. O autor recomenda que a divisão da quantidade de contêineres a serem movimentados entre os equipamentos de cais (portêineres) seja feita de forma randômica e equalizada, o que pode não ser perfeitamente possível na prática, assumindo que a divisão de porões a serem

operados por cada guindaste seja igual, o que também nem sempre é possível, assumindo que a seqüência dos porões é operada de forma fixa e previamente determinada para cada equipamento de cais, encontra-se o sequenciamento dos contêineres que serão embarcados ou descarregados, que segundo o autor é mantida fixa;

(ii) Gerador de pilhas – Este componente do modelo de simulação é responsável pela formação das quadras e das pilhas, relacionando com a seqüência de contêineres definida pelo componente anterior, o autor adota por não distinguir entre o comprimento dos contêineres na pilha, adotando um comprimento médio e uniforme de 30 pés nas pilhas, o que pode não atender a todos os objetivos. Segundo o autor, os contêineres são armazenados na pilha de forma randômica, não seguindo inicialmente nenhuma regra ou estratégia de armazenagem, respeitando apenas a ocupação única dos espaços no piso e a altura pré-definida da pilha, o modelo permite a existência de remoções e movimentos improdutivos durante a operação de embarque, fato que na prática, os terminais buscam exaustivamente evitar.

(iii) Gerador de movimentos de retaguarda – Este módulo é responsável pela geração das atividades de retaguarda, carregamento e entrega dos contêineres da pilha pelos equipamentos de movimentação de retaguarda, o autor recomenda a aplicação deste módulo para o dimensionamento dos equipamentos; porém, ele não considera as operações externas do ciclo de armazenagem, apenas as operações do ciclo de embarque e descarga de navios.

(iv) Equipamentos de movimentação – O autor considera a utilização de três tipos de equipamentos em seu modelo de simulação, ASC (*Automated Stacking Crane*) que é responsável pela movimentação do contêiner na pilha, AGV (*Automated Guided Vehicle*), responsável pelo transporte do contêiner da pilha ao costado do navio e vice versa e QC (*Quay Crane*), responsável pela transferência dos contêineres do navio ao costado e vice-versa, único neste caso que é ainda prevê um operador no equipamento. Para todos os equipamentos, devem ser definidas suas especificações técnicas e restrições, como velocidade de translação e de

movimentação, bem como a interatividade e interferência entre as tarefas de cada equipamento, sabendo que as tarefas são encadeadas e devem seguir uma seqüência previamente definida pelo sequenciamento gerado nos módulos de navio e pilha. A organização das tarefas de cada equipamento gera uma programação (“*schedule*”) que é controlado de forma centralizada pelo terminal pelo módulo seguinte.

(v) Controle das operações do terminal – O autor considera este o principal módulo do modelo de simulação, tem como principal função a coordenação da simulação, fornecendo para cada equipamento e rotina uma programação detalhada das tarefas a serem executadas. O módulo aciona os módulos na seqüência lógica das operações, fornecendo e obtendo os dados necessários para o andamento da simulação. Identificados os dados e as tarefas de cada módulo, na seqüência determinada, são agendadas todas as atividades para cada equipamento (AGV, ASC e QC), sendo gerada uma programação detalhada (“*schedule*”) que pode utilizar algoritmos de otimização para melhorar a eficiência do sistema, ao longo da simulação, a medida que as tarefas são executadas, novos dados são inseridos ao modelo e é executada uma nova programação dos equipamentos e módulos, considerando inclusive novas tarefas que apareçam diferente da programação original; a freqüência de reprogramações, bem como o horizonte de planejamento são definidos pelo usuário do simulador.

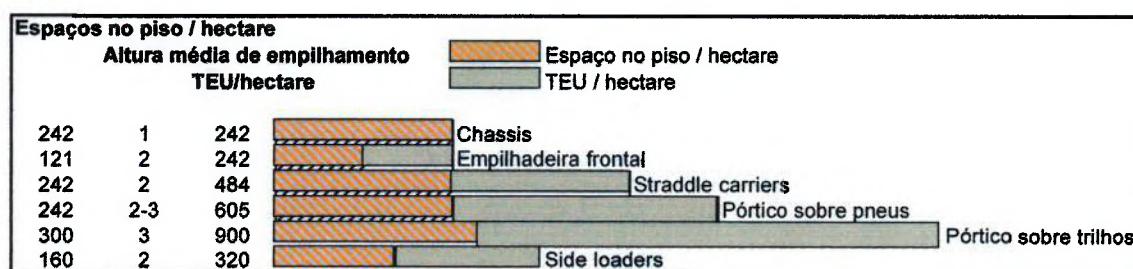
O autor sugere a utilização de modelos de simulação para a análise de performance dos algoritmos de programação dos equipamentos de movimentação nas operações de um terminal de contêineres, objetivo principal do referido trabalho, permitindo a simulação não somente das operações de carga e descarga de navios, mas também das operações paralelas de retaguarda como: armazenamento e retirada de contêineres proveniente dos modais rodoviário e ferroviário; recomenda também a aplicação em conjunto com algoritmos e modelos matemáticos no dimensionamento da frota de equipamentos de movimentação; e para casos de modelos de simulação com maior nível de detalhe, o autor indica a sua utilização na averiguação e validação de políticas e estratégias de armazenagem, avaliando determinados índices,

como por exemplo a ocupação do pátio de armazenagem e o número de remoções durante a retirada de um contêiner da pilha, entre outros.

3.3. Estratégias e formas de armazenagem e ocupação de espaço no pátio de contêineres

A pesquisa realizada neste item buscou reunir as principais estratégias e políticas adotadas na armazenagem e ocupação do espaço em pátio de contêineres, apontando também os principais critérios e parâmetros aplicados para medição e avaliação dos resultados.

DALLY et al (1983) explora o caráter sistêmico das operações de um terminal de contêineres, como ferramenta para o seu planejamento, oferece um sumário das características de cada sistema e tipo de equipamento (chassis, empilhadeira frontal, *straddle carriers*, pórticos de pátio e *sideloaders*) dando ênfase à utilização do espaço e comparando a performance dos sistemas de acordo com o resultado do índice de ocupação de espaço, reproduzido no gráfico abaixo. Apesar de ser limitado à tecnologia existente na época, o trabalho oferece uma satisfatória referência para o tema.



Fonte: Dally et al (1983)

**Figura 15 - Comparação entre sistemas de movimentação e armazenagem
Por espaço no piso e TEU / hectare**

Ainda em DALLY et al (1983) é encontrada uma formulação clássica para determinação do dimensionamento de pátios de armazenagem em terminais de contêineres e avaliação da sua capacidade. O autor cita que a capacidade de armazenagem é função da área do pátio e do tipo de equipamento e sistema de movimentação, e que a capacidade absoluta é atingida quando todos os espaços do pátio estão ocupados, porém ressalta que nesta situação o congestionamento do pátio já alcança níveis intoleráveis, sugerindo níveis de ocupação em torno de 60% dos espaços ocupáveis como adequados à operação. A formulação proposta considera para a determinação da capacidade do pátio, a quantidade de vezes que um espaço pode ser utilizado por um dado período de tempo, e este está diretamente relacionado com o tempo de permanência de cada contêiner no pátio (*dwell time*). A fórmula da capacidade do pátio (em TEU) para um determinado período seria:

$$C = L \times H \times W \times K / D \times F \quad (4.1)$$

Onde,

L = Número de espaços em TEU no piso;

H = Altura média de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis em TEU (Expresso por um índice de proporção);

K = Número total de dias no período;

D = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

F = Fator de pico de demanda.

O índice representativo dos espaços ocupáveis (W) é aplicado para evitar a ocupação total do pátio ocasionando congestionamento e prejuízo no resultado operacional e o autor sugere um valor entre 0,60 e 0,80, representado 40% e 20% dos espaços do pátio livres, respectivamente. O fator de pico (F) representa a variação da demanda de movimentação, alcançando o seu limite superior, expresso pela relação de demanda máxima com a média em um dado período, o autor sugere a avaliação do fator de pico de acordo com as características específicas de cada terminal e de sua demanda. Outro índice abordado pelo autor refere-se à ocupação

média do pátio (M_o) que consiste na relação entre os espaços ocupáveis (W) e o fator de pico de demanda (F).

TALEB-IBRAHIMI, De CASTILHO e DAGANZO (1993) discute a relação entre a ocupação do espaço de armazenagem e a quantidade de movimentos realizados para a retirada de um determinado contêiner da pilha para contêineres de exportação no momento de carregamento para o embarque; apresenta duas estratégias distintas, sendo elas: (i) alocação de espaço de forma estática, não permitindo remoções durante a permanência do contêiner no pátio, do momento do seu recebimento até o seu embarque no navio, dimensionando o pátio de armazenagem e a sua ocupação; e (ii) alocação de espaço de forma dinâmica, que permite a remoção dos contêineres durante sua permanência no terminal, visando a otimização da ocupação do pátio de armazenagem. Este tipo de estratégia prevê o armazenamento em dois estágios, os contêineres que chegam ao terminal são destinados a uma pilha única e posteriormente são removidos para as pilhas já preparadas para o embarque do navio, de acordo com a data de chegada do navio, evitando a ocupação de espaços no piso e comprometimento da pilha com contêineres de navios com operação futura.

De CASTILHO e DAGANZO (1993) exploram basicamente o mesmo conceito encontrado na referência acima revisada, de relação entre a forma de armazenagem e ocupação do pátio com os movimentos realizados para a entrega de um determinado contêiner, porém direcionado para contêineres de importação, avaliando e comparando duas diferentes estratégias: (i) não considerando a segregação dos contêineres no momento da descarga do navio, armazenando em uma pilha única, independente das suas características, neste caso o navio de descarga e o tempo de permanência no pátio; e (ii) considera a segregação de contêineres de acordo com o navio de descarga e o tempo de permanência no pátio, não permitindo que contêineres de navios diferentes, que chegaram ao terminal em momentos diferentes sejam misturados. As duas estratégias e os resultados obtidos nos modelos matemáticos sugeridos são comparados sob uma mesma base, considerando uma

situação ideal, com as chegadas dos navios constantes, bem como a demanda de contêineres para descarga nos navios em cada operação.

Em ALDERTON (1999) é encontrado um método matemático para dimensionamento do pátio de armazenagem de contêineres, muito semelhante conceitualmente ao apresentado em DALLY et al (1983). Para a estimativa de área necessária para o pátio de armazenagem, segundo ALDERTON, seria estimado através das seguintes fórmulas:

$$GYA = TGS \times e \quad (4.2)$$

$$TGS = (A \times Dr \times Dt) / Pf / Sh \quad (4.3)$$

$$Dr = Ty / 365 \quad (4.4)$$

$$e = GYA/TGS \quad (4.5)$$

Onde,

Ty = Movimentação anual de contêineres no terminal

Dr = Demanda diária no terminal, em TEU.

Dt = Tempo médio de estadia dos contêineres no terminal, em dias ou fração.

Pf = Fator de pico, usualmente assumido valor de 0,75.

A = Área equivalente a 1 (um) TEU = 15,25 m²

Sh = Altura de empilhamento, expresso em altura da pilha.

GYA = Área total do pátio de armazenagem, em m²

TGS = Área equivalente a espaços de contêineres de 20 pés.

e = Fator de aproveitamento do pátio, sugerido pelo autor como:

e = 1,8 para *Straddle Carriers*

e = 1,3 para *Transtêiner/RTG*

e = 3,9 para *Empilhadeira*

e = 2,3 para *Reach Stackers*

Ainda em ALDERTON (1999) é mostrada uma forma geral de estratégia para armazenagem que considera os seguintes fatores para segregação de contêineres no pátio: (i) O navio designado; (ii) O porto de destino; (iii) O tipo do contêiner; (iv) O peso do contêiner e sua classe; e (v) carga perigosa. Ressalta o aumento da movimentação de contêineres e a necessidade de reduzir os movimentos improdutivos dado o elevado custo de movimentação.

Em BONTEMPI, GAMBARDELLA e RIZZOLI (1997) a questão da armazenagem de contêineres é tratada sob uma abordagem de planejamento para longo prazo, com o objetivo de otimizar a ocupação do pátio através de políticas e estratégias eficientes de armazenagem. O autor sugere o problema seja resolvido em duas etapas, inicialmente sendo encontrada a configuração ideal do pátio e a distribuição dos contêineres, visando otimizar as operações de embarque e descarga de navios. As possíveis configurações do pátio são indexadas e classificadas pelo índice de performance das operações de navio, sendo escolhida a que gerar menores atrasos para o término das operações; terminada esta fase, a segunda etapa consiste apenas em manter o armazenamento dentro das condições indicadas pela configuração inicial, minimizando os desvios.

O trabalho não considera a diferença entre os equipamentos de movimentação, e nem a otimização da ocupação do espaço de armazenagem, apenas dirige sua pesquisa para a minimização dos atrasos (*makespan*) no término das operações de embarque de navios, que é modelado através do algoritmo de programação de tarefas (*job shop scheduling*), o resultado desta modelagem é utilizado também para a alocação de equipamentos de movimentação de retaguarda em um planejamento de médio prazo, também visando à otimização das operações de navio.

KIM (1997) apresenta uma forma de avaliar a quantidade de remoções em quadra para terminais de contêineres. O conceito utilizado pelo autor considera a estimativa da quantidade de remoções em pilha fundamental para a determinação da taxa de movimentação do terminal, que por sua vez é de vital importância para a

definição do tipo e das especificações do sistema de movimentação a ser escolhido, da configuração do pátio e das pilhas e da quantidade de equipamentos a ser designado de modo a atender satisfatoriamente as condições operacionais impostas.

O modelo sugerido é função da configuração do pátio de armazenagem e de suas três dimensões fundamentais (quadra, coluna e altura); para uma quadra específica, a estimativa de remoções é função da quantidade total de contêineres armazenados, do número de colunas na quadra e da altura de empilhamento dos contêineres; o autor leva em consideração a probabilidade de retirada de contêineres em uma seqüência randômica, em uma única quadra e sem considerar novas contêineres armazenados até que a quadra esteja completamente vazia, a configuração da quadra é atualizada a cada movimento e nova estimativa pode ser encontrada, adotando como estratégia posicionar as unidades eventualmente removidas para a retirada de um determinado contêiner, sempre na posição livre mais inferior possível na quadra, aumentando a probabilidade do próximo contêiner a ser retirado não cause remoções e minimizando a estimativa de remoções da quadra. Apresenta um método completo e uma formulação simplificada através de regressão matemática e compara ainda com um método convencional para a estimativa de remoções, chamado de índice de seletividade da quadra (IOS).

O trabalho apresenta os resultados encontrados de forma direta e simples, gerando para cada configuração de quadra específica, um gráfico com a quantidade de remoções estimada. Não avalia comparativamente tipos diferentes de equipamentos, ficando toda a análise baseada em guindastes de pórtico (RTG ou RMG). Traz uma contribuição importante nos conceitos de configuração de quadra e índice de movimentação associado a remoções em quadra.

CHEN (1998) apresenta uma perspectiva mais ampla para o problema de ocupação de espaço em terminais de contêineres, direcionando os estudos para as estratégias de armazenagens utilizadas pelos terminais visando o aumento da “produtividade da área”, assim definido pelo autor como o índice referente à medição da ocupação do espaço. O trabalho propõe índices e medidas para a avaliação

adequada da ocupação do pátio e discute os conceitos principais de uma metodologia que permita a comparação do desempenho entre terminais, mesmo considerando as diferenças regionais e as estratégias operacionais adotadas. O autor sugere a utilização da metodologia apresentada para a obtenção de alguns objetivos relevantes, dentre eles: (i) Medir a diferença entre a capacidade de armazenagem projetada e o índice operacional de ocupação atingido; (ii) Encontrar o melhor desempenho entre os terminais, no tocante a produtividade do espaço e estudar as estratégias adotadas; (iii) Estudar a estratégia mais adotada e entender as vantagens e desvantagens; (iv) Avaliar os impactos da variação da movimentação no terminal, bem como do tempo de permanência médio dos contêineres na ocupação do pátio de cada terminal.

O autor ressalta as diferenças regionais, tanto no tocante a movimentação e demanda, quanto às estratégias operacionais e sistemas de movimentação adotados e compara as características particulares encontradas entre os terminais norte-americanos e com as particularidades dos terminais asiáticos e europeus, apresentando os índices através de gráficos comparativos. Infelizmente, os portos sul-americanos não foram incluídos no estudo, despertando o interesse de complementar a análise com as características dos terminais desta região.

Pode ser encontrada em KIM e BAE (1998), a exploração do problema de armazenagem através da prática de arrumação dos contêineres de exportação em quadra com o propósito de melhorar o resultado nas operações de embarque. O autor sugere como estratégia, que exista uma primeira configuração de pátio que é formada à medida que chegam os contêineres ao terminal, ao longo do tempo e ainda com considerável antecedência à chegada do navio; nesta configuração, já são consideradas as características principais dos contêineres para segregação e os contêineres já são armazenados em grupos separados; mesmo assim, na chegada das informações mais detalhadas contidas no plano de embarque, usualmente são necessárias remoções adicionais para o atendimento ao sequenciamento imposto pelo planejamento do embarque.

O problema tratado neste trabalho consiste na forma de execução destas remoções, considerando a arrumação de cada quadra para que se torne o ideal para o momento do embarque e a programação de cada remoção a ser executada de modo a minimizar o tempo de deslocamentos dos equipamentos de movimentação de retaguarda. O problema da transformação do pátio atual em um pátio ideal é solucionado através de programação dinâmica iterativa; a execução das remoções é resolvida através de técnicas de problemas de transporte com lista tabu relacionada a posições de conflito entre os equipamentos de movimentação; já o sequenciamento das tarefas é solucionado através de metodologia semelhante ao problema do caixeiro viajante (*TSP - Travel Salesman Problem*).

KIM e KIM (1998) discute a questão da armazenagem em pátios destinados a contêineres de importação, relacionando o dimensionamento do espaço e a quantidade de equipamentos de retaguarda, que o autor descreve como guindastes de transferência. Analisa o caso buscando atingir um ponto de equilíbrio entre as dimensões do pátio e a frota de equipamentos disponível para a operação. O princípio adotado no estudo considera que quanto maior o pátio, menores serão as alturas de empilhamento e conseqüentemente um menor número de remoções para a entrega de uma determinada unidade será necessário, em contrapartida, maiores serão as distâncias de translação e o investimento em infra-estrutura civil; por outro lado, quanto maior o número de guindastes de transferência, menor será o tempo de execução da operação, contudo um valor mais alto investido em aquisição e manutenção dos equipamentos certamente ocorrerá.

O modelo matemático de otimização sugerido pelo autor tem como função-objetivo a minimização da soma dos custos relevantes dos componentes associados com o espaço e a quantidade de equipamentos, com isso procura encontrar a solução ótima para o dimensionamento do pátio de importação e também da frota de equipamentos de movimentação. As variáveis do modelo consideram os custos fixos e variáveis referentes ao espaço ocupado, aos guindastes de transferência e ao caminhão externo e seu tempo de espera no terminal, sempre atribuindo os custos por unidade de tempo. O trabalho não leva em consideração o comportamento distinto

dos equipamentos, nem as estratégias que podem ser adotadas para a alteração da forma de ocupação do pátio.

KIM e KIM (1999) apresenta estratégias para armazenar contêineres de importação cuja principal preocupação é minimizar as remoções geradas para a retirada de uma determinada unidade do pátio destinada a entrega para caminhões externos. Ressalta o paradigma entre a altura de empilhamento, estimativa de remoções e a quantidade de espaço necessário para atendimento a uma demanda de contêineres e sugere duas estratégias de armazenagem, segregando os contêineres durante a operação de descarga, escolhendo espaços vazios para armazenamento de cada contêiner que descarrega do navio e sem segregação, utilizando um critério de tempo de permanência do contêiner armazenado no pátio para definir as posições dentro da mesma pilha que o contêiner será depositado. O modelo proposto tem como função-objetivo a minimização do número estimado de remoções em uma quadra após a descarga e são modelados para taxa de chegada de contêineres constante, cíclica e dinâmica.

HOLGUIN-VERAS e JARA-DÍAZ (1999) aborda o problema de alocação de espaço sob um enfoque de otimização e priorização dos “custos” e valores logísticos e agregados de cada contêiner e do que ele transporta em seu interior; são considerados o valor da mercadoria, a importância da mercadoria na cadeia de suprimento a qual ela pertence e o tempo de permanência da carga no terminal. O autor atrela a segregação de carga no pátio com a determinação de valores ótimos de alocação para cada contêiner, com isso, teoricamente, pode ser encontrado o dimensionamento ótimo do pátio. São apresentadas e comparadas diversas estratégias e políticas de otimização de “lucro” e resultado. O trabalho não considera o espaço como limitador, nem tão pouco analisa o comportamento de equipamentos e sistemas de armazenagem, mas certamente traz uma estratégia de armazenagem diferenciada e interessante, que avalia de forma sistêmica a alocação dos contêineres no pátio.

CHEN (1999) traz um estudo que explora as estratégias de armazenagem em terminais de contêineres de forma bastante direta e prática; inicia com uma interessante visão sistêmica das operações, cujas atividades, conforme o autor são inter-relacionadas e dependentes e posiciona o problema da armazenagem e gerenciamento do pátio como um sub-sistema central do terminal; separa o problema em contêineres de exportação e importação, apresentando as particularidades de cada operação.

O autor indica, para a exportação, duas estratégias de armazenagem utilizadas nos terminais, que podem ser traduzidas da seguinte forma: (i) “Pré-ordenamento” – Seguindo esta estratégia, os contêineres que chegam ao terminal são depositados em uma área temporária, considerando apenas poucos quesitos para segregação, formando pilhas bastante adensadas e misturadas; após a definição do planejamento de embarque do navio, os contêineres são removidos para a área principal de armazenagem do referido navio, respeitando as regras de segregação para o embarque; (ii) “Segregar e Armazenar” – Esta estratégia já considera na entrada do contêiner, todos os itens de segregação e procura armazenar o contêiner na posição ideal para o planejamento do embarque, deixando apenas os ajustes finais para pequenas remoções para próximo à chegada do navio.

O autor apresenta as vantagens e desvantagens de cada estratégia, comparando as características principais e indicando situações onde sugere ser melhor a aplicação de cada uma, descreve também algumas premissas e políticas que devem ser adotadas para um planejamento adequado do pátio de armazenagem.

Já para a importação, o autor detalha as atividades correlacionadas, desde a preparação do pátio para recebimento dos contêineres até a sua retirada da pilha e entrega para veículo externo; sugere algumas regras e políticas a serem seguidas de maneira a incrementar a eficiência das operações, entre elas, destaca-se: a separação de contêineres de importação com maior tempo de permanência, evitando que fiquem sob carga recém chegada e a altura de empilhamento relacionada com a quantidade de remoções para a retirada de uma determinada unidade.

Neste trabalho, o autor demonstra sempre a preocupação com a ocupação de espaço e as medidas tático-operacionais que podem ser adotadas visando a melhor utilização deste tão escasso recurso, sua contribuição foi de grande valia, principalmente na confirmação de determinados conceitos que estão expostos nesta dissertação; apesar desta contribuição, o trabalho deixa algumas lacunas, por apresentar apenas um tipo de equipamento e sistema de movimentação e não sugerir nenhuma metodologia, nem modelo matemático para avaliação.

CHEN (2000) dá continuidade ao estudo acima revisado e oferece uma quantificação empírica, em forma de dados e gráficos, dos movimentos improdutivos verificados no terminal de contêineres de Yang Ming em Kaohsiung, buscando identificar estatisticamente os principais fatores responsáveis por estes movimentos; o autor define movimentos improdutivos como as remoções e acertos necessários no pátio para a preparação final da carga para a exportação e do pátio para a importação. O estudo compara o impacto de três fatores no número de remoções verificadas em uma série de operação, sendo eles: (i) a “densidade” do armazenamento no pátio; (ii) a quantidade de contêineres embarcados e (iii) a quantidade de contêineres descarregados; obtendo resultados para dois tipos de equipamentos diferentes (S/C – “*Straddle Carrier*” e RTG – “*Rubber Tired Gantry*”). Posteriormente, em análise estatística mais aprimorada, são avaliados os impactos da combinação entre os três fatores e concluídos os fatores que mais apareceram em operações com maior quantidade de remoções, finalmente são supostas as causas para os fatores mais relevantes. Esta metodologia é sugerida e aplicada tanto para exportação como para a importação.

KIM, PARK e RYU (2000) trata do problema da armazenagem de contêineres de exportação, enfocando a determinação da posição ideal de cada contêiner que chega ao terminal, de modo a minimizar remoções durante as operações de embarque; ressalta as premissas fundamentais da estratégia de armazenagem, que consideram a segregação em grupos, usualmente separados por navio, porto de destino, tipo e peso dos contêineres. O trabalho considera a operação apenas de guindastes de pórtico como equipamento de movimentação de retaguarda.

O modelo de otimização proposto utiliza técnicas de programação dinâmica, e avalia a cada chegada de contêiner, o “estágio” da pilha, que representa a quantidade de posições livre em cada pilha e o “estado” da pilha, definido pelo autor como sendo o número de posições livres em cada coluna e a classe de peso do contêiner mais pesado existente na coluna, a função-objetivo busca minimizar o armazenamento de contêineres mais leves em cima de contêineres mais pesados, em uma mesma pilha. São apresentados exemplos numéricos que ilustram bem o mecanismo do algoritmo e mostram sua complexidade na solução, por essa razão, o autor sugere um procedimento de classificação, similar ao método de busca *Branch & Bound*, utilizado para agilizar a solução da posição ótima, criando uma árvore de decisão para cada classe de peso.

STEENKEN, WINTER e ZIMMERMANN (2000) enfoca o planejamento de armazenagem em função do planejamento de embarque do navio, considerando para a segregação dos contêineres nas quadras, suas características básicas como porto de estivagem, tipo de contêiner e peso, além de ressaltarem a necessidade da observância e verificação da pilha no momento do sequenciamento de embarque de modo a evitar remoções desnecessárias dos contêineres em quadra. O foco deste trabalho está na combinação da estivagem, armazenagem e transporte dos contêineres, visando à minimização dos tempos de espera dos guindastes no costado ou dos atrasos na chegada dos contêineres na posição de embarque.

KIM e KIM (2002) traz uma abordagem semelhante a KIM e KIM (1998) de otimização de espaço e equipamentos para pátios de importação através da minimização dos custos associados, com a diferença de trazer duas soluções otimizadas distintas, uma considerando apenas a otimização dos custos operacionais do terminal, não considerando o tempo de atendimento dos caminhões externos; a segunda solução considera o tempo de atendimento aos caminhões externos que é traduzido em nível de serviço pré-definido, são detalhados e analisados os modelos matemáticos, suas variáveis e restrições para a minimização do custo do terminal, do custo do terminal com restrição de nível de serviço mínimo e do custo total que considera o tempo de espera do caminhão externo.

MEERSMANS (2002) trata a questão do armazenamento dos contêineres na revisão bibliográfica da logística operacional em terminais de contêineres e enfatizando o problema da programação integrada dos equipamentos de movimentação, objetivando otimização dos resultados através de métodos de solução, heurísticas e algoritmos, por não ser este o foco principal desta tese, este caminho não será aprofundado. Conceitualmente o autor trata a estratégia de armazenagem sob uma abordagem básica, ressaltando o dilema entre o tamanho da pilha e a altura de empilhamento e a quantidade de remoções e movimentos improdutivos necessários para retirar um determinado contêiner da pilha; o autor separa os contêineres de importação dos de exportação, visto que cada grupo tem suas características particulares e distintas, ressaltando suas vantagens e desvantagens no momento da operação. O autor também sugere que problemas de armazenagem sejam tratados ou por modelos matemáticos analíticos simplificados ou por modelos de simulação mais detalhados.

Em KIM e PARK (2002) são aplicadas técnicas de programação linear em conjunto com heurísticas para tratar do problema da armazenagem de contêineres e ocupação do espaço no pátio associado à eficiência no carregamento para as operações de embarque em navios. São tratados dois sistemas distintos de recebimento de contêineres, cuja denominação dada pelo autor é sistema de transferência direta e indireta; no primeiro os contêineres são transportados diretamente do pátio de armazenagem para ser embarcado no costado por um único equipamento; já no sistema indireto, os contêineres são transportados até uma área definida, entre o costado e o pátio principal, onde há um transbordo, seguindo com outro equipamento até o pátio principal. Para ambos os casos, o modelo proposto sugere a minimização das distâncias de translação entre a origem/destino e o pátio principal.

Para garantir a eficiência no sequenciamento de embarque, o autor sugere que os contêineres sejam armazenados o mais próximo possível do berço de atracação do navio, além de seguir os princípios básicos de segregação de contêineres (porto de estivagem, peso e tipo do contêiner), procurando manter a designação de quadras

próximas para grupos de contêineres com características semelhantes, o autor ressalta ainda que esta premissa seja válida apenas para contêineres de exportação, devido à natureza aleatória da retirada das unidades de importação.

Além da formulação da programação inteira que minimiza as distâncias percorridas pelos equipamentos de movimentação para uma operação de embarque, o estudo ainda apresenta dois métodos de solução, o primeiro, cuja denominação dada pelo autor é equivalente ao menor tempo de permanência, é uma heurística que considera maior prioridade para designar espaço para contêineres que terão um menor tempo de permanência no terminal; já o segundo método de solução é um algoritmo de otimização conhecido como sub-gradiente, que é baseado em uma relaxação da formulação original do modelo.

O trabalho associa a alocação de espaço com a minimização das distâncias a serem percorridas pelos equipamentos de movimentação de retaguarda, no momento do embarque dos contêineres. Não são consideradas estratégias de armazenagem para a entrada de cada contêiner, apenas as quadras são designadas para receber as unidades de um determinado grupo. Também não é propósito deste trabalho a avaliação do comportamento dos diferentes tipos de equipamentos de movimentação em relação à formação das pilhas e ocupação de espaço.

3.4. Comentários sobre a revisão bibliográfica

A parte inicial da revisão bibliográfica procurou reunir elementos para uma ampla conceituação e definição das atividades usualmente encontradas em um terminal de contêineres, buscando complementar o conhecimento prático e teórico, já explorado em experiências anteriores, com visões e enfoques diferenciados encontrados em variados autores. A contribuição dos trabalhos revisados pode ser considerada para a confirmação de alguns conceitos básicos de caracterização dos equipamentos e sistemas de movimentação até a classificação dos problemas de decisão inerentes a operação portuária, permitindo ser extraída uma linha de

orientação clara e objetiva para a organização e colocação do problema da armazenagem no contexto operacional de um terminal de contêineres.

Já o objetivo da pesquisa bibliográfica em modelos de simulação foi revisar as principais linhas de tendência desenvolvidas nesta área, ressaltando sua aplicação em casos de diferentes níveis. Nota-se que os modelos de simulação, aplicados na gestão das operações portuárias, tiveram um valioso salto qualitativo e quantitativo nos últimos vinte anos, muito em razão da evolução computacional neste período e da diversificação de programas e linguagens desenvolvidas para este propósito. Esta revisão não teve a pretensão em se aprofundar no desenvolvimento e programação dos modelos, se restringindo apenas a apontar e definir as aplicações e conceitos mais utilizados.

É nítido o considerável aumento da sofisticação e complexidade dos modelos de simulação aplicados no setor, desde os primeiros simuladores com o objetivo de avaliar capacidade e nível de serviço através de análise de filas e tempo de espera de acordo com uma determinada demanda, até os mais avançados modelos de animação 3D, onde podem ser identificados os gargalos, congestionamentos, conflitos e interferências. O maior desafio para a elaboração destes modelos complexos de simulação consiste na adequada consideração de todos os componentes e recursos que compõem o ambiente, o alto grau de interação entre eles, além de todas as incertezas e interferências de variáveis estocásticas que caracterizam as operações em terminais de contêineres.

Há, de maneira geral, por parte do administrador portuário certo ceticismo a soluções geradas por uma série de fórmulas e modelos puramente matemáticos, típicos de modelos de otimização, em muitos casos o administrador precisa ver inserida na solução uma parcela de sua experiência e conhecimento prático; percebe-se, então, que os modelos de simulação têm papel fundamental na complementação à pesquisa operacional, sendo responsável, em diversos exemplos, em ilustrar graficamente uma solução gerada por um modelo de otimização, uma heurística ou

um método de solução, aumentando a credibilidade do administrador no modelo e permitindo que ele possa interagir com o sistema.

Diante desta realidade, nota-se claramente a formação de duas linhas a serem seguidas em simulação de terminais de contêineres. (i) O desenvolvimento de sistemas robustos, com computadores de grande porte, programas e linguagens avançadas que garantam a modelagem de todo o sistema e seus componentes relevantes em um único ambiente, permitindo que sejam avaliados não apenas uma atividade em específico, mas o impacto desta atividade nas demais que com ela interagem; (ii) A escolha por modelar subsistemas mais dedicados a uma operação específica, permitindo um maior detalhamento das atividades sem necessariamente ter restrições com capacidade de processamento computacional, nestes casos é relatada sempre a obrigação de interação entre modelos ou pelo menos dos resultados extraídos, permitindo que o caráter sistêmico possa ser garantido.

Outro ponto que deve ser ressaltado é o crescente número de estudos e projetos para a utilização, em portos de nível tecnológico mais elevado, de equipamentos de movimentação e transporte automatizados que não necessitam de operadores, (AGV – *Automated Guided Vehicles* e ASC – *Automated Stacking Cranes*) com suas ações controladas por um sistema operacional central, e ainda em alguns casos são veículos “inteligentes”, com programação individual e memória. Aliado ao cenário já estabelecido de sistemas operacionais integrados de terceira geração, que permitem o auxílio efetivo às decisões operacionais do cotidiano em terminais de contêineres, por meio de programação de algoritmos, combinações e parâmetros, visando principalmente aumentar o automatismo das operações, incrementar a eficácia e produtividade, reduzindo a necessidade de interferência humana no processo. Estes dois fatores associados trazem a função da simulação a um outro nível, tendendo mais ao operacional, onde o detalhamento e proximidade do realismo das atividades modeladas são fatores preponderantes para o sucesso do sistema.

Na parte final da revisão bibliográfica, buscou-se encontrar o que havia sido escrito em publicações relevantes sobre as estratégias de armazenagem e as formas

de ocupação de espaço, com o objetivo de extrair o grau de preocupação que há sobre a utilização deste recurso nos terminais de todo o mundo. Percebe-se claramente que a quantidade de trabalhos que citam a necessidade de racionalização das pilhas para uma melhor ocupação de espaço começa a aumentar a partir de 1998, ainda assim grande parcela ainda é destinada apenas ao planejamento do armazenamento com o propósito de otimizar a retirada do contêiner da pilha, evitando remoções desnecessárias. A questão é que em muitos casos essa opção já não é mais viável, obrigando aos terminais a adotarem estratégias que consideram obrigatoriamente as remoções e acertos de pilha.

Outra finalidade proposta foi a consolidação de índices publicamente conhecidos e explorados, utilizados para medir a ocupação dos pátios de armazenagem dos terminais, a fim de dar continuidade a avaliação comparativa, inserindo os índices mais relevantes na metodologia proposta. Neste aspecto, vale ressaltar os índices de ocupação propostos em CHEN (1998) e KIM (1997), que deram valiosa contribuição no conceito mais generalista de concepção dos índices e taxa de ocupação.

Pouco foi encontrado que considerasse a avaliação de diferentes sistemas de movimentação, associado às estratégias de armazenagem e o comportamento de cada tipo de equipamento na formação da pilha e retirada do contêiner, normalmente os trabalhos desenvolvidos buscam otimizar a utilização do sistema após sua escolha, e é no preenchimento desta lacuna que a metodologia proposta neste trabalho tem sua principal motivação. Busca reunir os elementos e características básicas dos tipos de equipamentos e sistemas de movimentação, associando-os às estratégias e políticas, mais indicadas para um determinado cenário, na formação das pilhas e ocupação do espaço no pátio. Para obtenção de resultados estatísticos e índices operacionais, além de facilitar a visualização para o administrador portuário, pretende-se desenvolver um modelo de simulação em planilha EXCEL, podendo ser aprimorado utilizando o programa ARENA.

4. CARACTERIZAÇÃO LOGÍSTICA DAS OPERAÇÕES EM TERMINAIS DE CONTÊINERES

Como descrito no segundo capítulo, as operações de um terminal de contêineres podem ser claramente identificadas como subsistemas e a eficiência destas atividades estão normalmente baseadas em problemas de tomada de decisão, que envolvem um grande número de variáveis e restrições e que podem ser tratados e resolvidos por abordagens distintas, variando de acordo com o horizonte de tempo de planejamento [BALLOU (2001)]. No intuito de facilitar o entendimento deste processo, buscando a aplicação dos conceitos de planejamento logístico, cada atividade relativa ao respectivo subsistema tem a seguir uma classificação de acordo com o nível de planejamento e tomada de decisão.

Ao final do capítulo é dada maior ênfase ao problema da ocupação de espaço e armazenagem no pátio de contêineres, ressaltando as dificuldades e restrições inerentes ao assunto e descrevendo as estratégias mais usualmente aplicadas como solução do problema, levantando suas vantagens e desvantagens.

4.1. O processo de tomada de decisão e seus níveis de planejamento em terminais de contêineres

Cada atividade relativa ao respectivo subsistema pode ser classificada entre os níveis de planejamento logístico estratégico, tático e operacional [BALLOU (2001)]. Em linhas gerais, para terminais de contêineres, decisões de nível estratégico definirão a forma de operar, a configuração, os tipos de equipamentos e sistemas de movimentação adotados; por natureza, estas decisões devem ser adotadas para horizontes de longo prazo (no mínimo um ano) e irão definir as diretrizes principais para as decisões de nível tático e operacional; portanto, é de extrema importância que decisões de nível estratégico sejam tomadas considerando todas as possibilidades existentes no presente, já prevendo com o máximo de coerência e precisão possível, a evolução da demanda do terminal, para que, durante sua vida operacional, não surjam barreiras ao crescimento e eficiência das operações.

As decisões tomadas no nível tático são relacionadas a problemas que afetam o terminal em um horizonte de médio prazo, normalmente em questões de semana a meses e no máximo dentro de um ano. Normalmente são adotadas pelo nível gerencial do terminal em função das decisões estratégicas e devem acompanhar e oferecer auxílio as decisões operacionais.

As decisões de nível operacional correspondem ao dia a dia, tem seu horizonte de planejamento bastante curto, horas ou dias no máximo, tem interferência direta na eficiência das operações; porém é consideravelmente influenciado pelos dois níveis anteriores. Devido ao grande dinamismo imposto pelas operações portuárias e a crescente evolução em tecnologia aplicada a sistemas informatizados, equipamentos e comunicação, começa a surgir uma tendência a dividir o nível operacional, separando os problemas de solução imediata e tomada de decisão constante (“*Real-Time*”), neste grupo estariam os problemas que envolvem a programação e parametrização de equipamentos automatizados, como a roteirização ideal de cada veículo para a movimentação de um determinado contêiner.

A tabela a seguir apresenta, para cada subsistema de um terminal de contêineres conforme definido no segundo capítulo desta dissertação, alguns exemplos de problemas de decisão, relacionando-os com seus respectivos níveis de planejamento (estratégico, tático e operacional).

Tabela 8 – Problemas de decisão em função do horizonte de planejamento em terminais de contêineres

SUBSISTEMA	PROBLEMAS DE DECISÃO – HORIZONTE DE PLANEJAMENTO	
	ESTRATÉGICO	TÁTICO
COSTADO	<p>Definir o tamanho (comprimento) do cais de atracação</p> <p>Definir o número de berços de atracação</p> <p>Estabelecer a profundidade de projeto do cais.</p>	<p>Estabelecer plano de manutenção para a profundidade do berço (dragagem).</p> <p>Definir políticas e estratégias de atracação (em função da chegada do navio ou janela de tempo)</p>
OPERAÇÕES	<p>Selecionar o tipo de equipamento de cais.</p> <p>Especificar as características e dimensões dos equipamentos de cais em função do tamanho dos navios a serem atendidos.</p>	<p>Dimensionar os equipamentos de cais que atenderão a navios simultaneamente</p> <p>Estabelecer plano de manutenção para os equipamentos em função da ocupação dos berços</p>
FLUXO	<p>Definir o sistema de movimentação utilizado para a transferência horizontal da carga no terminal.</p> <p>Estabelecer o "lay out" do terminal, (faixa de tráfego, fluxo interno, zonas de transferência, etc.)</p>	<p>Dimensionar os equipamentos de movimentação e transporte.</p> <p>Aplicar soluções especializadas e inovações tecnológicas buscando otimizar a movimentação</p>
ARMAZENAGEM	<p>Escolher o sistema de movimentação, o tipo de equipamento de retaguarda e suas especificações operacionais.</p> <p>Definir a configuração geral do pátio de armazenagem e suas quadras</p>	<p>Dimensionar a frota de equipamentos de movimentação de retaguarda.</p> <p>Dimensionar e distribuir as áreas do pátio em função da demanda.</p> <p>Estabelecer estratégias e formas de armazenagem e segregação nas quadras.</p>
TRANSBORDO	<p>Estabelecer as ligações e acessos de outros modais ao terminal.</p> <p>Escolher o sistema de movimentação entre o pátio e o modal de transporte e os recursos operacionais aplicados.</p>	<p>Dimensionar os equipamentos de movimentação para a retirada e entrega dos contêineres.</p> <p>Determinar o posicionamento das composições ferroviárias no terminal.</p> <p>Definir regras para o atendimento.</p>
		OPERACIONAL
		<p>Programar a atracação de um navio.</p> <p>Designar navios aos berços de atracação disponíveis ("Schedule")</p>
		<p>Planejar as operações de carga e descarga de um navio.</p> <p>Distribuir a carga de trabalho entre os equipamentos de cais, visando minimizar o tempo de permanência do navio.</p>
		<p>Designar o melhor equipamento disponível a ser alocado para cada contêiner,</p> <p>Definir a seqüência de movimentos a ser executada (caminho mínimo) para cada equipamento.</p>
		<p>Definir a localização de cada contêiner que entra no terminal e o padrão de armazenamento de acordo com as estratégias estabelecidas.</p> <p>Designar o equipamento de movimentação de retaguarda para executar cada movimento</p>
		<p>Definir a seqüência de tarefas a serem executadas.</p> <p>Designar o equipamento de movimentação de retaguarda para executar cada movimento</p>

4.2. O problema da ocupação de espaço no pátio de armazenagem

Inicialmente o problema da ocupação de espaço consiste no dimensionamento adequado da área a ser utilizada como pátio de armazenagem. Esta tarefa inicial, teoricamente, apresenta pouca complexidade em sua decisão, podendo encontrar a resposta com formulações e modelos matemáticos bastante simples, desde que seja conhecida a demanda e suas características; porém, mesmo em um dimensionamento inicial, corre-se sério risco de subestimar a movimentação prevista e prever uma área inferior à necessária para a execução de uma operação eficiente.

Ainda apenas na teoria, um dimensionamento inadequado ou uma análise de demanda subestimada traz um problema que poderia ser facilmente resolvido pela inclusão de novas áreas e expansão do espaço disponível, aumentando a capacidade de armazenagem; porém a realidade dos portos mundiais mostra que esta alternativa está ficando gradativamente mais difícil de ser conseguida; problemas ambientais, ocupação urbana, valorização imobiliária representam os principais e mais encontrados entraves para a adoção de medidas que resultem no aumento do espaço físico disponível.

No cenário portuário brasileiro podemos encontrar diversos exemplos em que o dimensionamento do espaço não foi previsto adequadamente, ou não acompanhou a evolução da demanda de contêineres, e em uma análise geral poucos portos apresentam boas condições para expansão de áreas, estando em muitos casos, limitados por áreas urbanas ou por características geográficas.

Diante desta realidade, na prática, em muitos casos o problema de ocupação do espaço passa a ter que ser solucionado com a área existente e é nesta situação que ele cresce em complexidade, obrigando ao operador portuário buscar soluções que minimizem a ocupação do espaço existente, buscando maximizar a utilização do espaço disponível, sem prejudicar o nível de serviço estabelecido às operações. A primeira e mais importante tomada de decisão que tem direta influência no problema da ocupação de espaço está na escolha do sistema de movimentação e do tipo de

equipamento através dos quais serão executadas as operações no terminal. De acordo com o tipo de equipamento e suas especificações técnicas, será definida a configuração das pilhas (largura, altura e comprimento), consecutivamente a capacidade de armazenagem do pátio estará estabelecida. A configuração das pilhas, mais especificamente a altura de empilhamento tem influência direta na desempenho das operações, quanto mais alto se empilha o contêiner, mais lento é o tempo de armazenagem ou retirada do mesmo, devido à velocidade de içamento do equipamento e também por questões de segurança na operação.

Outro aspecto que deve ser considerado em relação à seleção do equipamento de movimentação é a condição de seletividade dos contêineres na pilha. Cada tipo de equipamento e sistema de movimentação tem uma característica específica para abordar a pilha de contêineres, a esta condição está associada à quantidade de remoções necessárias para que um determinado contêiner seja selecionado e retirado da pilha, conforme pode ser verificado no segundo capítulo.

Esta condição de seletividade tem influência direta na formação das pilhas e na segregação dos contêineres no pátio, dependendo da característica de armazenagem e retirada dos contêineres de cada equipamento de movimentação, será possível obter um maior adensamento das pilhas, permitindo que seja incrementado o aproveitamento do espaço, otimizando a utilização da área disponível, sem prejudicar a desempenho operacional. Quanto maior o adensamento das quadras, melhor será a ocupação do pátio; porém, dependendo do tipo de equipamento, maior também será a quantidade de remoções geradas para a seleção de um determinado contêiner na pilha. Neste aspecto a definição e escolha das estratégias e regras de formação das pilhas e segregação dos contêineres tem fundamental importância na solução do problema de ocupação do espaço.

Outro aspecto que deve também ser levado em consideração na elaboração do problema de ocupação de espaço é a condição de tráfego imposta pelo equipamento de movimentação e que será determinada pelo sistema de operações escolhido. As faixas de tráfego necessárias e o espaço que deve ser reservado às manobras

operacionais variam consideravelmente entre os tipos de sistemas e equipamentos de movimentação, em determinados casos acabam por ocupar espaço que poderia ser destinado à armazenagem de contêineres, reduzindo a capacidade do pátio; vale ressaltar também que a desempenho operacional dos equipamentos de movimentação é afetada de acordo com o espaço livre e desimpedido para o tráfego e circulação, pela escassez de espaço para manobras, congestionamento no fluxo operacional de veículos transportadores, pontos de gargalo, entre outros; estando também diretamente associados os índices de avarias de equipamentos e contêineres decorrentes do abalroamento dos equipamentos nas pilhas.

Outro item de extrema importância para a ocupação do espaço em pátios de contêineres consiste nas particularidades dos contêineres que são utilizadas para a segregação da carga no pátio, em linhas gerais os contêineres são separados em grupos de características semelhantes e armazenados em pilhas específicas, a fim de permitir um carregamento mais eficiente no momento de sua retirada. Estas características diferem de acordo com o tipo de operação, sendo que para a exportação são adotadas as seguintes particularidades para a segregação da carga: Navio de embarque, porto de estivagem ou destino, tipo do contêiner, peso do contêiner, e eventuais situações específicas de estivagem no navio que precisam ser respeitadas no planejamento do embarque nos navios. Para os contêineres de importação, a segregação feita procura atender apenas a ordem de retirada e entrega dos contêineres ao seu destino final, quando esta informação já está disponível, caso contrário não é feita nenhuma segregação, permitindo um melhor adensamento das pilhas e maior aproveitamento do pátio. Todo o processo de segregação de carga será mais bem detalhado no próximo item deste capítulo.

Ainda em relação à carga, trata-se de um item importante para o problema da ocupação do espaço, o tempo de permanência das unidades armazenadas no pátio, conhecido no meio como “*dwell time*”, é um ponto delicado por representar importante vantagem comercial oferecida pelos terminais aos clientes, quando é determinado o prazo livre de cobrança de armazenagem, este prazo será determinante para a definição da data de recebimento dos contêineres pelo terminal em relação à

data de saída do contêiner, seja através do embarque em navios, seja por meio de entrega ao transporte terrestre.

Um aspecto operacional que vem alterando significativamente a ocupação do pátio nos terminais de maior porte é a crescente utilização da modalidade de transbordo de contêineres entre navios, seguindo a tendência de portos concentradores de carga para determinadas linhas ou rotas. Nesta modalidade, os contêineres destinados a portos não escalados pelo navio principal (*“mother-vessel”*) são deixados no terminal para reembarque em outros navios que irão escalar estes portos (*“feeder-vessel”*). Os contêineres, apesar de terem sido descarregados dos navios, precisam receber tratamento e segregação equivalente à carga de exportação, podendo ser destinado de forma direta para a quadra de exportação equivalente, durante a operação de descarga ou no modo indireto, sendo removido posteriormente a descarga para a respectiva área de exportação. Vale ressaltar que neste caso o tempo de permanência do contêiner no pátio é determinado pelas datas de chegada e operação dos navios de descarga e embarque, que pode variar consideravelmente dependendo da rota de portos e respectivas operações, podendo ter um impacto considerável na ocupação do espaço no pátio.

A prática do transbordo vem aumentando nos últimos anos, obrigando aos terminais a se adaptarem a esta nova realidade, sem deixar de manter as características convencionais de exportação e importação, visto que apenas alguns serviços optaram pela modalidade de transbordo, compartilhando a estrutura e os recursos dos terminais com as linhas e serviços regulares.

Outra modalidade de operação que tem recebido incentivos constantes pelas entidades governamentais brasileiras e que também vem impactando na ocupação do espaço no pátio de determinados terminais de contêineres é a carga de cabotagem, que por ser oriunda de portos nacionais, pode ser retirada diretamente do operador portuário pelo cliente, normalmente com prazos de armazenagem bastante extensos, permitindo que a logística das empresas deixem o contêiner no pátio do terminal até que sua linha de produção necessite da carga; de acordo com a chegada do navio, a

programação da retirada é feita de maneira a ajustar os estoques existentes na fábrica ou no centro de distribuição, dependendo do produto, aumentando consideravelmente o tempo de permanência dos contêineres no pátio. Esta prática tem elevado a ocupação das áreas de importação dos terminais, obrigando que parte das quadras estejam ocupadas exclusivamente com carga de cabotagem.

Conforme exposto neste capítulo, a resolução do problema da ocupação de espaço através da designação da área necessária para a armazenagem em um terminal de contêineres vai muito além da simples estimativa da demanda dos contêineres a serem movimentados e conseqüente dimensionamento da capacidade estática de armazenagem do pátio. Precisa ser considerada uma série de características da carga e especificidades das operações que nem sempre são conhecidas detalhadamente no momento do planejamento.

Diante desta situação, é imprescindível que para a solução do problema, o dimensionamento do pátio de armazenagem seja feito de forma integrada à escolha do sistema e tipo de equipamento de movimentação de retaguarda, bem como das formas, regras e políticas de armazenagem que poderão ser colocadas em prática durante as operações do terminal. Para isso torna-se imprescindível que o equipamento escolhido ofereça a flexibilidade e adequabilidade necessárias para o atendimento às necessidades operacionais impostas pelo estabelecimento do nível de serviço desejado.

4.3. O processo de planejamento de armazenagem e recebimento de contêineres.

Admitindo-se que o dimensionamento do pátio já esteja estabelecido e que o sistema operacional e o tipo de equipamento de movimentação já tenha sido selecionado, a ocupação do espaço disponível terá ainda relação direta com as estratégias e políticas de armazenagem e formação de pilhas de contêineres adotadas para o planejamento da armazenagem no pátio. Estas estratégias dependem das características da demanda de contêineres e diferem consideravelmente entre operações de importação e exportação. Neste capítulo serão abordadas as principais

estratégias que podem ser adotadas em um terminal moderno e informatizado, iniciando por oferecer uma descrição dos procedimentos operacionais mais comuns que ocorrem na entrada e recebimento de contêineres, dos critérios e parâmetros adotados para um planejamento eficiente, finalizando pela descrição das principais estratégias e políticas de armazenagem e formação de pilhas.

Processo operacional padrão para o planejamento da armazenagem em um terminal de contêineres moderno, que utiliza sistemas de apoio à decisão e controle operacional informatizado, com instruções e ordens dinâmicas sendo executadas através de coletores de dados, interligados com o servidor central e com as estações de trabalho do centro de controle operacional. Os critérios que serão descritos abaixo são fundamentais para um planejamento eficiente da armazenagem dos contêineres.

Padrão de Recebimento

A chegada de contêineres no terminal, normalmente, segue um determinado padrão, que varia primeiramente com o tipo de operação a ser executada. Para o caso da importação, uma grande quantidade de contêineres entra no terminal em um curto período de tempo, que corresponde ao tempo de operação do referido navio, esta distribuição tem sua variação definida em função da produção da operação de descarga, expressa em contêineres por hora; portanto, a distribuição de chegadas dos contêineres de importação traz uma grande concentração de contêineres nos dias de atracação de navios predominantemente com carga de importação.

Já para o caso da exportação, os contêineres vão sendo entregues ao terminal, à medida que os exportadores vão consolidando suas cargas, e de acordo com o período de armazenagem, acordado entre as partes, onde incidem as taxas de armazenagem, tendo como limite, uma data e horário de corte (conhecido como "deadline") que define a quantidade de contêineres armazenados e destinados a um determinado navio; atualmente este limite está estipulado em doze a oito horas antes da atracação do referido navio; eventualmente pode haver exceções de unidades recebidas após o horário limite, normalmente estes contêineres serão programados

para o embarque direto, sem armazenagem, desde que esteja tudo aprovado com o seu processo documental.

O padrão de recebimento dos contêineres de exportação, normalmente varia em função da data de chegada do navio ao qual os contêineres são destinados e das condições comerciais de armazenagem. Esta condição faz com que o terminal possa encontrar um padrão que represente a previsão de chegada dos contêineres de exportação de um determinado navio ou serviço, permitindo que as áreas sejam reservadas adequadamente, variando seu tamanho em função do intervalo de dias até a data de chegada do navio, abrindo e reservando quadras ou apenas parte delas, para um determinado navio ou serviço, conforme a data de chegada dos contêineres.

Reserva de áreas

O planejamento da armazenagem e ocupação do espaço no pátio em um terminal de contêineres procura definir, inicialmente, de acordo com a previsão de movimentação média de cada navio de embarque de um determinado serviço, áreas reservadas aonde serão depositados os contêineres, à medida que estes são entregues ao terminal. O automatismo dos sistemas de apoio à decisão, largamente utilizados atualmente em terminais de grande movimentação, permitem que esta reserva seja feita de um modo mais dinâmico e preciso, definindo limites e áreas preferenciais onde serão planejados os contêineres à medida que estes chegam ao terminal; as reservas dos espaços serão definidas associadas ao padrão de recebimento estabelecido previamente, além do que utilizando estas reservas, também se torna possível diferenciar as estratégias e políticas de armazenagem aplicada a um determinado espaço do pátio, bem como a superposição dos limites das reservas permite que sejam destinados a uma mesma área, contêineres de diferentes navios e serviços, se for conveniente e necessário para um melhor aproveitamento do espaço. É usual que o planejamento de espaço também defina áreas exclusivas restritas às cargas especiais, carga perigosa (IMDG), frigorificada (“reefers”), excesso, entre outras.

Classes de Peso

Conforme visto anteriormente, os contêineres são estivados a bordo do navio seguindo, basicamente, um planejamento que leva em consideração a rotação dos portos de escala e as condições de estabilidade e resistência do navio, estas duas últimas características tem relação direta com o peso dos contêineres; no embarque, normalmente, os contêineres mais pesados são embarcados em baixo, no porão dos navios e os mais leves são planejados para a parte superior, no convés. Esta condição indica que no armazenamento o peso dos contêineres deve ser considerado para a segregação nas quadras. De maneira geral, visando atender a esta necessidade, são definidas classes representativas dos intervalos dos pesos dos contêineres, que agruparão as unidades que estiverem dentro deste intervalo. As classes de peso devem ser definidas de acordo com as particularidades da carga e dos navios que atracam no referido porto, podendo variar de acordo com o terminal e também de acordo com o navio ou serviço; apenas como exemplo ilustrativo, as classes podem ser definidas como: Leve – para contêineres de, no máximo, quinze toneladas, Médio – para contêineres entre quinze e dezoito toneladas, Pesado – entre dezoito e vinte e duas toneladas e Extra-Pesado – acima de vinte e duas toneladas. Esta condição tem grande importância para as operações de embarque, já para a importação não tem influência, visto que, normalmente, o peso dos contêineres não é restrição relevante para os veículos terrestres, com exceção às cargas especiais (máquinas, carga de projeto, etc.).

Combinações

As combinações são determinados parâmetros de planejamento de espaço que servem para agrupar contêineres de uma determinada característica específica no pátio de armazenagem. Os sistemas de planejamento de armazenagem normalmente atribuem combinações de acordo com a modalidade do contêiner, podendo ser diferenciado entre os contêineres de importação, exportação, transbordo, além de contêineres especiais, como, frigoríficos, perigosos, etc. As características que podem ser utilizadas para definir uma nova combinação e conseqüentemente um

grupo de contêineres no pátio são: altura e comprimento do contêiner, porto de estivagem ou destino, contêiner cheio ou vazio, entre outros; estas combinações são atribuídas a serviços ou navios separando desta forma a carga de cada um de acordo com as áreas reservadas e o padrão de recebimento.

Algoritmos

Finalizando o processo de planejamento de armazenagem, algoritmos são definidos cuja função será estabelecer os parâmetros e padrões através dos quais as quadras e as pilhas serão formadas. Os parâmetros dos algoritmos representam à forma que será dada quando as quadras estão sendo formadas, podendo optar por armazenar contêineres pertencentes a uma mesma reserva/combinção em pilhas adjacentes, ou intercalar pilhas de navios distintos, ou ainda permitir ou proibir a mistura de contêineres de serviço/navio distintos em uma mesma quadra. Já os padrões dos algoritmos definem diretamente a formação das pilhas dentro da quadra, de acordo com o equipamento de movimentação utilizado e seguindo algumas regras estipuladas pelo planejador, como: armazenar contêineres leves na frente de contêineres mais pesados ou vice versa, preencher a pilha na direção vertical inicialmente e somente depois de atingir a máxima altura ocupar o próximo espaço no piso (lastro) ou optar por ocupar inicialmente os lastros para depois subir as pilhas, empilhar apenas contêineres de uma mesma classe de peso, ou de um mesmo porto ou navio dentro de uma quadra, entre outros padrões que podem ser estabelecidos.

Estes parâmetros acima descritos são aplicados no planejamento da armazenagem e definem a ocupação do pátio e do seu espaço físico. De acordo com as estratégias adotadas e o tipo de equipamento e sistema de movimentação adotado, será estabelecida a necessidade de espaço para a armazenagem dos contêineres destinados ao terminal. O processo de planejamento de armazenagem pode ser executado tendo seu foco no nível de cada viagem de um navio específico ou em um nível mais abrangente, estabelecendo regras e políticas de armazenagem para o serviço ou linha. Este critério é aplicado visando facilitar a tarefa de planejamento

podendo ser acrescentadas determinadas particularidades para cada linha, de acordo com a característica da carga (Quantidade de portos, Quantidade de contêineres especiais, etc.) desta linha ou mesmo uma necessidade de um navio específico que, devido às restrições de estivagem (limite de peso, estabilidade, etc.) pode necessitar de uma estratégia de armazenagem diferenciada.

O serviço ou linha pode ser entendido como uma rota regular, com uma escala de portos previamente definida e dentro de uma programação, operada por um conjunto de navios, podendo ser composto por um ou mais armadores (“joint-venture”). Cada serviço tem suas características específicas de carga, de acordo com a rota estabelecida, as regiões atendidas e os portos de escala; além disso, cada navio que faz parte do serviço pode ter também suas especificidades, em determinadas situações, uma viagem ou visita pode ter características únicas que mereçam ser tratadas diferentemente na estratégia de armazenagem, por isso, atualmente o planejamento de armazenagem leva em consideração tanto o nível do serviço como o nível de cada navio e viagem em particular.

Em geral a logística operacional do processo de planejamento segue a seguinte seqüência de tarefas. Para todo contêiner que chega ao terminal, o padrão de recebimento do serviço ou navio ao qual o contêiner está destinado, associado à designação da área previamente reservada, irá definir o espaço que será designado a este contêiner, através das combinações e das classes de peso definidas é determinada a segregação dos contêineres em grupos de características semelhantes e a distribuição destes grupos em quadras no pátio de armazenagem, finalmente, de acordo com os algoritmos de planejamento será definida como a quadra e a pilha serão formadas.

Os fluxogramas a seguir ilustram os processos de planejamento para o recebimento e a armazenagem dos contêineres destinados à exportação, estando também representado o ciclo operacional da entrega dos caminhões externos em um sistema de empilhamento de contêineres.

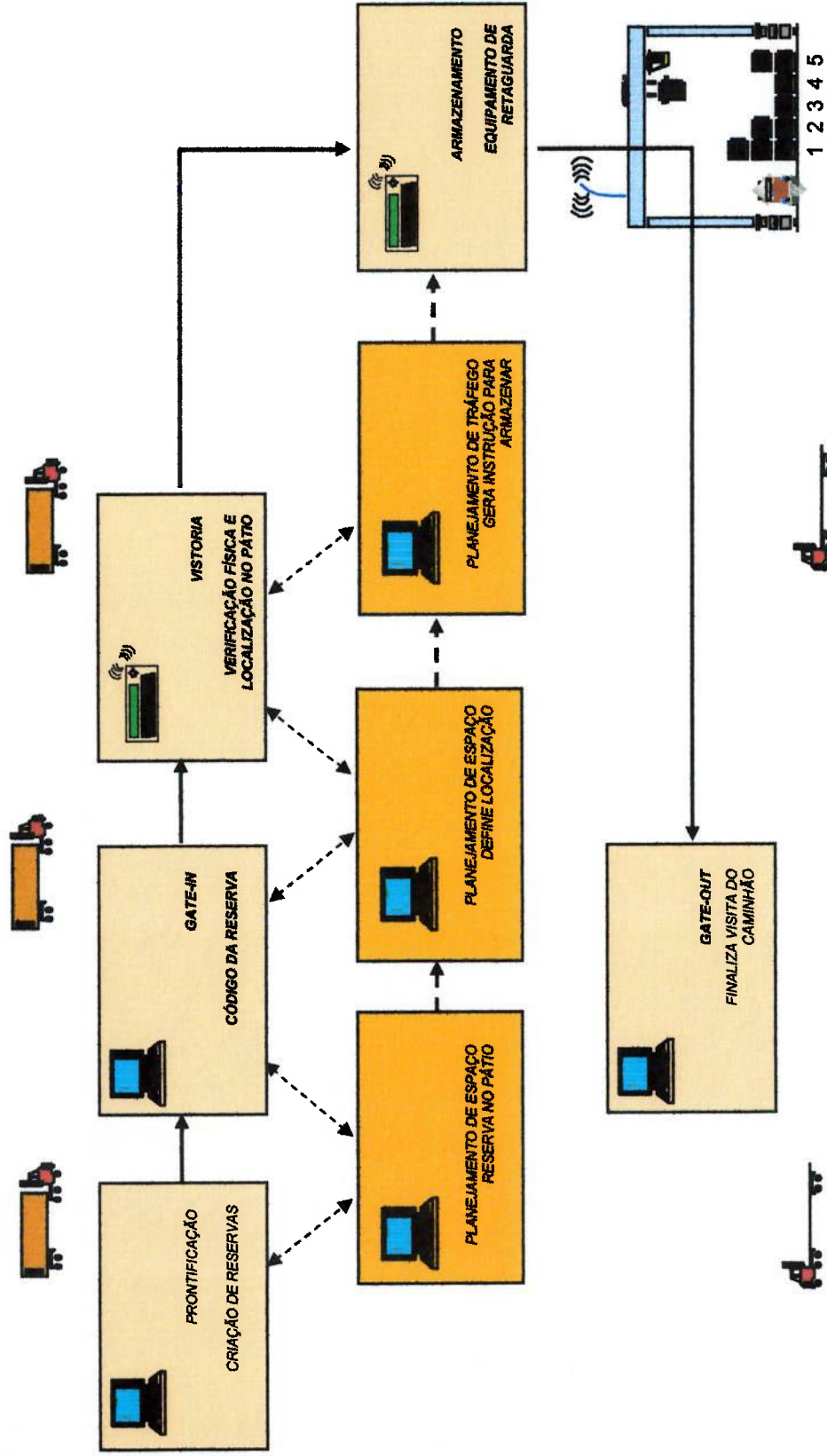


Figura 16 - Fluxo operacional do planejamento, recebimento e armazenagem de contêineres de exportação

Antes de o contêiner chegar ao terminal, tão logo haja o fechamento comercial entre o exportador e o armador, a documentação que autoriza o recebimento do contêiner é enviada ao terminal, atualmente considerável parcela é enviada por meio eletrônico. Esta documentação traz as informações básicas necessárias para o início do processo de planejamento de armazenagem, e é conhecida como “*booking*” ou reserva, à medida que se aproxima a data de chegada do navio, o volume de reservas enviadas aumenta, representando a gradativa ocupação dos espaços de estivagem disponíveis no navio que estarão reservados aos contêineres. A consolidação destas reservas e a análise estatística do histórico de embarque de cada navio, em conjunto com a previsão de embarque informada pelo armador vão nortear a reserva de área que será disponibilizada no pátio de armazenagem.

Estas reservas são inseridas no sistema operacional do terminal, normalmente por setor administrativo, conhecido como prontificação de carga e tem como função principal autorizar a entrada do contêiner através da verificação do código da reserva, um código único fornecido pelo armador e que deve constar obrigatoriamente no documento de transporte trazido pelo caminhoneiro externo, que deve ser apresentado assim que o caminhoneiro é atendido na chegada ao terminal, neste momento são inseridas as primeiras informações relevantes para o planejamento da armazenagem, que são o navio previsto para embarque, o porto de destino e estivagem e o peso bruto do contêiner, após o cadastro feito pelo operador da cabine de recebimento (“*gate in*”), o sistema já procura uma posição a ser ocupada por este contêiner, de acordo com a área reservada para o respectivo serviço ou navio, o padrão de recebimento estabelecido para o serviço ou navio e a data relativa à chegada do navio.

Depois de finalizado o processo de cadastro do contêiner, a próxima etapa é a verificação física do contêiner, onde vistoriadores confirmam as informações cadastradas no sistema relativas às características do contêiner, são também verificados os lacres, avarias e adesivos de carga perigosa, qualquer divergência relevante, interrompe o processo de recebimento. Ao final desta etapa, o sistema

confirma o recebimento do contêiner e determina a posição de armazenagem planejada, complementando as informações previamente cadastradas com as particularidades físicas do contêiner.

Para a confirmação da posição planejada, além dos parâmetros já utilizados, (navio, porto, peso, padrão de recebimento e área reservada), através das combinações criadas no sistema, são também considerados os parâmetros de formação de pilha e utilização dos equipamentos de movimentação, gerando a instrução que será enviada ao coletor de dados instalado na cabine do equipamento de movimentação habilitado para operar na respectiva área e para este tipo de operação. Esta instrução deve ser respeitada e executada pelo próprio operador da máquina, e aparece assim que a vistoria é finalizada e o planejamento de armazenagem é executado. Para esta definição são observadas as restrições do equipamento de movimentação e os algoritmos programados no sistema que irão definir a posição final de depósito do contêiner.

Assim que o contêiner é armazenado na posição definida, o operador confirma a instrução no sistema, localizando o contêiner na posição estipulada e libera o caminhão para carregar outra unidade ou para deixar o terminal. Na saída, o operador da cabine (“*Gate out*”) confirma a saída do caminhão, finalizando sua visita e imprimindo um documento que confirma a entrega do contêiner, que deve ser assinado pelo motorista.

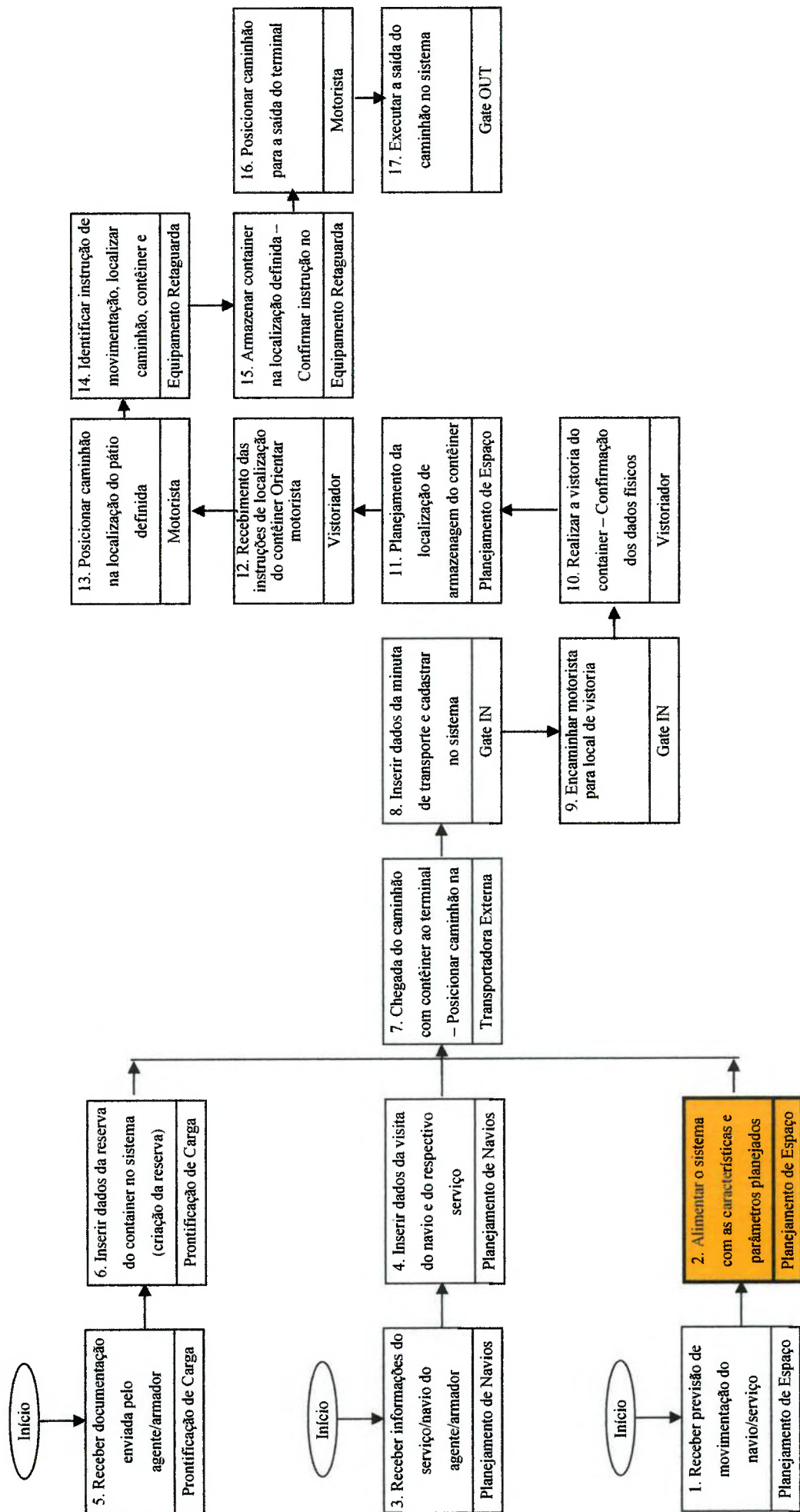


Figura 17 - Fluxograma dos processos para o planejamento, recebimento e armazenamento em um terminal de contêineres

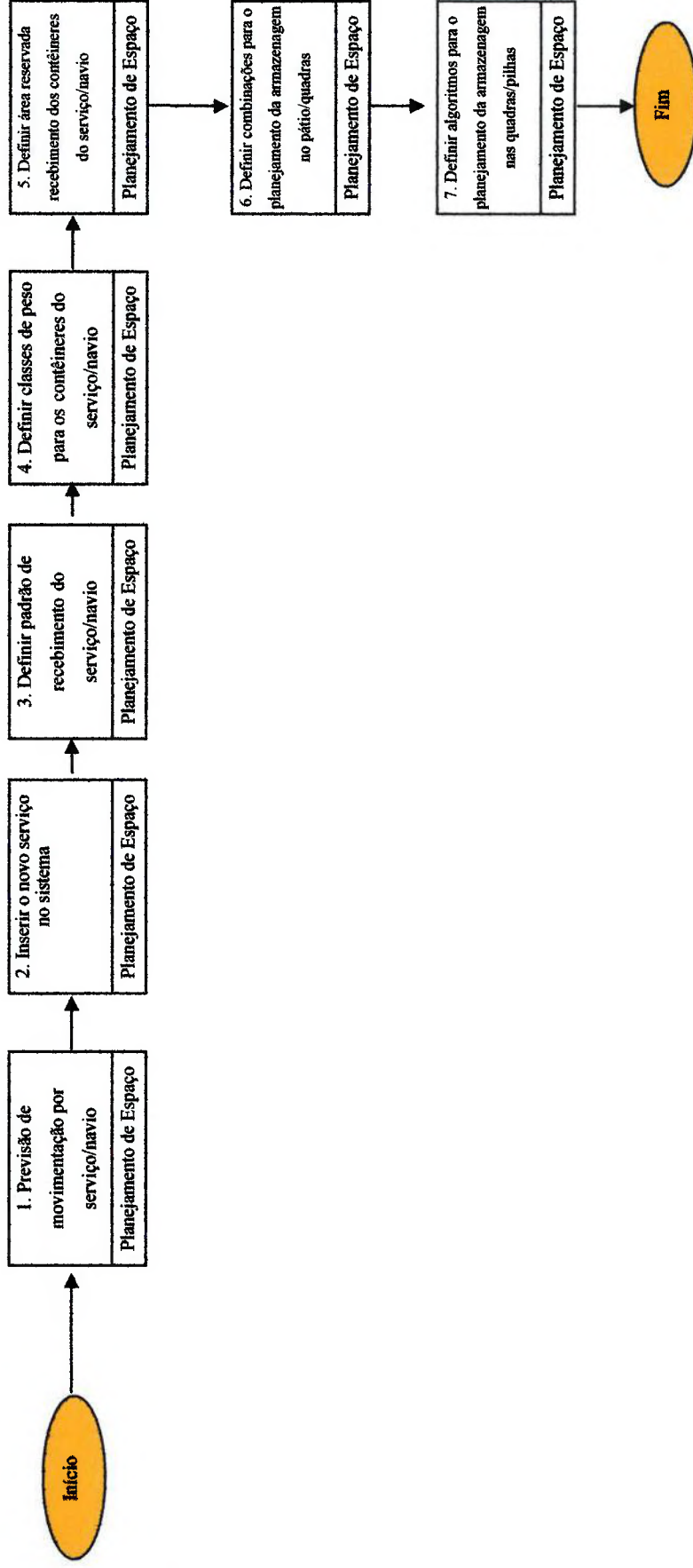


Figura 18 - Fluxograma dos processos para o planejamento da armazenagem de contêineres

4.4. Estratégias de armazenagem, formação de pilhas de contêineres e aproveitamento do espaço físico

Conforme verificado no texto e nos fluxogramas anteriores, a posição de armazenagem dos contêineres é definida no momento da entrada do contêiner no terminal e atualmente com o processo de recebimento e planejamento de armazenagem plenamente automatizado e em tempo real, as estratégias e políticas de formação de pilhas devem estar previamente estabelecidas e deverão prever todo o tipo de situação que poderão acontecer, de acordo com as características do contêiner, do navio e do sistema de movimentação de retaguarda utilizado.

Para o terminal de contêineres, a situação ideal de armazenagem seria ter cada contêiner armazenado em seu espaço individual, livre para ser movimentado quando necessário, sem contêineres empilhados, um sobre o outro e alinhados no piso de maneira que qualquer equipamento poderia selecionar qualquer contêiner no pátio, a qualquer momento para carregá-lo em outro veículo transportador, garantido agilidade nas operações, flexibilidade na seleção dos contêineres e alta produtividade na movimentação do terminal.

Este conceito norteou praticamente todos os terminais de contêineres que surgiram na década de setenta nos Estados Unidos, os contêineres eram mantidos sobre chassis e o cavalo trator engatava o chassis com o contêiner, transportando-o até a área designada aonde era desengatado e ficava aguardando outro veículo que iria engatá-lo para transportá-lo pelas estradas até seu destino final.

Este conceito de operação, está se tornando cada vez mais utópico e fora da realidade observada na maioria dos grandes terminais de contêineres no mundo e está sendo abandonado gradativamente devido à necessidade em atender a uma demanda de contêineres em crescimento vertiginoso, sem ter a expansão das áreas para armazenagem do terminal, seja por um elevado custo imobiliário verificado, escassez de áreas disponíveis nos portos e nas regiões circunvizinhas, invasão e enforcamento da área do porto pela ocupação urbana das cidades, restringindo a possibilidade de

áreas para expansão; diante desta situação, a maximização da ocupação do espaço disponível, sem prejudicar a produtividade das operações, torna-se um dos objetivos fundamentais a ser alcançado pelos operadores de terminais de contêineres de todo o mundo.

Na prática existem duas situações distintas que obrigarão ao planejador a adotar soluções e práticas distintas. A primeira situação, mais conveniente e recomendável, é tratar do problema de armazenagem e ocupação de espaço durante a fase de projeto do terminal, buscando prever adequadamente a demanda de contêineres a serem movimentados, a área disponível para a implantação do terminal e futuras expansões e o sistema e o tipo de equipamento de movimentação a ser escolhido. Estas decisões precisam ser tomadas de maneira sistêmica, visto que existe uma nítida relação de interação entre as operações decorrentes das opções adotadas; a segunda situação, e infelizmente a mais encontrada no cenário portuário brasileiro, vem da necessidade de adaptação do terminal implantado, em operação, que encontra uma condição próxima ao limite da sua capacidade de armazenagem, decorrente de um aumento da movimentação acima do previsto ou além do esperado na fase de projeto.

A solução tem sido o empilhamento dos contêineres, armazenar para o alto, subindo as pilhas às alturas que serão limitadas, dependendo das características técnicas dos equipamentos de movimentação de retaguarda e resistência do solo. Estas duas restrições são solucionadas por meio de dimensionamento e especificações adequadas, sem muita dificuldade dentro dos limites de viabilidade de cada um dos problemas; porém, empilhar contêineres resulta em um problema operacional, decorrente do fato de que nem todas as unidades estarão disponíveis para seleção e movimentação a qualquer momento, e é neste ponto que começam as dificuldades.

A questão está concentrada em deixar disponível para a movimentação, um contêiner específico para quando for o momento de carregá-lo em outro veículo, seja para entregá-lo para seu destino (importação) ou mesmo para embarcá-lo em um

navio (exportação). Quais contêineres poderão ser deixados por baixo e por trás de outros e quais precisarão ficar livres para retirada posterior da pilha consiste no problema a ser solucionado. Evitar remoções desnecessárias e movimentos improdutivos torna-se essencial para evitar a perda na produtividade do carregamento e conseqüentemente tem influência direta nas operações de embarque dos navios e no tempo de atendimento e permanência dos veículos transportadores (caminhões ou vagões) no terminal.

A condição mais importante no empilhamento de contêineres é a altura da pilha formada, quanto mais alto, maior o número de contêineres armazenados na quadra e melhor será sua taxa de ocupação e conseqüentemente será alcançado um melhor adensamento do pátio; porém, à medida que a pilha cresce para o alto, mais contêineres ficam em condição de bloqueio, sendo necessário que sejam removidas unidades para que o equipamento de movimentação possa atingir ao contêiner desejado, podendo afetar consideravelmente a produtividade das operações; além disso, o tempo para armazenar ou retirar um contêiner de alturas mais elevadas tende a crescer, devido ao curso percorrido pelo equipamento, condições de visibilidade e segurança do movimento, capacidade de içamento do equipamento, entre outros fatores que acabam por reduzir a produtividade dos movimentos.

Esta condição obriga que a formação da pilha procure respeitar algumas regras e padrões que permitam agrupar contêineres de características semelhantes, que possam ser eventualmente substituídos, buscando evitar que contêineres tenham que ser removidos e movimentados desnecessariamente no pátio, a fim de que seja selecionada uma unidade no interior da pilha. Conforme detalhado anteriormente neste capítulo, no momento do recebimento do contêiner no terminal, será definida sua localização no pátio, esta definição deverá levar em conta as características do contêiner e a estratégia adotada para o planejamento da armazenagem.

Vale ressaltar também, que a condição de seletividade do equipamento de movimentação de retaguarda para a colocação e retirada de contêineres da pilha tem direta influência na eficiência da estratégia de armazenagem, permitindo que seja

realizado um número menor de remoções quanto maior for a capacidade do equipamento em transpor os lastros da pilha, conforme ilustrado no segundo capítulo.

Outro aspecto relevante que deve ser considerado para a adoção de estratégias de armazenagem é o tempo de permanência do contêiner no terminal e a antecedência com que o contêiner é recebido no terminal em relação a seu embarque ou entrega; contêineres que chegam próximo à data de carregamento devem ter um tratamento mais cauteloso, a fim de que não sejam misturados com outras unidades que permanecerão no pátio por mais tempo.

Os contêineres de importação têm característica completamente diferente dos contêineres de exportação, o que define o momento de sua retirada é a chegada do veículo transportador ao qual o contêiner estará designado, normalmente esta chegada é aleatória e não respeita nenhum padrão que possa ser adotado para a definição de uma estratégia; portanto, para a importação, usualmente procura-se evitar apenas a mistura de contêineres de navios distintos que tenham operado com datas distintas, evitando desta forma que contêineres com maior tempo de permanência, com maior probabilidade de retirada, fiquem por trás ou embaixo de contêineres com chegada mais recente no terminal, que devem ser retirados do terminal em data mais adiante; outra estratégia é a separação de lotes maiores de contêineres designados a um mesmo destino, permitindo que a entrega seja programada para um período específico, evitando remoções de contêineres designados a outros destinos; deve-se ter atenção ao deslocamento excessivo dos equipamentos de movimentação de retaguarda que pode ocorrer se a segregação for feita durante a descarga do navio e a perda da produtividade das operações em consequência deste fato.

Como nenhuma das duas estratégias acima mencionadas demanda um grande esforço de planejamento, bastando ter espaço e equipamento suficientes para executar a estratégia escolhida durante as operações, esta dissertação não irá abordar detalhadamente as estratégias de armazenagem de contêineres de importação, focando nos casos de exportação, apesar de que conceitualmente as estratégias

podem ser aplicadas, independente do tipo de operação, bastando apenas ajustar os parâmetros e características para a segregação.

Para a exportação, podemos considerar duas estratégias de armazenagem básicas, podendo ser:

Armazenamento no piso – posição individual

Trata-se da condição ideal para o terminal, com seletividade total para os contêineres e condição de movimentar cada unidade livremente, sem a necessidade de remoções e movimentos considerados improdutivos. Oferece alta velocidade na movimentação dos contêineres, visto que o trajeto percorrido pelo equipamento de movimentação de retaguarda, tanto no armazenamento, como na retirada da unidade, é o menor possível para este tipo de operação.

Todo o contêiner que chega ao terminal será localizado em uma posição individual, no piso, e somente serão armazenados contêineres nas quadras ao lado, fazendo com que todos os espaços do piso do terminal sejam ocupados. Este conceito foi fundamentado na metodologia operacional dos terminais de contêineres norte-americano, que operavam integralmente com os contêineres posicionados sobre chassis, aguardando desta forma até que fosse definido o momento do embarque da unidade.

É indicado para terminais que tenham baixa movimentação de contêineres, associado à elevada disponibilidade de área para armazenagem, devido à extremamente baixa taxa de densidade e ocupação de espaço que esta estratégia permite. As restrições ambientais e de preservação de áreas, a escassez de áreas livres disponíveis e a grande movimentação de contêineres verificada na maioria dos terminais, na maioria dos casos, inviabilizam por completo a adoção desta estratégia de armazenagem.

Empilhamento de contêineres – alturas

Quando a demanda de contêineres no comércio internacional começou a crescer e a movimentação apresentava gradativo incremento, enquanto os terminais tiveram opção, buscaram áreas para expansão, visando manter as estratégias operacionais adotadas até aquele momento; no entanto, já era comum observar terminais empilhando contêineres até a segunda e terceira alturas, principalmente na Europa. A taxa de crescimento foi aumentando e a expansão de áreas não acompanhou, a logística do comércio internacional trouxe um incremento das rotas do extremo oriente, criando portos com movimentações extremamente volumosas, obrigando a que os portos desta região já considerassem alturas elevadas, foram os primeiros terminais a alcançarem a quarta e quinta altura, para que esta condição fosse alcançada mantendo os índices de produtividade nas operações, foram desenvolvidas soluções de movimentação adequadas ao desafio que se apresentava.

Os equipamentos e a tecnologia nesta área evoluíram, permitindo aumentar a eficiência da movimentação, viabilizando definitivamente a solução de empilhamento de até cinco alturas, aumentado também consideravelmente a largura das pilhas, mais especificamente no caso de equipamentos em forma de pórticos. Esta condição varia de acordo com o tipo de equipamento, conforme visto no segundo capítulo, variando também a forma com que o equipamento acessa a pilha e os contêineres no interior da pilha.

O problema agora consiste na organização destas pilhas, quanto maior o número de contêineres empilhados em uma mesma quadra, maior deverá ser o cuidado despendido ao planejamento da armazenagem e das estratégias e práticas adotadas para a formação das pilhas, visando maximizar a ocupação do pátio e o adensamento das pilhas, sem que a produtividade das operações seja prejudicada. Na prática, o problema de decisão pode estar na compensação entre aumentar o adensamento, mesmo admitindo um aumento no número de remoções e movimentos improdutivos e conseqüente perda na produtividade das operações.

Para a organização e formação das pilhas, podem ser sugeridas as seguintes estratégias complementares às estratégias básicas acima descritas, todas dizem respeito à segregação dos contêineres no pátio, visando incrementar o adensamento no pátio e reduzir à ocupação do espaço disponível, procurando garantir que no momento do carregamento de um contêiner específico, exista uma opção a ser retirada da pilha sem a necessidade de remover unidades durante a operação do navio.

Separação por navios - porto - peso.

Trata-se da estratégia mais comum entre os terminais de contêineres que praticam o armazenamento em pilhas. Consiste na segregação dos contêineres e formação de pilhas com contêineres de um mesmo grupo com características semelhantes. As características mais adotadas para a separação dos contêineres em grupos são: Navio de embarque, porto de estivagem e classe de peso, parâmetros já utilizados no planejamento de armazenagem e explorados anteriormente neste capítulo. A estratégia consiste em formar pilhas inteiras ou parte de uma pilha com contêineres destinados a um mesmo navio de embarque, com um mesmo porto de estivagem e com peso que esteja dentro de uma das faixas de peso estipuladas para a segregação.

A segregação dos contêineres por navio de embarque visa organizar o pátio, agrupando em uma determinada área, previamente reservada, os contêineres destinados a um mesmo navio, é usual que o pátio já seja zoneado por serviços, facilitando desta forma o fluxo de veículos e equipamentos durante as operações de embarque. Com quadras específicas e separadas para cada navio, procura-se garantir que a movimentação de recebimento e armazenamento de contêineres e acertos de pilhas para navios futuros tenha a menor interferência possível no momento do embarque do navio em operação.

A segregação dos contêineres por porto de estivagem visa facilitar o planejamento da operação de embarque do navio, agrupando em algumas pilhas,

contêineres de um mesmo destino. Para o terminal de contêineres, não interessa o porto final de destino, e sim o porto de estivagem, que corresponde ao porto em que o contêiner será descarregado nas escalas seguintes, atualmente com o advento das operações de transbordo (“*transshipment*”) e a utilização de portos concentradores (“*Hub port*” / “*Feeder service*”) os portos de destino final costumam ser diferente dos portos de descarga. Agrupando os contêineres de um mesmo porto permitem que quando a estivagem do navio estiver sendo planejada, uma seqüência de embarque possa ser realizada em uma única pilha, sem a movimentação do equipamento de retaguarda e sem a necessidade de remover unidades destinadas a outros portos.

Já a separação de cargas por peso busca atender a uma necessidade estrutural do navio, visando garantir boa estabilidade e distribuição de carga adequada em todos os porões e colunas do navio. Análogo à separação por portos, agrupar contêineres de peso semelhante, oferece ao planejador do navio a opção de escolha de contêineres sem correr o risco de ficar restrito a unidades de um determinado peso que estejam por baixo de outras unidades.

Portanto, a estratégia de segregação de contêineres no pátio mais primária parte do princípio que devam ser formados grupos de contêineres com características semelhantes, mais especificamente considerando os três aspectos mais relevantes para o planejamento do embarque, que são navio de embarque, porto de estivagem e classe de peso. Serão designadas pilhas ou parte delas para cada grupo, respeitando também o zoneamento de áreas reservadas a cada serviço no pátio de armazenagem, neste caso, quanto maior for a quantidade de grupos formados, maior será a necessidade de reservas de pilhas, impactando diretamente na ocupação dos espaços no pátio, visto que, a medida que uma pilha é armazenada com um contêiner de um determinado grupo, toda a pilha fica reservada para este grupo específico; portanto a determinação do número de grupos a serem formados, principalmente no tocante às classes de pesos que serão estipuladas, deve ser feita em concordância com o espaço disponível e quantidade de pilhas que poderão ficar incompletas.

Deve ser dada especial atenção à quantidade de pilhas designadas para cada grupo e a disposição das pilhas no pátio, caso sejam reservadas poucas pilhas ou muito próximas uma das outras, pode acarretar em conflitos indesejáveis entre os equipamentos de movimentação de retaguarda durante o carregamento, ocasionando perda na produtividade do carregamento.

A eficácia destas estratégias está diretamente relacionada com o tipo de equipamento e sistema de movimentação de retaguarda adotado pelo terminal para as suas operações, dependendo da forma de acesso do equipamento de movimentação à pilha para a retirada dos contêineres que estão armazenados na parte interior da mesma. Para equipamentos que conseguem transpor a pilha, por sobre os contêineres, é permitido que a separação possa considerar não apenas a pilha inteira, mas apenas alguns lastros (colunas) da pilha. Esta possibilidade permite aumentar consideravelmente o adensamento das pilhas sem gerar um número elevado de remoções no momento da retirada do contêiner, principalmente nos casos em que se tem grande diversidade de portos, com pequena quantidade de contêineres para cada destino.

Separação de contêineres especiais

Carga perigosa, frigoríficos, excesso e instruções especiais.

Outra prática recomendada para a armazenagem é separar áreas para contêineres com características específicas e que necessitam de cuidados especiais na armazenagem ou a bordo do navio. O conceito da estratégia deve seguir os mesmos princípios da estratégia de separação anterior (navio-porto-peso), ficando os contêineres agrupados em uma mesma área particular, que normalmente atende a vários serviços.

Os contêineres contendo carga perigosa precisam ser armazenados respeitando a segregação entre as classes IMDG que representam os produtos perigosos, totalizando nove classes. Esta segregação é definida por órgãos internacionais e deve ser obedecida pela autoridade portuária local e

consequentemente pelos terminais que operam no referido porto. O planejador deve tomar considerável atenção na definição desta segregação, visto que está inserindo um número considerável de elementos combinatórios aos grupos de separação, podendo acarretar em uma ocupação de área consideravelmente elevada. A recomendação de manter uma área específica e isolada para estas unidades se justifica devido às condições de segurança, devendo manter o fluxo de veículos o menor possível, buscando minimizar o risco de acidentes e avarias ocasionadas por abalroamentos; também não é recomendável o empilhamento de contêineres tanques, muito comuns com produtos perigosos, reduzindo a capacidade de armazenagem da pilha.

Os contêineres frigoríficos ou refrigerados (“reefers”) precisam ser armazenados em posições que permitam estar conectados à energia elétrica para a manutenção da temperatura interna do contêiner, garantindo a integridade da carga. Usualmente, nos terminais, o fornecimento de energia elétrica fica restrito a poucas áreas. Esta situação cria uma tendência de agrupamento de contêineres de diferentes serviços, navios e até mesmo portos. O dimensionamento adequado da área disponível, bem como das tomadas à disposição, em relação à demanda de contêineres frigoríficos é essencial para um planejamento de armazenagem eficiente, que permita uma segregação satisfatória, evitando perda na produtividade decorrente de remoções durante as operações de embarque.

Outro tipo de particularidade comum em terminais de contêineres é a carga com excesso, cargas de projeto de médio porte, máquinas e equipamentos, volumes, entre outros, que podem ser estufados em contêineres especiais sem teto rígido (“*open-top*”) ou plataformas (“*flat-rack*”), ocupam aproximadamente o espaço de um contêiner comum; porém, estabelecem uma restrição ao empilhamento. Recomenda-se que estas unidades sejam armazenadas em uma área específica, visto que sua movimentação deve ser evitada ao máximo, por necessitar de equipamentos e cabos especiais, até o seu carregamento definitivo para o embarque no navio. Para alguns casos mais críticos, recomenda-se que o contêiner não seja armazenado,

permanecendo sobre o chassi durante a permanência no terminal ou tendo seu recebimento vinculado ao momento do embarque direto no navio.

Existem ainda algumas instruções especiais estipuladas pelo tipo de carga que devem ser atendidas no momento do planejamento do embarque do contêiner no navio, são conhecidas como instruções especiais de estivagem e correspondem a determinadas restrições, como contêineres que somente poderão ser transportados no porão, ou precisam estar estivados no convés, ou ainda longe de fontes de calor, entre outras condições. Estas exceções precisam ser tratadas também no planejamento de armazenagem, visto que não oferecem opções ao planejador do navio no momento do embarque. Dependendo da quantidade, estas unidades podem formar um novo grupo e ter pilhas reservadas, ou simplesmente deverão ser separadas antes do embarque, deixando-as livres para o carregamento no momento necessário.

Para todos os casos acima descritos, o tipo de equipamento de movimentação utilizado e sua capacidade de empilhamento e acesso à pilha são fundamentais para o resultado obtido na ocupação do espaço em função da segregação dos contêineres, principalmente nos casos que constituem exceções com pequena quantidade de ocorrências, que poderão ocupar parcialmente a pilha, utilizando também os lastros internos para a segregação, sem que seja necessário remover as unidades da frente no momento do carregamento.

Combinação de navios futuros

Esta estratégia visa melhorar o índice de ocupação do pátio de armazenagem, aumentando o adensamento das pilhas, buscando concentrar em uma única pilha, contêineres destinados a navios que terão sua operação em uma data futura, posterior ainda à próxima operação de um navio do mesmo serviço ou linha. Neste caso não é necessário respeitar os demais parâmetros de segregação, mantendo apenas a organização dos serviços, para que sejam evitadas remoções entre áreas muito distantes e minimizar eventuais interferências com as demais operações que podem estar acontecendo nas outras áreas do terminal.

Esta estratégia é recomendada para situações onde a ocupação do pátio já atinge percentuais elevados, acima de setenta por cento dos espaços ocupados, e que para permitir uma melhor condição de segregação dos contêineres do próximo navio de embarque a ser operado, o planejador pode optar por misturar os contêineres que chegam para os navios futuros, que geralmente apresentam reduzidos lotes, em pilhas únicas, evitando reservar pilhas para poucos contêineres, comprometendo ainda mais a ocupação do pátio.

Após o término do embarque do navio corrente, quando as quadras já estarão livres, o planejador começa a remover os contêineres das pilhas misturadas, acertando o próximo navio em suas respectivas pilhas, observando os parâmetros de segregação (navio-porto-peso), dando seqüência no recebimento dos contêineres do próximo navio de embarque sobre as pilhas já arrumadas. Vale ressaltar que esta estratégia, indubitavelmente, gera um número maior de remoções para o acerto e preparação das pilhas e que será necessário disponibilizar recursos para a execução destas remoções; porém esta estratégia pode representar valiosa solução para os casos em que é necessário reduzir a ocupação do pátio sem a possibilidade de obter novas áreas para a expansão.

Combinação de lotes pequenos

Outra estratégia que pode ser adotada para evitar uma ocupação desnecessária do pátio é armazenar os contêineres de determinados grupos que apresentam pequena quantidade, ocupando os espaços da frente de pilhas designadas a navios futuros, sem reservar uma pilha inteira para um grupo que irá ocupar apenas parcialmente a pilha. Esta estratégia é bastante útil quando o equipamento de movimentação consegue acessar a pilha apenas pela frente da mesma, sem conseguir alcançar os lastros internos.

Esta prática pode ser também aplicada quando há a necessidade de abrir espaços no pátio, removendo pequenos lotes de um mesmo grupo que estão

ocupando pilhas para espaços em pilhas parcialmente ocupadas, aumentando o adensamento das pilhas e melhorando o índice de ocupação do pátio.

Em toda e qualquer estratégia que parte da premissa de misturar contêineres, o grande desafio está em encontrar o momento certo para interromper a estratégia de combinação e partir para a segregação plena dos contêineres, além disso, será também necessário que o planejador esteja atento à data de chegada e operação do navio, no intuito de que seja programada a operação de remoção que irá retirar da pilha misturada os contêineres do navio corrente, destinando-os às respectivas pilhas de acordo com os parâmetros de segregação aplicados. Diante desta situação, é imprescindível que seja analisada também a ocupação dos recursos do terminal e a frequência da chegada e operações dos navios. O ideal seria que estas remoções fossem realizadas nos períodos de baixa atividade operacional do terminal, aproveitando a ociosidade dos recursos e minimizando eventuais interferências no pátio. Em um terminal muito congestionado, estas estratégias de combinação para posterior segregação podem ser consideravelmente prejudicadas, até mesmo inviabilizando a preparação das quadras e colocando em risco a produtividade das operações de embarque do navio.

“Allotment” – Designação de espaço reservado por armador ou serviço

Esta estratégia parte para uma solução mais delicada e que necessita de um trabalho comercial metucioso e cauteloso em relação aos armadores e clientes. Trata-se de estipular cotas de espaços a serem ocupados por cada armador, controlando o estoque diariamente e restringindo a entrada de mais unidades de um armador que tenha ultrapassado a sua cota. Esta medida visa reduzir o tempo de permanência dos contêineres no pátio (“*dwell time*”), desestimulando o envio muito antecipado de contêineres para serem armazenados no terminal.

As cotas devem ser determinadas pela média de contêineres embarcados por cada armador em cada navio, multiplicada por um fator destinado a armazenagem de navios futuros do mesmo armador. Esta cota precisa ser acompanhada diariamente e

deve ser ajustada periodicamente a fim de não prejudicar o resultado operacional dos armadores decorrentes do fechamento de carga e embarque nos navios.

Por atingir diretamente o armador, alterando condições comerciais importantes estabelecidas, bem como causar uma alteração em toda a cadeia logística de exportação, esta estratégia deve ser adotada apenas em última instância, nos casos em que a ocupação do pátio atingiu índices próximos a noventa por cento, não existe possibilidade da obtenção de áreas para expansão e as estratégias de adensamento já foram todas aplicadas e ainda assim a ocupação permanece elevada.

Outra situação que justificaria a implantação desta estratégia seria um alto índice de cortes e cancelamentos de embarques por parte do armador decorrente da excessiva ocupação dos navios em operação no serviço. Os contêineres que foram recebidos no terminal destinados a um determinado navio e armazenados nos espaços a ele reservados, tem seu embarque cancelado permanecendo armazenado no terminal até o próximo navio de embarque da linha, está prática dos armadores, além de gerar remoções adicionais para a retirada dos contêineres cancelados e o acerto da carga do navio, aumenta consideravelmente a ocupação do pátio, visto que, os contêineres para os próximos navios continuam a ser recebidos e armazenados.

5. DESCRIÇÃO DO MODELO PARA A ESCOLHA DE EQUIPAMENTOS E ESTRATÉGIAS DE ARMAZENAGEM

O modelo apresentado nesta dissertação, em linhas gerais, procura avaliar o comportamento de diferentes tipos de equipamentos de movimentação de retaguarda, no tocante a armazenagem e ocupação do espaço no pátio em um terminal de contêineres dada uma demanda representativa de contêineres a serem armazenados em um pátio formado por quadras definidas de acordo com as especificações técnicas e características físicas de cada equipamento. Definida a demanda de contêineres a serem armazenados e fixando o número de quadras do pátio de armazenagem, são estabelecidos diversos cenários, um para cada tipo de equipamento a ser analisado, e os contêineres tem suas posições de armazenagem planejadas, de acordo com as características de cada tipo de equipamento, definindo uma primeira ocupação do pátio. O passo seguinte consiste em aplicar diferentes estratégias de armazenagem em cada cenário estipulado, para cada equipamento, variando as posições originalmente planejadas, mudando o adensamento dos contêineres nas quadras e obtendo novos índices de ocupação do pátio.

As posições no pátio são planejadas de acordo com parâmetros de segregação únicos, aplicados igualmente para todos os tipos de equipamentos analisados, variando a forma de segregação e formação das pilhas apenas quando é alterada a estratégia de armazenagem; também são consideradas as restrições de empilhamento de cada equipamento e sistema operacional analisado, principalmente no tocante a altura de armazenagem dos contêineres nas pilhas, em relação à profundidade das pilhas definida pelos lastros que podem ser criados sobre o equipamento e a forma de abordagem e acesso dos contêineres nas quadras pelos equipamentos. São extraídos, de cada cenário analisado, índices e taxas de ocupação e comprometimento do espaço do pátio de armazenagem, que servirão de base para comparação e apoio à decisão da seleção do tipo de equipamento de movimentação em concordância com a estratégia de armazenagem aplicada, concluindo o modelo de seleção. A metodologia proposta pode ser visualizada no fluxograma a seguir.

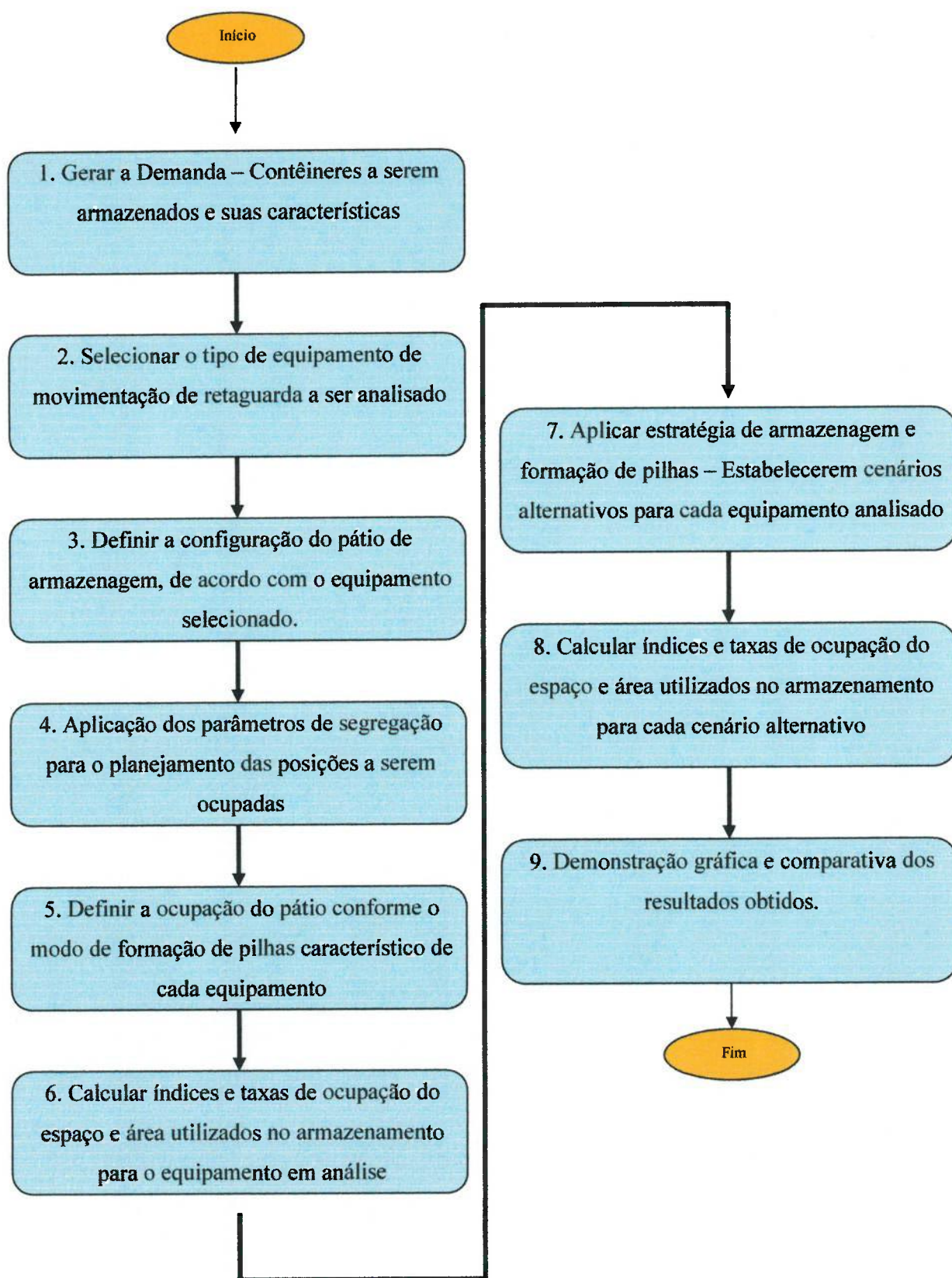


Figura 5 - Fluxograma representativo das etapas e processos do modelo

A primeira etapa consiste na definição da demanda a ser atendida, esta definição consiste em estabelecer a quantidade de contêineres e as suas respectivas características que serão utilizadas, posteriormente, pelos critérios de segregação no pátio de armazenagem.

As segunda e terceira etapas determinam o tipo de equipamento e sistema de movimentação a ser analisado pelo modelo e a respectiva configuração do pátio de armazenagem, mais especificamente o tamanho das quadras, a altura das pilhas, a forma de acesso aos contêineres, as vias de circulação e tráfego operacional estabelecidas pelo tipo de equipamento analisado.

Em seguida a metodologia procura estabelecer o planejamento inicial para a armazenagem dos contêineres através da aplicação dos parâmetros de segregação previamente definidos.

A quinta etapa busca definir a ocupação do pátio decorrente do modo de formação e acesso das pilhas característico para cada tipo de equipamento, distribuição da demanda de contêineres a serem armazenados, de acordo com os parâmetros de segregação, entre as quadras e posições disponíveis no pátio de armazenagem.

O sexto passo do modelo consiste em calcular os índices e taxas de ocupação do espaço e da área utilizada e avaliação do desempenho de cada tipo de equipamento, no tocante à ocupação das pilhas e ao aproveitamento do pátio de armazenagem.

Após a primeira definição das posições ocupadas no pátio de armazenagem, o modelo prevê a aplicação de estratégias de armazenagem e formação de pilhas estabelecendo cenários alternativos para cada tipo de equipamento avaliado, alterando as posições planejadas, em função da estratégia aplicada.

Na etapa final o modelo faz uma reavaliação dos índices e taxas de ocupação, visando à validação da estratégia de armazenagem adotada, associada ao tipo de equipamento avaliado, demonstrando os resultados obtidos, de maneira a permitir uma análise comparativa entre as opções.

5.1. A geração dos contêineres - Demanda

Buscando garantir bases isonômicas de comparação para a escolha dos equipamentos de movimentação de retaguarda e estratégias de operação, é necessário que seja definido um padrão para os contêineres que serão recebidos e armazenados no terminal, que representará a demanda a ser atendida, sendo necessário também estabelecer as características necessárias para o planejamento da armazenagem, notadamente, navio/viagem destinado, portos de estivagem, peso bruto dos contêineres e respectivas classes de peso e tipo do contêiner.

Importante ressaltar que este padrão de demanda terá impacto considerável na análise e seleção do equipamento e estratégia de armazenagem, devendo ser avaliado individualmente, de acordo com a realidade de cada terminal, podendo resultar em soluções pouco vantajosas caso a demanda não seja adequada à realidade das operações. A demanda estabelecida nesta dissertação e aplicada no modelo teve suas características baseadas em serviços de exportação; porém, sendo simplificado para uma amostragem compatível com as dimensões reduzidas adotadas para o pátio de armazenagem.

Como o objetivo desta metodologia é de avaliar comparativamente apenas o comportamento de cada tipo de equipamento e estratégia de armazenagem no tocante a ocupação do espaço disponível, não foram consideradas na demanda as características especiais e excepcionais, usualmente encontradas em terminais de contêineres, como carga com excesso, contêineres frigoríficos (“reefers”) ou contendo carga perigosa. Para uma simulação apurada da ocupação do espaço do terminal ou análise de capacidade do pátio de armazenagem, estes tipos de contêineres deverão ser inseridos na metodologia, visto que oferece caráter restritivo

ao empilhamento que certamente afetará na ocupação do espaço, por serem normalmente, segregados no armazenamento utilizando, além dos parâmetros padrões de segregação adotados nesta dissertação, as particularidades de cada grupo, como classificação IMDG da carga perigosa que demanda segregação entre as classes.

Outro aspecto relacionado à demanda que também deverá ser considerado, em uma análise mais apurada da capacidade do pátio, diz respeito às áreas dedicadas a determinadas operações cuja característica não permita o armazenamento nas mesmas condições da carga normal de exportação, como por exemplo, as áreas destinadas à conferência física de mercadoria, onde as unidades devem preferencialmente ficar todas no piso, sem empilhamento.

A demanda é formada por uma determinada quantidade de contêineres, que são agrupados de acordo com suas características semelhantes, (ex.: mesmo navio, porto, peso e tipo), que servirá de entrada para o planejamento da armazenagem do terminal de contêineres. É prática comum entre os terminais mais organizados a utilização do histórico estatístico da demanda para a reserva inicial do espaço destinado à armazenagem, já para a aplicação e validação de modelos pode ser utilizado um gerador randômico de contêineres, que terá grande utilidade na aplicação de modelos de simulação.

A demanda e a distribuição dos contêineres estabelecida para a aplicação do modelo e avaliação dos diferentes tipos de equipamentos de movimentação de retaguarda estão representadas na figura abaixo:

ETA 2 DIAS					ETA 7 DIAS					ETA 15 DIAS				
NAVIO	SPOD	PESO	CP	QTDE	NAVIO	SPOD	PESO	CP	QTDE	NAVIO	SPOD	PESO	CP	QTDE
NAV1	PES1	L	20	5	NAV2	PES1	L	20	4	NAV3	PES1	L	20	0
NAV1	PES1	M	20	12	NAV2	PES1	M	20	5	NAV3	PES1	M	20	4
NAV1	PES1	P	20	4	NAV2	PES1	P	20	3	NAV3	PES1	P	20	2
NAV1	PES1	L	40	6	NAV2	PES1	L	40	1	NAV3	PES1	L	40	0
NAV1	PES1	M	40	14	NAV2	PES1	M	40	8	NAV3	PES1	M	40	3
NAV1	PES1	P	40	2	NAV2	PES1	P	40	2	NAV3	PES1	P	40	1
NAV1	PES2	L	20	8	NAV2	PES2	L	20	5	NAV3	PES2	L	20	2
NAV1	PES2	M	20	28	NAV2	PES2	M	20	13	NAV3	PES2	M	20	3
NAV1	PES2	P	20	13	NAV2	PES2	P	20	8	NAV3	PES2	P	20	2
NAV1	PES2	L	40	9	NAV2	PES2	L	40	3	NAV3	PES2	L	40	1
NAV1	PES2	M	40	15	NAV2	PES2	M	40	9	NAV3	PES2	M	40	2
NAV1	PES2	P	40	13	NAV2	PES2	P	40	5	NAV3	PES2	P	40	1
NAV1	PES3	L	20	10	NAV2	PES3	L	20	6	NAV3	PES3	L	20	1
NAV1	PES3	M	20	19	NAV2	PES3	M	20	8	NAV3	PES3	M	20	4
NAV1	PES3	P	20	17	NAV2	PES3	P	20	10	NAV3	PES3	P	20	3
NAV1	PES3	L	40	6	NAV2	PES3	L	40	2	NAV3	PES3	L	40	0
NAV1	PES3	M	40	13	NAV2	PES3	M	40	8	NAV3	PES3	M	40	5
NAV1	PES3	P	40	21	NAV2	PES3	P	40	9	NAV3	PES3	P	40	1
NAV1	PES4	L	20	11	NAV2	PES4	L	20	7	NAV3	PES4	L	20	2
NAV1	PES4	M	20	31	NAV2	PES4	M	20	14	NAV3	PES4	M	20	4
NAV1	PES4	P	20	23	NAV2	PES4	P	20	8	NAV3	PES4	P	20	3
NAV1	PES4	L	40	4	NAV2	PES4	L	40	4	NAV3	PES4	L	40	0
NAV1	PES4	M	40	10	NAV2	PES4	M	40	6	NAV3	PES4	M	40	3
NAV1	PES4	P	40	6	NAV2	PES4	P	40	2	NAV3	PES4	P	40	3
300 TOTAL					150 TOTAL					50 TOTAL				
NAV1 1,52 20' 181					NAV2 1,54 20' 91					NAV3 1,50 20' 30				
456 40' 119					231 40' 59					75 40' 20				
PES1	43				PES1	23				PES1	10			
20'	21	5	12	4	20'	12	4	5	3	20'	6	0	4	2
40'	22	6	14	2	40'	11	1	5	2	40'	4	0	3	1
TEUs		17	40	8	TEUs		6	21	7	TEUs		0	10	4
PES2	86				PES2	43				PES2	11			
20'	49	8	28	13	20'	26	5	15	8	20'	7	2	3	2
40'	37	9	15	13	40'	17	3	9	5	40'	4	1	2	1
TEUs		26	58	39	TEUs		11	31	18	TEUs		4	7	4
PES3	86				PES3	43				PES3	14			
20'	46	10	19	17	20'	24	6	8	10	20'	8	1	4	3
40'	40	6	13	21	40'	19	2	6	9	40'	6	0	5	1
TEUs		22	45	59	TEUs		10	24	28	TEUs		1	14	5
PES4	85				PES4	41				PES4	15			
20'	45	11	31	23	20'	24	7	14	6	20'	8	0	5	4
40'	58	4	10	6	40'	26	4	6	2	40'	7	0	3	3
TEUs		19	51	35	TEUs		15	26	12	TEUs		0	11	10

Figura 20 – Demanda – Distribuição dos contêineres

A demanda foi gerada para o recebimento de três navios (NAV1, NAV2 e NAV3) com datas previstas de chegada (ETA) diferentes, representando aproximadamente o comportamento de um serviço com frequência de chegadas semanais, lembrando que a distribuição de contêineres segue o padrão de recebimento estabelecido e representado graficamente a seguir. A linha vermelha mostra a data de início das operações do navio e os contêineres que chegam após esta data são aqueles que necessitam ser embarcados diretamente do transporte terrestre, usualmente, por restrições de armazenagem.

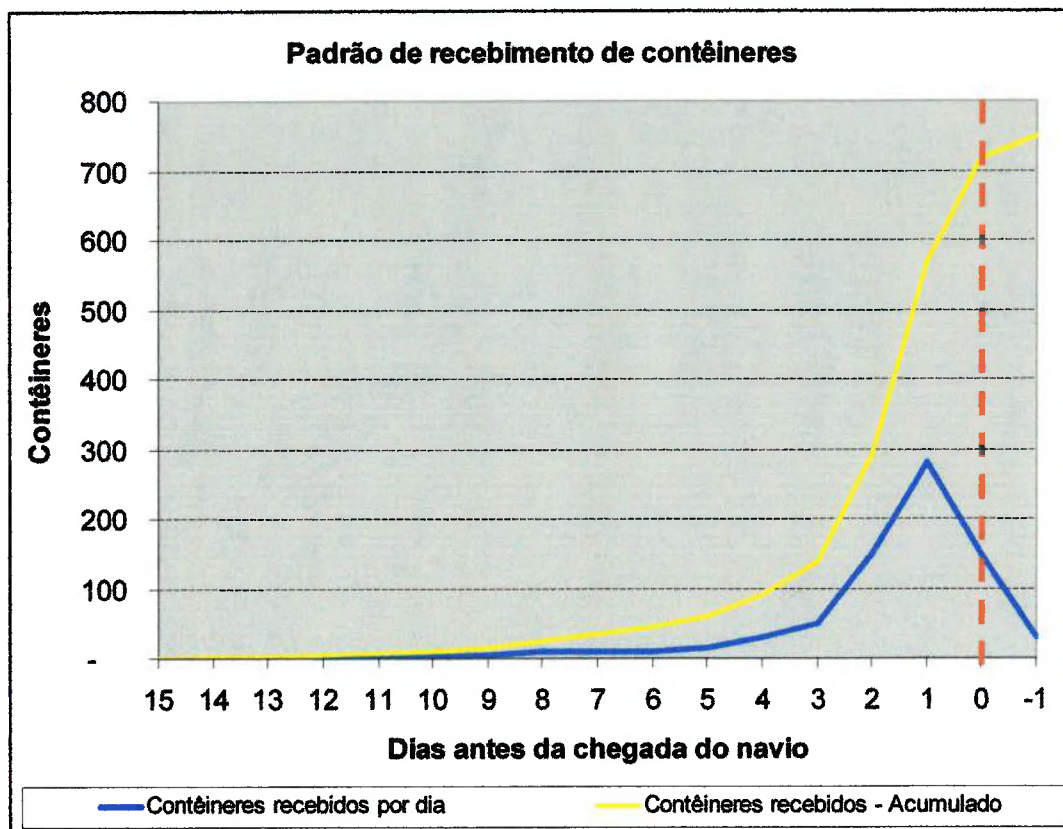


Figura 21 - Padrão típico de recebimento de contêineres de exportação em função da data da chegada do navio

A figura acima representa um exemplo geral encontrado na literatura especializada e largamente utilizado para o recebimento de contêineres destinados aos navios de exportação, provenientes da entrega por via rodoviária ou ferroviária aos terminais. Um aspecto que pode afetar consideravelmente este comportamento é o constante crescimento das operações de transbordo (concentração de cargas – “*Hub/Feeder Port*”), pode haver uma grande concentração de contêineres sendo recebidos, na data do da viagem de descarga, aumentando a quantidade de contêineres em uma data distante à operação do respectivo navio, conseqüentemente aumentando o tempo de permanência dos contêineres no terminal e a ocupação do pátio.

Outro aspecto considerado ao analisar a demanda de contêineres, mais especificamente no Porto de Santos, em 2004, foi o aumento relevante da movimentação de exportação, causando uma sobrecarga em todo o sistema de transporte marítimo, conforme detalhado no capítulo 1, como resultado de navios repletos, o corte de carga (cancelamento do embarque) e a rolagem de contêineres para os navios futuros tiveram um aumento de pelo menos trinta por cento, este fato fez com que os terminais sofressem congestionamentos e índices de ocupação extremamente elevados. Estas duas práticas verificadas fizeram com que o gráfico de distribuição de recebimento de contêineres fosse corrigido, considerando um saldo de cinquenta TEU no pátio, destinados aos navios futuros decorrente do navio de descarga (viagem sul) a quinze dias da chegada da respectiva viagem de exportação e um saldo de cinquenta TEU decorrente de cancelamento e rolagem de carga para o próximo navio, ficando o gráfico com o seguinte comportamento.

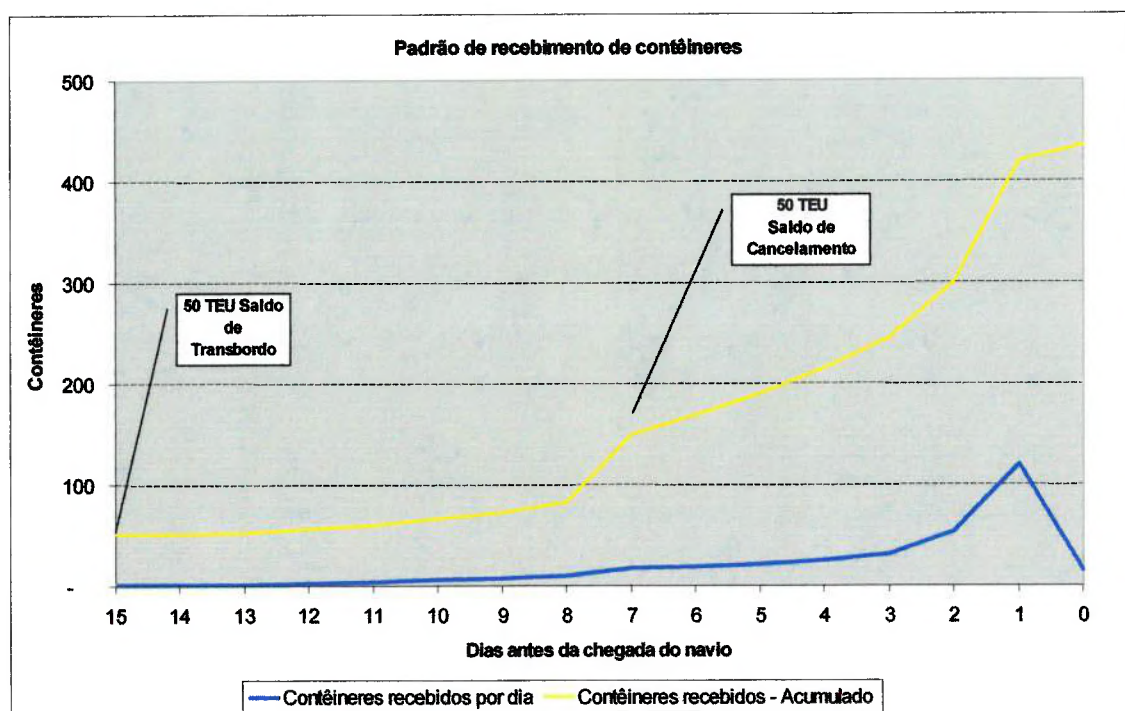


Figura 22 - Padrão típico de recebimento de contêineres de exportação em função da data da chegada do navio - corrigido

Para cada navio/viagem foram considerados quatro possíveis destinos (portos de estivagem) e três classes de peso distintas (L=Leve, M=Médio e P=Pesado) já de acordo com os parâmetros de segregação a serem utilizados. A demanda também foi

separada de acordo com o comprimento dos contêineres (20 e 40 pés), como ressaltado anteriormente não foram consideradas eventuais características especiais dos contêineres (ex.: Excesso, carga perigosa, frigoríficos, etc.).

Para efeito de melhor visualização no modelo, cada grupo formado pela matriz Navio x Porto de estivagem recebeu uma cor específica e o padrão de preenchimento representa a classe de peso, já o comprimento do contêiner é representado no modelo pelas próprias dimensões ocupadas.

5.2. A configuração do pátio de armazenagem

O pátio de armazenagem precisa ser definido e ter dimensões fixas para permitir uma avaliação isolada do comportamento dos equipamentos e estratégias em relação à ocupação das quadras existentes. Não é considerada a possibilidade de expansão de áreas, nem aumento de quadras para armazenagem, admitindo que o espaço disponível existente esteja restringido por imposições legais, indisponibilidade imediata de áreas ou alto valor imobiliário ou de construção.

A quantidade de quadras no pátio de armazenagem e a área ocupada por estas quadras adicionada às vias de circulação e acesso necessárias para a operação de cada tipo de equipamento de retaguarda e sistema de armazenagem analisado definem as dimensões físicas e a área total do terminal. As dimensões das quadras e formação das pilhas variam de acordo com a capacidade e especificações técnicas de cada equipamento analisado, partindo da premissa que o padrão é definido pela maior altura de empilhamento que cada equipamento pode alcançar.

As dimensões e quadras do terminal representado no modelo desta dissertação seguem os seguintes padrões, as quadras estão dispostas em uma área total considerada para o terminal de cinquenta mil metros quadrados (50.000 m²), área cujas dimensões certamente trariam sérias restrições às operações para um terminal real com uma movimentação relevante; porém é mais que suficiente para a aplicação da metodologia. Esta simplificação de redução da área do terminal não

invalida em momento algum o modelo proposto, desde que a demanda seja ajustada à semelhante simplificação.

O pátio de armazenagem idealizado tem duzentos metros de comprimento por duzentos e cinquenta metros de largura, em uma área de configuração retangular, foram considerados dois acessos e egressos principais ao pátio, a configuração interna do pátio, o tamanho e orientação das quadras e as vias de circulação internas do pátio são ajustadas de acordo com o tipo de equipamento e sistema de movimentação em análise, para um mesmo tipo de equipamento, a configuração do pátio também pode ser adaptada de modo a melhor atender à demanda existente, reduzindo os espaços entre as pilhas ou as vias de acesso às pilhas, neste caso mais evidente para os sistemas de movimentação que utilizam empilhadeiras (“reach stacker”). O pátio de armazenagem adotado como padrão inicial para o modelo teria uma configuração que pode ser visualizada na figura a seguir.

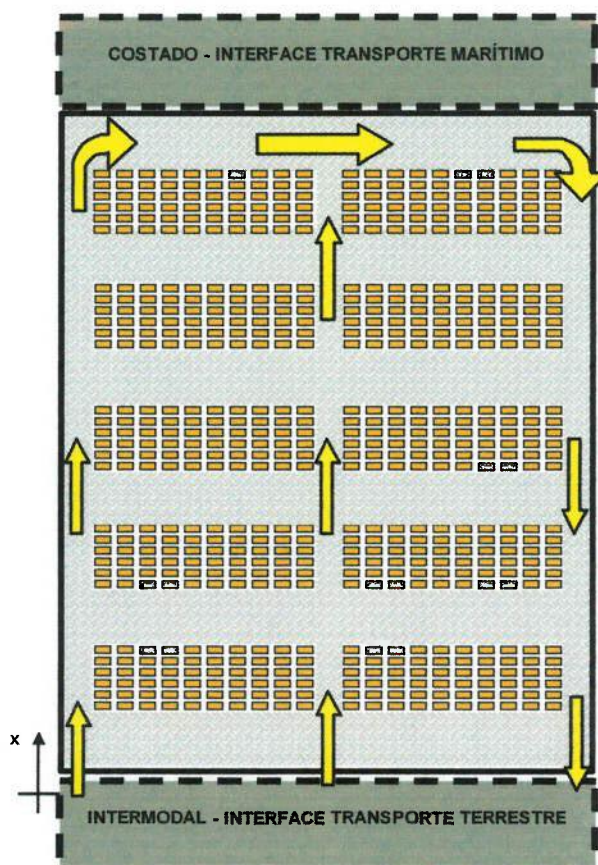


Figura 23 - Pátio de armazenagem padrão

Esta configuração inicial permite que o pátio seja operado por praticamente qualquer sistema de armazenagem e tipo de equipamento de movimentação de retaguarda, com boas condições de fluxo, vias de acesso em quantidade e dimensões suficientes para a circulação dos veículos entre as quadras, minimizando a possibilidade de congestionamentos e gargalos, para a circulação dos caminhões, foram consideradas faixas de rolamento de cada lado do pátio e uma faixa central com dez metros cada, permitindo o tráfego nos dois sentidos. largura entre as quadras suficiente para permitir o acesso pelas duas faces da pilha, melhorando a condição de seletividade dos contêineres, principalmente para o caso das empilhadeiras que não tem acesso direto às colunas internas da pilha; porém esta configuração pode não atender plenamente à demanda de contêineres prevista para o terminal sendo necessárias alterações na configuração das quadras e reavaliações do sistema de operação, visando aumentar a capacidade de armazenagem do pátio. Neste momento surge a primeira decisão que deve ser avaliada, sendo ela:

- Qual sistema e tipo de equipamento de movimentação de retaguarda que permite uma configuração das quadras em função de suas especificações e características físicas e operacionais de maneira a maximizar a ocupação do espaço disponível, sem prejudicar as condições operacionais do pátio, notadamente fluxos operacionais de veículos e seletividade dos contêineres?

Após a definição da configuração das quadras, distância do corredor e faixas de circulação interna, a quantidade de espaços no pátio (posições) será entrada para o modelo desenvolvido em planilha que irá avaliar os índices e taxas de ocupação.

5.2.1. Configuração do pátio de armazenagem – “Reach Stacker”

O principal aspecto a ser definido está na largura necessária para a empilhadeira poder circular e manobrar com segurança, esta largura mínima irá definir a distância entre as quadras, esta distância e demais especificações podem ser encontradas na figura a seguir conforme especificações fornecidas por um fabricante conceituado no mercado, para aplicação no modelo; foram ainda acrescentados

cinquenta centímetros à largura mínima especificada por existir no mercado diferenças de dimensões entre fabricantes.

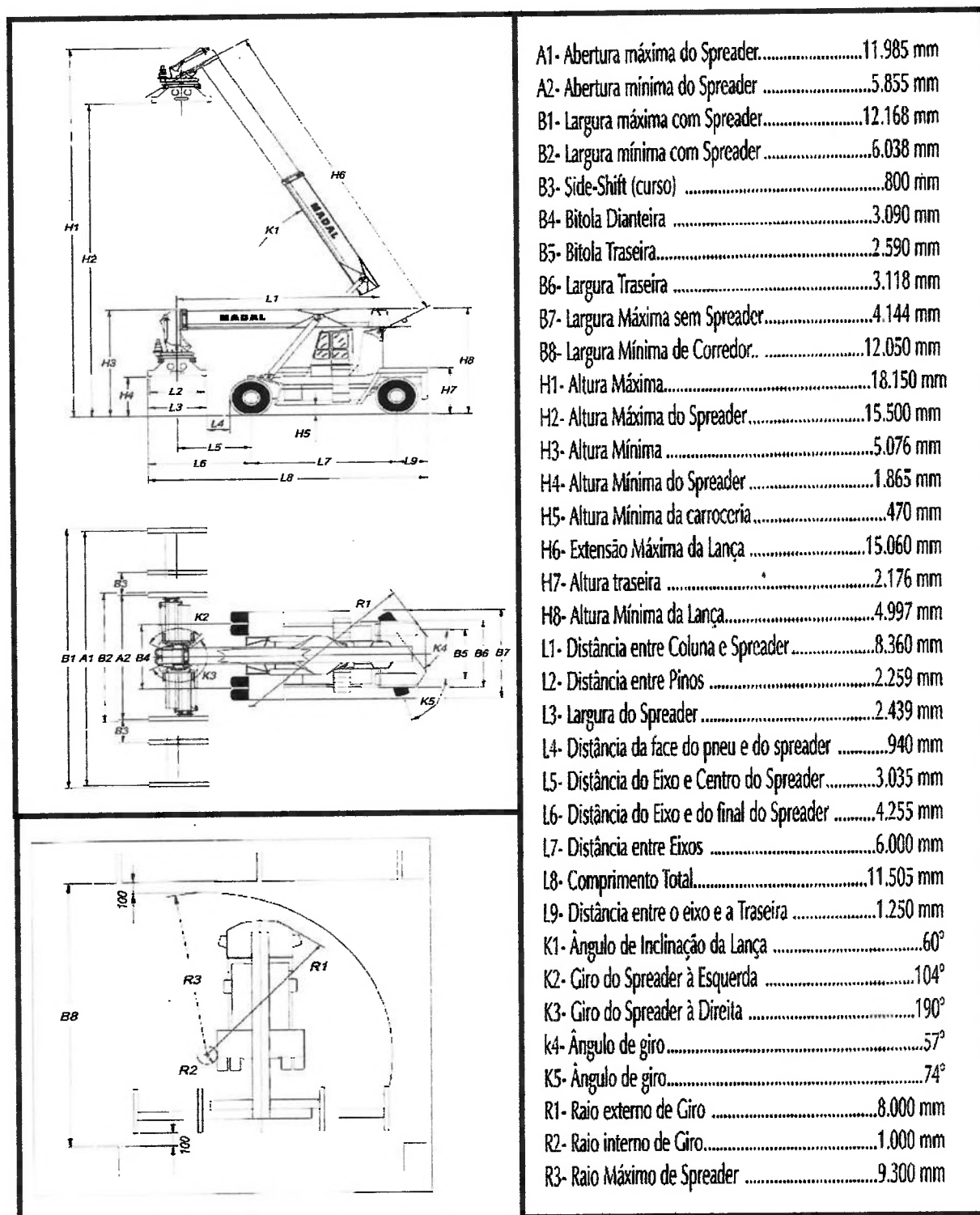


Figura 24 – Medidas e Características físicas – “Reach Stacker”

Com o objetivo de evitar gargalos e permitir que caminhões circulem com a empilhadeira em operação, foi também acrescentada uma faixa de rolamento de cinco metros nos corredores entre as quadras. Durante a pesquisa nos terminais pôde se notar que a proximidade entre as quadras e restrição no espaço de manobras para as empilhadeiras pode acarretar em aumento no número de avarias; além das constantes interrupções do fluxo de caminhões gerando perda na produtividade e desempenho das operações.

Estas características definiram a configuração do pátio para empilhadeira a ser aplicado no modelo, podendo ser visualizado na tabela e figura a seguir.

Tabela 8 – Dimensões do pátio e configuração das quadras – “Reach Stacker”

DIMENSÕES DO PATIO DE ARMAZENAGEM		
COMPRIMENTO (x)	200 m	
LARGURA (y)	250 m	
ÁREA TOTAL	50.000 m ²	
VIAS DE CIRCULAÇÃO INTERNA		
LARGURA mínima do corredor (Stacker)	12,5 m	
FAIXA DE TRÁFEGO - caminhões	5,0 m	
CORREDOR central - acesso à pilha	17,5 m	
Rows por quadra (internas)	7	10 Bays por quadra
Rows por quadra (externas)	0	5 Alturas
CAPACIDADE ESTÁTICA INICIAL	350 TEU/Quadra	3500 TEU

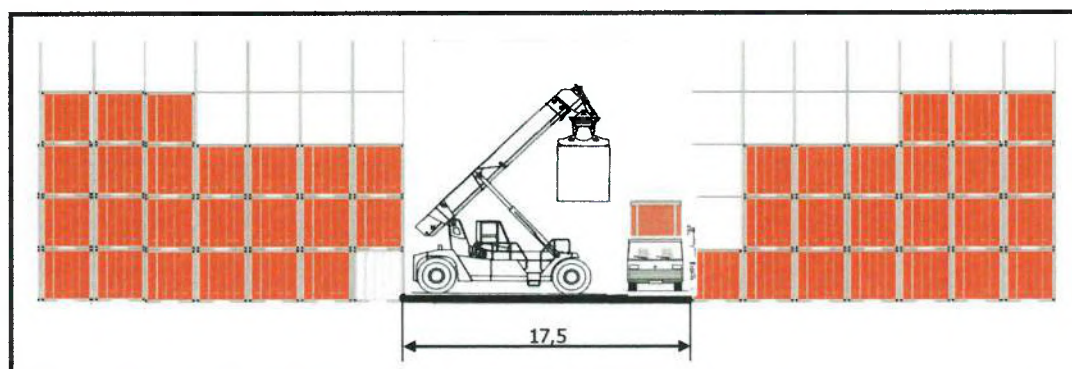


Figura 25 – Distância entre quadras – “Reach Stacker”

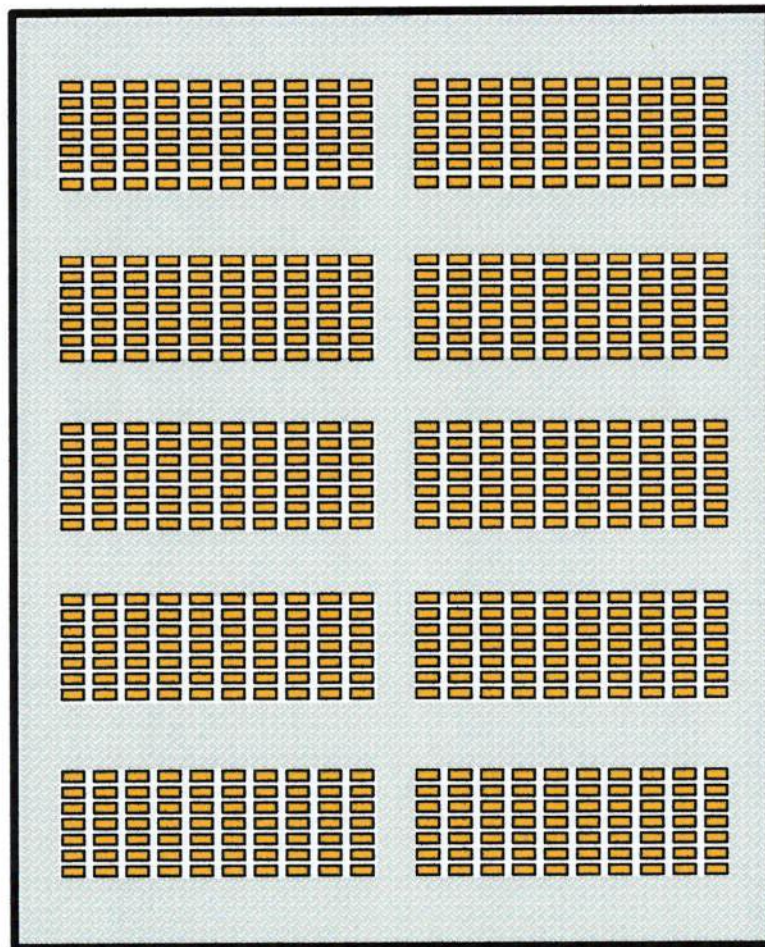


Figura 26 – Configuração do pátio de armazenagem – “*Reach Stacker*”

5.2.2. Configuração do pátio de armazenagem – “RTG”

A configuração do pátio de armazenagem para equipamentos do tipo pórtico diferem consideravelmente da maneira em que são estabelecidas as medidas e dimensões para as empilhadeiras. O aspecto mais importante a ser considerado é a distância entre os pórticos que trafegam em linhas paralelas. Dimensionando esta medida, a configuração do pátio e a quantidade de quadras é estabelecida em módulos progressivos até que seja encontrado o limite físico da área do terminal.

Tabela 9 – Dimensões do pátio e configuração das quadras – “RTG”

DIMENSÕES DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM		
COMPRIMENTO (x)	200 m	
LARGURA (y)	250 m	
ÁREA TOTAL	50.000 m ²	
VIAS DE CIRCULAÇÃO INTERNA		
LARGURA mínima do corredor (entre RTG)	1,7 m	
FAIXA DE TRÁFEGO - limite externo RTG	6,6 m	
PILHA - Limite externo RTG	3,5 m	
CORREDOR central - entre pilhas	12 m	
Largura do RTG (limite superior)	36,8 m	
Rows por quadra (internas)	6	10 Bays por quadra
Rows por quadra (externas)	0	6 Alturas
CAPACIDADE ESTATICA INICIAL	360 TEU/Quadra	4320 TEU

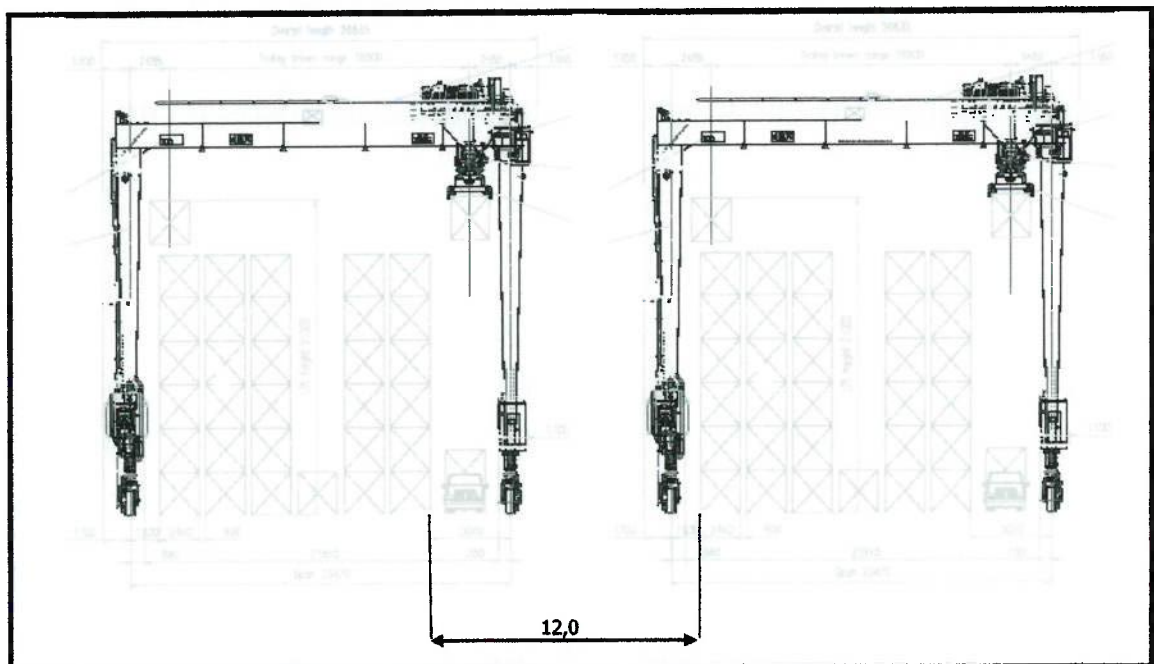


Figura 27 - Distância entre quadras – “RTG”

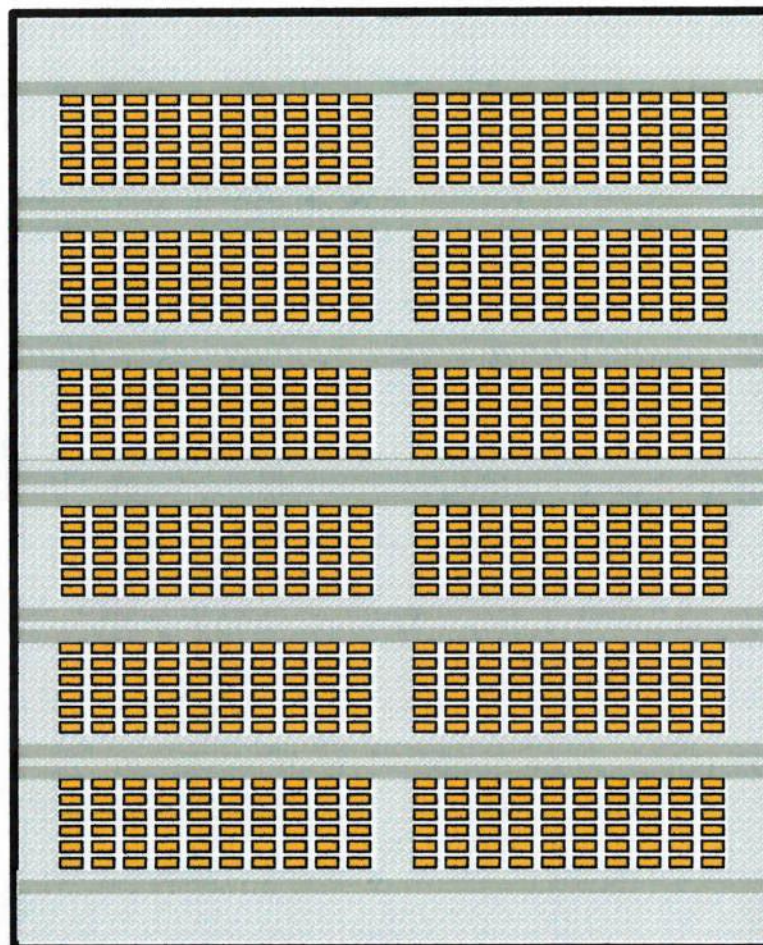


Figura 28 – Configuração do pátio de armazenagem – “RTG”

5.2.3. Configuração do pátio de armazenagem – “RMG” versão A

Para os pórticos sobre trilhos, a metodologia adotada foi semelhante ao pórtico sobre pneus, com uma única diferença, por estar restrito ao trilho, o RMG permite uma menor distância entre os limites externos equipamentos, visto que os mesmos têm pouco, ou quase nenhum desvio de rota durante a translação. As especificações e principais medidas podem ser visualizadas na tabela e figura abaixo.

A versão A apresentada nesta dissertação tem como característica ter as nove colunas todas internas sob o pórtico.

Tabela 10 – Dimensões do pátio e configuração das quadras – “RMG” versão A

DIMENSÕES DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM		
COMPRIMENTO (x)	200 m	
LARGURA (y)	250 m	
ÁREA TOTAL	50.000 m ²	
VIAS DE CIRCULAÇÃO INTERNA		
LARGURA mínima do corredor (entre RMG)	1,7 m	
FAIXA DE TRÁFEGO - limite externo RMG	8,5 m	
PILHA - Limite externo RMG	3,8 m	
CORREDOR central - entre pilhas	14,0 m	
Largura do RMG (limite superior)	36,8 m	
Rows por quadra (internas)	9	10 Bays por quadra
Rows por quadra (externas)	0	6 Alturas
CAPACIDADE ESTÁTICA INICIAL		540 TEU/Quadra
		4320 TEU

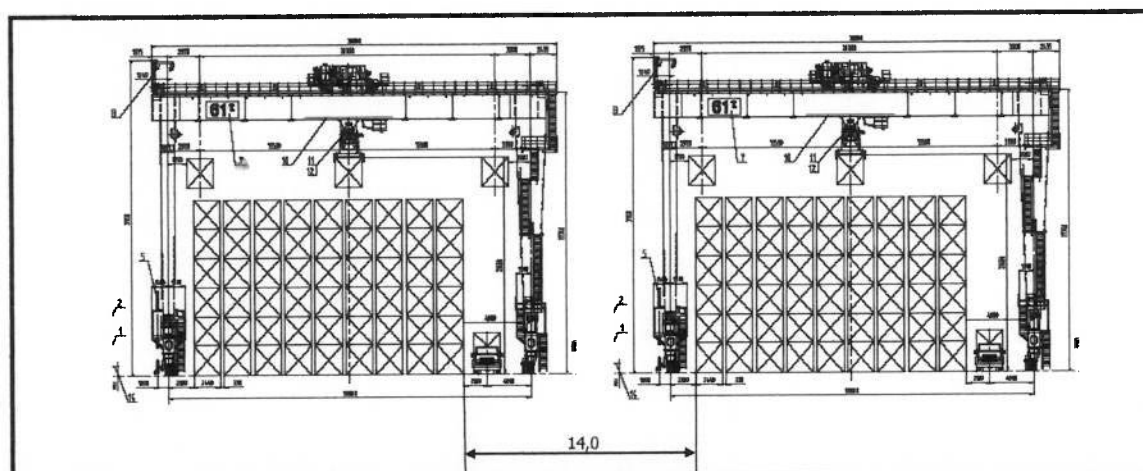


Figura 29 – Distância entre quadras – “RMG” versão A

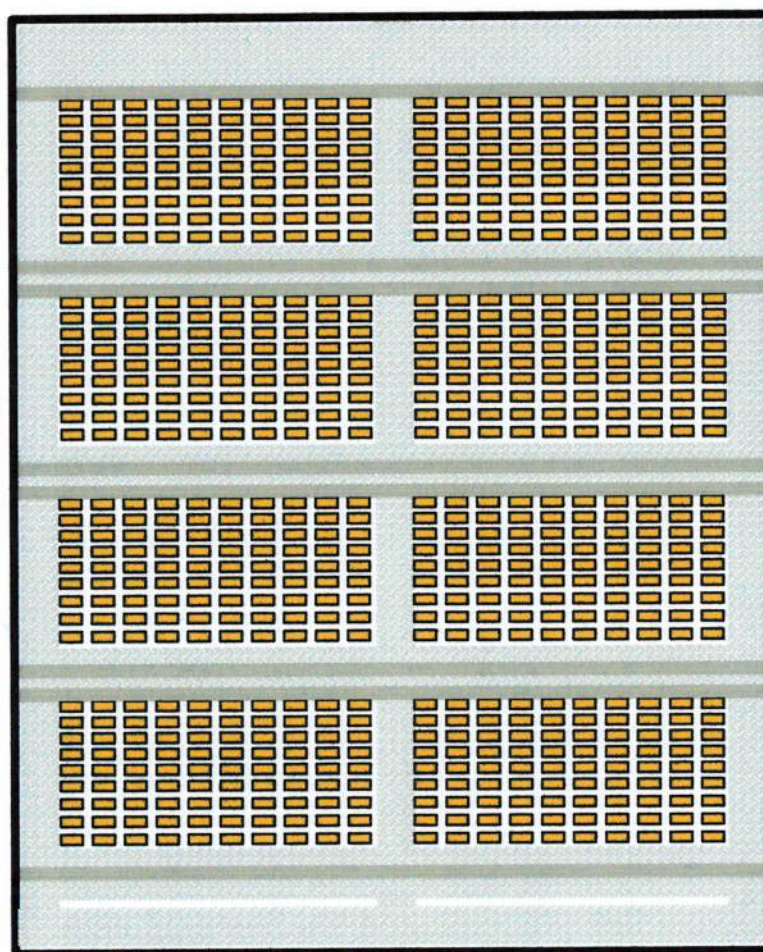


Figura 30 – Configuração do pátio de armazenagem – “*RMG*” versão A

5.2.4. Configuração do pátio de armazenagem – “RMG” – versão B

A diferença desta versão é a existência de uma extensão superior lateral do pórtico que permite a operação da faixa de circulação de caminhões por fora da pilha de contêineres, além de permitir a armazenagem de duas colunas externas por quadra, totalizando treze lastros. Apesar da maior quantidade de posições por quadra, as dimensões do equipamento acabam por perder muito espaço entre as quadras, ainda assim é o sistema que permite maior capacidade estática entre os avaliados.

Tabela 11 – Dimensões do pátio e configuração das quadras – “RMG” versão B

DIMENSÕES DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM		
COMPRIMENTO (x)	200 m	
LARGURA (y)	250 m	
ÁREA TOTAL	50.000 m ²	
VIAS DE CIRCULAÇÃO INTERNA		
LARGURA mínima do corredor (entre RMG)	0,5 m	
FAIXA DE TRÁFEGO - limite interno RMG	32,0 m	
PILHA - Limite externo RTG	11,0 m	
CORREDOR central - entre pilhas	21,5 m	
Largura do RTG (limite superior)	68,8 m	
Largura perna RMG - faixa de rolamento	6,1 m	
Rows por quadra (internas)	11	10 Bays por quadra
Rows por quadra (externas)	2	6 Alturas
CAPACIDADE ESTÁTICA INICIAL	780 TEU/Quadra	4560 TEU

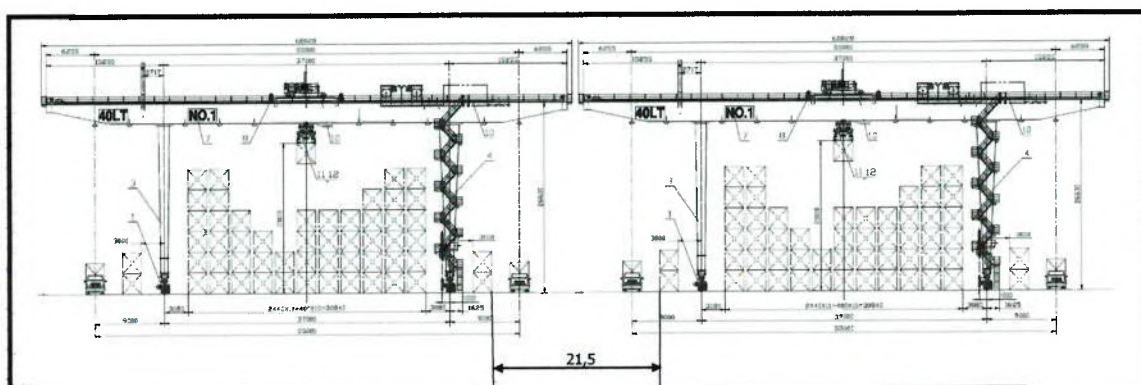


Figura 31 – Distância entre quadras – “RMG” versão B

Na distribuição das quadras em função das dimensões do RMG versão B, foi desconsiderada eventual transposição do limite superior do equipamento em relação ao limite da área permitindo desta forma a colocação de três linhas de equipamentos; porém houve a perda de um lastro inteiro que ultrapassaria o limite físico da área.

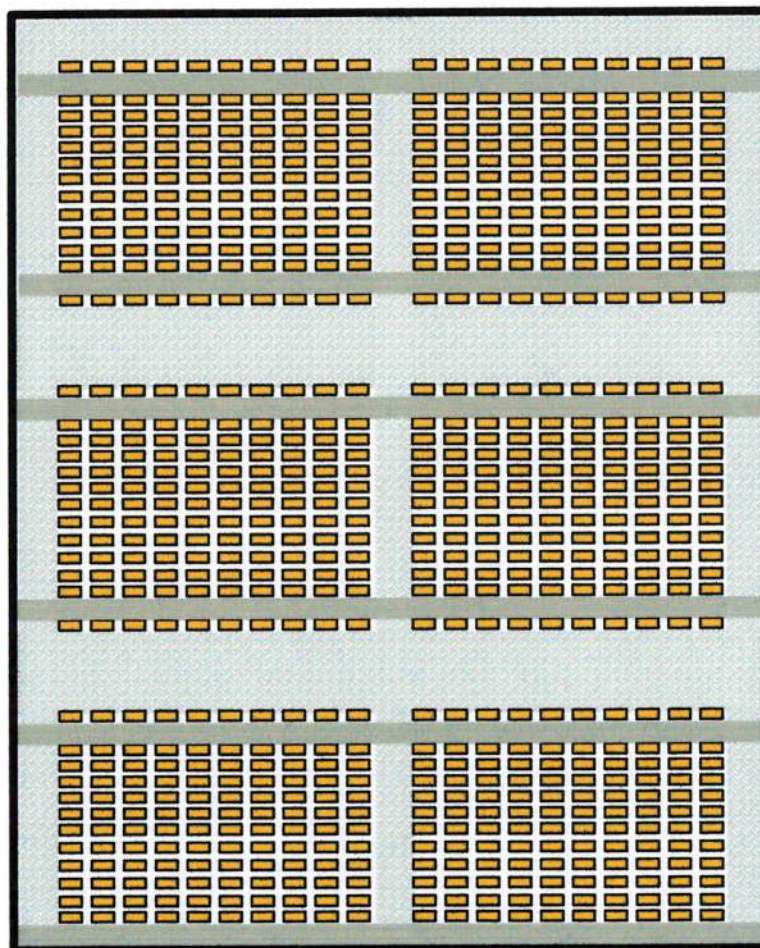


Figura 32 – Configuração do pátio de armazenagem – “RMG” versão B

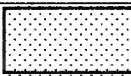
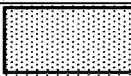
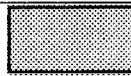
Apesar de ter considerável relevância, esta questão não é a única a ser respondida, representando apenas o primeiro problema que surge para o planejador, a forma de empilhamento e segregação dos contêineres e as estratégias de armazenagem adotadas tornam-se fundamental para a questão da ocupação do pátio, devendo ser tratada de maneira sistêmica ao processo de seleção do tipo de equipamento e sistema de movimentação, a seguir são apresentados os critérios adotados no modelo para estes aspectos.

5.3. Os parâmetros de segregação utilizados para o planejamento da armazenagem (Cenários 1.n)

A estratégia inicial definida para o planejamento do recebimento e armazenagem dos contêineres, consiste na segregação dos grupos formados pelas unidades destinadas a um mesmo navio e viagem, com o mesmo porto de estivagem, com peso dentro da faixa correspondente à respectiva classe de peso definida e de comprimento semelhantes, podendo ser contêineres de vinte ou quarenta pés.

Conforme descrito na análise da formação da demanda, para o modelo desenvolvido é considerado o recebimento de três navios distintos, com datas de chegada espaçadas, quatro diferentes portos de estivagem e três faixas de peso, representando as classes dos contêineres pesados, unidades com peso bruto acima de vinte e duas toneladas, dos contêineres médios, com unidades com peso bruto entre quatorze e vinte e duas toneladas e a terceira classe representando os contêineres leves, com unidades de até quatorze toneladas. No modelo, a classe de peso é visualizada através de padrão de preenchimento.

Tabela 12 – Classes de peso adotadas para segregação na armazenagem

Classes de Peso			
	Leve	Médio	Pesado
Peso Bruto (t)	≤ 14	$14,0 < P_b < 22$	≥ 22
Visualização no modelo			

De acordo com os parâmetros acima descritos são formados os grupos de contêineres que poderão ser empilhados em uma mesma quadra, de acordo com a estratégia de armazenagem adotada. A quantidade de contêineres de cada grupo pode ser obtida através de levantamento estatístico da demanda de uma situação localizada, pode ser estimada por meio de médias de movimentação admitidas que representem uma situação genérica, ou ainda, as quantidades podem ser geradas aleatoriamente.

Não foram consideradas, como parâmetros de segregação, algumas características específicas de determinados contêineres, como por exemplo, instruções especiais de estivagem, carga perigosa ou refrigerada, entre outros; apesar destes parâmetros serem fundamentais para as operações do terminal de contêineres, esta simplificação de forma alguma invalida a metodologia apresentada, visto que a proposta é avaliar o comportamento dos equipamentos de retaguarda quanto à ocupação do espaço no pátio de armazenagem. Esta forma de planejar o recebimento e a armazenagem dos contêineres em terminais tem como principal objetivo o atendimento à seqüência de carregamento gerada pelo planejamento de embarque do navio, para isto é necessário adotar as seguintes premissas:

- Separar os contêineres por comprimento para facilitar a organização do pátio;
- Separar os contêineres por navio / viagem por terem datas de operação distintas evitando remoções para a escolha de um determinado contêiner;
- Separar os contêineres por porto de estivagem, visto que no navio estes são estivados em espaços separados de acordo com a rotação de portos subsequentes;
- Separar os contêineres por faixa de peso, visto que existem restrições que devem ser consideradas quanto à estabilidade do navio e limites de peso a bordo.

Em resumo, a essência de um planejamento básico de segregação consiste em oferecer alternativas ao planejador do navio para que se tenham contêineres de características semelhantes, agrupados em um número de pilhas, que permita o planejamento da seqüência de retirada em função das restrições impostas pelo plano de embarque do navio sem que haja a necessidade de remover contêineres com características distintas e que estejam armazenados em uma mesma pilha. Importante ressaltar que esta dissertação tem sua contribuição focada no comportamento dos equipamentos de retaguarda quanto à ocupação do espaço seguindo as estratégias de armazenagem e regras de segregação, não tendo como objetivo o estudo da geração da seqüência de embarque, conforme ilustrado na figura a seguir.



Figura 33 - Processo de decisão para definição do grupo de segregação de contêineres aplicado no modelo

Na visualização do modelo, cada grupo definido recebe uma cor específica e um padrão de preenchimento, conforme descrito na análise da demanda. As posições ocupadas em cada coluna (lastro) são definidas pelo número inserido na célula da planilha que representa a quantidade de contêineres empilhados em um determinado lastro. A visualização dos contêineres de quarenta pés segue o mesmo padrão e, como a ocupação é estabelecida em TEU, o número de contêineres empilhados é repetido na posição adjacente, permitindo que sejam extraídos do modelo todos os cálculos de índices e taxas desejados. Abaixo podem ser visualizados dois exemplos de ocupação de pilhas de vinte e quarenta pés representados no modelo.

7
5
5
3

9	11
5	5
5	5
4	4

Figura 34 – Exemplo de visualização de pilhas de 20 pés (07) e 40 pés (09/11)

5.3.1. Parâmetros de segregação aplicados – “Reach Stacker” – (Cenário 1.1)

Inicialmente o modelo procura armazenar em cada quadra apenas um porto de estivagem, permitindo que, para o movimento subsequente, durante o embarque do navio, a carga de trabalho possa ser dividida entre os equipamentos de retaguarda, em função do plano de embarque e garantindo a alimentação adequada dos equipamentos de cais, evitando prejuízo à produtividade das operações.

Para evitar congestionamentos e interferência entre os fluxos operacionais do embarque e o armazenamento, buscou-se separar as quadras reservadas para navios/viagem distintos. Optando por utilizar apenas em caso de ausência de quadras disponíveis (sem comprometimento), neste caso optou-se por utilizar espaços livres

em quadras do navio mais próximo da operação (ETA mais próximo) para armazenar contêineres do navio com data prevista de operação mais distante (ETA mais distante), cujo fluxo de recebimento tende a ser menor.

A característica mais relevante a ser considerada para o planejamento de armazenagem consiste no índice de comprometimento das pilhas. Para a armazenagem, comprometimento pode ser entendido como a quantidade de posições que ficam reservadas para um grupo específico, a partir do momento em que um contêiner de um determinado grupo é armazenado em uma posição, as posições adjacentes ficam comprometidas a receber apenas contêineres deste mesmo grupo, evitando misturas e combinações. Uma posição é considerada livre (não comprometida) se e somente se ela puder ser alcançada pelo equipamento de retaguarda sem que haja a necessidade de eventuais remoções. É importante ressaltar que esta condição sofre considerável variação entre os tipos de equipamentos e estratégias de armazenagem adotadas, o que será comprovado mais adiante.

Considerando a operação com empilhadeira (“*Reach Stacker*”), neste primeiro conjunto de cenários, foi adotada a premissa padrão de armazenar em uma mesma pilha contêineres de um mesmo grupo entendendo que dentre os contêineres deste grupo, possa ser escolhido qualquer um durante a elaboração da seqüência de carregamento. Com isto, o padrão de ocupação das pilhas e comprometimento adotado seguiu o modelo da figura a seguir. O índice de comprometimento será mais detalhado adiante.

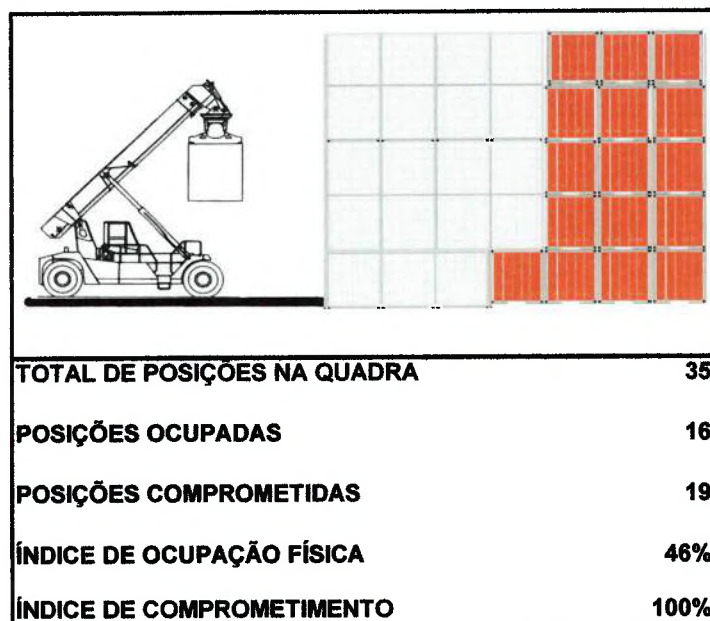


Figura 35 – Exemplo de ocupação e comprometimento – “*Reach Stacker*”

5.3.2. Parâmetros de segregação aplicados – “*RTG*” – (Cenário 1.2)

Para os equipamentos de pórtico, os parâmetros de segregação são semelhantes aos adotados no modelo de empilhadeira, o algoritmo de formação de pilhas é que sofre uma alteração decorrente da forma de acesso do equipamento em relação aos contêineres da parte interna da quadra. Desta forma o comprometimento das pilhas também tem relevante modificação, conforme ilustrado na figura a seguir.

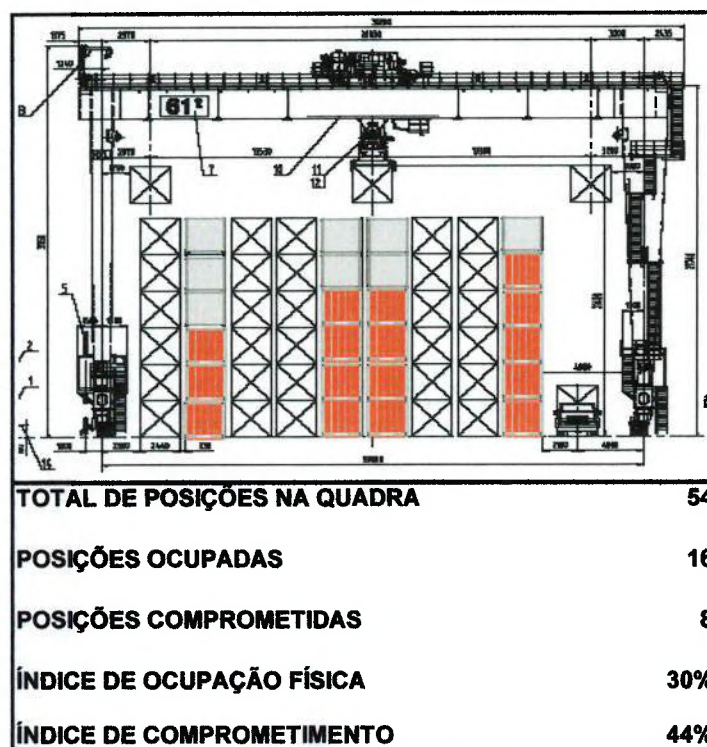


Figura 36—Exemplo de ocupação e comprometimento—Pórtico “RTG” /
“RMG”

Visto que o objetivo deste trabalho está na comparação entre equipamentos no tocante à ocupação de espaço, admitiu-se no modelo que as pilhas podem ser formadas até a altura máxima estabelecida pelas especificações técnicas de cada equipamento. No caso dos equipamentos de pórtico, a última altura da pilha é reservada para a movimentação de contêineres por sobre os lastros para atendimento aos veículos transportadores terrestres. No modelo esta premissa já é inserida como restrição ao empilhamento.

Para evitar formação de eventuais gargalos decorrentes do estreitamento da faixa de tráfego pela operação dos equipamentos (RTG) em posições próximas, foi definido que o início do recebimento nas quadras seria alternado em relação à extremidade da quadra, ficando um em ordem crescente e a quadra inferior em ordem decrescente.

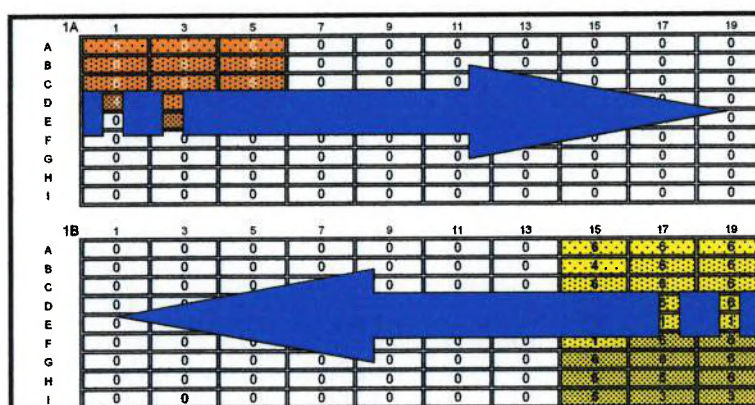


Figura 37 – Orientação do armazenamento – Pátios (“RTG” e “RMG”)

No recebimento dos navios com ETA mais distantes foram deixadas posições adjacentes livres para recebimento de contêineres do mesmo grupo, apesar de terem sido reservadas, estas posições ainda não estão comprometidas, visto que, se necessário estas posições podem ser utilizadas para outros grupos, sem bloquear o acesso aos contêineres do grupo inicialmente armazenado nesta quadra.

Da mesma forma que para o sistema “Reach Stacker”, inicialmente as quadras foram reservadas por grupo (navio/viagem/porto), buscando evitar congestionamentos, interferências entre fluxos operacionais e baixo desempenho no carregamento para o embarque do navio.

5.3.3. Parâmetros de segregação aplicados – “RMG” versão A–(Cenário 1.3)

Devido à semelhança desta versão de “RMG” com o “RTG” descrito previamente, os parâmetros e premissas adotados para a segregação e planejamento de armazenagem foram os mesmos utilizados no cenário anterior. A diferença está na quantidade de quadras estabelecidas pelas dimensões do equipamento.

Como para o “RMG” tem-se um número menor de quadras do que de grupos definidos na demanda, ao completar a ocupação inicial das quadras previamente reservadas, buscou-se armazenar os contêineres destinados aos navios futuros (ETA mais distantes) nas quadras reservadas ao navio que será operado mais brevemente, visto que o fluxo de chegada dos navios futuros tende a ser menor e o compartilhamento do equipamento de movimentação de retaguarda será reduzido.

Neste caso pode-se também regular a entrada dos contêineres de armazenamento, aumentando controladamente o tempo de atendimento e a fila de espera dos caminhões.

5.3.4. Parâmetros de segregação aplicados – “RMG” versão B–(Cenário 1.4)

Como a área do pátio de armazenagem permitiu apenas a instalação de três linhas paralelas de RMG, devido às suas dimensões, formando apenas seis quadras distintas, ficou inviável separar uma quadra para cada grupo (navio/viagem/porto), optou-se então por planejar em uma mesma quadra, o armazenamento de contêineres destinados aos navios com datas distintas previstas para operação.

As colunas adicionais externas características deste equipamento foram utilizadas normalmente para a armazenagem dos contêineres.

5.4. As estratégias de armazenagem e formação de pilhas adotadas – (cenários 2.n)

Após a análise e seleção do tipo de equipamento e movimentação de retaguarda e conseqüentemente da configuração do pátio de armazenagem e definidos os parâmetros de segregação que serão utilizados no planejamento do posicionamento dos contêineres, resta ainda ao planejador a possibilidade de adotar determinadas estratégias de armazenagem e formação de pilhas que irão impactar diretamente na ocupação das quadras e no grau de adensamento obtido no pátio de armazenagem. Estas estratégias, já exploradas no capítulo anterior, serão de extrema importância, não somente para regular o nível de ocupação do pátio, mas também para o desempenho operacional do terminal em suas operações.

As estratégias que serão inseridas no modelo para avaliação nos resultados serão as estratégias de combinação, mais especificamente as combinações ou misturas em uma mesma quadra dos contêineres destinados a navios com data de operação mais distante, chamados de navios futuros, e também os contêineres cujos grupos não tenham grande quantidade de contêineres, estes contêineres também serão armazenados em uma única quadra.

A principal questão na definição deste tipo de estratégia de armazenagem consiste na definição de quais grupos de contêineres serão misturados no recebimento e em que momento estes contêineres serão removidos para outras pilhas, sendo segregados, visando à preparação da carga para o embarque no respectivo navio. O aspecto positivo da utilização deste tipo de estratégia está no melhor adensamento das pilhas e conseqüente aumento do espaço disponível no pátio; porém, junto com esta vantagem vem à necessidade de futuramente remover os contêineres, aumentando a quantidade de movimentos improdutivos no pátio ou, o que seria ainda pior, o atraso do carregamento durante as operações do navio, devido às remoções para seleção de determinados contêineres, decorrente de pilhas não adequadamente preparadas para o embarque.

Outro aspecto que deve ser considerado pelo planejador consiste no tempo e nos recursos ociosos que estarão dedicados para que as remoções de preparação da carga sejam efetuadas. Quanto maior for o índice de ocupação do terminal e de seus recursos, mais difícil será a tarefa de acertar as pilhas para o embarque. Neste ponto o tipo de equipamento e sistema de movimentação utilizado também tem relevante participação; pois ditará como a formação das pilhas poderá ser executada, sendo determinante para a quantidade de movimentos improdutivos gerados, bem como da própria utilização do equipamento de movimentação.

Em relação à estratégia de combinação dos contêineres destinados a um navio futuro, recebendo-os e armazenando-os misturados em uma única quadra, torna-se essencial que o planejador conheça bem o comportamento da chegada dos contêineres destinados ao respectivo navio, conhecido como padrão de recebimento, e já detalhadamente explicado anteriormente.

A distribuição das chegadas dos contêineres irá auxiliar o planejador na decisão do momento a partir do qual, os contêineres recebidos para um determinado navio deixarão de ser misturados em uma mesma quadra, para seguirem os parâmetros normais de segregação, sendo destinados às próprias posições já preparadas para o embarque no navio. Neste momento, teoricamente, a quantidade de contêineres de um mesmo grupo, já é grande o suficiente para ocupar uma pilha inteira, melhorando seu adensamento e, conseqüentemente, a ocupação do pátio. Apesar de representar em geral o comportamento de chegada dos contêineres, este pode sofrer consideráveis alterações, dependendo das condições comerciais e logísticas estabelecidas entre o operador do terminal e seus clientes, recomendando que seja avaliado especificamente para cada caso, devendo, o operador, ficar bastante atento ao tempo de permanência dos contêineres no pátio.

Diante do exposto, fica bem claro, que as estratégias de combinação de contêineres na armazenagem somente devem ser utilizadas em último caso, quando o pátio já não suporta os parâmetros de segregação definidos para a armazenagem dos contêineres, necessitando liberar mais espaços livres para a preparação da carga dos

navios cuja data de embarque estão mais próximas. No modelo desenvolvido, de acordo com a demanda, não seria extremamente necessário à aplicação das estratégias de adensamento das pilhas; porém, a intenção é validar cada uma das alternativas. Para a formação dos cenários 2.n foi considerada a aplicação de estratégias no planejamento da armazenagem e ocupação do pátio. As estratégias adotadas foram:

- Armazenar em uma mesma pilha, contêineres destinados aos navios com ETA distante, independente da classe de peso;
- Armazenar em uma mesma pilha, contêineres destinados aos navios com ETA distante, independente da classe de peso e do porto de estivagem.

O navio com ETA mais próximo (NAV1) permaneceu com seus contêineres recebidos conforme os parâmetros de segregação básicos estabelecidos, o navio com ETA intermediário (NAV2) teve seus contêineres sendo recebidos apenas com a segregação de navio/porto de estivagem e os contêineres destinados ao navio com ETA mais distante (NAV3) seriam planejados para serem armazenados em uma única pilha. Na visualização do modelo, as pilhas formadas com contêineres que tiveram a classe de peso desconsiderada como parâmetro de segregação, são representadas apenas com a cor do respectivo porto de estivagem e navio; já as pilhas que foram formadas por contêineres cujo planejamento levou em consideração apenas o navio de embarque estão representadas pela cor cinza conforme ilustrado nas figuras abaixo.

9	11
5	5
5	5
5	5
2	2

17	19
5	5
5	5
5	5
5	5

Figura 38 – Exemplo de visualização de pilhas com mistura de contêineres

Estas estratégias têm como principal objetivo aumentar o adensamento das pilhas, buscando minimizar a ocupação do pátio de armazenagem, considerando um acréscimo no número de movimentos improdutivos (remoções) posteriores para a preparação da carga no momento do embarque. O quadro a seguir expõe as principais vantagens e desvantagens da aplicação destas estratégias de armazenagem.

Tabela 13 – Principais vantagens e desvantagens na aplicação de estratégias de armazenagem – Combinação (mistura) de contêineres

Vantagens	Desvantagens
Reduz ocupação das posições do piso	Aumenta o número de remoções e movimentos improdutivos
Reduz comprometimento das quadras	Necessita de maior índice de ociosidade dos recursos operacionais
Aumenta adensamento das pilhas	A arrumação da carga é dependente da programação dos navios
Permite melhor utilização do espaço para as operações subseqüentes	
Permite acertar a carga do navio mais próxima de sua operação	

5.4.1. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas aplicadas – “Reach Stacker” – (Cenário 2.1)

A aplicação das estratégias de armazenagem conforme explanado anteriormente para o pátio que utiliza empilhadeira como equipamento de retaguarda principal demonstrou, através da visualização do modelo, relevante vantagem se comparado ao planejamento tradicional utilizando apenas os parâmetros de segregação básicos. A quantidade de espaços livres (não comprometido) foi elevada em função do maior adensamento das pilhas que receberam contêineres de grupos de segregação distintos.

Esta condição permite que seja reservado mais espaço para outras operações (ex.: área para descarga) evitando interferência com a movimentação da exportação. Eventualmente também existirá vantagem em aplicar esta estratégia permitindo que a carga do navio com chegada mais próxima possa ser planejada de maneira mais segregada, aprimorando os grupos de segregação (ex.: criando mais uma classe de peso) ou mesmo reduzindo a altura de empilhamento. Todos estes fatores têm impacto positivo direto no atendimento e desempenho das operações de navio.

Vale ressaltar também que, de acordo com uma das premissas fundamentais admitidas neste trabalho, a que não considera viável a expansão da área do pátio de armazenagem, no cenário anterior, o pátio operado por empilhadeira não conseguiria receber nenhum novo grupo de segregação sem ter que obrigatoriamente misturá-los a outros contêineres com características distintas, já com a aplicação da estratégia, novas pilhas podem ser formadas, permitindo a continuidade do atendimento à demanda. Fica claro que para a operação com empilhadeira, o atendimento a uma maior demanda ficará extremamente condicionado ao uso de estratégias de armazenagem e formação de pilhas considerando mistura de contêineres, ou sob outro foco, a aplicação de estratégias de armazenagem pode viabilizar a utilização da empilhadeira em determinadas situações de elevada demanda ou restrição de espaço.

Um aspecto negativo que deve ser considerado neste cenário é a quantidade de remoções necessárias para a preparação da carga e adequação das pilhas aos critérios de segregação estabelecidos. Considerando a operação com empilhadeira, provavelmente será necessário movimentar todos os contêineres de cada pilha, distribuindo-os para as posições adjacentes e abrindo novas pilhas já seguindo a segregação do embarque. Nem sempre será possível encontrar posições disponíveis próximas às pilhas originárias, fato que acarretará em trafegar por longas distâncias com a empilhadeira ou ainda a necessidade de utilização de carretas fazendo o transporte interno.

1H	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	3	3	5	5	5	5	5	5	3
B				5	4	4	3			
C				3						
D										
E										
F										
G										

1H	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	0	0	0	5	5	0	0	0	0
B	5	0	0	0	5	5	0	0	0	0
C	5	0	0	0	5	5	0	0	0	0
D	5	0	0	0	2	2	0	0	0	0
E	5	0	0	0			0	0	0	0
F	1	0	0	0			0	0	0	0
G		0	0	0			0	0	0	0

Figura 39 – Exemplo de remoções para acerto de quadra – “Reach Stacker”

5.4.2. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas aplicadas – “RTG” – (Cenário 2.2)

Para o “RTG”, o efeito que a aplicação de estratégias de armazenagem não é tão fundamental para o atendimento da demanda aplicada no modelo quanto para o cenário anterior; ainda assim o impacto do maior adensamento das pilhas pôde ser confirmado no modelo, deixando inclusive duas quadras inteiras sem utilização com a demanda totalmente atendida, revelando a economia de espaço obtida.

Outro aspecto que difere consideravelmente da operação com empilhadeira diz respeito à quantidade de remoções necessárias para colocar as pilhas misturadas em acordo com os parâmetros de segregação estabelecidos. Os equipamentos de pórtico em geral necessitam executar um número consideravelmente menor de remoções e menores distâncias de translação para ajustar as pilhas aos critérios de segregação; porém, para casos em que seja necessária a mudança de quadras visando manter as reservas e separação de áreas, a utilização de carretas para o transporte horizontal é imprescindível.

2C	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	5	6	6	0	0	0	0	0	0	0
D	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
E	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2C	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	6	0	6	6	0	0	0	0	0	0
B	6	0	5	5	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 40 - Exemplo de remoções para acerto de quadra – “RTG”

A organização das quadras e a divisão de espaços no pátio foram mantidas, ainda que mesmo para o cenário anterior, pela quantidade de quadras, já havia condições de atender a todos os grupos de segregação sem interferência entre os fluxos operacionais.

5.4.3. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas aplicadas – “RMG” versão A – (Cenário 2.3)

Devido à forma semelhante de operação entre o “RTG” e o “RMG”, todos os comentários e afirmativas feitas para o cenário 2.3 são válidos para este cenário. Um aspecto interessante a ser ressaltado está relacionado com a organização e reserva das áreas, utilizando o planejamento de armazenagem tradicional, mesmo com diversas posições livres, pela restrição de quadras devido às dimensões do equipamento, foi necessário armazenar contêineres de navios futuros (NAV3 - ETA mais distante) em quadras do navio mais próximo (NAV1), já com a aplicação das estratégias de armazenagem e conseqüente adensamento das pilhas, o número de quadras ficou adequado à demanda, permitindo deixar a operação do NAV1 sem nenhuma outra interferência.

Para manter esta organização, quando for o momento de preparar a carga do segundo navio (NAV2), muito provavelmente o espaço do primeiro navio (NAV1) estará completamente livre, permitindo a transferência dos contêineres a serem segregados, seja do NAV2 ou NAV3, de acordo com os parâmetros definidos,

formando um ciclo de ocupação dos espaços, neste caso também será necessária à utilização de carretas internas.

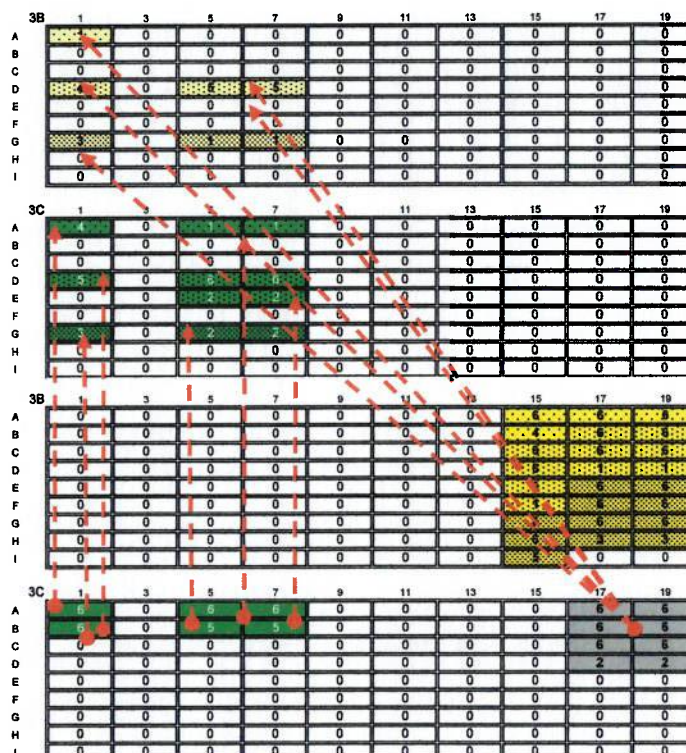


Figura 41 – Exemplo de remoções para acerto de quadra – “RMG”

5.4.4. Estratégias de armazenagem e formação de pilhas aplicadas – “RMG” versão B – (Cenário 2.4)

Neste cenário, como no cenário 2.3, devido à restrição física dos equipamentos, é impossível manter quadras exclusivas para um determinado navio, sendo obrigado a ter fluxo operacional de recebimento durante o atendimento às operações do navio, mesmo com a aplicação das estratégias de armazenagem, a quantidade de quadras ainda é insuficiente. Poderia o planejador, optar por concentrar em uma única quadra todas as pilhas destinadas aos navios futuros; porém a probabilidade de aumento da carga de trabalho nesta quadra traria ineficiência ao sistema com prejuízo às operações. Ao invés disto, neste cenário, o modelo adotado prevê a distribuição da carga de trabalho entre as quadras e seus respectivos equipamentos.

Em relação à ocupação do espaço e comprometimento das quadras, também para este cenário a aplicação das estratégias de armazenagem não tem impacto essencial a sua operacionalização, revelando, como nos outros cenários que utilizaram equipamento de pórtico, uma economia de espaço com subsequente aumento do número de remoções para ajuste da carga.

5.5. Os índices operacionais e as taxas de ocupação de espaço aplicadas.

5.5.1 Capacidade anual de armazenagem do pátio

O primeiro índice a ser calculado no modelo de seleção é proveniente de uma formulação clássica para o dimensionamento de pátios de armazenagem em terminais de contêineres e avaliação da sua capacidade (DALLY *et al* (1983)). A formulação proposta considera, para a determinação da capacidade do pátio, a quantidade de vezes que um espaço pode ser utilizado por um dado período de tempo, e este está diretamente relacionado com o tempo de permanência de cada contêiner no pátio (“*dwell time*”). A fórmula da capacidade do pátio (em TEU) para um determinado período seria:

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T \times F) \quad (5.5.1)$$

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

Hm = Altura média de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1 - ($0 < W < 1$);

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

F = Fator de pico de demanda – ($F > 1$).

O índice representativo dos espaços ocupáveis (W) é aplicado para evitar a ocupação total do pátio ocasionando congestionamento e prejuízo no resultado operacional, é sugerido um valor entre 0,60 e 0,80, representado 40% e 20% dos espaços do pátio livres, respectivamente. O fator de pico (F) representa a variação da demanda de movimentação, alcançando o seu limite superior, expresso pela relação de demanda máxima com a média em um dado período, o autor sugere a avaliação do fator de pico de acordo com as características específicas de cada terminal e de sua demanda.

Na formulação adotada no modelo desta dissertação foi desconsiderado o fator de pico de demanda (F) e o índice de espaços ocupáveis foi majorado em noventa por cento, com o objetivo de avaliar a capacidade total de armazenagem do pátio, sem influência da demanda, para cada cenário simulado. A fórmula adotada no modelo ficou da seguinte forma

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T) \quad (5.5.1.1)$$

Um dos componentes mais relevantes desta formulação é a representação do tempo de permanência do contêiner armazenado no pátio (“*dwell time*”) esta característica varia consideravelmente entre os terminais em função da natureza de suas operações, da participação de contêineres de transbordo no total da demanda movimentada e nas condições comerciais estabelecidas com os clientes e usuários do terminal (ex.: tempo livre de cobrança de armazenagem). O valor adotado nesta dissertação seguiu a média verificada para a exportação praticada nos terminais do Porto de Santos e apesar de estar acima da referência sugerida para a região em literatura especializada, conforme demonstrado na tabela abaixo, foi adotado por representar com maior precisão a realidade encontrada na pesquisa.

Tabela 14 – Tempos de permanência por região e tipo de operação, em dias.

Região	Importação	Exportação	Transbordo
América do Norte	7	Nd	Nd
Norte da Europa	6,5	Nd	3,0
Sul da Europa (1)	4,4	4,4	4,4
Sul da Europa (2)	10,5	6,2	4,6
Sudeste Asiático	5,0	3,5	5,0
América do Sul	6,5	3,5	Nd
Oceania	2,5	Nd	Nd
Leste Europeu	9	Nd	Nd

Fonte: Drewry shipping consultants Ltd

Porto de Santos	2,5	5,0	7,0
-----------------	-----	-----	-----

(1) – Portos concentradores – (90% de Transbordo).

(2) – Portos convencionais

O cálculo da capacidade anual do pátio de armazenagem tem como objetivos principais estabelecer o limite de movimentação do pátio oferecido por cada sistema e tipo de equipamento analisado para um horizonte de médio/longo prazo e permitir a análise de custos anuais pelo total movimentado no ano.

5.5.2 Capacidade nominal do pátio de armazenagem.

Outro índice verificado diz respeito à capacidade nominal máxima do pátio de armazenagem e considera a utilização completa de todos os espaços disponíveis para o armazenamento de contêineres, é expresso em TEU e é obtido pela somatória de todas as posições, em todas as pilhas, de todas as quadras, considerando a altura máxima alcançada pelos equipamentos de movimentação de retaguarda.

$$CNM = E \times H \quad (5.5.2)$$

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

O cálculo deste índice tem como função estabelecer a capacidade estática do pátio de armazenagem de acordo com cada equipamento analisado no modelo e será utilizado como limite superior da capacidade.

5.5.3 Capacidade operacional do pátio de armazenagem.

Em seguida, é calculada a capacidade operacional do pátio de armazenagem, retirando da capacidade nominal todas as eventuais restrições de ocupação, que representam os espaços onde não será permitida a colocação de nenhum tipo de contêiner, ou que haja limitações de altura de empilhamento, que pode ser decorrente do tipo de equipamento de movimentação e suas características, ou ainda, devido a restrições inerentes à própria natureza da operação (ex.: área de conferência). É expresso em TEU e representa a totalidade das posições disponíveis para a armazenagem dos contêineres. Seguindo a definição adotada em para o cálculo de capacidade anual, foi considerada no modelo uma aproximação de dez por cento do total da capacidade nominal do pátio estaria desabilitado para armazenagem.

$$COP = CNM - \sum Sd \quad (5.5.3)$$

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

Sd = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

O objetivo deste índice é aproximar a capacidade de armazenagem do modelo a um valor mais real e encontrado na prática operacional. Este valor será utilizado para o cálculo dos índices e taxas de ocupação.

5.5.4 Ocupação física do pátio de armazenagem

A ocupação física representa o total de posições ocupadas no pátio por contêineres armazenados. Expresso em TEU, pode ser formulado pela somatória de todos os contêineres armazenados no terminal, lembrando que contêineres de quarenta pés equivalem a dois TEU.

$$OCF = \sum S_o \quad (5.5.4)$$

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

S_o = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

5.5.5. Disponibilidade operacional do pátio de armazenagem

O inverso da ocupação física é a disponibilidade operacional do pátio de armazenagem, representa todas as posições livres que ainda possam ser utilizadas para armazenar qualquer contêiner, ou seja, que ainda não tenha sido comprometida com nenhum grupo de segregação, excluindo também as posições desabilitadas para armazenagem. Expresso em TEU.

$$DOP = \sum SI - \sum Sd \quad (5.5.5)$$

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

SI = Número de posições plenamente livres, em TEU.

5.5.6 Ocupação comprometida do pátio de armazenagem

A ocupação comprometida representa o espaço livre de cada quadra que já tenha tido seu critério de segregação definido pelos contêineres atualmente armazenados, ou seja, nestas posições será permitido armazenar apenas contêineres do mesmo grupo de características das unidades atualmente armazenadas nas posições adjacentes; nesta condição, apesar da posição não conter nenhum contêiner armazenado, ela não está totalmente livre para recebimento de outra unidade, ela está comprometida com um determinado grupo de segregação. Vale ressaltar que este índice de comprometimento tem relação direta com o tipo de equipamento sua habilidade de acessar as pilhas, visto que quanto maior a possibilidade de que sejam retirados ou posicionados contêineres das pilhas internas das quadras, menor será o comprometimento dos seus espaços. Esta medida no modelo servirá para avaliar a capacidade do pátio real obtida ao aplicarmos os parâmetros de segregação estabelecidos e as características operacionais específicas de cada equipamento de retaguarda.

$$OCP = COP - OCF - DOP \quad (5.5.6)$$

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

5.5.7 Ocupação total do pátio de armazenagem

Esta medida representa o total ocupado no pátio, somando as posições ocupadas fisicamente com contêineres com as posições comprometidas com determinados grupos de segregação, representará no modelo a ocupação efetiva do pátio de armazenagem, considerando a aplicação dos parâmetros de segregação e posteriormente das estratégias de armazenagem aplicadas.

$$OTL = OCF + OCP \quad (5.5.7)$$

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

5.5.8 Taxa de ocupação nominal do pátio de armazenagem

As taxas de ocupação nominal e operacional extraem o percentual ocupado do pátio para uma dada demanda, sobre a capacidade de armazenagem nominal e operacional, respectivamente. Tem como objetivo representar o percentual do pátio utilizado considerando apenas os espaços ocupados por contêineres, independente dos parâmetros de segregação utilizados e comprometimento das pilhas.

$$\delta n = (OCF / CNM) \times 100 \quad (5.5.8)$$

Onde:

δn = Taxa de ocupação nominal do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU.

5.5.9 Taxa de ocupação operacional do pátio de armazenagem

$$\delta_o = (\text{OCF} / \text{COP}) \times 100 \quad (5.5.9)$$

Onde:

δ_o = Taxa de ocupação operacional do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

5.5.10 Taxa de ocupação total do pátio de armazenagem.

Somando as posições ocupadas com contêineres no pátio com as posições comprometidas por grupos de segregação, dividindo esta soma pela capacidade operacional de armazenagem do pátio, obtemos a terceira e última taxa de ocupação aplicada no modelo de seleção, a taxa de ocupação total do pátio de armazenagem, que pode ser equacionada da seguinte forma.

Este índice tem como objetivo extrair do modelo, a influência dos critérios de segregação aplicados na ocupação do pátio de armazenagem, permitindo ao planejador visualizar o percentual ocupado do pátio para uma dada demanda, em cada cenário avaliado.

$$\delta_t = [(\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{COP}] \times 100 \quad (5.5.10)$$

Onde:

δ_t = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

5.5.11 Índice de comprometimento do pátio de armazenagem.

O índice de comprometimento operacional relaciona a soma da ocupação física com a ocupação comprometida dividido pela ocupação física, este índice é de fundamental importância para o modelo de seleção de equipamentos de retaguarda, visto que representa o resultado direto da capacidade de adensamento das quadras possibilitado pelo modo de formação de pilha de cada tipo de equipamento, além de avaliar também a eficácia da aplicação das estratégias alternativas para formação de pilhas.

$$\rho = (OCF + OCP) / OCF \quad (5.5.11)$$

Onde:

ρ = Índice de comprometimento do pátio;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU.

Todos os índices e taxas anteriormente descritos relacionam a quantidade de espaços ocupados ou comprometidos do pátio em TEU com a quantidade de contêineres armazenados; porém, torna-se também importante obter índices que relacionem a área total utilizada pelo pátio de armazenagem, comparando os diferentes tipos de configuração de pátio e sistemas de armazenagem. Para isso são calculadas as dimensões ocupadas pelo pátio de armazenagem, sendo classificados em dois índices, o primeiro mede a área total utilizada, relacionando a área ocupada com a capacidade instalada de armazenagem e o segundo avalia a área ocupada pela demanda existente.

5.5.12 Área total utilizada pelo pátio de armazenagem

A aplicação do critério de área total utilizada pretende avaliar as diferentes configurações físicas do pátio de armazenagem, permitida pelos tipos de

equipamentos e sistemas de movimentação de retaguarda, suas vias de circulação e fluxo operacional. É expresso em metros quadrados (m^2). Já o critério de área ocupada pelos espaços utilizados apenas para armazenamento de contêineres tem como finalidade avaliar comparativamente o adensamento das quadras conseguido pelo tipo de equipamento avaliado e estratégia de armazenagem adotada, sob a ótica da ocupação física da área. Expresso também em metros quadrados (m^2).

$$ATL = (q \times Qq) + (f \times Qf) \quad (5.5.12)$$

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 ;

q = Número de quadras no pátio de armazenagem;

Qq = Área ocupada por uma quadra, em m^2 ;

f = Número de faixas de circulação entre as quadras;

Qf = Área ocupada por uma faixa de circulação, em m^2 .

5.5.13 Área utilizada por posições ocupadas no pátios

$$APC = p \times Qp \quad (5.5.13)$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m^2 ;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

Qp = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m^2 .

5.5.14 Índice de utilização da área de armazenagem – pela capacidade

$$\varphi_c = \text{CNM} / \text{ATL} \quad (5.5.14)$$

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

CNM = Capacidade nominal do pátio de armazenagem, em TEU;

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

O cálculo deste índice tem por objetivo apontar a taxa que permite ao planejador dimensionar a área necessária para atendimento a uma dada demanda de contêineres a serem armazenados em TEU; avaliar a utilização pela capacidade nominal revela o limite superior de utilização do pátio de armazenagem podendo estar acima da capacidade real se forem inseridos na análise os critérios de segregação.

5.5.15 Índice de utilização da área de armazenagem – pela demanda

Em complemento ao cálculo do índice de utilização da área pela capacidade, calcular novamente este índice considerando a demanda ao invés da capacidade instalada oferece ao planejador a possibilidade de inserir em seu dimensionamento os parâmetros de segregação, o fator de adensamento e comprometimento característicos do equipamento de retaguarda avaliado, e também as estratégias de armazenagem e formação de pilhas adotadas, para isso a área total do pátio de armazenagem é reduzida ao percentual ocupado pela demanda aplicada.

$$\varphi_d = \text{OCF} / (\text{ATL} * \delta t) \quad (5.5.15)$$

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %.

5.5.16 Desempenho anual do pátio de armazenagem.

Este índice representa a capacidade anual de armazenagem para cada tipo de equipamento de retaguarda e sistema de movimentação analisado no modelo, levando em consideração o fator de comprometimento obtido em cada cenário, representando o índice de adensamento das pilhas, ou seja, quanto em área é utilizado para armazenar uma determinada quantidade em TEU. Esta condição, conforme detalhado anteriormente, varia em função da demanda, dos parâmetros de segregação, das estratégias de armazenagem aplicadas e das características operacionais de cada equipamento de retaguarda.

Este índice é encontrado na literatura técnica especializada internacional como “*yard performance*” ou “*yard productivity*” estes termos poderiam ser traduzidos para o português para “produtividade” do pátio de armazenagem ou desempenho do pátio de armazenagem, adotado nesta dissertação.

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \quad (5.6.16)$$

Onde:

DPA = Desempenho do pátio de armazenagem, em TEU/ha/ano;

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/ha;

K = Número total de dias de operação no período;

ρ = Índice de comprometimento do pátio;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

6. APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS OBTIDOS

Para a aplicação do modelo de seleção nesta dissertação foram estabelecidos dois cenários distintos, o primeiro (CENÁRIOS 1.n) baseado apenas em parâmetros de segregação básicos aplicados nos principais terminais de contêineres e identificados durante os trabalhos de pesquisa; já o segundo cenário (CENÁRIOS 2.n) considera a aplicação de estratégias de armazenagem sugeridas ao planejador para uma melhor ocupação do espaço disponível no pátio de armazenagem. Em cada cenário foram analisados quatro diferentes equipamentos de movimentação de retaguarda, conforme ilustrado nas figuras abaixo.

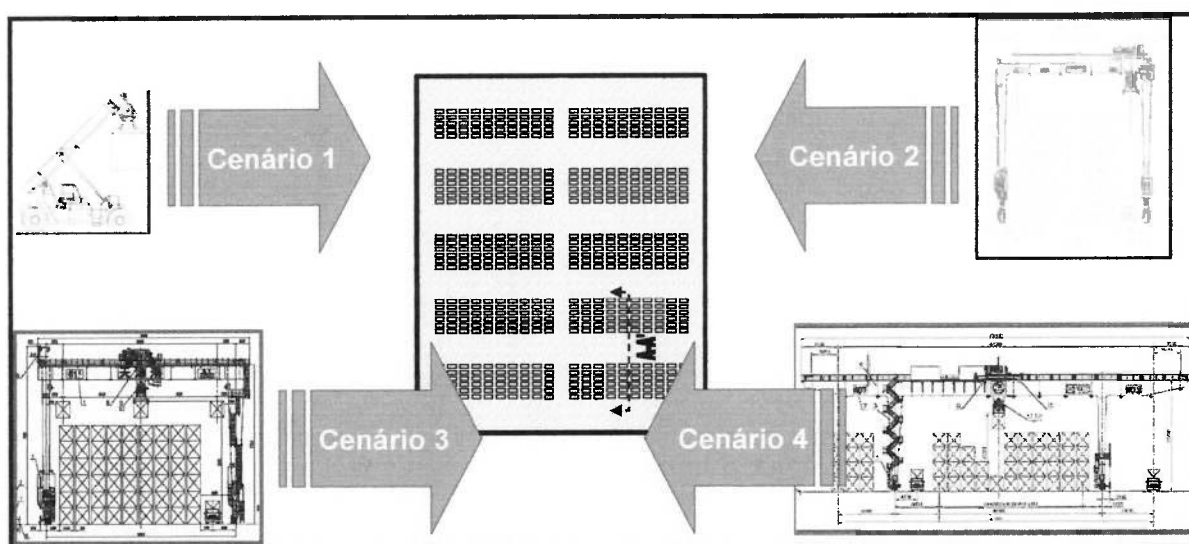


Figura 42 – Formação dos cenários para análise do modelo de seleção

Para cada cenário avaliado foram os cálculos efetuados pelo modelo e os resultados extraídos visam contribuir ao planejador a avaliar a adequação do tipo de equipamento de retaguarda no tocante a sua capacidade e desempenho de armazenagem em função da ocupação do espaço no pátio. As figuras a seguir ilustram a formação dos cenários 1.n e 2.n e a lógica adotada para a aplicação dos parâmetros, estratégias e obtenção dos índices e taxas.



Figura 43 – Formação dos cenários 1.n



Figura 44 – Formação dos cenários 2.n



Figura 43 – Formação dos cenários 1.n



Figura 44 – Formação dos cenários 2.n

6. APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS OBTIDOS

Para a aplicação do modelo de seleção nesta dissertação foram estabelecidos dois cenários distintos, o primeiro (CENÁRIOS 1.n) baseado apenas em parâmetros de segregação básicos aplicados nos principais terminais de contêineres e identificados durante os trabalhos de pesquisa; já o segundo cenário (CENÁRIOS 2.n) considera a aplicação de estratégias de armazenagem sugeridas ao planejador para uma melhor ocupação do espaço disponível no pátio de armazenagem. Em cada cenário foram analisados quatro diferentes equipamentos de movimentação de retaguarda, conforme ilustrado nas figuras abaixo.

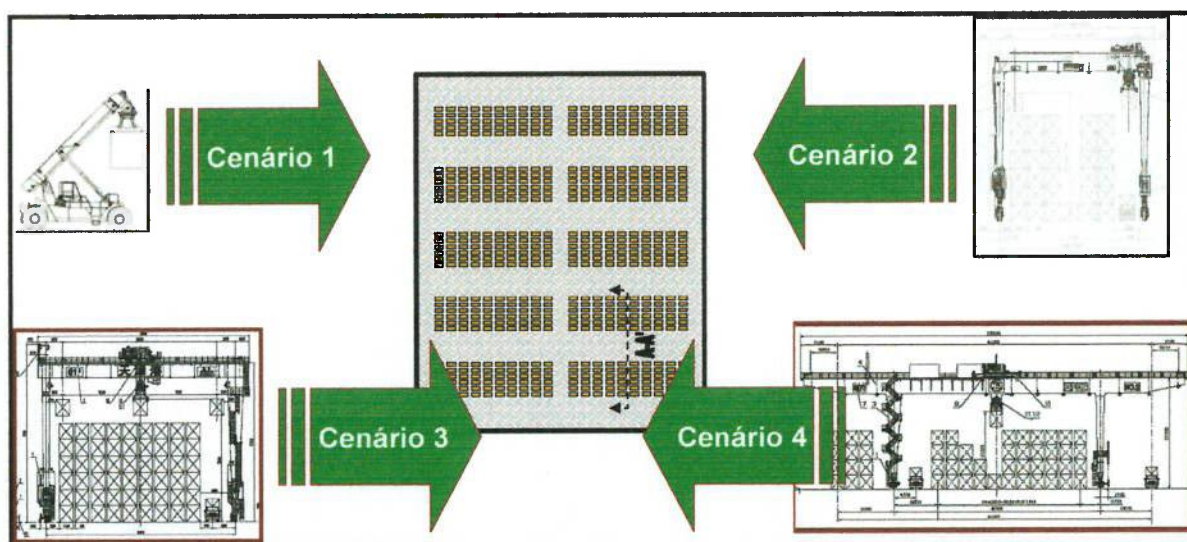


Figura 42 – Formação dos cenários para análise do modelo de seleção

Para cada cenário avaliado foram os cálculos efetuados pelo modelo e os resultados extraídos visam contribuir ao planejador a avaliar a adequação do tipo de equipamento de retaguarda no tocante a sua capacidade e desempenho de armazenagem em função da ocupação do espaço no pátio. As figuras a seguir ilustram a formação dos cenários 1.n e 2.n e a lógica adotada para a aplicação dos parâmetros, estratégias e obtenção dos índices e taxas.

6.1. Ocupação do pátio de armazenagem

A aplicação do modelo desenvolvido pressupõe que a demanda seja dividida em grupos formando um conjunto de contêineres de características semelhantes de acordo com os parâmetros de segregação estabelecidos. Conhecida a demanda e a quantidade de contêineres em cada grupo de segregação, o modelo determina as posições ocupadas em função do tipo de equipamento analisado pelo modelo e das estratégias de armazenagem adotadas em cada cenário. Lembrando que a configuração do pátio de armazenagem e de suas quadras já fora previamente definido de acordo com as dimensões e especificações de cada equipamento.

Existem três aspectos fundamentais que impactam diretamente na formação das pilhas e conseqüentemente na ocupação do espaço no pátio de armazenagem, são eles:

- Altura de empilhamento;
- Acessibilidade à pilha;
- Dimensões das quadras (lastros, baias e blocos);

As restrições e eventuais simplificações adotadas estão detalhadamente descritos no capítulo anterior desta dissertação.

Podem ser encontradas no anexo, as figuras que representam a visualização gráfica da ocupação do pátio de armazenagem, resultado da aplicação do modelo para cada tipo de equipamento e cenário avaliado. Notar que a visualização do pátio é feita em vista superior (planta) e o número interno constante nas pilhas representa a quantidade de posições ocupadas em TEU para cada pilha, cada grupo tem uma cor correspondente ao porto de estivagem e navio de destino e a classe de peso é representada pelo padrão de preenchimento das células, conforme detalhado no capítulo cinco. Notar que as pilhas que não estão comprometidas com nenhum grupo de segregação aparecem na visualização com o número zero e os espaços que ainda não estão ocupados, mas que já se encontram comprometidos, não possuem nenhum

número. Esta condição de comprometimento é resultado da característica de acessibilidade à pilha exclusiva de cada equipamento.

6.2. Cálculos de capacidade, índices e taxas de ocupação

Após a determinação da configuração do pátio de armazenagem e do planejamento das posições a serem ocupadas pelos demanda de acordo com os parâmetros adotados, características dos equipamentos e estratégias de armazenagem, o modelo calcula capacidade de armazenagem e índices de ocupação para cada cenário, oferecendo ao planejador a possibilidade de comparar o desempenho de cada tipo de equipamento em função da demanda de contêineres no tocante à ocupação do espaço.

Os índices utilizados estão descritos no capítulo anterior e no modelo são obtidos por fórmulas e macros referenciadas à planilha de visualização do pátio que varia em função da ocupação definida na etapa anterior do modelo. No próximo capítulo, além de comparar as soluções analisadas nesta dissertação, alguns índices serão comparados com valores de referência mundial encontrados em diversos terminais visando validar as estratégias adotadas e os resultados obtidos para as soluções propostas. As passagens e etapas de cálculos e os resultados obtidos para cada cenário, estão demonstrados no anexo, estes cálculos estão separados em:

- **Cálculos de capacidade e ocupação** - Nesta etapa o modelo busca determinar a capacidade do pátio de armazenagem para a referida configuração de pátio e a quantidade de espaços ocupados, comprometidos e livres existentes no pátio de armazenagem. Um importante índice encontrado nesta etapa é a capacidade anual de armazenagem do pátio, muito utilizado para dimensionamento de recursos e área.
- **Cálculos de taxas e ocupação e fator de comprometimento** - São relacionados os percentuais de ocupação do pátio considerando tanto a ocupação física como a comprometida, também é obtido o fator de

comprometimento do pátio que revela o índice de adensamento das pilhas para cada cenário.

- **Cálculos de índice de utilização da área e desempenho** – Nesta etapa a utilização da área é inserida e um importante índice é obtido, que relaciona os espaços ocupados com a área utilizada, também é encontrado o desempenho anual do pátio de armazenagem para cada sistema de movimentação.

6.3 Análise comparativa dos resultados

Aplicando o modelo para cada tipo de equipamento e estratégias de armazenagens, os resultados obtidos estão consolidados nas tabelas a seguir permitindo a análise comparativa dos diferentes sistemas de movimentação para cada cenário avaliado. Lembrando apenas que no primeiro cenário, os sistemas de movimentação foram avaliados sem a aplicação de estratégias de armazenagem e formação de pilhas, seguindo apenas os parâmetros básicos de segregação estabelecidos; já no segundo cenário, foram aplicadas as estratégias de armazenagem descritas no capítulo cinco.

A primeira parte da tabela consiste nos dados físicos das quadras provenientes da configuração do pátio definida em função das características de cada equipamento e os resultados da ocupação do espaço, na continuação da tabela estão as taxas e índices de ocupação, bem como a relação da ocupação do espaço com a área utilizada e o desempenho anual do pátio de armazenagem (“produtividade” do pátio).

Importante ressaltar os seguintes aspectos na avaliação comparativa dos resultados:

- A capacidade anual de armazenagem dos quatro sistemas avaliados não apresenta uma grande diferença, representando apenas uma vantagem para o sistema que consegue alcançar maior altura de empilhamento. Lembrando

que este índice não leva em consideração a demanda e a necessidade de segregação no pátio de armazenagem.

- A ocupação do pátio no sistema “*reach stacker*” em relação aos sistemas de pórtico, quando aplicados parâmetros de segregação sofre um substancial impacto decorrente do comprometimento das pilhas em função do modo de acesso característico do equipamento.
- O desempenho anual alcançado pelos sistemas de movimentação de pórtico, quando consideramos os parâmetros de segregação, tem menor prejuízo em relação à capacidade anual do que o verificado para as empilhadeiras.

TABELA 14 – RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO – COMPARAÇÃO ENTRE TIPOS DE EQUIPAMENTOS
 CENÁRIO 1 – PARÂMETROS DE SEGREGAÇÃO BÁSICOS (SEM ESTRATÉGIAS DE ARMAZENAGEM)

	RS	5	6	RTG	6	RMG versão A	6	RMG versão B	6
ALTURA DE EMPILHAMENTO									
LASTROS POR QUADRA		7	6				9		13
BAIAS POR QUADRA		10	10				10		10
QUANTIDADE DE QUADRAS		10	12				8		6
<hr/>									
CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU/ano)	229.950			283.824			283.824		299.592
CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	3.500			4.320			4.320		4.560
CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	3.150			3.888			3.888		4.104
OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	698			698			698		698
DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	-			2.892			2.892		3.108
OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	2.452			298			298		298

TABELA 15 – RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO – COMPARAÇÃO ENTRE TIPOS DE EQUIPAMENTOS (Cont.)
 CENÁRIO 1 – PARÂMETROS DE SEGREGAÇÃO BÁSICOS (SEM ESTRATÉGIAS DE ARMAZENAGEM)

	RS	RTG	RMG versão A	RMG versão B
TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	20	16	16	15
TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	22	18	18	17
TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	100	26	26	24
FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM	4,51	1,43	1,43	1,43
ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO (m ²)	12.524	2.970	2.970	2.970
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE (TEU/m ²)	0,070	0,086	0,086	0,091
(TEU/ha.)	700	864	864	912
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA (TEU/m ²)	0,014	0,054	0,054	0,058
(TEU/ha.)	140	545	545	575
DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU/ha/ano)	11.323	44.201	44.201	46.657

TABELA 16 – RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO – COMPARAÇÃO ENTRE TIPOS DE EQUIPAMENTOS
 CENÁRIO 2 – APLICANDO ESTRATÉGIAS DE ARMAZENAGEM E FORMAÇÃO DE PILHAS

	RS	RTG	RMG versão A	RMG versão B
ALTURA DE EMPILHAMENTO	5	6	6	6
LASTROS POR QUADRA	7	6	9	13
BAIAS POR QUADRA	10	10	10	10
QUANTIDADE DE QUADRAS	10	12	8	6
	229.950	283.824	283.824	299.592
CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU/ano)				
CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	3.500	4.320	4.320	4.560
CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	3.150	3.888	3.888	4.104
OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	698	698	698	698
DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	1.365	3.072	3.072	3.288
OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU)	1.087	118	118	118

TABELA 17 – RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO – COMPARAÇÃO ENTRE TIPOS DE EQUIPAMENTOS (Cont.)
 CENÁRIO 2 – APLICANDO ESTRATÉGIAS DE ARMAZENAGEM E FORMAÇÃO DE PILHAS

	RS	RTG	RMG versão A	RMG versão B
TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	20	16	16	15
TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	22	18	18	17
TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (%)	57	21	21	20
FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM	2,56	1,17	1,17	1,17
ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO (m ²)	6.387	2.433	2.433	2.433
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE (TEU/m ²)	0,070	0,086	0,086	0,091
(TEU/ha.)	700	864	864	912
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA (TEU/m ²)	0,025	0,067	0,067	0,070
(TEU/ha.)	246	665	665	702
DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM (TEU/ha/ano)	19.982	53.951	53.951	56.949

6.4. Análise de custos

Com o objetivo de propiciar ao planejador a possibilidade de comparar as soluções exploradas pelo modelo não considerando somente as condições técnicas e características operacionais dos sistemas de movimentação, mas também a viabilidade econômico-financeira das alternativas analisadas foi desenvolvido um modelo de análise de custos operacionais aproveitando os dados de saída do modelo de ocupação de espaço.

A análise de custos desta dissertação não tem como objetivo ser uma avaliação econômico-financeira completa e detalhada, mas certamente oferece sua contribuição ao comparar os principais componentes de custos existentes em cada tipo de equipamento, sendo estes divididos em:

- Custos de Aquisição/Instalação
- Custos de Operação
- Custos de Manutenção

Para todos os casos acima, foram buscados índices e valores de referência na literatura especializada e publicações técnicas internacionais, sendo necessário uma atualização e revisão dos valores e variações dos índices econômicos para uma análise mais apurada dos custos para os portos brasileiros.

Primeiramente à inserção dos custos, é necessário dimensionar a quantidade de equipamentos de retaguarda para atender a demanda prevista ou a capacidade instalada no terminal em cada solução aplicada no modelo. Além de consistir em etapa fundamental para a análise de custos, o dimensionamento de equipamentos, certamente, pode ser considerado como uma relevante contribuição adicional desta dissertação para os estudos na área de planejamento portuário.

6.4.1. Dimensionamento dos equipamentos

O dimensionamento dos equipamentos de retaguarda considerou o atendimento aos principais fluxos de recebimento e entrega dos subsistemas “costado” e “intermodal”, conforme descrito no capítulo dois desta dissertação. Pretende-se dimensionar os equipamentos de retaguarda em função da quantidade de equipamentos de cais e também de acordo com o fluxo de recebimento de contêineres na retaguarda provenientes de outros modais, notadamente rodoviário e ferroviário.

Para o dimensionamento dos equipamentos de cais, foi adotado como premissa o atendimento ao pico da capacidade de armazenagem anual instalada do pátio de armazenagem relacionado ao desempenho verificado como referência mundial para o equipamento de cais, conforme tabela abaixo.

Tabela 18 – Desempenho de guindaste de cais, em TEU/guindaste/ano.

Desempenho por Guindaste de cais	
	TEU/guindaste/ano
América do Norte	64.508
Europa (Oeste)	78.558
América do Sul	63.890
Sudeste Asiático	108.704
Desempenho considerado	78.915

Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd.

A capacidade anual instalada obtida do modelo foi adotada para o dimensionamento de equipamentos conforme tabela abaixo, ressaltando que este índice representa o pico de movimentação do pátio de armazenagem, de acordo com as características operacionais de cada tipo de equipamento.

Tabela 19 – Capacidade anual de armazenagem obtida do modelo, em TEU/ano.

Capacidade anual de movimentação do pátio de armazenagem, em TEU/ano

Reach Stacker	229.950
RTG - Pórtico sobre pneus	283.824
RMG - Pórtico sobre trilhos	299.592

Para atender a esta movimentação, será necessária uma quantidade “Ng” de guindastes de cais, esta quantidade é definida pela relação entre a capacidade de movimentação do modelo e o desempenho médio encontrado na referência internacional, os resultados encontram-se na tabela a seguir.

$$N_g = C / DGC$$

Onde:

Ng = Número de guindastes de cais, em unidades;

C = Capacidade anual de armazenagem do pátio, em TEU/ano;

DGC = Desempenho de guindaste de cais, em TEU/guindaste/ano.

Tabela 20 – Dimensionamento de guindastes de cais em função da capacidade do pátio

Quantidade de equipamentos de cais em função do desempenho			
		Número de Guindastes de cais	
Reach Stacker	2,91	=>	3
RTG - Pórtico sobre pneus	3,60	=>	4
RMG - Pórtico sobre trilhos	3,80	=>	4

Importante ressaltar que o dimensionamento feito nesta dissertação visa apenas adequar a movimentação de cais à capacidade de retaguarda obtida para cada

sistema de movimentação avaliado no modelo. Para complementar o dimensionamento dos guindastes de cais é importante considerar as operações dos navios, suas características e desempenho, bem como a ocupação do berço de atracação e tamanho de fila de espera dos navios. Esta linha de análise não faz parte do escopo desta dissertação; porém, são aspectos importantes que não podem ser desconsiderados na análise e planejamento de um terminal.

De forma análoga foi calculado o dimensionamento de equipamentos destinados a atender a movimentação da retaguarda. Também foram adotados parâmetros utilizados como referência mundial para a definição da quantidade de equipamentos necessária. Da mesma forma, é importante ressaltar este dimensionamento pode ser aprimorado considerando a chegada de contêineres, o tempo de atendimentos dos caminhões, tamanho de fila, tempo de espera, etc. Esta análise não faz parte do escopo principal do modelo desta dissertação e como visto na revisão bibliográfica a aplicação de modelos de simulação para a solução deste tipo de problema é bastante adequada e largamente utilizada.

Para o cálculo da movimentação de retaguarda, foi adotado como premissa que vinte por cento da movimentação é de transbordo. Esta parcela da movimentação entra e deixa o terminal por navio, e não será computada na movimentação de retaguarda, visto que teoricamente será absorvida pelos equipamentos que atenderão às operações de descarga e embarque dos navios. A incidência da carga de transbordo por região pode ser visualizada na tabela a seguir. Notar que, apesar do índice sugerido para nosso continente ser de apenas onze por cento, o percentual admitido na análise se deve ao crescimento deste tipo de operação verificado na pesquisa feita entre os terminais do Porto de Santos durante o ano de 2004, revelando certa tendência de evolução desta modalidade.

Tabela 21 – Incidência da carga de transbordo por região, 2001.

América do Norte	7,70%
América do Sul	11,20%
América central/Caribe	34,50%
Norte da Europa	23,70%
Sul da Europa	35,30%
Extremo oriente	19,90%
Sudeste Asiático	46,20%
Oceania	2,30%
Africa	23,30%
Incidência de Transbordo considerada	20%

Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd, 2002

Tabela 22 - Demanda anual do pátio de armazenagem, entrada/saída por via terrestre, em TEU/ano.

Reach Stacker	183.960
RTG - Pórtico sobre pneus	227.059
RMG - Pórtico sobre trilhos	239.674

Para transformar a movimentação de TEU para número de contêineres, a fim de utilizar com o índice de desempenho dos equipamentos de retaguarda, foi aplicado o fator de proporção, entre contêineres de vinte e quarenta pés, encontrado no Porto de Santos durante as pesquisas.

Relação entre contêineres 20 e 40 pés = 1,5 (Porto de Santos, 2004).

Tabela 23 - Demanda anual do pátio de armazenagem, entrada/saída por via terrestre, em contêineres/ano.

Reach Stacker	122.640
RTG - Pórtico sobre pneus	151.373
RMG - Pórtico sobre trilhos	159.782

Em função dos guindastes de cais, a relação para os equipamentos de retaguarda encontrada está apresentada na tabela a seguir.

Tabela 24 – Dimensionamento de equipamentos de retaguarda em função dos guindastes de cais.

	Número de equipamentos por guindaste de cais
Reach Stacker - Empilhadeira	3,5
RTG - Pórtico sobre pneus	3
RMG - Pórtico sobre trilhos	3

Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd, 2002

Em função da movimentação de retaguarda, a referência encontrada e adotada considera a taxa de movimentação por hora de cada equipamento. Considerando uma ocupação média do equipamento de sessenta por cento, teremos os valores demonstrados na tabela abaixo.

Tabela 25 – Desempenho e capacidade dos equipamentos de retaguarda, em movimentos por hora.

	Velocidade de translação (m/min)	Velocidade de elevação (m/min)	Velocidade do carro/cabine (m/min)	Desempenho estimado (Movs/h)	Capacidade estimada (Movs/ano)
Reach Stacker - Empilhadeira	350 a 500	-	-	15	77.760
RTG - Pórtico sobre pneus	90 a 150	9 a 23	50 a 70	20	103.680
RMG - Pórtico sobre trilhos	100 a 150	30 a 60	até 150	25	129.600

Fonte: Operating and Maintenance features of container handling systems, 1988

Desta forma teremos o seguinte dimensionamento para os equipamentos de retaguarda.

Tabela 26 – Dimensionamento dos equipamentos de retaguarda em função do pátio de armazenagem.

Para atendimento à movimentação do cais - subsistema costado	
Reach Stacker - Empilhadeira	11
RTG - Pórtico sobre pneus	12
RMG - Pórtico sobre trilhos	12
Para atendimento à movimentação do pátio- subsistema intermodal	
Reach Stacker - Empilhadeira	2
RTG - Pórtico sobre pneus	2
RMG - Pórtico sobre trilhos	2
Total de equipamentos necessário para atendimento à capacidade total do terminal	
Reach Stacker - Empilhadeira	13
RTG - Pórtico sobre pneus	14
RMG - Pórtico sobre trilhos	14

6.4.2. Custos de Aquisição e implantação (obras civis).

Para a conversão do preço de aquisição dos equipamentos de retaguarda encontrado como referência na literatura especializada internacional, foi adotado o câmbio de R\$ 2,70 para cada dólar.

Tabela 27 – Custo de aquisição de equipamentos de retaguarda, em US\$ e R\$.

Equipamento de movimentação de retaguarda	Custo unitário US\$ x 1.000	Custo unitário R\$ x 1.000
RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus	900	2430
RMG - Guindaste de pórtico sobre trilhos	1700	4590
Reach Stacker - Empilhadeira	490	1323

Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd.

Considerando o dimensionamento de equipamentos encontrado, o custo total de aquisição para cada sistema é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 28 – Custo total de aquisição por equipamento de retaguarda, em US\$ e R\$.

Equipamento de movimentação de retaguarda	Custo total US\$ x 1.000	Custo total R\$ x 1.000
RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus	12.600,00	34.020,00
RMG - Guindaste de pórtico sobre trilhos	23.800,00	64.260,00
Reach Stacker - Empilhadeira	6.125,00	16.537,50

Para os custos adotados relativos às obras civis de implantação do sistema e construção do pátio de armazenagem foi admitida como premissa que um dimensionamento da infra-estrutura do piso para atender cinco ou seis contêineres empilhados demanda reforço suficiente e semelhante entre as soluções analisadas; portanto, o custo de implantação por unidade não apresenta variação significativa entre os sistemas.

Outro aspecto considerado diz respeito à altura de empilhamento, quanto mais alta a pilha, menor a aceitação de irregularidades e inclinações no piso decorrente de afundamento e recalques. A fim de evitar este problema, é sugerida que seja adotada como técnica de construção a adoção de piso de concreto de alta resistência com malha de aço, com reforço de sub-base, garantido a resistência do piso adequada para qualquer das alternativas analisadas. A única diferença encontrada entre as soluções referente às obras civis refere-se à colocação dos trilhos para operação do sistema RMG. A tabela a seguir demonstra os valores encontrados para as obras civis de instalação de cada sistema de movimentação de retaguarda.

Tabela 29 – Cálculo dos custos de instalação – Trilhos (RMG)

Trilho (RMG) R\$	5,00	TR-57 (R\$/kg)	57,00	Kg/m	R\$	285,00	R\$/m
Ferragens R\$	6,00	R\$/kg	30,00	Kg/m	R\$	180,00	R\$/m
					Total R\$	465,00	R\$/m
Comprimento do trilho		200 metros/linha					
RMG A		8 linhas		RMG B		6 linhas	
Custo Total R\$	744.000,00			Custo Total R\$	558.000,00		

Fonte: Krupp Industries

Tabela 30 – Cálculo dos custos totais de obras civis de retaguarda (pátio e instalação)

	RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus	RMG A - Guindaste de pórtico sobre trilhos	RMG B - Guindaste de pórtico sobre trilhos	Reach Stacker - Empilhadeira
Infra-estrutura - Obras civis	R\$ 5.670.000,00	R\$ 6.414.000,00	R\$ 6.228.000,00	R\$ 5.670.000,00
Pátio de armazenagem (US\$/m ²)	\$42,00	\$42,00	\$42,00	\$42,00
Área total (m ²)	50.000	50.000	50.000	50.000
	\$2.100.000	\$2.100.000	\$2.100.000	\$2.100.000
Custo total - Retaguarda	R\$ 5.670.000,00	R\$ 5.670.000,00	R\$ 5.670.000,00	R\$ 5.670.000,00

Fonte: Drewry Consultants Ltd.

Para transformar os custos de aquisição e de instalação em estimativa de despesas anuais, foi adotado financiamento com prazo de cinco anos e taxa de juros constante de 8,75% (Fonte: *Kalmar Industries*), estes parâmetros de financiamento foram adotados para os quatro equipamentos analisados, visando oferecer apenas um valor de referência em complemento à análise operacional.

Tabela 31 – Cálculo de custo anual - aquisição e obras civis

	RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus	RMG A - Guindaste de pórtico sobre trilhos	RMG B - Guindaste de pórtico sobre trilhos	Reach Stacker - Empilhadeira
Custo total de aquisição	\$12.600.000,00	\$23.800.000,00	\$23.800.000,00	\$6.125.000,00
Custo total de Instalação	\$2.100.000,00	\$2.375.555,56	\$2.306.666,67	\$2.100.000,00
Custo total do sistema de movimentação	\$14.700.000,00	\$26.175.555,56	\$26.106.666,67	\$8.225.000,00
Taxa de financiamento (%)	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%
Prazo de financiamento (anos)	5	5	5	5
Custo total anual (US\$)	\$3.754.775,99	\$6.685.942,01	\$6.668.345,93	\$2.100.886,56
Custo total anual (R\$)	R\$ 10.137.895,17	R\$ 18.052.043,41	R\$ 18.004.534,00	R\$ 5.672.393,73

Fonte: Kalmar Industries (financiamento)

6.4.3. Custos de Operação.

Os custos operacionais considerados consistem nas despesas relativas à mão de obra especializada (operadores) e as despesas relativas ao consumo de combustível ou energia necessária para a operação, no caso do RMG, pórtico sobre trilhos. As despesas de pessoal tiveram seu salário base adotado conforme pesquisa com sindicato da categoria do Porto de Santos (Sindogeesp) e no valor considerado já estão adicionados os encargos trabalhistas e impostos. O dimensionamento de operadores necessários também seguiu as regras atualmente aplicadas em acordo entre sindicato, OGMO operadores portuários, que prevê a escalação de um operador reserva para cada três equipamentos em operação, divididos em quatro equipes, em regime de turno de seis horas. O dimensionamento da folha de pagamento dos operadores foi adotado conforme a tabela abaixo.

Tabela 32 – Dimensionamento de operadores

	Reach Stacker - Empilhadeira	RTG - Pórtico sobre pneus	RMG - Pórtico sobre trilhos
Postos a serem atendidos	13	14	14
Operadores reservas	5	5	5
Total de operadores por turno	18	19	19
Considerando turno de 6 horas	70	76	76
Folga	10	11	11
Férias	6	6	6
Total na folha de pagamento	86	93	93

O custo anual referente ao pagamento dos operadores está representado na tabela a seguir.

Tabela 33 – Custo anual de operação – Operadores

	RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus	Qtde.	RMG - Guindaste de pórtico sobre trilhos	Qtde.	Reach Stacker - Empilhadeira	Qtde.
Pessoal - Folha de pagamento	R\$ 5.032.285,71		R\$ 5.032.285,71		R\$ 4.635.000,00	
Operador	R\$ 4.500,00	93	R\$ 4.500,00	93	R\$ 4.500,00	86

Fonte: SINDOGEESP / SETTAPORT

Já para o consumo de combustível ou energia e lubrificante foram adotados valores de referência internacional encontrado em literatura especializada, e variam em função do preço de aquisição. Os valores adotados podem ser visualizados na tabela abaixo.

Tabela 34 – Custo anual de operação – Energia, Combustíveis e Lubrificantes.

	RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus	Qtde.	RMG - Guindaste de pórtico sobre trilhos	Qtde.	Reach Stacker - Empilhadeira	Qtde.
Combustíveis/Energia e lubrificantes (US\$ por equipamento)	\$40.500,00	14	\$38.250,00	14	\$34.300,00	13
Custo de operação (% valor aquisição)	30,00%		15,00%		70,00%	
Combustíveis e lubrificantes (% custo operação)	15,00%		15,00%		10,00%	
Combustíveis/Energia e lubrificantes (R\$ por equipamento)	R\$ 109.350,00		R\$ 103.275,00		R\$ 92.610,00	
Custo Total (R\$ por ano)	R\$ 1.530.900,00		R\$ 1.445.850,00		R\$ 1.157.625,00	

Fonte: Operating and Maintenance features of container handling systems, UNCTAD (1988)

6.4.4. Custos de Manutenção.

Para os custos de manutenção considerados na análise desta dissertação foram adotados os percentuais encontrados recentemente na literatura especializada, conforme demonstrado na tabela abaixo.

Tabela 35 – Custo anual de manutenção dos equipamentos de retaguarda, em R\$/equipamento/ano.

Equipamento de movimentação de retaguarda	% do Custo de Aquisição	Custo Anual de Manutenção
RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus	2%	48.600,00
RMG - Guindaste de pórtico sobre trilhos	2%	91.800,00
Reach Stacker - Empilhadeira	7%	92.610,00

Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd.

As tabelas que se seguem mostram a consolidação dos custos adotados na análise desta dissertação e a relação com a capacidade de armazenagem e o desempenho do pátio para cada sistema de movimentação analisado pelo modelo, importante ressaltar a aplicação das estratégias de armazenagem e o impacto econômico decorrente da melhor ocupação do paio e adensamento das pilhas.

Tabela 37 – Análise econômica e operacional dos sistemas de movimentação de retaguarda

	Reach Stacker - Empilhadeira	RMG A - Guindaste de pórtico sobre trilhos	RMG B - Guindaste de pórtico sobre trilhos	RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus
Custo anual do sistema (R\$/ano)	R\$ 18.292.643,73	R\$ 32.229.379,13	R\$ 31.995.869,72	R\$ 23.051.480,88
Capacidade anual do pátio de armazenagem (TEU/ano)	229.950	283.824	299.592	283.824
Desempenho anual do pátio armazenagem (TEU/ano) - cenário 1	56.616	221.005	233.283	221.005
Desempenho anual do pátio armazenagem (TEU/ano) - cenário 2	99.910	269.756	284.743	269.756
Custo por TEU pela capacidade do pátio	R\$ 79,55	R\$ 113,55	R\$ 106,80	R\$ 81,22
Custo por TEU pelo desempenho do pátio - cenário 1	R\$ 323,10	R\$ 145,83	R\$ 137,15	R\$ 104,30
Custo por TEU pelo desempenho do pátio - cenário 2	R\$ 183,09	R\$ 119,48	R\$ 112,37	R\$ 85,45

Tabela 36 – Consolidação dos custos anuais dos sistemas de movimentação de retaguarda

	Reach Stacker - Empilhadeira	RMG A - Guindaste de pórtico sobre trilhos	RMG B - Guindaste de pórtico sobre trilhos	RTG - Guindaste de pórtico sobre pneus
QTDE. DE EQUIPAMENTOS	13	14	14	14
QTDE. DE OPERADORES	86	93	93	93
AQUISIÇÃO	R\$ 5.672.393,73	R\$ 18.052.043,41	R\$ 18.004.534,00	R\$ 10.137.895,17
Unitário	R\$ 1.323.000,00	R\$ 4.590.000,00	R\$ 4.590.000,00	R\$ 2.430.000,00
Total	R\$ 16.537.500,00	R\$ 64.260.000,00	R\$ 64.260.000,00	R\$ 34.020.000,00
INSTALAÇÃO	R\$ 5.670.000,00	R\$ 6.414.000,00	R\$ 6.228.000,00	R\$ 5.670.000,00
Pátio	R\$ 5.670.000,00	R\$ 5.670.000,00	R\$ 5.670.000,00	R\$ 5.670.000,00
Faixa de rolamento		R\$ 744.000,00	R\$ 558.000,00	
MANUTENÇÃO	R\$ 1.157.625,00	R\$ 1.285.200,00	R\$ 1.285.200,00	R\$ 680.400,00
Unitário	R\$ 92.610,00	R\$ 91.800,00	R\$ 91.800,00	R\$ 48.600,00
OPERAÇÃO	R\$ 5.792.625,00	R\$ 6.478.135,71	R\$ 6.478.135,71	R\$ 6.563.185,71
Pessoal (Operadores)	R\$ 4.635.000,00	R\$ 5.032.285,71	R\$ 5.032.285,71	R\$ 5.032.285,71
Combustíveis e Lubrificantes	R\$ 1.157.625,00	R\$ 1.445.850,00	R\$ 1.445.850,00	R\$ 1.530.900,00
CUSTO ANUAL TOTAL	R\$ 18.292.643,73	R\$ 32.229.379,13	R\$ 31.995.869,72	R\$ 23.051.480,88

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em complemento aos objetivos e contribuições estabelecidos ao início das pesquisas para a elaboração desta dissertação, ao longo do seu desenvolvimento, foram surgindo novos aspectos, revelando diferentes enfoques que permitiram revisar e acrescentar novas contribuições diferentes daquelas estabelecidas inicialmente como motivadoras para a escolha do tema e da linha de pesquisa, valendo ressaltar a ampla e abrangente revisão da literatura existente nas principais instituições acadêmicas e publicações especializadas que tratem do “estado da arte” atualmente aplicado em problemas encontrados nos terminais de contêineres.

Estabelecer uma abordagem sistêmica dos conceitos operacionais de um terminal de contêineres moderno, ressaltando seus principais subsistemas, recursos e medidas de desempenho, oferecendo ao planejador pleno entendimento sobre o tema e explorar o processo de planejamento de armazenagem, ocupação de espaços e formação de pilha em um terminal de contêineres moderno, detalhando suas principais etapas e conceitos operacionais.

Comparar a ocupação dos espaços em um pátio de armazenagem de contêineres considerando a utilização de diferentes equipamentos de retaguarda e sistemas de movimentação, considerando suas características operacionais, descrevendo e avaliando a eficácia da aplicação de estratégias de armazenagem no tocante ao planejamento e a ocupação do pátio, permitindo avaliar a capacidade de armazenagem de cada sistema associando ao impacto da demanda e dos critérios de segregação aplicados, fatores que normalmente são ignorados pelos fabricantes e fornecedores de equipamentos.

Criar um modelo que permite calcular taxas e índices de ocupação, oferecendo ao planejador a possibilidade de comparar os resultados e o comportamento do pátio de armazenagem para uma dada demanda, de acordo com o tipo de equipamento de retaguarda; oferecendo também a relação entre os custos operacionais e de implantação de cada sistema com a capacidade de armazenagem do

pátio, determinada em função do tipo de equipamento, dos critérios e parâmetros de segregação aplicados e também das estratégias de armazenagem e formação de pilhas utilizadas.

No desenvolvimento desta dissertação, além das conclusões objetivadas ao definir o problema a ser abordado, à medida que os resultados do modelo foram sendo obtidos, alguns novos aspectos foram surgindo, alguns confirmando a expectativa inicial e outros foram sendo alterados, oferecendo nova perspectiva sobre o assunto abordado. A seguir estão descritas e demonstradas as principais conclusões provenientes da pesquisa e dos resultados obtidos do modelo.

Quanto às dimensões físicas e especificações dos equipamentos, pode-se concluir que existe pouca diferença entre os equipamentos mais modernos encontrados no mercado e avaliados nesta dissertação. Apesar de permitir o empilhamento em seis alturas, uma a mais que a encontrada para empilhadeiras, a capacidade nominal do pátio de armazenagem para os equipamentos avaliados nesta dissertação não sofre relevante variação, se comparado à aplicação de estratégias de armazenagem e formação de pilhas.

No tocante à formação das pilhas, ao analisarmos a visualização do pátio do modelo, fica nítido que a forma de acessibilidade das empilhadeiras, somente pelas faces externas da pilha e não por sobre os lastros, associada à adoção de parâmetros de segregação, torna a ocupação total do pátio de armazenagem consideravelmente maior ao compararmos com os equipamentos de pórtico, cuja característica operacional permite a acessibilidade aos lastros internos da pilha; a esta característica está relacionado o fator de comprometimento das pilhas, este índice define o adensamento atingido no pátio de armazenagem de acordo com os contêineres a serem armazenados, os parâmetros de segregação adotados e o tipo de equipamento utilizado. O objetivo deste índice é auxiliar o planejador no dimensionamento da área para a armazenagem de uma determinada quantidade de contêineres, considerando os critérios de segregação. A tabela abaixo mostra os fatores obtidos do modelo.

Tabela 38 – Fator de comprometimento das pilhas obtido do modelo

	Empilhadeira	Pórtico
CENÁRIO 1	4,51	1,43
Parâmetros básicos de segregação		
CENÁRIO 2	2,56	1,17
Estratégias de armazenagem		

A tabela anterior revela uma importante conclusão desta dissertação, a viabilidade da escolha do sistema de empilhadeiras está fortemente relacionada com as estratégias de armazenagem adotadas no planejamento. Quanto menor for a segregação adotada no pátio, maior será a viabilidade da adoção da “*reach stacker*” como sistema de movimentação de retaguarda, analisando sob um enfoque diferente, podemos concluir que a viabilidade do sistema de empilhadeira depende de estratégias que reduzam o número de grupos de segregação e aumente a mistura de contêineres de diferentes características nas pilhas.

Já para os equipamentos de pórtico analisados, a aplicação de estratégias de armazenagem não representam vantagem relevante para a demanda avaliada, visto que a capacidade natural de adensamento das pilhas é consideravelmente satisfatória, formando pilhas com uma eficiente ocupação de espaço, mesmo seguindo os parâmetros básicos de segregação.

Outro aspecto que deve ser ressaltado no tocante à aplicação de estratégias de armazenagem é a quantidade de remoções geradas para posterior acerto da carga no pátio, conforme detalhado no capítulo cinco, as estratégias apresentadas nesta dissertação admitem a armazenagem agrupada de contêineres de características distintas para navios cuja data de operação está ainda distante (navios futuros), assim que o espaço é desocupado decorrente do embarque do navio atual, devem ser programadas remoções para distribuir estes contêineres de acordo com os parâmetros de segregação desejados, esta prática certamente irá aumentar a quantidade de movimentos e a carga de trabalho dos equipamentos de retaguarda e demandará uma

maior ociosidade do sistema de modo a permitir tempo e recursos livres para a arrumação do pátio.

O elevado comprometimento das pilhas encontrado no sistema “*reach stacker*” faz com que esta solução apresente a maior ocupação total do pátio para atender a demanda, no exemplo aplicado no modelo, pode-se notar que o pátio já está totalmente comprometido com os grupos de segregação existentes, caso surjam contêineres de novos grupos não haverá alternativa a não ser a mistura de contêineres na pilha, já para os pórticos verifica-se que, para a mesma demanda, ainda restam cerca de setenta e cinco por cento de espaços livres e não comprometidos. A comparação entre a ocupação física do pátio e a ocupação total, considerando o comprometimento das pilhas pode ser visualizada nas figuras a seguir. Dos gráficos pode-se concluir que a aplicação das estratégias de armazenagem tem maior influência nos resultados obtidos para as empilhadeiras, para os equipamentos de pórtico, a vantagem decorrente da aplicação de estratégias de armazenagem em relação à ocupação do pátio não é relevante, visto que este sistema de movimentação já oferece bom índice de adensamento, mesmo considerando o uso dos parâmetros de segregação.

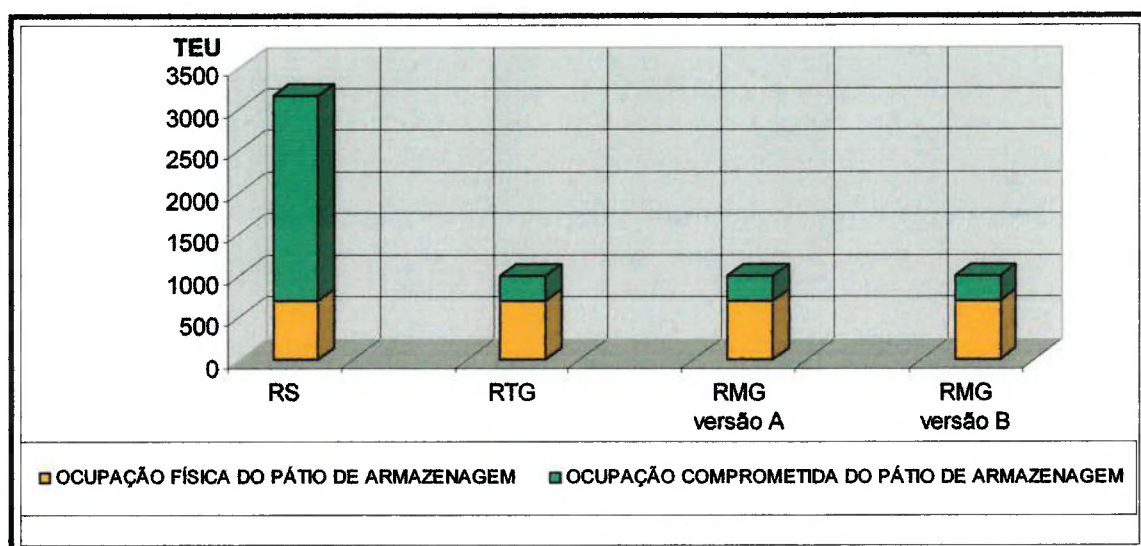


Figura 44 – Gráfico comparativo da ocupação do pátio – Cenário 1
Parâmetros Básicos de Segregação

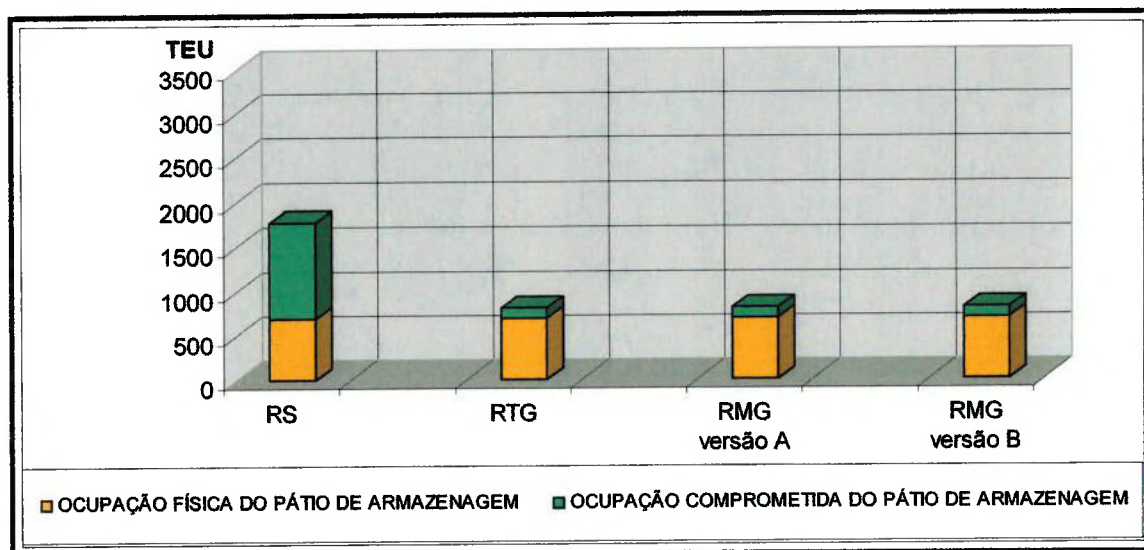


Figura 45 – Gráfico comparativo da ocupação do pátio – Cenário 2
Estratégias de Armazenagem

A relação entre a capacidade nominal do pátio e o seu desempenho (“produtividade”) calculado pelo modelo, também representa importante item a ser discutido. A capacidade nominal de armazenagem, sugerida pelo fabricante, induz o planejador a considerar apenas os aspectos físicos do pátio, notadamente altura de empilhamento e dimensões das quadras; já o cálculo do desempenho proposto nesta dissertação considera também a influência da demanda e dos parâmetros de segregação aplicados no planejamento da armazenagem, as figuras a seguir mostram a perda de capacidade ocorrida nos sistemas ao serem aplicados os critérios de segregação e também a recuperação obtida quando são adotadas as estratégias de armazenagem.

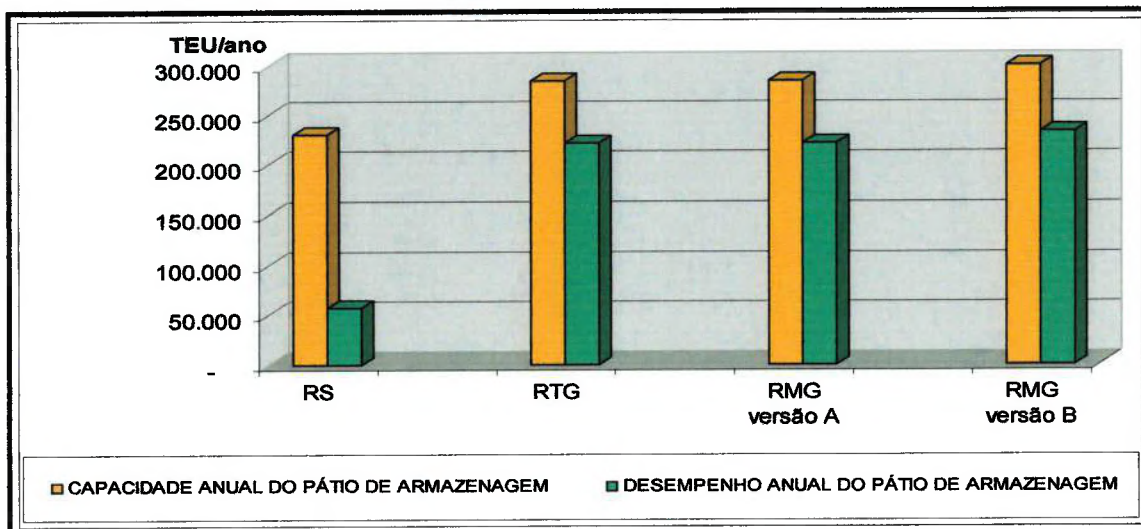


Figura 45 – Gráfico comparativo capacidade nominal x desempenho anual
Cenário 1 – Parâmetros Básicos de Segregação

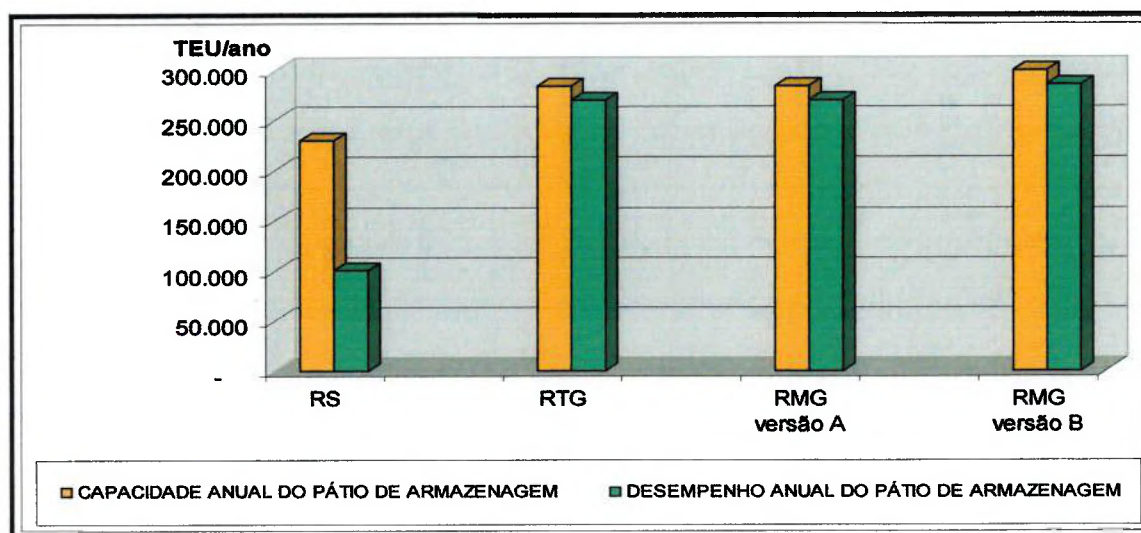


Figura 46 – Gráfico comparativo capacidade nominal x desempenho anual
Cenário 2 – Estratégias de Armazenagem

Importante ressaltar que para os equipamentos de pórtico, com a adoção das estratégias de armazenagem, considerando ndice de adensamento obtido para a demanda analisada, o desempenho do pátio atingido é muito próximo à capacidade nominal sugerida, demonstrando uma relevante otimização do espaço ocupado; já para as empilhadeiras, apesar de obter uma melhora no ndice de desempenho, o resultado ainda encontra-se bastante abaixo do sugerido como capacidade nominal.

Para os dois casos acima descritos, tanto para a capacidade anual nominal como para o desempenho, o tempo de permanência médio dos contêineres no terminal ("*dwell time*")  considerado na formulação matemática, durante o trabalho de pesquisa entre os terminais do Porto de Santos, foi observado que há muita variação neste componente, decorrente de acordos comerciais estabelecidos sobre o tempo livre de cobrança de armazenagem, em alguns casos incentivando o envio antecipado dos contêineres ao terminal, para a ocupação esta prática pode ter significativo impacto, representando perda no desempenho do pátio de armazenagem. Com elevados índices de ocupação de pátio, recomenda-se rever estes acordos comerciais e buscar restringir o tempo de permanência dos contêineres no terminal.

Ainda relacionado com o tempo de permanência dos contêineres, vale ressaltar também a significativa parcela observada de contêineres que são cancelados de seus navios originais previsto para embarque em decorrência de excesso de carga, o chamado "*overbooking*", esta carga acaba por permanecer nos terminais aproximadamente o dobro do tempo do previsto inicialmente, causando também redução no desempenho do pátio de armazenagem. As operações de transbordo, contêineres descarregados de um determinado navio com embarque previsto para outro, também pode representar importante fator de influência sobre a capacidade do pátio de armazenagem, visto que estas unidades não são entregues ao seu destino, permanecem no terminal até que o navio de escala do seu porto de destino seja operado.

Os ndices de desempenho do pátio, encontrados pelo modelo, podem ser comparados com a referência mundial encontrada e apresentada na tabela a seguir.

Pode ser notado que o desempenho obtido no modelo se iguala aos maiores desempenhos encontrados dentre os principais terminais de contêineres que utilizam equipamentos de pórtico (RTG ou RMG) em pelo menos uma parte de suas operações.

Tabela 39 – Comparação regional do desempenho médio do pátio de armazenagem utilizando RTG/RMG, 2001 (TEU/ha/ano).

Região	Terminal	Pela Demanda	Pela Capacidade
América do Norte		12.141	23.492
	Barbours Cut	12.141	23.492
Oeste Europeu		14.473	21.499
	Algeciras (Maersk)	40.145	57.058
Extremo Oriente		23.454	26.187
	Hong Kong (MTL)	39.215	42.751
Sudeste Asiático		22.592	37.924
	Bangkok (berços 7 e 10)	14.641	60.649
Oriente Médio		20.262	30.210
	Khor Fakkan	35.833	42.400
América do Sul		11.465	17.958
	Terminal 37 - Santos	28.710	36.290

Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd

Importante lembrar que no modelo desenvolvido existe uma simplificação no tocante à segregação de cargas especiais (carga perigosa, frigorificada, etc.) que obviamente não existe na realidade. Do modelo, o desempenho do pátio de armazenagem encontrado para cada tipo de equipamento está demonstrado na tabela abaixo.

Tabela 40 – Desempenho anual do pátio de armazenagem obtido do modelo

	RS	RTG	RMG versão A	RMG versão B
CENÁRIO 1 (TEU/ha/ano)	11.323	44.201	44.201	46.657
CENÁRIO 2 (TEU/ha/ano)	19.982	53.951	53.951	56.949

Outro aspecto importante de ser ressaltado na conclusão está na relativa equiparação de desempenho operacional entre os equipamentos de retaguarda no tocante à movimentação. Para o dimensionamento dos equipamentos necessários, pode-se notar que não existe diferença relevante nas taxas de movimentação e produção atingidas por cada tipo de equipamento, ficando muito próximos em relação às velocidades de translação e elevação. Esta condição aumenta ainda mais a importância das características operacionais que influenciam a formação das pilhas e ocupação do espaço no pátio de armazenagem.

Da análise do modelo de custos pode ser concluído que inicialmente um menor custo total pode ser atribuído ao sistema de empilhadeiras (“*Reach Stacker*”), lembrando que, de acordo com o dimensionamento dos equipamentos, para atendimento da demanda a ser movimentada, em função da capacidade de armazenagem do pátio, este sistema precisa de um conjunto a menos que o sistema de pórtico, resultando em uma redução considerável do custo na análise final.

Elevado custo de operação decorrente das condições de mão de obra impostas pelos sindicatos e praticadas especialmente no Porto de Santos podendo viabilizar a tendência de pesquisa em novas tecnologias para sistemas automatizados de armazenagem e movimentação.

Ao associarmos na análise de custos os parâmetros operacionais de capacidade e desempenho do pátio de armazenagem com os custos anuais de cada

sistema, pode ser concluído que as restrições impostas pela forma de acessibilidade das empilhadeiras, quando aplicados os parâmetros de segregação alteram consideravelmente a análise e as conclusões, apresentando melhor viabilidade na solução dos pórticos sobre pneus (RTG), que pode ser confirmado ao avaliar os custos por TEU movimentado; se analisada pela capacidade, que considera apenas as características de formação de pilhas sem considerar os critérios de segregação as opções ficam bastante próximas, ainda apresentando uma pequena vantagem para as empilhadeiras, ao analisar as alternativas utilizando o desempenho de armazenagem, que leva em consideração a segregação, a demanda e o comprometimento das pilhas, a análise tende a confirmar o melhor resultado dos pórticos sobre pneus.

Com a aplicação de estratégias de armazenagem, os índices de custos demonstram que a viabilidade dos sistemas que utilizam empilhadeira pode ser alcançada, resultando em considerável redução do custo encontrado no cenário anterior, refletindo a efetividade da aplicação de estratégias de combinação para grupos de segregação destinados aos navios futuros neste tipo de equipamento; ainda assim, os custos associados ao desempenho dos equipamentos de pórtico apresentam melhores índices, principalmente em relação aos pórticos sobre pneus demonstrando ser a melhor alternativa.

Apesar de bastante ampla e abrangente o trabalho de pesquisa desenvolvido nesta dissertação, ainda restaram passos a serem vencidos novas trilhas a serem seguidas dando continuidade à pesquisa neste tema visando complementar este trabalho. Inicialmente, é fundamental a aplicação do modelo para outras demandas, de características diferentes, permitindo formar uma base de dados mais ampla de análise dos resultados obtidos e adequação dos diferentes tipos de equipamentos de retaguarda às demandas com grupos de segregação diferentes dos admitidos nesta dissertação.

Para a seqüência das pesquisas na linha adotada nesta dissertação, recomenda-se a avaliação de sistemas plenamente automatizados de movimentação de retaguarda, cuja tendência já se mostra firmada em diversos trabalhos científicos e cuja viabilidade técnica e econômica começa a ser atingida em alguns terminais.

Avaliar o impacto desta redução do custo de mão de obra, observando eventual vantagem comparativa com o maior custo de aquisição e implementação dos pórticos sobre trilhos.

Recomenda-se também, dar seqüência no modelo desenvolvido neste trabalho, buscando encontrar além de um modelo para análise de cenários, uma solução ótima que minimize o espaço ocupado no pátio em função dos parâmetros de segregação e estratégias de armazenagem adotadas, bem como do tipo de equipamento de retaguarda analisado.

Outro aspecto importante que não foi incluído no escopo deste trabalho e que pode ser adotado como seqüência de pesquisa relevante para a área é a integração da ocupação do pátio e adensamento das pilhas com o número de remoções geradas para posterior acerto da carga dos navios. Apesar de citado e exemplificado nesta dissertação, esta condição não é inserida no modelo desta dissertação.

Analogamente ao aspecto anterior, outra abordagem para o problema de ocupação de espaço em terminais de contêineres de grande relevância para a área seria estabelecer a melhor maneira de formar as pilhas e distribuir a demanda no pátio de armazenagem tendo como objetivos, distribuir a carga de trabalho entre os equipamentos de retaguarda e maximizar o abastecimento de contêineres ao carregamento do navio.

Por último, aprimorar o dimensionamento dos equipamentos desenvolvendo e aplicando modelo de simulação para validar os valores adotados para a análise de custos, bem como analisar o impacto operacional nos subsistemas, conforme descrito no capítulo anterior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDERTON, P.M. (1999) **Port Management and Operations**, Lloyd's Practical Shipping Guides - LLP Hong Kong

ATKINS, W.H. (1983) **Modern Marine Terminal – Operations and Management**, The Maritime Division of the Port of Oakland, Oakland, California.

BALLOU, R. H. (2001) **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial – 4ª Edição – Bookman**, 2001.

BONTEMPI, G., GAMBARDELLA, L.M., RIZZOLI, A.E. (1997) **Simulation and Optimization for Management of Intermodal Terminals**, trabalho apresentado na ESM'97, Istambul, Junho 1-4.

BOTTER, R.C. (1985) **Planejamento Portuário: Modelo para Análise Operacional do Sistema Porto Associado a Níveis de Serviço**, Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Naval. EPUSP.

BRUZZONE, A.G., GIRIBONE, P., REVETRIA, R. (1999) **Operative Requirements and Advances for the New Generation Simulators in Multimodal Container Terminals**, Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference.

CHEN, T. (1998) **Land Utilization in the container terminal: a global perspective**, Maritime Policy & Management vol.25 (4), 289-303.

CHEN, T. (1999) **Yard Operations in the container terminal – a study in the 'unproductive moves'**, Maritime Policy & Management. vol. 26 (1), 27-38.

CHEN, T. (2000) **Empirical studies on yard operations Part 2: Quantifying unproductive moves undertaken in quay transfer operations**, Maritime Policy & Management. vol. 27 (2), 191-207.

CHURCHMAN, C.W. (1971) **Introdução à Teoria dos Sistemas**, Editora Vozes Ltda. – Petrópolis, RJ – Brasil.

CONTAINERIZATION INTERNATIONAL (2004) – CI online – www.ci-online.co.uk

DALLY, H.K. et al. (1983) **Container Handling and Transport**, CS Publications Ltd, England.

De CASTILHO, B. , DAGANZO, C.F. (1993), **Handling strategies for import containers at marine terminals**, Transportation Research B27 (2), 151-166.

DREWRY SHIPPING CONSULTANTS Ltd. (2004) – www.drewry.co.uk

FERNANDES, M.G. (2001) **Modelo econômico-operacional para análise e dimensionamento de terminais de contêineres e veículos**, Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Naval. EPUSP.

GAMBARDELLA, L. M., RIZZOLI, A. E., ZAFFALON, M. (1998) **Simulation and Planning of an Intermodal Container Terminal** , Special Issue SIMULATION on Harbour and Maritime Simulation.

GUALDA, N. D. F. (1995) **Terminais de Transportes: Contribuição ao Planejamento e ao Dimensionamento Operacional** – Tese apresentada à EPUSP para concurso de livre docência junto ao Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 1995.

HOLGUIN-VERAS, J., JARA-DIAZ, S. (1999), **Optimal pricing for priority service and space allocation in container ports**, Transportation Research B33, 81-106.

KIA, M., SHAYAN, E., GHOTB, F. (2002) **Investigation of Port Capacity under a new Approach by Computer Simulation**, Computers & Industrial Engineering 42, 533-540.

KIM, K.H. , KIM, H.B. (1999), **Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals**, International Journal of Production Economics 59, 415-423.

KIM, K.H. , BAE, J.W. (1998), **Re-marshaling export containers in port container terminals**, Computers & Industrial Engineering 35(3-4), 655-658.

KIM, K.H. , KIM, H.B. (1998), **The optimal determination of the space requirement and the number of transfer cranes for import containers**, Computers & Industrial Engineering 35(3-4), 427-430.

KIM, K.H. (1997), **Evaluation of the number of rehandles in containers yards**, Computers & Industrial Engineering 32(4), 701-711.

KIM, K.H. , PARK, Y.M. , RYU, K.R. (2000) , **Deriving decision rules to locate export containers in container yards**, European Journal of Operational Research 124, 89-101.

KIM, K.H. , KIM, H.B. (2002), **The optimal sizing of the storage space and handling facilities for import containers**, Transportation Research B36, 821-835

KIM, K.H. , PARK, K.T. (2002) , **A note on a dynamic space-allocation method for outbound containers**, European Journal of Operational Research in press.

MEERSMANS, P.J.M., DEKKER, R. (2001) **Operations Research supports container handling**, Econometric Institute Report EI 2001 – 22, Erasmus University Rotterdam.

MEERSMANS, P.J.M. (2002) **Optimization of Container Handling Systems**, Dissertação de doutorado, Erasmus University – Rotterdam, Abril de 2002.

MERKURYEVA, G. , MERKURYEV, Y. E TOLUJEV, J. (2000) **Computer Simulation and Metamodelling Of Logistics Processes At a Container Terminal**, Riga Technical University – Riga, Latvia.
(http://www.ici.ro/ici/revista/sic2000_1/art06.html)

STEENKEN, D. , WINTER, T. e ZIMMERMANN, T.U. (2000) **Stowage and Transport Optmization in Ship Planning**, www.citeseer.com

TALEB-IBRAHIMI, M., De CASTILHO, B. , DAGANZO, C.F. (1993), **Storage space vs. handling work in container terminals**, Transportation Research B 27, 13-32.

THOMAS, B.J. , e ROACH, K. (1988) **Operating and Maintenance features of container handling systems**, United Nations Conference on Trade and Development UNCTAD.

TONDO, C. M. (1984) **Simulação e análise operacional do terminal de contêineres do Porto de Santos**. Dissertação apresentada à EPUSP para obtenção do título em mestre em Engenharia, São Paulo.

TURNER, S.H. (2000) **Evaluating seaport policy alternatives: a simulation study of terminal leasing policy and system performance**, Maritime Policy & Management vol.27(3), 283-301.

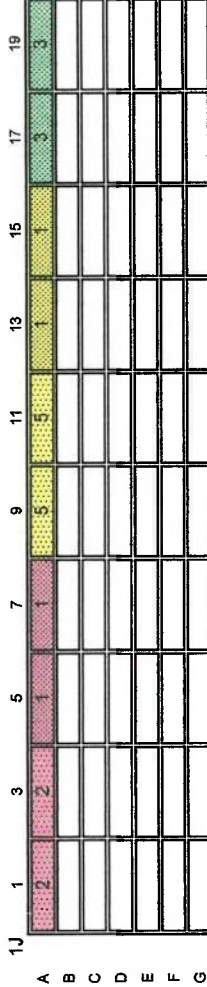
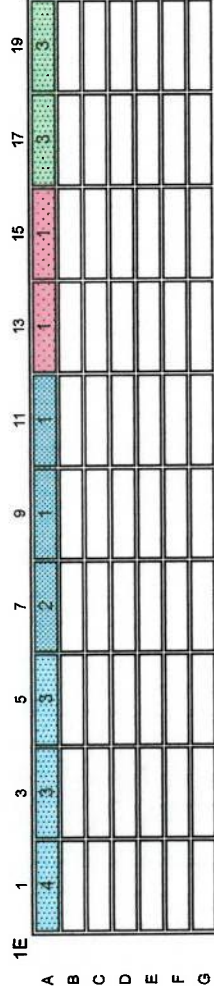
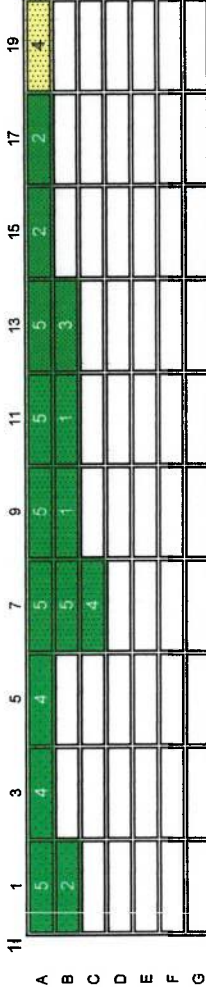
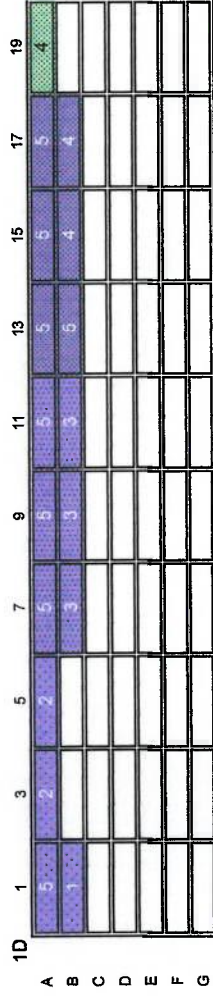
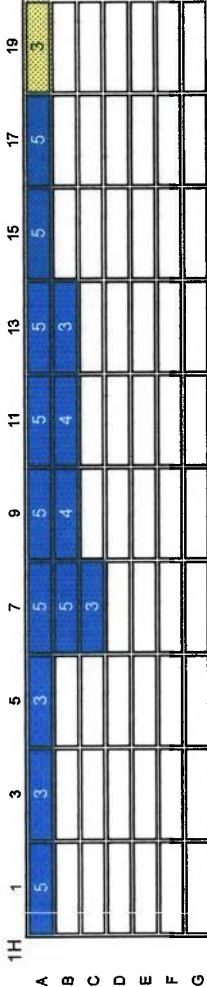
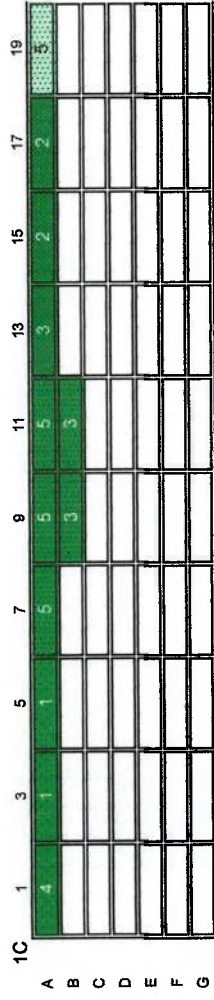
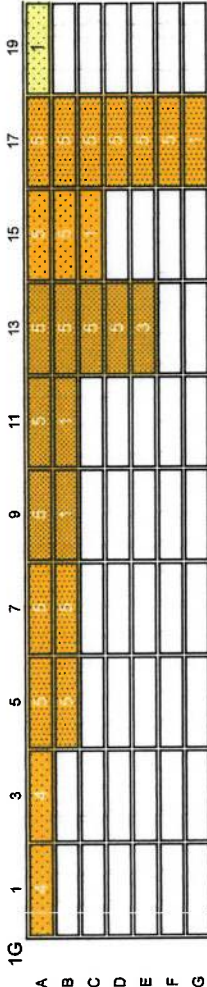
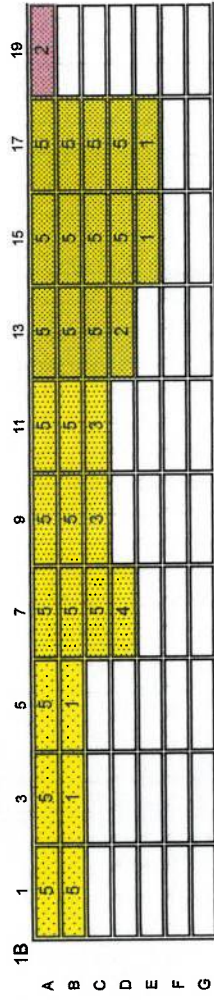
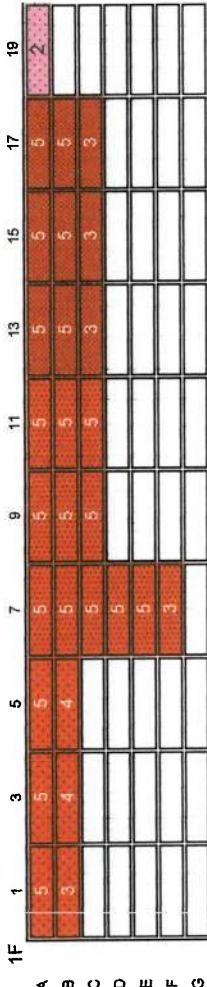
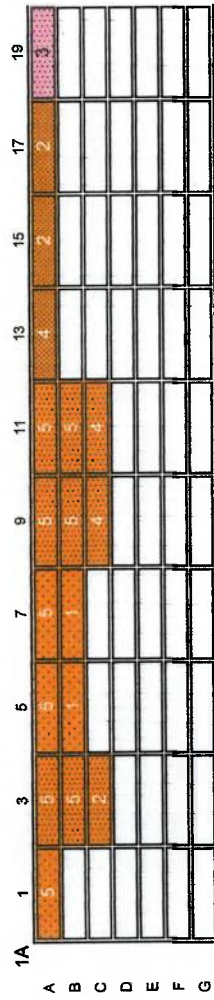
VEE, V., YE, R., SHAH, S.N. (1999) **Meeting Challenges of Container Port Operations for the Next Millennium**, CAIS-TR-99-25 Centre for Advanced Information Systems, School of Applied Science, Nanyang Technological University.

VIS, F.A.I. , de KOSTER, R. (2003) **Transshipment of containers at a container terminal: An overview**, European Journal of Operational Research 147, 1-16

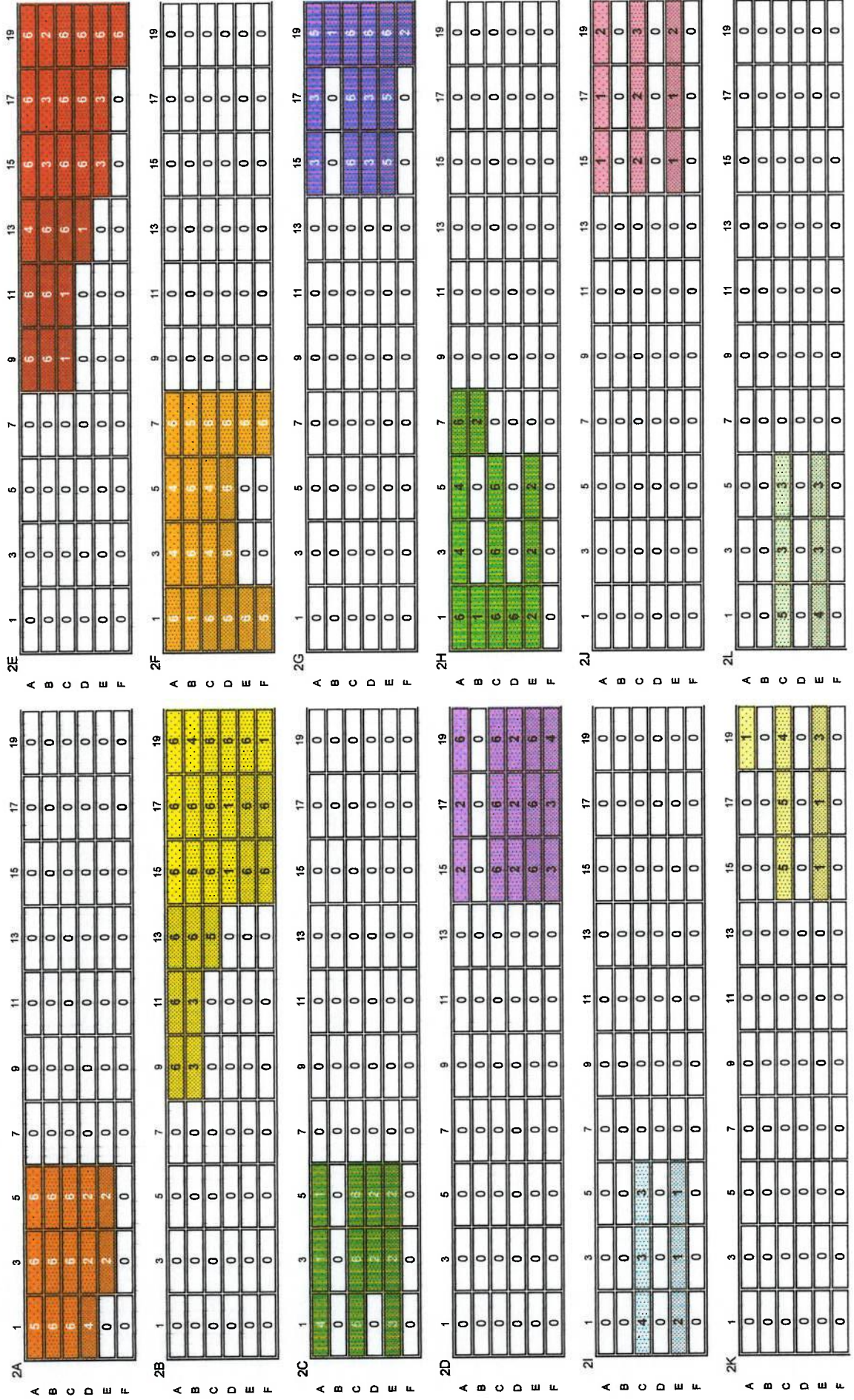
WORLD BANK PORT REFORM TOOL KIT (2002) **The Evolution of ports in a Competitive World – Module 2.**

**APÊNDICE A – VISUALIZAÇÃO DO PÁTIO E POSIÇÕES OCUPADAS
RESULTADO DA APLICAÇÃO DO MODELO**

CENÁRIO 1.1 – “REACH STACKER” – VISUALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM



CENÁRIO 1.2 – “RTG” - VISUALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM



CENÁRIO 1.3 – “RMG” versão A - VISUALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3A	5	6	6	6	0	0	0	0	0	0
A	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
B	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
C	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
D	4	2	2	2	0	0	3	3	0	4
E	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3B	1	0	0	0	0	0	0	6	5	6
A	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5
B	0	0	0	0	0	0	0	6	5	5
C	0	0	0	0	0	0	0	4	4	5
D	4	0	5	5	0	0	0	6	1	1
E	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6
F	0	0	0	0	0	0	0	1	6	6
G	3	0	1	1	0	0	0	6	5	6
H	0	0	0	0	0	0	0	6	3	3
I	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3C	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	5	0	6	6	0	0	0	0	0	0
E	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3D	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6
E	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6
H	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CENÁRIO 1.4 – “RMG” versão B - VISUALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

4D	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	6	2	2	0	0	0	0	3	3	2
B	6	2	2	0	0	0	0	6	6	6
C	2	8	3	0	0	0	0	9	6	6
D	6	3	3	0	0	0	0	6	6	6
E	4	6	6	0	0	0	0	3	3	6
F	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6
G	0	0	0	0	0	0	0	6	6	4
H	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4A	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	5	5	0	0	0	0	3	3	4
B	6	6	6	0	0	0	0	1	1	2
C	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0
D	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0
E	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4E	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	2	3	3	0	0	0	0	1	4	5
B	3	3	3	0	0	0	0	3	3	3
C	2	1	1	0	0	0	0	5	6	5
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4B	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	4	6	6	0	0	0	0	4	4	1
B	6	6	6	0	0	0	0	6	6	6
C	6	6	6	0	0	0	0	2	2	6
D	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
E	6	6	6	0	0	0	0	0	0	2
F	1	5	6	0	0	0	0	0	0	6
G	6	6	6	0	0	0	0	0	0	2
H	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0
I	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4F	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	3	3	0	0	0	0	3	3	5
B	4	3	3	0	0	0	0	3	3	6
C	0	0	0	0	0	0	0	5	6	6
D	0	0	0	0	0	0	0	5	5	1
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4C	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	4	1	1	0	0	0	0	3	5	1
B	5	2	2	0	0	0	0	1	1	4
C	3	6	6	0	0	0	0	0	0	3
D	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CENÁRIO 2.1 – “REACH STACKER” - VISUALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

1A

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1F

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
B	3	4	4	5	5	5	5	5	5	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1B

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
B	5	1	1	3	3	3	3	3	3	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1G

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1C

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
B	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
C	2	0	0	0	1	1	1	1	1	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1H

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
B	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
C	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
D	5	0	0	0	2	2	2	2	2	0
E	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1D

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
B	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
C	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
D	5	0	0	0	4	4	4	4	4	0
E	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1I

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
B	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0
C	5	0	0	0	2	2	2	2	2	0
D	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

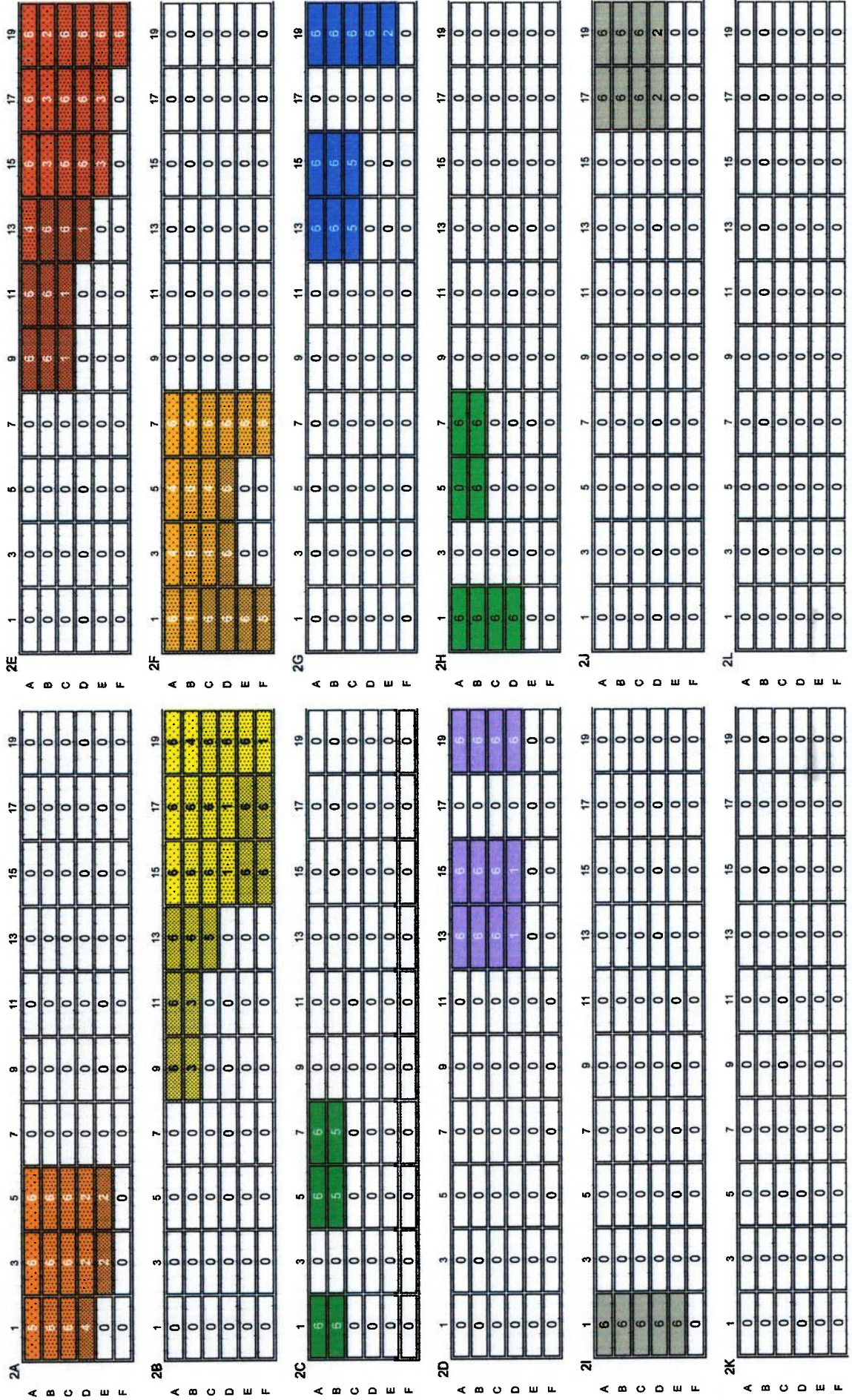
1E

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5
B	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5
C	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5
D	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5
E	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1J

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CENÁRIO 2.2 – “RTG” - VISUALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM



CENÁRIO 2.3 – “RMG” versão A - VISUALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3A	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0
A	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0
B	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0
C	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0
D	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0
E	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3C	6	0	0	6	6	0	0	0	0	0
A	6	0	0	6	6	0	0	0	0	0
B	6	0	0	5	5	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3D	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CENÁRIO 2.4 -- "RMG" versão B - VISUALIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3A	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
A	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
B	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
C	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
D	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3D	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
A	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
B	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
C	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
D	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3B	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0
A	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0
B	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
C	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
D	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
E	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
F	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
G	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
H	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0
I	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3C	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
A	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
B	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3F	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
A	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
B	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
C	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
D	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

APÊNDICE B – CÁLCULOS DOS ÍNDICES E TAXAS OBTIDOS DO MODELO

CENÁRIO 1.1 – “REACH STACKER”

CÁLCULOS DE CAPACIDADE E OCUPAÇÃO

CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T)$$

$$C = 229.950 \text{ TEU/ano}$$

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1;

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

E =	700	TEU
H =	5	alturas
W =	0,9	
K =	365	dias
T =	5	dias

CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$CNM = E \times H$$

$$CNM = 3.500 \text{ TEU}$$

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

E =	700	TEU
H =	5	alturas

CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$COP = CNM - \sum S_d$$

$$COP = 3.150 \text{ TEU}$$

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

S_d = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

CNM =	3.500	TEU
S _d =	350	TEU

OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCF = \sum S_o$$

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

S_o = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

S _o =	698	TEU
------------------	-----	-----

DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DOP = \sum S_l$$

$$DOP = 0 \text{ TEU}$$

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

S_l = Número de posições plenamente livres, em TEU.

S _l =	0	TEU
------------------	---	-----

OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCP = COP - OCF - DOP$$

$$OCP = 2452 \text{ TEU}$$

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

COP =	3.150	
OCF =	698	
DOP =	-	

OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OTL = OCF + OCP$$

$$OTL = 3150 \text{ TEU}$$

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio de armazenagem, em TEU;

OCF =	698	
OCP =	2.452	

CÁLCULOS DE TAXAS DE OCUPAÇÃO E FATOR DE COMPROMETIMENTO

TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_n = (\text{OCF} / \text{CNM}) \times 100 \qquad \delta_n = \qquad 20 \%$$

Onde:

δ_n = Taxa de ocupação nominal do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU.

OCF = 698 TEU

CNM = 3500 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_o = (\text{OCF} / \text{COP}) \times 100 \qquad \delta_o = \qquad 22 \%$$

Onde:

δ_o = Taxa de ocupação operacional do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

OCF = 698 TEU

COP = 3150 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_t = [(\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{COP}] \times 100 \qquad \delta_t = \qquad 100 \%$$

Onde:

δ_t = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

OCF = 698 TEU

OCP = 2452 TEU

COP = 3150 TEU

FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\rho = (\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{OCF} \qquad \rho = \qquad 4,51$$

Onde:

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU.

OCF = 698 TEU

OCP = 2452 TEU

CÁLCULOS DE ÍNDICES DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA E DESEMPENHO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (Cp \times Lp) \qquad ATL = \mathbf{50.000 \text{ m}^2}$$

5,0 hectares

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 ;

Cp = Comprimento do pátio de armazenagem, m^2 ;

$$Cp = 200$$

Lp = Largura do pátio de armazenagem, em m^2 ;

$$Lp = 250$$

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Qp \qquad APC = \mathbf{12.524 \text{ m}^2}$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m^2 ;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

$$p = 700$$

Qp = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m^2 .

$$Qp = 18 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL \qquad \varphi_c = \mathbf{0,070 \text{ TEU/m}^2}$$

$\mathbf{700,0 \text{ TEU/ha.}}$

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

$$CNM = 3500 \text{ TEU}$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t) \qquad \varphi_d = \mathbf{0,014 \text{ TEU/m}^2}$$

$\mathbf{139,6 \text{ TEU/ha.}}$

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

$$\delta t = 100\%$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \qquad \mathbf{11.323 \text{ TEU/ha/ano}}$$

Onde:

DPA = Desempenho anual do pátio de armazenagem, em TEU/ha/ano

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

$$\varphi_c = 700 \text{ TEU/ha.}$$

K = Número total de dias de operação no período;

$$K = 365 \text{ dias}$$

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

$$\rho = 4,51$$

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

$$T = 5 \text{ dias}$$

CENÁRIO 1.2 – “RTG”

CÁLCULOS DE CAPACIDADE E OCUPAÇÃO

CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T) \qquad C = 283.824 \text{ TEU/ano}$$

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1;

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

E =	720	TEU
H =	6	alturas
W =	0,9	
K =	365	dias
T =	5	dias

CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$CNM = E \times H \qquad CNM = 4.320 \text{ TEU}$$

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

E =	720	TEU
H =	6	alturas

CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$COP = CNM - \sum Sd \qquad COP = 3.888 \text{ TEU}$$

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

Sd = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

CNM =	4.320	TEU
Sd =	432	TEU

OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCF = \sum So \qquad OCF = 698 \text{ TEU}$$

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

So = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

So =	698	TEU
------	-----	-----

DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DOP = \sum Si \qquad DOP = 2892 \text{ TEU}$$

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

Si = Número de posições plenamente livres, em TEU.

Si =	2892	TEU
------	------	-----

OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCP = COP - OCF - DOP \qquad OCP = 298 \text{ TEU}$$

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

COP =	3.888
OCF =	698
DOP =	2.892

OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OTL = OCF + OCP \qquad OTL = 996 \text{ TEU}$$

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio de armazenagem, em TEU;

OCF =	698
OCP =	298

CÁLCULOS DE TAXAS DE OCUPAÇÃO E FATOR DE COMPROMETIMENTO

TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta n = (OCF / CNM) \times 100$$

$$\delta n = 16 \%$$

Onde:

δn = Taxa de ocupação nominal do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU.

$$CNM = 4320 \text{ TEU}$$

TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta o = (OCF / COP) \times 100$$

$$\delta o = 18 \%$$

Onde:

δo = Taxa de ocupação operacional do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

$$COP = 3888 \text{ TEU}$$

TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta t = [(OCF + OCP) / COP] \times 100$$

$$\delta t = 26 \%$$

Onde:

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

$$OCP = 298 \text{ TEU}$$

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

$$COP = 3888 \text{ TEU}$$

FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\rho = (OCF + OCP) / OCF$$

$$\rho = 1,43$$

Onde:

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU.

$$OCP = 298 \text{ TEU}$$

CÁLCULOS DE ÍNDICES DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA E DESEMPENHO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (C_p \times L_p) \qquad ATL = \begin{matrix} 50.000 & m^2 \\ 5,0 & \text{hectares} \end{matrix}$$

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 ;

C_p = Comprimento do pátio de armazenagem, em m^2 ;

$$C_p = 200$$

L_p = Largura do pátio de armazenagem, em m^2 ;

$$L_p = 250$$

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Q_p \qquad APC = 2.970 \text{ m}^2$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m^2 ;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

$$p = 166$$

Q_p = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m^2 .

$$Q_p = 18 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL \qquad \varphi_c = \begin{matrix} 0,086 & TEU/m^2 \\ 864,0 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

$$CNM = 4320 \text{ TEU}$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t) \qquad \varphi_d = \begin{matrix} 0,054 & TEU/m^2 \\ 544,9 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

$$\delta t = 26\%$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \qquad 44.201 \text{ TEU/ha/ano}$$

Onde:

DPA = Desempenho anual do pátio de armazenagem, em $TEU/ha/ano$

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

$$\varphi_c = 864 \text{ TEU/ha.}$$

K = Número total de dias de operação no período;

$$K = 365 \text{ dias}$$

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

$$\rho = 1,43$$

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

$$T = 5 \text{ dias}$$

CENÁRIO 1.3 – “RMG” versão A
 CÁLCULOS DE CAPACIDADE E OCUPAÇÃO

CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T) \qquad C = 283.824 \text{ TEU/ano}$$

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1;

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

E =	720	TEU
H =	6	alturas
W =	0,9	
K =	365	dias
T =	5	dias

CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$CNM = E \times H \qquad CNM = 4.320 \text{ TEU}$$

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

E =	720	TEU
H =	6	alturas

CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$COP = CNM - \sum S_d \qquad COP = 3.888 \text{ TEU}$$

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

S_d = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

CNM =	4.320	TEU
S _d =	432	TEU

OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCF = \sum S_o \qquad OCF = 698 \text{ TEU}$$

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

S_o = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

S _o =	698	TEU
------------------	-----	-----

DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DOP = \sum S_l \qquad DOP = 2892 \text{ TEU}$$

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

S_l = Número de posições plenamente livres, em TEU.

S _l =	2892	TEU
------------------	------	-----

OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCP = COP - OCF - DOP \qquad OCP = 298 \text{ TEU}$$

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

COP =	3.888
OCF =	698
DOP =	2.892

OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OTL = OCF + OCP \qquad OTL = 996 \text{ TEU}$$

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio de armazenagem, em TEU;

OCF =	698
OCP =	298

CÁLCULOS DE TAXAS DE OCUPAÇÃO E FATOR DE COMPROMETIMENTO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (Cp \times Lp)$$

$$ATL = \begin{matrix} 50.000 & \text{m}^2 \\ 5,0 & \text{hectares} \end{matrix}$$

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m²;

Cp = Comprimento do pátio de armazenagem, m²;

$$Cp = 200$$

Lp = Largura do pátio de armazenagem, em m²;

$$Lp = 250$$

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Qp$$

$$APC = 2.970 \text{ m}^2$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m²;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

$$p = 166$$

Qp = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m².

$$Qp = 18 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL$$

$$\varphi_c = \begin{matrix} 0,086 & \text{TEU/m}^2 \\ 864,0 & \text{TEU/ha.} \end{matrix}$$

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

$$CNM = 4320 \text{ TEU}$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t)$$

$$\varphi_d = \begin{matrix} 0,054 & \text{TEU/m}^2 \\ 544,9 & \text{TEU/ha.} \end{matrix}$$

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

$$\delta t = 26\%$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

CÁLCULOS DE ÍNDICES DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA E DESEMPENHO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (Cp \times Lp) \qquad ATL = \begin{matrix} 50.000 & m^2 \\ 5,0 & \text{hectares} \end{matrix}$$

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 ;

Cp = Comprimento do pátio de armazenagem, em m^2 ;

$$Cp = 200$$

Lp = Largura do pátio de armazenagem, em m^2 ;

$$Lp = 250$$

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Qp \qquad APC = 2.970 \text{ m}^2$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m^2 ;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

$$p = 166$$

Qp = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m^2 .

$$Qp = 18 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL \qquad \varphi_c = \begin{matrix} 0,086 & TEU/m^2 \\ 864,0 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

$$CNM = 4320 \text{ TEU}$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t) \qquad \varphi_d = \begin{matrix} 0,054 & TEU/m^2 \\ 544,9 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

$$\delta t = 26\%$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \qquad 44.201 \text{ TEU/ha/ano}$$

Onde:

DPA = Desempenho anual do pátio de armazenagem, em $TEU/ha/ano$

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

$$\varphi_c = 864 \text{ TEU/ha.}$$

K = Número total de dias de operação no período;

$$K = 365 \text{ dias}$$

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

$$\rho = 1,43$$

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

$$T = 5 \text{ dias}$$

CENÁRIO 1.4 – “RMG” versão B
 CÁLCULOS DE CAPACIDADE E OCUPAÇÃO

CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T) \qquad C = 299.592 \text{ TEU/ano}$$

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1;

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

E =	760	TEU
H =	6	alturas
W =	0,9	
K =	365	dias
T =	5	dias

CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$CNM = E \times H \qquad CNM = 4.560 \text{ TEU}$$

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

E =	760	TEU
H =	6	alturas

CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$COP = CNM \cdot \sum Sd \qquad COP = 4.104 \text{ TEU}$$

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

Sd = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

CNM =	4.560	TEU
Sd =	456	TEU

OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCF = \sum So \qquad OCF = 698 \text{ TEU}$$

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

So = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

So =	698	TEU
------	-----	-----

DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DOP = \sum Si \qquad DOP = 3108 \text{ TEU}$$

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

Si = Número de posições plenamente livres, em TEU.

Si =	3108	TEU
------	------	-----

OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCP = COP - OCF - DOP \qquad OCP = 298 \text{ TEU}$$

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

COP =	4.104
OCF =	698
DOP =	3.108

OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OTL = OCF + OCP \qquad OTL = 996 \text{ TEU}$$

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio de armazenagem, em TEU;

OCF =	698
OCP =	298

CÁLCULOS DE TAXAS DE OCUPAÇÃO E FATOR DE COMPROMETIMENTO

TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_n = (\text{OCF} / \text{CNM}) \times 100 \qquad \delta_n = \qquad 15 \%$$

Onde:

δ_n = Taxa de ocupação nominal do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU.

CNM = 4560 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_o = (\text{OCF} / \text{COP}) \times 100 \qquad \delta_o = \qquad 17 \%$$

Onde:

δ_o = Taxa de ocupação operacional do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

COP = 4104 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_t = [(\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{COP}] \times 100 \qquad \delta_t = \qquad 24 \%$$

Onde:

δ_t = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

OCP = 298 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

COP = 4104 TEU

FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\rho = (\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{OCF} \qquad \rho = \qquad 1,43$$

Onde:

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU.

OCP = 298 TEU

CÁLCULOS DE ÍNDICES DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA E DESEMPENHO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (Cp \times Lp) \qquad ATL = \mathbf{50.000 \text{ m}^2}$$

5,0 hectares

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m²;

Cp = Comprimento do pátio de armazenagem, m²;

$$Cp = 200$$

Lp = Largura do pátio de armazenagem, em m²;

$$Lp = 250$$

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Qp \qquad APC = \mathbf{2.970 \text{ m}^2}$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m²;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

$$p = 166$$

Qp = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m².

$$Qp = 18 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL \qquad \varphi_c = \mathbf{0,091 \text{ TEU/m}^2}$$

912,0 TEU/ha.

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

$$CNM = 4560 \text{ TEU}$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t) \qquad \varphi_d = \mathbf{0,058 \text{ TEU/m}^2}$$

575,2 TEU/ha.

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

$$\delta t = 24\%$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \qquad \mathbf{46.657 \text{ TEU/ha/ano}}$$

Onde:

DPA = Desempenho anual do pátio de armazenagem, em TEU/ha/ano

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

$$\varphi_c = 912 \text{ TEU/ha.}$$

K = Número total de dias de operação no período;

$$K = 365 \text{ dias}$$

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

$$\rho = 1,43$$

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

$$T = 5 \text{ dias}$$

CENÁRIO 2.1 – “REACH STACKER”

CÁLCULOS DE CAPACIDADE E OCUPAÇÃO

CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T)$$

$$C = 229.950 \text{ TEU/ano}$$

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1;

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

E =	700	TEU
H =	5	alturas
W =	0,9	
K =	365	dias
T =	5	dias

CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$CNM = E \times H$$

$$CNM = 3.500 \text{ TEU}$$

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

E =	700	TEU
H =	5	alturas

CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$COP = CNM \cdot \sum Sd$$

$$COP = 3.150 \text{ TEU}$$

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

Sd = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

CNM =	3.500	TEU
Sd =	350	TEU

OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCF = \sum So$$

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

So = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

So =	698	TEU
------	-----	-----

DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DOP = \sum SI$$

$$DOP = 1365 \text{ TEU}$$

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

SI = Número de posições plenamente livres, em TEU.

SI =	1365	TEU
------	------	-----

OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCP = COP - OCF - DOP$$

$$OCP = 1087 \text{ TEU}$$

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

COP =	3.150
OCF =	698
DOP =	1.365

OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OTL = OCF + OCP$$

$$OTL = 1785 \text{ TEU}$$

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio de armazenagem, em TEU;

OCF =	698
OCP =	1.087

CÁLCULOS DE TAXAS DE OCUPAÇÃO E FATOR DE COMPROMETIMENTO

TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_n = (\text{OCF} / \text{CNM}) \times 100$$

$$\delta_n = 20 \%$$

Onde:

δ_n = Taxa de ocupação nominal do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU.

CNM = 3500 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_o = (\text{OCF} / \text{COP}) \times 100$$

$$\delta_o = 22 \%$$

Onde:

δ_o = Taxa de ocupação operacional do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

COP = 3150 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_t = [(\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{COP}] \times 100$$

$$\delta_t = 57 \%$$

Onde:

δ_t = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

OCP = 1087 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

COP = 3150 TEU

FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\rho = (\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{OCF}$$

$$\rho = 2,56$$

Onde:

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU.

OCP = 1087 TEU

CÁLCULOS DE ÍNDICES DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA E DESEMPENHO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (C_p \times L_p) \qquad ATL = \begin{matrix} 50.000 & m^2 \\ 5,0 & \text{hectares} \end{matrix}$$

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m²;

C_p = Comprimento do pátio de armazenagem, m²;

$$C_p = 200$$

L_p = Largura do pátio de armazenagem, em m²;

$$L_p = 250$$

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Q_p \qquad APC = 6.387 \text{ m}^2$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m²;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

$$p = 357$$

Q_p = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m².

$$Q_p = 18 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL \qquad \varphi_c = \begin{matrix} 0,070 & TEU/m^2 \\ 700,0 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

$$CNM = 3.500 \text{ TEU}$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t) \qquad \varphi_d = \begin{matrix} 0,025 & TEU/m^2 \\ 246,4 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

$$\delta t = 57\%$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \qquad 19.982 \text{ TEU/ha/ano}$$

Onde:

DPA = Desempenho anual do pátio de armazenagem, em TEU/ha/ano

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

$$\varphi_c = 700 \text{ TEU/ha.}$$

K = Número total de dias de operação no período;

$$K = 365 \text{ dias}$$

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

$$\rho = 2,56$$

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

$$T = 5 \text{ dias}$$

CENÁRIO 2.2 – “RTG”

CÁLCULOS DE CAPACIDADE E OCUPAÇÃO

CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T)$$

$$C = 283.824 \text{ TEU/ano}$$

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1;

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

E =	720	TEU
H =	6	alturas
W =	0,9	
K =	365	dias
T =	5	dias

CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$CNM = E \times H$$

$$CNM = 4.320 \text{ TEU}$$

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

E =	720	TEU
H =	6	alturas

CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$COP = CNM - \sum Sd$$

$$COP = 3.888 \text{ TEU}$$

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

Sd = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

CNM =	4.320	TEU
Sd =	432	TEU

OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCF = \sum S_o$$

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

S_o = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

S _o =	698	TEU
------------------	-----	-----

DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DOP = \sum S_I$$

$$DOP = 3072 \text{ TEU}$$

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

S_I = Número de posições plenamente livres, em TEU.

S _I =	3072	TEU
------------------	------	-----

OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCP = COP - OCF - DOP$$

$$OCP = 118 \text{ TEU}$$

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

COP =	3.888
OCF =	698
DOP =	3.072

OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OTL = OCF + OCP$$

$$OTL = 816 \text{ TEU}$$

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio de armazenagem, em TEU;

OCF =	698
OCP =	118

CÁLCULOS DE TAXAS DE OCUPAÇÃO E FATOR DE COMPROMETIMENTO

TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_n = (\text{OCF} / \text{CNM}) \times 100 \qquad \delta_n = \qquad 16 \%$$

Onde:

δ_n = Taxa de ocupação nominal do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU.

CNM = 4320 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_o = (\text{OCF} / \text{COP}) \times 100 \qquad \delta_o = \qquad 18 \%$$

Onde:

δ_o = Taxa de ocupação operacional do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

COP = 3888 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_t = [(\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{COP}] \times 100 \qquad \delta_t = \qquad 21 \%$$

Onde:

δ_t = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

OCP = 118 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

COP = 3888 TEU

FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\rho = (\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{OCF} \qquad \rho = \qquad 1,17$$

Onde:

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU.

OCP = 118 TEU

CÁLCULOS DE ÍNDICES DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA E DESEMPENHO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (Cp \times Lp) \qquad ATL = \begin{matrix} 50.000 & m^2 \\ 5,0 & \text{hectares} \end{matrix}$$

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 ;

Cp = Comprimento do pátio de armazenagem, em m ;

$$Cp = 200$$

Lp = Largura do pátio de armazenagem, em m ;

$$Lp = 250$$

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Qp \qquad APC = 2.433 \text{ m}^2$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m^2 ;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

$$p = 136$$

Qp = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m^2 .

$$Qp = 18 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL \qquad \varphi_c = \begin{matrix} 0,086 & TEU/m^2 \\ 864,0 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

$$CNM = 4320 \text{ TEU}$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t) \qquad \varphi_d = \begin{matrix} 0,067 & TEU/m^2 \\ 665,2 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

$$\delta t = 21\%$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \qquad 53.951 \text{ TEU/ha/ano}$$

Onde:

DPA = Desempenho anual do pátio de armazenagem, em $TEU/ha/ano$

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

$$\varphi_c = 864 \text{ TEU/ha.}$$

K = Número total de dias de operação no período;

$$K = 365 \text{ dias}$$

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

$$\rho = 1,17$$

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

$$T = 5 \text{ dias}$$

CENÁRIO 2.3 – “RMG” versão A

CÁLCULOS DE CAPACIDADE E OCUPAÇÃO

CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$C = (E \times H \times W \times K) / (T)$$

$$C = 283.824 \text{ TEU/ano}$$

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1;

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

E =	720	TEU
H =	6	alturas
W =	0,9	
K =	365	dias
T =	5	dias

CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$CNM = E \times H$$

$$CNM = 4.320 \text{ TEU}$$

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

E =	720	TEU
H =	6	alturas

CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$COP = CNM - \sum S_d$$

$$COP = 3.888 \text{ TEU}$$

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

S_d = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

CNM =	4.320	TEU
S _d =	432	TEU

OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCF = \sum S_o$$

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

S_o = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

S _o =	698	TEU
------------------	-----	-----

DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DOP = \sum S_i$$

$$DOP = 3072 \text{ TEU}$$

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

S_i = Número de posições plenamente livres, em TEU.

S _i =	3072	TEU
------------------	------	-----

OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OCP = COP - OCF - DOP$$

$$OCP = 118 \text{ TEU}$$

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

COP =	3.888
OCF =	698
DOP =	3.072

OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$OTL = OCF + OCP$$

$$OTL = 816 \text{ TEU}$$

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio de armazenagem, em TEU;

OCF =	698
OCP =	118

CÁLCULOS DE TAXAS DE OCUPAÇÃO E FATOR DE COMPROMETIMENTO

TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_n = (\text{OCF} / \text{CNM}) \times 100 \qquad \delta_n = \qquad 16 \%$$

Onde:

δ_n = Taxa de ocupação nominal do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU; OCF = 698 TEU

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU. CNM = 4320 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_o = (\text{OCF} / \text{COP}) \times 100 \qquad \delta_o = \qquad 18 \%$$

Onde:

δ_o = Taxa de ocupação operacional do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU; OCF = 698 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU. COP = 3888 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_t = [(\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{COP}] \times 100 \qquad \delta_t = \qquad 21 \%$$

Onde:

δ_t = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU; OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU; OCP = 118 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU. COP = 3888 TEU

FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\rho = (\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{OCF} \qquad \rho = \qquad 1,17$$

Onde:

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU; OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU. OCP = 118 TEU

CÁLCULOS DE ÍNDICES DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA E DESEMPENHO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (C_p \times L_p) \qquad ATL = \mathbf{50.000 \text{ m}^2}$$

5,0 hectares

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m²;

C_p = Comprimento do pátio de armazenagem, m²;

C_p = 200

L_p = Largura do pátio de armazenagem, em m²;

L_p = 250

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Q_p \qquad APC = \mathbf{2.433 \text{ m}^2}$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m²;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

p = 136

Q_p = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m².

Q_p = 18 m²

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL \qquad \varphi_c = \mathbf{0,086 \text{ TEU/m}^2}$$

864,0 TEU/ha.

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

CNM = 4320 TEU

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

ATL = 50000 m²

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t) \qquad \varphi_d = \mathbf{0,067 \text{ TEU/m}^2}$$

665,2 TEU/ha.

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

δt = 21%

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m².

ATL = 50000 m²

DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \qquad \mathbf{53.951 \text{ TEU/ha/ano}}$$

Onde:

DPA = Desempenho anual do pátio de armazenagem, em TEU/ha/ano

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m²;

φ_c = 864 TEU/ha.

K = Número total de dias de operação no período;

K = 365 dias

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

ρ = 1,17

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

T = 5 dias

CENÁRIO 2.4 – “RMG” versão B

CÁLCULOS DE CAPACIDADE E OCUPAÇÃO

CAPACIDADE ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$C = (E \times H \times W \times K) / (T)$ **C = 299.592 TEU/ano**

Onde:

C = Capacidade anual do pátio de armazenagem, em TEU/ano;

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura de empilhamento dos contêineres;

W = Espaços ocupáveis representado por um índice de proporção entre 0 e 1;

K = Número total de dias de operação no período;

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

E =	760	TEU			
H =	6	alturas			
W =	0,9				
K =	365	dias			
T =	5	dias			

CAPACIDADE NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$CNM = E \times H$ **CNM = 4.560 TEU**

Onde:

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU

E = Número de espaços no piso, em TEU;

H = Altura máxima de empilhamento.

E =	760	TEU			
H =	6	alturas			

CAPACIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$COP = CNM - \sum Sd$ **COP = 4.104 TEU**

Onde:

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

Sd = Número de posições desabilitadas para armazenagem, em TEU.

CNM =	4.560	TEU			
Sd =	456	TEU			

OCUPAÇÃO FÍSICA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$OCF = \sum So$ **OCF = 698 TEU**

Onde:

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

So = Número de posições ocupadas por contêineres, em TEU.

So =	698	TEU			
------	-----	-----	--	--	--

DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$DOP = \sum SI$ **DOP = 3288 TEU**

Onde:

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

SI = Número de posições plenamente livres, em TEU.

SI =	3288	TEU			
------	------	-----	--	--	--

OCUPAÇÃO COMPROMETIDA DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$OCP = COP - OCF - DOP$ **OCP = 118 TEU**

Onde:

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

DOP = Disponibilidade operacional do pátio, em TEU;

COP =	4.104				
OCF =	698				
DOP =	3.288				

OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$OTL = OCF + OCP$ **OTL = 816 TEU**

Onde:

OTL = Ocupação total do pátio, em TEU;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCP = Ocupação comprometida do pátio de armazenagem, em TEU;

OCF =	698				
OCP =	118				

CÁLCULOS DE TAXAS DE OCUPAÇÃO E FATOR DE COMPROMETIMENTO

TAXA DE OCUPAÇÃO NOMINAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_n = (\text{OCF} / \text{CNM}) \times 100 \qquad \delta_n = \qquad \mathbf{15 \%}$$

Onde:

δ_n = Taxa de ocupação nominal do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU.

CNM = 4560 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO OPERACIONAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_o = (\text{OCF} / \text{COP}) \times 100 \qquad \delta_o = \qquad \mathbf{17 \%}$$

Onde:

δ_o = Taxa de ocupação operacional do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

COP = 4104 TEU

TAXA DE OCUPAÇÃO TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\delta_t = [(\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{COP}] \times 100 \qquad \delta_t = \qquad \mathbf{20 \%}$$

Onde:

δ_t = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU;

OCP = 118 TEU

COP = Capacidade operacional do pátio, em TEU.

COP = 4104 TEU

FATOR DE COMPROMETIMENTO DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$\rho = (\text{OCF} + \text{OCP}) / \text{OCF} \qquad \rho = \qquad \mathbf{1,17}$$

Onde:

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

OCF = 698 TEU

OCP = Ocupação comprometida do pátio, em TEU.

OCP = 118 TEU

CÁLCULOS DE ÍNDICES DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA E DESEMPENHO

ÁREA TOTAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$ATL = (Cp \times Lp) \qquad ATL = \begin{matrix} 50.000 & m^2 \\ 5,0 & \text{hectares} \end{matrix}$$

Onde:

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 ;

Cp = Comprimento do pátio de armazenagem, em m^2 ;

$$Cp = 200$$

Lp = Largura do pátio de armazenagem, em m^2 ;

$$Lp = 250$$

ÁREA UTILIZADA POR POSIÇÕES OCUPADAS E COMPROMETIDAS NO PÁTIO

$$APC = p \times Qp \qquad APC = 2.433 \text{ m}^2$$

Onde:

APC = Área utilizada por posições ocupadas; em m^2 ;

p = Número de posições no piso ocupadas por contêineres;

$$p = 136$$

Qp = Área utilizada por uma posição (TEU) no piso, em m^2 .

$$Qp = 18 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA CAPACIDADE

$$\varphi_c = CNM / ATL \qquad \varphi_c = \begin{matrix} 0,091 & TEU/m^2 \\ 912,0 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

CNM = Capacidade nominal do pátio, em TEU;

$$CNM = 4560 \text{ TEU}$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM – PELA DEMANDA

$$\varphi_d = OCF / (ATL \times \delta t) \qquad \varphi_d = \begin{matrix} 0,070 & TEU/m^2 \\ 702,1 & TEU/ha. \end{matrix}$$

Onde:

φ_d = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

OCF = Ocupação física do pátio, em TEU;

$$OCF = 698 \text{ TEU}$$

δt = Taxa de ocupação total do pátio, em %;

$$\delta t = 20\%$$

ATL = Área total utilizada pelo pátio de armazenagem, em m^2 .

$$ATL = 50000 \text{ m}^2$$

DESEMPENHO ANUAL DO PÁTIO DE ARMAZENAGEM

$$DPA = (\varphi_c \times K) / (\rho \times T) \qquad 56.949 \text{ TEU/ha/ano}$$

Onde:

DPA = Desempenho anual do pátio de armazenagem, em $TEU/ha/ano$

φ_c = Índice de utilização da área de armazenagem, em TEU/m^2 ;

$$\varphi_c = 912 \text{ TEU/ha.}$$

K = Número total de dias de operação no período;

$$K = 365 \text{ dias}$$

ρ = Fator de comprometimento do pátio;

$$\rho = 1,17$$

T = Tempo médio de permanência do contêiner no pátio;

$$T = 5 \text{ dias}$$

GLOSSÁRIO

Armadores – São as empresas de navegação, clientes principais dos terminais de contêineres cujos navios necessitam ter suas operações otimizadas, minimizando o tempo de permanência do navio no terminal.

Relação Navio / Viagem – Importante para identificar o destino de um determinado contêiner e o grupo de segregação que pertence. Cada visita individual de um navio é associada a um código que representa uma viagem específica.

Porto de estivagem (SPOD) – É a identificação do porto onde um determinado contêiner deverá ser descarregado, através deste porto será definida a posição a bordo do navio aonde o referido contêiner deverá ser estivado. Pode não representar o destino final do contêiner, principalmente nos casos de portos concentradores ou de transbordo.

Porto de destino (POD) – É o destino final do contêiner, independente do porto em que este contêiner será movimentado, o POD representa a localização derradeira onde deve ser entregue o contêiner.

TEU – Sigla da expressão em inglês “*Twenty Equivalent Unit*” muito utilizada como medida de ocupação de espaço em terminais de contêineres ou de capacidade de transporte de veículos transportadores. Representa a ocupação equivalente a um contêiner de vinte pés. Em terminais de contêineres a grande maioria das unidades é de vinte ou quarenta pés, existindo uma pequena parcela de contêineres de quarenta e cinco pés. Um contêiner de quarenta pés ocupa o equivalente a dois TEU.

Nível de serviço – Para terminais de contêineres, o principal nível de serviço a ser estabelecido é o conjunto de índices e taxas que representam o desempenho das operações de embarque e descarga dos navios, buscando minimizar a duração destas operações e conseqüentemente o tempo de permanência do navio atracado neste terminal. O nível de serviço de um terminal também pode ser avaliado pelo tempo de atendimento às operações de carga e descarga de outros modais de transportes, notadamente o carregamento de caminhões ou composições ferroviárias. Em qualquer dos casos descritos, estes índices representam uma taxa de movimentação a ser atingida,

normalmente expressa em contêineres movimentados por unidade de tempo, geralmente medido em horas. É desejável associar estes índices de produtividade aos custos operacionais despendidos em cada operação, estabelecendo um custo encontrado por unidade movimentada.

ETA – Sigla da expressão em inglês “*Estimated Time of Arrival*” que representa a data/hora prevista para chegada de um determinado navio no terminal e que será utilizado para o planejamento do recebimento e armazenagem dos contêineres no pátio.