

04

CONSULTA
FD-3326
Ed.rev.

SÃO PAULO
2003

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Engenharia.

**A LOGÍSTICA DO CONTÊINER VAZIO, UMA NOVA
ABORDAGEM.**

LÍRIA BAPTISTA DE REZENDE

SÃO PAULO
2003

Orientador:
Prof. Marco Antonio Brinati

Área de Concentração:
Engenharia Naval e Oceânica.

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Engenharia.

ABORDAGEM.
A LOGÍSTICA DO CONTÊINER VAZIO, UMA NOVA

LÍRIA BAPTISTA DE REZENDE

Ao meu amado filho Luiz Henrique pela
compreensão dos momentos ausentes. À minha
mãe Maria Inês pelo constante incentivo e à
memória de meu pai.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Marco Antonio Brinati; pela paciência no meu aprendizado; pelo profissionalismo que conduziu-me tão bem; pela dedicação e pelos incentivos que muito me ajudaram na conclusão deste trabalho.

Ao Engº Celso Mitsuo Hino pela disponibilidade, ajudando-me a alcançar o meu objetivo.

Ao Engº Gustavo Costa e a Vanessa Deeke da HSAC Logística pelas disponibilidades e atenções dadas, sem as quais não haveria o sucesso neste trabalho.

A amiga Giuliana Bonatelli Dario pela apoio e incentivo.

Ao estagiário Guilherme Guidolin de Campos pelas horas gastas me ajudando a compilar os resultados.

Aos demais amigos da sala de pós-graduação do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, por suas palavras de incentivo e coletivismo.

Ao Prof. Floriano Carlos Martins Pires Jr. (UFRJ), onde este trabalho começou.

À minha irmã Isis e aos parentes que sempre me apoiaram e me incentivaram.

Ao Prof. Moyses Szajnbock pela suas contribuições neste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da EPUSP e a seus funcionários pelo suporte na realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho examina a logística do contêiner vazio, de acordo com a ótica de uma companhia de navegação, que se defronta com o desbalançamento entre a demanda e a oferta de contêineres vazios para atender seus contratos de exportação ao longo dos portos da rota. Quando a demanda de um tipo específico de contêiner, num dado porto, é maior do que a oferta, a empresa pode prover contêineres adicionais por meio da transferência de contêineres vazios do mesmo tipo, via marítima ou terrestre, a partir de portos em que a oferta é maior que a demanda, ou por meio de aluguel (*leasing*) de novos contêineres.

Neste trabalho apresenta-se um modelo matemático para que a empresa tome decisões referentes ao reposicionamento e *leasing* de contêineres vazios que atenda as restrições do problema, minimizando o custo envolvido. O presente estudo dá continuidade ao trabalho de Barco, B. L. (A **logística do contêiner vazio**. Dissertação de Mestrado apresentado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de mestre. São Paulo, 106 p, Mar. 1998.), explorando as sugestões por ele apresentadas para aperfeiçoamento do modelo original.

O modelo matemático é implementado computacionalmente por meio do pacote "GAMS - Sistema Geral de Modelagem Algebrica"; são utilizados dados providos por uma companhia de navegação.

A análise dos resultados de uma série de testes computacionais, com variação nos principais parâmetros, mostra a consistência do modelo.

ABSTRACT

This research examines the logistics of the empty container. The study is based on the experience of a shipping company that faces an imbalance in the supply and demand of empty containers, when trying to meet its contractual obligations. When the demand for a specific container type in a certain port exceeds the supply, the company may provide additional containers, either by transporting empty containers of the same type, by sea or land, from ports where the supply is available; or by leasing new containers.

This research presents a mathematical model that allows the company to make decisions to relocate or lease empty containers, solving the problem within its restrictions, minimizing the cost involved. The current study expands the work of Barco, B.L. (**The logistics of the empty container** . Thesis presented at the Escola Politécnica da USP, to obtain a Master's Degree. São Paulo, 106 p. Mar. 1988) exploring his suggestions to improve the original model.

The mathematic model is implemented by computer with GAMS – General Algebraic Modeling System ; the data was provided by a shipping company. The analysis of a series of computational tests, with variable principal parameters, shows the consistency of the model.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
1.1.	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2.	OBJETIVO DA PESQUISA	2
1.3.	DELINEAMENTO DO TRABALHO	3
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1.	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	4
2.2.	MODELOS PROPOSTOS	6
2.3.	COMENTÁRIOS	26
3.	O MODELO PROPOSTO.....	28
3.1.	O PROBLEMA DO REPOSICIONAMENTO DO CONTEINER VAZIO	28
3.2.	O MODELO MATEMÁTICO.....	30
3.2.1	ÍNDICES E CONJUNTOS	30
3.2.2	PARÂMETROS	30
3.2.3	VARIÁVEIS DE DECISÃO.....	31
3.2.4	FUNÇÃO OBJETIVO.....	34
3.2.5	RESTRICÇÕES	36
4.	RESULTADOS COMPUTACIONAIS.....	40
4.1.	IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DO MODELO.....	40
4.2.	RESOLUÇÃO DO MODELO	42
4.3.	CENÁRIO BARCO.....	43
4.4.	VARIACÕES DO CENÁRIO BARCO.....	56
4.5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO CENÁRIO BARCO E VARIACÕES	59
4.6.	CENÁRIO ATUALIZADO	70
4.7.	VARIAÇÃO DO CENÁRIO ATUALIZADO.....	85

4.8.	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO CENÁRIO ATUALIZADO E VARIAÇÃO.....	88
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
5.1.	SÍNTESE DAS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO.....	90
5.2.	COMENTÁRIOS SOBRE O EMPREGO DO MODELO.	94
5.3.	LIMITAÇÕES DO MODELO PROPOSTO.....	95
5.4.	SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA	96
	ANEXO A.....	97
	ANEXO B.....	114
	ANEXO C.....	142
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Planejamento total (CRAINIC; DEJAX; GENDREAU, 1990).....	7
Figura 2.2 - Esquema de todo planejamento (CRAINIC; GENDREAU; DEJAX, 1993).....	10
Figura 2.3 - Diagrama espaço X tempo de movimentação de contêineres (CRAINIC; GENDREAU; DEJAX, 1993).....	13
Figura 2.4 - Fluxo de contêineres (BARCO, 1998).....	15
Figura 2.5 - Fluxo de contêiner (OLIVEIRA et al, 1998).....	20
Figura 2.6 - Fluxo de Contêineres com trocas entre DC-20 e DC-40 (OLIVEIRA et al, 1998).....	21
Figura 2.7 - Esquema do modelo 1 (ONO, 2001).....	23
Figura 2.8 - Exemplo de rota (ONO, 2001).....	23
Figura 2.9 - Representação dos grupos de portos (ONO, 2001).....	23
Figura 2.10 - Representação da rota adotada como exemplo (ONO, 2001).....	24
Figura 4.1 - Resultados da função objetivo para cada variação.	61
Figura 4.2 - Gráfico comparativo dos resultados.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Nome dos navios	44
Tabela 4.2 – Tipos de contêineres	44
Tabela 4.3 – Portos utilizados	44
Tabela 4.4 – Programação das chegadas dos navios nos portos.	45
Tabela 4.5 – <i>Schedule</i> dos navios.....	46
Tabela 4.6 – Estoque inicial.	47
Tabela 4.7 – Balanço de contêineres vazios.	48
Tabela 4.8 – Custo unitário (US\$) do transporte marítimo.	49
Tabela 4.9 – Custo unitário (US\$) do transporte rodoviário.	50
Tabela 4.10 – Custo unitário (US\$) do leasing para contêineres vazios.	51
Tabela 4.11 – Custo unitário (US\$) de estocagem de contêineres vazios.	51
Tabela 4.12 – Resultados do cenário Barco.	52
Tabela 4.13 – Estoque antes e depois do reposicionamento programado.	54
Tabela 4.14 – Movimentação de contêineres.	55
Tabela 4.15 – Resultados da Variação 1.	56
Tabela 4.16 – Resultados da Variação 2.	57
Tabela 4.17 – Resultados da Variação 3.	58
Tabela 4.18 – Resultados da Variação 4.	59
Tabela 4.19 – Resultados agregados do cenário Barco de suas Variações.	60
Tabela 4.20 – Análise comparativa de número de operações para atendimento da demanda de contêineres vazios Cenário Barco x Variação 1.....	62
Tabela 4.21 – Cenário Barco X Variação 1.	66
Tabela 4.22 – Cenário Barco X Variação 2.....	67
Tabela 4.23 – Cenário BARCO X Variação 3.	68
Tabela 4.24 – Cenário Barco X Variação 4.....	69
Tabela 4.25 – Programação das chegadas dos navios nos portos.	71
Tabela 4.26 – <i>Schedule</i> dos navios.....	72
Tabela 4.27 – Estoque inicial.	72
Tabela 4.28 – Balanço de contêineres vazios.....	73
Tabela 4.29 – Custo unitário (US\$) do transporte marítimo.....	74

Tabela 4.30 – Custo unitário (R\$) do transporte rodoviário.	76
Tabela 4.31 – Custo unitário (US\$) do leasing para contêineres vazios.	77
Tabela 4.32 – Custo unitário (US\$) de estocagem de contêineres vazios.	78
Tabela 4.33 – Resultados do cenário Atualizado.	79
Tabela 4.34 – Estoque antes e depois do reposicionamento programado.	81
Tabela 4.35 – Movimentação de contêineres.	83
Tabela 4.36 – Trechos com capacidade diminuída em 20%.	85
Tabela 4.37 – Resultados da variação do cenário atualizado.	86
Tabela 4.38 – Comparação: cenário atualizado X cenário atualizado - capacidade reduzida.	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Denominação dos navios

Nome	Sigla
Aliança Brasil	ALBRA
Aliança Europa	ALEUR
Aliança Hamburgo	ALHAM
Cap Finnister	CAFIN
Cap Roca	CAROC
Cap San Antonio	CASAN
Cap San Augustin	CASAU
Cap San Marco	CASMA
Cap San Nicolas	CASNI
Cap San Raphael	CASRA
Hamburgo	CSHAM
Frota Belen	FBEL
Flamengo	FLAM
Frota Macan	FMAC
Frota Manaus	FMAN
Frota Snatos	FSAN
Intrépido	INTRP
Libra Barcelona	LBB
Leblon	LEBL
Maersk Newark	MANEW
Maersk Valencia	MAVAL
Maersk Vancouver	MAVAN
P & O Eagle	PEARG
Cala Parana	PRN
Santos Express	SEAXP
Sevilla	SEV

Tipos de contêineres

DC-20	Contêiner de carga seca com dimensões 20'x 8'x 8,6"
DC-40	Contêiner de carga seca com dimensões 40'x 8'x 8,6"
RF-20	Contêiner integrado <i>reefer</i> com dimensões 20'x 8'x 8,6"
RH-40	Contêiner integrado <i>reefer high cube</i> com dimensões 40'x 8'x 9,6"
HC-40	Contêiner com as mesmas dimensões do RH-40, porém sem refrigeração.

Portos utilizados

Nome	Sigla
Fortaleza	FOT
Itajai	ITJ
Manaus	MAO
Maceió	MCZ
Ceará	PEC
Paranaguá	PNG
Rio Grande	RIG
Rio de Janeiro	RIO
Sepetiba	SEP
São Francisco	SFS
São Luiz	SLZ
Salvador	SSA
Santos	SSZ
Suape	SUP
Vitória	VIX

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1. Apresentação do problema

A adoção do contêiner como acondicionador de cargas teve maior significado a partir de 1956, quando começou a ser utilizado em navios mistos na costa oeste dos E.U.A. Naquela época já foram percebidas as vantagens da utilização do contêiner, tais como a rapidez de carga e descarga do navio e a facilidade da transferência de um modal de transporte para outro (BARCO, 1998).

Com o tempo, os transportadores descobriram outras vantagens: proteção da carga transportada contra roubos, perdas e avarias, diminuindo assim o preço dos seguros, simplificação das embalagens, melhor aproveitamento dos espaços dos navios e redução dos fretes devido ao aumento do tamanho médio dos navios e da propulsão, melhora da produtividade das operações portuárias e consequente aumento da rotatividade dos navios pela redução de tempo no porto.

O tamanho dos contêineres não era padronizado. Existiam várias dimensões, como o CONEX (*Container Express Service*) com 8' x 6' x 8' criado pelo exército americano para fins de logística militar; os contêineres de 24' x 8' x 8' utilizados e idealizados pela Matson para o transporte por contêineres para o Hawai e os de 35' x 8' x 8' utilizados pela companhia de navegação Sealand Inc (SOUZA, 1998).

Para facilitar o manuseio e acomodação nos navios, as dimensões dos contêineres foram padronizadas pela ISO (International Standard Organization) em 1968.

Os comprimentos padronizados são os de 10, 20, 30 e 40 pés. Os mais utilizados são os de 20 e 40 pés.

O objetivo da pesquisa é elaborar um modelo de planejamento logístico para auxiliar a empresa de navegação a tomar decisões referentes ao reposicionamento e *leasing* de contêineres vazios; os excessos de oferta ou de demanda de contêineres vazios, de cada tipo, nos portos da rota, bem como o espaço disponível nos navios

1.2. Objetivo da pesquisa

A solução é enviar contêiner de um ponto onde há excesso de oferta de contêineres vazios para outro onde há excesso de demanda de contêineres vazios. Isto pode ser conseguido sabendo-se quando e onde haverá a oferta e a demanda de contêineres vazios. No caso de uma empresa de navegação, as informações podem ser obtidas por meio dos itinerários dos navios (*schedules*) e previsões de pedidos de transporte fornecidas pela área comercial.

Como os contêineres estão vazios, todo esse processo de reposicionamento representa custos, sem receitas adicionais da operação. Com isso, a movimentação deve ser efetuada de modo a minimizar custos.

O problema dos contêineres vazios é comum nas empresas de transportes e está relacionado ao desequilíbrio (*imbalance*) entre as quantidades de contêiner que entram e que saíram, constituindo uma tarefa relevante devido aos custos envolvidos, direta ou indiretamente, como espaço, armazenamento, aluguel, etc. Sampaio (2001) classifica o problema de gerenciamento de contêineres vazios (PGCV) como um problema típico de logística reversa, associado à movimentação e à falta de interação entre a distribuição e o transporte dos contêineres cheios e a distribuição e o transporte dessas unidades, quando vazias para serem reutilizadas.

O problema dos contêineres vazios é comum nas empresas de transportes e possibilitando seu envio de um porto de oferta para outro de demanda. Assim, pode-se prever o desbalançamento da distribuição dos contêineres vazios, sucessivas reutilizações, do que decorre a necessidade de um controle de estoque. dispendiosa e não descartável deve ser considerado o seu remanejamento para previstos para 1999 (VELASCO, 1998). Como o contêiner é uma embalagem aceleradamente, saltando de 27% em 1990 para mais de 41% em 1996 e para 46% O volume relativo de carga geral transportado em contêineres vem crescendo

para transporte de contêineres vazios, serão restrições do modelo enquanto que o custo envolvido com reposicionamento, *leasing* e estocagem de contêineres vazios será a função objetivo do modelo.

O ponto de partida para o modelo aqui desenvolvido é o trabalho de Barco (1998). As mudanças neste realizadas visam tornar o modelo mais representativo das condições reais que condicionam a logística do contêiner vazio. As principais alterações foram o tratamento de navios com dupla passagem pelos portos e a mudança na restrição de capacidade dos navios para o transporte de contêiner vazio que passou dos 10% fixos para a quantidade real observada em cada trecho. Outra alteração, também relevante, diz respeito à introdução de um prazo de antecedência para a chegada de um contêiner vazio a um porto tendo em vista o seu embarque carregado num navio. Cada uma destas alterações será explicada com detalhes no decorrer do trabalho.

1.3. Delimitação do trabalho

O trabalho será dividido em cinco capítulos:

- **Capítulo 1:** faz-se a introdução ao tema da pesquisa, justifica-se sua relevância e são definidos os objetivos;
- **Capítulo 2:** faz-se uma caracterização do problema, a carência de ferramentas adequadas; e a revisão da literatura;
- **Capítulo 3:** descrevem-se a metodologia empregada e a modelagem do problema, destacando-se as adversidades geradas no tratamento do problema real e as implementações e modificações em relação aos trabalhos anteriores;
- **Capítulo 4:** mostram-se os resultados obtidos e faz-se a análise dos mesmos;
- **Capítulo 5:** faz-se uma discussão geral dos resultados e conclusões finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização do problema

Com o aumento das frotas de contêineres devido ao rápido crescimento da contêinerização (método para se transportar mercadorias em contêineres), torna-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias, tanto para a movimentação e armazenagem quanto para um controle dos fluxos de carga.

Normalmente, as quantidades de cargas exportadas e importadas não estão em equilíbrio nos portos, ou seja, pode faltar contêiner de um dado tipo em um porto e sobrar em outro.

A logística busca responder as questões:

- Como suprir a demanda de contêineres vazios nos portos?
- Quando iniciar o transporte?
- Qual o porto de origem e o de destino?
- Como fazê-lo: de navio, caminhão ou leasing?

Questões típicas da logística são relevantes, tais como programação, fechamento de carga, data de partida do navio, rotas, seleção do tipo de modal/transportador, contrato de frete, gerenciamento privado da frota; nível de estoques de contêineres vazios nos portos e depósitos; disponibilidade destes contêineres, (pois o equipamento pode estar avariado em reforma ou em alguma outra condição que impeça sua utilização imediata), previsão da demanda e oferta de vazios ao longo do período planejado e a grande quantidade de elementos que fazem parte do

gerenciamento de tráfego e transporte. (CRAINIC; GENDREAU; DEJAX, 1993) e (KOPICK et al., 1993)

Conhecendo as informações descritas, definem-se os portos de origem, oferta, e portos de destino, demanda, onde os contêineres vazios serão reposicionados por navio, caminhão ou ainda poderão ser alugados, visando sempre o menor custo.

Os contêineres vazios só poderão ocupar o navio se houver espaço vago (*slots*), ou seja, um CV nunca poderá ocupar o espaço de um outro contêiner com carga.

O sistema apresenta alguns imprevistos difíceis de quantificar, tais como:

- A previsão da área comercial exagerada;
- O cancelamento de carga;
- Quebra de guindastes de movimentação de contêineres (portainer);
- Greve de trabalhadores dos portos ou de empresas que prestam serviços para os portos;
- Avaria do próprio equipamento e tempo de reparo;
- Demora na devolução dos contêineres vindos de importação;
- Fiscalização das autoridades;
- Mudança do *schedule* dos navios. (CRAINIC; GENDREAU; DEJAX, 1993)

Essas incertezas podem ser contornadas ao se utilizar um estoque de segurança sendo que isto elevará o custo de estocagem do contêiner, porém evitará a perda de frete.

Lai; Lam; Cham (1995) classificam os contêineres em três tipos de acordo com a aquisição:

- Próprio; quando não utilizado, é armazenado nos depósitos do armador ou de terceiros. Os depósitos de terceiros cobram uma taxa diária de armazenagem
- *Leasing* em curto prazo, inferior a três anos; quando não utilizado, é devolvido para a companhia de *leasing* em operação denominada *drop-off*. A

devolução é sujeita a um limite máximo mensal que varia de porto para porto. Uma outra opção é o armazenamento em depósitos para uso posterior.

Craimic; Dejax; Gendreau (1990) propuseram um modelo, em dois níveis de planejamento integrado de distribuição terrestre e transporte de contêineres, que observa a hierarquia nos processos de decisão e o fluxo das informações. O primeiro

resumos dos principais trabalhos analisados. Esta parte do capítulo discute sobre os trabalhos que trataram do problema da logística do contêiner vazio. A seguir são apresentadas, por ordem cronológica,

2.2. Modelos propostos

1. Movimentos comerciais – contêineres carregados ou cheios, diretamente geradores de lucro e de contêineres vazios e que correspondem a operações comerciais da empresa, importação e exportação. A princípio, todo movimento comercial de contêineres cheios gera, quase que automaticamente, um movimento vazio.
 2. Os movimentos técnicos – reequilíbrio de unidades vazias entre os depósitos, movimentos de contêineres alugados ou avariados etc... (SAMPALIO, 2001).
- principais de movimentos, que devem ser controlados, descritos a seguir:
- O sistema de contêineres de uma empresa marítima é composto de dois tipos mantido de contêineres vazios é calculado segundo séries históricas.
- Em virtude de os portos terem uma demanda sazonal o estoque mínimo um acordo junto ao porto para lotes de contêineres movimentados.
- A tarifa de movimentação portuária também não tem um valor fixo, é feito pretendido e a quantidade de contêineres, menor serão os preços.
- depende da quantidade de contêiner e do tempo estipulado, quanto maior o prazo locadoras de contêineres, são negociados com as agências; não existe um valor fixo, Os valores do *leasing* e do *per diem*, aluguel cobrado por dia pelas empresas
- *Leasing* em longo prazo, mais de três anos; o tratamento é semelhante ao do contêiner próprio, uma vez que não são permitidas devoluções dentro de um prazo que, dependendo do contrato, varia normalmente de três a cinco anos.

nível trata de questões nos planos estratégico e tático, da seleção de depósitos; da alocação de clientes aos depósitos e da determinação dos principais movimentos entre os pontos de contêineres vazios. O segundo nível corresponde ao plano operacional das atividades cotidianas de uma empresa. Neste nível satisfaz-se a demanda e selecionam-se as rotas e os modos de transporte. A Figura 2.1 ilustra o esquema de planejamento descrito.

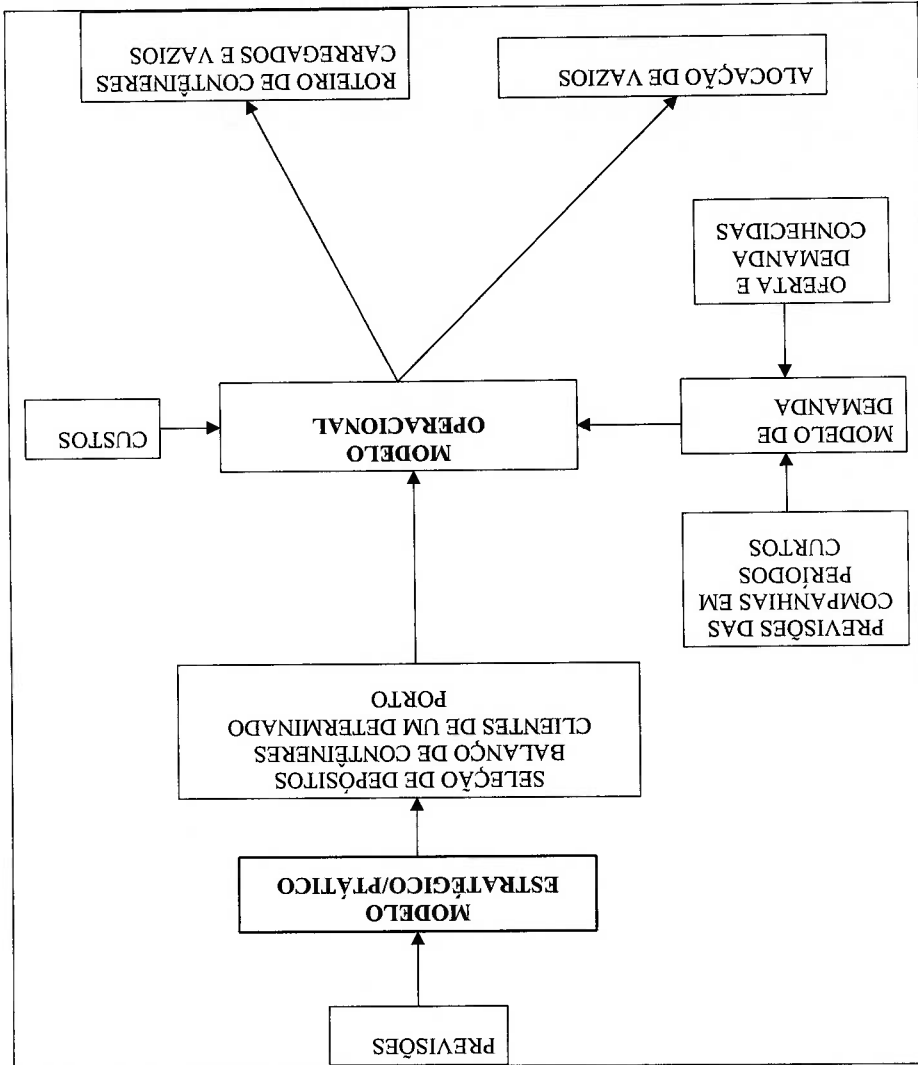


Figura 2.1 - Planejamento total (CRAINIC; DEJAX; GENDREAU, 1990)

O foco do artigo é a descrição de um sistema de suporte de tomada de decisão operacional e de seus dois principais componentes; o modelo dinâmico estocástico de distribuição de contêineres vazios e o modelo de localização de rotas para contêineres vazios.

No artigo de Crainic; Gendreau; Dejaj (1993) são apresentados estudos específicos para modelos especialmente adequados às questões do setor transporte de contêineres, com ênfase nos aspectos marítimos do problema, justamente o que o diferencia de outros artigos escritos e lidos pelos autores. Outro ponto em questão está em atender a demanda e minimizar custo ao invés de somente maximizar lucros. Há também a possibilidade de se inserir no sistema novos contêineres.

A motivação dos autores para o estudo do tema foi o fato de que os custos de movimentação de contêineres vazios de uma das principais companhias de navegação europeia (que opera com navios de serviço regular (*liners*) por 20 portos europeus) representavam, em 1986, cerca de 40% dos custos totais de transporte e distribuição.

No estudo são mostrados modelos matemáticos que fazem a alocação de contêineres por terra para atender rotas marítimas de navios porta-contêineres. Os modelos são:

- Modelo determinístico com único tipo de contêiner,
- Formulação determinística com vários tipos de contêineres e
- Modelo estocástico com único tipo de contêiner.

O modelo utilizado como base é o modelo determinístico com único tipo de contêiner devido a isso somente ele é explicado a seguir:

Para a construção do modelo, os níveis de planejamento foram organizados na seguinte forma:

- Estratégico: selecionar terminais e determinar suas zonas logísticas de influência.
- Tático: identificar o fluxo (balanço) de contêineres
- Operacional: alocação dinâmica de contêineres.

Esse planejamento foi representado através de três modelos: formulação da rede multimodal envolvida; modelo de alocação de vazios; e modelo de indicação de rotas.

No plano de operação estratégico/tático é formulada a rede multimodal envolvida, incluindo sua localização, o problema de distribuição e balanceamento de

vazios entre depósitos. São especificados os algoritmos utilizados. O principal resultado desta fase é o plano de transporte estratégico/tático, que especifica a configuração da rede para o atual período de planejamento: os depósitos que devem ser utilizados, a alocação de clientes (zona de clientes) a depósitos e os principais fluxos de balançamento entre os depósitos.

Os dois outros modelos do planejamento; modelo de alocação de vazios e modelo de indicação de rotas correspondem ao planejamento operacional das atividades das companhias. Neste nível a demanda é satisfeita e as rotas e os transportes são selecionados e usados para obter a melhor performance econômica possível no processo dinâmico e estocástico.

O modelo de alocação determina a melhor distribuição de contêineres vazios que satisfaça a demanda. Foi admitido o período de duas semanas.

O modelo de roteirização empenha-se para minimizar o custo total de transporte de contêineres cheios e vazios da origem até o destino. Figura 2.2.

O modelo de alocação tem por objetivo determinar a melhor distribuição de contêineres vazios que satisfaça tanto a demanda conhecida como a prevista. Para levar em conta o alto grau de incerteza que caracteriza o problema, ele deveria ser, de acordo com os autores, um modelo dinâmico e estocástico que cobrisse um horizonte de planejamento de uma ou duas semanas. O objetivo do trabalho de Crainic; Dejax; Gendreau (1990) é preparar formulações para este modelo de alocação.

Descrição do problema:

- As decisões pertinentes do processo de alocação do contêiner vazio são principalmente; QUANDO iniciar a operação de transporte, DE ONDE começar e onde terminar a operação, COMO configurar a movimentação, qual modal, rota...A movimentação é realizada nos planos espacial e temporal.
- São considerados para a tomada de decisão; o nível de estoque nos depósitos, as substituições entre os vários tipos de contêineres e os contêineres adicionais, adquiridos por leasing ou empréstimo.
- Essas decisões requerem grande quantidade de informações:
- Os níveis de oferta e demanda,
- A política das companhias operantes

- As circunstâncias; competição; sociedades das companhias de navegação, regras e normas legais com carregamento... São descritos, a seguir, as decisões principais e os dados considerados para a realização do processo de alocação do contêiner vazio. A rede física corresponde ao sistema de distribuição e transportes da companhia nos portos, depósitos e clientes assim como a conexão entre esses elementos.

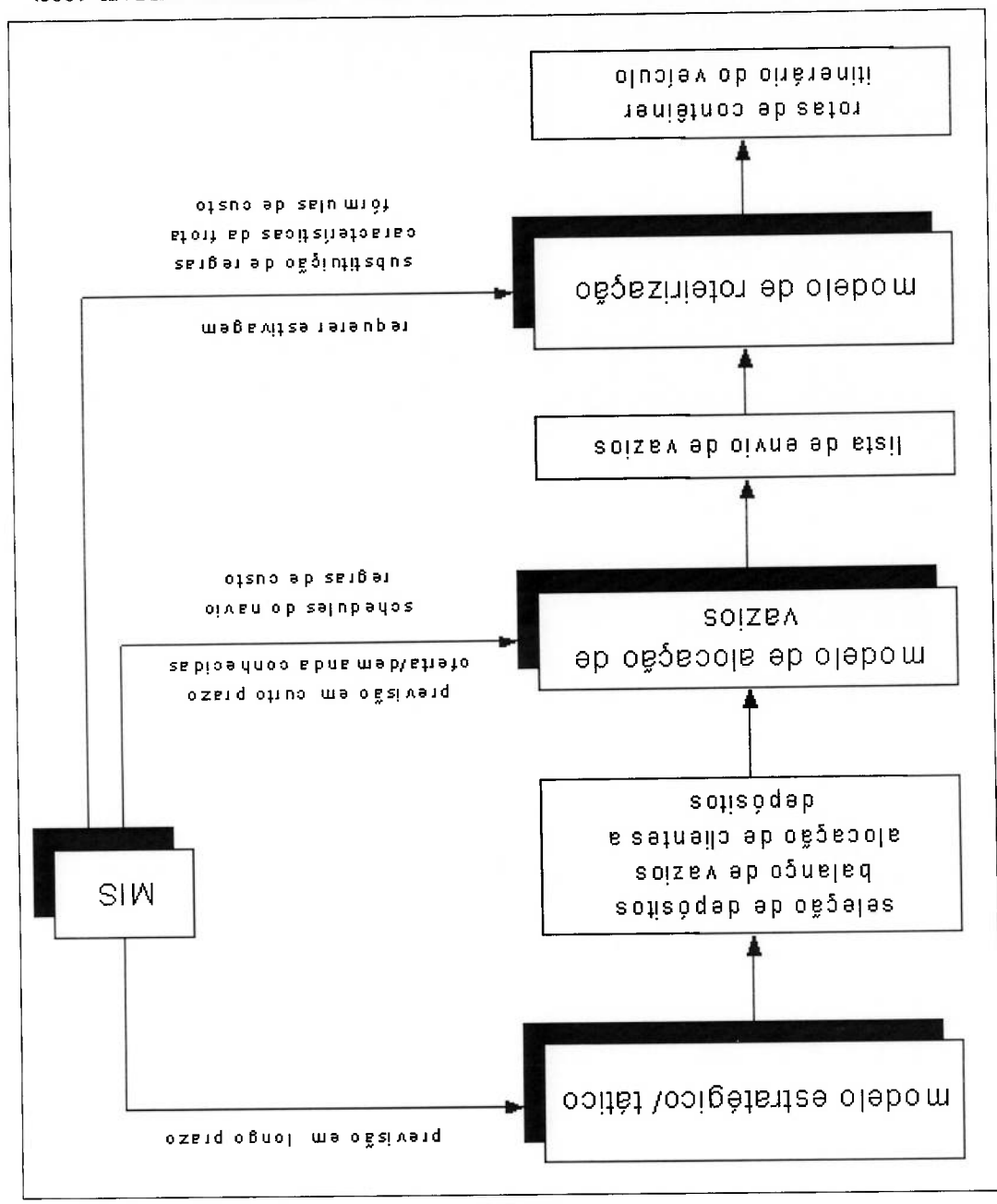


Figura 2.2 - Esquema de todo planejamento (CRAINIC; GENDREAU; DEJAX, 1993)

A alocação corresponde à decisão para determinar como satisfazer cada

cliente de demanda:

- Que quantidade,
- A partir de qual depósito e
- Quando iniciar o movimento

Primeiramente é apresentado um modelo determinístico dinâmico com um único tipo de contêiner, e trata das complexas relações existentes entre as várias decisões que devem ser tomadas com relação ao problema de alocação ótima de contêineres sobre uma extensa rede (já descrita). Depois descreve a formulação determinística com vários tipos de contêineres onde são permitidas substituições entre tipos de contêineres e finalmente é apresentado um modelo estocástico com um único tipo de contêiner, que leva em consideração os elementos estocásticos que estão associados a demandas e suprimentos incertos de contêineres vazios por parte dos clientes na rede.

O custo no modelo de Crainic; Gendreau; Dejax (1993) é dividido em:

- Custo unitário de transporte entre os depósitos e os clientes de demanda,
- Custo unitário de transporte entre cliente de oferta e depósitos,
- Custo entre um depósito e outro,
- Custo unitário de manutenção do contêiner nos depósitos
- Custo para trazer um contêiner de fora do sistema para o depósito e
- Custo unitário de penalidade para a demanda de contêineres vazios não

atendidos.

A rede física de Crainic; Gendreau; Dejax, (1993):

A rede física corresponde ao sistema de distribuição e transporte da companhia, formado pelos portos, depósitos e clientes e respectivos arcos de integração.

- Portos: são depósitos especiais, pois são os principais pontos de entrada e saída do sistema, constituindo a interface do sistema de transporte terrestre com a rede marítima internacional.

- Depósitos: oferecem facilidades; são pátios de estações ferroviárias onde a

companhia de navegação aluga apenas os espaços de que precisa. Junto com os portos fazem parte da distribuição de contêineres por terra e servem para

armazenamento.

- Clientes: são classificados em dois tipos; clientes de demanda e de oferta. Os

de demanda requerem contêineres vazios e os de oferta têm os contêineres vazios para oferecer. Os clientes são conhecidos e o plano estratégico/tático determina quais clientes de oferta podem atender a demanda, isto é determinado principalmente pela programação dos navios e pelo tempo estimado para a movimentação e carregamento do contêiner.

Foi definido que não se pode alterar a programação dos navios.

O modelo matemático, modelo determinístico com único tipo de contêiner, de Crainic; Gendreau; Dejax, (1993) tem como características a base em períodos de tempo, clientes de oferta e demanda e é considerado somente um tipo de contêiner.

A Figura 2.3 ilustra a rede física que exemplifica o modelo para o reposicionamento de vazios. A figura está representando três períodos de tempo; t-2, t-1 e t. O triângulo \bar{a} representa os contêineres introduzidos no sistema e \bar{a}' a demanda externa ao sistema que não foi atendida, \bar{h} representa portos, \bar{s} são clientes de oferta, \bar{k} é a quantidade de contêineres enviada, \bar{l} são os depósitos, \bar{i} clientes de demanda, \bar{t} representa o tempo, \bar{X} demanda de contêineres e \bar{Y} é a oferta de contêineres.

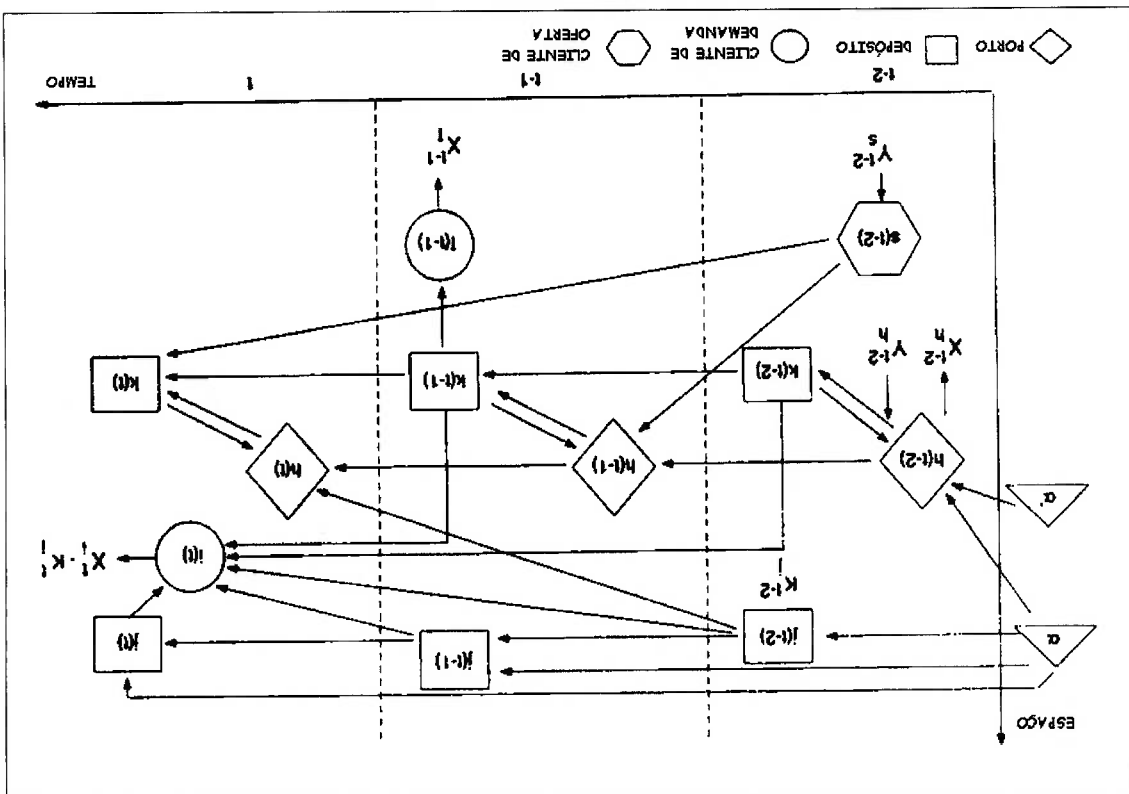
O modelo matemático Particular difere do outro modelo, o modelo de Crainic; Gendreau; Dejoux (1993), ao basear-se na passagem dos navios pelos portos e Barco (1998).

serão explicados de maneira mais específica por meio das mudanças efetuadas por (1993). Devido a isso os modelos de Crainic; Gendreau; Dejoux (1993) e Barco (1998) matemático Particular e teve como base o modelo de Crainic; Gendreau; Dejoux

O modelo proposto no trabalho de Barco (1998) foi chamado de modelo equipamento, buscando minimizar o custo total de atendimento da demanda com posicionamento por navio ou caminhão ou ainda com aluguel de controlar seus equipamentos. A solução do modelo indica o suprimento dos portos de O modelo apresentado serve de ajuda à tomada de decisão para uma empresa (1993).

reposicionamento de contêineres vazios é o trabalho de Crainic; Gendreau; Dejoux, do problema do contêiner vazio. O ponto de partida para a elaboração do modelo de Segundo Barco (1998), sua dissertação representa uma contribuição ao estudo

Figura 2.3 - Diagrama espaço X tempo de movimentação de contêineres (CRAINIC; GENDREAU; DEJOUX, 1993)



não no tempo. O tempo só é utilizado para o cálculo do custo de armazenagem do contêiner e verificação da possibilidade de transporte de contêineres de um porto a outro em tempo hábil. Barco (1998) considerou em sua rede física que cada porto é um ponto de oferta e demanda, não há depósitos em terra, todos os depósitos são considerados portos, assim não há mais clientes de oferta e demanda e ainda são utilizados vários tipos de contêineres ao invés de um único tipo. Neste modelo é possível o posicionamento por navios.

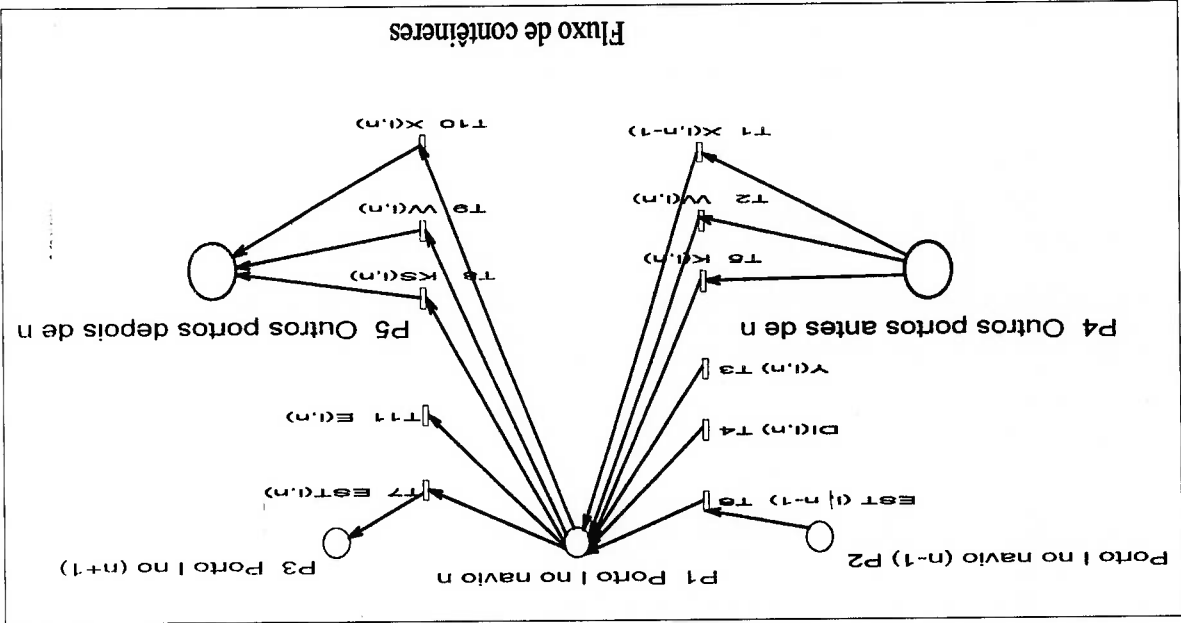
O horizonte de programação de Barco (1998) é de quatro semanas, escolhido de acordo com informações junto à empresa de navegação.

A Figura 2.4 exemplifica o fluxo de contêineres do modelo Particular baseado na passagem dos navios pelos portos.

A notação empregada na Figura 2.4 é explicada abaixo:

- T1: representa os contêineres vazios posicionados pelo navio (n-1) dos outros portos para o porto I;
- T2: representa os contêineres vazios posicionados por caminhão dos outros portos para o porto I, a tempo de embarcar no navio n;
- T3: representa os contêineres alugados no porto I, a tempo de embarcar no navio n;
- T4: representa os contêineres vazios que retornam do reparo ou da importação no porto I, a tempo de embarcar no navio n;
- T5: representa os contêineres vazios pré-posicionados dos outros portos para o porto I, a tempo de embarcar no navio n;
- T6: representa os contêineres vazios que ficam armazenados no porto I, depois da passagem do navio (n-1);
- T7: representa os contêineres vazios que ficam armazenados no porto I, depois da passagem do navio (n);
- T8: representa os contêineres vazios que serão transportados pelo navio n do porto I para outros portos conforme planejamento prévio;
- T9: representa os contêineres vazios que serão transportados por caminhão do porto I para os outros portos, na saída do navio n;
- T10: representa os contêineres vazios transportados pelo navio (n) do porto I para os outros portos;

Figura 2.4 - Fluxo de contêineres (BARCO, 1998)



- T11: representa os contêineres cheios embarcados no navio (n) do porto I para fora do sistema;
- P1: representa o porto I na passagem do navio (n);
- P2: representa o porto I na passagem do navio (n-1);
- P3: representa o porto I na passagem do navio (n+1);
- P4: representa o conjunto dos outros portos antes da passagem do navio (n) no porto I;
- P5: representa o conjunto dos outros portos depois da passagem do navio (n) no porto I;
- W: contêineres movimentados por caminhão
- X: contêineres movimentados por navio
- Y: contêineres obtidos por leasing
- EST: estoque de vazios após a passagem do navio n
- DI: contêineres vazios que retornaram do reparo ou importação
- K: contêineres vazios que vão embarcar no navio n
- KS: contêineres vazios que serão transportados para outros portos na saída de n
- E: contêineres cheios embarcados no navio n para fora do sistema

Algumas hipóteses foram adotadas neste último modelo:

- Os contêineres vazios que chegam a um porto em um dado navio apenas estarão disponíveis para o próximo navio que passar por este porto. (Essa condição é válida, ainda que o próximo navio tenha passagem no mesmo dia).
- Os equipamentos que vierem de importação e ainda estão sendo desovados pelo importador também não estão disponíveis.

- O schedule continua sendo considerado fixo para simplificar o problema.

- Os navios utilizam 10%, fixos, de sua capacidade em T.E.U.s para transporte de contêineres vazios por sentido (norte-sul e sul-norte)

- Um mesmo navio recebe nomes diferentes quanto ao sentido de sua viagem, por exemplo; o navio caroc, Cap Roca, quando passa num porto viajando no sentido norte-sul, recebe o nome de carocs e quando passa neste mesmo porto no sentido sul-norte, recebe o nome de carocn. Essa forma de tratamento facilita a programação em GAMS no caso do navio repetir a visita em um porto.

Referente à implementação computacional de Barco (1998), um navio fictício, INICIO, marca a data inicial do período de planejamento garantindo que seja igual em todos os portos assim como outro navio fictício FINAL marca o final do período. O estoque mínimo (estimado por séries históricas) é garantido colocando-se como demanda no navio fictício FINAL de cada porto de entrada do modelo particular.

Outro assunto tratado no modelo Particular é relacionado ao estoque mínimo; como os contêineres ficam presos com os importadores ou em reparo é necessário manter um estoque de equipamentos vazios para que se possa atender aos fechamentos de carga. Como os fechamentos são incertos, pode haver um aumento repentino na demanda que o estoque deve suprir, logo o estoque deve ser estimado por séries históricas. O modelo Particular garante o estoque mínimo desejado em cada porto no fim do planejamento, colocando a quantidade desejada como demanda no navio FINAL de cada porto do arquivo de entrada do modelo. Nas somatórias mostradas a seguir não são explicitados os limites de variação de cada índice.

Os custos considerados no modelo são:

- Custo unitário de embarque no porto de origem mais o custo de desembarque no porto de destino. Como o contêiner vazio não impedirá o transporte de um cheio entre os dois portos e o reposicionamento será realizado por frota própria, não será considerado o custo de transporte marítimo.
- Custo unitário de transporte por terra, estimado por dados históricos.
- Custo médio unitário de se alugar um contêiner.
- Taxa unitária diária de armazenagem dos equipamentos nos portos.

Parâmetros de entrada:

- EU : Conjunto de todos os tipos de contêineres da empresa que serão controlados.
- $P(eu)$: O conjunto dos nós representando os portos onde os contêineres do tipo eu são armazenados.
- $N(i)$: O conjunto dos navios do *schedule* que passam pelo porto i .
- E_i^{n-*eu*} : quantidade de contêineres do tipo eu que serão embarcadas com carga no porto i no navio n .
- DI_i^{n-*eu*} : quantidade de contêineres do tipo eu que voltaram de importação ou reparo, tornando-se disponíveis no porto i para embarque a partir do navio n .
- K_i^{n-*eu*} : quantidade de contêineres vazios do tipo eu cujo transporte para o porto i foi previamente programado e que ficarão disponíveis para embarque a partir do navio n .
- KS_i^{n-*eu*} : quantidade de contêineres do tipo eu cujo transporte, do porto i para outro porto, foi previamente programado, saindo no navio n .
- $TEMP_i^n$: é o tempo em dias entre o navio $(n-1)$ e o navio n , no porto i .
- CA_n : é 10% da capacidade disponível para embarque de contêineres vazios do navio n .

Custos considerados:

- C_{ij}^{1en} : custo unitário de posicionamento do contêiner en por navio do porto i para o porto j .
- C_{ij}^{2en} : custo médio unitário de transporte do equipamento en por terra do porto i para o porto j .
- C_{3i}^{en} : custo médio unitário para se alugar um contêiner en no porto i .
- C_{4en}^{en} : taxa mínima diária de armazenagem do contêiner en no porto i .

Variáveis de decisão:

- X_{ij}^{n-en} : quantidade de contêineres vazios do tipo en alocada no navio n do porto i para o porto j .
- W_{ij}^{n-en} : quantidade de contêineres vazios do tipo en alocada em caminhões do porto i , para o navio n no porto j .
- Y_i^{n-en} : quantidade de contêineres en alugada no porto i para o navio n .

Variáveis auxiliares

- EST_i^{n-en} : é a quantidade de contêineres en mantidas em estoque no porto i na saída do navio n .

Função Objetivo:

$$Z = \sum_{en} \sum_{i} \sum_{j} C_{ij}^{1en} X_{ij}^{n-en} + C_{2ij}^{en} W_{ij}^{n-en} + \sum_{en} \sum_{i} C_{3i}^{en} Y_i^{n-en} + C_{4en}^{en} EST_i^{n-en} * TEMP_i^{n-en} + \sum_{en} \sum_{i} C_{3i}^{en} Y_i^{n-en} + C_{4en}^{en} EST_i^{n-en} * TEMP_i^{n-en} \quad (2.1)$$

onde Z é a variável a minimizar.

- $X_{j,i,n-1,t}$ quantidade de contêineres vazios do tipo t trazidos pelo navio $(n-1)$ do porto j e que estará disponível quando o navio n passar no porto i .
 - $W_{j,i,n,t}$ quantidade de contêineres vazios do tipo t reposicionada por terra vinda do porto j para o porto i quando da passagem do navio n .
 - $O_{i,n,t}$ balanço de contêineres do tipo t entre a passagem do navio n .
 - $Y_{i,n,t}$ quantidade de contêineres do tipo t alojados no porto i na passagem do navio n .
- Onde:

A Figura 2.5 exemplifica o fluxo de contêineres do modelo proposto por Oliveira et. al, (1998). Logo após esta o modelo matemático referente à figura.

Primeiramente, procurou-se determinar o fluxo de contêineres em um determinado porto. Nesta fase, considerou-se um único tipo de contêiner, sendo posteriormente inserido três tipos.

- Possibilidade de troca de contêineres vazios,
- Capacidade dos navios flexibilizada e
- Introdução de estoque mínimo de segurança nos portos.

Particular, tais como:

No trabalho de Oliveira et. al., (1998) são realizadas melhorias no modelo

$$\sum_{j|j>i} X_{ji}^{n-} + \sum_{k|k<i} \sum_{j|j>i} X_{kj}^{n-} \leq CA_n \quad (2.3)$$

Restrição de capacidade de reposicionamento por navio:

determinado navio.

onde $i < j$, significa que o porto i fica antes do porto j no *schedule* de um

$$+ Y_{i,n-} + \sum_{j|j<i} (X_{ji}^{(n-1)-} + W_{ji}^{n-} - \sum_{j|j<i} X_{ij}^{n-}) + \sum_{i|j} W_{ij}^{n-} \quad (2.2)$$

$$EST_i^{n-} = EST_i^{(n-1)-} - E_i^{n-} + DI_i^{n-} + K_i^{n-} - KS_i^{n-} +$$

Restrição de continuidade do estoque:

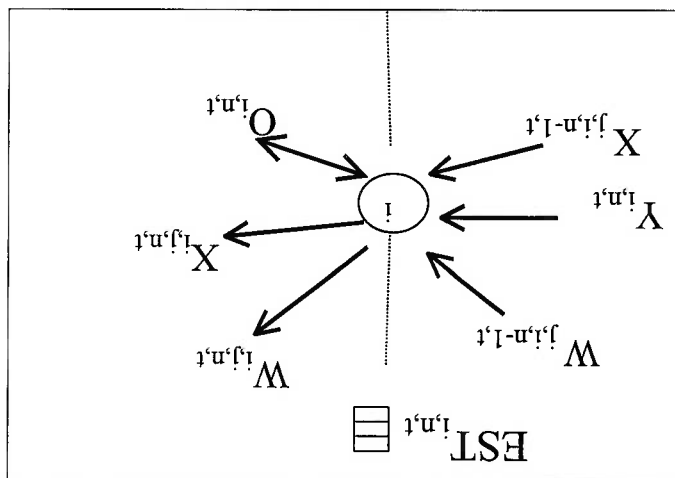
É ilustrado na Figura 2.6 o fluxo de contêineres com as possibilidades de trocas, sendo que as variáveis U12 e U21 explicam as trocas ocorridas em i .

- $XT_{ij,n-1,t}$ contêineres trocados transportados por navio;
- $G_{ij,n,t}$ contêineres trocados transportados por terra;
- $U_{12,ij,n}$ contêineres trocados internamente nos portos (dois de 20" por um de 40");
- $U_{21,ij,n}$ contêineres trocados internamente nos portos (um de 40" por dois de 20").

Com isso foram introduzidas algumas variáveis para representar esses contêineres trocados. A troca é realizada entre contêineres de 20" e 40" somente do tipo DC, devido a especificidade dos outros tipos, HK e IN. As possibilidades de troca são um contêiner DC-40 por dois DC-20 e vice versa.

A partir da determinação do fluxo de contêiner no porto i , foi feita a inclusão da possibilidade de trocas de contêineres.

Figura 2.5 - Fluxo de contêiner (OLIVEIRA et al, 1998)



- $Est_{i,n,t}$ estoque no porto i , na passagem do navio n , no tempo t .

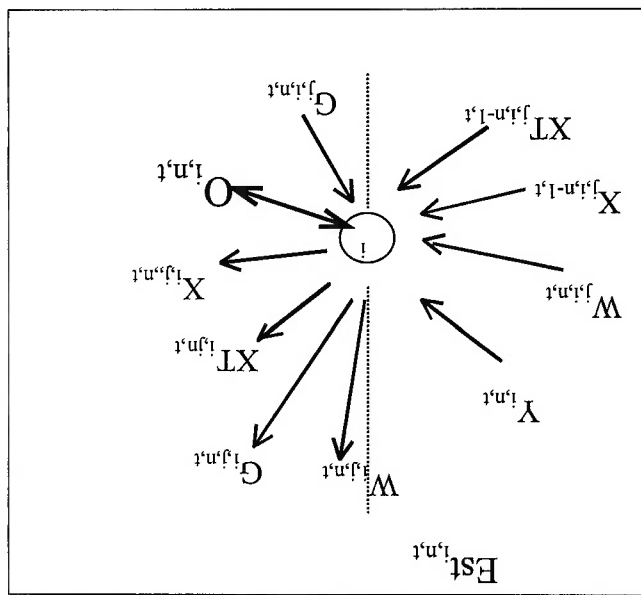
Para a elaboração da equação da capacidade foi necessário conhecer a quantidade de contêineres cheios que embarcam em cada navio, bem como a origem e o destino destes contêineres. Para isso incluiu-se outros parâmetros; Z_1, Z_2, Z_3 e Z_4 , significando contêineres de 20" simples (DC), 20" insulado (IN), 40" simples (DC) e 40" refrigerados (HK) respectivamente. Para cada um destes parâmetros foi confeccionada uma tabela com a origem, o destino e o navio que vai levar os contêineres cheios. Desse modo o fluxo continua o mesmo, porém mais três equações são adicionadas ao modelo: equação de capacidade dos navios, equação de limite de troca de contêineres de 40" em cada porto e equação de limite de troca de contêineres de 20" em cada porto.

O modelo foi rodado em várias condições para a verificação dos resultados e validação do mesmo.

Os dados de entrada do modelo em relação ao modelo de Barco (1998) aumentaram quantitativamente e qualitativamente bem como o tempo de processamento. Porém, pode-se ter muito mais controle sobre as operações de movimentação de contêineres vazios.

De acordo com os autores, as companhias de navegação, bem como os armadores de contêineres utilizando-se desta ferramenta possuirão um leque maior de alternativas de modo a atender satisfatoriamente os seus objetivos.

Figura 2.6 - Fluxo de Contêineres com trocas entre DC-20 e DC-40 (OLIVEIRA et al, 1998).



O trabalho de Ono, (2001), deu suporte ao presente trabalho nas questões de; tratamento de navios com dupla passagem pelos portos e capacidade do navio variando de acordo com o trecho da viagem.

No trabalho de Ono, (2001) é tratado o transporte por cabotagem numa viagem cíclica, desenvolvendo uma nova metodologia para a resolução de um problema de *scheduling* com características de rotas cíclicas, envolvendo multi-origens e multi-destinos.

Primeiramente foram gerados todos os roteiros viáveis, juntamente com os parâmetros relativos a cada uma das rotas para cada classe de embarcação. Posteriormente foi desenvolvido um modelo de programação linear com o objetivo de minimizar o custo total da operação de cabotagem. Estas duas etapas foram amparadas por dois modelos matemáticos, sendo um em cada etapa. Na primeira fase o modelo foi chamado de modelo 1 e gerou as rotas viáveis.

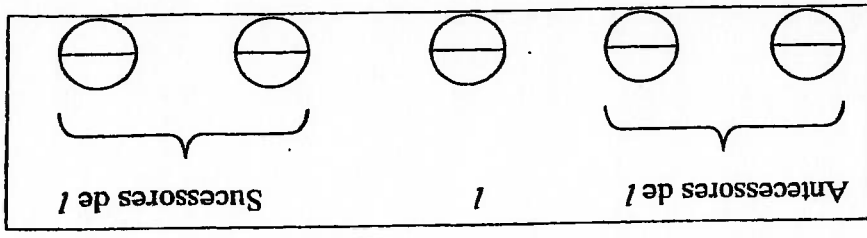
A Figura 2.7 a seguir, mostra o esquema para a formulação do modelo 1 Na segunda etapa o modelo, chamado de modelo 2, gerou rotas otimizadas tendo como base os resultados obtidos do modelo 1.

No caso do presente trabalho é fornecido o *schedule* do navio, portanto a rota de cada navio já é conhecida.

Para cada par origem-destino de uma viagem, Ono (2001) considerava todas as cargas que podem estar presentes. A Figura 2.8 mostra uma rota de onde são retirados os pares de origem-destino:

Trecho A-B: A-B, A-C, A-D, A-E, D-E, D-B, C-B, E-B.
Trecho B-C: B-C, B-D, B-E, B-A, A-C, A-D, A-E.
Trecho C-E: C-E, C-D, A-E, A-D, B-D, B-E, D-E.
Trecho E-D: E-D, E-C, E-B, E-A, C-D, A-D, B-D.
Trecho D-C: D-C, D-B, D-A, D-E, E-C, E-A, E-B.

Figura 2.9 - Representação dos grupos de portos (ONO, 2001)



Numa viagem cíclica os portos se repetem, sendo que, um mesmo porto pode ser antecessor e sucessor de outro porto. Para lidar com esta questão, após definir os grupos de portos, Ono 2001 adotou o índice l para representar o porto de saída da viagem que será estudada, Figura 2.9.

Figura 2.8 - Exemplo de rota (ONO, 2001)

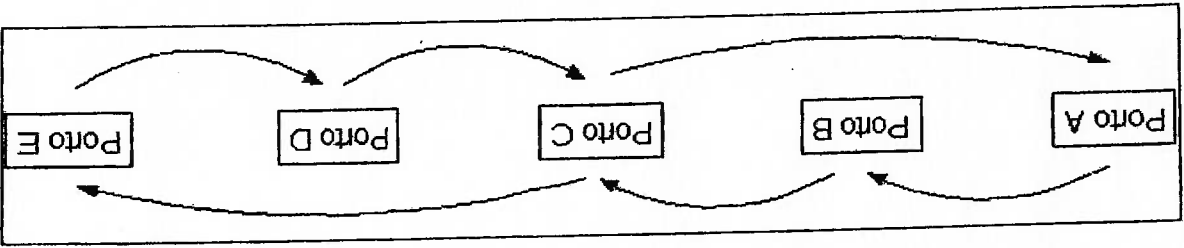
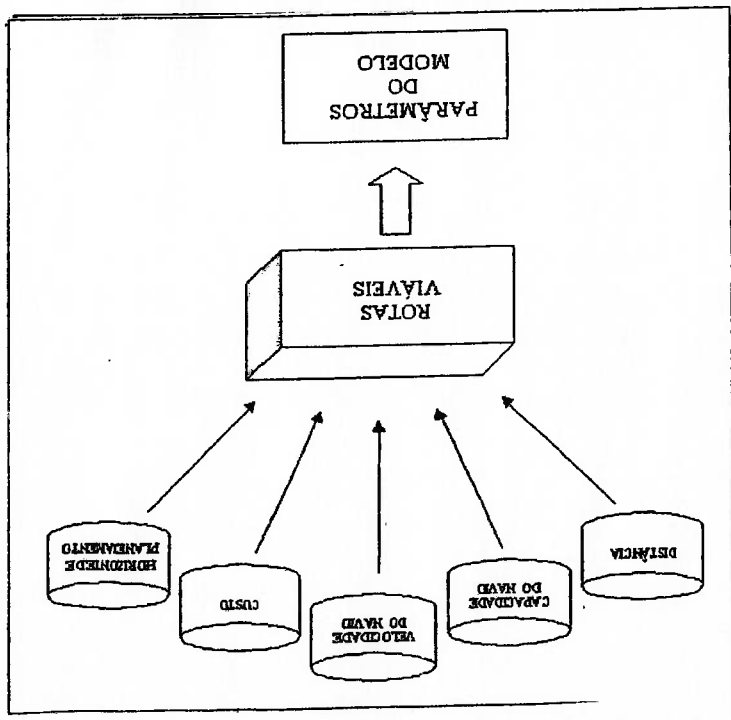


Figura 2.7 - Esquema do modelo 1 (ONO, 2001)



As possibilidades de carregamento entre os grupos foram enumeradas da seguinte forma:

- Cargas com origens em todos os portos antecedentes à l e destinos em portos visitados e antecedentes aos portos de origem.
- Cargas com origem em portos antecedentes à l e destinos em portos visitados sucessores aos portos de origem e antecedentes à l .
- Cargas com origem em todos os portos visitados e antecedentes à l e destinos em todos os portos visitados sucessores à l .
- Cargas com origem em l e destinos em todos os portos visitados antecedentes a l .
- Cargas com origem no porto de índice l e destinos em todos os portos visitados sucessores à l .
- Cargas com origem em todos os portos antecedentes a l e destinos em portos visitados sucessores aos portos de origem.
- Cargas com origem em portos sucessores a l e destinos em portos visitados sucessores à l e antecedentes à origem.

A rota exemplificada na Figura 2.8 pode ser representada como na Figura 2.10.

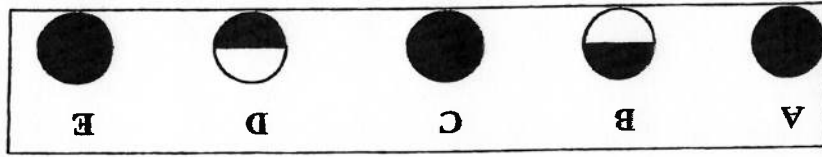


Figura 2.10 - Representação da rota adotada como exemplo (ONO, 2001)

Cada trecho entre o porto de índice i e o porto de índice j pode ser formulada matematicamente. A soma de todas as parcelas resulta na expressão da restrição de capacidade do navio. Essa restrição teve uma metodologia complexa devido às características da viagem cíclica com a inclusão de sete regras, descritas anteriormente. Com isso é possível observar a capacidade do navio nos trechos da viagem.

O modelo ainda permite algumas variações, como quantidade de portos, número de rotas, velocidade, capacidade, quantidade e custos das embarcações e demanda de cargas. A validação do modelo foi feita por meio de um estudo de caso baseado em dados reais da empresa HSAC. A solução gerada pelo modelo apresenta características tanto estratégicas quanto operacionais. Estratégicas no sentido de apresentar um dimensionamento da frota dedicada a esse serviço, bem como estabelecer as rotas necessárias para o atendimento da demanda. Operacionais no sentido de apresentar as condições de carregamento, inclusive de ocupação da embarcação por trecho.

O artigo de CHOONG (2002) analisa o efeito do tamanho de um horizonte de planejamento no gerenciamento de contêineres vazios numa rede de transporte intermodal. Faz-se comparações de custos entre períodos de horizonte de planejamento adotados (15 e 30 dias). O custo apresentado no período de 15 dias é comparado com o custo dos primeiros 15 dias do período de 30 dias. A estrutura base do modelo é uma adaptação do modelo determinístico com único tipo de contêiner, descrito por Crainic; Gendreau; Dejax (1993). O objetivo do modelo é minimizar o custo total de movimentação de contêineres vazios. Sendo este custo composto por custo de movimentação de contêineres vazios entre terminais; custo de armazenagem, custo de aquisição de contêineres fora do sistema (*leasing*, compra, empréstimo).

Algumas hipóteses foram adotadas:

1. Quantidade de contêineres vazios disponíveis conhecida,
2. Quantidade de contêineres vazios necessária conhecida,
3. Quando um contêiner é desovado torna-se imediatamente disponível,
4. Para simplificar o modelo, não é permitido estocar contêineres vazios em clientes de oferta. Depois de descarregado, o contêiner é transportado para cliente de demanda ou terminais,
5. Os contêineres vazios não irão para clientes de demanda com grande antecedência ou para períodos futuros,
6. Uso de um único tipo de contêiner,

A metodologia de resolução por meio de modelagem matemática linear proposta no presente trabalho baseia-se na dissertação de Barco (1998), que é específico para o problema do contêiner vazio e tem como objetivo a minimização dos custos. O modelo proposto difere do modelo Particular de Barco (1998) na questão do tratamento da capacidade do navio, nos navios com dupla passagem pelos portos e no estabelecimento de estoque mínimo nos portos, que Barco (1998) garante colocando a quantidade de contêineres vazios necessários para o estoque mínimo como demanda em um navio fictício. Outra implementação no modelo proposto é a

2.3. Comentários

Comparando os resultados entre 15 e 30 dias de planejamento é percebido que os custos são menores para o horizonte de planejamento mais curto. impacto no horizonte de planejamento.

As mudanças quanto à capacidade diária por navio relativamente não surtiram contêineres desovados.

estudo foi realizado utilizando 3, 5 e 7 terminais de contêineres, capacidade diária de transporte de contêineres vazios por navio (BL); 0.5%, 10% e 20% do total de Foi feito um estudo de caso com base nas atividades do rio Mississippi. Esse

descartes.

15. Os contêineres estão prontos para serem usados, não considerando reparos ou
14. A capacidade de estocagem nos portos independem do período,
13. Os custos são independentes do tempo no período,
12. Os tempos de trânsito são independentes do começo e chegada no período,
11. O modal é decidido na zona portuária,
10. São considerados três tipos de transporte; caminhão, trem e barcaças,
9. Os contêineres podem ser alugados, comprados ou emprestados, são determinados os terminais,
8. O número de contêineres vazios é previsto no horizonte de planejamento e
7. Não são permitidas mudanças de planos,

inserção de uma janela de tempo entre a chegada do contêiner vazio nos portos e sua utilização o que torna o modelo mais adequado à realidade. O tratamento da restrição de capacidade do navio foi inspirado no trabalho de Ono (2001)

3. O MODELO PROPOSTO

Neste capítulo é apresentada a modelagem matemática do problema do re-posicionamento do contêiner vazio, sob a ótica de uma empresa de navegação. Mostra-se inicialmente uma descrição detalhada do problema objeto do estudo; a seguir é apresentado o modelo matemático proposto, especificando-se seus índices, variáveis de decisão, função objetivo e restrições.

3.1. O problema do reposicionamento do contêiner vazio

Considere uma empresa de navegação cuja frota de navios porta contêineres opere, por exemplo, numa rota Europa (América do Norte) – América do Sul (Costa Leste), com *schedules* definidos.

A situação mais provável é que, num dado porto da rota, exista desbalançamento entre a quantidade de contêineres cheios, de um dado tipo e tamanho, que os navios trazem ao porto, daqui para frente chamados de contêineres de importação, e a quantidade de contêineres cheios, do mesmo tipo e tamanho, que os navios retiram do porto, doravante denominados contêineres de exportação.

Dado este desbalançamento, para que não sobreem contêineres num dado porto, mais precisamente no terminal de contêineres da empresa na região de influência do porto, e não faltem contêineres vazios para atender a demanda de exportação em outro porto, a empresa procura reposicionar os contêineres vazios.

O reposicionamento dos contêineres vazios pode ser realizado por meio dos próprios navios da frota, utilizando espaço ocioso nos navios, ou por meio de caminhões. Outra alternativa a ser considerada é o aluguel de contêineres vazios para

atender a demanda da exportação. Convém observar que a própria viabilidade do aluguel de contêineres está condicionada à existência da oferta de contêineres vazios na região. (No caso em que haja um desbalançamento generalizado no transporte marítimo entre a exportação e importação de um dado tipo de contêiner, num porto, e que não haja desbalançamento em sentido contrário no transporte terrestre destes contêineres, é pouco provável que haja oferta de contêineres vazios deste tipo de contêiner.)

Sem o reposicionamento ou o aluguel de contêineres vazios, a oferta de um tipo k num porto i , num dia t , associado ao carregamento de um navio n , depende:

- do estoque de contêineres vazios após a saída do navio anterior;
- da quantidade de contêineres vazios que retornaram dos clientes de importação após a passagem do último navio;
- da quantidade de contêineres que vieram do reparo após o último navio.

Por sua vez, a demanda de contêineres vazios do tipo k , no porto i , no dia t em que passa o navio n é igual à demanda de exportação de contêineres cheios do tipo k , no navio n , a partir do porto i .

O problema do reposicionamento dos contêineres vazios pode, então, ser definido. Dado um horizonte de planejamento, com os correspondentes *schedules* dos navios, e conhecidas as ofertas e demandas de contêineres vazios, de cada tipo, em cada porto da rota, pretende-se determinar a configuração, envolvendo o transporte marítimo (utilizando os navios da frota) e transporte terrestre, para reposicionamento dos contêineres vazios da empresa, e o aluguel de contêineres novos, que minimize o custo da empresa.

3.2. O modelo matemático

São apresentadas inicialmente as definições dos índices e conjuntos utilizados no modelo, das variáveis de decisão; a seguir são introduzidas a função objetivo e as restrições do problema.

3.2.1 Índices e conjuntos

Como base para a elaboração do modelo, definem-se os seguintes índices e conjuntos a serem utilizados nas variáveis e parâmetros:

- n : para indicar os navios pertencentes à companhia que participam do processo e N o conjunto de navios no horizonte de planejamento;
- i, j, l : para indicar portos e I o conjunto de portos no horizonte de planejamento;
- k : para indicar o tipo de contêiner e K o conjunto de tipos de contêineres;
- t : para indicar a unidade de tempo (nos exemplos apresentados, a unidade é medida em dias) e T o conjunto dos dias.

3.2.2 Parâmetros

Os parâmetros do modelo são:

- $C1_{i,k,j}$: é o custo unitário de movimentação de contêineres vazios, do tipo k do porto i para o porto j por meio de navios;
- $C2_{i,k,j}$: é o custo unitário de movimentação de contêineres vazios, do tipo k do porto i para o porto j por meio rodoviário;
- $C3_{i,k}$: custo unitário de *leasing* para contêineres vazios, do tipo k no porto i .
- $C4_{i,k}$: é o custo unitário de estocagem, por uma unidade de tempo para contêineres vazios do tipo k no porto i .
- $TEMP_{t,n,j}$: é o intervalo de tempo entre a passagem do navio n , que passa na data t no porto i , e o navio antecedente a este. Caso não exista um antecedente a

- este navio, este tempo é calculado a partir do primeiro dia do período de análise.
- $SUC_{i,n,t}$: é o conjunto de portos sucessores ao porto i na passagem do navio n na data de índice t .
 - $EST_{i,n,t,k}$: é o estoque de contêineres vazios do tipo k , na data t , no porto i , na passagem do navio n .

3.2.3 Variáveis de decisão

Para elaborar o modelo matemático correspondente ao problema enunciado, o primeiro passo é identificar corretamente as variáveis de decisão do problema. A primeira vista, esta tarefa parece simples – as variáveis de decisão seriam:

1. a quantidade de contêineres vazios, de cada tipo k , transportada para cada navio n entre os portos i e j .
2. a quantidade de contêineres vazios, de cada tipo k , transportada por caminho do porto i ao porto j para atender a demanda de exportação no navio n .
3. a quantidade de contêineres vazios de cada tipo k , aliçada no porto i para atender a demanda de exportação no navio n .

É necessário um cuidado adicional para especificar as variáveis de decisão, face ao aspecto particular dos *schedules* dos navios. Dado um horizonte de planejamento, ainda que a duração de uma viagem redonda de um navio seja menor do que a amplitude do intervalo, o navio poderá passar mais de uma vez por algum porto. Por exemplo, é comum a passagem pelo porto de Santos de um navio vindo da Europa, deixando lá os contêineres de importação e seguindo para portos mais ao sul; ao retornar ele passa novamente por Santos para carregar os contêineres de exportação.

Considerando a possibilidade de ocorrer mais de uma passagem do navio por dado porto, dentro do horizonte de planejamento, as variáveis de decisão mencionadas devem ter um índice adicional associado ao dia de sua passagem.

Assim, as variáveis serão designadas por:

- $X_{t,n,i,j,k}$, variável inteira não negativa que indica a quantidade de contêineres do tipo k embarcadas no porto i , no dia t , no navio n , com destino ao porto j ,
- $W_{t,n,i,j,k}$, variável inteira não negativa que indica a quantidade de contêineres do tipo k despachadas por caminho, na data t , do porto i , com destino ao porto j , para atender a demanda de exportação do navio n ,
- $Y_{t,n,i,k}$, variável inteira não negativa que indica a quantidade de contêineres do tipo k aliugados no porto i para atender a demanda de exportação do navio n no dia t .

Convém observar que, por analogia com a variável X , também para a variável W , o índice t especifica o dia em que o contêiner vazio é retirado do porto i , mas o seu valor está diretamente ligado à data da passagem do navio n no porto j . A data representada pelo índice t é formada pelo tempo de viagem mais o prazo de antecedência. Isto é, se o navio n vai fazer escala no porto j no dia t , o dia t em que o caminho deve sair do porto i levando contêiner vazio para o porto j é obtido por meio da expressão: $t = t' + (tvc_{ij} + \text{prazo})$ em que tvc_{ij} é o tempo de viagem por caminho entre os portos i e j e prazo é o intervalo de tempo necessário para que um contêiner vazio entregue no porto i possa ser ovado (carregado) para exportação.

Além das variáveis de decisão X, W e Y , que caracterizam as decisões a serem tomadas, introduz-se ainda a variável:

- $EST_{t,n,i,k}$: é o estoque de contêineres do tipo k , no porto i , depois da passagem do navio n no dia t .

Cabe mencionar que, com a forma escolhida para indexar as variáveis de decisão X , incluindo um índice adicional t em relação à notação utilizada por Barco (1998), desaparecem as indefinições que o conduziram a substituir, na implementação computacional de seu modelo, cada navio por dois outros: navio sul, para o trecho da viagem no sentido sul e navio norte, para o trecho da viagem no sentido norte.

Ftendo em vista aperfeiçoar o modelo matemático de Barco (1998), explicitando a variação dos índices nas diversas somatórias e levando em conta as dificuldades encontradas por Ono (2001) ao trabalhar com navios porta contêineres em rotas cíclicas, é conveniente introduzir o conceito de portos antecessores e sucessores de um porto i na rota de um navio n , como se expõe a seguir, respeitando o *schedule* de cada navio.

Considerando que, numa viagem de um navio porta contêiner, os portos da costa brasileira sejam visitados tanto no sentido sul, quando o navio vem da Europa, e (ou Estados Unidos) ou no sentido norte, quando o navio retorna para a Europa, que alguns portos brasileiros sejam visitados duas vezes, para a modelagem matemática do problema de reposicionamento de contêineres vazios, é relevante definir, para um dado navio n e um dado porto p , quais são os portos antecessores e quais os portos sucessores. Isto é, de que portos o navio n pode levar contêineres vazios para o porto p e para que portos o navio n pode levar contêineres vazios no porto p . Se o navio n visita o porto p duas vezes, é necessário especificar os antecessores e sucessores, em cada uma das visitas. Isto é, é preciso definir o dia t de cada visita e , então, definir para o navio n quando de sua passagem pelo porto p no dia t , quais são os portos antecessores e quais os portos sucessores.

Convém ainda mencionar que o estabelecimento dos portos antecessores e sucessores não deve ser uma simples consulta aos *schedules* dos navios, mas deve eliminar movimentações de contêineres que, a priori, são ineficientes ou não têm sentido. Assim, por exemplo, se o navio N vai passar pelo porto de Santos no sentido sul e no sentido norte e depois passar pelo porto de Salvador, este deve ser considerado sucessor de Santos somente na segunda passagem. Da mesma forma, se na viagem sul, o navio N passou por Suape, este porto deve ser considerado anterior de Santos somente na primeira passagem. Também Santos na segunda passagem não é sucessor de Santos na primeira passagem

Convém enfatizar que o procedimento descrito vale para uma rota cíclica genérica e se aplica a todos os portos da rota, desde que sejam conhecidas as previsões de embarque e desembarque em cada porto.

Para que um contêiner vazio não ocupe o espaço de um contêiner cheio e necessário conhecer a capacidade ociosa do navio entre um porto e outro. Para tanto

é preciso ter: uma matriz de carregamento do navio quando este chega ao primeiro porto; uma matriz para cada porto brasileiro de carga e descarga do contêiner cheio. Com isso sabe-se a quantidade de espaços vagos no navio que poderão ser ocupados por contêineres vazios.

3.2.4 Função objetivo

O modelo tem como função objetivo a minimização dos custos de realocação de contêineres vazios, com o comprometimento de total atendimento das demandas. A função objetivo é composta por quatro parcelas:

- A primeira parcela refere-se ao custo unitário de movimentação de contêineres vazios efetuada por navio multiplicado pela quantidade de contêineres vazios movimentada por navio

$$(3.1) \quad \sum_{t \in T} \sum_{n \in N} \sum_{i \in I} \sum_{j \in SUC(i, n, t)} \sum_{k \in K} C1_{i, j, k} \cdot X_{t, n, i, j, k}$$

- A segunda parcela refere-se ao custo unitário de movimentação de contêineres vazios por meio rodoviário multiplicado pela quantidade de contêineres vazios movimentada por meio rodoviário.

$$(3.2) \quad \sum_{t \in T} \sum_{n \in N} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} C2_{i, j, k} \cdot W_{t, n, i, j, k}$$

- A terceira parcela refere-se ao custo unitário para aquisição de contêineres vazios por *leasing* multiplicado pela quantidade de contêineres vazios alugados

$$(3.3) \quad \sum_{t \in T} \sum_{n \in N} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} C3_{i, k} \cdot Y_{t, n, i, k}$$

• A quarta parcela refere-se ao custo unitário de estocagem de contêiner

vazio multiplicado pela quantidade de contêineres vazios estocados e pelos dias que

os contêineres ficarão estocados.

$$\sum_{t \in T} \sum_{n \in N} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} C4_{i,k} \cdot EST_{t,n,i,k} \cdot TEMP_{t,n,i} \quad (3.4)$$

A função objetivo é assim calculada:

$$Z = \sum_{t \in T} \sum_{n \in N} \sum_{i \in I} \sum_{j \in SUC(i,n,t)} \sum_{k \in K} C1_{i,k,j} \cdot X_{t,n,i,j,k} + \sum_{t \in T} \sum_{n \in N} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} C2_{i,j,k} \cdot W_{t,n,i,j,k} + \sum_{t \neq j} \sum_{t \in T} \sum_{n \in N} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} C3_{i,k} \cdot Y_{t,n,i,k} + \sum_{t \in T} \sum_{n \in N} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} C4_{i,k} \cdot EST_{t,n,i,k} \cdot TEMP_{t,n,i} \quad (3.5)$$

em que:

- $C1_{i,k,j}$: é o custo unitário de movimentação de contêineres vazios, do tipo k do porto i para o porto j por meio de navios;
- $C2_{i,k,j}$: é o custo unitário de movimentação de contêineres vazios, do tipo k do porto i para o porto j por meio rodoviário;
- $C3_{i,k}$: custo unitário de leasing para contêineres vazios, do tipo k no porto i .
- $C4_{i,k}$: é o custo unitário de estocagem, por uma unidade de tempo para contêineres vazios do tipo k no porto i .
- $TEMP_{t,n,i}$: é o intervalo de tempo entre a passagem do navio n , que passa na data t no porto i , e o navio antecessor a este. Caso não exista um antecessor a este navio, este tempo é calculado a partir do primeiro dia do período de análise.
- $SUC_{i,n,t}$: é o conjunto de portos sucessores ao porto i na passagem do navio n na data de índice t .

- $EST_{t,n,i,k}$: é o estoque de contêineres vazios do tipo k , na data t , no porto i , na passagem do navio n .

3.2.5 Restrições

RESTRIÇÃO DE EQUILÍBRIO

$$\begin{aligned}
 EST_{t,n,i,k} = & EST_{t'=ATT(t,n,i),n'=ANN(t,n,i),i,k} - \sum_{j \in SUC(t,n,t)} X_{t,n,i,j,k} + \\
 & + Y_{t,n,i,k} - \sum_{j \in CON(t,n,t)} X_{t,n,i,j,k} + \\
 & + \sum_{n' \in NCON(t,n,i)} \sum_{j \in JCON(n',t,n,i)} X_{t'=TWIS(n',j),n',j,i,k} + \\
 & - \sum_t \sum_{j \in I} \sum_{n' \in NSC(t',t,j)} W_{t',n',i,j,k} + \\
 & + \sum_{j \in J} W_{t=t-prazo-TVC(j,i),n,i,j,k}
 \end{aligned}$$

$t \in T, n \in N, i \in I, k \in K$

(3.6)

em que:

- $EST_{t,n,i,k}$: é o estoque de contêineres vazios do tipo k , do porto i , após a passagem do navio n na data t .
- $ATT_{t,n,i}$: é o índice do dia da passagem no porto i do navio que precede imediatamente o navio n em sua passagem por este no dia t ;
- $ANN_{t,n,i}$: é o índice do navio que precede imediatamente o navio n em sua passagem pelo porto i no dia t ;
- $O_{n,i,k}$: representa a diferença entre a oferta e a demanda de contêineres vazios para atender a demanda de exportação de contêineres cheios do tipo k no porto i , pelo navio n no dia t . Este parâmetro representa essencialmente um balanço entre os contêineres que voltaram ao porto de clientes de

- importação ou do reparo, tornando-se disponíveis para os clientes de exportação, e os contêineres necessários para atender a demanda de exportação neste porto. (No caso de aplicação sucessiva do modelo, o parâmetro $O_{n,i,k}$ deve levar em conta reposicionamentos de contêineres vazios previamente programados). O parâmetro pode ser positivo, significando que há um excesso de oferta de contêineres vazios, ou negativo, significando que há um excesso de demanda;
- $Y_{n,i,k}$: é a quantidade de contêineres vazios do tipo k alojados, no porto i para atender a demanda do navio n , no dia t ;
 - $SUC(i,n,t)$: é o conjunto de portos sucessores do porto i na rota do navio n após sua passagem no dia t ;
 - $X_{n,i,j,k}$: é a quantidade de contêineres vazios do tipo k embarcados no navio n no porto i para o porto j na data t .
 - **prazo**: é o prazo de antecedência com que um contêiner vazio deve chegar a um porto tendo em vista o seu carregamento num dado navio.
 - **TVIS (n,i)**: é o dia em que o navio n visita o porto i (no caso de dupla passagem, haverá dois valores para $TVIS_{n,i}$);
 - **NCON (i,n,i) = {n' ∈ N: ATT_{in'} - prazo > TVIS_{n',i} ≤ t - prazo}** é o conjunto de navios anteriores ao navio n que podem trazer contêineres vazios de outros portos para atender especificamente a demanda do navio n no porto i no dia t . Observe-se que: a) o navio n visita o porto i num dia anterior ou igual a t -prazo, permitindo que o contêiner vazio que ele traz tenha tempo suficiente para ser preenchido com carga e embarcado no navio n no dia t ; b) o navio n' visita o porto num dia posterior a $ATT_{in'}$ - prazo, de forma que não há tempo adequado para que os contêineres vazios que ele traz sejam embarcados cheios no navio que atende o navio n no porto i .
 - **ANT(i,n,t)**: é o conjunto de portos antecessores do porto i na rota do navio n , por ocasião de sua visita no dia t . (Convém enfatizar que a definição de conjunto de portos antecessores leva em conta os comentários mencionados na seção 3.2.1);
 - **JCON(n',t,n,i) = {j ∈ I : j ∈ ANT_{in',t' = TVIS_{n',i}}}** é o conjunto de portos anteriores ao porto i na rota do navio n' que podem enviar contêineres por

este navio até o porto i , a tempo de atender a demanda do navio n . Convém observar que, para um navio n , o dia t' deve pertencer ao intervalo $[ATT_{t'n}, t' - \text{prazo}, t - \text{prazo}]$, conforme explicitado na definição do conjunto $NCON_{t'n,i}$.

- $TVC(i,j)$: é a duração da viagem de caminho do porto i ao porto j ;
- $NSC(t',i,j) = \{n' \in N : TVIS_{n',j} = t' + TVC_{ij} + \text{prazo}\}$, representa o conjunto de navios n' cuja demanda de exportação no porto j pode ser atendida com os contêineres vazios enviados, por caminho, do porto i no dia t' , já que estes contêineres chegam ao porto j com tempo suficiente para serem embarcados com carga no navio n' no dia $TVIS_{n',j}$.
- $W_{t'n,i,j,k}$: é a quantidade de contêineres do tipo k despachadas por caminho, na data t , do porto i , com destino ao porto j , para atender a demanda de exportação do navio n .

RESTRIÇÃO DO ESPAÇO OCUPADO PELOS CONTÊINERES

VAZIOS

Para cada navio n , no trecho a partir de cada porto, em que ele passa no instante $tv_{is}(n,l)$, eventualmente passando duas vezes, impõe-se que os contêineres vazios somente possam ocupar o espaço não utilizado pelos contêineres cheios, medido em TEUs.

Essa restrição tem a finalidade de evitar uma perda de receita excessiva causada pela substituição de contêineres cheios (geram frete) por contêineres vazios.

A restrição pode ser assim formulada:

$$(3.7) \quad \sum_{j \in SUC(l,n,t=tv_{is}(n,l))} \sum_{k \in K} C(k) X_{t=tv_{is}(n,l),n,l,j,k} + \sum_{i \in ANT(n,l,t=tv_{is}(n,l))} \sum_{j \in SUC(l,n,t=tv_{is}(n,l))} C(k) X_{t=tv_{is}(n,l),n,i,j,k} \leq CA_{n,l}$$

$n \in N, l \in I$, todo $TVIS_{n,l}$

- C_k é o espaço em TEUs ocupado por um contêiner do tipo k (para contêineres de 20 pés, este parâmetro assume valor 1 e, para contêineres de 40 pés, valor 2);
- $C_{n,i}$ é o espaço disponível, em TEUs, no navio n destinado ao transporte de contêineres vazios quando ele sai do porto i .

RESTRIÇÃO DE ESTOQUE MÍNIMO

$$EST_{i,n,i,k} \geq EST_{i,k}^{MIN}$$

(3.8)

- $EST_{i,k}^{MIN}$: é o estoque mínimo de contêineres do tipo k que deve ser mantido no porto i .

Essa restrição tem a finalidade de garantir que o estoque mínimo do porto i para o contêiner do tipo k seja atendido.

Conhecendo-se as características básicas do problema, será desenvolvido um modelo de programação linear, que aloca os contêineres com base nas informações obtidas. O modelo foi compilado de acordo com as normas de uma empresa de navegação. Para a tomada de decisão, são considerados os custos logísticos envolvidos, como armazenagem, transporte e aluguel. Novamente deve-se enfatizar que não se consegue atribuir todos esses custos com facilidade, pois alguns deles não são diretos e outros podem variar com o período e com a quantidade transportada, mas o modelo deve ser ajustado para que ele aponte a melhor opção.

4. RESULTADOS COMPUTACIONAIS

Neste capítulo são apresentados os diversos resultados computacionais obtidos por meio do modelo matemático proposto no Capítulo 3. A consistência do modelo é comprovada por meio de cenários com os dados de entrada que Barco (1998) obteve junto à empresa HSAC; posteriormente são apresentados resultados do modelo com dados atualizados da empresa. A validação final do modelo será efetuada através de um estudo de caso. O cenário escolhido para o estudo de caso foi o mesmo de Barco (1998), utilizando dados da empresa Hamburg Süd (HSAC), sediada na Alemanha e atuante em vários países da Europa, América do Sul e Estados Unidos. Os dados por serem confidenciais não são fidedignos, porém a ordem de grandeza fornece uma representação adequada da realidade.

4.1. Implementação computacional do modelo

As informações utilizadas são as seguintes:

1. Schedule dos navios para o horizonte de planejamento escolhido.
2. Dados presentes na planilha de estoques, especificando:

- Data da última atualização dos dados da planilha;

- Os tipos de contêineres com seus possíveis *status*;

- Contêineres que já estão destinados para os próximos navios;

- Contêineres que estão designados para sair do sistema;

- Contêineres que já foram estufados e estão aguardando embarque;

- Contêineres que vieram da importação e ainda não foram devolvidos aos

terminais;

- Contêineres que estão em reparo;
- Contêineres que estão vazios nos terminais, prontos para a utilização;
- Contêineres que estão sendo transportados vazios, por terra, para um determinado porto;
- Contêineres que estão sendo transportados com carga, por terra, para um determinado porto; e
- Contêineres que, por algum motivo, estão indefinidamente indisponíveis.
 - O estoque de segurança que se deseja manter no porto;
 - A soma total dos contêineres da área de influência do porto;
 - Taxa diária média de devolução de contêineres que se encontram no grupo de indisponíveis e que passarão para o grupo dos disponíveis ao ficarem vazios e prontos para o uso:
- Contêineres que vieram com mercadorias importadas;
- Contêineres que vieram com mercadorias importadas, mas por algum motivo, tiveram de ser descartados em outro porto;
- Contêineres que estão em reparo e
- Contêineres com avarias mais graves que foram designados para sair do sistema, mas podem ser reparados.
 - Informações sobre a programação dos navios:
 - Navios operantes dentro do período de tempo;
 - Rota que o navio está, incluindo a direção, norte ou sul.
 - Data prevista para a saída do navio do porto.
 - Informações personalizadas para cada navio em relação aos contêineres que irão embarcar:
 - Contêineres destinados para embarque no navio
 - Previsão de quantos contêineres ainda serão levados com carga no navio;
 - Contêineres vazios previstos para embarque no navio para posicionamento em outro porto;
 - Contêineres vazios previstos para desembarque do navio para reposicionamento no mesmo porto.
- Contêineres que estão vindo com carga de importação, entrando no estoque total e/ou no indisponível.

Os dados contidos nessa planilha servem para o cálculo de oferta ou demanda de contêineres vazios para cada porto em cada data prevista na passagem do navio. Se o saldo de contêineres for positivo significa oferta, se for negativo, demanda.

Além da planilha de estoque foram usadas:

- - Varias matrizes de custo, todas por unidade de contêiner, em dólares dos EUA:
 - Custo para se levar um contêiner vazio de um porto ao outro, por navio;
 - Custo para se levar um contêiner vazio de um porto ao outro, por caminho;
 - Custo para se alugar um contêiner num determinado porto e custo por dia para se manter armazenado um contêiner num determinado porto.
- - Matriz de tempo, em dias, para se transferir contêineres de um porto ao outro, por caminho.

4.2. Resolução do modelo

Para a resolução do modelo foi utilizada uma ferramenta computacional que dispõe de uma linguagem de alto nível para compilação e construção da tabela, assim como na sua resolução. Trabalhos anteriores no Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da EPUSP mostraram a eficácia desta ferramenta, podendo citar os trabalhos de Hino (1999) e Ono (2001).

A ferramenta supra citada é o *GAMS* (sigla de *General Algebraic Modeling System*) em sua versão 20.0 121; o *solver*, que representa o algoritmo para a resolução do problema linear, é o *Cplex 7.0*. Uma descrição mais completa da ferramenta e de seus recursos pode ser obtida pelo manual Brooke; Kendrick; Meeraus (1997).

Os modelos foram compilados e executados em um microcomputador pessoal com sistema *Microsoft Windows 98*®, processador *Pentium Intel 4* com *clock* de 1.7 GHz e memória RAM de 512 MB.

No Anexo A e Anexo B podem ser encontrados os códigos fontes originais dos modelos em linguagem *GAMS*. No Anexo C são encontrados as explicações dos algoritmos utilizados na programação.

Convém ressaltar que em função da linguagem de programação utilizada (*GAMS*), podem aparecer alterações nas notações de índices, variáveis e parâmetros utilizadas no código do modelo em relação à formulação matemática apresentada no capítulo anterior. As notações estão explicadas ao longo do texto sem prejuízo ao entendimento da metodologia.

4.3. Cenário Barco

Neste cenário foram utilizados os mesmos dados de entrada do modelo de Barco, (1998) citados a seguir:

O período de tempo adotado será de um mês (trinta dias), iniciado no dia com índice *T1* e terminado no dia com índice *T30*. A programação é refeita a cada semana; com informações mais precisas, as decisões referentes ao reposicionamentos ainda não efetivados podem ser alteradas.

Na coluna da esquerda na Tabela 4.1 mostra-se o nome dos dezesseis navios que constavam na programação da empresa no horizonte de planejamento considerado; na coluna da direita aparece a abreviação utilizada nos dados do programa.

A Tabela 4.2 mostra na primeira coluna os tipos de contêineres vazios considerados e na segunda coluna a sigla usada para indicar o tipo de contêiner.

Os portos considerados são dez, descritos na Tabela 4.3, na coluna da esquerda é mostrado o nome dos portos que constam na programação da empresa e na coluna da direita a abreviação utilizada.

Na Tabela 4.4, a seguir, é mostrada a programação das chegadas dos navios nos portos. Na primeira linha da tabela estão os portos. A segunda linha separa a coluna dos portos em outras duas colunas menores, a primeira coluna menor indica o

Fortaleza	FOT
Suape	SUP
Salvador	SSA
Vitória	VIX
Rio de Janeiro	RIO
Santos	SSZ
Paramaguá	QPB
São Francisco do Sul	QFS
Itajaí	ITJ
Rio Grande do Sul	RGR

Tabela 4.3 – Portos utilizados

Contêiner insulado com 20 pés de comprimento	IN-20
Contêiner padrão com 20 pés de comprimento	DC-20
Contêiner padrão com 40 pés de comprimento	DC-40
Contêiner de carga seca com 9,5 pés de altura e 40 pés de comprimento	HK-40

Tabela 4.2 – Tipos de contêineres

Navio Aliança Brasil	ALBRA
Navio Aliança Europa	ALEUR
Navio Cabo Blanco	CABLA
Navio Sebastian Caboto	CABOT
Navio Cap Finnister	CAFIN
Navio Calapetra	CAPED
Navio Cap Polônio	CAPOL
Navio Cap Roca	CAROC
Navio Cap Trafalga	CATRA
Navio Columbus Olivos	COLOS
Navio Copacabana	COPAC
Navio Flamengo	FLAME
Navio San Isidro	SANIS
Navio Heicon	HEICO
Navio San Marino	SANMA
Navio San Miguel	SANMI

Tabela 4.1 – Nome dos navios

dia e a segunda o navio. Por exemplo, na coluna do porto de FOT (Fortaleza) é mostrado as visitas deste porto no dia 2 do navio HEICO (Heicon): dia 14 do navio COPAC (Copacabana) e dia 30 do navio COLOS (Columbus Olivos)

Tabela 4.4 – Programação das chegadas dos navios nos portos.

FOT	DIA	NAVIO	SUP	DIA	NAVIO	SSA	DIA	NAVIO	VIX	DIA	NAVIO	RIO
2	HEICO	9	CATRA	1	HEICO	6	CAPED	3	CAROC			
14	COPAC	19	CAROC	2	ALEUR	13	CABOT	4	SANMA			
30	COLOS	25	ALEUR	5	SANMI			4	SANMI			
		30	CATRA	8	CABLA			5	ALBRA			
			18	CAROC	18	CAROC		10	COPAC			
			21	SANMA	21	SANMA		11	CATRA			
			26	CAFIN	26	CAFIN		12	COLOS			
			29	CATRA	29	CATRA		18	SANMA			
			30	CABOT	30	CABOT		22	ALEUR			
								26	COLOS			
								29	CAFIN			
SSZ	DIA <td>NAVIO <td>QPB</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>QFS</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>ITJ</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>RGR</td> </td></td></td></td></td></td></td>	NAVIO <td>QPB</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>QFS</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>ITJ</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>RGR</td> </td></td></td></td></td></td>	QPB	DIA <td>NAVIO <td>QFS</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>ITJ</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>RGR</td> </td></td></td></td></td>	NAVIO <td>QFS</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>ITJ</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>RGR</td> </td></td></td></td>	QFS	DIA <td>NAVIO <td>ITJ</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>RGR</td> </td></td></td>	NAVIO <td>ITJ</td> <td>DIA <td>NAVIO <td>RGR</td> </td></td>	ITJ	DIA <td>NAVIO <td>RGR</td> </td>	NAVIO <td>RGR</td>	RGR
1	CAROC	9	CAPED	2	ALBRA	7	COPAC	1	SANMI			
2	SANMI	17	ALEUR	3	CABLA	22	COLOS	4	COPAC			
4	ALBRA	30	CAPOL	15	ALEUR			10	CAROC			
5	ALEUR			17	CAPED			13	SANMA			
5	CABLA			23	CATRA			20	COLOS			
5	SANMA			26	CABOT			21	CATRA			
7	CAPED			29	CAPOL							
9	COPAC											
13	COLOS											
14	CAROC											
14	CATRA											
15	CABOT											
16	SANMA											
19	CAPED											
20	ALEUR											
20	CAPOL											
24	COLOS											
27	CATRA											
30	CAFIN											

Na Tabela 4.5 é mostrado os *schedules* dos navios. Na primeira coluna da tabela estão os nomes dos navios e nas outras colunas que contêm duas linhas estão a data de visita do navio na primeira linha (acima) e o porto visitado na segunda linha (abaixo). Por exemplo, o navio ALBRA (Aliança Brasil) visita no dia 2 o porto QFS (São Francisco); dia 4 o porto SSZ (Santos) e dia 5 o porto RIO (Rio de Janeiro).

A Tabela 4.6 mostra o estoque inicial para cada tipo de contêiner presentes em cada porto no começo do horizonte de planejamento, ou seja, antes da passagem do primeiro navio pelo porto. Na primeira linha estão os tipos de contêineres e na primeira coluna estão os portos.

ALBRA	2	QFS	SSZ	RIO	5
	4	SSZ	RIO	5	
ALEUR	2	SSA	SSZ	QFS	15
	5	SSZ	QFS	17	20
CABLA	3	QFS	SSZ	SSA	8
	5	SSZ	SSA	30	
CABOT	13	VIX	SSZ	QFS	SSA
	15	SSZ	QFS	SSA	30
CAFIN	26	SSA	RIO	SSZ	30
	29	RIO	SSZ	30	
CAPED	6	VIX	SSZ	QPB	17
	7	SSZ	QPB	QFS	19
CAPOL	20	SSZ	QFS	QPB	30
	29	SSZ	QFS	QPB	30
CAROC	1	SSZ	RIO	RGR	SSZ
	3	RIO	RGR	SSZ	14
CATRA	9	SUP	RIO	SSZ	14
	11	RIO	SSZ	RGR	21
COLOS	12	RIO	SSZ	ITJ	22
	13	SSZ	RGR	ITJ	24
COPAC	4	RGR	ITJ	SSZ	10
	7	ITJ	SSZ	RIO	14
HEICO	1	SSA	FOR	SSA	2
	2	FOR	SSA	SSA	21
SANMA	4	RIO	SSZ	RGR	13
	5	SSZ	RGR	SSZ	16
SANMI	1	RGR	SSZ	RIO	4
	2	SSZ	RIO	SSA	6

Tabela 4.5 – *Schedule dos navios*

A Tabela 4.7 mostra o balanço de contêineres vazios nos portos, correspondente ao parâmetro $O_{m,j,k}$. No porto FOT (Fortaleza) na passagem do navio HEICON (Heicon) no dia 2, a demanda de contêineres vazios (CV) é de 6 CV do tipo IN-20, 9 CV para o tipo DC-20 e 3 CV do tipo DC-40. No porto RIO (Rio de Janeiro) na passagem do navio CAROC (Cap Roca) no dia 3 há oferta de 9 CV do tipo IN-20, 6 CV do tipo DC-20, 2 CV do tipo DC-40 e 1 CV do tipo HK-40.

A Tabela 4.8 mostra os valores adotados para o custo de transporte marítimo de um contêiner do tipo k do porto I ao porto J , $C1(I,J,K)$. Por exemplo, na segunda linha da tabela pode-se verificar que o custo unitário do transporte marítimo para CV do tipo IN-20 do porto FOT (Fortaleza) até o porto SUP (Suape) é de US\$383.00 e do porto de FOT até o porto SSA (Salvador) é de US\$253.00.

A Tabela 4.9 mostra os valores adotados para o custo de transporte por caminhão de um contêiner do tipo k , entre o porto I e o porto J , $C2(I,J,K)$. Por exemplo, na segunda linha da tabela pode-se verificar que o custo unitário do transporte rodoviário para CV do tipo IN-20 do porto FOT (Fortaleza) até o porto SUP (Suape) é de US\$780.00 e do porto de FOT até o porto SSA (Salvador) é de US\$1.250.00.

IN-20	DC-20	DC-40	HK-40	FOT	43	57	3	1
				ITJ	14	13	23	17
				QFS	118	92	140	38
				QPB	20	20	32	4
				RGR	31	50	64	28
				RIO	5	69	21	23
				SSA	186	210	27	8
				SSZ	77	554	141	19
				SUP	166	115	7	1
				VIX	0	24	0	0

Tabela 4.6 – Estoque inicial.

Tabela 4.7 – Balanço de contêineres vazios.

TIPO DE CONTÊINER		DIA	NAVIO	PORTO	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
TIPO DE CONTÊINER		2	ALEUR	SSA	-154	35	2	1
		6	SANMI	SSA	16	-38	-16	2
		8	CABLA	SSA	8	66	-3	1
		18	CAROC	SSA	25	-10	-21	3
		21	SANMA	SSA	12	-64	-2	-1
		26	CAFIN	SSA	20	10	2	3
		29	CATRA	SSA	-28	-66	-2	2
		30	CABOT	SSA	4	3	1	1
		1	CAROC	SSZ	2	26	30	2
		2	SANMI	SSZ	51	-75	-39	-8
		4	ALBRA	SSZ	-43	-212	-53	4
		5	ALEUR	SSZ	2	-57	19	-18
		5	CABLA	SSZ	0	0	0	20
		5	SANMA	SSZ	50	0	0	-20
		7	CAPED	SSZ	4	52	60	4
		9	COPAC	SSZ	-46	2	29	1
		13	COLOS	SSZ	8	104	120	8
		14	CAROC	SSZ	-209	-188	-75	2
		14	CATRA	SSZ	-160	-42	45	6
		15	CABOT	SSZ	17	26	30	2
		16	SANMA	SSZ	2	-34	-10	0
		19	CAPED	SSZ	6	18	60	6
		20	ALEUR	SSZ	-28	-94	-15	2
		20	CAPOL	SSZ	0	0	0	0
		24	COLOS	SSZ	-12	44	90	3
		27	CATRA	SSZ	-160	-42	45	6
		30	CAFIN	SSZ	6	78	90	6
		9	CATRA	SUP	9	18	36	0
		19	CAROC	SUP	5	-15	28	0
		25	ALEUR	SUP	-34	-18	15	0
		30	CATRA	SUP	-49	-18	-4	0
		6	CAPED	VIX	0	-23	3	0
		13	CABOT	VIX	0	-13	3	0
TIPO DE CONTÊINER		2	HEICO	FOT	-6	-9	-3	0
		14	COPAC	FOT	-6	-24	-3	4
		30	COLOS	FOT	-6	-25	-9	2
		7	COPAC	ITJ	0	-5	-4	-3
		22	COLOS	ITJ	25	15	-1	9
		2	ALBRA	QFS	-115	-21	-41	-28
		3	CABLA	QFS	0	-3	-24	26
		15	ALEUR	QFS	-70	-1	-18	-23
		17	CAPED	QFS	124	-16	5	19
		23	CATRA	QFS	-70	-13	-29	-30
		26	CABOT	QFS	12	1	-24	0
		29	CAPOL	QFS	9	-16	-2	0
		9	CAPED	QPB	9	-12	-1	0
		17	ALEUR	QPB	-12	-1	0	0
		30	CAPOL	QPB	-6	5	4	0
		1	SANMI	RGR	0	0	0	0
		4	COPAC	RGR	-8	5	2	-3
		10	CAROC	RGR	-3	2	-43	-5
		13	SANMA	RGR	5	1	-2	-4
		20	COLOS	RGR	5	9	-3	-5
		21	CATRA	RGR	-14	-8	-13	-5
		3	CAROC	RIO	9	6	2	1
		4	SANMA	RIO	3	2	1	0
		4	SANMI	RIO	0	-26	0	0
		5	ALBRA	RIO	-4	-87	-6	0
		10	COPAC	RIO	15	-43	2	2
		11	CATRA	RIO	6	4	1	1
		12	COLOS	RIO	12	-17	0	1
		18	SANMA	RIO	18	-13	1	2
		22	ALEUR	RIO	8	-32	-7	1
		26	COLOS	RIO	0	0	0	0
		29	CAFIN	RIO	9	6	2	1
		1	HEICO	SSA	-1	-28	-5	0

Tabela 4.10 – Custo unitário (US\$) do leasing para contêineres vazios.

	FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITJ	RGR
IN-20	500	800	600	500	600	600	600	500	550	530
DC-20	600	800	650	700	750	500	700	600	650	630
DC-40	760	1000	800	760	900	900	900	770	800	800
HK-40	860	1100	900	860	1000	1000	1000	870	900	900

A Tabela 4.11 mostra os valores adotados para o custo de estocagem dos contêineres vazios nos portos, C4 (I,K). Na primeira coluna estão as siglas dos tipos de contêineres e na primeira linha as siglas dos portos. Como exemplo pode-se verificar que o custo unitário de estocagem de CV do tipo IN-20 para o porto SUP (Suape) também é de US\$2.00.

Tabela 4.11 – Custo unitário (US\$) de estocagem de contêineres vazios.

	FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITJ	RGR
IN-20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DC-20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DC-40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HK-40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Os resultados obtidos para o cenário Barco são encontrados na Tabela 4.12. O tempo computacional de processamento foi inferior a dois minutos, o que o torna compatível com o seu escopo básico de modelo de operação. Cabe observar como deve ser feita a interpretação deste resultado: quando se trata de uma variável (Var) X, esta se designando o número de contêineres vazios do tipo indicado, carregados no dia (Tempo) no porto (Port1) com destino ao porto (Port2) no navio (Navio); quando se trata de uma variável (Var) W, esta se designando o número de contêineres vazios do tipo indicado carregados em caminhões no dia (Tempo) no porto (Port1) com destino ao porto (Port2); quando se trata de uma variável (Var) Y, planeja-se um *leasing* de contêineres vazios no porto (Port1) para atender a demanda de exportação (contêineres cheios) no navio (Navio) no dia (Tempo).
 Por exemplo; na segunda linha da Tabela 4.12, abaixo do índice; é mostrado que 3 contêineres vazios do tipo DC-40 serão embarcados no dia (T1) no navio Heicon (HEICO), variável X, no porto de Salvador (SSA) com destino ao porto de Fortaleza (FOT).

A Tabela 4.13 apresenta uma comparação do estoque de contêineres antes dos reposicionamentos serem programados na primeira coluna e o estoque previsto com os reposicionamentos programados na segunda coluna. A condição de estoque mínimo de contêineres vazios para cada porto só foi adotada no cenário atualizado. A primeira coluna, (antes), mostra o comportamento dos estoques de cada tipo de contêiner considerando apenas a oferta de contêineres cheios. Assim um número negativo representa a falta de um determinado tipo de contêiner. As colunas da esquerda indicam o dia e o navio que ocasionou a movimentação, bem como o

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
X	T1	SSA	FOT	HEICO	0	0	3	0
W	T1	SSZ	RIO	SANMA	0	68	0	0
X	T1	RGR	SSA	SANMI	0	0	5	0
X	T1	RGR	RIO	SANMI	0	47	0	0
X	T1	RGR	SSZ	SANMI	0	0	0	1
X	T2	QFS	RIO	ALBRA	0	22	0	0
X	T2	SSA	SSZ	ALEUR	31	0	0	0
X	T2	SSA	QFS	ALEUR	0	0	0	1
W	T2	SSZ	VIX	CAPED	0	12	0	0
X	T3	RIO	SSA	CAROC	0	0	2	0
W	T4	RIO	SSZ	CAPED	13	0	0	0
X	T4	RGR	FOT	COPAC	0	1	0	0
X	T4	RGR	SSZ	COPAC	16	0	0	0
X	T5	SSZ	SSA	CABLA	0	0	14	0
W	T6	QPB	SSZ	COPAC	11	0	0	0
X	T7	ITJ	FOT	COPAC	0	0	9	0
X	T9	SUP	SSZ	CATRA	97	0	0	0
W	T10	RIO	SSZ	COLOS	15	0	0	0
W	T11	RIO	SSZ	CAROC	6	0	0	0
W	T12	ITJ	QFS	ALEUR	39	0	0	0
W	T12	RIO	SSZ	CABOT	12	0	0	0
Y	T14	SSZ		CAROC	172	0	0	0
Y	T15	QFS		ALEUR	28	0	0	0
W	T15	QPB	QFS	CAPED	0	0	11	4
W	T17	RIO	SSZ	ALEUR	18	0	0	0
W	T17	QFS	SSZ	ALEUR	12	0	0	0
W	T20	ITJ	QFS	CATRA	0	0	9	23
W	T21	RIO	SSZ	COLOS	8	0	0	0
Y	T27	SSZ		CATRA	28	0	0	0

Tabela 4.12 - Resultados do cenário Barco.

porto onde ocorreu. Por exemplo, na data T30 para o navio COLOS (Colombus Olivos) no porto FOT (Fortaleza) o valor -12 do estoque de contêineres DC-40 indica que, sem o reposicionamento ou aluguel de contêineres haveria a falta de 12 contêineres para atender a demanda de exportação de contêineres cheios.

A segunda coluna, (depois), apresenta o comportamento dos estoques se forem feitos o reposicionamento/ aluguel de contêineres vazios indicadas pela solução do modelo, ou seja, considerando a oferta e demanda de contêineres cheios e vazios. Neste caso não pode haver números negativos. Novamente as colunas da esquerda indicam o dia e o navio que ocasionou a movimentação, bem como o porto onde ocorreu.

Observa-se que as demandas foram atendidas, pois não há mais estoques negativos na coluna depois.

A Tabela 4.14 completa, mostra se foi feito o reposicionamento/ aluguel de contêineres vazios indicado pela solução do modelo proposto. É mostrada com detalhes, as movimentações que ocorreram para cada tipo de contêiner. Novamente as colunas da esquerda indicam o dia e o navio responsáveis pela movimentação, e o porto onde ocorreu. Nesta tabela, a coluna X com número negativo representa a saída de contêineres vazios por navio, W com número negativo a saída de contêineres vazios por caminhão, Y com número positivo a chegada de contêineres vazios por caminhão, e O a utilização de *leasing* e O a saída e chegada de contêineres cheios. A coluna EST é o resultado das operações.

A Tabela 4.14 mostra as movimentações de contêineres sugeridas pelo modelo. Por exemplo, no porto de SSZ (Santos) no dia 2, na passagem do navio SANMI (San Miguel) nota-se que havia 130 CV no EST (estoque) de contêineres, no dia 4, na passagem do navio ALBRA (Aliança Brasil) saíram 43 CV (O com número negativo) resultando em 81 CV no EST (estoque) de contêineres do tipo IN-20, no dia 5, na passagem do navio ALBUR (Aliança Europa) nota-se que entraram 2 CV(O com número positivo) resultando em 89 CV no EST (estoque) de contêineres do tipo IN-20.

Tabela 4.13 – Estoque antes e depois do reposicionamento programado.

Data	Navio	Porto	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
	Início	FOT	43	57	3	1
T2	HEICO	FOT	37	48	0	1
T14	COPAC	FOT	31	24	0	5
T30	COLOS	FOT	25	0	0	7
	Início	ITJ	14	8	10	14
T7	COPAC	ITJ	0	23	0	0
T22	COLOS	ITJ	39	23	18	23
	Início	QFS	118	92	140	38
T2	ALBRA	QFS	3	49	99	10
T2	ALBRA	QFS	71	99	10	10
T2	ALBRA	QFS	3	46	75	36
T3	CABLA	QFS	3	68	75	36
T3	CABLA	QFS	67	57	13	13
T15	ALEUR	QFS	-67	67	13	13
T17	CAPED	QFS	57	51	62	32
T23	CATRA	QFS	-13	38	3	2
T26	CABOT	QFS	-1	39	9	2
T29	CAPOL	QFS	0	0	0	0
	Início	QPB	20	20	32	4
T9	CAPED	QPB	18	4	30	4
T17	ALEUR	QPB	6	3	19	0
T30	CAPOL	QPB	0	8	23	0
	Início	RGR	31	50	64	28
T1	SANMI	RGR	31	50	64	28
T1	SANMI	RGR	31	50	64	28
T14	COPAC	RGR	23	55	66	25
T10	CAROC	RGR	20	57	23	20
T13	SANMA	RGR	25	58	21	16
T20	COLOS	RGR	30	67	18	11
T21	CATRA	RGR	16	61	5	6
T21	CATRA	RGR	16	61	5	6
	Início	RIO	21	69	21	23
T3	CAROC	RIO	14	75	21	24
T4	SANMA	RIO	17	77	24	24
T4	SANMA	RIO	17	77	24	24
T4	SANMI	RIO	17	51	24	24
T5	ALBRA	RIO	13	-36	18	24
T10	COPAC	RIO	28	-79	20	26
T11	CATRA	RIO	34	-75	21	27
T11	CATRA	RIO	34	-75	21	27
T12	COLOS	RIO	46	-92	21	28
T18	SANMA	RIO	64	-105	22	30
T22	ALEUR	RIO	72	-137	15	31
T26	COLOS	RIO	72	-137	15	31
T29	CAFIN	RIO	81	-131	17	32
	Início	SSA	186	210	27	8
T1	HEICO	SSA	185	182	22	8
T2	ALEUR	SSA	31	217	24	9
T6	SANMI	SSA	47	179	8	11
T8	CABLA	SSA	55	245	5	12
T18	CAROC	SSA	80	235	-16	15
T21	CAROC	SSA	79	505	132	13
T2	SANMI	SSA	130	505	132	13
T4	ALBRA	SSA	87	293	79	17
T5	ALEUR	SSA	89	236	98	-1
T5	CABLA	SSA	89	236	98	19
T5	SANMA	SSA	139	236	98	-1
T7	CAPED	SSA	143	288	158	3
T9	COPAC	SSA	97	290	187	4
T13	COLOS	SSA	105	394	307	12
T14	CAROC	SSA	-104	206	232	14
T14	CATRA	SSA	-264	164	277	20
T15	CABOT	SSA	-247	190	307	22
T16	SANMA	SSA	-245	156	297	22
T19	CAPED	SSA	-239	174	357	28
T20	ALEUR	SSA	-267	80	342	30
T20	CAPOL	SSA	-267	80	342	30
T24	COLOS	SSA	-279	124	432	33
T27	CATRA	SSZ	-439	82	477	39
T30	CAFIN	SSZ	-433	160	567	45

Data	Navio	Porto	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
	Início	FOT	43	57	3	1
T2	HEICO	FOT	37	48	0	1
T14	COPAC	FOT	31	24	-3	5
T30	COLOS	FOT	25	0	-12	7
	Início	ITJ	14	8	19	14
T7	COPAC	ITJ	0	8	19	14
T22	COLOS	ITJ	39	23	18	23
	Início	QFS	118	92	140	38
T2	ALBRA	QFS	3	71	99	10
T2	ALBRA	QFS	71	99	10	10
T2	ALBRA	QFS	3	68	75	36
T3	CABLA	QFS	3	68	75	36
T3	CABLA	QFS	67	57	13	13
T15	ALEUR	QFS	-67	67	13	13
T17	CAPED	QFS	57	51	62	32
T23	CATRA	QFS	-13	38	3	2
T26	CABOT	QFS	-1	39	9	2
T29	CAPOL	QFS	0	0	0	0
	Início	QPB	20	20	32	4
T9	CAPED	QPB	18	4	30	4
T17	ALEUR	QPB	6	3	19	0
T30	CAPOL	QPB	0	8	23	0
	Início	RGR	31	50	64	28
T1	SANMI	RGR	31	50	64	28
T1	SANMI	RGR	31	50	64	28
T14	COPAC	RGR	23	55	66	25
T10	CAROC	RGR	20	57	23	20
T13	SANMA	RGR	25	58	21	16
T20	COLOS	RGR	30	67	18	11
T21	CATRA	RGR	16	61	5	6
T21	CATRA	RGR	16	61	5	6
	Início	RIO	21	69	21	23
T3	CAROC	RIO	14	75	23	24
T4	SANMA	RIO	17	77	24	24
T4	SANMA	RIO	17	77	24	24
T4	SANMI	RIO	17	51	24	24
T5	ALBRA	RIO	13	-36	18	24
T10	COPAC	RIO	28	-79	20	26
T11	CATRA	RIO	34	-75	21	27
T11	CATRA	RIO	34	-75	21	27
T12	COLOS	RIO	46	-92	21	28
T18	SANMA	RIO	64	-105	22	30
T22	ALEUR	RIO	72	-137	15	31
T26	COLOS	RIO	72	-137	15	31
T29	CAFIN	RIO	81	-131	17	32
	Início	SSA	186	210	27	8
T1	HEICO	SSA	185	182	22	8
T2	ALEUR	SSA	31	217	24	9
T6	SANMI	SSA	47	179	8	11
T8	CABLA	SSA	55	245	5	12
T18	CAROC	SSA	80	235	-16	15
T21	CAROC	SSA	79	505	132	13
T2	SANMI	SSZ	130	505	132	13
T4	ALBRA	SSZ	87	293	79	17
T5	ALEUR	SSZ	89	236	98	-1
T5	CABLA	SSZ	89	236	98	19
T5	SANMA	SSZ	139	236	98	-1
T7	CAPED	SSZ	143	288	158	3
T9	COPAC	SSZ	97	290	187	4
T13	COLOS	SSZ	105	394	307	12
T14	CAROC	SSZ	-104	206	232	14
T14	CATRA	SSZ	-264	164	277	20
T15	CABOT	SSZ	-247	190	307	22
T16	SANMA	SSZ	-245	156	297	22
T19	CAPED	SSZ	-239	174	357	28
T20	ALEUR	SSZ	-267	80	342	30
T20	CAPOL	SSZ	-267	80	342	30
T24	COLOS	SSZ	-279	124	432	33
T27	CATRA	SSZ	-439	82	477	39
T30	CAFIN	SSZ	-433	160	567	45

TIP	IN-20			DC-20			DC-40			HK-40		
	EST	W	O	EST	W	O	EST	W	O	EST	W	O
T27	43			57			3			1		
T12	HEICO	FOT	37	0	-6	0	48	0	-9	0	0	0
T14	COPAC	FOT	31	0	-6	0	24	0	-24	0	0	4
T30	COLOS	FOT	25	0	-6	0	0	1	-25	0	0	2
T7	COPAC	ITJ	14	0	0	0	8	0	-5	0	0	-3
T22	COLOS	ITJ	0	0	-39	25	0	23	0	0	0	9
T18	QFS		118			92			140			38
T2	ALBRA	QFS	3	0	-115	0	49	-22	-21	0	99	0
T3	CABLA	QFS	3	0	0	0	46	0	-3	0	75	0
T15	ALEUR	QFS	0	0	39	-70	28	45	0	-1	57	0
T17	CAPED	QFS	112	0	-12	124	0	29	0	-16	73	0
T23	CATRA	QFS	42	0	-70	0	16	0	0	-13	53	0
T26	CABOT	QFS	54	0	0	12	0	17	0	0	29	0
T29	CAPOL	QFS	0	0	-54	0	0	0	0	-17	0	0
T19	CAPED	QPB	18	0	-11	9	0	4	0	16	0	30
T17	ALEUR	QPB	6	0	-12	0	3	0	-1	0	19	0
T30	CAPOL	QPB	0	0	-6	0	8	0	0	5	0	23
T1	SANMI	RGR	31	0	0	0	3	-47	0	0	59	-5
T14	COPAC	RGR	7	-16	-8	0	7	-1	0	5	61	0
T10	CAROC	RGR	4	0	-3	0	9	0	2	0	18	0
T13	SANMA	RGR	9	0	5	0	10	0	1	0	16	0
T20	COLOS	RGR	14	0	5	0	19	0	9	0	13	0
T21	CATRA	RGR	0	0	-14	0	13	0	-6	0	0	0
T13	RIO		5			69			21			23
T3	CAROC	RIO	14	0	9	0	75	0	6	0	21	-2
T4	SANMA	RIO	4	-13	3	0	145	0	68	2	22	0
T4	SANMI	RIO	4	0	0	0	119	0	-26	0	22	0
T6	ALBRA	RIO	0	0	-4	0	32	0	-87	0	16	0
T10	COPAC	RIO	0	-15	15	0	58	69	-43	0	18	0
T11	CATRA	RIO	0	0	-6	0	62	0	4	0	19	0
T12	COLOS	RIO	0	0	-12	12	45	0	-17	0	19	0
T18	SANMA	RIO	0	-18	18	0	32	0	-13	0	20	0
T22	ALEUR	RIO	0	-8	8	0	0	0	-32	0	13	0
T26	COLOS	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
T29	CAFIN	RIO	9	0	9	0	6	0	6	0	15	0
T1	HEICO	SSA	185	0	-1	0	182	0	-28	0	19	-3
T12	ALEUR	SSA	0	-31	-154	0	217	0	35	0	21	0
T6	SANMI	SSA	16	0	16	0	179	0	-38	0	5	0
T8	CABLA	SSA	24	0	8	0	245	0	0	7	5	0
T18	CAROC	SSA	49	0	25	0	235	0	-10	0	14	0
T21	CAROC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T26	CAFIN	SSA	81	0	20	0	181	0	10	0	2	0
T29	CATRA	SSA	53	0	-28	0	115	0	-66	0	0	0
T30	CABOT	SSA	57	0	4	0	118	0	0	3	0	1
T1	CAROC	SSZ	79	0	2	0	512	0	-68	26	171	0
T2	SANMI	SSZ	130	0	51	0	425	0	-12	-75	132	0
T4	ALBRA	SSZ	87	0	-43	0	213	0	-212	0	79	0
T5	ALEUR	SSZ	89	0	2	0	156	0	-57	0	98	0
T5	CABLA	SSZ	89	0	0	0	156	0	0	0	84	-14
T5	SANMA	SSZ	139	0	50	0	156	0	0	0	84	0
T7	CAPED	SSZ	187	31	13	4	208	0	52	0	144	0
T9	COPAC	SSZ	152	0	11	-46	210	0	2	0	173	0
T13	COLOS	SSZ	191	16	15	8	314	0	104	0	293	0
T14	CAROC	SSZ	160	6	-209	172	126	0	-188	0	218	0
T14	CATRA	SSZ	0	0	-160	0	84	0	-42	0	263	0
T15	CABOT	SSZ	29	0	12	17	110	0	26	0	293	0
T16	SANMA	SSZ	128	97	2	0	76	0	0	0	283	0
T19	CAPED	SSZ	134	0	6	0	94	0	18	0	343	0
T20	ALEUR	SSZ	136	0	30	-28	0	0	-94	0	328	0
T20	CAPOL	SSZ	136	0	0	0	0	0	0	0	328	0
T24	COLOS	SSZ	132	0	8	-12	0	44	0	44	0	
T27	CATRA	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	463	0

Tabela 4.14 - Movimentação de contêineres.

4.4. Variações do cenário Barco.

A partir do cenário Barco geraram-se variações nos parâmetros para avaliar o comportamento do modelo matemático. As variações são assim feitas:

- Variação 1: Custo de movimentação marítima C_{1kj} multiplicado por três;
- Variação 2: Custo de movimentação rodoviária C_{2kj} multiplicado por três;
- Variação 3: Custo de movimentação rodoviária C_{2kj} dividido por três e;
- Variação 4: Custo de movimentação marítima C_{1kj} e rodoviária C_{2kj} multiplicados por três.

Os resultados destes cenários estão apresentados nas Tabelas de 4.15 a 4.18.

Tabela 4.15 – Resultados da Variação 1.

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
W	T1	SSZ	RIO	SANMA	0	79	0	0
W	T2	RIO	SSZ	ALEUR	0	0	0	1
W	T2	QFS	SSZ	ALEUR	0	22	0	0
W	T4	RIO	SSZ	CAPED	13	0	0	0
W	T5	ITJ	SSZ	COPAC	0	8	0	0
W	T6	QPB	SSZ	COPAC	11	0	0	0
W	T8	QPB	RIO	COLOS	0	3	0	0
W	T9	SSZ	RIO	COLOS	0	46	0	0
W	T10	RGR	QFS	ALEUR	16	0	0	0
W	T10	RIO	SSZ	COLOS	15	0	0	0
W	T11	RIO	SSZ	CAROC	6	0	0	0
W	T12	ITJ	QFS	ALEUR	39	0	0	0
W	T12	RIO	SSZ	CABOT	12	0	0	0
Y	T13	VIX	SSZ	CABOT	0	12	0	0
W	T14	SSZ	QFS	CAPED	0	0	0	1
Y	T14	SSZ	SSZ	CAROC	219	0	0	0
Y	T14	FOT		COPAC	0	0	3	0
Y	T15	QFS		ALEUR	12	0	0	0
W	T15	QPB	QFS	CAPED	0	0	2	4
W	T16	ITJ	SSZ	ALEUR	0	15	0	0
W	T17	RIO	SSZ	ALEUR	18	0	0	0
W	T17	QFS	SSZ	ALEUR	12	0	0	0
W	T18	QPB	RIO	ALEUR	0	5	0	0
Y	T18	SSA		CAROC	0	0	16	0
W	T20	ITJ	QFS	CATRA	0	0	18	23
W	T21	RIO	SSZ	COLOS	8	0	0	0
Y	T21	SSA		SANMA	0	0	2	0
Y	T22	RIO		ALEUR	0	4	0	0
Y	T27	SSZ		CATRA	125	0	0	0
Y	T30	FOT		COLOS	0	1	9	0

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
X	T1	SSZ	RIO	CAROC	0	36	0	0
X	T1	SSA	FOT	HEICO	0	1	3	0
X	T1	RGR	SSA	SANMI	0	0	5	0
X	T1	RGR	RIO	SANMI	0	50	0	0
X	T1	RGR	SSZ	SANMI	0	0	0	1
X	T2	SSA	RIO	ALBRA	0	22	0	0
X	T2	SSA	SSZ	ALEUR	31	0	0	0
X	T2	SSA	QFS	ALEUR	0	0	0	9
X	T2	SSZ	RIO	SANMI	0	13	0	0
X	T3	SSA	RIO	CAROC	0	0	2	0
X	T4	RGR	SSZ	COPAC	16	0	0	0
X	T4	RIO	SSZ	SANMA	13	0	0	0
X	T5	SSZ	SSA	CABLA	0	0	14	0
X	T6	QFS	VIX	CAPED	0	0	3	0
X	T7	SSZ	QFS	CAPED	0	0	17	0
X	T7	ITJ	FOT	COPAC	0	0	9	0
X	T7	ITJ	RIO	COPAC	0	8	0	0
X	T7	ITJ	SSZ	COPAC	14	0	0	0
X	T9	QPB	SSZ	CAPED	11	0	0	0
X	T9	SUP	SSZ	CATRA	97	0	0	0
X	T11	RIO	SSZ	CATRA	21	0	0	0
X	T11	RIO	QFS	CATRA	0	0	0	19
W	T12	ITJ	QFS	ALEUR	25	0	0	0
X	T12	RIO	SSZ	COLOS	12	0	0	0
Y	T13	VIX		CABOT	0	12	0	0
X	T13	RGR	RIO	SANMA	0	8	0	0
Y	T14	SSZ		CAROC	190	0	0	0
Y	T15	QFS		ALEUR	42	0	0	0
X	T17	QFS	SSZ	CAPED	12	0	0	0
Y	T27	SSZ		CATRA	22	0	0	0

Tabela 4.16 – Resultados da Variação 2.

Tabela 4.17 – Resultados da Variação 3.

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
W	T1	SSZ	RIO	SANMA	0	77	0	0
X	T1	RGR	SSA	SANMI	0	0	3	0
X	T1	RGR	RIO	SANMI	0	2	0	0
X	T2	SSA	SSZ	ALEUR	7	0	0	0
X	T2	SSA	QFS	ALEUR	24	0	0	0
W	T2	RIO	SSZ	ALEUR	0	0	0	1
W	T2	QFS	SSZ	ALEUR	3	22	0	0
W	T2	SSA	VIX	CAPED	0	12	0	0
X	T3	QFS	SSA	CABLA	0	0	13	0
W	T3	RGR	ITJ	COPAC	16	0	0	0
W	T4	RIO	SSZ	CAPED	13	0	0	0
X	T4	RGR	FOT	COPAC	0	1	0	0
W	T5	ITJ	SSZ	COPAC	30	8	0	0
W	T6	QPB	SSZ	COPAC	11	0	0	0
X	T7	ITJ	FOT	COPAC	0	9	0	0
W	T8	SSA	SSZ	CAROC	24	0	0	0
W	T8	QPB	RIO	COLOS	0	3	0	0
W	T9	SSA	VIX	CABOT	25	0	0	0
X	T9	SUP	QFS	CATRA	97	0	0	0
W	T9	SSZ	RIO	COLOS	0	48	0	0
W	T10	VIX	SSZ	CAROC	25	0	0	0
W	T10	ITJ	SSZ	CAROC	25	0	0	0
X	T10	RGR	SSA	CAROC	0	0	2	0
W	T10	RIO	SSZ	COLOS	15	0	0	0
W	T10	SUP	FOT	COPAC	0	0	3	0
W	T11	RIO	SSZ	CAROC	6	0	0	0
W	T11	QFS	SSZ	CAROC	105	0	0	0
W	T12	RIO	SSZ	CABOT	12	0	0	0
W	T14	SSZ	QFS	CAPED	0	0	0	1
Y	T15	QFS		ALEUR	175	0	0	0
W	T15	QPB	QFS	CAPED	0	24	4	0
W	T16	ITJ	SSZ	ALEUR	0	15	0	0
W	T17	RIO	SSZ	ALEUR	18	0	0	0
W	T17	QFS	SSZ	ALEUR	78	0	0	0
W	T18	QPB	RIO	ALEUR	0	7	0	0
W	T20	ITJ	QFS	CATRA	0	0	9	23
W	T21	SSA	SSZ	CATRA	4	0	0	0
W	T21	RIO	SSZ	COLOS	8	0	0	0
W	T24	QFS	SSZ	CATRA	55	0	0	0
W	T27	SSZ	QPB	CAPOL	0	2	0	0

4.5. Análise dos resultados do cenário Barco e variações

Para o início das análises dos resultados obtidos no cenário Barco e em suas

Variações, os resultados serão avaliados de forma mais agregada. A Tabela 4.19

mostra o número total de reposicionamentos de contêineres vazios por navios, o número total de contêineres alugados para o cenário Barco e suas variantes.

- Na Variação 1 (multiplicar o custo marítimo por três), o impacto na mudança deste parâmetro altera significativamente as decisões; nas mudanças em todas as variáveis, com destaque para a ausência de movimentação por via marítima; a variação da função objetivo em relação ao cenário BARCO mostra, então, o crescimento dos custos quando se suprime o transporte marítimo para o reposicionamento de contêineres vazios, figura 4.1

- Na Variação 2 (multiplicar o custo rodoviário por três) nota-se a mudança significativa das decisões: as movimentações realizadas por caminhão são muito pequenas, as movimentações por navio cresceram significativamente e o *leasing* teve um aumento pouco significativo.

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	IN 20	DC 20	DC 40	HK 40
Y	T5			ALBRA	0	36	0	0
Y	T5	SSZ		ALEUR	0	0	0	1
Y	T10	RIO		COPAC	0	43	0	0
W	T12	ITJ	QFS	ALEUR	39	0	0	0
Y	T12	RIO		COLOS	0	13	0	0
Y	T13	VIX		CABOT	0	12	0	0
Y	T14	FOT		COPAC	0	0	0	0
Y	T14	SSZ		CAROC	264	0	0	0
Y	T14	FOT		COPAC	0	0	3	0
Y	T15	QFS		ALEUR	28	0	0	0
W	T15	QPB	QFS	CAPED	0	0	2	4
Y	T18	SSA		CAROC	0	0	16	0
Y	T18	RIO		SANMA	0	13	0	0
Y	T20	SSZ		ALEUR	3	0	0	0
W	T20	ITJ	QFS	CATRA	0	0	18	23
Y	T21	SSA		SANMA	0	0	2	0
Y	T22	RIO		ALEUR	0	32	0	0
Y	T24	SSZ		COLOS	12	0	0	0
Y	T27	SSZ		CATRA	160	0	0	0
Y	T29	QFS		CAPOL	0	0	0	1
Y	T30	FOT		COLOS	0	1	9	0

Tabela 4.18 – Resultados da Variação 4.

- A Variação 3 (dividir o custo rodoviário por três) novamente mostra o impacto da alteração dos custos de movimentação rodoviária; as modificações novamente foram significativas: aumento do transporte rodoviário, diminuição da movimentação marítima (diferente da Variação 2, pois neste caso ainda há o uso de movimentação marítima) e diminuição do *leasing*. Este é o caso com o menor valor da função objetivo.
- A Variação 4 (multiplicação dos custos rodoviário e marítimo por três) mostra uma situação singular: não há movimentação marítima, pouco uso da movimentação rodoviária e aumento significativo do *leasing*; a função de mérito tem o maior valor entre os casos avaliados.

Tabela 4.19 – Resultados agregados do cenário Barco de suas Variações.

Caso	Variações	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
Barco	X	144	70	33	2
	Y	228	0	0	0
	W	134	80	20	27
Var1	X	0	0	0	0
	Y	356	17	30	0
	W	150	178	20	29
Var2	X	227	138	53	29
	Y	254	12	0	0
	W	25	0	0	0
Var3	X	128	3	27	0
	Y	175	0	0	0
	W	473	194	36	29
Var4	X	0	0	0	0
	Y	467	150	30	2
	W	39	0	20	27

A Figura 4.1, mostra o resultado da função objetivo de cada variação para que

possam ser comparados.

A Figura 4.2 mostra os resultados comparativos das variáveis de decisão do modelo. Nesta figura é possível visualizar mais claramente as mudanças propostas para cada Variação. A figura foi construída a partir da Tabela 4.19, aumentando o nível de agregação, ao não diferenciar mais o tipo de contêiner vazio repositionado, por navios de caminhões, ou alugado.

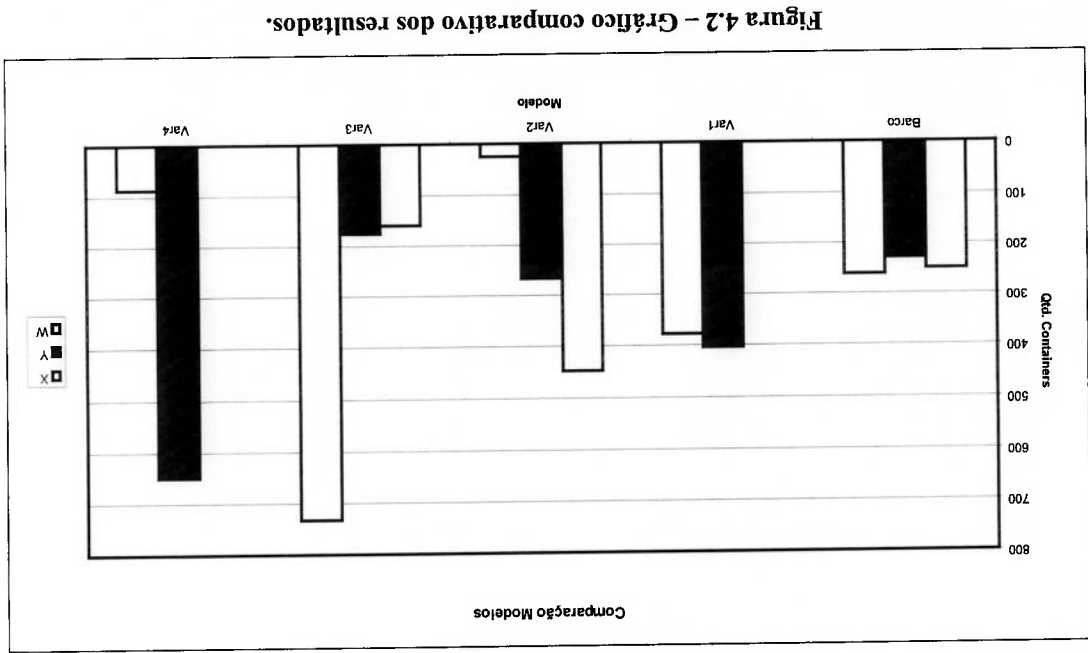
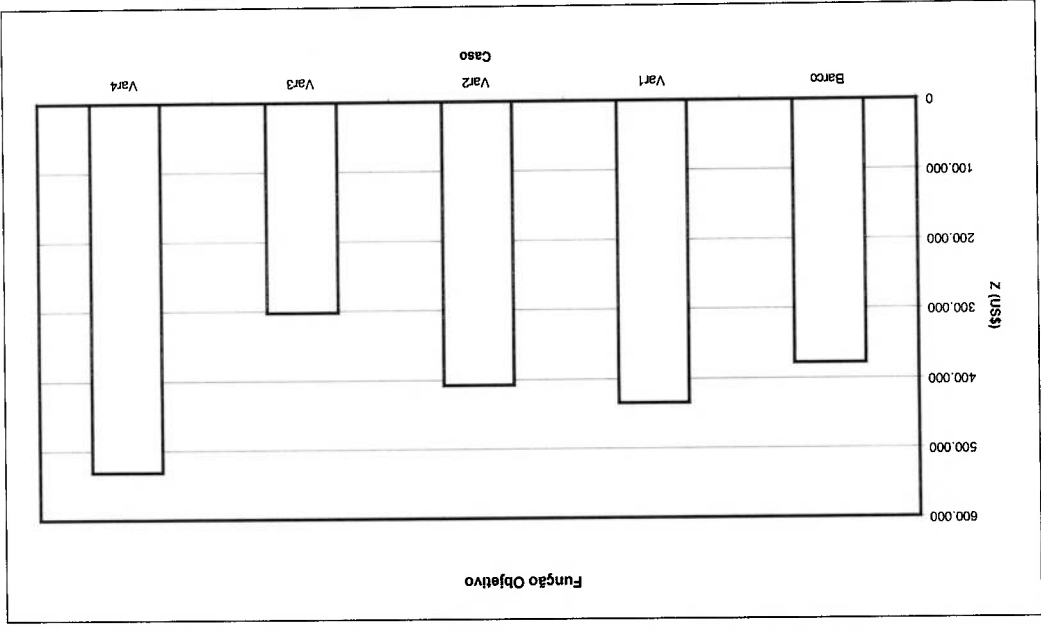


Figura 4.1 – Resultados da função objetivo para cada variação.



Para avaliar com mais detalhe a consistência do modelo, será mostrada a seguir uma análise comparativa, de forma mais desagregada, entre resultados obtidos para o cenário Barco e para a variação 1.

A Tabela 4.20 mostra, para cada tipo de equipamento, os posicionamentos por navios por caminhão e a quantidade de unidades alugadas para cada um dos cenários. A partir dos valores desta tabela, cabem os seguintes comentários:

No cenário Barco, há o transporte de 144 contêineres vazios do tipo IN-20, por navio, para o porto de Santos, 31 vendas de Salvador, 16 de Rio Grande e 97 de Suape (conforme pode ser observado na tabela 4.20. Na variação 1, com a eliminação do posicionamento por navios, em virtude do aumento do custo do transporte marítimo, toda essa demanda no porto de Santos é suprida por meio do *leasing*. No dia T14, o número de unidades alugadas passa de 172 para 219 (aumento de 47) e, no dia T27, de 28 para 125 (aumento de 97). O custo unitário de *leasing* de uma unidade de contêiner tipo IN-20 em é US\$600,00 ao passo que o custo unitário do transporte por caminhão de Salvador para Santos é US\$1,600,00, de Suape para Santos US\$ 3,000,00 e de Rio Grande para Santos, US\$900,00. (Por sua vez, os custos unitários do transporte marítimo dos mesmos portos acima mencionados para Santos são iguais a US\$1,074,00, US\$1,464,00 e US\$993,00 respectivamente; também maiores que o custo unitário de *leasing*);

Tabela 4.20 – Análise comparativa de número de operações para atendimento da demanda de contêineres vazios Cenário Barco x Variação 1.

OPERAÇÃO		Tipo de equipamento			
		IN-20	DC-20	DC-40	HK-40
Reposicionamento por navio	Barco	144	70	33	2
	Variação 1	0	0	0	0
Reposicionamento por caminhão	Barco	134	80	20	27
	Variação 1	150	178	20	29
Aluguel	Barco	228	0	0	0
	Variação 1	356	17	30	0
Conjunto das operações	Barco	506	150	53	20
	Variação 1	506	195	50	29

a) Quanto aos equipamentos tipo IN-20

- não houve mudança no número total de operações;
- desapareceu o reposicionamento por navio, substituído essencialmente pelo aluguel de novas unidades (que passou de 228 para 356) e em pequena escala pelo reposicionamento por caminhões (que passou de 134 a 150);
- o aumento de 16 unidades no reposicionamento por caminhão corresponde, como ser visto na tabela 4.21 ao transporte de Rio Grande (RGR) para São Francisco do Sul (QFS) cujo custo unitário (US\$500,00, conforme tabela 4.9) é igual ao custo local de *leasing* (US\$500,00, conforme tabela 4.10).
- o aumento total do número de unidades do tipo IN-20 alugadas, no cenário variação 1, é igual a 128, inferior ao aumento ocorrido no porto de Santos (144), já que das 28 unidades alugadas em São Francisco do Sul, no cenário Barco, também foram substituídas pelo transporte por caminhão, a partir de Rio Grande, como relatado acima.

b) Quanto aos equipamentos tipo DC-20

- ao mesmo tempo que o reposicionamento por navios (que, no cenário Barco, totalizava 70 unidades) foi eliminado, houve um aumento no número total de operações, que passaram de 150 para 195;
- com o aumento do custo do transporte marítimo, o *leasing* passou a contribuir ainda que de forma secundária, (17 unidades), no atendimento da demanda de contêineres vazios. Embora o transporte marítimo, no cenário Barco, fosse utilizado essencialmente para abastecer o porto do Rio de Janeiro (69 das 70 unidades reposicionadas por navio), neste porto somente foram alugadas 4 das 17 unidades acima mencionadas. As restantes 65 unidades foram supridas por caminhão (conforme pode ser visto na tabela 4.21) sendo 57 a partir de Santos, a um custo unitário igual a US\$ 350,00 e a partir de Paramaguá, a um custo unitário de US\$ 600,00, ambos os custos menores que o adotado para o *leasing* de um equipamento DC-20 no porto do Rio de Janeiro, US\$ 750,00

- c) Quanto ao equipamento DC-40
- O reposicionamento de contêineres vazios do tipo DC-40 por navio é totalmente substituído pelo *leasing* de novos contêineres havendo uma pequena redução no número total de operações (de 53 para 50).
 - Tanto no cenário Barco quanto no cenário Variação 1, o transporte rodoviário é utilizado apenas para abastecer o porto de São Francisco do Sul. No segundo caso, aumenta a participação de Itajaí (que passa a dispor de mais 9 contêineres vazios do tipo DC-40, anteriormente embarcados no navio Copacabana (COPAC) para Fortaleza) em detrimento de Paranaguá (QPB) em virtude do menor custo unitário de transporte (US\$180.00 contra US\$250.00)

- o aumento do número total de operações pode ser explicado por uma inconsistência na base de dados correspondentes ao transporte rodoviário (ver tabela 4.9). Por exemplo no cenário Barco, o navio Aliança Brasil transportava 22 contêineres vazios do tipo DC-20 de São Francisco do Sul para o Rio de Janeiro. No cenário Variação 1, há no dia T2, um transporte rodoviário de 22 contêineres vazios tipo DC-20 de São Francisco do Sul para Santos. Conforme se observa na tabela 4.13 (correspondente ao cenário Barco, nesta altura do horizonte de planejamento, o porto de Santos tem grande disponibilidade de contêineres vazios do tipo DC-20; somente mais adiante, no dia T20, o estoque deste tipo de contêineres chega a zero. No dia T9, 46 contêineres vazios do tipo DC-20 são transportados de Santos para o Rio de Janeiro. Dado que o transporte de 22 contêineres vazios DC-20 de São Francisco do Sul para Santos não ocorreu para atender uma demanda pontual, a questão que se coloca é: Não seria melhor transportar para o Rio de Janeiro, por caminhão, 22 contêineres vazios de São Francisco do Sul e 24 contêineres a partir de Santos? A resposta é negativa visto que a soma dos custos unitários de transporte rodoviário entre São Francisco do Sul e Santos (US\$280.00) e entre Santos e Rio de Janeiro (US\$350.00) é menor que os custos de transporte rodoviário entre São Francisco do Sul e Rio de Janeiro.

- O transporte marítimo era utilizado no cenário Barco para abastecer os portos Salvador (21 unidades) e Fortaleza, (12 unidades) sendo que Salvador contribuía com 3 unidades no início do período do planejamento para atender a demanda de contêineres vazios em Fortaleza. Com o reposicionamento por navio, o número total de contêineres alugados em Fortaleza corresponde ao total anteriormente transportado por navio (12 unidades) enquanto em Salvador o *leasing* atende ao balanço líquido do transporte marítimo (18 unidades). Isto explica a redução no número total de operações.

d) Quanto aos equipamentos HK-40

- os dois únicos reposicionamentos por navio no cenário Barco deixam de ocorrer no cenário Variação 1, em que também não há aluguel de contêineres vazios. Não há mudança no número total de operações
 - o único contêiner vazio necessário para atender a demanda do porto de Santos que, no cenário Barco, vinha de Rio Grande por navio, a um custo de US\$422.00 passa a ser transportado por caminhão a partir do Rio de Janeiro, a um custo de US\$600.00.
- O outro contêiner vazio reposicionado, no cenário Barco, por navio ia de Salvador para São Francisco do Sul, a um custo de US\$306.00; no novo cenário este contêiner é suprido por rodovia a partir de Santos a um custo de US\$520.00.

O caso variação 3 foi o que teve o maior aumento de contêineres

movimentados, 44% em relação ao cenário Barco, como pode ser verificado na

Tabela 4.23.

Com a divisão do custo do transporte rodoviário por três, houve um aumento

de movimentações desse modal de 180%, enquanto por navio e leasing tiveram uma

queda de 36% e 23% respectivamente.

Tabela 4.23 – Cenário BARCO X Variação 3.

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40	Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	IN-20	DC-20	DC-40	HK-40	
X	T1	SSA	FOT	HEICO	0	0	0	3	0	X	T1	RGR	SSA	SANMI	0	0	3	0
X	T1	RGR	SSA	SANMI	0	0	5	0	0	X	T1	RGR	RIO	SANMI	0	2	0	0
X	T1	RGR	RIO	SANMI	0	0	47	0	0	X	T1	RGR	RIO	SANMI	0	0	0	0
X	T1	RGR	SSZ	SANMI	0	0	0	1	0	X	T1	RGR	RIO	SANMI	0	0	0	0
W	T1	SSZ	RIO	SANMA	0	68	0	0	0	W	T1	SSZ	RIO	SANMA	0	77	0	0
X	T2	QFS	RIO	ALBRA	0	22	0	0	0	X	T2	SSA	SSZ	ALEUR	7	0	0	0
X	T2	SSA	SSZ	ALEUR	31	0	0	0	0	X	T2	SSA	QFS	ALEUR	24	0	0	0
X	T2	SSA	QFS	ALEUR	0	0	0	1	0	W	T2	RIO	SSZ	ALEUR	0	0	0	1
W	T2	SSZ	VIX	CAPED	0	12	0	0	0	W	T2	RIO	SSZ	ALEUR	0	0	0	0
X	T3	RIO	SSA	CAROC	0	0	2	0	0	X	T3	QFS	SSA	CABLA	0	0	13	0
X	T4	RGR	SSZ	COPAC	16	0	0	0	0	W	T3	RGR	ITJ	COPAC	16	0	0	0
X	T5	SSZ	SSA	CABLA	0	0	14	0	0	W	T5	SSZ	COPAC	30	8	0	0	
W	T5	ITJ	SSZ	COPAC	30	8	0	0	0	W	T5	SSZ	COPAC	30	8	0	0	
W	T8	SSA	SSZ	CAROC	24	0	0	0	0	W	T8	QPB	RIO	COLOS	0	3	0	0
W	T8	QPB	RIO	COLOS	0	3	0	0	0	W	T8	SSA	VIX	CABOT	25	0	0	0
W	T9	SSZ	RIO	COLOS	0	48	0	0	0	W	T9	SSZ	RIO	COLOS	0	48	0	0
X	T10	RGR	SSA	CAROC	0	0	2	0	0	X	T10	RGR	SSA	CAROC	0	0	2	0
W	T10	SSZ	CAROC	25	0	0	0	0	0	W	T10	VIX	SSZ	CAROC	25	0	0	0
W	T10	VIX	SSZ	CAROC	25	0	0	0	0	W	T10	VIX	SSZ	CAROC	25	0	0	0
W	T10	ITJ	SSZ	CAROC	25	0	0	0	0	W	T10	ITJ	SSZ	CAROC	25	0	0	0
W	T10	SUP	FOT	COPAC	0	0	3	0	0	W	T10	SUP	FOT	COPAC	0	0	3	0
W	T11	QFS	SSZ	CAROC	105	0	0	0	0	W	T11	QFS	SSZ	CAROC	105	0	0	0
W	T12	ITJ	SSZ	CAPED	0	0	0	0	0	W	T12	ITJ	SSZ	CAPED	0	0	0	0
W	T12	QFS	SSZ	CAPED	0	12	0	0	0	W	T12	QFS	SSZ	CAPED	0	12	0	0
W	T12	SSZ	SSA	VIX	3	22	0	0	0	W	T12	SSZ	SSA	VIX	3	22	0	0
W	T13	RIO	SSA	CAROC	0	0	2	0	0	W	T13	RIO	SSA	CAROC	0	0	2	0
W	T14	SSZ	CAROC	172	0	0	0	0	0	W	T14	SSZ	CAROC	172	0	0	0	0
W	T15	QPB	QFS	CAPED	0	0	11	0	0	W	T15	QPB	QFS	CAPED	0	0	11	0
Y	T15	QFS	ALEUR	28	0	0	0	0	0	Y	T15	QFS	ALEUR	28	0	0	0	0
W	T16	ITJ	SSZ	ALEUR	0	15	0	0	0	W	T16	ITJ	SSZ	ALEUR	0	15	0	0
W	T17	QFS	SSZ	ALEUR	78	0	0	0	0	W	T17	QFS	SSZ	ALEUR	78	0	0	0
W	T18	QPB	RIO	ALEUR	0	7	0	0	0	W	T18	QPB	RIO	ALEUR	0	7	0	0
W	T21	SSA	SSZ	CATRA	4	0	0	0	0	W	T21	SSA	SSZ	CATRA	4	0	0	0
W	T24	QFS	SSZ	CATRA	55	0	0	0	0	W	T24	QFS	SSZ	CATRA	55	0	0	0
W	T27	SSZ	QPB	CAPOL	0	2	0	0	0	W	T27	SSZ	QPB	CAPOL	0	2	0	0
Y	T27	SSZ	CATRA	28	0	0	0	0	0	Y	T27	SSZ	CATRA	28	0	0	0	0

4.6. Cenário atualizado

Neste cenário os dados de entrada para o modelo matemático foram atualizados junto à HSAC.

O período de tempo adotado permanece de um mês, o experimento é de vinte e oito dias, iniciado no dia com índice $T4$ e terminado no dia com índice $T31$. Como o modelo requer previsões para várias semanas (4), as previsões para as últimas semanas de horizonte de planejamento estão sujeitas a um nível de incertezas. Por isto, o modelo deve ser processado sucessivamente, atualizando o horizonte de planejamento, eliminando, por exemplo, semana vencida e incorporando dados mais precisos referentes a semanas que agora estão mais próximas.

Os navios que constam na programação da empresa, os portos e os tipos de contêineres mais usados foram apresentados no começo do trabalho na lista de abreviações e siglas.

Na Tabela 4.25, a seguir, é mostrada a programação das chegadas dos navios nos portos, onde consta no enunciado de cada coluna o porto, o dia de passagem do navio e o nome do navio.

A Tabela 4.26 apresenta os schedules dos navios, onde consta primeiramente o nome do navio, na linha superior o dia de passagem pelos portos e o porto correspondente na linha abaixo.

A Tabela 4.27 mostra o estoque inicial de contêineres de cada tipo em cada porto.

A Tabela 4.28 mostra o balanço de contêineres vazios nos portos, correspondente ao parâmetro $O_{m,j,k}$.

A Tabela 4.29 mostra os valores adotados para o custo de transporte marítimo de um contêiner do tipo K do porto I ao porto J , $C1(I,J,K)$.

A Tabela 4.30 mostra os valores adotados para o custo de transporte por caminhão de um contêiner do tipo K , entre o porto I e o porto J , $C2(I,J,K)$. Convém que estes custos estão em R\$ e são convertidos em US\$ no modelo para manter se a mesma moeda.

Tabela 4.25 - Programação das chegadas dos navios nos portos.

DIA	SSZ	DIA	SUP	DIA	RIO	DIA	PNG	DIA	SFS	DIA	RIG
04	CASNI	05	CAFIN	02	CASNI	10	MAVAL	09	LEBL	07	LEBL
09	MAVAL	08	CASMA	11	CASMA	15	SEAXP	11	MAVAL	09	LEBL
09	CAFIN	12	ALBRA	11	SEAXP	16	SEV	14	FMAN	14	FMAC
11	FSAN	14	LEBL	14	SEV	20	PEARG	15	CAFIN	18	FMAN
12	FSAN	16	FSAN	14	CASNI	21	MAVAN	16	FMAC	18	CASMA
12	CASNI	17	CASNI	19	MAVAN	23	LBB	22	ALBRA	25	CASRA
12	CASMA	17	CASRA	21	LBB	27	ALHAM	23	SEV	29	LBB
13	SEAXP	19	ALEUR	22	CASMA	28	CSHAM	23	PEARG	31	CASAN
14	FLAM	20	FLAM	24	CASAN	30	PRN	25	CSHAM		
14	MAVAL	21	FMAC	25	ALHAM	31	MANEW	29	ALEUR		
15	SEV	21	CASAN	28	PRN						
15	ALBRA	21	ALBRA	29	CASRA						
16	CAFIN	24	FMAN	29	CASRA						
16	CASAU	25	CAROC	31	CASAU						
17	SEAXP	28	CASAU								
18	PEARG	29	SEV								
20	FMAN	31	FBEL								
20	CASRA										
20	MAVAN										
21	CASMA										
21	CSHAM										
22	LBB										
22	ALEUR	17	MAVAL	12	FMAN	06	FMAN	23	SEAXP	16	SEAXP
23	ALBRA	19	FLAM	13	FSAN	16	LEBL	25	CASMA	24	MAVAN
24	FBEL	20	SEAXP	16	FLAM	22	FLAM	31	MAVAN	29	ALHAM
24	SEV	21	LEBL	24	LEBL	24	FMAC				
25	CASAN	28	SEV	25	FBEL	26	FMAN				
25	MAVAN	28	MAVAN	31	INTRE						
26	ALHAM	29	FMAC								
27	PEARG	30	PEARG								
28	CASRA										
29	PRN										
29	CSHAM										
29	CAROC										
30	MANEW										
31	LBB										
31	ALEUR	08	FMAN	24	FSAN	29	FMAN	30	INTRE		
31	ALHAM	27	FMAC	28	FLAM						

ALHAM	25	26	27	28	29	31
FSAN	11	13	16	SUP	MAO	24
CASAN	21	24	25	SUP	RIO	31
GSHAM	21	25	SFS	PNG	28	29
GAFIN	5	9	SUP	SFS	15	16
ALBRA	12	15	SUP	SFS	22	23
ALEUR	19	22	SUP	SFS	29	31
FBEL	24	25	SUP	SEP	31	
PRN	28	29	RIO	SZ	30	PNG
CASAU	28	31	SUP	RIO		
MANEW	30	31	SZ	PNG		
CAROC	25	29	SUP	SZ		
INTRE	30	31	VIX	SEP		

Tabela 4.26 – Schedule dos navios.

FMAN	6	8	FOR	MZ	SEP	SZ	SFS	RIG	SUP	FOR	26
LEBL	7	9	RIG	SFS	SUP	FOR	SSA	SEP	24	25	
SEV	14	15	RIO	SZ	PNG	SFS	SSA	SUP	28	29	
CASMA	8	11	SUP	RIO	SZ	RIG	SSA	22	25		
SEAXP	11	13	RIO	SZ	PNG	ITJ	SSA	20	23		
MAVAN	19	20	RIO	SZ	PNG	ITJ	SSA	28	31		
FMAC	14	16	RDG	SFS	SUP	FOR	MZ	27	29		
FLAM	14	16	SZ	SEP	SUP	FOR	MAO	22	28		
CASNI	2	4	RIO	SZ	RIG	SZ	RIO	14	17		
LBB	21	22	RIO	SZ	PNG	RIG	SZ	29	31		
CASRA	17	20	SUP	SZ	RIG	SZ	RIO	28	29		
MAVAL	9	10	SZ	PNG	SFS	SZ	SSA	17			
PEARG	18	20	SZ	PNG	SFS	SZ	SSA	27	30		

DC-20	86	0	58	46	0
RF-20	0	3	156	115	6
DC-40	0	0	213	168	2
HC-40	0	0	0	0	0
MAO	413	0	0	0	0
ITJ	21	3	156	115	6
MZ	0	0	0	0	0
PEC	34	3	24	25	95
PNG	33	1	9	66	5
RIG	191	26	348	225	24
RIO	186	6	72	11	37
SEP	12	0	25	4	0
SFS	234	1	157	82	355
SLZ	34	0	4	2	0
SSA	138	18	175	82	122
SZ	236	53	202	308	250
SUP	65	8	207	126	71
VIX	9	0	1	0	0

Tabela 4.27 – Estoque inicial.

Tabela 4.28 – Balanço de contêineres vazios.

DIA	NAVIO	PORTO	DC-20	RF-20	DC-40	HC-40	RH-40
6	FMAN	FOT	-33	6	2	0	0
16	LEBL	FOT	-88	0	21	5	1
22	FLAM	FOT	31	0	21	13	1
26	FMAN	FOT	43	0	15	10	1
16	SEAXP	ITU	-46	-3	-34	212	-57
24	MAVAN	ITU	-27	0	23	33	-7
29	ALHAM	ITU	-45	0	-42	-14	-19
24	FSAN	MAO	190	1	-65	-281	-1
28	FLAM	MAO	106	2	-43	-173	2
8	FMAN	MCZ	0	0	4	0	0
27	FMAC	MCZ	1	0	0	24	0
23	SEAXP	PEC	-11	-4	-35	-26	-57
25	CASMA	PEC	0	0	-2	-3	-6
31	MAVAN	PEC	1	-1	-12	-19	-19
10	MAVAL	PNG	14	1	-13	42	-5
15	SEAXP	PNG	21	1	-17	61	-5
16	SEV	PNG	4	0	-1	4	0
20	PEARG	PNG	12	0	-2	27	-3
21	MAVAN	PNG	17	0	-2	31	-3
23	LBB	PNG	4	0	8	8	-1
27	ALHAM	PNG	9	0	0	0	0
28	CSHAM	PNG	12	0	-5	10	-2
30	PRN	PNG	18	0	-7	15	-3
31	MANEW	PNG	21	0	-8	18	-4
7	LEBL	RIG	-57	-6	-1	53	2
9	CASNI	RIG	-28	-3	0	26	1
14	FMAC	RIG	-37	-7	13	-30	0
18	FMAN	RIG	-13	-3	14	-32	0
18	CASMA	RIG	4	1	4	1	0
25	CASRA	RIG	56	11	43	10	2
29	LBB	RIG	-31	-4	-50	-16	-6
31	CASAN	RIG	-12	-2	-20	-6	-3
11	CASMA	RIO	-150	5	-34	-7	14
11	SEAXP	RIO	-6	0	0	0	1
14	SEV	RIO	-18	1	1	1	1
14	CASNI	RIO	-18	1	1	1	1
19	MAVAN	RIO	-44	2	2	0	1
21	LBB	RIO	-24	2	3	3	-12
21	PRN	RIO	-55	1	-3	-3	-12
28	ALHAM	RIO	-42	3	2	2	-16
25	ALHAM	RIO	-24	2	3	3	-12
24	CASAN	RIO	-24	2	3	3	-12
22	CASMA	RIO	-8	1	1	1	-4
22	CASRA	RIO	-18	0	-1	0	-4
31	CASAU	RIO	-55	1	-3	-3	-12
12	FMAN	SEP	-3	0	-32	-25	0
13	FSAN	SEP	0	0	-4	-3	0
16	FLAM	SEP	-2	0	-15	-13	0
16	LEBL	SEP	-1	0	4	-3	0
24	LEBL	SEP	-1	0	4	-3	0
25	FBEL	SEP	-1	0	8	4	0
31	INTRE	SEP	-6	0	-1	21	0
9	LEBL	SFS	-33	-2	-6	-45	-88
11	MAVAL	SFS	6	0	18	-3	-14
14	FMAN	SFS	36	0	56	15	3
15	CASNI	SFS	12	0	19	5	5
16	FMAC	SFS	12	0	19	5	5
22	ALBRA	SFS	4	0	100	86	-72
23	SEV	SFS	-2	0	6	8	-7
23	PEARG	SFS	-2	0	6	8	-7
25	CSHAM	SFS	-18	-1	4	4	-24
29	ALEUR	SFS	-56	-2	-35	-45	-37
29	FMAN	SLZ	96	0	5	0	0
17	MAVAL	SSA	-38	0	6	2	-62
20	SEAXP	SSA	47	-10	-68	-39	-16
21	LEBL	SSA	4	-2	-8	0	-8
21	LEBL	SSA	4	-2	-8	0	-8
28	SEV	SSA	4	-6	-62	-1	-49
28	MAVAN	SSA	-12	2	-29	-1	-16
29	FMAC	SSA	-6	1	-15	0	-8
30	PEARG	SSA	-6	1	-15	0	-8
4	CASNI	SSZ	-37	2	-6	-15	-1
9	MAVAL	SSZ	-91	6	-16	-38	-3
9	CAFIN	SSZ	-91	6	-16	-38	-3
11	FSAN	SSZ	-39	9	8	-7	-1
12	FMAN	SSZ	-1	2	5	3	0
12	CASNI	SSZ	-1	2	5	3	0
12	CASMA	SSZ	-1	2	5	3	0
13	SEAXP	SSZ	-2	6	15	8	0
14	FLAM	SSZ	-1	3	7	4	0
14	MAVAL	SSZ	-1	3	7	4	0
15	SEV	SSZ	-1	3	7	4	0
15	ALBRA	SSZ	-1	3	7	4	0
16	CAFIN	SSZ	-2	6	15	8	0
17	SEAXP	SSZ	-2	6	15	8	0
18	PEARG	SSZ	-8	6	6	10	18
20	FMAN	SSZ	-4	0	-3	7	-3
20	CASRA	SSZ	-4	0	-3	7	-3
20	MAVAN	SSZ	-4	0	-3	7	-3
21	CASMA	SSZ	-3	0	-3	5	-2
21	CSHAM	SSZ	-3	0	-3	5	-2
22	LBB	SSZ	-3	0	-3	5	-2
22	ALEUR	SSZ	-3	0	-3	5	-2
23	ALBRA	SSZ	-6	0	-5	1	-4
24	FBEL	SSZ	-3	0	-3	5	-2
24	SEV	SSZ	-3	0	-3	5	-2
25	LEBL	SSZ	-13	0	-5	12	-5
25	CASAN	SSZ	-7	0	-7	2	-1
25	MAVAN	SSZ	-7	0	-7	2	-1
26	ALHAM	SSZ	-21	-1	-1	7	-4
26	ALHAM	SSZ	-21	-1	-1	7	-4
27	PEARG	SSZ	-21	-1	-1	7	-4
28	CASRA	SSZ	-21	-1	-1	7	-4
28	CASRA	SSZ	-21	-1	-1	7	-4
29	CSHAM	SSZ	-7	0	-7	2	-1
29	CSHAM	SSZ	-7	0	-7	2	-1
29	CAROC	SSZ	-7	0	-7	2	-1
30	MANEW	SSZ	-21	-1	-1	7	-4
31	LBB	SSZ	-7	0	-7	2	-1
31	ALEUR	SSZ	-7	0	-7	2	-1
31	ALHAM	SSZ	-7	0	-7	2	-1
31	CAFIN	SSZ	-1	0	-1	9	-8
8	CASMA	SUP	-1	-1	-2	13	-12
12	ALBRA	SUP	0	0	-4	19	-9
14	FLAM	SUP	14	-1	6	3	-1
20	FLAM	SUP	14	-1	6	3	-1
21	FMAC	SUP	7	0	0	0	-1
21	CASAN	SUP	7	0	0	0	-1
21	CASAN	SUP	7	0	0	0	-1
24	FMAN	SUP	55	-2	25	14	-5
25	CAROC	SUP	68	-2	30	6	-5
28	CASAU	SUP	51	2	19	-31	1
29	SEV	SUP	13	0	5	-8	0
31	FBEL	SUP	39	1	15	-23	0
30	INTRE	VIX	2	0	0	0	1

Continuação Tabela 4.29 - Custo unitário (US\$) do transporte marítimo.

FOT	ITJ	MAO	MCZ	PEC	PNG	RIG	RIO	SEP	SFS	SLZ	SSA	SSZ	SUP	VIX	
0	171	225	165	174	224	222	255	251	218	163	232	230	213	225	
ITJ.HC40	171	0	204	145	153	204	201	235	230	197	143	212	210	193	205
MAO.HC40	225	204	0	198	207	257	255	288	284	251	196	265	263	246	258
MCZ.HC40	165	145	198	0	147	197	195	228	224	191	137	205	203	187	199
PEC.HC40	174	153	207	147	0	206	204	237	233	200	145	214	212	195	207
PNG.HC40	224	204	257	197	206	0	254	288	283	250	196	265	262	246	258
RIG.HC40	222	201	255	195	204	254	0	285	281	248	193	262	260	243	255
RIO.HC40	255	235	288	228	237	288	285	0	314	281	227	295	293	277	289
SEP.HC40	251	230	284	224	233	283	281	314	0	277	222	291	289	272	284
SFS.HC40	218	197	251	191	200	250	248	281	277	0	189	258	256	239	251
SLZ.HC40	163	143	196	137	145	196	193	227	222	189	0	204	202	185	197
SSA.HC40	232	212	265	205	214	265	262	295	291	258	204	0	270	254	266
SSZ.HC40	230	210	263	203	212	262	260	293	289	256	202	270	0	252	264
SUP.HC40	213	193	246	187	195	246	243	277	272	239	185	254	252	0	247
VIX.HC40	225	205	258	199	207	258	255	289	284	251	197	266	264	247	0
FOT.RH40	0	171	225	165	174	224	222	255	251	163	232	230	213	225	
ITJ.RH40	171	0	204	145	153	204	201	235	230	197	143	212	210	193	205
MAO.RH40	225	204	0	198	207	257	255	288	284	251	196	265	263	246	258
MCZ.RH40	165	145	198	0	147	197	195	228	224	191	137	205	203	187	199
PEC.RH40	174	153	207	147	0	206	204	237	233	200	145	214	212	195	207
PNG.RH40	224	204	257	197	206	0	254	288	283	250	196	265	262	246	258
RIG.RH40	222	201	255	195	204	254	0	285	281	248	193	262	260	243	255
RIO.RH40	255	235	288	228	237	288	285	0	314	281	227	295	293	277	289
SEP.RH40	251	230	284	224	233	283	281	314	0	277	222	291	289	272	284
SFS.RH40	218	197	251	191	200	250	248	281	277	0	189	258	256	239	251
SLZ.RH40	163	143	196	137	145	196	193	227	222	189	0	204	202	185	197
SSA.RH40	232	212	265	205	214	265	262	295	291	258	204	0	270	254	266
SSZ.RH40	230	210	263	203	212	262	260	293	289	256	202	270	0	252	264
SUP.RH40	213	193	246	187	195	246	243	277	272	239	185	254	252	0	247
VIX.RH40	225	205	258	199	207	258	255	289	284	251	197	266	264	247	0

Tabela 4.30 – Custo unitário (R\$) do transporte rodoviário.

	FOT	ITU	MAO	M CZ	PEC	PNG	RIG	RIO	SEP	SFS	SLZ	SSA	SSZ	SUP	VIX
FOT.DC20	0	3681	3782	974	238	3573	4174	2808	2764	3905	3022	1317	3160	788	2273
ITU.RF20	3681	0	3700	3076	3643	437	556	1079	1166	378	3473	2624	662	3286	1544
MAO.DC20	3782	3700	0	3568	3160	3782	4081	3731	3643	3906	2477	3556	3700	3935	3877
M CZ.DC20	974	3076	3568	0	1134	2967	3568	2180	2207	3299	1583	617	2504	245	1644
PEC.DC20	238	3643	3160	1134	0	3352	4116	2904	2827	3585	722	1413	3201	1005	2369
PNG.DC20	3573	437	3782	2967	3352	0	814	853	874	378	3335	3335	3201	1005	2369
RIG.DC20	4174	556	4081	3568	4116	814	0	1555	1461	331	3911	3117	1166	3781	2020
RIO.DC20	2808	1079	3731	2180	2904	853	1555	0	108	1272	2725	1726	2052	829	1193
SFS.DC20	3905	378	3906	3299	3585	378	3911	1166	0	3697	0	1662	2982	1628	2618
SLZ.DC20	3022	3473	2477	1583	722	3335	3911	2725	3139	3697	0	1662	2982	1628	2618
SSA.DC20	1317	2624	3556	617	1413	2516	3117	1726	1755	2848	1662	0	2052	829	1193
SSZ.DC20	3160	662	3700	2504	3201	465	1166	587	304	911	2982	2052	0	2716	862
SUP.DC20	788	3286	3935	245	1005	3180	3781	2392	2419	3510	1628	829	2716	0	1857
VIX.DC20	2273	1544	3877	1644	2369	1318	2020	533	562	1768	2618	1193	862	1857	0
FOT.RF20	0	3681	3782	974	238	3573	4174	2808	2764	3905	3022	1317	3160	788	2273
ITU.RF20	3681	0	3700	3076	3643	437	556	1079	1166	378	3473	2624	662	3286	1544
MAO.RF20	3782	3700	0	3568	3160	3782	4081	3731	3643	3906	2477	3556	3700	3935	3877
M CZ.RF20	974	3076	3568	0	1134	2967	3568	2180	2207	3299	1583	617	2504	245	1644
PEC.RF20	238	3643	3160	1134	0	3352	4116	2904	2827	3585	722	1413	3201	1005	2369
PNG.RF20	3573	437	3782	2967	3352	0	814	853	874	378	3335	3335	3201	1005	2369
RIG.RF20	4174	556	4081	3568	4116	814	0	1555	1461	331	3911	3117	1166	3781	2020
RIO.RF20	2808	1079	3731	2180	2904	853	1555	0	108	1272	2725	1726	2052	829	1193
SFS.RF20	3905	378	3906	3299	3585	378	3911	1166	0	3697	0	1662	2982	1628	2618
SLZ.RF20	3022	3473	2477	1583	722	3335	3911	2725	3139	3697	0	1662	2982	1628	2618
SSA.RF20	1317	2624	3556	617	1413	2516	3117	1726	1755	2848	1662	0	2052	829	1193
SSZ.RF20	3160	662	3700	2504	3201	465	1166	587	304	911	2982	2052	0	2716	862
SUP.RF20	788	3286	3935	245	1005	3180	3781	2392	2419	3510	1628	829	2716	0	1857
VIX.RF20	2273	1544	3877	1644	2369	1318	2020	533	562	1768	2618	1193	862	1857	0
FOT.DC40	0	3681	3782	974	238	3573	4174	2808	2764	3905	3022	1317	3160	788	2273
ITU.DC40	3681	0	3700	3076	3643	437	556	1079	1166	378	3473	2624	662	3286	1544
MAO.DC40	3782	3700	0	3568	3160	3782	4081	3731	3643	3906	2477	3556	3700	3935	3877
M CZ.DC40	974	3076	3568	0	1134	2967	3568	2180	2207	3299	1583	617	2504	245	1644
PEC.DC40	238	3643	3160	1134	0	3352	4116	2904	2827	3585	722	1413	3201	1005	2369
PNG.DC40	3573	437	3782	2967	3352	0	814	853	874	378	3335	3335	3201	1005	2369
RIG.DC40	4174	556	4081	3568	4116	814	0	1555	1461	331	3911	3117	1166	3781	2020
RIO.DC40	2808	1079	3731	2180	2904	853	1555	0	108	1272	2725	1726	2052	829	1193
SFS.DC40	3905	378	3906	3299	3585	378	3911	1166	0	3697	0	1662	2982	1628	2618
SLZ.DC40	3022	3473	2477	1583	722	3335	3911	2725	3139	3697	0	1662	2982	1628	2618
SSA.DC40	1317	2624	3556	617	1413	2516	3117	1726	1755	2848	1662	0	2052	829	1193
SSZ.DC40	3160	662	3700	2504	3201	465	1166	587	304	911	2982	2052	0	2716	862
SUP.DC40	788	3286	3935	245	1005	3180	3781	2392	2419	3510	1628	829	2716	0	1857
VIX.DC40	2273	1544	3877	1644	2369	1318	2020	533	562	1768	2618	1193	862	1857	0
FOT.DC40	0	3681	3782	974	238	3573	4174	2808	2764	3905	3022	1317	3160	788	2273
ITU.DC40	3681	0	3700	3076	3643	437	556	1079	1166	378	3473	2624	662	3286	1544
MAO.DC40	3782	3700	0	3568	3160	3782	4081	3731	3643	3906	2477	3556	3700	3935	3877
M CZ.DC40	974	3076	3568	0	1134	2967	3568	2180	2207	3299	1583	617	2504	245	1644
PEC.DC40	238	3643	3160	1134	0	3352	4116	2904	2827	3585	722	1413	3201	1005	2369
PNG.DC40	3573	437	3782	2967	3352	0	814	853	874	378	3335	3335	3201	1005	2369
RIG.DC40	4174	556	4081	3568	4116	814	0	1555	1461	331	3911	3117	1166	3781	2020
RIO.DC40	2808	1079	3731	2180	2904	853	1555	0	108	1272	2725	1726	2052	829	1193
SFS.DC40	3905	378	3906	3299	3585	378	3911	1166	0	3697	0	1662	2982	1628	2618
SLZ.DC40	3022	3473	2477	1583	722	3335	3911	2725	3139	3697	0	1662	2982	1628	2618
SSA.DC40	1317	2624	3556	617	1413	2516	3117	1726	1755	2848	1662	0	2052	829	1193
SSZ.DC40	3160	662	3700	2504	3201	465	1166	587	304	911	2982	2052	0	2716	862
SUP.DC40	788	3286	3935	245	1005	3180	3781	2392	2419	3510	1628	829	2716	0	1857
VIX.DC40	2273	1544	3877	1644	2369	1318	2020	533	562	1768	2618	1193	862	1857	0
FOT.DC40	0	3681	3782	974	238	3573	4174	2808	2764	3905	3022	1317	3160	788	2273
ITU.DC40	3681	0	3700	3076	3643	437	556	1079	1166	378	3473	2624	662	3286	1544
MAO.DC40	3782	3700	0	3568	3160	3782	4081	3731	3643	3906	2477	3556	3700	3935	3877
M CZ.DC40	974	3076	3568	0	1134	2967	3568	2180	2207	3299	1583	617	2504	245	1644
PEC.DC40	238	3643	3160	1134	0	3352	4116	2904	2827	3585	722	1413	3201	1005	2369
PNG.DC40	3573	437	3782	2967	3352	0	814	853	874	378	3335	3335	3201	1005	2369
RIG.DC40	4174	556	4081	3568	4116	814	0	1555	1461	331	3911	3117	1166	3781	2020
RIO.DC40	2808	1079	3731	2180	2904	853	1555	0	108	1272	2725	1726	2052	829	1193
SFS.DC40	3905	378	3906	3299	3585	378	3911	1166	0	3697	0	1662	2982	1628	2618
SLZ.DC40	3022	3473	2477	1583	722	3335	3911	2725	3139	3697	0	1662	2982	1628	2618
SSA.DC40	1317	2624	3556	617	1413	2516	3117	1726	1755	2848	1662	0	2052	829	1193
SSZ.DC40	3160	662	3700	2504	3201	465	1166	587	304	911	2982	2052	0	2716	862
SUP.DC40	788	3286	3935	245	1005	3180	3781	2392	2419	3510	1628	829	2716	0	1857
VIX.DC40	2273	1544	3877	1644	2369	1318	2020	533	562	1768	2618	1193	862	1857	0
FOT.DC40	0	3681	3782	974	238	3573	4174	2808	2764	3905	3022	1317	3160	788	2273
ITU.DC40	3681	0	3700	3076	3643	437	556	1079	1166	378	3473	2624	662	3286	1544
MAO.DC40	3782	3700	0	3568	3160	3782	4081	3731	3643	3906	2477	3556	3700	3935	3877
M CZ.DC40	974	3076	3568	0	1134	2967	3568	2180	2207	3299	1583	617	2504	245	1644
PEC.DC40	238	3643	3160	1134	0	3352	4116	2904	2827	3585	722	1413			

Continuação Tabela 4.30 - Custo unitário (R\$) do transporte rodoviário.

FOT	ITJ	MAO	MCZ	PEC	PNG	RIG	RIO	SEP	SFS	SLZ	SSA	SSZ	SUP	VIX	
0	7362	0	7400	6152	7286	874	1112	2158	2332	756	6946	5248	1324	6572	3088
FOT.HC40	ITJ.HC40	MAO.HC40	MCZ.HC40	PEC.HC40	PNG.HC40	RIG.HC40	RIO.HC40	SEP.HC40	SFS.HC40	SLZ.HC40	SSA.HC40	SSZ.HC40	SUP.HC40	VIX.HC40	
0	7362	0	7400	6152	7286	874	1112	2158	2332	756	6946	5248	1324	6572	3088
FOT.RH40	ITJ.RH40	MAO.RH40	MCZ.RH40	PEC.RH40	PNG.RH40	RIG.RH40	RIO.RH40	SEP.RH40	SFS.RH40	SLZ.RH40	SSA.RH40	SSZ.RH40	SUP.RH40	VIX.RH40	
0	7362	0	7400	6152	7286	874	1112	2158	2332	756	6946	5248	1324	6572	3088
4546	6572	7870	490	2010	6360	7562	4784	4838	7020	3256	1658	5432	0	3714	0
VIX.HC40	SUP.HC40	SSZ.HC40	SSA.HC40	SLZ.HC40	SFS.HC40	SEP.HC40	RIO.HC40	RIG.HC40	PNG.HC40	PEC.HC40	MAO.HC40	MCZ.HC40	ITJ.HC40	FOT.HC40	VIX.HC40
4546	6572	7870	490	2010	6360	7562	4784	4838	7020	3256	1658	5432	0	3714	0
VIX.RH40	SUP.RH40	SSZ.RH40	SSA.RH40	SLZ.RH40	SFS.RH40	SEP.RH40	RIO.RH40	RIG.RH40	PNG.RH40	PEC.RH40	MAO.RH40	MCZ.RH40	ITJ.RH40	FOT.RH40	VIX.RH40
4546	6572	7870	490	2010	6360	7562	4784	4838	7020	3256	1658	5432	0	3714	0

A Tabela 4.31 mostra os valores adotados para o aluguel de contêineres vazios C3(I,K); a Tabela 4.32 mostra os custos de estocagem de contêineres vazios C4(I,K).

Tabela 4.31 - Custo unitário (US\$) do leasing para contêineres vazios.

FOT	ITJ	MAO	MCZ	PEC	PNG	RIG	RIO	SEP	SFS	SLZ	SSA	SSZ	SUP	VIX	
600	650	700	700	700	700	630	750	700	600	700	650	500	800	700	
DC20	RF20	DC40	HC40	RH40	950	1000	1125	1125	1125	963	1125	1000	1125	1250	950
600	650	700	700	700	700	630	750	700	600	700	650	500	800	700	
DC20	RF20	DC40	HC40	RH40	950	1000	1125	1125	1125	963	1125	1000	1125	1250	950

Tabela 4.32 – Custo unitário (US\$) de estocagem de contêineres vazios.

FOT	ITJ	MAO	M CZ	P EC	P NG	R IG	R IO	S EP	S FS	S LZ	S SA	S SZ	S UP	S VIX
D C20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
R F20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
D C40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
H C40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
R H40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Os resultados obtidos para o cenário Atualizado são encontrados na Tabela

4.33 Como mencionado anteriormente, os modelos foram compilados e executados

em um microcomputador pessoal com sistema *Microsoft Windows 98*®, processador *Pentium Intel 4* com *clock* de 1.7 GHz e memória RAM de 512 MB. O tempo computacional de processamento foi inferior a dez minutos, o que o torna compatível com o seu escopo básico de modelo de operação. Cabe observar como deve ser feita

a interpretação deste resultado: quando se trata de uma variável (Var) X, esta se designando o número de contêineres vazios do tipo indicado, carregados no dia (Tempo) no porto (Port1) com destino ao porto (Port2) no navio (Navio); quando se trata de uma variável (Var) W, esta se designando o número de contêineres vazios do

tipo indicado, transportados de caminhão no dia (Tempo) no porto (Port1) com destino ao porto (Port2) e; quando se trata de uma variável (Var) Y, planeja-se um *leasing* de contêineres vazios no porto (Port1) para ser embarcado no navio (Navio).

Por exemplo; na segunda linha da Tabela 4.33, abaixo do índice; é mostrado

que 3 contêineres do tipo DC-40 serão movimentados por navio (X) do porto de Salvador (SSA) para atender a demanda do navio HEICO em Fortaleza (FOT). A Tabela 4.34 apresenta uma comparação do estoque de contêineres antes dos

reposicionamentos serem programados na primeira coluna e o estoque previsto com os reposicionamentos programados na segunda coluna. Observa-se que as demandas foram atendidas, pois não há mais estoques negativos.

A Tabela 4.35 mostra as movimentações de contêineres sugeridas pelo

modelo, resultando na coluna da direita da Tabela.

Tabela 4.33 – Resultados do cenário Atualizado.

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	DC20	RF20	DC40	HC40	RH40
X	14	SSZ	RIG	CASNI	0	10	0	0	0
Y	14	SSZ		CASNI	101	0	94	0	0
Y	15	SUP		CAFIN	15	0	0	0	0
X	16	FOT	SEP	FMAN	0	0	6	9	0
Y	16	FOT		FMAN	36	0	0	0	0
X	17	RIG	SFS	LEBL	0	0	0	3	0
X	17	RIG	SUP	LEBL	0	0	0	4	0
Y	17	RIG		LEBL	77	0	0	0	0
X	18	SUP	PEC	CASMA	0	0	1	0	0
X	18	SUP	RIO	CASMA	0	0	2	0	0
Y	18	SUP		CASMA	1	0	0	6	0
X	18	M CZ	SEP	FMAN	0	0	0	4	0
X	19	SSZ	SFS	CAFIN	0	3	0	0	0
W	19	SEP	RIO	CASMA	200	0	0	0	0
X	19	RIG		CASNI	0	0	0	0	9
Y	19	RIG		CASNI	28	0	0	0	0
X	19	SFS	SUP	LEBL	0	2	0	0	0
Y	19	SFS		LEBL	0	5	0	93	0
X	19	SSZ	PNG	MAVAL	0	0	0	0	5
Y	19	SSZ		MAVAL	182	0	32	0	0
X	19	PNG	SSA	MAVAL	0	0	0	16	0
Y	19	PNG		MAVAL	2	0	49	0	6
Y	110	RIO		CASMA	0	0	12	24	0
X	111	SSZ	MAO	FSAN	0	0	0	54	0
X	111	SSZ	SEP	FSAN	0	0	7	0	0
X	111	SSZ	SUP	FSAN	0	2	0	0	0
Y	111	SSZ		FSAN	39	0	0	0	0
X	111	SFS	SSA	MAVAL	0	0	28	0	0
X	112	SUP	SSZ	ALBRA	3	0	0	0	0
Y	112	SUP		ALBRA	0	2	0	29	0
X	112	SSZ	RIO	CASNI	0	0	0	0	1
Y	112	SEP		FMAN	232	0	9	21	0
Y	112	SSZ		FMAN	3	0	0	0	0
W	112	SEP	RIO	SEV	36	0	0	0	0
Y	113	SEP		FSAN	0	0	4	3	0
X	113	SSZ	PNG	SEAXP	0	0	7	0	12
Y	113	SSZ		SEAXP	2	0	0	0	0
W	114	RIO	SEP	FLAM	0	0	3	0	0
X	114	SSZ	SEP	FLAM	0	0	0	2	0
X	114	SSZ	SSA	FLAM	0	2	8	0	43
X	114	SSZ	SUP	FLAM	0	4	0	0	0
Y	114	SSZ		FLAM	2	0	0	0	0
Y	114	RIG		FMAC	37	0	0	0	0
X	114	SFS	SSZ	FMAN	30	0	0	0	0
Y	114	SUP		LEBL	0	1	0	0	0
X	114	SSZ	SSA	MAVAL	0	12	1	23	0
X	115	SFS	SSZ	CAFIN	43	0	0	0	0
X	115	PNG	ITJ	SEAXP	21	0	0	0	0
Y	115	PNG		SEAXP	0	0	17	0	0
Y	115	SSZ		SEV	2	0	0	0	0

Continua na página seguinte.

Continuação Tabela 4.33 - Resultados do cenário Atualizado.

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	DC20	RF20	DC40	HC40	RH40
Y	116	SSZ		CAN	2	0	0	0	0
Y	116	SEP		FLAM	2	0	0	0	0
X	116	SUP	MAO	FSAN	0	0	0	8	0
X	116	FOT	SSA	LEBL	0	0	32	0	1
Y	116	FOT		LEBL	88	0	0	0	0
X	116	ITJ	PEC	SEAXP	0	0	2	3	0
X	116	ITJ	SSA	SEAXP	0	0	28	2	0
Y	116	ITJ		SEAXP	49	0	0	0	102
X	116	PNG	SUP	SEV	0	0	0	11	0
Y	116	PNG		SEV	0	0	1	0	0
Y	117	SUP	RIO	CASRA	55	0	0	0	8
X	117	SUP	RIO	MAVAL	0	14	13	3	0
W	117	SEP	RIO	MAVAN	44	0	0	0	0
X	117	SSZ		SEAXP	0	6	47	0	33
X	118	RIG	PEC	CASMA	0	1	0	12	0
X	118	RIG	RIO	CASMA	4	0	0	0	0
Y	118	RIG		FMAN	13	0	0	0	0
W	118	SSA		MAVAN	6	0	0	0	0
X	119	SUP	SSZ	ALEUR	9	0	0	0	0
Y	119	SSA		FLAM	0	0	39	0	7
W	119	SEP	RIO	LBB	24	0	0	0	0
W	120	SEP	RIO	CASMA	8	0	0	0	0
Y	120	SSA		SEAXP	0	0	8	0	8
X	121	SUP	RIO	CASAN	73	0	0	0	0
X	121	SSZ	RIO	CASMA	18	0	0	0	0
X	121	PNG	PNG	CSHAM	0	0	0	0	4
X	121	RIO	PNG	LBB	0	0	5	0	0
X	121	SSA	SEP	LEBL	6	0	0	0	0
X	121	SSA	SSZ	LEBL	40	0	0	0	0
X	121	PNG	ITJ	MAVAN	33	0	0	0	0
W	122	SEP	RIO	CASAN	2	0	0	0	0
W	122	RIO	SEP	LEBL	0	0	0	1	0
W	123	SEP	RIO	ALHAM	42	0	0	0	0
X	123	PNG	RIG	LBB	4	0	0	0	0
Y	123	PEC		SEAXP	0	3	17	10	0
X	123	SFS	SSA	SEV	0	0	13	0	8
Y	124	MAO		FSAN	0	0	0	263	0
Y	124	SEP		LEBL	121	0	0	0	0
X	124	ITJ	SSA	MAVAN	0	0	2	0	0
Y	124	ITJ		MAVAN	6	0	0	0	0
X	125	SUP	SSZ	CAROC	21	0	0	0	0
X	125	RIG	SSZ	CASRA	17	0	0	0	0
X	125	SFS	PNG	CSHAM	0	0	15	0	3
Y	125	SEP		FBEL	1	0	0	0	0
Y	126	SSZ		ALHAM	21	0	0	0	0
Y	128	SSZ		CASRA	2	0	0	0	0
Y	128	MAO		FLAM	0	0	0	111	0
Y	129	ITJ		ALHAM	12	0	0	0	0
Y	129	SSA		FMAC	0	0	0	0	4
Y	129	SSZ		PRN	21	0	0	0	0
Y	130	SSZ		MANEW	4	0	0	0	0

Tabela 4.34 – Estoque antes e depois do reposicionamento programado.

Estoque DEPOIS do Reposicionamento										
DIA	NAVIO	PORTO	DC-20	RF-20	DC40	HC40	RH40			
6	início	FOT	86	86	0	58	46	0	0	0
6	FMAN	FOT	89	89	0	59	39	0	0	0
16	LEBL	FOT	89	89	0	48	44	0	0	0
22	FLAM	FOT	120	120	0	69	57	1	1	1
24	FMAC	FOT	135	135	0	76	62	1	2	2
26	FMAN	FOT	178	178	0	91	72	2	2	2
início	início	início	21	21	3	156	115	6	6	6
16	SEAXP	ITJ	24	24	0	92	322	51	51	51
24	MAVAN	ITJ	24	24	0	67	355	70	70	70
29	ALHAM	ITJ	24	24	0	25	341	51	51	51
início	início	início	413	413	1	148	150	1	2	2
24	FSAN	MAO	603	603	3	105	150	3	3	3
28	FLAM	MAO	709	709	3	105	150	3	3	3
início	início	início	0	0	0	0	0	0	0	0
8	FMAN	MCZ	0	0	0	0	0	0	0	0
27	FMAC	MCZ	1	1	0	24	0	0	0	0
início	início	início	34	34	3	24	25	95	95	95
23	SEAXP	PEC	23	23	2	6	9	38	38	38
25	CASMA	PEC	23	23	2	6	9	32	32	32
31	MAVAN	PEC	24	24	2	6	9	13	13	13
início	início	início	33	33	2	45	62	6	6	6
10	MAVAL	PNG	49	49	4	45	92	5	5	5
16	SEV	PNG	53	53	3	45	146	6	6	6
20	PEARG	PNG	65	65	3	50	173	15	15	15
21	MAVAN	PNG	49	49	3	48	204	12	12	12
23	LBB	PNG	48	48	3	48	212	11	11	11
27	ALHAM	PNG	58	58	3	50	228	8	8	8
28	CSHAM	PNG	70	70	3	45	238	6	6	6
30	PRN	PNG	88	88	3	53	253	10	10	10
31	MANEW	PNG	109	109	3	45	271	6	6	6
início	início	início	191	191	26	348	225	24	24	24
7	LEBL	RIG	211	211	20	347	297	18	18	18
9	CASNI	RIG	211	211	17	347	297	18	18	18
14	FMAC	RIG	211	211	20	360	267	18	18	18
18	FMAN	RIG	211	211	17	374	235	18	18	18
18	CASMA	RIG	211	211	17	378	224	18	18	18
25	CASRA	RIG	250	250	28	421	234	20	20	20
29	LBB	RIG	219	219	24	371	218	14	14	14
31	CASAN	RIG	211	211	22	351	212	11	11	11
início	início	início	186	186	6	72	11	37	37	37
11	CASMA	RIO	236	236	11	50	28	51	51	51
11	SEAXP	RIO	236	236	11	50	28	52	52	52
14	SEV	RIO	248	248	12	50	28	55	55	55
14	CASNI	RIO	230	230	13	51	28	58	58	58
19	MAVAN	RIO	230	230	15	53	28	69	69	69
21	LBB	RIO	230	230	17	51	29	57	57	57
22	CASMA	RIO	230	230	18	52	28	53	53	53
31	CASAN	RIO	230	230	20	55	29	41	41	41
24	CASAN	RIO	230	230	20	55	29	26	26	26
25	ALHAM	RIO	230	230	23	57	30	26	26	26
28	PRN	RIO	248	248	24	54	31	13	13	13
29	CASRA	RIO	230	230	24	53	31	9	9	9
31	CASAU	RIO	230	230	26	50	32	5	5	5
início	início	início	12	12	0	26	4	0	0	0
12	FMAN	SEP	5	5	0	2	0	0	0	0
13	FSAN	SEP	5	5	0	2	0	0	0	0
16	FLAM	SEP	5	5	0	2	0	0	0	0
24	LEBL	SEP	5	5	0	6	0	0	0	0
25	FBEL	SEP	5	5	0	14	4	0	0	0
31	INTRE	SEP	5	5	0	13	26	0	0	0
início	início	início	234	234	1	157	82	355	355	355
9	LEBL	SFS	201	201	2	151	130	267	267	267
11	MAVAL	SFS	207	207	2	141	130	253	253	253
14	FMAN	SFS	213	213	2	197	145	266	266	266
15	CAPIN	SFS	182	182	2	216	150	257	257	257
16	FMAC	SFS	194	194	2	235	155	258	258	258
22	ALBRA	SFS	198	198	5	335	241	186	186	186
23	SEV	SFS	196	196	5	328	249	171	171	171
23	PEARG	SFS	194	194	5	334	257	164	164	164
25	CSHAM	SFS	176	176	4	323	261	137	137	137
29	ALEUR	SFS	120	120	2	288	216	100	100	100

Estoque ANTES do Reposicionamento										
DIA	NAVIO	PORTO	DC-20	RF-20	DC-40	HC-40	RH-40			
início	início	início	86	86	0	58	46	0	0	0
6	FMAN	FOT	85	85	0	64	48	0	0	0
16	LEBL	FOT	85	85	0	53	1	1	1	1
22	FLAM	FOT	106	106	0	66	66	2	2	2
24	FMAC	FOT	113	113	0	71	2	2	2	2
26	FMAN	FOT	128	128	0	81	3	3	3	3
início	início	início	21	21	3	156	115	6	6	6
16	SEAXP	ITJ	25	25	0	99	327	51	51	51
24	MAVAN	ITJ	25	25	0	62	360	58	58	58
29	ALHAM	ITJ	25	25	0	57	346	77	77	77
início	início	início	413	413	1	148	150	1	2	2
24	FSAN	MAO	603	603	3	105	150	3	3	3
28	FLAM	MAO	709	709	3	105	150	3	3	3
início	início	início	0	0	0	0	0	0	0	0
8	FMAN	MCZ	0	0	0	4	0	0	0	0
27	FMAC	MCZ	1	1	0	28	0	0	0	0
início	início	início	34	34	3	24	25	95	95	95
23	SEAXP	PEC	23	23	-1	-13	-4	32	32	32
25	CASMA	PEC	23	23	-1	-13	-4	38	38	38
31	MAVAN	PEC	24	24	-2	-14	-16	13	13	13
início	início	início	33	33	1	9	66	5	5	5
10	MAVAL	PNG	47	47	-4	108	0	5	5	5
16	SEV	PNG	72	72	-22	173	-5	6	6	6
20	PEARG	PNG	84	84	-24	200	-8	15	15	15
21	MAVAN	PNG	101	101	-26	231	-11	12	12	12
23	LBB	PNG	105	105	-26	239	-12	11	11	11
27	ALHAM	PNG	114	114	-29	255	-15	8	8	8
28	CSHAM	PNG	126	126	-34	265	-17	6	6	6
30	PRN	PNG	144	144	-41	280	-20	10	10	10
31	MANEW	PNG	165	165	-49	298	-24	6	6	6
início	início	início	191	191	26	348	225	24	24	24
7	LEBL	RIG	134	134	20	347	278	26	26	26
9	CASNI	RIG	106	106	17	347	304	27	27	27
14	FMAC	RIG	69	69	10	360	274	27	27	27
18	FMAN	RIG	56	56	7	374	242	27	27	27
18	CASMA	RIG	60	60	8	378	243	27	27	27
25	CASRA	RIG	116	116	19	421	253	29	29	29
29	LBB	RIG	85	85	15	371	237	23	23	23
31	CASAN	RIG	73	73	13	351	231	20	20	20
início	início	início	186	186	6	72	11	37	37	37
11	CASMA	RIO	36	36	11	38	4	51	51	51
11	SEAXP	RIO	30	30	11	38	4	52	52	52
14	SEV	RIO	12	12	12	39	4	55	55	55
14	CASNI	RIO	13	13	13	40	4	58	58	58
19	MAVAN	RIO	15	15	15	42	4	69	69	69
21	LBB	RIO	17	17	17	45	5	57	57	57
22	CASMA	RIO	18	18	18	46	5	43	43	43
31	CASAN	RIO	20	20	20	49	6	31	31	31
24	CASAN	RIO	20	20	20	49	6	26	26	26
25	ALHAM	RIO	23	23	23	51	7	13	13	13
28	PRN	RIO	24	24	24	48	8	3	3	3
29	CASRA	RIO	24	24	24	47	8	9	9	9
31	CASAU	RIO	25	25	25	44	9	5	5	5
início	início	início	12	12	0	26	4	0	0	0
12	FMAN	SEP	9	9	0	-7	-21	0	0	0
13	FSAN	SEP	9	9	0	-11	-24	0	0	0
16	FLAM	SEP	7	7	0	-26	-37	0	0	0
24	LEBL	SEP	6	6	0	-40	-40	0	0	0
25	FBEL	SEP	5	5	0	-36	-36	0	0	0
31	INTRE	SEP	0	0	0	-15	-15	0	0	0
início	início	início	234	234	1	157	82	355	355	355
9	LEBL	SFS	201	201	-1	151	267	267	267	267
11	MAVAL	SFS	207	207	-1	169	34	253	253	253
14	FMAN	SFS	225	225	-1	225	49	256	256	256
16	FMAC	SFS	255	255	-1	244	54	257	257	257
22	ALBRA	SFS	271	271	-1	363	145	186	186	186
23	SEV	SFS	269	269	-1	369	153	179	179	179
23	PEARG	SFS	267	267	-1	375	161	172	172	172
25	CSHAM	SFS	249	249	-2	379	166	148	148	148
29	ALEUR	SFS	193	193	-4	344	120	111	111	111

Continua na página seguinte.

Continuação Tabela 4.34 – Estoque antes e depois do reposicionamento programado.

DIA	NAVIO	PORTO	DC-20	RF-20	DC40	HC40	RH40
		inicio	SLZ	34	0	4	0
29	FMAN	SLZ	130	0	9	2	0
		inicio	SSA	138	18	175	122
17	MAVAL	SSA	94	9	69	30	60
19	FLAM	SSA	141	11	69	30	51
20	SEAXP	SSA	145	9	69	30	51
21	LEBL	SSA	103	9	69	30	86
28	SEV	SSA	107	9	113	31	71
28	MAVAN	SSA	95	11	84	30	55
29	FMAC	SSA	89	12	69	30	51
30	PEARG	SSA	83	13	69	30	51
		inicio	SSZ	236	53	202	250
4	CASNI	SSZ	300	45	290	293	248
9	MAVAL	SSZ	391	51	308	255	241
9	CAFIN	SSZ	300	54	290	217	238
11	FSAN	SSZ	300	61	292	156	237
12	FMAN	SSZ	302	63	297	159	237
12	CASNI	SSZ	301	65	302	162	236
12	CASMA	SSZ	300	67	307	165	236
13	SEAXP	SSZ	300	73	315	173	198
14	FLAM	SSZ	301	70	314	175	155
14	MAVAL	SSZ	300	64	327	160	155
15	SEV	SSZ	301	64	327	160	155
15	ALBRA	SSZ	300	67	334	164	155
16	CAFIN	SSZ	300	73	349	164	155
17	SEAXP	SSZ	301	73	317	180	122
18	PEARG	SSZ	336	79	327	198	118
20	FMAN	SSZ	332	79	324	205	115
20	CASRA	SSZ	328	79	321	212	112
20	MAVAN	SSZ	324	79	318	219	109
21	CASHAM	SSZ	300	79	312	229	101
22	LBB	SSZ	327	79	309	234	99
22	ALBRA	SSZ	324	79	301	240	97
23	ALBRA	SSZ	318	79	301	240	97
24	FBEL	SSZ	324	79	298	245	91
24	SEV	SSZ	321	79	295	250	89
25	LEBL	SSZ	308	79	290	262	84
25	CASAN	SSZ	301	79	290	264	83
25	MAVAN	SSZ	300	79	290	266	82
26	ALHAM	SSZ	300	78	291	273	78
27	PEARG	SSZ	319	77	292	280	74
28	CASRA	SSZ	304	76	293	287	70
29	PRN	SSZ	314	76	293	289	69
29	CSHAM	SSZ	307	76	293	291	68
29	CAROC	SSZ	300	76	293	293	67
30	MANEW	SSZ	300	75	294	300	63
31	LBB	SSZ	314	75	294	302	62
31	ALBRA	SSZ	307	75	294	304	61
31	ALHAM	SSZ	300	75	294	306	60
		inicio	SSZ	65	8	126	171
5	CAFIN	SSZ	79	7	216	95	63
8	CASMA	SSZ	79	5	226	55	51
8	ALBRA	SSZ	96	4	245	55	42
12	ALBRA	SSZ	117	4	256	56	41
14	LEBL	SSZ	159	4	277	55	39
16	FSAN	SSZ	159	4	277	55	39
17	CASNI	SSZ	109	4	280	55	31
17	CASRA	SSZ	124	5	292	59	29
19	ALEUR	SSZ	138	4	298	62	28
20	FLAM	SSZ	145	4	301	64	27
21	FMAC	SSZ	79	4	304	86	26
21	CASAN	SSZ	134	6	329	100	21
24	FMAN	SSZ	181	4	359	106	16
26	CAROC	SSZ	232	6	378	75	17
28	CASAU	SSZ	245	6	383	67	17
29	SEV	SSZ	284	7	398	55	17
30	INTRE	VIX		0	1	0	1

DIA	NAVIO	PORTO	DC-20	RF-20	DC-40	HC-40	RH-40
		inicio	SLZ	0	4	2	0
29	FMAN	SLZ	130	0	9	2	0
		inicio	SSA	138	18	175	122
17	MAVAL	SSA	94	9	69	30	60
19	FLAM	SSA	141	11	69	30	44
20	SEAXP	SSA	145	9	69	30	36
21	LEBL	SSA	103	9	69	30	28
28	SEV	SSA	107	9	113	31	21
28	MAVAN	SSA	95	11	84	30	45
29	FMAC	SSA	89	12	69	30	45
30	PEARG	SSA	83	13	69	30	53
		inicio	SSZ	236	53	202	250
4	CASNI	SSZ	300	45	290	293	249
9	MAVAL	SSZ	391	51	308	255	246
9	CAFIN	SSZ	300	54	290	217	243
11	FSAN	SSZ	300	61	292	156	242
12	FMAN	SSZ	302	63	297	159	242
12	CASNI	SSZ	301	65	302	162	242
12	CASMA	SSZ	300	67	307	165	242
13	SEAXP	SSZ	300	73	315	173	242
14	FLAM	SSZ	301	70	314	175	242
14	MAVAL	SSZ	300	64	327	160	242
15	SEV	SSZ	301	64	327	160	242
15	ALBRA	SSZ	300	67	334	164	242
16	CAFIN	SSZ	300	73	349	164	242
17	SEAXP	SSZ	301	73	317	180	242
18	PEARG	SSZ	336	79	327	198	238
20	FMAN	SSZ	332	79	324	205	235
20	CASRA	SSZ	328	79	321	212	232
20	MAVAN	SSZ	324	79	318	219	229
21	CASHAM	SSZ	300	79	312	229	225
22	LBB	SSZ	327	79	309	234	223
22	ALBRA	SSZ	324	79	301	240	221
23	ALBRA	SSZ	318	79	301	240	217
24	FBEL	SSZ	324	79	298	245	215
24	SEV	SSZ	321	79	295	250	213
25	LEBL	SSZ	308	79	290	262	208
25	CASAN	SSZ	301	79	290	264	207
25	MAVAN	SSZ	300	79	290	266	206
26	ALHAM	SSZ	300	78	291	273	202
27	PEARG	SSZ	319	77	292	280	198
28	CASRA	SSZ	304	76	293	287	194
29	PRN	SSZ	314	76	293	289	193
29	CSHAM	SSZ	307	76	293	291	192
29	CAROC	SSZ	300	76	293	293	191
30	MANEW	SSZ	300	75	294	300	187
31	LBB	SSZ	314	75	294	302	186
31	ALBRA	SSZ	307	75	294	304	185
31	ALHAM	SSZ	300	75	294	306	184
		inicio	SSZ	65	8	126	171
5	CAFIN	SSZ	79	7	216	95	63
8	CASMA	SSZ	79	5	229	49	51
8	ALBRA	SSZ	96	4	248	20	51
12	ALBRA	SSZ	117	4	259	21	41
14	LEBL	SSZ	159	4	280	24	42
16	FSAN	SSZ	159	4	280	24	41
17	CASNI	SSZ	109	4	283	24	39
17	CASRA	SSZ	124	5	286	24	39
19	ALEUR	SSZ	138	4	298	28	37
20	FLAM	SSZ	145	4	304	31	36
21	FMAC	SSZ	79	4	307	33	35
21	CASAN	SSZ	134	6	310	34	34
24	FMAN	SSZ	181	4	335	69	29
26	CAROC	SSZ	232	6	365	75	24
28	CASAU	SSZ	245	6	384	44	25
29	SEV	SSZ	284	7	389	36	25
30	INTRE	VIX		0	1	0	1

Tabela 4.35 - Movimentação de contêineres.

DIA	NAVI0			PORTO			EST			DC20			DC40			HC40			RF-20			RH40		
	EST	W	O	EST	W	O	EST	W	O	EST	W	O	EST	W	O	EST	W	O	EST	W	O	EST	W	O
116	FMAN	FOT	89	0	0	0	-33	36	59	-6	0	0	39	-9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	LEBL	FOT	89	0	0	0	-88	88	48	-32	0	21	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
122	FLAM	FOT	120	0	0	0	0	31	0	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
124	FMAC	FOT	135	0	0	0	0	15	0	0	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
126	FMAN	FOT	178	0	0	0	0	43	0	0	0	91	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	SEAXP	ITJ	24	0	0	0	-46	49	92	-30	-34	0	322	-5	0	212	0	0	0	0	0	0	0	0
124	MAVAN	ITJ	24	21	0	0	-27	6	67	-2	-23	0	355	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0
129	ALHAM	ITJ	24	33	0	0	-45	12	25	0	-42	0	341	0	0	-14	0	0	0	0	0	0	0	0
124	FMAN	MAO	603	0	0	0	190	0	148	0	0	150	0	0	-281	263	0	0	0	0	0	0	0	0
128	FLAM	MAO	709	0	0	0	106	0	105	0	0	150	62	0	-173	111	0	0	0	0	0	0	0	0
127	FMAN	MCZ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0
123	SEAXP	PEC	23	0	0	0	-11	0	6	0	0	-35	17	9	0	-26	10	2	0	0	0	0	0	0
125	CASMA	PEC	23	0	0	0	0	0	6	2	0	-2	0	9	3	0	32	0	0	0	0	0	0	0
131	MAVAN	PEC	24	0	0	0	0	0	6	1	0	-1	0	9	12	0	-12	0	2	1	0	-1	0	0
131	MANEW	PNG	109	0	0	0	21	0	45	0	0	-8	0	27	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
130	PRN	PNG	88	0	0	0	18	0	53	15	0	-7	0	253	0	15	0	3	0	0	0	0	0	0
128	CSHAM	PNG	70	0	0	0	12	0	45	0	0	-5	0	238	0	10	0	3	0	0	0	0	0	0
127	ALHAM	PNG	58	0	0	0	9	0	50	5	0	-3	0	228	0	16	0	3	0	0	0	0	0	0
123	LBB	PNG	49	-4	0	0	4	0	48	0	0	0	0	212	0	8	0	3	0	0	0	0	0	0
121	MAVAN	PNG	49	-33	0	0	17	0	48	0	0	-2	0	204	0	31	0	3	0	0	0	0	0	0
120	PEARQ	PNG	65	0	0	0	12	0	50	7	0	-2	0	173	0	27	0	3	0	0	0	0	0	0
116	SEV	PNG	53	0	0	0	4	0	45	0	0	-1	1	146	-11	4	0	3	0	0	0	0	0	0
115	SEAXP	PNG	49	-21	0	0	21	0	45	0	0	-17	17	153	0	61	0	3	0	0	0	0	0	0
110	MAVAL	PNG	49	0	0	0	14	2	45	0	0	0	-13	49	-16	0	42	0	2	0	0	0	0	0
110	LEBL	RIG	211	0	0	0	-57	77	347	0	0	-1	0	271	-7	53	0	20	0	0	0	0	0	0
117	LEBL	RIG	211	0	0	0	0	0	348	0	0	0	0	225	0	53	0	20	0	0	0	0	0	0
119	CASNI	RIG	211	0	0	0	-28	28	347	0	0	0	0	297	0	26	0	17	0	0	0	0	0	0
114	FMAC	RIG	211	0	0	0	-37	37	360	0	0	0	0	267	0	-30	0	20	0	0	0	0	0	0
118	FMAN	RIG	211	0	0	0	-13	13	374	0	0	0	14	235	0	-32	0	17	0	0	0	0	0	0
118	CASMA	RIG	211	-4	0	0	4	0	378	0	0	4	0	224	-12	1	0	17	-1	0	0	0	0	0
125	CASRA	RIG	250	-17	0	0	56	0	421	0	0	43	0	234	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0
129	LBB	RIG	219	0	0	0	-31	0	371	0	0	-50	0	218	0	-16	0	24	0	0	0	0	0	0
131	CASAN	RIG	211	4	0	0	-12	0	351	0	0	-20	0	212	0	-6	0	22	0	0	0	0	0	0
116	SEV	RIO	230	22	-24	0	55	0	55	0	0	3	0	29	0	1	0	20	0	0	0	0	0	0
122	CASMA	RIO	230	0	8	-8	52	0	52	0	0	1	0	28	0	-1	0	18	0	0	0	0	0	0
124	CASMA	RIO	230	0	0	0	51	0	51	0	0	1	0	28	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0
119	MAVAN	RIO	230	0	44	-44	53	0	53	0	0	2	0	28	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
121	LBB	RIO	230	0	24	-24	51	0	51	0	0	-5	0	29	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
122	CASMA	RIO	230	0	8	-8	52	0	52	0	0	1	0	28	0	-1	0	18	0	0	0	0	0	0
124	CASMA	RIO	230	22	-24	0	55	0	55	0	0	2	0	29	0	1	0	20	0	0	0	0	0	0
125	ALHAM	RIO	230	0	42	-42	57	0	57	0	0	2	0	30	0	1	0	23	0	0	0	0	0	0
128	PRN	RIO	248	73	0	-55	54	0	54	0	0	-3	0	31	0	1	0	24	0	0	0	0	0	0
129	CASRA	RIO	230	0	0	-18	53	0	53	0	0	-1	0	31	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0
131	CASAU	RIO	230	55	0	0	50	0	50	0	0	-3	0	32	0	1	0	25	0	0	0	0	0	0
116	SEV	SEP	5	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117	FMAN	SEP	5	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	FMAN	SEP	5	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	FLAM	SEP	5	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
124	LEBL	SEP	5	0	-120	-1	121	0	121	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
125	FREL	SEP	5	0	0	0	-1	1	14	0	0	8	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
131	INTRE	SEP	5	6	0	0	-6	0	13	0	0	-1	0	25	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0
116	LEBL	SFS	201	0	0	0	-33	0	151	0	0	-6	0	130	0	-45	93	2	-2	0	0	0	0	0
111	MAVAL	SFS	207	0	0	0	6	0	141	-28	0	18	0	130	3	0	-3	0	2	0	0	0	0	0
114	FMAN	SFS	213	-30	0	0	36	0	197	0	0	0	0	145	0	0	15	0	2	0	0	0	0	0
115	CASNI	SFS	182	-43	0	0	12	0	216	0	0	19	0	150	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0
116	FMAC	SFS	194	0	0	0	12	0	235	0	0	19	0	155	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0
122	ALBRA	SFS	198	0	0	0	4	0	335	0	0	100	0	241	0	0	86	0	3	0	0	0	0	0
123	SEV	SFS	196	0	0	0	-2	0	328	-13	0	6	0	249	0	0	8	0	5	0	0	0	0	0
123	PEARQ	SFS	194	0	0	0	-2	0	334	0	0	6	0	257	0	0	8	0	5	0	0	0	0	0
125	CSHAM	SFS	176	0	0	0	-18	0	323	-15	0	4	0	261	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0
129	ALEUR	SFS	120	0	0	0	0	0	288	0	0	0	0	216	0	0	-45	0	2	0	0	0	0	0

Continua na página seguinte.

Continuação Tabela 4.35 – Movimentação de contêineres.

DIA	NAVIO	PORTO	EST	X	W	O	Y	DC20	DC40	HC40	R420	R440
	início							EST	X	W	O	Y
129	FMAN	SLZ	130	0	9	0	0	175	0	0	0	0
127	MAVAL	SSA	138	0	0	0	0	138	0	18	0	0
117	MAVAL	SSA	94	0	-6	-38	0	69	0	0	0	-62
119	FLAM	SSA	141	0	47	0	0	69	29	0	0	-16
120	SEXP	SSA	145	0	4	0	0	69	0	0	0	0
121	LEBL	SSA	103	46	4	0	0	69	8	0	0	0
128	SEV	SSA	107	0	4	0	0	113	106	0	0	-49
128	MAVAN	SSA	95	0	-12	0	0	84	0	0	0	-16
129	FMAC	SSA	69	0	-6	0	0	69	0	0	0	0
130	PEARG	SSA	83	0	-6	0	0	69	15	0	0	0
	início		236					202				
14	CASNI	SSZ	300	0	-37	101	290	0	-6	94	293	0
112	CASNI	SSZ	301	0	-1	0	0	302	0	0	0	0
112	FMAN	SSZ	302	0	-1	3	297	0	5	0	159	0
111	FSAN	SSZ	300	0	-39	39	292	-7	8	0	156	-54
119	CASNI	SSZ	300	0	-91	0	0	280	0	0	217	0
117	SEXP	SSZ	301	3	-2	0	317	-47	15	0	180	0
118	PEARG	SSZ	336	43	-8	0	327	0	10	0	198	0
120	CASRA	SSZ	328	0	4	0	321	0	-3	0	212	0
120	MAVAN	SSZ	324	0	-4	0	318	0	-3	0	219	0
121	CASMA	SSZ	303	-18	-3	0	315	0	-3	0	224	0
121	CSHAM	SSZ	300	0	-3	0	312	0	-3	0	229	0
122	LBB	SSZ	327	30	-3	0	309	0	-3	0	234	0
122	ALEUR	SSZ	324	0	-3	0	306	0	-3	0	239	0
123	ALBRA	SSZ	318	0	-6	0	301	0	-5	0	240	0
124	FBEL	SSZ	324	9	-3	0	298	0	-3	0	245	0
124	SEV	SSZ	321	0	-3	0	295	0	-3	0	250	0
125	LEBL	SSZ	308	0	-13	0	290	0	0	0	252	0
125	CASAN	SSZ	301	0	-7	0	290	0	0	0	254	0
125	MAVAN	SSZ	300	0	-7	0	290	0	0	0	256	0
126	ALHAM	SSZ	300	0	-21	21	291	0	1	0	273	0
127	PEARG	SSZ	319	40	-21	0	292	0	0	1	280	0
127	CASRA	SSZ	300	0	-21	2	293	0	0	1	287	0
128	CASRA	SSZ	300	0	-21	21	293	0	0	0	289	0
129	CSHAM	SSZ	307	0	-7	0	293	0	0	0	291	0
129	CAROC	SSZ	300	0	-7	0	293	0	0	0	293	0
130	MANEW	SSZ	300	17	-21	4	294	0	0	1	300	0
131	LBB	SSZ	314	21	-7	0	294	0	0	0	302	0
131	ALEUR	SSZ	307	0	-7	0	294	0	0	0	304	0
131	ALHAM	SSZ	300	0	-7	0	294	0	0	0	306	0
	início		65					207				
15	CASNI	SSZ	79	0	-1	15	216	0	9	0	95	0
18	CASMA	SSZ	79	0	-1	1	226	-3	13	0	55	0
112	ALBRA	SSZ	96	-3	20	0	245	0	19	0	55	0
114	LEBL	SSZ	117	0	21	0	256	0	11	0	56	0
116	FSAN	SSZ	159	0	42	0	277	0	21	0	55	-4
117	CASNI	SSZ	159	0	0	0	277	0	0	0	55	0
117	CASRA	SSZ	109	-55	5	0	280	0	3	0	55	0
119	ALEUR	SSZ	124	-9	24	0	292	0	12	0	59	0
120	FLAM	SSZ	138	0	14	0	298	0	6	0	62	0
121	FMAC	SSZ	145	0	7	0	301	0	3	0	64	0
121	CASAN	SSZ	79	-73	7	0	304	0	0	0	86	0
124	FMAN	SSZ	134	0	55	0	329	0	25	0	100	0
125	CAROC	SSZ	181	-21	68	0	359	0	30	0	106	0
128	CASAU	SSZ	232	0	51	0	376	0	19	0	75	0
129	SEV	SSZ	245	0	13	0	383	0	0	0	67	0
131	FBEL	SSZ	284	0	39	0	398	0	15	0	55	11
	início		9					1				
130	INTRR	VIX	11	0	0	2	0	0	0	0	0	0

4.7. Variação do cenário atualizado.

A partir do cenário atualizado, foi alterado o dado de capacidade do modelo

para mostrar a consistência da restrição de capacidade. Nos trechos de viagem em que a capacidade do navio atingiu seu limite máximo diminuiu-se a disponibilidade do navio em 20% ficando aquém da quantidade de contêineres vazios movimentada no resultado original; com isso pretende-se avaliar como o modelo realoca os contêineres que ultrapassam este novo limite.

Os trechos onde foram alteradas as capacidades dos navios são mostradas a seguir na Tabela 4.36 e foram escolhidos de modo que quando fosse diminuído 20% da capacidade, o valor obtido ficasse menor à quantidade de contêineres vazios movimentada por navio sugerida pelo modelo. Na primeira coluna da Tabela estão os dias em que os navios da segunda coluna passam pelos portos da terceira coluna; na quarta coluna está a capacidade em TEUs do navio de *slots* vagos pra o carregamento de contêineres vazios para o determinado trecho da viagem e a quinta representa a nova capacidade do navio com a redução de 20%.

Tabela 4.36 – Trechos com capacidade diminuída em 20%.

DIA	NAVIO	Port1	Capacidade	Nova Capacidade diminuída
T8	FMAN	MCZ	37	30
T11	MAVAL	SFS	88	70
T14	FMAN	SFS	30	24
T14	MAVAL	SSZ	148	118
T16	LEBL	FOT	65	52
T16	FSAN	SUP	124	99
T16	SEAXP	IJJ	70	56
T17	SEAXP	SSZ	235	188
T21	LEBL	SSA	46	37

A Tabela 4.37 mostra os resultados da variação do cenário atualizado de modo semelhante a mostrada na Tabela 4.33.

Tabela 4.37 – Resultados da variação do cenário atualizado.

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	DC20	RF-20	DC40	HC40	RH40
X	14	SSZ	RIG	CASN1	0	10	0	0	0
Y	14	SSZ		CASN1	101	0	94	0	0
Y	15	SUP		CAFIN	15	0	0	0	0
X	16	FOT	SEP	FMAN	0	0	5	7	0
Y	16	FOT		FMAN	36	0	0	0	0
X	17	RIG	SFS	LEBL	0	0	0	3	0
Y	17	RIG		LEBL	77	0	0	0	0
X	18	SUP	PEC	CASMA	0	0	1	0	0
X	18	SUP	RIO	CASMA	0	0	9	0	0
Y	18	SUP		CASMA	1	0	0	6	0
X	18	M CZ	SEP	FMAN	0	0	0	4	0
X	19	SSZ	SFS	CAFIN	0	3	0	0	0
W	19	SEP	RIO	CASMA	200	0	0	0	0
X	19	RIG	RIO	CASN1	0	0	0	0	9
Y	19	RIG		CASN1	28	0	0	0	0
X	19	SFS	SUP	LEBL	0	2	0	0	0
Y	19	SFS		LEBL	0	5	0	93	0
X	19	SSZ	PNG	MAVAL	0	0	0	0	5
Y	19	SSZ		MAVAL	182	0	32	0	0
X	19	PNG	SSA	MAVAL	0	2	0	19	0
Y	19	PNG		MAVAL	2	0	49	0	6
Y	19	RIO		CASMA	0	0	12	24	0
X	19	SSZ	SEP	FMAN	0	0	1	5	9
X	19	SSZ	MAO	FMAN	0	0	0	50	0
Y	19	SSZ		FMAN	39	0	0	0	0
X	19	SFS	SSZ	MAVAL	2	0	0	0	0
X	19	SFS	SSA	MAVAL	0	0	14	0	0
X	19	SUP	SSZ	ALBRA	12	0	0	0	0
Y	19	SUP		ALBRA	0	2	0	29	0
X	19	RIO		CASN1	0	0	0	0	1
X	19	SUP		CASN1	0	0	0	0	0
X	19	SSZ	SUP	CASN1	0	6	0	0	0
Y	19	SEP		FMAN	232	0	9	21	0
Y	19	SSZ		FMAN	3	0	0	0	0
W	19	SEP	RIO	SEV	36	0	0	0	0
Y	19	SEP		FMAN	0	0	4	3	0
X	19	SSZ	PNG	SEAXP	0	0	8	0	12
X	19	SSZ	ITJ	SEAXP	0	0	0	0	26
Y	19	SSZ		SEAXP	2	0	0	0	0
W	19	RIO	SEP	FLAM	0	8	10	0	0
X	19	SSZ	SSA	FLAM	0	0	8	0	0
Y	19	SSZ		FLAM	2	0	0	0	0
Y	19	RIG		FMAC	37	0	0	0	0
X	19	SFS	SSZ	FMAN	24	0	0	0	0
Y	19	SUP		LEBL	0	1	0	0	0
X	19	SSZ	SSA	MAVAL	0	10	0	20	0
X	19	SFS	SSZ	CAFIN	47	0	0	0	0
X	19	PNG	ITJ	SEAXP	21	0	0	0	0
Y	19	PNG		SEAXP	0	0	17	0	0
Y	19	SSZ		SEV	2	0	0	0	0

Continua na página seguinte.

Var	Tempo	Port1	Port2	Navio	DC20	RF-20	DC40	HC40	RH40
X	116	SEP	SSA	FLAM	0	8	0	0	9
Y	116	SEP		FLAM	2	0	0	0	0
X	116	FOT	SSA	LEBL	0	0	25	0	1
Y	116	FOT		LEBL	88	0	0	0	0
X	116	11J	PEC	SEAXP	0	0	2	3	0
X	116	11J	SSA	SEAXP	0	0	21	2	0
Y	116	11J		SEAXP	49	0	0	0	102
X	116	PNG	SUP	SEV	0	0	0	7	0
Y	116	PNG		SEV	0	0	1	0	0
X	117	SUP	RIO	CASRA	55	0	0	0	8
Y	117	SSA		MAVAL	0	14	13	3	0
W	117	SEP	RIO	MAVAN	44	0	0	0	0
X	117	SSZ		SEAXP	0	0	53	0	14
X	118	RIG	RIO	CASMA	4	0	0	0	0
X	118	RIG	PEC	CASMA	0	1	0	12	0
Y	118	RIG		FMAN	13	0	0	0	0
W	118	SSA	SSZ	MAVAN	15	0	0	0	0
Y	119	SSA		FLAM	0	0	54	0	7
W	119	SEP	RIO	LBB	24	0	0	0	0
W	120	SEP	RIO	CASMA	8	0	0	0	0
Y	120	SSA		SEAXP	0	0	8	0	0
X	121	SUP	RIO	CASAN	73	0	0	0	0
X	121	SSZ	PNG	CSHAM	0	0	0	0	4
X	121	RIO	PNG	LBB	0	0	5	0	0
X	121	SSA	SEP	LEBL	6	0	0	0	0
X	121	SSA		LEBL	31	0	0	0	0
X	121	PNG	11J	MAVAN	33	0	0	0	0
W	122	SEP	RIO	CASAN	3	0	0	0	0
W	122	RIO	SEP	LEBL	0	0	0	1	0
W	123	SEP	RIO	ALHAM	42	0	0	0	0
X	123	PNG	RIG	LBB	4	0	0	0	0
Y	123	PEC		SEAXP	0	3	17	10	0
X	123	SFS	SSA	SEV	0	0	6	0	8
Y	124	MAO		FSAN	0	0	0	263	0
Y	124	SEP		LEBL	122	0	0	0	0
X	124	11J	SSA	MAVAN	0	0	9	0	0
Y	124	11J		MAVAN	6	0	0	0	0
X	125	SUP	SSZ	CAROC	21	0	0	0	0
X	125	RIG	SSZ	CASRA	17	0	0	0	0
X	125	SFS	PNG	CSHAM	0	0	15	0	3
Y	125	SEP		FBEL	1	0	0	0	0
Y	126	SSZ		ALHAM	13	0	0	0	0
Y	128	SSZ		CASRA	11	0	0	0	0
Y	128	MAO		FLAM	0	0	0	124	0
Y	129	11J		ALHAM	12	0	0	0	0
Y	129	SSA		FMAC	0	0	8	0	4
Y	129	SSZ		PRN	21	0	0	0	0
Y	130	SSZ		MANEW	4	0	0	0	0

Continuação Tabela 4.37 - Resultados da variação do cenário atualizado.

4.8. Análise dos resultados do cenário atualizado e variação

Os resultados obtidos no cenário atualizado mostram-se adequados para a resolução do problema proposto: dentro do contexto apresentado o modelo satisfaz os objetivos da pesquisa. A consistência do modelo é mostrada na análise do cenário Barco, para mostrar a consistência da restrição de capacidade, inexistente no cenário Barco, compara-se o cenário atualizado com uma variação onde há uma alteração nos limites de *slots* disponíveis no navio.

A comparação entre os resultados do cenário atualizado e o cenário atualizado - capacidade reduzida é apresentada na Tabela 4.38; a Tabela mostra somente os trechos de viagem em que há carregamento de contêineres vazios. Nesta Tabela é possível verificar que houve alterações significativas na configuração de movimentação de contêineres vazios entre os dois cenários: o número de trechos de viagem que atingem o limite máximo passa de nove para doze trechos e; houve alterações na configuração de carregamento em sessenta trechos de viagem. Apesar destas variações quantitativas verifica-se que não houve muitas alterações nos trechos de viagens utilizados, avaliado pelo fato que de no cenário variação quatro trechos de viagem que originalmente eram usados deixaram de ser.

Outro fator de relevância nesta comparação é relativo ao valor da função objetivo: no cenário atualizado obteve um custo de US\$ 2.037.895,00 enquanto que para a variação houve um aumento de 1,3%, sendo o custo estimado de US\$ 2.064.309,00. Isso mostra que a disponibilidade de *slots* vazios nas embarcações tem um impacto significativo no problema da logística do contêiner vazio.

Há também de observar a diminuição do número de TEUS's transportados por via marítima: 2601 no cenário atualizado contra 2504 no cenário variação; uma redução de 4% no volume movimentado.

Tabela 4.38 – Comparação: cenário atualizado X cenário atualizado - capacidade reduzida.

Variação do cenário atualizado				DIA	NAVIO	Portl	Uso	capacidade máxima	Atingiu Limite?	Alterou carregamento?
				14	CASNI	SSZ	10	229		
				16	FMAN	FOT	22	52		SIM
				17	LEBL	RIG	6	139		SIM
				18	FMAN	MCZ	30	30		SIM
				18	CASMA	SUP	36	494		SIM
				19	LEBL	SFS	2	58		SIM
				19	CASNI	RIG	18	325		SIM
				19	MAVAL	SSZ	10	143		
				19	CAFIN	SSZ	3	549		
				19	MAVAL	PNG	40	97		
				110	MAVAL	PNG	32	97		
				111	FSAN	SSZ	128	128		SIM
				111	CASMA	RIO	19	427		SIM
				111	MAVAL	SFS	70	70		SIM
				112	CASNI	SSZ	26	293		SIM
				112	CASMA	SSZ	19	431		SIM
				112	ALBRA	SUP	24	203		SIM
				113	FSAN	SEP	99	117		SIM
				113	SEAXP	SSZ	91	224		SIM
				114	FMAN	SFS	24	24		SIM
				114	FLAM	SSZ	123	123		SIM
				114	CASNI	RIO	6	307		SIM
				114	MAVAL	SSZ	118	118		SIM
				115	CAFIN	SFS	47	353		SIM
				115	ALBRA	SSZ	12	256		SIM
				115	SEAXP	PNG	73	186		SIM
				116	LEBL	FOT	52	52		SIM
				116	FSAN	SUP	99	99		SIM
				116	FLAM	SEP	149	149		SIM
				116	SEV	PNG	14	87		SIM
				116	SEAXP	ITJ	56	56		SIM
				117	CASRA	SUP	71	419		SIM
				117	SEAXP	SSZ	188	188		SIM
				118	FMAN	RIG	24	59		SIM
				118	CASMA	RIG	48	343		SIM
				119	FLAM	SSA	0	150		SIM
				119	ALEUR	SUP	0	574		SIM
				120	CASRA	SSZ	71	143		SIM
				120	SEAXP	SSA	10	198		SIM
				121	LEBL	SSA	37	37		SIM
				121	LBB	RIO	9	231		SIM
				121	CASAN	SUP	73	290		SIM
				121	CASMA	SSZ	65	349		SIM
				121	CASHAM	SSZ	8	177		SIM
				121	MAVAN	PNG	33	231		SIM
				122	LBB	SSZ	9	203		SIM
				122	CASMA	RIO	27	341		SIM
				122	ALBRA	SFS	12	523		SIM
				122	ALEUR	SSZ	0	596		SIM
				123	SEV	SFS	42	234		SIM
				123	LBB	PNG	4	276		SIM
				124	LEBL	SEP	31	97		SIM
				124	SEV	SSZ	42	99		SIM
				124	MAVAN	ITJ	18	246		SIM
				125	CASRA	RIG	88	449		SIM
				125	CASHAM	SFS	44	213		SIM
				125	CAROC	SUP	21	356		SIM
				125	MAVAN	SSZ	18	222		SIM
				128	SEV	SSA	14	153		SIM
				128	CASRA	SSZ	71	518		SIM
				129	ALEUR	SFS	0	314		SIM

Cenario atualizado				DIA	NAVIO	Portl	Uso	capacidade máxima	Atingiu Limite?
				14	CASNI	SSZ	10	229	
				16	FMAN	FOT	29	52	
				17	LEBL	RIG	14	139	
				18	FMAN	MCZ	37	37	
				18	CASMA	SUP	10	494	
				19	LEBL	SFS	10	58	
				19	CASNI	RIG	18	325	
				19	MAVAL	SSZ	10	143	
				19	CAFIN	SSZ	3	549	
				110	MAVAL	PNG	32	97	
				111	FSAN	SSZ	123	128	
				111	CASMA	RIO	6	427	
				111	MAVAL	SFS	88	88	
				112	CASNI	SSZ	20	293	
				112	CASMA	SSZ	6	431	
				112	ALBRA	SUP	6	203	
				113	FSAN	SEP	110	117	
				113	SEAXP	SSZ	90	224	
				114	FMAN	SFS	30	30	
				114	FLAM	SSZ	112	123	
				114	CASNI	RIO	0	307	
				114	MAVAL	SSZ	148	148	
				115	CAFIN	SFS	43	353	
				115	ALBRA	SSZ	3	256	
				115	SEAXP	PNG	73	186	
				116	LEBL	FOT	65	65	
				116	FSAN	SUP	124	124	
				116	FLAM	SEP	108	149	
				116	SEV	PNG	22	87	
				116	SEAXP	ITJ	70	70	
				117	CASRA	SUP	71	419	
				117	SEAXP	SSZ	235	235	
				118	FMAN	RIG	30	59	
				118	CASMA	RIG	35	343	
				119	FLAM	SSA	4	150	
				119	ALEUR	SUP	18	574	
				120	CASRA	SSZ	71	143	
				120	SEAXP	SSA	10	198	
				121	LEBL	SSA	46	46	
				121	LBB	RIO	10	231	
				121	CASAN	SUP	73	290	
				121	CASMA	SSZ	53	349	
				121	CASHAM	SSZ	8	177	
				121	MAVAN	PNG	33	231	
				122	LBB	SSZ	10	203	
				122	CASMA	RIO	27	341	
				122	ALBRA	SFS	3	523	
				122	ALEUR	SSZ	9	596	
				123	SEV	SFS	64	234	
				123	LBB	PNG	4	276	
				124	LEBL	SEP	40	97	
				124	SEV	SSZ	64	99	
				124	MAVAN	ITJ	4	246	
				125	CASRA	RIG	88	449	
				125	CASHAM	SFS	44	213	
				125	CAROC	SUP	21	356	
				125	MAVAN	SSZ	4	222	
				128	SEV	SSA	22	153	
				128	CASRA	SSZ	71	518	
				129	ALEUR	SFS	9	314	

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Geoffrion (1976) menciona que modelos devem ser usados para adquirir conhecimento e não somente para obter respostas de problemas. Ele também enfatizou a necessidade de se apreciar os *tradeoffs* que existem em qualquer situação em que se deseje modelar matematicamente. Assim, os resultados vistos no capítulo anterior servem igualmente para a reflexão e a crítica da situação modelada e não meramente como uma resposta quantitativa: apesar da grande dose de elementos computacionais empregada, as conclusões também são qualitativas.

Neste capítulo é apresentada uma síntese das principais contribuições do trabalho, são feitos comentários sobre o emprego do modelo nas atividades de programação de uma empresa de navegação. São discutidas ainda limitações do modelo proposto bem como são indicadas sugestões para continuidade da pesquisa.

5.1. Síntese das principais contribuições do trabalho.

Esse estudo foi realizado sob a ótica de uma empresa de navegação, avaliando todo o sistema logístico de reposicionamento do contêiner vazio. Esse sistema compreende a rede física envolvida (sistema de distribuição e transporte), além dos custos de transporte, armazenagem e *leasing*. O reposicionamento de contêineres vazios é um problema que ganhou importância em virtude dos custos envolvidos, a redução nestes custos faz diferença na rentabilidade das empresas e garante uma maior competitividade das mesmas frente à concorrência.

clientes de oferta e demanda são representados pelos portos como pontos de oferta e somente identifica para cada porto os instantes em que há passagem de navios. Os anteriormente começam pela rede física adotada. Na dimensão tempo, Barco As mudanças realizadas por Barco em relação ao modelo descrito caso real.

entrada. Já o modelo de Barco mostra-se de fácil utilização, sendo aplicado a um complexo para ser aplicado a um caso real, devido à difícil de obtenção dos dados de Segundo Barco, o modelo de Crainic, Gendreau e Dejax é bastante introduzir novos contêineres no sistema.

minimização dos custos com a necessidade de atender a demanda, podendo isso a rede física é vista de acordo com os períodos de tempo. O objetivo é a vazios externas ao sistema. O modelo considera as dimensões tempo e espaço, por conexão. Também foram levadas em consideração a demanda e oferta de contêineres depósitos em terra, os clientes de demanda, os clientes de oferta e os arcos de *allocation of empty containers*, cujo modelo inclui na rede física os portos, os trabalho de Crainic, Gendreau e Dejax (*Dynamic and stochastic models for the L. (A logística do contêiner vazio, 1998)*). O ponto de partida para Barco, B. O modelo proposto neste trabalho dá continuidade à dissertação de Barco, B. tipo de transporte ou *leasing* deve ser efetuado de modo a minimizar custos.

de contêineres vazios para portos onde há demanda, controlar estoques e escolher o Logo, o estudo para reposicionar contêineres vazios de portos onde há oferta atender a demanda da exportação.

caminhões. Outra alternativa a ser considerada é o aluguel de contêineres vazios para próprios navios da frota, utilizando espaço ocioso nos navios, ou por meio de O reposicionamento dos contêineres vazios pode ser realizado por meio dos outro porto, a empresa procura reposicionar os contêineres vazios.

porto, e não faltem contêineres vazios para atender a demanda de exportação em mais precisamente no terminal de contêineres da empresa na região de influência do Dado este desbalanceamento, para que não sobrem contêineres num porto, porto e a quantidade de contêineres cheios que os navios retiram do porto.

desbalanceamento entre a quantidade de contêineres cheios, que os navios trazem ao O reposicionamento de contêineres vazios é necessário quando há

demanda para cada tipo de contêiner. Os depósitos também são considerados portos. Ao contrário de Crainic, Gendreau e Dejax, Barco considera em seu trabalho mais de um tipo de contêiner.

A meta do trabalho objeto desta dissertação foi aperfeiçoar o modelo de Barco (1998), tornando-o mais representativo da realidade. A modelagem continuou baseando-se na passagem dos navios pelos portos e não houve alteração da rede física considerada. As mudanças introduzidas foram as seguintes:

- No tratamento dos navios com dupla passagem pelos portos. Barco considera um navio que faz uma viagem norte-sul e posteriormente sul-norte como sendo dois navios distintos; com isto o espaço reservado ao transporte de contêineres vazios é dividido em duas partes iguais, uma atribuída ao navio na viagem sul e outra na norte. Daí decorre a atribuição de apenas metade da capacidade do navio destinada aos contêineres vazios quando o navio escala duas vezes num mesmo porto. Isto pode fazer com que o atendimento de uma demanda tenha um custo mais alto ao ser atendida por um caminho ou *leaving*. No presente trabalho, os navios com dupla passagem mantêm-se os mesmos ao visitar um porto pela segunda vez.
- No tratamento da capacidade do navio. Em cada trecho da viagem, Barco considerava que os contêineres poderiam ocupar até 10 % dos espaços (*slots*) do navio; portanto, ele não se preocupava em saber a quantidade de *slots* preenchidos com contêineres cheios em cada trecho da viagem. No presente trabalho, o espaço reservado aos contêineres vazios é aquele não ocupado por contêineres cheios. Desta forma, para cada trecho da viagem, tornou-se necessário identificar os contêineres cheios e vazios presentes no navio, tarefa que é relativamente complexa no caso de navios em rota cíclica, e/ou com dupla passagem em portos da rota (e que foi contornado no trabalho de Barco com a introdução de Navio Sul, Navio Norte).
- Estabelecimento de um estoque mínimo de contêineres vazios nos portos. Barco não considerou estoque mínimo de contêineres vazios nos portos.
- Inserção de uma janela de tempo entre a chegada de um contêiner vazio nos portos e sua liberação para ser utilizado. Barco considerou que o

contêiner vazio que chegava num determinado porto estava liberado para ser utilizado pelo próximo navio. Essa condição funciona muito bem quando existe um certo intervalo de tempo entre a chegada de um contêiner vazio num navio e a chegada do próximo navio, mas quando dois navios chegam a um porto num mesmo dia ou quando o intervalo de tempo entre as chegadas dos mesmo é pequeno, essa hipótese torna-se irreal. No presente trabalho, o contêiner só será liberado para determinado navio após cumprir um prazo em dias, ou seja, o contêiner vazio tem que chegar no porto com um prazo de antecedência para poder embarcar cheio num determinado navio.

Essas alterações no modelo implicaram dificuldades não triviais em sua implementação computacional, principalmente na questão que se refere ao tratamento de duas passagens de um mesmo navio em um mesmo porto numa mesma viagem e no tratamento da passagem de mais de um navio em um mesmo dia em um mesmo porto.

A avaliação das variações de parâmetros do modelo também foi bastante útil para examinar a consistência do modelo.

Foram utilizados dois cenários chamados:

- Cenário Barco. O cenário Barco foi feito com dados colhidos por Barco em uma empresa de navegação. Neste caso não havia dados referentes ao transporte de contêineres cheios em cada trecho da viagem e, portanto, foi utilizado a mesma restrição de capacidade adotada por Barco, (capacidade disponível do navio fixado em 10%). Para este cenário, foram examinadas quatro variações nos parâmetros de custos; a partir da análise comparativa dos resultados, conclui-se pela consistência do modelo e principalmente de sua implementação computacional;
- Cenário atualizado. O cenário atualizado foi elaborado com dados atuais da empresa de navegação. Neste caso foram colhidos dados referentes ao transporte de contêineres cheios em cada trecho da viagem e, portanto, foi feita a mudança na restrição de capacidade

Outra questão de relevância é o tamanho do modelo: apesar do baixo tempo de processamento, o número de parâmetros e variáveis envolvidos é extremamente grande. É possível, então, que o aumento excessivo do número de elementos dos

inscrito uma outra semana. semanas do período, com isso, o sistema deverá ser atualizado semanalmente e quatro semanas há dificuldade em obter boas estimativas referentes às últimas período de planejamento de quatro semanas, no entanto, ao se adaptar um período de companhia de navegação. A aplicação do modelo pode ser efetuada considerando o apoio para a tomada de decisão nos reposicionamentos de contêineres vazios de uma aplicação em casos reais do que os trabalhos anteriores; servindo como ferramenta de O modelo proposto neste trabalho mostrou ser mais adequado para a

5.2. Comentários sobre o emprego do modelo.

da rota. questão da disponibilidade da capacidade do navio, isso relacionado à continuidade por exemplo, o tempo de espera de contêineres até a sua disponibilidade de uso e a realidade trouxe questões que não foram exploradas pelos trabalhos anteriores, como, A necessidade de refazer o modelo matemático para ser mais adequado à comparação para uma única base de dados poderia ser pouco relevante. que o outro modelo foi proposto, descreve melhor a realidade. Também a graus de aproximação. O presente modelo, a partir de sugestões feitas no trabalho em embora busquem representar o mesmo processo real, eles o fazem com diferentes Não houve preocupação em comparar os resultados dos dois modelos porque,

modelagem. se então, a consistência da restrição de capacidade introduzida na para contêineres vazios em diversos trechos da viagem, constatando- modificação nos parâmetros correspondentes aos espaços disponíveis partir dos resultados obtidos para a configuração padrão, foi feita uma disponível no navio, como descrito anteriormente. Para este cenário a

índices levem a um modelo de porte não suportável em microcomputadores, dado o requerimento de armazenagem do modelo.

5.3. Limitações do modelo proposto

- A taxa de retorno dos contêineres para o estado disponível assim como os tempos de viagem de caminhão e do navio são determinísticos, não foram considerados aspectos probabilísticos como, sazonalidade e séries históricas. Em todo o tratamento do modelo admitiu-se que os parâmetros fossem determinísticos apesar das dificuldades em fazer as previsões.
- Avaliar o impacto do custo do *leasing* no caso do *trip lease* (contrato ou operação de *leasing* em curto prazo, pode ser até para uma viagem apenas). Esse contrato é feito por conveniência das empresas e sempre tem acordo e o que não foi estipulado durante a negociação é acordado no momento da devolução do contêiner, normalmente o valor não muda, mas pode ficar algum crédito para a empresa de navegação que será descontado no acerto do per diem. Neste trabalho, foi considerado um custo fixo para o *leasing* de contêineres em um porto que pode depender do porto onde o contêiner é alugado. Na realidade, o custo do *leasing* depende da negociação entre a empresa de navegação e a empresa de *leasing*. Nessa negociação são considerados, a quantidade de contêineres alugados, o tempo de devolução dos contêineres, local de entrega e local de devolução dos contêineres. Portanto, não existe um valor fixo para o *leasing*, cada lote de contêineres alugado tem um valor. Para o *leasing* em longo prazo, acima de três anos, é correto fixar um valor; já para a operação chamada *trip lease*, o valor do *leasing* não poderia ser considerado fixo devido às variáveis descritas. Esse contrato é feito por conveniência das empresas e sempre tem acordo. O que não for estipulado durante a negociação é acertado no momento da devolução

5.4. Sugestões para continuidade da pesquisa

do contêiner, normalmente o valor não muda, mas pode ficar algum crédito para a empresa de navegação, esse crédito será descontado no acerto do per diem. Pode ocorrer em um mesmo carregamento existir contêineres alugados em longo prazo e com contratos de *trip lease*. Na empresa Hamburg Süd, os casos de ocorrência do contrato *trip lease* são de cinco contêineres semanais num universo de 25000 a *lease* 30000 movimentações por semana.

1. Examinar a possibilidade de incluir aspectos probabilísticos para reposicionamento de contêineres vazios, a partir das propostas de Crainic, Gendreau e Dejax.

2. Desenvolvimento de um modelo semelhante ao proposto baseado no tempo ao invés de ter como base a passagens dos navios pelos portos. Com isso o fluxo de contêineres vazios não seria observado somente na passagem dos navios. Com isso haveria um controle maior do fluxo de contêineres terrestre.

ANEXO A

O Anexo A mostra a listagem do código em linguagem GAMS do Cenário Barco e suas variações apresentadas no trabalho. Este modelo utiliza os mesmos dados do modelo apresentado no trabalho de Barco (1998), com o modelo proposto pela nova abordagem.

```
* A Logística do contêiner vazio
*
* O problema visa estimar os posicionamentos dos contêineres vazios tendo como função de mérito a
* minimização dos custos de operação
*
* Caso Básico - (0)
*
* Minimiza o tamanho do arquivo de saída
*
* =====
* $filisting
* $ftsymxref offtsymlist
* option limrow = 0;
* option limcol = 0;
* option solprint = off;
* option sysout = off;
*
* =====
* CONSTANTES
* =====
SCALAR Espera tempo de espera ate que um contêiner que chega ao porto fique disponível /2/;
*
* =====
* INDICES
* =====
sets
N navios do schedule / ALBRA, ALEUR, CABLA, CABOT, CAFIN, CAPED, CAPOL,
CAROC, CATRA, COLOS, COPAC, FLAME, SANIS, HIBCO,
SANTA, SANMI /
EU tipos de contêineres / IN-20, DC-20, DC-40, HK-40 /
P portos / FOT, SUP, SSA, VIX, RIO, SSZ, QPB, QES, ITJ, RGR /
T tempo em dias / T1 * T30 /
```


TABLE N. ALIBERARIO (T,N,P,NN) Parametro binario que assume valor 1 se o navio NN e o antecessor imediato no porto P de navio N quando de sua passagem no dia T

Navio	T7	T9	T10	T14	T11	T2	T4	T5	T13	T16	T18	T21	T11	T2	T4	T6
T7. COPAC	1															
T9. COPAC		1														
T10. COPAC			1													
T14. COPAC				1												
T11. HEICO					1											
T2. HEICO						1										
T4. SANNA							1									
T5. SANNA								1								
T13. SANNA									1							
T16. SANNA										1						
T18. SANNA											1					
T21. SANNA												1				
T11. SANMI													1			
T2. SANMI														1		
T4. SANMI															1	
T6. SANMI																1

T14. COPAC.FOT																
T30. COLOS.FOT																
T25. ALEUR.SUP																
T19. CAROC.SUP																
T30. CATRA.SUP																
T12. ALEUR.SSA																
T6. SANMI.SSA																
T8. CABLA.SSA																
T18. CAROC.SSA																
T21. SANNA.SSA																
T26. CAFIN.SSA																
T29. CATRA.SSA																
T30. CABOT.SSA																
T13. CABOT.VIX																
T4. SANNA.RIO																
T4. SANMI.RIO																
T5. ALBRA.RIO																
T10. COPAC.RIO																
T11. CATRA.RIO																
T12. COLOS.RIO																
T22. ALEUR.RIO																
T26. COLOS.RIO																
T29. CAFIN.RIO																
T2. SANMI.SSZ																
T4. ALBRA.SSZ																
T5. ALBRA.SSZ																
T5. CABLA.SSZ																
T5. SANNA.SSZ																
T7. CABOT.SSZ																
T9. COPAC.SSZ																
T13. COLOS.SSZ																
T14. CAROC.SSZ																
T14. CATRA.SSZ																
T15. CABOT.SSZ																
T16. SANNA.SSZ																
T19. CABOT.SSZ																
T19. CAPED.SSZ																
T20. ALEUR.SSZ																
T20. CAPOT.SSZ																
T24. COLOS.SSZ																
T27. CATRA.SSZ																
T30. CAFIN.SSZ																
T17. ALEUR.ÓPB																
T30. CAPOL.ÓPB																
T3. CABLA.ÓFS																
T15. ALEUR.ÓFS																

REPRESENTA A ORDEM DE PASSAGEM NO PORTO P DO NAVIO ANTERIOR N QUE PASSA NO DIA T;
 REPRESENTA A ORDEM DE PASSAGEM NO PORTO P DO NAVIO N QUE PRECEDE A PASSAGEM DO NAVIO N NO DIA T;
 INTERVALO DE TEMPO ENTRE DOIS NAVIOS CONSECUTIVOS;
 PARAMETER AUX_PRI variavel auxiliar para calculo de parametros;

TABLE P_SUC (T',N',P,PPF) Parametro binario que assume valor 1 se o navio N depois de passar no porto P no dia T visita o porto PP antes de eventual retorno ao porto P	FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITT	RGR
T2 . ALBRA.QFS										
T4 . ALBRA.SSZ										
T2 . ALBRA.SSA										
T5 . ALBUR.SSZ										
T5 . ALBUR.QFS										
T15 . ALBUR.QFS										
T17 . ALBUR.QPB										
T20 . ALBUR.SSZ										
T22 . ALBUR.RIO										
T3 . CABLA.QFS										
T5 . CABLA.SSZ										
T13 . CABOT.VIX										
T15 . CABOT.SSZ										
T26 . CABOT.QFS										
T26 . CAFIN.SSA										
T29 . CAFIN.RIO										
T6 . CAPEB.VIX										
T7 . CAPEB.SSZ										
T9 . CAPEB.QPB										
T17 . CAPEB.QFS										
T20 . CAPOL.SSZ										
T29 . CAPOL.QFS										
T1 . CAROC.SSZ										
T3 . CAROC.RIO										
T10 . CAROC.RGR										
T14 . CAROC.SSZ										
T18 . CAROC.SSA										
T9 . CATRA.SUP										
T11 . CATRA.RIO										
T14 . CATRA.SSZ										
T21 . CATRA.RGR										
T23 . CATRA.QFS										
T27 . CATRA.SSZ										
T29 . CATRA.SSA										
T12 . COLOS.RIO										
T13 . COLOS.SSZ										
T20 . COLOS.RGR										
T22 . COLOS.ITJ										
T24 . COLOS.SSZ										
T26 . COLOS.RIO										
T4 . COPAC.RGR										
T7 . COPAC.ITJ										
T9 . COPAC.SSZ										
T10 . COPAC.RIO										
T1 . HEICO.SSA										
T4 . SANMA.RIO										
T5 . SANMA.SSZ										
T13 . SANMA.RGR										
T16 . SANMA.SSZ										
T18 . SANMA.RIO										
T1 . SANMA.RGR										
T2 . SANMI.SSZ										
T4 . SANMI.RIO										

TABLE EST_INI(F,EU) estoque inicial do porto P para contêiner tipo EU

79. CAPEB. QPB	9	-16	-2	0
117. ALEUR. QPB	-12	-1	0	0
130. CAPOL. QPB	-6	5	4	0
11. SANMI. RGR	0	0	0	0
14. COPAC. RGR	-8	2	5	-3
10. CAROC. RGR	-3	2	-43	-5
13. SANMA. RGR	5	1	-2	-4
20. COLOS. RGR	5	9	-3	-5
21. CATRA. RGR	-14	-6	-13	-5
13. CAROC. RIO	9	6	2	1
14. SANMA. RIO	3	2	1	0
14. SANMI. RIO	0	-26	0	0
15. ALBRA. RIO	-4	-87	-6	0
110. COPAC. RIO	15	-43	2	2
111. CATRA. RIO	6	4	1	1
112. COLOS. RIO	12	-17	0	1
118. SANMA. RIO	18	-13	1	2
122. ALEUR. RIO	8	-32	-7	1
126. COLOS. RIO	0	0	0	0
129. CAFIN. RIO	9	6	2	1
11. HEICO. SSA	-1	-28	-5	0
12. ALEUR. SSA	-154	35	2	1
16. SANMI. SSA	16	-38	-16	2
18. CABLA. SSA	8	66	-3	1
118. CAROC. SSA	25	-10	-21	3
118. SANMA. SSA	12	-64	-2	-1
126. CAFIN. SSA	20	10	2	3
129. CATRA. SSA	-28	-66	-2	2
130. CABOT. SSA	4	3	1	1
11. CAROC. SSZ	2	26	30	2
12. SANMI. SSZ	51	-75	-39	-8
14. ALBRA. SSZ	-43	-212	-53	4
15. ALEUR. SSZ	2	-57	19	-18
15. CABLA. SSZ	0	0	0	20
15. SANMA. SSZ	50	0	0	-20
17. CAPEB. SSZ	4	52	60	4
19. COPAC. SSZ	-46	2	29	1
113. COLOS. SSZ	8	104	120	8
114. CAROC. SSZ	-209	-188	-75	2
114. CATRA. SSZ	-160	-42	45	6
115. CABOT. SSZ	17	26	30	2
116. SANMA. SSZ	2	-34	-10	0
119. CAPEB. SSZ	6	18	60	6
120. ALEUR. SSZ	-28	-94	-15	2
120. CAPOL. SSZ	0	0	0	0
124. COLOS. SSZ	-12	44	90	3
127. CATRA. SSZ	-160	-42	45	6
130. CAFIN. SSZ	6	78	90	6
19. CATRA. SUP	9	18	36	0
119. CAROC. SUP	5	-15	28	0
125. ALEUR. SUP	-34	-18	15	0
130. CATRA. SUP	-49	-18	-4	0
16. CAPEB. VIX	0	-23	3	0
113. CABOT. VIX	0	-13	3	0

FOT	43	57	3	1
ITV	14	13	23	17
QFS	118	92	140	38
QPB	20	20	32	4
RGR	31	50	64	28
RIO	5	69	21	23
SSA	186	210	27	8
SSZ	77	554	141	19

SUP 166 115 7 1
 VIX 0 24 0 0

```

* Parametros para ajuste do estoque inicial
PARAMETER DIA_INI(P) indica o dia da passagem do primeiro navio no porto P;
PARAMETER NAVIO_INI(P) indica o numero do navio que passa primeiro no porto P;
LOOP (P,
    AUX_PRI = 0;
    LOOP (T,
        LOOP (N,
            IF ( (ORD(T) EQ DIA_INI(P)) AND (ORD(N) EQ NAVIO_INI(P)) ,
                O(T,N,P,EU) = O(T,N,P,EU) + EST_INI(P,EU);
            );
        );
    );
);

```

```

* Ajuste do estoque inicial
LOOP (T,
    LOOP (N,
        LOOP (P,
            IF ( (ORD(T) EQ DIA_INI(P)) AND (ORD(N) EQ NAVIO_INI(P)) ,
                O(T,N,P,EU) = O(T,N,P,EU) + EST_INI(P,EU);
            );
        );
    );
);

```

```

* Parametros para ajuste de limites de operacao de rodovias
1) a priori adota-se que nao ha movimentacao de containers via rodovia
* nos dias T1 e T2 de cada porto e em todos os dias apos a passagem do ultimo navio em cada porto
* 2) adota-se tambem que nao pode ocorrer movimentacao via maritima para o ultimo navio de um porto ou de quaiquer
* outro navio que chegue ate "espera" das antes deste navio
PARAMETER DIA_FIM(P) indica o dia da passagem do ultimo navio no porto P (dentro do periodo de analise);
LOOP (P,
    AUX_PRI = 0;
    LOOP (T,
        LOOP (N,
            IF ( (VISITA(T,N,P) = 1) AND (ORD(T) GT AUX_PRI) ,
                AUX_PRI = ORD(T);
            );
        );
    );
);
DIA_FIM(P) = AUX_PRI;
);

```

TABLE C1 (P,EU,PP) custo em US\$ por unidade do porto P para o porto PP (Transporte por navio)

FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITJ	RGF	FOT	DC-20	318	507	377	301	0	423	413	317	375	350
FOT	IN-20	0	383	253	177	318	299	289	19	251	226	415	415	440	310	285	285	234	176	234	209
SSA	IN-20	253	442	0	236	377	358	348	252	310	285	285	209	209	301	0	282	272	176	234	209
RIO	IN-20	318	507	377	301	0	423	413	317	375	350	350	350	350	301	0	423	413	317	375	350
SSZ	IN-20	299	488	358	282	0	394	298	288	0	250	225	225	225	301	0	282	272	176	234	209
QPB	IN-20	289	478	348	272	413	394	298	288	0	250	225	225	225	301	0	282	272	176	234	209
QFS	IN-20	193	382	252	176	317	298	288	0	250	225	225	225	225	301	0	282	272	176	234	209
ITJ	IN-20	251	440	310	234	375	356	346	250	0	283	283	283	283	301	0	282	272	176	234	209
RGF	IN-20	226	415	285	209	350	331	321	225	283	0	226	226	226	301	0	282	272	176	234	209
FOT	DC-20	0	383	253	177	318	299	289	19	251	226	415	415	440	310	285	285	234	176	234	209
SUP	DC-20	383	442	0	236	377	358	348	252	310	285	285	209	209	301	0	282	272	176	234	209
SSA	DC-20	253	442	0	236	377	358	348	252	310	285	285	209	209	301	0	282	272	176	234	209
VIX	DC-20	177	366	236	0	301	0	423	413	317	375	350	350	350	301	0	282	272	176	234	209
RIO	DC-20	318	507	377	301	0	423	413	317	375	350	350	350	350	301	0	282	272	176	234	209

QFS. HK-40 6000 6000 6000 6000 6000 2100 1100 520 250 0 180 1100

ITJ. HK-40 6000 6000 6000 2200 1200 550 300 180 0 900

RGR. HK-40 6000 6000 6000 3500 2000 1500 1200 1100 900 0

TABLE C3 (EU,P) custo em US\$ por unidade de contêiner tipo EU alugado no porto P

FOT SUP SSA VIX RIO SSS QPB QFS ITJ RGR

IN-20 500 800 600 500 600 600 500 550 530

DC-20 600 800 650 700 750 500 700 600 630

DC-40 760 1000 800 760 900 900 900 770 800 800

HK-40 860 1100 900 860 1000 1000 1000 870 900 900

TABLE C4 (EU,P) custo diário em US\$ por unidade de contêiner tipo EU mantido em estoque no porto P (estoque)

FOT SUP SSA VIX RIO SSS QPB QFS ITJ RGR

IN-20 2 2 2 2 2 2 2 2 2

DC-20 1 1 1 1 1 1 1 1 1

DC-40 2 2 2 2 2 2 2 2 2

HK-40 2 2 2 2 2 2 2 2 2

TABLE TEM (P,PP) tempo de transito por caminho entre os portos P e PP em dias

FOT SUP SSA VIX RIO SSS QPB QFS ITJ RGR

FOT 0 2 4 6 7 8 9 9 10 12

SUP 2 0 2 4 5 6 7 7 8 10

SSA 4 2 0 2 3 4 5 5 6 8

VIX 6 4 2 0 1 2 3 3 4 6

RIO 7 5 3 1 0 1 2 2 3 5

SSZ 8 6 4 2 1 1 1 1 2 5

QPB 9 7 5 3 2 1 0 0 1 3

QFS 9 7 5 3 2 1 0 0 1 3

ITJ 10 8 6 4 3 2 1 1 2 2

RGR 12 10 8 6 5 4 3 3 4 0

PARAMETER

CA (N) 10 por cento da capacidade dos navios

ALBRA 120

ALBURA 160

CABITA 50

CABOT 50

CAFIN 120

CAPED 80

CAPOL 240

CAROC 500

CATRA 500

COLOS 240

COFAC 240

HEICO 80

SANMA 160

SANMI 160

* VARIÁVEIS

X (T,N,P,PP,EU) quant. de cont. do tipo EU transp. pelo navio N do porto P para o porto PP

Y (T,N,P,EU) quant. de cont. do tipo EU alugada para atender a demanda do navio N no porto P

M (T,N,P,PP,EU) quant. de cont. do tipo EU transportados via rodoviário entre P e PP que chegam dias "espera" antes da passagem do navio N

EST (T,N,P,EU) estoque

Z custo total de posicionamento;

```

=====
* EQUACOES
=====
EQUATIONS
CUSTO define a funcao objetivo
EQUILIBRIO(T,N,P,EU) satisfaz as restricoes de N pelo porto quando algum navio passa pelo porto
CAPAC(T,N,P) define a capacidade do navio
;
CUSTO ..
Z
E=
SUM (T,N,P,PP,EU) , C1(P,EU,PP) * X(T,N,P,PP,EU)
+ SUM (T,N,P,PP,EU) , C2(P,EU,PP) * W(T,N,P,PP,EU)
+ SUM (T,N,P,EU) , C3(EU,P) * Y(T,N,P,EU)
+ SUM (T,N,P,EU) , C4(EU,P) * EST(T,N,P,EU) * TEMP(T,N,P)
;
EQUILIBRIO (T,N,P,EU) $ (VISITA(T,N,P) EQ 1) ..
EST (T,N,P,EU)
E=
SUM (TT,NN) $ (
ORD(TT) EQ ATT(T,N,P) $
(ORD(NN) EQ ANN(T,N,P))
, EST(TT,NN,P,EU)
- SUM (PPP)
, P_SUC(T,N,P,PPP) * X(T,N,P,PPP,EU)
+ SUM (TT,TT,NN,PP) $ (
ORD(TT) LE (ORD(T)-Espera) $
(ORD(TT) GT ATT(T,N,P)) $
(VISITA(TT,NN,PP) EQ 1) $
(ORD(TT) LE ORD(T))
)
)
, VISITA(TT,NN,P) * P_ANT(TT,NN,P,PP) * X(TT,NN,PP,P,EU)
- SUM (TT,TT,NN,PP) $ (
ORD(TT) EQ (ORD(T)+Espera+TEM(P,PP)) $
(VISITA(TT,NN,PP) EQ 1) $
(ORD(TT) GT ATT(T,N,P)) $
(ORD(TT) LE ORD(T))
)
)
, W(TT,NN,P,PP,EU)
+ SUM (TT,PP) $ (
ORD(TT) EQ (ORD(T)-Espera-TEM(PP,P))
)
)
, M(TT,NN,P,PP,EU)
+ O (T,N,P,EU)
+ Y (T,N,P,EU)
;
* zera variaveis nao utilizadas
X.FX (T,N,P,PP,EU) $ (VISITA(T,N,P) EQ 0) = 0;
X.FX (T,N,P,PP,EU) $ (P_SUC(T,N,P,PP) EQ 0) = 0;
X.FX (T,N,P,PP,EU) $ (ORD(T) GT (DIV_EIM(P)-Espera)) = 0;
LOOP (TT,
M.FX (T,N,P,PP,EU) $ (
(ORD(TT)-Espera-TEM(P,PP)) EQ ORD(T))
)
)
) = 0;

```



```

)
W.FX(T,N,P,PP,EU)$(ORD(P) EQ ORD(PP)) = 0;
W.FX(T,N,P,PP,EU)$(ORD(T) GT DIA_FIM(P)) = 0;
CAPAC(T,N,P)$(VISITA(T,N,P) EQ 1) ..
SUM ( (TT,TT,PP,PP)$( (ORD(T) LE ORD(T)) $(ORD(TT) GT ORD(T)) ) ,
X(TT,N,PP,PP,"IN-20") * VISITA(TT,N,PP) +
X(TT,N,PP,PP,"DC-20") * VISITA(TT,N,PP) +
2 * X(TT,N,PP,PP,"DC-40") * VISITA(TT,N,PP) +
2 * X(TT,N,PP,PP,"HK-40") * VISITA(TT,N,PP)
)
=L=
CA(N)
;
=====
* MODEL & SYSTEM
*
* =====
MODEL TRANSFORT /ALL/;
OPTION ITERLIN = 10000;
OPTION LP = CPLEX;
SOLVE TRANSFORT USING LP MINIMIZING Z;
*
* =====
* ARQUIVOS DE SAIDA
*
* Auxiliares
PARAMETER parca1;
PARAMETER parca2;
PARAMETER parca3;
PARAMETER parca4;
PARAMETER parca5;
*
* Arquivo de saída
FILE sd var ;
PUT sd var ;
*
* =====
* Variaveis em funcao do tempo
*
* =====
PUT 'Var';
PUT @6 'Tempo';
PUT @12 'Port1';
PUT @18 'Port2';
PUT @24 'Navio';
PUT @30 'IN-20';
PUT @40 'DC-20';
PUT @50 'DC-40';
PUT @60 'HK-40';
PUT /;
LOOP (T,
LOOP (N,
LOOP (P,
parca = 0;
LOOP (PP,
*
* Verifica Impressao de X
IF (SUM(EU, X.L(T,N,P,PP,EU)) NE 0,
PUT 'X';
PUT @6 'TL';
PUT @12 'P.TL';
PUT @18 'PP.TL';
PUT @24 'N.TL';
)
)
)

```

```

                                PUT /;
                                );
                                );
                                );
                                PUT /;
                                );
                                PUT @ (10+ORD(EU)*15) , X.L(T,N,P,PP,EU):0:2;
                                LOOP (EU,
                                PUT @12 P.TL;
                                PUT @6 P.TL;
                                PUT T.TL;
                                IF (SUM(EU , X.L(T,N,P,PP,EU)) NE 0 ,
                                LOOP (T,
                                LOOP (P,
                                PUT /;
                                );
                                PUT @ (10+ORD(EU)*15) , EU.TL ;
                                LOOP (EU,
                                PUT N.TL;
                                LOOP (N,
                                PUT X. /;
                                PUT sd X ;
                                FILE sd X ;
                                *
                                * Variavel X
                                *
                                );
                                );
                                );
                                *
                                -----
                                );
                                parc2 = 1;
                                PUT /;
                                );
                                PUT @ (20 + ORD(EU)*10) , Y.L(T,N,P,PP,EU):0:2;
                                LOOP ( EU ,
                                PUT @24 N.TL;
                                PUT @12 P.TL;
                                PUT @6 T.TL;
                                PUT 'Y';
                                IF ( (SUM(EU , Y.L(T,N,P,PP,EU)) NE 0) AND (parc2 = 0) ,
                                *
                                Verifica Impressao de Y
                                *
                                -----
                                );
                                PUT /;
                                );
                                PUT @ (20 + ORD(EU)*10) , W.L(T,N,P,PP,EU):0:2;
                                LOOP ( EU ,
                                PUT @24 N.TL;
                                PUT @12 P.TL;
                                PUT @6 T.TL;
                                PUT 'W';
                                IF (SUM(EU , W.L(T,N,P,PP,EU)) NE 0 ,
                                *
                                Verifica Impressao de W
                                *
                                -----
                                );
                                PUT /;
                                );
                                PUT @ (20 + ORD(EU)*10) , X.L(T,N,P,PP,EU):0:2;
                                LOOP ( EU ,

```

```

)
FILE sd_m ;
PUT sd_m ;
=====
* Variavel M
=====
PUT 'M' / ;
LOOP (N,
  PUT N.TL;
  LOOP (EU,
    PUT @ (10+ORD(EU)*15), EU.TL ;
  )
  PUT / ;
  LOOP (a,
    LOOP (pp,
      LOOP (T,
        IF (SUM (EU , W.L(T,N,P,PP,EU)) NE 0 ,
          PUT T.TL;
          PUT @ P.TL;
          PUT @ P.TL;
          PUT @ 12 P.TL;
          LOOP (EU,
            PUT @ (10+ORD(EU)*15), W.L(T,N,P,PP,EU):0:2;
          )
          PUT / ;
        )
      )
    )
  )
  PUT / ;
)
=====
* Variavel Estoque
=====
FILE sd_EST ;
PUT sd_EST ;
LOOP (E,
  PUT P.TL ;
  LOOP (EU,
    PUT @ (ORD(EU)*15), EU.TL ;
  )
  PUT / ;
  LOOP (T,
    PUT / ;
    LOOP (T,
      LOOP (N,
        IF (VISITA(T,N,P) NE 0 ,
          PUT T.TL;
          PUT @ N.TL;
          LOOP (EU,
            PUT @ (ORD(EU)*15), EST.L(T,N,P,EU):0:2;
          )
        )
      )
    )
  )
  PUT / ;
)
=====
* Restricao de Capacidade
=====
FILE sd_Cap ;
PUT sd_Cap ;
)

```

```

LOOP (T,
  LOOP (N,
    LOOP (E,
      parcl = CAPAC.T(T,N,P);
      IF ( VISITA(T,N,P) NE 0 ,
        PUT T,TL;
        PUT @5 N,TL;
        PUT @12 P,TL;
        PUT @18 parcl:0:2;
        PUT @25 'LE',;
        PUT @28 CA(N);
      );
    );
  );
);
* =====
* Restricao de Equilibrio
* =====
FILE sd_Equil;
PUT sd_Equil;
PUT 'DIA';
PUT @10 'NAVIO';
PUT @20 'PORTO';
PUT @30 'TIPO';
PUT @40 'EST';
PUT @50 'EST_ANTI';
PUT @60 'SAIDA X';
PUT @70 'ENTRD X';
PUT @80 'SAIDA W';
PUT @90 'ENTRD W';
PUT @100 'BALANCO +';
PUT @110 'LEASING X';
PUT /;
PUT 'T';
LOOP (N,
  LOOP (E,
    parcl = SUM((TT,NN),EST.L(TT,NN,P,EU)$((ORD(TT) EQ ATT(T,N,P))AND(ORD(NN) EQ ANN(T,N,P)))));
    parcl = SUM((PPP),P_SUC(T,N,P,PPP) * X.L(T,N,P,PPP,EU));
    parcl = SUM((TT,TT,NN,PP)$ (
      (ORD(TT) LE (ORD(T)-Espera)) $
      (ORD(TT) GT ATT(T,N,P)-Espera)
    )
    , VISITA(TT,NN,P) * P_ANTI(TT,NN,P,PP) * X.L(TT,NN,PP,P,EU)
    );
    parcl = SUM((TT,TT,NN,PP)$ (
      (ORD(TT) EQ (ORD(TT)+Espera+TEM(P,PP))) $
      (VISITA(TT,NN,PP) EQ 1) $
      ((ORD(TT) GT ATT(T,N,P)) $
      ((ORD(TT) LE ORD(T))
      , W.L(TT,NN,P,PP,EU)
    );
    parcl = SUM((TT,PP)$ (ORD(TT) EQ (ORD(T)-Espera-TEM(PP,P))) , W.L(TT,NN,PP,P,EU));
    PUT T,TL;
    PUT @10 N,TL;
    PUT @20 P,TL;
    PUT @30 EU,TL;
    PUT @40 EST.L(T,N,P,EU):0:2;
    PUT @50 parcl:0:2;
    PUT @60 parcl:0:2;
  );
);

```

```

CUSTO ..
Z
=E=
SUM ((T,N,P,PP,EU) , C1 (P,EU,PP) * X (T,N,P,PP,EU) )
+ SUM ((T,N,P,PP,EU) , 3 * C2 (P,EU,PP) * W (T,N,P,PP,EU) )
+ SUM ((T,N,P,EU) , C3 (EU,P) * Y (T,N,P,EU) )
+ SUM ((T,N,P,EU) , C4 (EU,P) * EST (T,N,P,EU) * TEMP (T,N,P) )
;

```

da função de mérito. A função de mérito fica assim calculada:

O Cenário Variação 2 altera em relação ao Cenário Barco somente no cálculo

Cenário Variação 2

```

CUSTO ..
Z
=E=
SUM ((T,N,P,PP,EU) , 3 * C1 (P,EU,PP) * X (T,N,P,PP,EU) )
+ SUM ((T,N,P,PP,EU) , C2 (P,EU,PP) * W (T,N,P,PP,EU) )
+ SUM ((T,N,P,EU) , C3 (EU,P) * Y (T,N,P,EU) )
+ SUM ((T,N,P,EU) , C4 (EU,P) * EST (T,N,P,EU) * TEMP (T,N,P) )
;

```

da função de mérito. A função de mérito fica assim calculada:

O Cenário Variação 1 altera em relação ao Cenário Barco somente no cálculo

Cenário Variação 1

```

PNT @70 parc3:0:2;
PNT @80 parc4:0:2;
PNT @90 parc5:0:2;
PNT @100 o (T,N,P,EU):0:2;
PNT @110 y.t.(T,N,P,EU):0:2;
PNT /;
);
);
);
);
);

```

```

CUSTO .. Z
=B=
SUM ( (T,N,P,PP,EU) , 3 * C1 (P,EU,PP) * X (T,N,P,PP,EU) )
+ SUM ( (T,N,P,PP,EU) , 3 * C2 (P,EU,PP) * W (T,N,P,PP,EU) )
+ SUM ( (T,N,P,EU) , C3 (EU,P) * Y (T,N,P,EU) )
+ SUM ( (T,N,P,EU) , C4 (EU,P) * EST (T,N,P,EU) * TEMP (T,N,P) )
:
```

O Cenário Variação 4 altera em relação ao Cenário Barco somente no cálculo da função de mérito. A função de mérito fica assim calculada:

Cenário Variação 4

```

CUSTO .. Z
=B=
SUM ( (T,N,P,PP,EU) , C1 (P,EU,PP) * X (T,N,P,PP,EU) )
+ SUM ( (T,N,P,PP,EU) , 3 * C2 (P,EU,PP) * W (T,N,P,PP,EU) )
+ SUM ( (T,N,P,EU) , C3 (EU,P) * Y (T,N,P,EU) )
+ SUM ( (T,N,P,EU) , C4 (EU,P) * EST (T,N,P,EU) * TEMP (T,N,P) )
:
```

O Cenário Variação 3 altera em relação ao Cenário Barco somente no cálculo da função de mérito. A função de mérito fica assim calculada:

Cenário Variação 3

ANEXO B

O Anexo B mostra a listagem do código em linguagem GAMS do Cenário atualizado apresentado no trabalho.

Este Cenário utiliza dados atualizados e implementa a restrição de estoque mínimo mencionado no Capítulo 4.

```

* A logística do container vazio
* O problema visa estimar os posicionamentos dos contentêneres vazios tendo como
* base os seus custos.
* Minimiza o tamanho do arquivo de saída
=====
$offlisting
softsymxref offsymlist
option limrow = 0;
option limcol = 0;
option solprint = off;
option sysout = off;
=====
* CONSTANTES
=====
SCALAR Espera tempo de espera ate que um contentêner que chega ao porto fique disponível /2/;
=====
sets
* N 26 Navios
N navios do schedule / INTR, FMAN, LEBL, FMAC, FSN, FLAM, FBEL, PRN, SEV, LBB, CASAU,
CASNI, CASAN, CASMA, CASRA, MANEW, MAVAL, PARG, CSHAM, CAFIN, ALBRA, ALBUR,
CAROC, SEAXP, MAVAN, ALHAM /
* EU 6 Tipos de contentêneres
EU tipos de contentêneres / DC20, RF20, DC40, HC40, RH40 /
* P 15 Portos
P portos / FOT, ITJ, MAO, MCZ, PEC, RFG, RIG, RIO, SEP, SFS, SLZ, SSA, SSZ, SUF, VIX /
* I 31 Dias

```

T tempo em dias / T4 * T31 /

ALIAS (P, PP);

ALIAS (F, PPP);

ALIAS (N, NN);

ALIAS (N, NNN);

ALIAS (T, TT);

ALIAS (T, TTT);

* =====
* PARAMETROS
* =====

TABLE VISITA (T,N,P) parametro binario que assume valor 1 se o navio N visita o porto P no dia T

POT ITJ MAO MCZ PEC PNG RIG RIO SEP SFS SLZ SSA SSZ SUP VIX

T6.FMAN 1

T16.LEBL 1

T22.FLAM 1

T24.FMAC 1

T26.FMAN 1

T23.SEAXP 1

T25.CASMA 1

T31.MAVAN 1

T11.CASMA 1

T11.SEAXP 1

T14.SEV 1

T14.CASNI 1

T19.MAVAN 1

T21.LBB 1

T22.CASMA 1

T24.CASAN 1

T25.ALHAM 1

T28.PRN 1

T29.CASRA 1

T31.CASAU 1

T5.CAFTN 1

T8.CASMA 1

T12.ALBRA 1

T14.LEBL 1

T16.ESAN 1

T17.CASNI 1

T17.CASRA 1

T19.ALEUR 1

T20.FLAM 1

T21.FMAC 1

T21.CASAN 1

T24.FMAN 1

T25.CAROC 1

T28.CASAU 1

T29.SEV 1

T31.FBEL 1

T30.INTRR 1

T16.SEAXP 1

T24.MAVAN 1

T29.ALHAM 1

T8.FMAN 1

T27.FMAC 1

T10.MAVAT 1

T15.SEAXP 1

T16.SEV 1

T20.PEARG 1

T21.MAVAN 1

T23.LBB 1

T27.ALHAM 1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1	T28.CSHAM	1
	T30.PRN	1
	T31.MANEM	1
	T31.INTRE	1
	T17.MAVAT	1
	T19.FLAM	1
	T20.SBXP	1
	T21.LEBL	1
	T28.SEV	1
	T28.MAVAN	1
	T29.FMAC	1
	T30.PEARG	1
	T29.FMAN	1
	T19.LEBL	1
	T11.MAVAT	1
	T14.FMAN	1
	T15.CAFIN	1
	T16.FMAC	1
	T22.ALBKA	1
	T23.SEV	1
	T23.PEARG	1
	T25.CSHAM	1
	T29.ALEUR	1
	T24.FSAN	1
	T28.FLAM	1
	T4.CASNI	
	T9.MAVAT	
	T9.CAFIN	
	T11.FSAN	
	T12.FMAN	1
	T12.CASNI	
	T12.CASMA	
	T13.SBXP	
	T14.FLAM	
	T14.MAVAT	
	T15.SEV	
	T15.ALBKA	
	T16.CAFIN	
	T17.SBXP	
	T18.PEARG	
	T20.FMAN	
	T20.CASRA	
	T20.MAVAN	
	T21.CASMA	
	T21.CSHAM	
	T22.LBB	
	T22.ALEUR	
	T23.ALBKA	
	T24.FBEL	
	T24.SEV	
	T25.LEBL	
	T25.CASAN	
	T25.MAVAN	
	T26.ALHAM	
	T27.PEARG	
	T28.CASRA	
	T29.PRN	
	T29.CSHAM	
	T29.CAROC	
	T30.MANEM	
	T31.LBB	
	T31.ALEUR	

1.40
1.00
8.12
5.00
22.00
4.30
9.00
0.06
9.30
6.00
10.30
22.00
20.30
22.00
116.CAFIN
117.SEAXF
118.PEARG
120.FMAN
120.CASFA
120.MAVAN
121.CASMA
121.CSHAM
122.LBB
122.ALEUR
123.ALBRA
124.FBEL
124.SEV
125.LEBL
125.CASAN
125.MAVAN
126.ALVAM
127.PEARG
128.CASRA
129.FRN
129.CSHAM
129.CAROC
130.MANEM
131.LBB
131.ALEUR
6.00

1.40
1.00
8.12
5.00
22.00
4.30
9.00
0.06
9.30
6.00
10.30
22.00
20.30
22.00
116.CAFIN
117.SEAXF
118.PEARG
120.FMAN
120.CASFA
120.MAVAN
121.CASMA
121.CSHAM
122.LBB
122.ALEUR
123.ALBRA
124.FBEL
124.SEV
125.LEBL
125.CASAN
125.MAVAN
126.ALVAM
127.PEARG
128.CASRA
129.FRN
129.CSHAM
129.CAROC
130.MANEM
131.LBB
131.ALEUR
6.00
18.00
12.00
12.00
7.30
7.30
20.30
20.48
0.30
7.00

0.01
0.01
22.30
10.30
5.30
19.24
13.01
13.00
5.00
12.00
9.00
0.01
22.30
10.30
20.00
23.00
18.00
8.00
3.30

9.20
5.00
15.00
3.45
19.30
3.45
9.20
5.00
15.00

7.00
20.30
20.48
0.30
7.00
117.MAVAL
119.FLAM
120.SEAXF
121.LEBL
128.SEV
128.MAVAN
129.FMAC
130.PEARG
129.FMAN
129.LEBL
111.MAVAL
114.FMAN
116.FMAC
122.ALBRA
123.SEV
123.PEARG
125.CSHAM
129.ALEUR
124.FSAN
126.FLAM
14.CASNI
19.MAVAL
19.CAFIN
111.FSAN
112.CASNI
113.CASMA
113.SEAXF
114.FLAM
114.MAVAL
115.SEV
115.ALBRA
116.CAFIN
117.SEAXF
118.PEARG
120.FMAN
120.CASFA
120.MAVAN
121.CASMA
121.CSHAM
122.LBB
122.ALEUR
123.ALBRA
124.FBEL
124.SEV
125.LEBL
125.CASAN
125.MAVAN
126.ALVAM
127.PEARG
128.CASRA
129.FRN
129.CSHAM
129.CAROC
130.MANEM
131.LBB
131.ALEUR


```

PARAMETER P_ANT(T,N,P,PP) Parametro binario que assume valor 1 se o navio N antes de passar no porto P no dia T ja
passou pelo porto PP;
LOOP (T,
  LOOP (N,
    LOOP (P,
      IF (VISITA(T,N,P) EQ 1,
        AUX_PRI = 0;
        *
        AUX_PRI = 0 se for 1a passagem, 1 se for 2a passagem
        Rotina que determina AUX_PRI
        LOOP (TT$(ORD(TT) LT ORD(T)) EQ 1,
          IF (VISITA(TT,N,P) EQ 1,
            AUX_PRI = 1;
            AUX_DIA = ORD(TT);
            AUX_HOR = HORAS(TT,N,P);
          );
          *
          Faz atualizacao se AUX_PRI = 0;
          IF (AUX_PRI = 0,
            LOOP (TT$(ORD(TT) LE ORD(T)) ,
              LOOP (PP$(ORD(PP) NE ORD(P)) ,
                IF ( (VISITA(TT,N,PP) EQ 1) AND (ORD(TT) LT ORD(T)) ,
                  P_ANT(T,N,P,PP) = 1;
                IF ( (VISITA(TT,N,PP) EQ 1) AND (ORD(TT) EQ ORD(T)) AND (HORAS(TT,N,PP) LT HORAS(T,N,P)) ,
                  P_ANT(T,N,P,PP) = 1;
                IF ( (VISITA(TT,N,PP) EQ 1) AND (ORD(TT) GE AUX_DIA) AND (ORD(TT) LE ORD(T)) ,
                  LOOP (PP$(ORD(PP) NE ORD(P)) ,
                    IF ( (VISITA(TT,N,PP) EQ 1) AND (ORD(TT) GT AUX_DIA) AND (ORD(TT) LT ORD(T)) ,
                      P_ANT(T,N,P,PP) = 1;
                    IF ( (VISITA(TT,N,PP) EQ 1) AND (ORD(TT) EQ ORD(T)) AND (HORAS(TT,N,PP) GT AUX_HOR) ,
                      P_ANT(T,N,P,PP) = 1;
                    IF ( (VISITA(TT,N,PP) EQ 1) AND (ORD(TT) EQ ORD(T)) AND (HORAS(TT,N,PP) LT HORAS(T,N,P)) ,
                      P_ANT(T,N,P,PP) = 1;
                );
              );
            );
          );
        );
      );
    );
  );
);
*****
FILE P_ANT_SD;
PUT P_ANT_SD;
LOOP (PP,
  PUT @(10+ORD(PP)*8) , PP.TL;
);
LOOP (N,
  LOOP (P,
    PUT @ (10+ORD(PP)*8) , PP.TL;
  );
);
*****
* Arquivo checagem saída do P_ANT
*****

```



```
LOOP (NN,  
IF ((VISITA(T,N,P)=1) AND (ORD(T) LT ORD(T)) AND (ORD(N) NE ORD(N)),  
ATT(T,N,P) = ORD(T);  
ANN(T,N,P) = ORD(N);  
)  
IF ((VISITA(T,N,P)=1) AND (ORD(T) EQ ORD(T)) AND (ORD(N) LT ORD(N)),  
ATT(T,N,P) = ORD(T);  
ANN(T,N,P) = ORD(N);  
);  
);
```

TABLE O(T,N,P,EU) oferta e demanda de contêineres por porto por navio

	DC20	RF20	DC40	HC40	RH40
T6. EMAN.	FOT	-33	6	2	0
T6. LEBL.	FOT	-88	21	5	1
T22. FIAM.	FOT	31	21	13	1
T24. EMAC.	FOT	15	7	5	0
T26. EMAN.	FOT	43	15	10	1
T16. SEAXP.	ITJ	-46	-34	212	-57
T24. MAVAN.	ITJ	-27	-23	33	-7
T29. ALHAM.	ITJ	-45	-42	-14	-19
T24. FSAN.	MAO	190	-65	-281	-1
T28. FLAM.	MAO	106	-43	-173	2
T8. EMAN.	M CZ	0	0	4	0
T27. EMAC.	M CZ	1	0	24	0
T23. SEAXP.	PEC	-11	-4	-26	-57
T25. CASMA.	PEC	0	-2	-3	-6
T31. MAVAN.	PEC	1	-1	-12	-19
T10. MAVAL.	PNG	14	-13	42	-5
T15. SEAXP.	PNG	21	-17	61	-5
T16. SEV.	PNG	4	-1	4	0
T20. PARG.	PNG	12	-2	27	-3
T21. MAVAN.	PNG	17	-2	31	-3
T23. LBB.	PNG	4	0	8	-1
T27. ALHAM.	PNG	9	-3	16	-3
T28. CSHAM.	PNG	12	-5	10	-2
T30. PRN.	PNG	18	-7	15	-3
T31. MANEM.	PNG	21	-8	18	-4
T7. LEBL.	RIG	-57	-6	53	2
T9. CASNI.	RIG	-28	-3	26	1
T14. EMAC.	RIG	-37	-7	-30	0
T18. EMAN.	RIG	-13	-3	-32	0
T18. CASMA.	RIG	4	1	1	0
T18. CASRA.	RIG	56	11	10	2
T29. LBB.	RIG	-31	-4	-16	-6
T31. CASAN.	RIG	-12	-2	-6	-3
T11. CASMA.	RIO	-150	5	-7	14
T11. SEAXP.	RIO	-6	0	0	1
T14. SEV.	RIO	-18	1	0	3
T14. CASNI.	RIO	-18	1	0	3
T19. MAVAN.	RIO	-44	2	0	1
T21. LBB.	RIO	-24	2	1	-12
T22. CASMA.	RIO	-8	1	0	-4
T24. CASAN.	RIO	-24	2	1	-12
T25. ALHAM.	RIO	-42	3	1	-16
T28. PRN.	RIO	-55	1	1	-12
T29. CASRA.	RIO	-18	0	0	-4
T31. CASAU.	RIO	-55	1	1	-12
T12. EMAN.	SEP	-3	0	-25	0
T13. FSAN.	SEP	0	0	-3	0
T16. FLAM.	SEP	-2	0	-13	0

124.	SEB.	LEBL.	-1	0	4	-3	0	0
125.	SEP.	FEBL.	-1	0	8	4	0	0
131.	SEP.	INTRE.	-6	0	-1	-1	21	0
139.	SFS.	LEBL.	-33	-2	-6	-45	-88	0
111.	SFS.	MVAL.	6	0	18	-3	-14	3
114.	SFS.	FMAN.	36	0	56	15	3	1
115.	SFS.	CAFIN.	12	0	19	5	1	1
116.	SFS.	FMAC.	12	0	19	5	1	1
122.	SFS.	ALBRA.	4	0	100	86	-72	-7
123.	SFS.	SEV.	-2	0	6	8	8	-7
123.	SFS.	PEARG.	-2	0	6	8	8	-7
125.	SFS.	CSHAM.	-18	-1	4	4	-24	-37
129.	SFS.	ALBUR.	-56	-2	-35	-45	-37	0
129.	SIZ.	FMAN.	96	0	5	0	0	0
117.	SSA.	MVAL.	-38	-23	-119	-55	-62	-62
119.	SSA.	FLAM.	47	-10	-68	-39	-16	-16
120.	SSA.	SEAXP.	4	-2	-8	0	0	-8
121.	SSA.	LEBL.	4	-2	-8	0	0	-8
128.	SSA.	SEV.	4	-6	-62	-1	-49	-16
128.	SSA.	MAVAN.	-12	2	-29	-1	-16	-16
129.	SSA.	FMAC.	-6	1	-15	0	-8	-8
130.	SSA.	PEARG.	-6	1	-15	0	-8	-8
14.	SSZ.	CASNI.	-37	2	-6	-15	-1	-1
19.	SSZ.	MVAL.	-91	6	-16	-38	-3	-3
19.	SSZ.	CAFIN.	-91	6	-16	-38	-3	-3
111.	SSZ.	FSAN.	-39	9	8	-7	-1	-1
112.	SSZ.	FMAN.	-1	2	5	3	0	0
112.	SSZ.	CASNI.	-1	2	5	3	0	0
112.	SSZ.	CASMA.	-1	2	5	3	0	0
113.	SSZ.	SEAXP.	-2	6	15	8	0	0
114.	SSZ.	FLAM.	-1	3	7	4	0	0
114.	SSZ.	MVAL.	-1	3	7	4	0	0
115.	SSZ.	SEV.	-1	3	7	4	0	0
115.	SSZ.	ALBRA.	-1	3	7	4	0	0
116.	SSZ.	CAFIN.	-2	6	15	8	0	0
117.	SSZ.	SEAXP.	-2	6	15	8	0	0
118.	SSZ.	PEARG.	-8	6	10	18	-4	-4
120.	SSZ.	FMAN.	-4	0	-3	7	-3	-3
120.	SSZ.	CASRA.	-4	0	-3	7	-3	-3
120.	SSZ.	MAVAN.	-4	0	-3	7	-3	-3
121.	SSZ.	CASMA.	-3	0	-3	5	-2	-2
121.	SSZ.	CSHAM.	-3	0	-3	5	-2	-2
122.	SSZ.	LBB.	-3	0	-3	5	-2	-2
122.	SSZ.	ALBUR.	-3	0	-3	5	-2	-2
123.	SSZ.	ALBRA.	-6	0	-5	1	-4	-4
124.	SSZ.	FEBL.	-3	0	-3	5	-2	-2
124.	SSZ.	SEV.	-3	0	-3	5	-2	-2
125.	SSZ.	LEBL.	-13	0	-5	12	-5	-5
125.	SSZ.	CASAN.	-7	0	0	2	-1	-1
125.	SSZ.	MAVAN.	-7	0	0	2	-1	-1
126.	SSZ.	ALHAM.	-21	-1	1	7	-4	-4
127.	SSZ.	PEARG.	-21	-1	1	7	-4	-4
128.	SSZ.	CASRA.	-21	-1	1	7	-4	-4
129.	SSZ.	FRN.	-7	0	0	2	-1	-1
129.	SSZ.	CSHAM.	-7	0	0	2	-1	-1
129.	SSZ.	CAROC.	-7	0	0	2	-1	-1
130.	SSZ.	MANEM.	-21	-1	1	7	-4	-4
131.	SSZ.	LBB.	-7	0	0	2	-1	-1
131.	SSZ.	ALBUR.	-7	0	0	2	-1	-1
131.	SSZ.	ALHAM.	-7	0	0	2	-1	-1
131.	SSZ.	CAFIN.	-1	-1	9	-31	-8	-8
138.	SUP.	CASMA.	-1	-2	13	-46	-12	-12
142.	SUP.	ALBRA.	20	-3	19	-29	-9	-9
144.	SUP.	LEBL.	21	-1	11	1	-1	-1
116.	SUP.	FSAN.	42	-2	21	3	-2	-2
117.	SUP.	CASNI.	5	0	3	0	0	0

```

117. CASRA. SUP 5 0 3 0 0
119. ALBUR. SUP 24 -1 12 4 -2
120. FLAM. SUP 14 -1 6 3 -1
121. FMAC. SUP 7 0 3 2 -1
121. CASAN. SUP 7 0 3 2 -1
124. FMAN. SUP 55 -2 25 14 -5
125. CAROC. SUP 68 -2 30 6 -5
128. CASAU. SUP 51 2 19 -31 1
129. SEV. SUP 13 0 5 -8 0
131. FBEL. SUP 39 1 15 -23 0
130. INTRE. SUP 2 0 0 7 1
TABLE EST_INI(EU,P) estoque inicial do porto P para container tipo EU
;
FOI ITJ MAO MCZ PEC PNG RIG RIO SEP SFS SLZ SSA SSZ
SUP VIX 86 21 413 34 33 191 186 12 234 34 138 236 65
DC20 9
RF20 3 3 26 6 1 18 53 8
DC40 58 156 213 24 9 348 72 25 157 4 175 202
HC40 46 115 168 25 66 225 11 4 82 2 82 308
126
RH40 6 2 95 5 24 37 355 122 250 71
TABLE EST_MIN(EU,P) estoque minimo do porto P para container tipo EU
;
FOI ITJ MAO MCZ PEC PNG RIG RIO SEP SFS SLZ SSA SSZ
SUP VIX 89 24 34 8 49 211 230 5 120 20 83 300 79
DC20 89 24 34 8 49 211 230 5 120 20 83 300 79
RF20 89 24 34 8 49 211 230 5 120 20 83 300 79
DC40 5 25 29 6 45 130 50 2 85 69 290 30
HC40 3 40 150 9 68 80 28 130 30 156 55
RH40 51 1 11 6 11 5 100 51 60 16
PARAMETROS PARA AJUSTE DO ESTOQUE INICIAL
PARAMETER DIA_INI(P) indica o dia da passagem do primeiro navio no porto P;
PARAMETER NAVIO_INI(P) indica o numero do navio que passa primeiro no porto P
LOOP (P,
AUX_PRI = 0;
LOOP (T,
LOOP (N,
IF ( (VISITA(T,N,P) = 1) AND (AUX_PRI = 0) ,
AUX_PRI = 1;
DIA_INI(P) = ORD(T);
NAVIO_INI(P) = ORD(N);
);
);
);
* Ajuste do estoque inicial
LOOP (T,
LOOP (N,
LOOP (P,
IF ( (ORD(T) EQ DIA_INI(P)) AND (ORD(N) EQ NAVIO_INI(P)) ,
O(T,N,P,EU) = O(T,N,P,EU) + EST_INI(EU,P);
);
);
);

```

* Parâmetros para ajuste de limites de operacao de rodovias
 * 1) a priori adota-se que nao ha movimentacao de conteiners via rodovia
 * nos dias T1 e T2 de cada porto e em todos os dias apos a passagem do ultimo navio em cada porto
 * ZI adota-se tambem que nao pode ocorrer movimentacao via maritima para o ultimo navio de um porto ou de quilaquer
 * outro navio que chegue ate "espera" dias antes deste navio
 PARAMETER DIA_FIM(P) indica o dia da passagem do ultimo navio no porto P (dentro do periodo de analise);
 LOOP (P,
 AUX_PRI = 0;
 LOOP (T,
 IF ((VISITA(T,N,P) = 1) AND (ORD(T) GT AUX_PRI) ,
 AUX_PRI = ORD(T);
);
);
);
 DIA_FIM(P) = AUX_PRI;
);

TABLE C1 (P,EU,PP) custo em US\$ por unidade do porto P para o porto PP (Transporte por navio)

VIX.DC40	225	205	258	199	207	258	255	289	284	251	197	266	264	247	0
SUR.DC40	213	193	246	187	195	246	243	277	272	239	185	254	252	247	0
SSZ.DC40	230	210	263	203	212	262	260	293	289	256	202	270	0	252	264
SSA.DC40	222	212	265	205	214	265	262	295	291	258	204	0	270	254	266
SLZ.DC40	163	143	196	137	145	196	193	227	222	189	0	204	202	185	197
SFS.DC40	218	197	251	191	200	250	248	281	277	0	189	258	256	239	251
SEP.DC40	251	230	284	224	233	283	281	314	0	277	222	291	289	272	284
RIO.DC40	255	235	288	228	237	288	285	0	314	281	227	295	293	277	289
RIG.DC40	222	201	255	195	204	254	285	0	285	281	248	193	262	243	255
PNG.DC40	224	204	257	197	206	0	254	288	283	250	196	265	262	246	258
PEC.DC40	174	153	207	147	0	206	204	237	233	200	145	214	212	195	207
MCZ.DC40	165	145	198	0	147	197	195	228	224	191	137	205	203	187	199
MAO.DC40	225	204	0	198	207	257	255	288	284	251	196	265	263	246	258
ITU.DC40	171	0	204	0	204	145	153	204	201	235	230	197	143	212	205
FOT.DC40	0	171	225	165	174	224	222	255	251	218	163	232	230	213	225
VIX.RF20	185	175	200	169	177	205	205	229	254	202	167	213	207	205	0
SUR.RF20	191	181	206	175	183	211	211	235	260	208	173	219	213	0	205
SSZ.RF20	193	183	208	177	186	213	213	237	263	210	175	221	0	213	207
SSA.RF20	199	189	214	183	191	219	219	243	268	216	181	0	221	219	213
SLZ.RF20	153	143	168	137	145	173	173	197	222	170	0	181	175	173	167
SFS.RF20	188	178	203	172	181	208	208	232	258	0	170	216	210	208	202
SEP.RF20	241	230	256	224	233	260	260	285	0	258	222	268	263	260	254
RIO.RF20	216	205	230	199	208	235	235	0	285	232	197	243	237	235	229
RIG.RF20	191	181	206	175	183	211	0	235	260	208	173	219	213	211	205
PNG.RF20	191	181	206	174	183	0	211	235	260	208	173	219	213	211	205
PEC.RF20	164	153	179	147	0	183	183	208	233	181	145	191	186	183	177
MCZ.RF20	155	145	170	0	147	174	175	199	224	172	137	183	177	175	169
MAO.RF20	186	176	0	170	179	206	206	230	256	203	168	214	208	206	200
ITU.RF20	161	0	176	145	153	181	181	205	230	178	143	189	183	181	185
FOT.RF20	0	161	186	155	164	191	191	216	241	188	153	199	193	191	185
VIX.DC20	185	175	200	169	177	205	205	229	254	202	167	213	207	205	0
SUR.DC20	191	181	206	175	183	211	211	235	260	208	173	219	213	0	205
SSZ.DC20	193	183	208	177	186	213	213	237	263	210	175	221	0	213	207
SSA.DC20	199	189	214	183	191	219	219	243	268	216	181	0	221	219	213
SLZ.DC20	153	143	168	137	145	173	173	197	222	170	0	181	175	173	167
SFS.DC20	188	178	203	172	181	208	208	232	258	0	170	216	210	208	202
SUR.DC20	241	230	256	224	233	260	260	285	0	258	222	268	263	260	254
RIO.DC20	216	205	230	199	208	235	235	0	285	232	197	243	237	235	229
RIG.DC20	191	181	206	175	183	211	0	235	260	208	173	219	213	211	205
PNG.DC20	191	181	206	174	183	0	211	235	260	208	173	219	213	211	205
PEC.DC20	164	153	179	147	0	183	183	208	233	181	145	191	186	183	177
MCZ.DC20	186	176	0	170	179	206	206	230	256	203	168	214	208	206	200
MAO.DC20	161	0	176	145	153	181	181	205	230	178	143	189	183	181	175
ITU.DC20	0	161	186	155	164	191	191	216	241	188	153	199	193	191	185

TABLE C3 (EU,F) custo em US\$ por unidade de contêiner tipo EU ajuogado no porto F

	FOT	ITJ	MAO	MCZ	PEC	PNG	RIG	RIO	SEP	SFS	SLZ	SSA	SSZ	SUF	VIX
DC20	600	650	700	700	700	700	630	750	700	600	700	650	500	800	700
RFF20	750	813	875	875	875	788	938	875	750	875	813	625	1000	875	760
DC40	760	800	900	900	900	900	800	900	900	770	900	800	900	1000	760
HC40	768	808	909	909	909	909	808	909	909	778	909	808	909	1010	768
RH40	950	1000	1125	1125	1125	1125	1000	1125	1125	963	1125	1000	1125	1250	950

TABLE C4 (EU,F) custo diario em US\$ por unidade de contêiner tipo EU mantido em estoque no porto F (estoque)

	FOT	ITJ	MAO	MCZ	PEC	PNG	RIG	RIO	SEP	SFS	SLZ	SSA	SSZ	SUF	VIX
DC20	5616	2158	7462	4360	5808	1706	3110	0	216	2544	5450	3452	1174	4784	1066
RIO,RH40	8348	1112	8162	7136	8232	1628	0	3110	2922	662	7822	6234	2332	7562	4040
RIG,RH40	7146	874	7564	5934	6704	0	1628	1706	1748	756	6670	5032	930	6360	2636
PNG,RH40	476	7286	6320	2268	0	6704	8232	5808	5654	7170	1444	2826	6402	2010	4738
PEC,RH40	1948	6152	7136	0	2268	5934	7136	4360	4414	6598	3166	1234	5008	490	3288
MAO,RH40	7564	7400	0	7136	6320	7564	8162	7462	7286	7812	4954	7112	7400	7870	7754
ITJ,RH40	7362	0	7400	6152	7286	874	1716	8348	5616	5528	7812	6946	5248	6572	3088
FOT,RH40	0	7362	7564	1948	476	7146	8162	7462	7286	7812	4954	7112	7400	7870	7754
VIX,RH40	4546	3088	7754	3288	4738	2636	4040	1066	1124	3536	5236	2386	1724	3714	0
SUF,RH40	1576	6572	7870	490	2010	6360	7562	4784	4838	7020	3256	1658	5432	0	3714
SSZ,RH40	6320	1324	7400	5008	6402	930	2332	1174	608	1822	5964	4104	0	5432	1724
SSA,RH40	2634	5248	7112	1234	2826	5032	6234	3452	3510	5696	3324	0	4104	1658	2386
SLZ,RH40	6044	6946	4954	3166	1444	6670	7822	5450	6278	7394	0	3324	5964	3256	5236
SFS,RH40	7810	756	7812	6598	7170	756	6670	5032	930	7394	0	3324	5964	7020	3536
SEP,RH40	5528	2332	7286	4414	5654	1748	2922	216	0	2332	6278	3510	608	4838	1124
RIO,RH40	5616	2158	7462	4360	5808	1706	3110	0	216	2544	5450	3452	1174	4784	1066
RIG,RH40	8348	1112	8162	7136	8232	1628	0	3110	2922	662	7822	6234	2332	7562	4040
PNG,RH40	7146	874	7564	5934	6704	0	1628	1706	1748	756	6670	5032	930	6360	2636
PEC,RH40	476	7286	6320	2268	0	6704	8232	5808	5654	7170	1444	2826	6402	2010	4738
MAO,RH40	7564	7400	0	7136	6320	7564	8162	7462	7286	7812	4954	7112	7400	7870	7754
ITJ,RH40	7362	0	7400	6152	7286	874	1716	8348	5616	5528	7812	6946	5248	6572	3088
FOT,RH40	0	7362	7564	1948	476	7146	8162	7462	7286	7812	4954	7112	7400	7870	7754
VIX,DC40	4546	3088	7754	3288	4738	2636	4040	1066	1124	3536	5236	2386	1724	3714	0
DC40	760	800	900	900	900	900	800	900	900	770	900	800	900	1000	760
RFF20	750	813	875	875	875	788	938	875	750	875	813	625	1000	875	760
DC40	760	800	900	900	900	900	800	900	900	770	900	800	900	1000	760
HC40	768	808	909	909	909	909	808	909	909	778	909	808	909	1010	768
RH40	950	1000	1125	1125	1125	1125	1000	1125	1125	963	1125	1000	1125	1250	950

TABLE TEM (F,PP) tempo de transito por caminhao entre os portos F e PP em dias

* Valor = 99 significa que o arco nao existe

	FOT	ITJ	MAO	MUZ	PEC	PNG	RIG	RIO	SSA	SSZ	SUP	VIX		
FOT	0	8	99	2	1	8	9	6	9	7	3	7	2	5
ITJ	8	0	99	7	8	1	1	2	3	1	8	6	2	7
MAO	2	99	0	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
MUZ	99	99	7	0	3	7	8	5	5	5	7	4	1	4
PEC	1	8	99	3	0	7	9	6	6	6	8	2	2	5
PNG	8	1	99	7	0	2	2	2	2	1	7	6	1	3
RIG	9	1	99	8	9	2	0	4	3	1	9	7	3	8
RIO	6	2	99	5	6	4	0	0	3	6	4	1	5	1
SSA	3	6	99	1	3	6	4	4	4	6	4	4	2	3
SSZ	7	2	99	6	7	6	7	2	5	0	6	2	6	2
SUP	4	4	99	4	4	4	4	8	8	8	4	4	4	4
VIX	3	3	99	4	5	7	6	4	3	2	2	2	0	0

PARAMETER CA(N) Capacidade dos navios

INTRE	600
FMAN	188
LBEI	381
FMAC	189
FSAN	435
FLAM	500
FEEL	255
FRN	633
SEV	683
LBB	691
CASAU	1305
CASNT	1305
CASMA	1305
CASRA	1305
MANEM	584
MAVAL	584
PEARL	584
PEARG	584
CSHAM	584
CAFIN	1499
ALBRA	1499
ALEUR	1499
CAROC	1812
SEAXP	645
MAVAN	645
ALHAM	645

TABLE PDISP(T,N,P) Disponibilidade da capacidade do navio N disponivel no dia T no porto P

SSZ SUP VIX FOT ITJ MAO MZC PEC PNG RIG RIO SEP SFS SLZ SSA

T6.FMAN	52.00
T16.LBEI	65.00
T22.FLAM	200.00
T24.FMAC	63.00
T26.FMAN	71.00
T23.SEAXP	169.00
T25.CASMA	357.00
T31.MAVAN	66.00
T11.CASMA	427.00
T11.SEAXP	182.00
T14.EV	196.00
T14.CASNI	307.00
T19.MAVAN	185.00

141.00
150.00
198.00
46.00

60.00
117.00
149.00
97.00
48.00
67.00

112.00
190.00
117.00
191.00
276.00
231.00
146.00
87.00
186.00
97.00

23.00
37.00

171.00
246.00
70.00

231.00
341.00
367.00
95.00
158.00
331.00
338.00

T21.LBB
T22.CASMA
T24.CASAN
T25.ALHAM
T26.PRN
T29.CASRA
T31.CASAU
T5.CAFIN
T8.CASMA
T8.494.00
T12.ALBRA
T203.00
T14.LEBL
118.00
T16.FSAN
124.00
T17.CASNI
158.00
T17.CASRA
419.00
T19.ALEUR
574.00
T20.FLAM
75.00
T21.FMAC
61.00
T21.CASAN
290.00
T24.FMAN
74.00
T25.CAROC
356.00
T28.CASAU
454.00
T29.SBV
247.00
T31.FBEL
101.00
T30.INTRE
69.00
T16.SEXXP
T24.MAVAN
T29.ALHAM
171.00
T8.FMAN
37.00
T27.FMAC
23.00
T10.MAVAT
T15.SEXXP
T16.SEV
T20.PEARG
T21.MAVAN
T23.LBB
T27.ALHAM
T28.CSHAM
T30.PRN
T31.MANEM
T12.FMAN
T13.FSAN
T16.FLAM
T24.LEBL
T25.FBEL
T31.INTRE
T17.MAVAT
T19.FLAM
T20.SEXXP
T21.LEBL

153.00		128. SEV
226.00		128. MAVAN
66.00		129. FMAC
66.00		130. PEARG
29.00		129. FMAN
		129. LEBL
		111. MAVAL
88.00		114. FMAN
30.00		115. CAFIN
353.00		116. FMAC
523.00		122. ALBRA
234.00		123. SEV
79.00		123. PEARG
213.00		125. CSHAM
314.00		129. ALBUR
		124. FSAN
	76.00	128. FLAM
	123.00	124. FSAN
		124. CASNI
		229.00
		19. MAVAL
		143.00
		19. CAFIN
		549.00
		111. FSAN
		128.00
		112. CASNI
		293.00
		112. CASMA
		431.00
		113. SEAXP
		224.00
		114. FLAM
		123.00
		114. MAVAL
		148.00
		115. SEV
		268.00
		115. ALBRA
		256.00
		116. CAFIN
		596.00
		117. SEAXP
		235.00
		118. PEARG
		159.00
		120. FMAN
		32.00
		120. CASRA
		143.00
		120. MAVAN
		124.00
		121. CASMA
		349.00
		121. CSHAM
		177.00
		122. LBB
		203.00
		122. ALBUR
		596.00
		123. ALBRA
		434.00
		124. FBEL
		54.00
		124. SEV
		99.00


```

125.IEBL 63.00
125.CASAN 217.00
125.MAVAN 222.00
126.ALHAM 233.00
127.PEARG 60.00
128.CASRA 518.00
129.PRN 172.00
129.CSHAM 168.00
129.CAROC 578.00
130.KANEM 86.00
131.LBB 219.00
131.ALEUR 428.00
131.ALHAM 158.00
17.IEBL 139.00
19.CASNI 325.00
14.EMAC 39.00
18.FMAN 59.00
18.CASMA 343.00
125.CASRA 449.00
129.LBB 150.00
131.CASAN 272.00
;

=====
* VARIÁVEIS
=====
VARIABLES
X (T,N,P,PP,EU) quant. de cont. do tipo EU transp. pelo navio N do porto P para o porto P
Y (T,N,P,EU) quant. de cont. do tipo EU alugada para atender a demanda do navio N no porto P
W (T,N,P,PP,EU) quant. de cont. do tipo EU transportados via rodoviário saindo de P e indo para PP
* que chega dias "espera" (dia T) antes da passagem do navio N no porto PP = atender navio (T,N,PP)
EST (T,N,P,EU) estoque
Z custo total de posicionamento;
POSITIVE VARIABLE X, Y, W, EST;
C2 (P,EU,PP) = 0.25 * C2 (P,EU,PP);
=====
* EQUACOES
=====
EQUATIONS
CUSTO define a funcao objetivo
EQUILIBRIO(T,N,P,EU) satisfaz as restricoes de N pelo porto quando algum navio passa pelo porto
CAPAC(T,N,P) define a capacidade do navio
ESTMIN(T,N,P,EU) respeita o estoque minimo
;
ESTMIN (T,N,P,EU) ..
EST (T,N,P,EU)

```

```

=====
* Elimina arcos e variáveis nao existentes
=====
X.FX(L,N,P,PP,EU)$ (VISITA(L,N,P) EQ 0) = 0;

;
PDISP(L,N,P)
=I=
)
2 * X(L,N,PP,PP, "RH40") * VISITA(L,N,PP)
2 * X(L,N,PP,PP, "HC40") * VISITA(L,N,PP) +
2 * X(L,N,PP,PP, "DC40") * VISITA(L,N,PP) +
X(L,N,PP,PP, "R20") * VISITA(L,N,PP) +
X(L,N,PP,PP, "DC20") * VISITA(L,N,PP) +
SUM ( (L,LL,PP,PP) $ (ORD(L) LE ORD(L)) $ (ORD(LL) GT ORD(L)) ) ,
CAPAC (L,N,P) $ (VISITA(L,N,P) EQ 1) ..
;
+ Y (L,N,P,EU)
+ O (L,N,P,EU)
)
'W(L,N,PP,PP,EU)
)
+ SUM ( (L,PP) $
)
ORD(LL) EQ (ORD(L)-Espera-TEM(P,PP))
)
'W(L,NN,PP,PP,EU)
)
(ORD(L) - TEM (P,PP) LE ORD(L))
(ORD(L) - TEM (P,PP) GT ATT(L,N,P)) $
(VISITA(L,NN,PP) EQ 1) $
(ORD(LL) EQ (ORD(L)+Espera) $
- SUM ( (L,LL,NN,PP) $
)
'VISITA(L,NN,P) * P^-ANT(L,NN,P,PP) * X (LL,NN,PP,P,EU)
)
(ORD(LL) GT (ATT(L,N,P)-Espera)) $
(ORD(LL) LE (ORD(L)-Espera)) $
+ SUM ( (L,LL,NN,PP) $
)
'P^-SUC(L,N,P,PP) * X (L,N,P,PP,EU)
- SUM ( (PP)
)
'EST (L,NN,P,EU)
)
(ORD(NN) EQ ANN(L,N,P))
(ORD(LL) EQ ATT(L,N,P)) $
SUM ( (L,NN) $
)
=EST (L,N,P,EU)
EQUILIBRIO (L,N,P,EU) $ (VISITA(L,N,P) EQ 1) ..
;
+ SUM ( (L,N,P,EU) , C4(EU,P) * EST (L,N,P,EU) * TEMP (L,N,P) )
+ SUM ( (L,N,P,EU) , C3(EU,P) * Y (L,N,P,EU) )
+ SUM ( (L,N,P,PP,EU) , C2 (P,EU,PP) * W (L,N,P,PP,EU) )
SUM ( (L,N,P,PP,EU) , C1 (P,EU,PP) * X (L,N,P,PP,EU) )
=EST
Z
CUSTO ..
;
=EST_MIN (EU,P)

```

```

X.FX('T,N,P,PP,EU')$(P_SUC('T,N,P,PP) EQ 0) = 0;
X.FX('T,N,P,PP,EU')$(ORD('T) GT DIA_FIM(P)-Bspera)) = 0;
LOOP ('T)
W.FX('T,N,P,PP,EU')$(
(ORD('T)-Bspera) EQ ORD('T))$
(VISITA('T,N,PP) EQ 0)
) = 0;
W.FX('T,N,P,PP,EU')$(ORD(P) EQ ORD(PP)) = 0;
W.FX('T4',N,P,PP,EU) = 0;
W.FX('T5',N,P,PP,EU) = 0;
W.FX('T,N,P,PP,EU')$(ORD('T) GT DIA_FIM(P)) = 0;
W.FX('T,N,P,PP,EU')$(TEM(P,PP) EQ 99) = 0;
)
MODEL & SYSTEM
=====
MODEL TRANSPORT /ALL;
OPTION ITERLIN = 10000;
OPTION LP = CPLEX;
SOLVE TRANSPORT USING LP MINIMIZING Z;
OPTION DECIMALS = 0;
DISPLAY X.L, W.L, Y.L;
=====
* ARGUIVOS DE SAIDA
=====
* Auxiliares
PARAMETER parcl;
PARAMETER parcl;
PARAMETER parcl;
PARAMETER parcl;
PARAMETER parcl;
PARAMETER parcl;
=====
* Variavel Estoque
=====
FILE sd_EST;
PUT sd_EST;
LOOP (P,
PUT P.TL;
LOOP (EU,
PUT @ (ORD(EU)*15), EU.TL;
);
);
LOOP (T,
PUT /;
LOOP (N,
IF (VISITA('T,N,P) NE 0,
LOOP (TL,
PUT T.TL;
PUT @S N.TL;
LOOP (EU,
PUT @ (ORD(EU)*15), EST.TL('N,P,EU):0:2;
);
);
);
);
PUT /;

```

```

) ?
PUL //
) ?
) ?
) ?
PUL //
) ?
PUL @(10+ORD(EU)*15), W.L(T,N,P,PP,EU):0:2;
LOOP (EU,
PUL @12 P.P.LL;
PUL @ P.LL;
PUL T.LL;
IF (SUM(EU, W.L(T,N,P,PP,EU)) NE 0,
LOOP (T,
LOOP (PP,
LOOP (P,
PUL //
) ?
PUL @(10+ORD(EU)*15), EU.TL ;
LOOP (EU,
PUL N.TL;
LOOP (N,
PUL W, //
) ?
PUL SD~M ;
FILE SD~M ;
=====
* Variavel M
=====

) ?
PUL //
) ?
) ?
) ?
PUL //
) ?
PUL @(10+ORD(EU)*15), X.L(T,N,P,PP,EU):0:2;
LOOP (EU,
PUL @12 P.P.LL;
PUL @ P.LL;
PUL T.LL;
IF (SUM(EU, X.L(T,N,P,PP,EU)) NE 0,
LOOP (T,
LOOP (PP,
LOOP (P,
PUL //
) ?
PUL @(10+ORD(EU)*15), EU.TL ;
LOOP (EU,
PUL N.TL;
LOOP (N,
PUL X, //
) ?
PUL SD~X ;
FILE SD~X ;
=====
* Variavel X
=====

) ?

```


Cenário Atualizado – Capacidade Reduzida

```
);  
);  
);  
);  
PUT /;  
);  
PUT @(15+ORD(EU)*7), O(T,N,P,EU):0:1 ;  
LOOP (EU,  
PUT @12 P.TL;  
PUT @5 N.TL;  
PUT T.TL;  
IF (SUM (EU , ABS(O(T,N,P,EU))) NE 0 ,  
LOOP (E,  
LOOP (N,  
LOOP (T,  
PUT /;  
);  
PUT @(15+ORD(EU)*7), EU.TL ;  
LOOP (EU,  
PUT 'O' /;  
PUT sd_par2 ;  
FILE sd_par2 ;  
*  
* Parametros O  
*  
PUT / /;  
);  
);  
);  
PUT /;  
);  
);  
PUT @(7+ORD(P)*7), TEMP(T,N,P):0:1 ;  
IF (TEMP(T,N,P) NE 0 ,  
LOOP (P,  
PUT @5 N.TL;  
PUT T.TL;  
IF (SUM ( P , TEMP(T,N,P))) NE 0 ,  
LOOP (N,  
LOOP (T,  
PUT /;  
);  
PUT @(7+ORD(P)*7), P.TL ;  
PUT 'TEMP' /;  
LOOP (P,  
PUT / /;  
);  
);  
);  
PUT /;  
);  
);
```

Este Cenário é uma variação do Cenário Atualizado, sendo que a diferença está na redução em 10% da capacidade de transporte via marítimo nos trechos em que o limite superior é atingido. A alteração é feita somente na tabela PDISP.

TABEla PDISP (T,M,P) Disponibilidade da capacidade do navio N disponível no dia T no porto P

	SSZ	SUP	VIX	FOT	ITJ	MAO	MCO	PEC	PNG	RIG	RIO	SEP	SFS	SLZ	SSA
T6.FMAN	52.00														
T16.LEBL	58.00														
T22.FLAM	200.00														
T24.FMAC	63.00														
T26.FMAN	71.00														
T23.SPAXP				169.00											
T25.CASMA								357.00							
T31.MAVAN								66.00							
T11.CASMA															
T11.SPAXP															
T14.SEV															
T14.CASNI															
T19.MAVAN															
T21.LBB															
T22.CASMA															
T24.CASAN															
T25.ALHAM															
T28.PRN															
T29.CASRA															
T31.CASAU															
T5.CAFIN															
T8.CASMA															
T12.ALBRA															
T14.LEBL															
T14.LEBL															
T18.00															
T16.FSAN															
T16.FSAN															
T24.00															
T21.CASAN															
T21.CASAN															
T24.FMAN															
T24.00															
T25.CAROC															
T25.00															
T28.CASAU															
T28.00															
T29.SEV															
T29.00															
T31.FBEL															
T31.00															
T30.INFRE															
T30.00															
T16.SEAXP															
T16.00															

70.00

7	
177.00	T17.SEAXP
211.00	T18.PEARG
159.00	T20.FMAN
32.00	T20.CASRA
143.00	T20.MAVAN
124.00	T21.CASMA
349.00	T21.CSHAM
177.00	T22.LBB
203.00	T22.ALEUR
596.00	T23.ABRA
434.00	T24.FBEL
54.00	T24.SEV
99.00	T25.LBEL
63.00	T25.CASAN
217.00	T25.MAVAN
222.00	T26.ALHAM
233.00	T27.PEARG
60.00	T28.CASRA
518.00	T29.PRN
172.00	T29.CSHAM
168.00	T29.CAROC
578.00	T30.MANEM
86.00	T31.LBB
219.00	T31.ALEUR
428.00	T31.ALHAM
158.00	T7.LBEL
325.00	T9.CASNI
39.00	T14.FMAC
59.00	T18.FMAN
343.00	T18.CASMA
449.00	T25.CASRA
150.00	T29.LBB
272.00	T31.CASAN

ANEXO C

Detalhes de programação

Em função dos comentários apresentados no capítulo 4 com relação aos portos antecedentes e sucessores de um dado porto i , na rota de um navio n , e com base na tabela de programação das chegadas dos navios, (essa tabela é mostrada no item 4.3, tabela 4.4), é construída a matriz binária $VISITA(T,N,P)$, empregada na implementação computacional do modelo matemático de reposicionamento de contêineres vazios. Essa matriz assume valor 1 se o navio N passar pelo porto P no dia T e assume valor 0 caso contrário.

A matriz $VISITA(T,N,P)$ foi utilizada para o cálculo dos parâmetros:

$N_AIMEDIATO(T,N,P,NN)$

Parâmetro binário que assume valor 1 se o navio NN for o antecessor imediato no porto P do navio N quando de sua passagem no dia T ;

O Código GAMS do algoritmo para o cálculo de $N_AIMEDIATO$ é dado por:

```

PARAMETER N_AIMEDIATO (T,N,P,NN)
LOOP (T,
  LOOP (N,
    LOOP (F,
      IF ( VISITA(T,N,P) = 1 ,
        AUX_DIA = 0;
        AUX_NAV = 0;
        AUX_HOR = 0;
        LOOP (TTS (ORD(TT) LE ORD(T)),
          LOOP (NN,
            IF ( VISITA(TT,NN,P) = 1 ,
              IF ( (ORD(TT) EQ AUX_DIA) AND (HORAS(TT,NN,P) LT AUX_HOR) ,
                AUX_DIA = AUX_DIA
              ELSE
                AUX_DIA = ORD(TT);
                AUX_NAV = ORD(NN);
                AUX_HOR = HORAS(TT,NN,P);
            );
          );
        );
      );
    );
  );
);

```


$P_SUC(T,N,P,PPP)$

Parâmetro binário que assume valor 1 se o porto PPP for sucessor do porto P quando este é visitado pelo navio N , no dia T ;

O Código GAMS do algoritmo para cálculo de P_SUC é dado por:

```

PARAMETER P_SUC (T,N,P,PPP)
LOOP (T,
  LOOP (N,
    LOOP (P,
      IF ( VISITA(T,N,P) EQ 1 ,
        AUX_PRI = 0;
      *
      AUX_PRI = 0 se tiver so uma passagem, 1 se tiver duas passagens E estiver na ia passagem
      *
      Rotina que determina AUX_PRI
      LOOP ( TT$(ORD(TT) GT ORD(T) ) ,
        IF ( VISITA(TT,N,P) EQ 1 ,
          AUX_PRI = 1;
          AUX_DIA = ORD(TT);
          AUX_HOR = HORAS(TT,N,P);
        );
      *
      Faz atualizacao se AUX_PRI = 0;
      IF ( AUX_PRI = 0 ,
        LOOP ( TT$(ORD(TT) GE ORD(T) ) ,
          IF ( VISITA(TT,N,P,PPP) EQ 1 AND (ORD(TT) EQ ORD(TT) AND (HORAS(TT,N,PPP) GT HORAS(T,N,P) ) ,
            P_SUC(T,N,P,PPP) = 1;
          );
        );
      *
      Faz atualizacao se AUX_PRI = 1;
      LOOP ( TT$( (ORD(TT) LE AUX_DIA)S(ORD(TT) GE ORD(TT)) ) ,
        LOOP ( PPP$( ORD(PPP) NE ORD(P) ) ,
          IF ( ( VISITA(TT,N,PPP) EQ 1) AND (ORD(TT) EQ 1) AND (ORD(TT) LE AUX_DIA) AND (ORD(TT) LT AUX_HOR) ,
            P_SUC(T,N,P,PPP) = 1;
          );
          IF ( ( VISITA(TT,N,PPP) EQ 1) AND (ORD(TT) EQ 1) AND (ORD(TT) EQ ORD(TT)) AND (HORAS(TT,N,PPP) GT HORAS(T,N,P) ) ,
            P_SUC(T,N,P,PPP) = 1;
          );
        );
      );
    );
  );
);

```

Os passos deste algoritmo são explicados com:

1. Para cada porto P , navio N , e dia T verifica se ocorre uma visita.
2. Em caso afirmativo, para cada dia TT posterior a T verifica se há uma nova passagem do navio pelo porto P .

3. Caso haja uma passagem armazenada seu dia.
4. Se só houver uma passagem, para cada dia TT maior ou igual a T e para cada porto PPP diferente de P verifica:
 5. Se ocorrer uma visita e o dia TT for maior do que T , $P_SUC(T,N,P,PPP) = 1$.
 6. Se ocorrer uma visita, o dia TT for igual a T e o horário da segunda visita for posterior ao da primeira, $P_SUC(T,N,P,PPP) = 1$.
7. Caso hajam duas passagens e seja a primeira, para cada dia TT maior ou igual a T , menor ou igual ao dia da segunda passagem e para cada porto PPP diferente de P verifica:
 8. Se ocorrer uma visita, o dia TT for menor do o da segunda visita e maior do que T , $P_SUC(T,N,P,PPP) = 1$.
 9. Se ocorrer uma visita, o dia TT for igual ao da segunda visita e o horário menor, $P_SUC(T,N,P,PPP) = 1$.
10. Se ocorrer uma visita, o dia TT for igual a T e o horário maior, $P_SUC(T,N,P,PPP) = 1$.
11. Retorna ao passo 1.

ATT(T,N,P) e ANN(T,N,P)

ATT Indica o dia TT em que ocorreu no porto P a visita imediatamente anterior à passagem do navio N no dia T .

ANN Indica o navio NN que precede a passagem do navio N no porto P no dia T .

O Código GAMS do algoritmo para cálculo de ANN e ATT é dado por:

```

PARAMETER ATT (T,N,P) e PARAMETER ANN (T,N,P)
AUX_PRI = 0;
LOOP (T,
  LOOP (N,
    LOOP (P,
      IF (VISITA(T,N,P) = 1,
        LOOP (TT,
          LOOP (NN,
            IF ((VISITA(TT,NN,P) = 1) AND (ORD(TT) LT ORD(T)) AND (ORD(NN) NE ORD(NN)),
              ANN(T,N,P) = ORD (TT);
            IF ((VISITA(TT,NN,P) = 1) AND (ORD(TT) EQ ORD(T)) AND (ORD(NN) LT ORD(NN)),
              ATT(T,N,P) = ORD (TT);
            ANN(T,N,P) = ORD (NN);
          );
        );
      );
    );
  );
);

```

- Para cada porto P , navio N , e dia T verifica se ocorre uma visita.
 - Caso ocorra, verifica para cada dia TT igual ou posterior a T se algum navio NN diferente de N passa pelo porto P .
- Os passos deste algoritmo são explicados com:

```

PARAMETER TEMP (T,N,P)
LOOP (P,
  LOOP (N,
    LOOP (T,
      IF (VISITA(T,N,P)=1,
        AUX_PRI = 0
        LOOP (TT,
          LOOP (NN,
            IF (ORD (TT) GE ORD (T),
              IF ( ((VISITA(TT,NN,P) = 1) AND (ORD (NN) NE ORD (N)) AND (AUX_PRI EQ 0) ),
                TEMP (T,N,P) = ORD (TT) - ORD (T);
                AUX_PRI = 1;
                IF ( (ORD (TT) EQ ORD (T)) AND (ORD (NN) LE ORD (N)),
                  AUX_PRI = 0;
                ) ;
              ) ;
            ) ;
          ) ;
        ) ;
      ) ;
    ) ;
  ) ;
) ;

```

O Código GAMS do algoritmo é dado por:

Indica o intervalo de tempo entre duas passagens consecutivas:

$TEMP(T,N,P)$

1. Para cada porto P , navio N , e dia T verifica se ocorre uma visita.
 2. Caso ocorra, verifica para cada dia TT e navio NN se ocorre outra visita ao porto P .
 3. Em caso afirmativo, se o navio NN for diferente de N e TT menor do que T , o parâmetro ATT foca igual a TT e o parâmetro ANN igual a NN .
 4. Se TT for igual a T e o navio NN menor do que N , os parâmetros ATT e ANN também ficam iguais à TT e NN respectivamente.
 5. Retorna para 1.
- Os passos deste algoritmo são explicados com:

```

) ;
) ;
) ;

```


- Em caso afirmativo o intervalo de tempo fica sendo igual à diferença entre TT e T .
- Caso T seja igual a TT e o navio NN menor ou igual a N retorna ao passo 2, caso contrário retorna ao passo 1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, R. H. *Logística Empresarial*. São Paulo, 1995. Ed Atlas S.A.
- BARCO, B. L. *A logística do contêiner vazio*. Dissertação de Mestrado apresentado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de mestre. São Paulo, 106 p, Mar. 1998.
- BOURBEAU, B., CRAINIC, T. G.; GENDRON, B. *Branch-and-bound parallelization strategies applied to a depot location and container fleet management problem*. *Parallel Computing*, 2000, v.26, pp 27-46.
- BROOKE, A.; KENDRICK, D.; MEERAUS, A. *Gams – Sistema Geral de Modelagem Alébrica*. Ed. Edgard Blücher, 1997.
- CHOONG, SOOK TYING; COLE, MICHAEL H.; KUTANOGLU, ERHAN. *Empty container management for intermodal transportation networks*. *Transportation Research*, part E 38, p. 423-438, Feb. 2002.
- CRAINIC, TEODOR GABRIEL; DEJAX, PIERRE; GENDREAU, MICHEL. *Modelling the container fleet management problem using a stochastic dynamic approach*. *Centre de recherche sur les transports – Publication #685*, Feb 1990.

- CRAINIC, T. G.; GENDREAU, M. DEJAX, P. J. **Dynamic and stochastic models for the allocation of empty containers.** Operational Research, v.41, n.1, p.102-126, Jan./Feb., 1993.
- DEJAX, PIERRE J.; CRAINIC, TEODOR GABRIEL. **Models for empty freight vehicle transportation logistics.** Paper presented at EURO VIII, Lisbon, Portugal, September 1986.
- DEJAX, PIERRE J.; CRAINIC, TEODOR GABRIEL. **A review of flows and fleet management models in freight transportation.** Operations Research Society of America, 1997, v.21, n.4, pp 227-247.
- ERLENKOTTER, D. **Dual-based procedure for uncapacitated facility location.** Operations Research, 1978, v.26, n.6, pp. 992-1009.
- FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; LAAN, R. D. E. van der, NUNEN, J. A. E.E. van, WASSENHOF, L.N. van. **Quantitative models for reverse logistics: A review.** European Journal of Operational Research, n. 103, pp. 1-17, 1997
- FLOREZ, H. **Empty-container repositioning and leasing: an optimization model.** Tese de D. Sc., Instituto Politécnico de Nova York, NY, EUA.
- GEOFFRION, A.M. The purpose of mathematical programming is insight, not numbers. **Interfaces** V.7, no. 1, jan-feb., 1976b, p. 81-93.
- HBE, K. M. VAN & WIJBRANDS, R. J. **Decision support system for container terminal planning.** European Journal of Operational Research, v.34, pp. 262-272.

- HINO, C. M. **Métodos heurísticos para elaboração de planos de estípagem de navios porta-contêineres**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de mestre. São Paulo, 221 p, Set. 1999.
- KOPICKY, R. J.; BERG, M. J.; LEGG, L.; DASAPPA, V. E MAGGIONI, C. **Reuse and recycling: Reverse logistics opportunities**. Council of Logistics Management, 2803, 1993. Butterfield Road Oak Brook, IL 60521.
- LAI, K. K.; LAM, K.; CHAM, W. K. **Shipping container logistics and allocation**. Journal of the Operational Research Society, v.46, n.6, p. 687-697.
- MENDES, ANDRÉ B.; FERNANDES, MARCELO; ONO, RICARDO T. **Transporte marítimo internacional de contêineres**. (2001). Trabalho final apresentado à USP na disciplina pro-5810. São Paulo, dez 2001
- OLIVEIRA, R. C. F.; RODEIRO, P. F.; BARCO, B. L.; BRINATI, M. A. A **logística do contêiner vazio: adaptação e melhoria**. Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de Engenheiro. São Paulo, 41 p, Dez.1998.
- ONO, R. T. **Estudo de viabilidade do transporte marítimo de contêineres por cabotagem na costa brasileira**. Dissertação de Mestrado apresentado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de mestre. São Paulo, 2001.
- ROBINSON, G. L. **Sistema de controle e gerenciamento de contêineres em terminais marítimos**. Tese de mestrado IME. Rio de Janeiro, 1986.
- SAMPALIO, Léa Maria Dantas. **Alocação de contêineres vazios para a logística reversa do transporte de carga**. Dissertação de Mestrado apresentado à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do título de mestre. Rio de Janeiro, março de 2001.

- SOUZA, A. A. R. **Terminais de Contêineres/Utilização.** In: Relatórios Internos, Câmara Brasileira de Contêineres, Rio de Janeiro, RJ. 1998.
- VELASCO, L. O. M.; TEIXEIRA Lima, E. **"Logística e Contêineres no Brasil": Informe Infra-Estrutura BNDES,** n.26, maio/98.
- WHITE, W. **Dynamic transshipment network: an algorithm and its application to the distribution of empty containers.** Networks, n.2, p.211-236, 1972.