NATHALIA DE CASTRO ZAMBUZI

**MODELO DE DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DA
MOVIMENTAÇÃO DE CONTÊINERES VAZIOS**

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

SÃO PAULO

2010

NATHALIA DE CASTRO ZAMBUZI

**MODELO DE DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DA
MOVIMENTAÇÃO DE CONTÊINERES VAZIOS**

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

Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Logísticos

Orientador:
Professor Associado
Claudio Barbieri da Cunha

SÃO PAULO

2010

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de maio de 2010.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Zambuzi, Nathalia de Castro

**Modelo de decisão para planejamento da movimentação de
contêineres vazios / N.C. Zambuzi. -- ed.rev. -- São Paulo, 2010.
179 p.**

**Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.**

**1. Contêineres (Distribuição) 2. Programação inteira e fluxos
em rede I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. De-
partamento de Engenharia de Transportes II. t.**

*Dedico este trabalho
aos meus pais Mauro e Mirlayne,
à minha irmã Bruna,
e ao meu namorado Jose Guillermo.*

AGRADECIMENTOS

Para mim, é imprescindível iniciar este trabalho agradecendo a todos aqueles que contribuíram para sua realização.

Aos meus pais, Mauro e Mirlayne, primeiramente por tudo e, em seguida, por compreenderem a minha vontade de continuar estudando e pelo constante apoio e incentivo e à minha irmã Bruna pelo companheirismo e momentos divertidos.

Ao meu namorado e amigo Jose Guillermo, pelo apoio incondicional nas minhas decisões, por me escutar e me ajudar nas horas difíceis e pelos infinitos momentos de felicidade.

Às minhas amigas e também mestrandas Clicia e Juliana pela ajuda em programação VBA, pelos estudos coletivos até altas horas e por, nestes dois anos, tornarem divertidas todas as horas que passamos juntas.

À Vanessa Deeke, da Hamburg Süd pelo tempo despendido e pela atenção ao me explicar com todo o cuidado como funcionam as operações da movimentação de contêineres vazios em uma empresa como a Hamburg Süd, e pelo fornecimento dos dados que foram tão importantes na aplicação do meu modelo.

Ao meu orientador Claudio Barbieri por ter sido o primeiro a despertar em mim a vontade de ingressar no mestrado, pelo conhecimento compartilhado, pelo incentivo e por toda a contribuição dada neste trabalho.

Aos professores José Eugenio Leal e André Bergsten pelas valiosas críticas e sugestões que certamente ajudaram a enriquecer e aprimorar a versão final deste trabalho.

Finalmente, agradeço à CAPES, pelo suporte financeiro para a realização desta pesquisa, e a todos os professores do Programa de Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos que, de alguma forma através de suas experiências, contribuíram para minha formação e para esta conquista.

RESUMO

O presente trabalho trata do planejamento da movimentação de contêineres vazios ao longo de um conjunto de portos, buscando o balanceamento entre as demandas e ofertas dos mesmos em todos os portos ao menor custo, e considerando as restrições de capacidade de transporte dos modais envolvidos. Para isso será adotado um modelo de fluxo em rede multi-produto para representar o sistema de movimentação de contêineres vazios e que servirá de base para o desenvolvimento de uma formulação matemática, a qual, implementada através de uma ferramenta computacional de otimização, determina os fluxos de vazios no sistema. A verificação do modelo proposto deu-se através de testes em problemas reduzidos de movimentação de vazios, assim como em um problema cujos resultados foram publicados na literatura. Os resultados sugeriram a adequabilidade e confiabilidade do modelo proposto que pode, então, ser aplicado a um problema real da empresa de navegação Hamburg Süd, tendo seus resultados comparados aos resultados fornecidos pela mesma.

ABSTRACT

This dissertation deals with the empty containers movement planning throughout a set of ports, aiming the balancing between the demands and supplies in all the ports at minimal cost, and considering the capacity constraints of the transport modes considered. A multi-commodity network flow model will be adopted to represent the empty containers movement system. This model supports the development of a mathematical formulation which, through a computational optimization tool, determines the flows of empty containers throughout the system. The verification of the proposed model was given through tests in reduced problems, as well as in a problem which results had already been published in literature. The results had suggested the adequateness and trustworthiness of the proposed model, which could, then, be applied to a real problem of the navigation company Hamburg Süd, and the results could be compared with the ones given by the company.

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Quadros

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Relevância do Problema	2
1.3 Objetivo do Trabalho	5
1.4 Delineamento do Trabalho	5
 CAPÍTULO 2 – CONCEITOS E TERMOS	 7
 CAPÍTULO 3 - REVISÃO DA LITERATURA	 10
3.1 O Transporte Marítimo de Contêineres	10
3.2 O Problema da Movimentação de Contêineres Vazios	11
3.3 Modelagens e Métodos	15
3.4 Trabalhos Correlatos	30
3.5 Conclusões sobre a Revisão da Literatura	31
 CAPÍTULO 4 - FORMULAÇÃO MATEMÁTICA	 34
4.1 Premissas da Modelagem	35
4.2 Representação da Rede	38
4.3 Modelo Matemático	48
4.4 Incorporação de Incertezas nas Programações dos Navios	50
 5. CAPÍTULO 5 – ESTRUTURAÇÃO DO MODELO EM AMBIENTE DE PLANILHA	 52
5.1 Resolução do Problema	52
5.2 Descrição do Ambiente em Planilha	52
5.2.1 Dados de Entrada e Estruturação da Planilha	54
5.2.2 Obtenção e Apresentação dos Resultados	66
5.3 Problemas para Testes de Verificação do Modelo	74

5.3.1 Problemas Reduzidos	76
5.3.2 Cenário Extraído de Rezende (2003)	76
5.4 Interface para o Usuário	81
5.5 Interface para o Usuário Considerando Incertezas nas Programações dos Navios	94
5.5.1 Novas Planilhas da Interface	94
5.5.2 Apresentação dos Resultados	99
5.5.3 Testes Realizados	102

CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DO MODELO: CASO REAL HAMBURG SÜD 105

6.1 Dados dos Serviços da Cabotagem Internacional	106
6.2 Dados de Custos da Cabotagem Internacional	109
6.2.1 Custos do Transporte Marítimo de Vazios	109
6.2.2 Custos do Carregamento e Descarregamento de Vazios	109
6.2.3 Custos do Transporte Terrestre de Vazios	112
6.2.4 Custos do Armazenamento de Vazios	113
6.2.5 Custos do Aluguel de Vazios	113
6.3 Dados de Capacidades da Cabotagem Internacional	114
6.3.1 Capacidades do Transporte Marítimo de Vazios	114
6.3.2 Capacidades do Carregamento e Descarregamento de Vazios	115
6.3.3 Capacidades do Transporte Terrestre de Vazios	116
6.3.4 Capacidades do Armazenamento de Vazios	116
6.3.5 Capacidades do Aluguel de Vazios	118
6.4 Dados de Estoques da Cabotagem Internacional	118
6.4.1 Estoque Inicial de Vazios	118
6.4.2 Estoque Final de Vazios	119
6.5 Dados de Demanda e Oferta da Cabotagem Internacional	120
6.6 Representação da Rede da Cabotagem Internacional	122
6.7 Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional	128
6.7.1 Resultados da Movimentação de Vazios Elaborada pela Hamburg Süd	128
6.7.2 Resultados da Movimentação de Vazios Obtida pelo Modelo Proposto	130
6.7.3 Análise dos Resultados	133
6.8 Nova Análise Considerando Custos do Transporte Marítimo Variáveis com a Distância Percorrida	134

6.8.1 Resultados da Movimentação de Vazios Elaborada pela Hamburg Süd Considerando Custos do Transporte Marítimo Variáveis com a Distância Percorrida_____135

6.8.2 Resultados da Movimentação de Vazios Obtida pelo Modelo Proposto Considerando Custos do Transporte Marítimo Variáveis com a Distância Percorrida_____135

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES_____138

REFERÊNCIAS_____141

ANEXO I_____145

ANEXO II_____150

ANEXO III_____164

ANEXO IV_____167

ANEXO V_____178

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Comércio marítimo internacional (milhões de toneladas embarcadas)	2
Figura 1.2 – Crescimento da demanda e oferta no transporte de cargas containerizadas (taxas anuais)	4
Figura 2.1 – Exemplo de contêiner padrão de 20 pés de comprimento (um TEU)	8
Figura 2.2 – Exemplo de navio porta-contêiner	9
Figura 2.3 – Vista aérea de um porto	9
Figura 4.1 – Representação da rede-espaço tempo para o problema da movimentação de vazios	39
Figura 4.2 – Representação dos arcos de transporte associados aos nós terrestres	40
Figura 4.3 – Representação dos arcos de carregamento e descarregamento associados aos nós terrestres	41
Figura 4.4 – Representação dos arcos de armazenamento associados aos nós terrestres	41
Figura 4.5 – Representação dos arcos de aluguel associados aos nós terrestres	41
Figura 4.6 – Representação dos arcos de transporte associados aos nós marítimos	42
Figura 4.7 – Representação dos arcos de carregamento e descarregamento associados aos nós marítimos	42
Figura 4.8 – Exemplo da representação de um nó fonte e arcos de aluguel na rede espaço-tempo	43
Figura 4.9 – Exemplo da representação dos nós fictícios na rede espaço-tempo	44
Figura 4.10 - Detalhe da rede-espaço tempo para o problema da movimentação de vazios	47
Figura 5.1 - Rede espaço-tempo de exemplo para construção da planilha em Excel	53
Figura 5.2 – Preenchimento dos atributos referentes aos arcos da rede espaço-tempo na planilha em Excel	58
Figura 5.3 – Preenchimento dos atributos referentes aos nós da rede espaço-tempo na planilha em Excel	63
Figura 5.4 – Resultados obtidos para os fluxos de vazios nos arcos da rede espaço-tempo	67
Figura 5.5 – Resultados obtidos para o equilíbrio dos nós da rede espaço-tempo	72
Figura 5.6 – Resultado obtido para o custo total de movimentação da rede espaço-tempo	73
Figura 5.7 – Representação dos fluxos resultantes de contêineres vazios do tipo $k=1$	73
Figura 5.8 – Representação dos fluxos resultantes de contêineres vazios do tipo $k=2$	74
Figura 5.9 – Exemplo de problema reduzido para teste de verificação (cinco períodos, três portos)	75
Figura 5.10 – Exemplo de problema reduzido para teste de verificação (dez períodos, cinco portos)	76
Figura 5.11 – Rede-espaço tempo para o cenário “Variação 4” extraído de Rezende (2003)	78
Figura 5.12 – Resultados obtidos por Rezende (2003) para o cenário “Variação 4”	

transporte rodoviário de vazios	79
---------------------------------	----

Figura 5.13 – Resultados obtidos por Rezende (2003) para o cenário “Variação 4” - aluguel de vazios	79
---	----

Figura 5.14 - Resultado obtidos por Rezende (2003) para o cenário “Variação 4” - custo total de movimentação	79
--	----

Figura 5.15 – Resultados obtidos para o cenário “Variação 4” - transporte rodoviário de vazios	79
--	----

Figura 5.16 - Resultados obtidos para o cenário “Variação 4” - aluguel de vazios	80
--	----

Figura 5.17 - Resultado obtido para o cenário “Variação 4” - custo total de movimentação	80
--	----

Figura 5.18 - Interface para o usuário – planilha dos dados de entrada primários	82
--	----

Figura 5.19 - Interface para o usuário – planilha dos dados de entrada primários preenchida	82
---	----

Figura 5.20 - Interface para o usuário – planilha dos dados de transporte marítimo	84
--	----

Figura 5.21 - Interface para o usuário – planilha dos dados de transporte marítimo preenchida	84
---	----

Figura 5.22 - Interface para o usuário – planilha dos dados de carregamento e descarregamento dos navios	85
--	----

Figura 5.23 - Interface para o usuário – planilha dos dados de carregamento e descarregamento dos navios preenchida	85
---	----

Figura 5.24 - Interface para o usuário – planilha dos dados de transporte terrestre	86
---	----

Figura 5.25- Interface para o usuário – planilha dos dados de transporte terrestre preenchida	86
---	----

Figura 5.26 - Interface para o usuário – planilha dos dados de custos de armazenamento no porto	87
---	----

Figura 5.27 - Interface para o usuário – planilha dos dados de custos de armazenamento no porto preenchida	87
--	----

Figura 5.28 - Interface para o usuário – planilha dos dados de capacidade de armazenamento no porto	88
---	----

Figura 5.29 - Interface para o usuário – planilha dos dados de capacidade de armazenamento no porto preenchida	89
--	----

Figura 5.30 - Interface para o usuário – planilha dos dados de estoques iniciais	90
--	----

Figura 5.31 - Interface para o usuário – planilha dos dados de estoques iniciais preenchida	90
---	----

Figura 5.32 - Interface para o usuário – planilha dos dados de aluguel	90
--	----

Figura 5.33 - Interface para o usuário – planilha dos dados de aluguel preenchida	91
---	----

Figura 5.34 - Interface para o usuário – planilha dos dados de demanda e oferta	91
---	----

Figura 5.35 - Interface para o usuário – planilha dos dados de demanda e oferta preenchida	92
--	----

Figura 5.36 - Interface para o usuário – planilha de resultados	92
---	----

Figura 5.37 - Interface para o usuário (com incertezas) - planilha dos dados de entrada	
---	--

primários	94
Figura 5.38 - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de entrada primários preenchida	95
Figura 5.39.a - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de transporte marítimo (parte 1)	95
Figura 5.39.b - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de transporte marítimo (parte 1) preenchida	96
Figura 5.40.a - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de transporte marítimo (parte 2)	98
Figura 5.40.b - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de transporte marítimo (parte 2) preenchida	98
Figura 5.41 - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha de resumo das rodadas	99
Figura 5.42 - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha de resumo do transporte marítimo	101
Figura 5.43 – Planilha de Resumo das Rodadas - Resultados Obtidos para Probabilidades de 10%	102
Figura 5.44 – Planilha de Resumo das Rodadas - Resultados Obtidos para Probabilidades de 50%	103
Figura 5.45 – Planilha de Resumo das Rodadas - Resultados Obtidos para Probabilidades de 90%	103
Figura 6.1 – Representação dos portos atendidos pelo serviço SLING 1 da cabotagem internacional da Hamburg Süd	107
Figura 6.2 – Representação dos portos atendidos pelo serviço SLING 2 da cabotagem internacional da Hamburg Süd	108
Figura 6.3 – Exemplo da representação dos arcos de carregamento e dos “deadlines” dos navios na rede espaço-tempo	124
Figura 6.4.a – Exemplo da representação do cruzamento de rotas na rede espaço-tempo antes da alteração	125
Figura 6.4.b – Exemplo da representação do cruzamento de rotas na rede espaço-tempo após a alteração	125
Figura 6.5.a – Rede espaço-tempo para o problema real da Hamburg Süd	126
Figura 6.5.b – Legenda das rotas dos navios da rede espaço-tempo para o problema real da Hamburg Süd	127
Figura 6.6 – Resultados obtidos a partir da movimentação elaborada pela Hamburg Süd - transporte marítimo de vazios	129
Figura 6.7 – Resultados obtidos a partir da movimentação elaborada pela Hamburg Süd - quantidade de vazios movimentados	129
Figura 6.8 – Resultados obtidos a partir da movimentação elaborada pela Hamburg Süd - custos de movimentação	129
Figura 6.9 – Resultados obtidos através do modelo proposto - transporte marítimo de vazios	131
Figura 6.10 – Resultados obtidos através do modelo proposto - transporte rodoviário de vazios	131

Figura 6.11 – Resultados obtidos através do modelo proposto - aluguel de vazios_____	131
Figura 6.12 – Resultados obtidos através do modelo proposto - quantidade de vazios movimentados_____	132
Figura 6.13 – Resultados obtidos através do modelo proposto - custo total de movimentação_____	132
Figura 6.14 – Planilha de Resumo das Rodadas - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd_____	132
Figura 6.15 – Resultados obtidos a partir da movimentação elaborada pela Hamburg Süd (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - custos de movimentação_____	135
Figura 6.16 – Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - transporte marítimo de vazios_____	136
Figura 6.17 – Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - transporte rodoviário de vazios_____	136
Figura 6.18 – Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - aluguel de vazios_____	136
Figura 6.19– Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - quantidade de vazios movimentados_____	136
Figura 6.20 – Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) – custos de movimentação_____	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 – Custo unitário do transporte marítimo da cabotagem internacional da Hamburg Süd_____	109
Tabela 6.2 – Custo unitário do carregamento e descarregamento de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd_____	112
Tabela 6.3 – Custo unitário do transporte rodoviário de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd_____	112
Tabela 6.4 – Custo unitário do aluguel de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd_____	113
Tabela 6.5 – Capacidade do transporte marítimo de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd_____	114
Tabela 6.6 – Valores de estoques utilizados para o cálculo das capacidades de armazenamento de vazios no depósito_____	117
Tabela 6.7 – Valores das capacidades de armazenamento de vazios nos depósitos_____	117
Tabela 6.8 – Valores das capacidades globais de armazenamento de vazios nos depósitos_____	118
Tabela 6.9 – Valores de estoques nos depósitos no início do horizonte de planejamento_____	119
Tabela 6.10 – Valores de estoque mínimo desejados ao final do horizonte de planejamento_____	120
Tabela 6.11 – Valores das demandas e ofertas de contêineres vazios nas semanas do horizonte de planejamento_____	122
Tabela 6.12 – Valores de estoque mínimo desejados ao final do horizonte de planejamento no modelo proposto_____	130
Tabela 6.13 – Valores de estoque final atingidos pela movimentação da Hamburg Sud_____	130
Tabela 6.14– Custo unitário (por milha) do transporte marítimo da cabotagem internacional da Hamburg Süd_____	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Taxonomia dos principais trabalhos apresentados na revisão da literatura_____	28
Quadro 6.1 – Lista de contêineres considerados no caso real da Hamburg Süd_____	105
Quadro 6.2 – Portos atendidos pelo serviço SLING 1 da cabotagem internacional da Hamburg Süd_____	106
Quadro 6.3 – Portos atendidos pelo serviço SLING 2 da cabotagem internacional da Hamburg Süd_____	106

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O presente trabalho trata do planejamento da distribuição de contêineres vazios ao longo de um conjunto de portos, buscando o balanceamento entre as demandas e ofertas dos mesmos em todos os portos ao menor custo, e considerando as restrições de capacidade de transporte dos modais envolvidos. Tal planejamento é de suma importância, uma vez que os custos envolvidos nas operações da movimentação de contêineres vazios são expressivos e é crescente a competitividade entre as empresas de navegação, principalmente no que diz respeito à garantia de atendimento a seus clientes.

Portanto é proposto um modelo de otimização que servirá como parte de um sistema de apoio à decisão que determina os fluxos de vazios ao longo da cadeia. Este sistema utiliza o programa Microsoft® Excel para a implementação do modelo em ambiente de planilha eletrônica, a qual contém a base de dados, em interação com o software de otimização What'sBest!® 9.0. Ainda, esse sistema de apoio à decisão conta com uma interface para o usuário, a qual apresenta extrema facilidade de preenchimento dos dados de entrada e compreensão dos resultados fornecidos.

Ao longo deste texto, o termo “vazios” poderá ser usado indistintamente para representar os contêineres vazios. Analogamente, o termo “movimentação de vazios” será adotado para representar o transporte de contêineres vazios de um porto a outro por qualquer modal considerado, o carregamento e o descarregamento dos navios, o aluguel e o armazenamento no porto ou no navio atracado.

A principal característica do problema abordado reside no fato de que as demandas por contêineres vazios têm que ser atendidas em local e data específicos, não podendo, portanto, ocorrer atrasos na chegada dos contêineres vazios nos locais nos quais estes são requisitados. Além disso, o número de portos e de períodos considerados é variável para diferentes instâncias, nas quais são conhecidas as rotas dos navios e as demandas e ofertas de vazios em cada porto, em determinada data.

1.2 Relevância do Problema

Desde a introdução do contêiner no sistema de transporte marítimo, em 1960, o volume de cargas transportadas nessa “caixa de metal” cresceu a ponto de se tornar a parcela mais significativa do tráfego de mercadorias: 25,4% do total atualmente. Em 2008 o comércio estimado de mercadorias transportadas em contêineres atingiu 137 milhões de TEUs (1,3 bilhões de toneladas), um crescimento de 5,4% em relação ao ano anterior, e uma movimentação de quatro trilhões de dólares (o equivalente a um dólar para cada catorze dólares do comércio mundial). Estima-se que a taxa média de crescimento anual do comércio de cargas containerizadas é de 10% (*“Review of Maritime Transport”* 2009, UNCTAD). A Figura 1.1 mostra o crescimento do comércio marítimo internacional, em milhões de toneladas embarcadas.

Figura 1.1 – Comércio marítimo internacional (milhões de toneladas embarcadas)

Fonte: Review of Maritime Transport 2009, UNCTAD

Embora o transporte marítimo esteja, geralmente, associado ao transporte de grandes volumes de produtos com baixo valor agregado (como minério de ferro e carvão), nos últimos anos o transporte de pequenos volumes com alto valor agregado tem crescido. De acordo com a WTO (*“World Trade Organization”*), os produtos manufaturados correspondem a mais de 70%, em valor monetário, do comércio marítimo mundial de mercadorias. Como a maioria destas mercadorias é transportada em contêineres, o comércio mundial “containerizado” acompanha esse crescimento. Para a *“Drewry Shipping*

Consultants” a previsão é que o volume de cargas transportadas em contêineres dobre até 2016, atingindo 287 milhões de TEUs, e exceda os 371 milhões de TEUs até 2020 (“*Review of Maritime Transport*” 2009, UNCTAD).

A containerização de cargas apresenta inúmeras vantagens competitivas que simplificam e agilizam o processo de movimentação em cada ponto de transferência (navio, caminhão trem), como exemplo: mobilidade em diferentes modais de transportes, menor manuseio da carga e transferência intermodal rápida e segura. Além disso, as condições de armazenamento dentro de um contêiner, fechado e relativamente estanque, proporcionam a redução de roubos e avarias na carga devido à ação do tempo.

No entanto, as maiores vantagens da utilização de contêineres no transporte marítimo de cargas devem-se ao fato do mesmo ser unitizado e modular, o que permite um melhor aproveitamento dos espaços nos navios, e a padronização e a automação de todas as operações envolvidas em sua movimentação. O resultado é um aumento da eficiência nos pontos de transferência e nos terminais e armazéns de contêineres, proporcionando a toda a cadeia logística uma economia de tempo e uma redução de custos.

Existe, no entanto, um desequilíbrio (do inglês, “*imbalance*”) na cadeia devido à natureza comercial de algumas áreas, ou seja, algumas são predominantemente de exportação e outras, de importação. Esse desequilíbrio cria certos desafios logísticos no gerenciamento de contêineres vazios (Lai et al., 1995), uma vez que existem na cadeia pontos com excesso de oferta e pontos com demanda pelos mesmos (Figura 1.2). Também, para ser mais eficiente, uma empresa precisa evitar que negócios deixem de ser contratados devido a indisponibilidades de contêineres vazios quando requisitados pelos clientes (Lai et al., 1995).

Sendo o contêiner um equipamento dispendioso e não descartável, sucessivas reutilizações dentro da cadeia logística são necessárias e precisam ser determinadas de forma que os custos das operações envolvidas sejam os menores possíveis, uma vez que a movimentação de um contêiner vazio não representa nenhum tipo de receita adicional para a companhia de navegação. De acordo com ROI (2002) uma redução de 10% em equipamentos e custos de reposicionamento de vazios tem o potencial de aumentar os lucros de 30 a 50%.

^a Total container-carrying fleet, including multi-purpose and other vessels with some container-carrying capacity. Data for 2009: forecast.

Figura 1.2 – Crescimento da demanda e oferta no transporte de cargas containerizadas (taxas anuais)

Fonte: Review of Maritime Transport 2009, UNCTAD

Sampaio (2001) classifica o problema de gerenciamento de contêineres vazios 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.

A logística reversa abrange as atividades logísticas de todo o caminho de retorno que produtos já utilizados, não mais necessários aos usuários, fazem para que se tornem novamente utilizáveis em um mercado. A reutilização de produtos pode ser classificada por alguns critérios, tais como: motivação de reutilização (econômica, ecológica), tipo de itens recuperados (embalagens, componentes, produtos de consumo), forma de reutilização (direta, reparada, reciclada ou remanufaturada), e agentes envolvidos (nas funções de coletar, testar, reprocessar). Todos esses aspectos influenciam a forma de reutilização do item considerado, delineando o ciclo de vida de cada produto. Após o transporte de carga, o contêiner vazio torna-se, evidentemente, um produto não mais necessário ao usuário, cuja reutilização pode ser direta ou reparada, tendo como principal motivação a redução de custos nas operações.

Tendo em vista o desequilíbrio existente e os custos envolvidos nas operações logísticas que envolvem a movimentação de contêineres vazios, uma política de gerenciamento adequada que garanta o atendimento aos clientes em face do menor custo, torna-se imprescindível para que exista competitividade entre as companhias de navegação. Trata-se de garantir o

atendimento dos pontos de demanda através da redistribuição de vazios provenientes dos pontos com excesso de oferta; considerando a possibilidade de aluguel quando os vazios disponíveis na cadeia logística não forem suficientes.

Um sistema que permita otimizar toda essa movimentação é de suma importância para todos os agentes envolvidos e para a sociedade, uma vez que permite a redução dos custos das operações e o aumento da eficiência, da confiabilidade e da qualidade dos serviços oferecidos; afetando benéficamente, inclusive, os consumidores finais dos produtos transportados.

Nesse sentido, a partir de um diagnóstico e de uma caracterização da logística de operação de contêineres e da movimentação de contêineres vazios, foi proposto um modelo matemático que represente adequadamente esse problema, permitindo o desenvolvimento de uma ferramenta de solução que possa, efetivamente, ser utilizada e contribuir para o aumento da eficiência e para a redução de custos das operações logísticas envolvidas na movimentação de vazios.

1.3 Objetivo do Trabalho

Este trabalho tem por objetivo propor um sistema de apoio à decisão relacionada à movimentação de contêineres vazios, o qual é ambientado em planilha eletrônica e baseado em um modelo matemático que tem em vista os desbalanceamentos entre oferta e demanda dos vazios nos diversos portos considerados, as restrições de capacidade impostas e o pronto atendimento às demandas. Busca-se, a partir deste modelo, utilizar uma ferramenta computacional de otimização que determine os fluxos de vazios ao longo da cadeia, de forma que o custo total de movimentação seja minimizado.

1.4 Delineamento do Trabalho

O restante do presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

No Capítulo 2 são apresentados alguns dos conceitos e termos que são comuns ao problema

da movimentação de contêineres vazios e que serão frequentemente citados neste trabalho.

O Capítulo 3 consiste na revisão bibliográfica da literatura que aborda o problema da movimentação de contêineres vazios. Nesse capítulo é apresentado um panorama do transporte marítimo de contêineres, assim como um levantamento dos trabalhos já realizados, com foco para as modelagens e os métodos de solução empregados.

O Capítulo 4 apresenta as premissas deste estudo e a formulação matemática proposta para o problema da movimentação de vazios, cuja implementação computacional em ambiente de planilha é mostrada no Capítulo 5.

No Capítulo 6 um problema real de movimentação de vazios da empresa Hamburg Süd é apresentado e utilizado para aplicação do modelo proposto por este trabalho. Os resultados obtidos são comparados aos fornecidos pela empresa, os quais foram obtidos manualmente pelos seus profissionais.

Finalmente, as conclusões e recomendações deste trabalho são apresentadas no Capítulo 7.

2. CONCEITOS E TERMOS

Este capítulo tem o objetivo de contribuir para a melhor compreensão do presente trabalho, apresentando alguns dos conceitos e termos que são comuns ao problema da movimentação de contêineres vazios e que serão frequentemente citados nos capítulos que seguem.

- Cabotagem - transporte marítimo realizado entre dois portos da costa de um mesmo país ou entre um porto costeiro e um fluvial, também de um mesmo país;
- Cabotagem internacional – transporte marítimo envolvendo dois ou mais países de uma mesma costa;
- Cliente – aqueles para os quais são carregados produtos em contêineres em cada porto. A companhia de navegação é responsável pelo transporte, por caminhão ou trem, de contêineres vazios ou cheios até as dependências dos clientes, assim como pela garantia de atendimento às suas demandas. Neste trabalho a demanda por vazios em um determinado porto representará a somatória das demandas de todos os clientes englobados por este porto;
- Companhia de “*leasing*” – empresa fornecedora de contêineres vazios através do aluguel (do inglês, “*lease*”) dos mesmos. Neste trabalho será considerado que cada porto tem apenas uma fonte de aluguel, a qual representará todas as companhias existentes para fornecer vazios alugados para aquele porto;
- Companhia de navegação – responsável pelo transporte marítimo de carga em contêineres, desde o momento em que este é recebido na embarcação até a sua entrega no porto e nos clientes destinatários. Também responde pelo atendimento da demanda por vazios de seus clientes;
- Contêiner – equipamento utilizado para transportar carga. O contêiner tradicional pode ser definido como um recipiente de metal, geralmente de grandes dimensões, contendo portas e travas de fechamento e destinado ao acondicionamento e transporte de carga principalmente em navios, trens e caminhões;

A maioria dos contêineres segue as especificações determinadas pelos padrões ISO (do inglês, “*International Standards Organization*”): 8 pés de largura, 8 a 9,5 pés de altura, e 20 ou 40 pés de comprimento. A unidade TEU (do inglês, “*Twenty-foot Equivalent Unit*”) é utilizada como medida de equivalência entre diferentes tamanhos de contêineres. Um TEU possui 8 pés de largura, 8 pés de altura e 20 pés de comprimento, representando um módulo.

Figura 2.1 – Exemplo de contêiner padrão de 20 pés de comprimento (um TEU)

- Movimentação de vazios - este termo será adotado para representar o transporte de um porto a outro por qualquer modal considerado, o carregamento e o descarregamento dos navios, o aluguel e o armazenamento no porto ou no navio atracado. Alguns outros termos como distribuição e alocação de vazios também serão citados neste trabalho, no Capítulo 3 – Revisão da Literatura, uma vez que estes são muito utilizados em trabalhos anteriores sobre o tema;
- Navio porta-contêiner – do inglês, “*Full Container Ship*”, são embarcações especializadas no transporte marítimo de contêineres. A capacidade de transporte desses navios é medida em TEUs;

Figura 2.2 – Exemplo de navio porta-contêiner

- Porto – local de parada do navio para carregamento e/ou descarregamento de contêineres. Neste trabalho o porto será tratado como um ponto de demanda e/ou oferta de vazios no sistema e também como o local de armazenamento terrestre dos mesmos;

Figura 2.3 – Vista aérea de um porto

- Tempo total de ciclo do navio – tempo que o navio leva para realizar o transporte marítimo nos dois sentidos da cabotagem, ou seja, para voltar ao mesmo porto de onde partiu;

3. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem por objetivo apresentar a revisão da literatura que aborda o transporte de contêineres, passando por uma breve descrição do transporte marítimo de contêineres, seguida da contextualização do problema da movimentação de vazios na literatura e de uma revisão dos principais trabalhos publicados até então, com especial foco para as modelagens e os métodos de solução empregados.

3.1 O Transporte Marítimo de Contêineres

Os contêineres apareceram pela primeira vez como método de transporte de cargas ao final dos anos 30 (Preston e Kozan, 2001), mais especificamente em 1937, quando o americano Malcom Mc Lean, motorista e dono de uma pequena empresa de caminhões, teve a idéia de armazenar e transportar fardos de algodão em grandes caixas de aço que pudessem, elas próprias, serem embarcadas nos navios, de forma a diminuir a lentidão do embarque destes fardos no porto de Nova Iorque. A indústria do transporte marítimo rapidamente reconheceu as vantagens e o apelo econômico da utilização de contêineres e empregou-os como meio de carga.

Os contêineres são modulares e a unidade TEU (do inglês, “*Twenty-foot Equivalent Unit*”) é utilizada como medida de equivalência entre diferentes tamanhos de contêineres. Um TEU possui 8 pés de largura, 8 pés de altura e 20 pés de comprimento, representando um módulo. A maioria dos contêineres segue as especificações determinadas pelos padrões ISO (do inglês, “*International Standards Organization*”): 8 pés de largura, 8 a 9,5 pés de altura, e 20 ou 40 pés de comprimento. Existem ainda outros padrões, de 24, 27, 30 e 35 pés de comprimento (Taleb-Ibrahimi et al., 1993).

Os contêineres podem apresentar-se em diversos comprimentos e alturas, porém, com apenas uma largura. As medidas dos contêineres referem-se sempre às suas medidas externas e o seu tamanho está associado sempre ao seu comprimento. Quanto aos tipos, podem variar de totalmente fechados a totalmente abertos, passando pelos contêineres com capacidade para controle de temperatura e tanques (Steenken et al., 2004).

Devido à expressividade do transporte marítimo de cargas em contêineres, a necessidade de competição e economias de escala levam a um aumento cada vez maior no tamanho dos navios porta-contêiner (Wilson & Roach, 2000). No final da década de 60, quando surgiram os primeiros, a capacidade dos mesmos era de 400 TEUs. No final dos anos 70, tinham capacidade de 2000 TEUs, chegando à década de 90 a mais de 4000 TEUs (Taleb-Ibrahimi et al., 1993). Atualmente, o MSC *Daniela* é o maior navio porta-contêiner do mundo, com capacidade para 13.800 TEUs (*“Review of Maritime Transport”* 2009, UNCTAD).

3.2 O Problema da Movimentação de Contêineres Vazios

O planejamento da movimentação está relacionado com o fluxo de produtos a partir de pontos de oferta para pontos de demanda, ao mínimo custo. As decisões essenciais que devem ser tomadas são: quando distribuir os produtos; quanto de cada produto distribuir; e para qual cliente distribuir cada produto (Shen e Khoong, 1995).

De acordo com Sampaio (2001), o sistema de contêineres de uma companhia de navegação é composto de dois tipos principais de movimentos, que devem ser controlados, os quais são descritos a seguir:

- Movimentos comerciais – de contêineres cheios, geradores diretos de lucro, e de contêineres vazios. Estes movimentos correspondem às operações comerciais da companhia, importação e exportação. Segundo o autor, a princípio, todo movimento comercial de contêineres cheios gera, quase que automaticamente, um movimento de contêiner vazio;
- Movimentos técnicos – reequilíbrio de unidades vazias entre os depósitos, movimentos de contêineres alugados ou avariados, etc.

Um desafio comum enfrentado pelas companhias de navegação está em distribuir contêineres vazios para os portos que necessitam destes, tendo em vista o desequilíbrio existente entre os pontos de demanda e os pontos de oferta, conforme relatado na introdução deste trabalho. Esse desafio envolve despachar contêineres vazios de vários tipos em resposta a requisições de clientes de exportação e reposicionar outros contêineres em

antecipação a demandas futuras (Crainic et al., 1993)

Além disso, em um porto, quando os contêineres vazios disponíveis não são suficientes para atender à demanda, o operador da companhia de navegação pode necessitar alugar contêineres de fornecedores ou realocar contêineres vazios de outros portos. Entretanto, a realocação de contêineres vazios, transportados por navio, está sujeita à existência de espaço disponível no mesmo, onde geralmente contêineres cheios têm prioridade mais alta (Cheung e Chen, 1998).

Considerando a competitividade existente, o não atendimento a um cliente, devido à escassez de contêineres vazios disponíveis é inaceitável (Shintani et al., 2007). Podem existir situações em que este aceite receber um contêiner maior (40 pés) no lugar de dois pequenos (20 pés) ou vice-versa. Entretanto, essas situações são raras (Lai et al., 1995).

Cheung e Chen (1998) apresentam o itinerário típico de um contêiner, o qual é de extrema importância para que se entenda o problema da distribuição de vazios: um cliente retira um contêiner vazio de um depósito (que normalmente está localizado próximo a um porto), carrega-o, e retorna-o ao porto poucos dias antes da data prevista para a partida do navio. O contêiner será então colocado no navio, cujas paradas incluem o porto de destino desse contêiner. Após chegar ao porto de destino, o contêiner será entregue ao destinatário, que irá descarregá-lo e devolvê-lo vazio a um pátio de contêineres, a um depósito ou diretamente ao porto. Esse contêiner vazio poderá então ser utilizado para satisfazer a demanda imediata de vazios desse mesmo porto, armazenado como estoque para atender a demandas futuras, ainda desse mesmo porto, ou transportado para outro porto que necessita desse tipo de contêiner.

Para Choong et al. (2002) não há imposição de janelas de entrega para os vazios; assume-se que estes devam ser entregues aos clientes no exato período em que são requisitados, ou seja, não é permitido que os vazios sejam disponibilizados aos clientes em antecedência ao atendimento de demandas futuras, embora, em instâncias reais, geralmente não seja esta a situação observada. Os vazios alugados são considerados como contêineres próprios da companhia, ou seja, nenhum custo adicional é atribuído a eles até que entrem no sistema. Além disso, assume-se que o período em que os vazios alugados ficam disponíveis para uso da companhia é tão longo quanto o horizonte de planejamento.

Crainic et al. (1993) afirmam que diversas questões devem ser feitas às companhias de navegação a respeito da organização da distribuição de contêineres vazios e das operações de transporte, sendo que tais questões pertencem aos diferentes níveis de planejamento: estratégico (ex.: seleção de terminais e determinação das zonas logísticas), tático (ex.: previsão das demandas e ofertas futuras), e operacional (ex.: alocação de contêineres vazios).

Para Lai et al. (1995) as principais decisões a serem tomadas no âmbito da distribuição de contêineres vazios são:

- Realocar contêineres vazios – o operador utiliza informações de relatórios de projeção de demanda, juntamente com a rota e a capacidade de cada navio, além do status de contêineres excedentes, para produzir um plano de realocação que especifique o número de contêineres que devem ser carregados em cada navio em cada porto;
- Retornar contêineres para a companhia de “*leasing*” – se o relatório de projeção indicar que haverá um excesso de contêineres vazios em um dado porto, o operador pode tentar retornar todos os contêineres excedentes alugados em curto prazo para os depósitos de aluguel, de maneira a minimizar o custo de contêineres armazenados e alugados;
- Alugar contêineres da companhia de “*leasing*” – se o número de contêineres realocados não satisfizer a demanda, o operador irá primeiro otimizar a alocação, e depois providenciar o aluguel de curto prazo de vazios, se disponível.

Os autores ainda classificam os contêineres em três tipos de acordo com sua aquisição:

- Próprio: quando não utilizado, é armazenado nos depósitos da própria companhia de navegação ou de terceiros. Os depósitos de terceiros cobram uma taxa diária de armazenamento;
- Aluguel em curto prazo, inferior a três anos: quando não utilizado, é devolvido para a companhia de “*leasing*”, sujeito a um limite máximo mensal de devolução, que varia de porto para porto. Outra opção é o armazenamento em depósitos de terceiros para uso posterior;

- Aluguel em longo prazo, usualmente por mais de três anos: o tratamento é semelhante ao do contêiner próprio, uma vez que não são permitidas devoluções dentro de um prazo que varia de três a cinco anos, geralmente, conforme acordado com a companhia de “*leasing*”.

No transporte marítimo de contêineres em linhas regulares, geralmente a escala de chegadas e partidas dos navios é fixa, e os serviços são oferecidos com certa cadência. O cronograma de viagem de um navio é disponibilizado aos clientes com alguma antecedência (Bandeira, 2005). Quando um navio chega a um porto, os contêineres vazios podem ser descarregados para atender a demanda daquele porto ou permanecer no navio para atender a demanda em outros portos a serem escalados na continuidade da viagem. Os contêineres disponíveis em um determinado porto incluem aqueles descarregados de um navio, os que estão armazenados no próprio porto, os que devem retornar de clientes, além dos que podem ser alugados. Esses contêineres serão utilizados para satisfazer a demanda ou armazenados como estoque (Cheung e Chen, 1998).

Quando não se pensa na competitividade e no atendimento aos clientes, pode-se considerar que a movimentação de vazios, conforme dito anteriormente, não resulta lucros diretos para a companhia de navegação. No entanto, as operações envolvidas nessa movimentação geram custos significativos para o planejamento operacional e estratégico da companhia, além dos contêineres vazios ocuparem espaços destinados ao transporte de contêineres cheios, geradores diretos de lucro.

Cheung e Chen (1998) consideraram os seguintes componentes do custo total: carregamento e descarregamento do navio, armazenamento, transporte e aluguel de contêineres vazios.

As restrições de capacidade intrínsecas à movimentação de vazios são consideradas pela maioria dos autores (ex.: Choong et al., 2002; Lai et al., 1995). Ainda, limitações nos espaços disponíveis nos modais de transporte e nos portos, para armazenamento, assim como restrições nas quantidades disponíveis para aluguel são recorrentes.

3.3 Modelagens e Métodos

A literatura que aborda os problemas relacionados à movimentação de veículos (ou equipamentos) vazios é extremamente vasta, abrangendo tanto os contêineres como também carretas, vagões, etc. Nesta seção são relacionados os trabalhos desenvolvidos até então e que abordam a problemática da movimentação de contêineres vazios, com especial atenção para as modelagens e os métodos de solução empregados.

White (1972) elaborou um dos primeiros trabalhos que abordam a movimentação de contêineres vazios através da utilização de modelos de fluxo em rede, tratando a distribuição e alocação dos vazios como um problema de transbordo dinâmico; de transbordo porque podem ocorrer sequências de movimentos na rede, e não apenas movimentos únicos; e dinâmico uma vez que estes movimentos ocorrem no decorrer do tempo. Para o autor, são conhecidos onde, quando e quantos contêineres vazios estão disponíveis no sistema, assim como a rota e o destino dos mesmos dentro dos movimentos associados à rede. No entanto, uma vez que podem ocorrer incertezas em relação aos instantes de chegada dos vazios nos locais em que estes são requeridos, o autor estabelece uma relação entre dados de custos e os instantes de chegada dos vazios: associa custos de estocagem aos vazios que chegam antes do período de atendimento da demanda em questão, e custos de manuseio aos vazios que chegam depois desse período, já que estes têm que ser manuseados mais rapidamente.

Em seguida White (1972), com o objetivo de redistribuir os vazios disponíveis no sistema para os locais onde existe demanda pelos mesmos, otimiza o fluxo de contêineres vazios através de uma função linear de custo, utilizando um algoritmo indutivo. Este algoritmo resolve o problema do transbordo dinâmico através da busca por uma sequência de subproblemas menores, sendo que cada subproblema é também um problema de transbordo dinâmico correspondente a uma sub-rede da rede principal. A natureza indutiva do algoritmo reside no fato de que para cada subproblema é obtida a solução ótima (se possível) utilizando-se a solução do subproblema anterior como solução inicial. Parte-se do princípio que, se não existe uma solução ótima para um subproblema, então também não há uma solução ótima para o problema principal.

White e Bomberault (1969) já haviam tratado do problema de movimentação de veículos vazios utilizando modelos de fluxo em rede; daquela vez analisaram a distribuição de vagões

de trens através de uma rede espaço-tempo onde estão representadas as várias rotas possíveis ao veículo. O modelo de fluxo em redes trabalha em conjunto com o método simplex de programação linear e uma formulação que permite considerar as paradas intermediárias entre pontos de suprimento e demanda. O algoritmo “*out-of-kilter*” foi utilizado para resolver o problema.

Florez (1986 *apud* Dejax e Crainic, 1987) considera o transporte multimodal de vazios e apresenta um modelo de otimização de lucros para o problema de reposicionamento e aluguel de contêineres vazios no transporte marítimo. Esse modelo foi desenvolvido para determinar a estratégia de partida de cada veículo considerado (navio, caminhão, trem ou barca), como, por exemplo, o número de vazios a serem carregados. Florez construiu uma rede de transbordo dinâmica, baseado no trabalho de White (1972), a qual é resolvida por dois algoritmos lineares alternativos. Além disso, também discute a sensibilidade do modelo em relação a diferentes horizontes de planejamento considerados e conclui que as soluções encontradas para o seu estudo de caso são pouco afetadas por este parâmetro.

Dejax e Crainic (1987) notaram que pouco esforço havia sido feito até então, no que diz respeito ao desenvolvimento de modelos focados nos problemas de transporte de contêineres. Elaboraram, então, um trabalho de revisão das contribuições realizadas nesta área, desde simples modelos estáticos até formulações que integrassem as naturezas dinâmica e estática do problema.

Motivados pelo seu trabalho anterior, Crainic et al. (1990 *apud* Crainic et al., 1993) apresentam a descrição de um sistema de apoio à tomada de decisão e que aborda o problema do transporte de vazios em dois aspectos: a distribuição de contêineres vazios, tratado como um modelo dinâmico estocástico; e a determinação das rotas para contêineres vazios, tratado como um modelo de localização. Os autores propõem um modelo, em dois níveis de planejamento. O primeiro trata das decisões nos planos estratégico e tático: seleção de depósitos, alocação de clientes aos depósitos e determinação dos principais movimentos entre os pontos de demanda e oferta de contêineres vazios. O segundo corresponde ao plano operacional das atividades cotidianas: atendimento das demandas e seleção de rotas e modais de transporte.

Crainic et al. (1993) fornecem uma formulação matemática para o problema de alocação e

distribuição de contêineres por terra para atender rotas marítimas de navios porta-contêiner, uma vez que os autores salientam que a maioria dos modelos existentes trata o transporte de contêineres com ênfase no aspecto marítimo do problema. Apresentam formulações determinísticas dinâmicas para casos com um tipo de contêiner e com vários tipos de contêineres, nas quais as requisições e ofertas de contêineres vazios variam de acordo com o período; e um modelo estocástico para casos com um tipo de contêiner; considerando estocástica a natureza dos dados de demanda e oferta; em todos os casos não existem restrições em relação às capacidade de estoque e de transporte no modal. O desenvolvimento de um modelo para vários tipos de contêineres foi considerado pelos autores como uma importante contribuição do trabalho, já que considera a substituição entre tipos e permite a inserção de novos contêineres no sistema a partir de parcerias com outras empresas de navegação. A formulação determinística dinâmica também foi considerada de suma relevância, pois permitiu o tratamento dos aspectos dinâmicos e das características de incerteza intrínsecos aos problemas de alocação e distribuição de contêineres.

Gao (1994) propõe um modelo em dois estágios com o objetivo de determinar soluções de mínimo custo para decisões que dizem respeito ao tamanho do estoque de contêineres (investimento de capital) e alocação de vazios. O modelo apresentado considera o aluguel, a compra, o estoque e a alocação de contêineres, tratando apenas de contêineres de um tipo. O primeiro estágio do modelo consiste em calcular o desequilíbrio entre a demanda e a oferta de contêineres em cada porto considerado na rede, através do que o autor chama “auto-produção de contêineres vazios”, isto é, os valores de demanda e oferta são obtidos considerando o tempo médio necessário para que um contêiner cheio seja esvaziado, tornando um contêiner vazio disponível no sistema. O segundo estágio, um modelo de otimização, corrige estes desequilíbrios dimensionando os estoques de vazios necessários em cada porto e alocando-os através dos caminhos de menores custos.

Shen e Khoong (1995) desenvolveram um sistema de suporte à decisão para resolver um problema de distribuição multi-período de contêineres vazios por transporte marítimo, considerando que este problema está decomposto em três níveis inter-relacionados:

- Planejamento do porto: decisão a respeito do estoque de vazios neste porto;
- Planejamento intra-regional: diz respeito a um porto principal de cada região, o qual

engloba os portos menores pertencentes a esta mesma região. O porto principal recebe as informações de cada porto que engloba para resolver o problema intra-regional, caracterizado por um problema de fluxo em rede de mínimo custo;

- Planejamento inter-regional: balanceamento de vazios entre as diferentes regiões. Quando um porto principal não consegue resolver seu problema através da movimentação entre os portos de sua região, ele pode receber ou fornecer vazios para portos de outras regiões.

A partir da decisão a respeito do estoque de vazios em cada porto, efetuado pelo responsável por este gerenciamento, o sistema proposto utiliza modelos de otimização de redes, para resolver os problemas intra e inter-regionais. Além de otimizar a distribuição de vazios entre portos, trabalhando com apenas um tipo de contêiner, o sistema também permite o aluguel dos mesmos, caso necessário. No entanto, adota como variável o custo dos vazios alugados de acordo com o período de aluguel e considera o retorno dos vazios para as companhias de “*leasing*”, após utilização.

Retomando o conceito de logística reversa já apresentado pode-se citar o trabalho de Kroon e Vrijens (1995), no qual os autores apresentam um sistema logístico de devolução para contêineres, o qual abrange o transporte terrestre, a manutenção e a estocagem de contêineres vazios. Um modelo de otimização baseado em programação inteira foi desenvolvido, cujo primeiro objetivo é determinar a quantidade de vazios requeridos, e de depósitos e suas localizações, de forma a minimizar o custo total da operação, a partir de dados de demanda anual por vazios e da velocidade média de circulação de vazios no sistema, obtidos através da análise de dados de um sistema já introduzido em outra ocasião. O sistema considera apenas um tipo de contêiner vazio e, num segundo momento, a partir do valor do custo total, obtido na otimização, calcula as taxas de serviço, distribuição e coleta adequadas, de modo a garantir uma determinada margem de lucro para a empresa responsável pela distribuição.

Lai et al. (1995) estudaram os problemas da distribuição e alocação de contêineres através do transporte marítimo e utilizaram técnicas de simulação e heurística para determinar a quantidade de vazios que devem ser carregados em determinado porto a fim de atender as demandas em outros portos e prevenir o não atendimento a seus clientes devido à falta de contêineres vazios disponíveis. Os autores consideram as rotas fixas dos navios, assim como

suas restrições de capacidade, dois tipos de contêineres e um estoque mínimo de segurança para os portos. A simulação foi empregada para lidar com a incerteza inerente ao problema devido à flutuação da demanda, já a heurística foi utilizada para determinar os fluxos de contêineres de um porto a outro que proveriam o menor custo total, composto pelos custos de aluguel, armazenamento, transporte e retorno de vazios alugados.

Para os fluxos de contêineres determinados, os autores buscaram calcular a proporção entre contêineres, próprios e alugados em curto prazo, que uma companhia deveria manter, de forma a reduzir seus custos operacionais. Para isso, foram aplicadas técnicas de simulação de forma a verificar o impacto financeiro do aumento da proporção de contêineres próprios com relação ao custo do aluguel de curto prazo. Nesta fase, um novo componente foi agregado ao custo total de distribuição e alocação: o custo de ociosidade de contêineres próprios.

No cenário brasileiro, Barco (1998) propõe um modelo de otimização para o reposicionamento de vazios baseado no modelo matemático proposto por Crainic et al. (1993), ou seja, o autor também considera, além do transporte marítimo, o transporte terrestre entre portos para o atendimento das demandas. No entanto, diferentemente do modelo de Crainic et al. (1993), no modelo Particular apresentado pelo autor as passagens dos navios não são atreladas ao tempo e sim ao espaço (aos portos). O tempo só é utilizado para o cálculo do custo de armazenagem do contêiner e verificação da possibilidade do transporte de contêineres de um porto a outro em tempo hábil. Barco (1998) trabalha com vários tipos de contêineres vazios em seu problema e considera cada porto como um ponto de oferta e demanda, excluindo do modelo os depósitos em terra. Além disso, para o horizonte de planejamento de quatro semanas adotado, as rotas dos navios são fixas e existe a possibilidade de aluguel de vazios.

Curiosamente, o modelo Particular de Barco (1998) não considera o custo do transporte marítimo de vazios, apenas os custos de carregamento e descarregamento dos mesmos. O autor justifica esta decisão no fato de que um contêiner vazio não impedirá o transporte de um cheio entre os dois portos, uma vez que adota, para o transporte marítimo de vazios, um valor fixo de 10% da capacidade total do navio. Além disso, o modelo apresenta dificuldades para representar a dupla passagem de um navio em um mesmo porto, isto é, em uma rota cíclica, sendo necessário tratar este mesmo navio como dois navios diferentes.

Cheung e Chen (1998) focaram no transporte marítimo de contêineres vazios e apresentaram um modelo de fluxo em rede em dois estágios para o problema dinâmico de alocação apresentado por Crainic et al. (1993). Os autores consideram apenas um tipo de contêiner, rotas fixas para os navios e a possibilidade de aluguel quando os contêineres próprios da companhia de navegação não forem suficientes para o atendimento das demandas, sendo que não há restrições em relação ao fornecimento de vazios alugados.

A divisão do modelo em dois estágios consiste também da divisão do horizonte de planejamento considerado em duas partes. Considerando, por exemplo, um horizonte de planejamento de dez períodos, pode-se ter a primeira parte do período 1 ao 5 e a segunda parte do período 5 ao 10. Na formulação do primeiro estágio do modelo (períodos 1 ao 5), todos os parâmetros são considerados determinísticos, enquanto que no segundo estágio (períodos 5 ao 10), alguns parâmetros (demandas, ofertas e capacidades dos navios) são considerados estocásticos. Ambos os estágios são representados por modelos de fluxo em rede; e um estágio de interface, também representado por um modelo de fluxo em rede, composto por nós e arcos de interface para ligar os outros dois estágios, é então formulado. A integração dos dois estágios com o estágio de interface criado representa um modelo estocástico linear em dois estágios com uma estrutura de fluxo em rede. Os autores propuseram, então, a utilização de métodos estocásticos quasi-gradiente clássicos e de uma nova classe de métodos híbridos para resolver o modelo.

Imai e Rivera (2001) estudam a relação entre os problemas de dimensionamento e gerenciamento de frotas de contêineres. Segundo os autores, o problema de dimensionamento de frotas consiste na determinação do número de contêineres necessários para atender a demandas de tráfego futuras, enquanto que o problema de gerenciamento visa alocar contêineres vazios para pontos onde exista demanda pelos mesmos, seja através do transporte marítimo ou do fornecimento por aluguel.

Os autores afirmam que se uma companhia possui uma grande frota de contêineres próprios, então há menor necessidade de movimentação de contêineres vazios. Já as companhias que possuem uma frota pequena, necessitam de um grande número de unidades alugadas. Apoiados nesta relação apresentam três frentes de discussão: a primeira discute um modelo analítico, baseado em dados de demanda anual, para o dimensionamento de uma frota de contêineres do tipo “dry”, considerando uma rede balanceada; a segunda estende esse

mesmo modelo para o dimensionamento de uma frota própria de contêineres refrigerados, considerando agora uma rede desbalanceada; a terceira frente, por fim, propõe um modelo de simulação baseado na conservação de fluxo de vazios em uma rede espaço-tempo, o qual foi empregado na análise de diferentes cenários para determinar o dimensionamento de uma frota heterogênea (refrigerados e “dry”), composta por contêineres próprios e alugados, considerando uma rede desbalanceada. Essa última frente trata de um cenário mais próximo da realidade, uma vez que considera valores de projeção da demanda, a serem calculados também pelo modelo, além da possibilidade de aluguel de vazios.

Retomando os conceitos da logística reversa, Sampaio (2001) classifica dentro deles o problema de gerenciamento de contêineres vazios, o qual está diretamente associado à falta de interação entre o transporte e a distribuição dos contêineres cheios e o transporte e a distribuição dos mesmos, quando estão vazios. O transporte de vazios representa o deslocamento destes de um local a outro onde existam demandas pelos mesmos e é seguido da distribuição de vazios, a qual representa a alocação dos mesmos, nesse segundo local, em cada ponto de demanda específico (depósitos ou portos). Sampaio baseia-se no trabalho de Lai et al. (1995) e fornece um modelo de simulação capaz de analisar diferentes cenários permitindo uma análise da programação do transporte de contêineres vazios. Para isso, esse modelo permite a alocação de contêineres vazios aos depósitos ou portos considerados, a partir de dados de demanda, estoques iniciais e tempos de transporte, e determina os níveis ótimos de estoque em cada depósito considerado.

Souza (2001) desenvolveu três modelos de otimização distintos para analisar os procedimentos operacionais da alocação de contêineres vazios em relação às demandas e ao fluxo de informações de uma empresa de navegação; são eles: um modelo heurístico, o qual segue o procedimento padrão adotado pela empresa; um modelo guloso, o qual aloca a maior quantidade possível de contêineres nos arcos de menores custos; e um modelo de alocação que utiliza o algoritmo “*out-of-kilter*”. O autor faz uma comparação entre os modelos, considerando os custos resultantes da operação, e conclui que o modelo guloso obteve o melhor resultado, ou seja, o menor custo.

Choong et al. (2002) apresentam em seu trabalho uma análise sobre os efeitos dos tamanhos dos horizontes de planejamento adotados no gerenciamento de uma rede de transporte intermodal de contêineres vazios, considerando apenas um tipo de contêiner. Esta análise é

baseada em um modelo de programação linear inteira e visa minimizar os custos totais relativos à movimentação de vazios (armazenamento, aluguel, compra e empréstimo).

O modelo proposto é uma adaptação do modelo determinístico para um tipo de contêiner de Crainic et al. (1993), considerando, no entanto, o transporte intermodal (caminhão, trem e barca) e um limite de capacidade para os estoques e para os modais. Vale a pena lembrar que Crainic et al. (1993) consideram alocação e distribuição de contêineres somente por terra para atender rotas marítimas de navios porta-contêiner e não restringem as capacidades dos depósitos e do modal de transporte. Os autores também ignoram a existência de janelas de entrega para as chegadas dos vazios, pois admitem que os mesmos sejam entregues no período exato em que são requisitados, ou seja, os vazios não podem ser entregues aos clientes visando o atendimento de demandas futuras. Além disso, o modelo assume que os pontos de demanda não têm a capacidade de armazenamento de vazios; os estoques são representados como nós fictícios da rede, adjacentes aos pontos de demanda. Ainda, não existe o retorno dos vazios alugados, já que o período de aluguel adotado é tão grande quanto for o horizonte de planejamento.

Os autores analisaram a operação intermodal de transporte de contêineres em barcas no rio Mississippi, incluindo caminhão e trem, e compararam o custo apresentado em um período de 15 dias ao custo dos primeiros 15 dias de um período de 30 dias, mostrando que o horizonte de 30 dias apresentou melhores resultados de planejamento para os 15 primeiros dias do que o horizonte de 15 dias, principalmente em relação aos custos de vazios trazidos de fora do sistema e à escolha do modal, já que observam que um horizonte maior permite utilizar modais de transporte mais lentos e de menor custo.

Rezende (2003) propõe um modelo de otimização para o problema de reposicionamento de contêineres vazios a partir do estudo de Barco (1998). No entanto a metodologia de solução, por meio da modelagem matemática linear, proposta por Rezende, busca estar mais próxima à realidade, diferindo do modelo Particular de Barco nas seguintes questões:

- No tratamento da capacidade do navio, Rezende (2003) não considera os 10% fixos do navio adotados por Barco (1998), mas sim a capacidade real ociosa para o transporte de vazios observada em cada trecho. Para tanto é preciso ter uma matriz de carregamento do navio quando este chega ao primeiro porto e uma matriz para cada porto 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;

- Nos navios com dupla passagem pelos portos, Rezende (2003) indexa às variáveis de decisão um índice adicional t , relacionado ao período da passagem em cada porto. Desta forma desaparecem as indefinições que conduziram Barco (1998) 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. Além disso, a autora introduz o conceito de portos antecessores e sucessores para os portos atendidos pelas rotas fixas dos navios;
- No estabelecimento de estoque mínimo, Rezende (2003) formula uma restrição que garante que o estoque em determinado porto seja maior ou igual ao estoque mínimo desejado, diferentemente de Barco (1998) que trata a quantidade de contêineres vazios necessários para o estoque mínimo como demanda em um navio fictício;
- Na inserção de uma janela de entrega do contêiner vazio nos portos, Rezende (2003) introduz um prazo de antecedência para a chegada de um contêiner vazio a um porto tendo em vista o seu embarque carregado num navio.

Li et al. (2004) discutem o gerenciamento de estoques de contêineres vazios em um porto, considerando dados estocásticos de importação e exportação para apenas um tipo de contêiner. Os autores assumem que contêineres vazios tornam-se disponíveis para o uso assim que são recebidos no porto, enquanto que para os contêineres cheios esse processo necessita de um intervalo de um período. As demandas devem ser atendidas sem atraso e, quando os contêineres próprios da companhia de navegação não forem suficientes para suprir as mesmas, o aluguel de vazios é permitido.

Os autores desenvolvem uma formulação matemática e provam a existência de pares críticos (U, D) para um porto, considerando um horizonte de planejamento finito. Isto é, importar um número de vazios superior a U , quando o estoque de vazios no porto for menor do que U , e exportar um número de vazios inferior a D , quando o estoque de vazios no porto for maior do que D , caso contrário, nada dever ser feito. Os autores então provam, através de adaptações nessa formulação que os pares críticos (U, D) podem também ser determinados

para horizontes de planejamento infinitos.

Li et al. (2007) estendem o resultado de Li et al. (2004), que obtém os pares ótimos (U, D) para um porto, para o caso de multi-portos. Os autores descobriram que o custo médio adotando a política (u, d) em um porto é convexo para u (ou d) quando d (ou u) é constante. Daí pode-se modificar o par (U, D) para (u, D) ou (U, d) para cada porto de forma que a alocação de vazios entre cada porto seja dirigida pelas novas políticas. Baseados nessa convexidade, os autores desenvolveram um algoritmo heurístico para mostrar como alocar os vazios de forma a reduzir o custo médio associado à operação de reposicionamento dos vazios.

Bandeira (2005) desenvolve em seu trabalho um modelo de fluxo em rede integrado, o qual combina a realocação de contêineres vazios e as operações de transbordo de contêineres cheios e vazios. O modelo proposto busca auxiliar o planejamento destas operações, visando minimizar os custos associados.

A fim de representar a movimentação de contêineres vazios e cheios, a autora desenvolveu um modelo de roteamento baseado no problema clássico de transbordo, extraído de Goldbarg (2000). Para os contêineres vazios, foi elaborado um modelo de alocação, derivado do modelo de Crainic et al. (1993), o qual apresenta a melhor distribuição destes vazios de forma a satisfazer as demandas. Posteriormente, esses modelos foram unificados em um modelo de rede integrado que tem seu comportamento delineado em estágios: em um determinado instante de tempo t são verificadas as demandas de clientes por contêineres cheios. Os clientes demandados, por sua vez, verificam sua disponibilidade de contêineres vazios para atendimento dos pedidos de contêineres cheios, gerando, se necessário, uma demanda de contêineres vazios. O suprimento de contêineres vazios é alocado aos clientes de forma a atender a demanda e visando o menor custo de transporte possível. No próximo estágio, os contêineres vazios assim designados serão roteados juntamente com os contêineres cheios, satisfazendo as restrições do modelo de transbordo e buscando minimizar o custo global de transporte, armazenagem e processamento. Após a realocação desses contêineres, são incorporadas novas demandas de contêineres cheios (em $t + 1$) que darão origem a novas demandas de contêineres vazios, retornando ao primeiro estágio do problema. Todos os roteiros determinados em cada estágio ficam registrados e são controlados até seu total cumprimento. Desta forma, os modelos de alocação de contêineres

vazios e de movimentação de contêineres vazios e cheios tiveram seus fluxos e seu comportamento unificados em uma só rede, sendo tratados simultaneamente e de forma integrada.

Shintani et al. (2007) fornecem um modelo para a determinação de uma rede de transporte marítimo de contêineres levando em conta a alocação de vazios e cujo objetivo é a maximização dos lucros da companhia de navegação. Os autores afirmam que duas questões-chaves e inter-relacionadas, determinar rotas de navios e alocar contêineres vazios, são geralmente tratadas separadamente pela maioria dos estudos existentes sobre design de redes, logo, em seu trabalho, tratam destas duas questões simultaneamente.

O problema é formulado como um problema de dois estágios: o primeiro consiste em determinar para a rede que serve ao tráfego de contêineres cheios: o conjunto de portos a serem atendidos, a sequência de atendimento destes portos (rota dos navios), e o número de navios que farão parte da rede, assim como a velocidade de cruzeiro dos mesmos; o segundo estágio resulta na atribuição do tráfego de vazios para atender às demandas nos pontos da rede. Uma heurística baseada em um algoritmo genético foi desenvolvida para solucionar o problema.

Os resultados obtidos do modelo aplicado a estudos de caso mostraram que a consideração da reposição de vazios no problema se mostrou mais eficiente à medida que, embora a receita seja menor, os custos com armazenamento e aluguel de vazios são bem menores. Nas redes que não incorporam a distribuição de vazios, a distribuição posterior acaba sendo ineficiente e o resultado global é mais oneroso.

Wang e Wang (2007) utilizaram programação inteira para analisar a distribuição de contêineres vazios usando diferentes modais de transporte (caminhão, trem ou barcas) entre pontos no interior do continente, considerando limitações de capacidade de armazenamento em portos e de carregamento nos modais, além do atendimento das demandas. O objetivo do modelo é minimizar o custo do transporte de vazios em suas várias trajetórias: do porto/depósito terrestre para outro porto/depósito terrestre, do porto/depósito terrestre para os clientes e dos fornecedores para o porto/depósito terrestre.

Lam et al. (2007) analisaram a realocação de contêineres vazios em problemas simplificados

(dois portos e duas viagens), propondo uma heurística baseada em um modelo dinâmico que considera dados de demandas de natureza estocástica, cujas soluções aproximadas são efetivas em relação às ótimas exatas. Os autores adotam como finitas as quantidades de vazios disponíveis para aluguel, assim como a capacidade de transporte marítimo, sendo este o único modal considerado. Diferente da maioria dos trabalhos citados até aqui, assume-se que a capacidade de armazenamento nos portos é suficientemente grande para manter o número máximo de contêineres existentes no sistema. Por fim, os autores concluíram que o modelo proposto poderia ser estendido para problemas com múltiplos portos e múltiplas viagens.

Dong e Song (2009) consideram o problema conjunto de dimensionamento de frota de contêineres e distribuição de vazios em sistemas com múltiplas embarcações, múltiplos portos e múltiplas viagens, considerando ainda a natureza dinâmica, estocástica e desbalanceada das demandas. Em seu estudo os autores consideram as seguintes hipóteses: rotas fixas dos navios; um tipo de contêiner; janela de entrega de contêineres de um dia; possibilidade de aluguel de longo prazo; e flutuação das demandas e dos estoques nos portos, ou seja, os valores de estoques e demandas em cada porto é atualizado para cada evento de chegada ou partida de um navio neste mesmo porto.

Para a resolução do problema, Dong e Song (2009) utilizaram da mesma linha de pensamento de Li et al. (2004) e Li et al. (2007) no que diz respeito à obtenção de parâmetros (U , D) para o gerenciamento dos estoques nos portos, em conjunto com o dimensionamento da frota de contêineres. O objetivo é minimizar o custo total esperado, o qual inclui os custos de estoque, carregamento e descarregamento e transporte marítimo de cheio e vazios, além de um custo de penalidade para cada demanda não atendida. Os autores apresentaram, então, uma ferramenta de otimização baseada em simulação, a qual determina o tamanho da frota de contêineres e os parâmetros (U , D) simultaneamente. O procedimento é baseado em algoritmos genéticos e estratégia evolucionária, sendo que ambos são métodos de busca aleatória que têm como princípio a evolução biológica.

Francesco et al. (2009) trabalham com o problema de distribuição de vazios considerando a natureza estocástica de alguns parâmetros tais como demandas e ofertas futuras, capacidade de transporte e carregamento e descarregamento de vazios dos navios, sendo que estes parâmetros não podem ser estimados através de dados históricos. Os autores trabalham com

algumas hipóteses: adotam vários tipos de contêiner, porém não aceitam a substituição de um tipo por outro equivalente; o atendimento das demandas não pode sofrer atrasos; e somente consideram o aluguel de longo prazo. Assim, representam o problema através de uma rede espaço-tempo e propõem um modelo de otimização multi-cenário e multi-produto, onde cada tipo de contêiner representa um produto, comparando-o a um modelo determinístico tradicional.

No modelo multi-cenário proposto, a opinião das empresas de navegação é utilizada para identificar os valores mínimo, máximo e mais plausível para cada parâmetro estocástico considerado, a partir dos quais são construídas distribuições triangulares, que servem de base para a construção de um cenário futuro possível, para cada parâmetro. Todos os cenários gerados são então representados por um modelo matemático, sendo que para cada um é atribuído um peso de acordo com sua importância dentro da decisão a ser tomada. O modelo proposto minimiza o custo total para todos os cenários gerados, replicando as restrições consideradas para cada cenário em particular.

Os experimentos mostram que modelos multi-cenário são melhores para as necessidades das empresas de navegação, uma vez que satisfazem prontamente as demandas futuras inesperadas e contêm a opção de alocar mais vazios onde maiores demandas possam ser observadas, diferentemente de modelos determinísticos, nas quais não são permitidas “surpresas” futuras.

A fim de sintetizar as informações referentes aos trabalhos apresentados nesta seção e facilitar o acesso aos mesmos de acordo com suas principais características relativas à modelagem da movimentação de vazios, o Quadro 3.1 apresenta a taxonomia dos principais trabalhos citados.

Quadro 3.1 – Taxonomia dos principais trabalhos apresentados na revisão da literatura

Trabalho	Problema abordado	Modais	Tipos de contêineres	Fluxo em rede	Incertezas na movimentação	Problema capacitado	Método de solução
White (1972)	Redistribuir os vazios disponíveis no sistema para os locais onde exista demanda pelos mesmos	Marítimo Terrestre	Múltiplos	Sim	Sim (chegada dos vazios)	Não	Programação linear inteira em conjunto com algoritmo indutivo
Florez (1986)	Determinar a estratégia de partida de cada veículo considerado para o reposicionamento e aluguel de contêineres vazios	Marítimo Terrestre	Múltiplos	Sim	Não	Sim	Algoritmos lineares alternativos
Crainic et al. (1993)	Alocação e distribuição de contêineres por terra para atender rotas marítimas de navios porta-contêiner	Terrestre	Único Múltiplos	Não	Sim (demanda e oferta)	Não	Formulação determinística dinâmica
Gao (1994)	Determinar tamanho do estoque de contêineres e alocação de vazios	Marítimo	Único	Sim	Não	Sim	Programação linear inteira
Shen and Khoong (1995)	Planejamento em grande escala abrangendo a distribuição multi-período de contêineres vazios.	Marítimo	Único	Sim	Não	Sim	Programação linear inteira
Lai et al. (1995)	Distribuição e alocação de vazios buscando reduzir os custos operacionais e prevenir a perda de transações devido à indisponibilidade dos mesmos	Marítimo	Múltiplos	Não	Sim (demanda)	Sim	Simulação e heurística
Barco (1998)	Reposicionamento de vazios baseado no modelo de Crainic et al. (1993)	Marítimo Terrestre	Múltiplos	Não	Não	Sim	Formulação determinística dinâmica
Cheung e Chen (1998)	Problema dinâmico de alocação de vazios apresentado por Crainic et al. (1993)	Marítimo	Único	Sim	Sim (demanda, oferta e capacidade do navio)	Sim	Métodos estocásticos: quasi-gradiente e híbridos
Choong et al. (2002)	Analisar os efeitos do tamanho dos horizontes de planejamento no gerenciamento da rede de transporte intermodal de contêineres vazios	Marítimo Terrestre	Único	Não	Não	Sim	Programação linear inteira
Rezende (2003)	Reposicionamento de vazios apresentando melhorias ao modelo proposto por Barco (1998)	Marítimo Terrestre	Múltiplos	Não	Não	Sim	Programação linear inteira

Quadro 3.1 – Taxonomia dos principais trabalhos apresentados na revisão da literatura (continuação)

Trabalho	Problema abordado	Modais	Tipos de contêineres	Fluxo em rede	Incertezas na movimentação	Problema capacitado	Método de solução
Bandeira (2005)	Planejamento das operações de realocação de contêineres vazios e das operações de transbordo de contêineres cheios e vazios	Marítimo Terrestre	Único	Sim	Não	Sim	Modelo integrado de roteamento e formulação determinística
Shintani et al. (2007)	Design de uma rede de transporte marítimo de contêineres levando em conta a reposição de vazios e integrando o posicionamento de navios e contêineres	Marítimo	Único	Não	Não	Sim	Heurística baseada em algoritmo genético
Wang e Wang (2007)	Reposição de contêineres vazios no interior do continente usando diferentes modais de transporte	Marítimo Terrestre	Único	Não	Não	Sim	Programação linear inteira
Lam et al. (2007)	Realocação de contêineres vazios em problemas simplificados	Marítimo	Único	Não	Sim (demanda)	Sim	Heurística baseada em modelo dinâmico estocástico
Dong e Song (2009)	Dimensionamento de frota de contêineres em conjunto com o reposicionamento de vazios em sistemas com múltiplas embarcações, múltiplos portos e múltiplas viagens	Marítimo	Único	Não	Sim (demanda)	Sim	Otimização baseada em simulação
Francesco et al. (2009)	Reposicionamento de vazios considerando a natureza incerta de alguns parâmetros, sendo que estes não podem ser estimados através de dados históricos	Marítimo	Múltiplos	Sim	Sim (demanda, oferta e capacidade de transporte, carregamento e descarregamento)	Sim	Programação linear inteira

3.4 Trabalhos Correlatos

Ahuja et al. (2005) não tratam do problema de gerenciamento dos vazios, e sim de problemas relacionados ao transporte ferroviário, dentre os quais se podem citar o despacho de trens e a programação de locomotivas. No entanto, o trabalho dos autores merece ser citado, uma vez que para resolver estes problemas utilizam uma modelagem semelhante à que será apresentada neste trabalho. Tratam-nos como problemas de fluxo multi-produto (“*multi-commodity flow problem*”) com restrições adicionais em uma rede espaço-tempo, sendo que, nestes casos, cada trem representa um produto nesta rede.

No caso do problema de despacho de trens, o objetivo é determinar a trajetória detalhada de um conjunto de trens em uma malha ferroviária, em termos de seus deslocamentos e de seus respectivos horários, minimizando os atrasos ou desvios na programação dos trens em decorrência de conflitos de cruzamento e ultrapassagem que ocorrem e que obrigam algum dos trens envolvidos a dar passagem para o outro trem. Assume-se ser conhecida a programação de cada trem. Todas as restrições e condicionantes que regulam o tráfego de trens devem ser consideradas, em particular a capacidade dos trechos, de maneira a assegurar que todos os cruzamentos e ultrapassagens ocorram nos pátios de cruzamento ou em estações intermediárias com espaço suficiente para acomodação dos trens.

A representação em rede proposta baseia-se no conceito de gráfico horário de trens, uma forma de representar a trajetória dos trens ao longo do tempo, incluindo suas paradas para cruzamento ou ultrapassagem. Para cada trem define-se o atraso máximo admissível, medido em relação ao horário programado de chegada, e que é definido com base em regras do negócio ou condicionantes operacionais; pode-se então calcular o horário máximo de partida do trem e seu horário máximo de chegada. Os autores propuseram uma heurística baseada em programação inteira para a resolução do problema, cuja idéia básica consiste em ir gradualmente reduzindo os atrasos máximos para todos os trens com base em novas soluções viáveis que são progressivamente obtidas através do software de otimização escolhido. A idéia é tornar o modelo matemático progressivamente mais restrito, de modo a convergir mais rapidamente para uma solução de boa qualidade.

Já o problema de programação de locomotivas consiste em definir a alocação ótima de um conjunto de locomotivas aos trens programados que necessitam de tração, incluindo os

eventuais deslocamentos das mesmas para reposicionamento, para um dado horizonte, de forma que o custo total, composto das parcelas de custo fixo, de deslocamento das locomotivas e de quebra de tração, seja minimizado.

A programação deve satisfazer restrições de tamanho da frota, de abastecimento e manutenção das locomotivas, de necessidade de tração dos trens, e de compatibilidade. Sendo assim, pode ser analisada em dois níveis: de planejamento ou operacional. No primeiro, decidem-se quais locomotivas alocar a cada um dos vários trens programados, no segundo, são considerados detalhes adicionais de qual unidade específica de cada tipo deve ser alocada a cada trem. Outro aspecto a ser considerado está relacionado aos atrasos e incertezas nos horários dos trens.

O problema de programação de locomotivas é então formulado como um problema de fluxo em rede multi-produto do tipo linear inteiro misto, representando o fluxo de locomotivas em uma rede espaço-tempo semanal, com restrições adicionais. Nessa rede, os arcos indicam trens, os nós indicam chegadas ou partidas de trens e locomotivas, e cada tipo de locomotiva define um produto.

Segundo os autores, o problema de programação de locomotivas corresponde a um problema combinatório de grande porte e do tipo NP-completo. Propõem então uma heurística baseada em decomposição que permite obter soluções próximas da ótima para instâncias reais do problema de programação de locomotivas. Essa heurística compreende dois estágios principais: o primeiro modifica o problema com o horizonte de planejamento original (semanal), de tal modo que todos os trens partam todos os dias do horizonte e, então, resolve o problema de programação diária de locomotivas, ao invés do problema de programação semanal; o segundo ajusta a solução do estágio anterior (programação diária), de forma a obter a solução para o problema original de programação semanal em que alguns trens não têm frequência diária.

3.5 Conclusões sobre a Revisão da Literatura

A análise dos trabalhos comentados na revisão da literatura mostra as diferentes abordagens do problema da movimentação de contêineres vazios desde a concepção do modelo de base

para o estudo até a consideração de diferentes restrições e aleatoriedades.

A adoção de modelos determinísticos (ex.: Crainic et al., 1993; Gao, 1994; Shen e Khoong, 1995), para o problema da movimentação de contêineres vazios, oferece a vantagem de um tratamento simplificado para as complexidades encontradas na prática, facilitando, muitas vezes, a compreensão e obtenção de resultados preliminares para as situações reais enfrentadas pelas companhias de navegação. No entanto, deve-se enfatizar que estes são modelos simplificados, pois não consideram a natureza estocástica das demandas e ofertas existentes nos sistemas, a qual é de fundamental importância para garantir a robustez dos resultados obtidos.

Crainic et al. (1993) e Cheung e Chen (1998) propõem modelos estocásticos cujas incertezas são intrínsecas às demandas e ofertas de vazios nos portos. Já o trabalho de White (1972), foi o único, dentre os citados, a considerar incertezas em relação ao instante de chegadas dos navios. Modelos de simulação (ex.: Lai et al., 1995; Imai e Rivera, 2001) também foram desenvolvidos, porém em menor escala, para contornar as dificuldades encontradas na análise detalhada de sistemas dinâmicos mais complexos de distribuição de contêineres vazios.

A utilização de modelos de rede para representar o sistema dinâmico de movimentação de vazios mostrou-se comum nos trabalhos comentados na revisão da literatura. Tal constatação não é surpreendente uma vez que modelos de rede proporcionam uma clarificação do problema estudado tanto no que diz respeito ao entendimento visual das interações entre as entidades envolvidas e seus comportamentos no espaço e no tempo, quanto ao desenvolvimento da formulação matemática que representará estas interações. White (1972), Shen e Khoong (1995), Cheung e Chen (1998) e Francesco et al. (2009) são exemplos que utilizam esta modelagem, a qual também será empregada neste trabalho.

Pode-se citar também, como conclusão da análise dos trabalhos comentados, que o transporte terrestre de vazios não é incorporado em todos os modelos de decisão (ex.: Crainic et al., 1990; Cheung e Chen, 1998; Lam et al., 2007), embora seja essencial no sistema de movimentação de contêineres vazios. Uma vez que haja a impossibilidade do transporte marítimo de vazios de um porto a outro, o modal terrestre, seja ele ferroviário ou rodoviário, é eficiente para realizar o transporte e garantir o atendimento da demanda. Além

disso, o transporte terrestre exerce um papel fundamental nas operações que envolvem o carregamento e o descarregamento de vazios no porto, uma vez que estes necessitam ser levados do depósito/cliente para o local de carregamento e do local de descarregamento para o depósito/cliente.

Por fim, cabe ressaltar a existência de trabalhos como o de Florez (1986) e Choong et al. (2002), que estudam a sensibilidade do modelo empregado em relação a diferentes horizontes de planejamento. Esta é uma consideração interessante, uma vez que o tamanho adotado para o horizonte de planejamento pode influenciar diretamente no objetivo do modelo, seja ele de maximização dos lucros ou de minimização dos custos, como concluiu o trabalho de Choong et al. (2002).

4. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

Este capítulo tem por objetivo apresentar a formulação matemática do modelo proposto para o planejamento da movimentação de contêineres vazios, o qual busca o balanceamento entre as demandas e as ofertas dos mesmos em todos os portos considerados, ao menor custo, isto é, o atendimento dos pontos com demandas por vazios a partir dos pontos onde há excesso dos mesmos. Em resumo, a formulação matemática visa a determinar o fluxo de contêineres vazios no sistema, respeitando as restrições de capacidade de transporte nos modais marítimo e terrestre, e de armazenamento nos portos. As decisões envolvidas na resolução do problema são inter-relacionadas e podem ser explicitadas como segue:

- Distribuição dos vazios disponíveis no sistema, de forma a garantir o atendimento das demandas de todos os portos em todas as datas ao longo do horizonte de planejamento (determinação do modal de transporte, do porto e da data de origem do fluxo de vazios e da quantidade transportada);
- Eventual necessidade de alugar vazios das companhias de “*leasing*” (determinação do local e da data do aluguel e da quantidade de vazios alugados e que serão disponibilizados ao sistema).

Conforme observado no capítulo 3 - Revisão da Literatura, considerando a natureza dinâmica do problema da movimentação de contêineres vazios, a utilização de modelos de rede para representá-lo mostrou-se bastante comum dentre os trabalhos analisados.

Assim, é proposta uma abordagem de resolução através da modelagem do problema da movimentação de vazios como um problema de fluxo em rede multi-produto (“*multi-commodity flow problem*”), com restrições adicionais em uma rede espaço-tempo (“*space-time network*”), onde cada tipo de contêiner representa um produto (“*commodity*”).

4.1 Premissas da Modelagem

Com o objetivo de clarificar o ambiente no qual será empregada a formulação matemática e até mesmo proporcionar um fácil acesso às condições e considerações para o emprego do modelo proposto, serão apresentadas, nesta seção, as premissas adotadas para estudo da movimentação de vazios a ser apresentado neste trabalho.

- 1) A possibilidade do transporte de vazios pelo modal marítimo está condicionada às rotas já programadas dos navios considerados, ou seja, não existe a possibilidade do transporte marítimo de vazios de um porto a outro, em determinada data, se não houver um navio cuja rota coincida com estes portos nestas mesmas datas. No modelo proposto não há restrição quanto ao número de passagens de um navio em um mesmo porto no horizonte de planejamento analisado. Logo, um navio pode, dentro do horizonte, passar mais de uma vez em um mesmo porto. Esta é uma flexibilização importante proporcionada pelo modelo, uma vez que trabalhos anteriores como o de Barco (1998) e de Rezende (2003) consideraram apenas a dupla passagem dos navios por um mesmo porto e, mesmo assim, obtiveram dificuldade para modelar este tipo de evento;
- 2) Da mesma forma, para o transporte terrestre de vazios entre portos, este só é possível de ser realizado se existirem as vias que liguem estes portos, sejam elas estradas em condições de trafegabilidade, para o transporte rodoviário, ou então vias férreas, no caso do transporte ferroviário. Adicionalmente, a modelagem proposta permite desconsiderar ligações terrestres entre portos que estejam muito distantes entre si;
- 3) O carregamento e o descarregamento de vazios em um dado porto consideram somente as operações de embarque de vazios no navio, com destino a outro porto, e de desembarque dos mesmos, para atendimento da demanda deste porto. Não serão consideradas operações de embarque e desembarque de vazios para casos de remanejamento das posições ocupadas por estes no navio;
- 4) Os portos considerados no sistema de movimentação representam, além do próprio

porto em si, o agrupamento de todos os clientes que são atendidos por ele, ou seja, a demanda ou oferta de vazios associada aos portos em determinadas datas representam a somatória das demandas ou ofertas de todos os clientes que aquele porto atende. Além disso, considera-se o porto também como local de armazenamento destes vazios; não existem outros depósitos externos ou adjacentes ao porto, de modo que os eventuais deslocamentos terrestres entre portos e depósitos externos não serão modelados;

- 5) Os contêineres disponíveis em um determinado porto incluem aqueles descarregados de um navio, os que estão armazenados no próprio porto, os que devem retornar de clientes, além dos que podem ser alugados. Esses contêineres serão utilizados para satisfazer a demanda ou armazenados como estoque (Cheung e Chen, 1998).
- 6) As operações de captação ou distribuição dos vazios para os clientes não serão modeladas; parte-se do princípio que a partir do momento em que o contêiner vazio está disponível no porto de demanda, o cliente já foi atendido; isto porque as datas as quais as demandas são atribuídas já consideram a antecedência necessária para cumprir os prazos dos clientes em questão;
- 7) Não são permitidos atrasos no atendimento às demandas. No entanto, assume-se que os vazios não necessitem ser entregues no exato período em que são requisitados. Embora o modelo não imponha janelas de entrega, não há restrição quanto à antecipação da entrega dos vazios aos portos com demanda pelos mesmos. Caso esta seja a solução de menor custo, os vazios podem ser entregues em determinado porto e ficar armazenados esperando pela data em que serão utilizados;
- 8) O eventual aluguel de vazios a partir das companhias de “*leasing*” será considerado como de longo prazo, isto é, a partir do momento em que o vazio alugado entra no sistema ele passa a ser tratado como um contêiner próprio da companhia de navegação. Nesta modalidade de contrato de longo prazo, também não há necessidade de retorno dos vazios para as companhias de “*leasing*” dentro de um período inferior a cinco anos; logo, esta operação será desconsiderada na modelagem do problema (Choong et

al., 2002).

- 9) Os vazios destinados ao atendimento de alguma demanda existente passam a não fazer mais parte do sistema de movimentação. Desta forma, considera-se que estes vazios só poderão ser utilizados para atender outras demandas se forem representados, em um período posterior dentro do horizonte de planejamento, como vazios de oferta no mesmo porto onde foram utilizados, ou em algum outro porto da rede após terem sido utilizados para transportar produtos;
- 10) Alguns autores, como Lai et al. (1995), consideram a possibilidade de substituição de um tipo de vazio por outro equivalente, como por exemplo: utilizar dois vazios de 20 pés para atender a uma demanda de um vazio de 40 pés. Neste trabalho, embora sejam considerados mais de um tipo de contêiner, o intercâmbio entre contêineres de diferentes tipos não será permitido pelo modelo proposto.
- 11) As restrições de capacidade a serem consideradas levam em conta as limitações nos espaços disponíveis nos modais de transporte e nos portos, para armazenamento (Lai et al., 1995 e Choong et al., 2002). No caso do modal marítimo, o espaço disponível para o transporte de vazios depende da quantidade de contêineres cheios que serão transportados nesta mesma embarcação, uma vez que estes têm prioridade de transporte em relação aos vazios. No caso do transporte terrestre, esta limitação está mais ligada à disponibilidade de veículos (caminhões ou vagões);
- 12) Por fim, assim como Cheung e Chen (1998), o modelo adota como parcelas que compõem o custo total de movimentação, aquelas correspondentes às operações consideradas: carregamento e descarregamento do navio, armazenamento, transporte e aluguel de contêineres vazios.

Apresentadas as premissas nas quais será baseada a modelagem da movimentação de contêineres vazios, pode agora ser apresentada a estrutura da rede-espaço tempo adotada para modelar o problema, assim como o modelo matemático formulado para representá-lo.

4.2 Representação da Rede

Uma rede espaço-tempo, como o próprio nome já sugere, é uma representação gráfica de eventos que ocorrem no espaço ao longo do tempo. Cada nó da rede representa um local, no caso um porto, em um dado período de tempo, dentro do horizonte de planejamento escolhido; o tempo é discretizado em períodos, os quais podem ter duração qualquer: um dia, doze horas, uma semana, etc. Os arcos que interligam os nós dessa rede representam os eventos considerados para a rede-espaço tempo, neste caso os eventos que envolvem a movimentação de vazios: transporte marítimo ou terrestre, carregamento e descarregamento do navio, armazenamento no porto e fornecimento de vazios alugados. Em outras palavras, cada arco está associado ao fluxo de vazios, entre seus nós de origem e destino, correspondente a cada um dos eventos englobados pela movimentação.

Para a rede espaço-tempo são definidos os seguintes conjuntos:

- 1) $P = (1, 2, 3, \dots, |P|)$ o conjunto dos portos de interesse ao longo da costa no sentido Norte-Sul, na ordem em que estes aparecem;
- 2) $T = (1, 2, 3, \dots, |T|)$ o conjunto dos períodos ao longo do horizonte de planejamento;
- 3) $K = (1, 2, 3, \dots, |K|)$ o conjunto dos tipos de contêineres vazios considerados, tendo em vista a classificação dos mesmos em termos de seus comprimentos e especificações.

Denota-se $G = (N, A)$ a rede espaço-tempo representada na Figura 4.1, onde N e A indicam os conjuntos de nós e arcos, respectivamente. O eixo vertical, numerado de 1 a 10 no exemplo, está associado aos portos considerados no estudo, para os quais estão sendo representadas suas áreas terrestre (nó laranja) e marítima (nó azul). O eixo horizontal, por sua vez, numerado de 1 a 23, está associado aos períodos de tempo dentro do horizonte de planejamento.

Figura 4.1 – Representação da rede-espço tempo para o problema da movimentação de vazios

Os contêineres vazios do tipo $k \in K$ podem ser transportados através de qualquer modal entre dois portos p_1 e $p_2 \in P$ ($p_1 \neq p_2$) durante um determinado período de tempo t_1 e $t_2 \in T$ com $t_2 > t_1$, contanto que exista o arco de transporte $(i, j) \in A$ ligando os nós da rede correspondentes a p_1 no período t_1 e a p_2 no período t_2 . Além disso, pode existir o fluxo de vazios em um mesmo porto $p \in P$ durante o período de tempo t_1 e $t_2 \in T$ ($t_2 = t_1 + 1$), representando o armazenamento de vazios tanto no porto, para o arco de armazenamento (i,

$j) \in A$ ligando dois nós terrestres, como no navio atracado, para o arco de armazenamento
 $(i, j) \in A$ ligando dois nós marítimos.

Definem-se, ainda, três tipos de subconjuntos de nós:

- 1) *NoTer*: indica o subconjunto dos nós terrestres, $NoTer \subset N$, que representam a área terrestre de cada porto em cada um dos períodos de tempo ao longo do horizonte de planejamento. Existe um nó terrestre para cada porto $p \in P$ em cada período $t \in T$, sendo representado por Ter_p^t . A demanda ou oferta de vazios do tipo $k \in K$ em um porto $p \in P$ no período $t \in T$, é um atributo associado ao nó terrestre, sendo representada por b_i^k , $i \in NoTer$. Este valor será positivo quando o nó terrestre possuir oferta de vazios e negativo quando o mesmo possuir demanda por vazios, ou seja, quando o balanço entre a disponibilidade e a necessidade de contêineres vazios de um dado tipo $k \in K$ no porto representado pelo nó terrestre em um dado período de tempo resultar em oferta ou demanda, respectivamente;

Os nós terrestres podem ter associados a eles os seguintes arcos:

- Arcos de transporte terrestre com origem ou destino no nó terrestre e que representam a partida ou chegada no porto de vazios em um modal terrestre (trem ou caminhão) (Figura 4.2; arco A-B);

Figura 4.2 – Representação dos arcos de transporte associados aos nós terrestres

- Arcos de carregamento e descarregamento de vazios (Figura 4.3; arcos E-F e C-D) com origem ou destino no nó terrestre e ligados, necessariamente, a um nó marítimo;

Figura 4.3 – Representação dos arcos de carregamento e descarregamento associados aos nós terrestres

- Arcos de armazenamento no porto com origem ou destino no nó terrestre (Figura 4.4; arco G-H);

Figura 4.4 – Representação dos arcos de armazenamento associados aos nós terrestres

- Arcos de aluguel de contêineres vazios com destino ao nó terrestre e ligados, necessariamente, um nó fonte de aluguel do porto ao qual pertence o nó terrestre (Figura 4.4; arco I-J).

Figura 4.5 – Representação dos arcos de aluguel associados aos nós terrestres

- 2) *NoMar*: indica o subconjunto de nós marítimos, $NoMar \subset N$, que representam a área marítima de cada porto em cada um dos períodos de tempo ao longo do horizonte de planejamento e estão associados às rotas dos navios que transportam os contêineres vazios, seja em curso de navegação, ou quando os navios estão parados no porto. Da mesma forma que para os nós terrestres, existe um nó marítimo para cada porto $p \in P$ em cada período $t \in T$, sendo representado por Mar_p^t . Os nós marítimos também possuem o atributo b_i^k , $i \in NoMar$, que sempre será igual a zero, já que a oferta ou demanda de contêineres vazios em um dado porto está associada aos seus nós terrestres, conforme explicado anteriormente;

Para os nós marítimos, têm-se associados os seguintes arcos:

- Arcos de transporte marítimo com origem ou destino no nó marítimo e que representam a partida ou chegada no porto de vazios em um navio em curso de navegação (quando ligados entre nós marítimos de dois portos diferentes (Figura 4.6; arco L-M)) ou o armazenamento de vazios dentro do navio atracado no porto (quando ligados entre nós marítimos de um mesmo porto (Figura 4.6; arco M-O));

Figura 4.6 – Representação dos arcos de transporte associados aos nós marítimos

- Arcos de carregamento e descarregamento de vazios com origem ou destino no nó marítimo e ligados, necessariamente, a um nó terrestre (Figura 4.7; arcos R-S e P-Q).

Figura 4.7 – Representação dos arcos de carregamento e descarregamento associados aos nós marítimos

- 3) *NoAlu*: indica o subconjunto de nós fontes de aluguel, $NoAlu \subset N$, que representam a disponibilidade de contêineres vazios de cada tipo que podem ser alugados a partir da fonte existente em cada porto. Para cada porto $p \in P$ existe apenas um nó fonte de aluguel de vazios, o qual é representado por Alu_p . Cada nó fonte de aluguel tem associado a ele um arco de saída de contêineres alugados (arco de aluguel de contêiner vazio) para cada um dos nós terrestres existentes para seu porto $p \in P$, por exemplo: para o porto $p = 3$ existe um nó fonte de aluguel Alu_3 , deste nó saem $|T|$ arcos de aluguel de contêineres, cada um ligado a um nó terrestre associado a um período $t \in T$, em um horizonte de planejamento de $|T|$ períodos, conforme ilustra a Figura 4.8;

Figura 4.8 – Exemplo da representação de um nó fonte e arcos de aluguel na rede espaço-tempo

É importante destacar que o serviço de fornecimento de contêineres alugados pode não ser disponível em alguns dos portos considerados. Neste caso, para estes portos, não são criados os arcos correspondentes ao aluguel de vazios.

4) *NoFic*: indica o subconjunto dos nós fictícios, $NoFic \subset N$, criados para permitir o balanceamento de todos os nós da rede. Estes nós não têm significado prático, pois como o próprio nome já o diz, são fictícios, ou seja, não existem na realidade. Para a rede espaço-tempo, existem três nós fictícios $\in NoFic$:

- Um nó sorvedouro de aluguel, o qual receberá toda a oferta de vazios em excesso proveniente dos nós fonte de aluguel, ou seja, todos os vazios que não precisaram ser alugados durante o horizonte de análise;
- Um nó fonte de estoque, o qual fornece todos os contêineres vazios disponíveis no início do horizonte de planejamento, os quais representam o estoque inicial, para o primeiro nó terrestre de cada porto;
- Um nó sorvedouro de estoque, o qual receberá todos os vazios em estoque no último período do horizonte de planejamento, ou seja, provenientes do último nó terrestre de cada porto.

Esquemáticamente a representação dos nós fictícios (sorvedouro de aluguel, fonte de estoque e sorvedouro de estoque) é a apresentada na Figura 4.9.

Figura 4.9 – Exemplo da representação dos nós fictícios na rede espaço-tempo

Com base no exposto anteriormente o conjunto dos nós $N \subset G = (N, A)$ é dado por: $N = NoTer \cup NoMar \cup NoAlu \cup NoFic$.

Os arcos A da rede espaço-tempo $G = (N, A)$ podem ser classificados em seis subconjuntos:

- 1) *ArcArmaz*: indica o subconjunto dos arcos de armazenamento terrestre, $ArcArmaz \subset A$. Representam o armazenamento de contêineres vazios em um porto $p \in P$ entre qualquer período t e $t + 1$, $t \in T$;
- 2) *ArcTranspMar*: indica o subconjunto dos arcos de transporte marítimo de contêineres vazios, $ArcTranspMar \subset A$. Os arcos *ArcTranspMar* representam o modal marítimo no qual os contêineres vazios podem ser transportados e são pré-estabelecidos para cada problema, ou seja, sabem-se quais são os arcos (i, j) existentes;

Os arcos de transporte de contêineres vazios através do modal marítimo representam as rotas pré-estabelecidas para os navios, as quais são conhecidas previamente à resolução do problema. Na modelagem de fluxo em rede proposta, não há restrição quanto ao número de passagens de um navio em um mesmo porto no horizonte de planejamento analisado, como ocorre nas rotas circulares de cabotagem adotadas por Barco (1998) e Rezende (2003). Ou seja, um navio pode, dentro do horizonte, passar mais de uma vez em um mesmo porto, uma vez que cada passagem é representada por um arco de transporte chegando ou saindo de um determinado nó marítimo que corresponde a um dado porto em um dado período.

- 3) *ArcTranspTer*: indica o subconjunto dos arcos de transporte terrestre de contêineres

vazios, $ArcTranspTer \subset A$. Os arcos $ArcTranspTer$ representam o modal rodoviário ou ferroviário no qual os contêineres vazios podem ser transportados e, assim como os arcos $ArcTranspMar$, são pré-estabelecidos para cada problema;

- 4) $ArcCar$: indica o subconjunto dos arcos de carregamento do navio, $ArcCar \subset A$. Os arcos $ArcCar$ representam o carregamento de contêineres vazios no navio em determinados porto e período e, necessariamente, ligam um nó terrestre a um nó marítimo;
- 5) $ArcDesc$: indica o subconjunto dos arcos de descarregamento do navio, $ArcDesc \subset A$. Os arcos $ArcDesc$ representam o descarregamento de contêineres vazios do navio em determinados porto e período e, necessariamente, ligam um nó marítimo a um nó terrestre;
- 6) $ArcAlu$: indica o subconjunto dos arcos de aluguel de contêineres vazios, $ArcAlu \subset A$. Os arcos $ArcAlu$ representam o fornecimento de contêineres vazios alugados a partir do nó fonte de aluguel Alu_p para um nó terrestre Ter_p^t . O modelo não considera o retorno de contêineres alugados à suas fontes, tratando o aluguel como de longo prazo. Assume-se que o período vigente para o aluguel de contêineres não expira dentro do horizonte de planejamento, desta forma os vazios alugados podem ser reutilizados no sistema quantas vezes forem necessárias e/ou possíveis.

Com base no exposto acima, o conjunto dos arcos $A \subset G = (N, A)$ é dado por $A = ArcArmaz \cup ArcTranspMar \cup ArcTranspTer \cup ArcCar \cup ArcDesc \cup ArcAlu$.

Para cada arco $(i, j) \in A$ definem-se os seguintes atributos:

- Nós de origem $i \in Ter_p^t \cup Mar_p^t \cup Alu_p$, e de destino $j \in Ter_p^t \cup Mar_p^t \cup Sor_p$;
- u_{ij}^k = capacidade do arco, que representa o fluxo máximo admissível de cada tipo $k \in K$ de contêiner no arco $(i, j) \in A$;
- U_{ij} = capacidade global do arco, que representa o fluxo máximo admissível de todos os

tipos de contêineres vazios no arco $(i, j) \in A$;

- l_{ij}^k = limite inferior, que representa o fluxo mínimo de cada tipo $k \in K$ de contêiner que deve ser atribuído ao arco $(i, j) \in A$.

As capacidades e o limite inferior definidos podem ser atribuídos ao fluxo de vazios em qualquer arco $(i, j) \in A$, seja ele de armazenamento no porto, transporte no modal, carregamento, descarregamento ou fornecimento de vazios alugados.

- C_{ij}^k = custo unitário associado ao fluxo de vazios do tipo $k \in K$ no arco $(i, j) \in A$, sendo que este custo pode ser de armazenamento no porto, de transporte no modal, de carregamento, de descarregamento ou de aluguel de vazios, dependendo do tipo de arco que (i, j) representa.

Para cada arco $(i, j) \in A$ definido, pode-se atribuir capacidade infinita, definindo-se valores muito grandes para U_{ij} e u_{ij}^k e limite inferior nulo, quando esta imposição não existir para l_{ij}^k .

Com o objetivo de ilustrar a explicação dada até aqui para a rede espaço-tempo da Figura 4.1 e simplificar o entendimento da mesma, são apresentados a Figura 4.10, que mostra, em detalhes, os nós e arcos dessa rede, e um resumo claro e objetivo sobre o que estes significam.

O arco de transporte marítimo que liga os nós A e D indica uma rota de navio, logo, representa o transporte marítimo de vazios entre o porto 2 no período 4 e o porto 5 no período 8; quando este arco liga dois nós marítimos em um mesmo porto, como é o caso dos nós D, E e F significa que o navio representado por este arco está atracado no porto, neste caso no porto 5 entre os períodos 8 e 10, sendo que os contêineres vazios que ele transporta podem permanecer armazenados no navio, para seguir viagem, ou serem descarregados neste porto, sendo que tal evento é representado pelo arco de descarregamento que liga o nó marítimo D ao nó terrestre H. Analogamente, o carregamento de vazios no navio atracado é indicado pelo arco de carregamento que liga o nó terrestre I ao nó marítimo E.

Figura 4.10 - Detalhe da rede-espaço tempo para o problema da movimentação de vazios

O arco de transporte terrestre que liga os nós C e G representa o transporte terrestre, por trem ou caminhão, de vazios entre o porto 3 no período 2 e o porto 5 no período 4. Os arcos de armazenamento que ligam nós terrestres consecutivos de um mesmo porto como, por exemplo, os nós H e I, estão associados ao estoque de contêineres vazios que ficam

armazenados neste porto durante um período de tempo. Finalmente, o arco de aluguel ligando o nó fonte de aluguel J ao nó terrestre B representa o fornecimento de contêineres vazios alugados os porto 2 no período 3.

4.3 Modelo Matemático

Definem-se as variáveis de decisão x_{ij}^k , indicando o fluxo de vazios do tipo $k \in K$ nos arcos $(i, j) \in A$, ou seja, a quantidade de vazios a ser transportada, alugada, armazenada, carregada ou descarregada, dependendo do tipo de arco que (i, j) representa.

Assim, o modelo matemático pode ser formulado como:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} C_{ij}^k x_{ij}^k \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{(i,j) \in A} x_{ij}^k - \sum_{(j,i) \in A} x_{ji}^k = b_i^k \quad \forall i \in N - NFic, \forall k \in K \quad (2)$$

$$x_{ij}^k \leq u_{ij}^k \quad \forall (i, j) \in A, \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{k \in K} x_{ij}^k \leq U_{ij} \quad \forall (i, j) \in A \quad (4)$$

$$x_{ij}^k \geq l_{ij}^k \quad \forall (i, j) \in A, \forall k \in K \quad (5)$$

$$x_{ij}^k \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall (i, j) \in A, \forall k \in K \quad (6)$$

A função objetivo (1) busca minimizar todos os custos envolvidos no fluxo de vazios nos

arcos $(i, j) \in A$, ou seja, no transporte, no armazenamento, no carregamento, no descarregamento e no aluguel de contêineres vazios.

A restrição (2) representa o balanceamento dos nós, considerando que todos os fluxos nos arcos de saída menos os fluxos nos arcos de entrada destes nós sejam iguais à demanda/oferta de vazios nos mesmos. A restrição (3) impõe que os fluxos de vazios de cada tipo $k \in K$ nos arcos $(i, j) \in A$ não ultrapassem a capacidade máxima admissível por tipo de contêiner, u_{ij}^k , de cada arco $(i, j) \in A$. Da mesma forma, a restrição (4) também é restritiva quanto à capacidade, porém considera a capacidade global, U_{ij} , dos arcos $(i, j) \in A$, ou seja, a somatória de todos os tipos de contêineres. Além disso, a restrição (5) impõe o fluxo mínimo de vazios, por tipo, l_{ij}^k , nos arcos $(i, j) \in A$ que deve ser atendido e a restrição (6) garante que a variável de decisão seja inteira e não negativa.

A restrição que garante a integralidade da variável de decisão, no caso do problema de fluxo em rede abordado neste trabalho, é redundante, e está inserida na formulação matemática apenas para reforçar essa característica do problema. Essa redundância ocorre porque as matrizes das restrições de problemas de fluxo em redes, como o adotado neste trabalho, são designadas por matrizes de incidência nó-arco. Tais matrizes gozam de uma propriedade especial, a unimodularidade total. Uma matriz é totalmente unimodular se toda a sua submatriz quadrada tiver determinante igual a $+1$, 0 ou -1 . É por este motivo que, se as componentes do termo independente forem inteiras, qualquer ponto básico (e em particular uma solução ótima que seja básica) tem componentes também inteiras (Vicente, 2005).

Para o início do horizonte de planejamento são fixados os valores de x_{ij}^k (fluxo de vazios do tipo $k \in K$ no arco de armazenamento no porto), que representam o estoque inicial de vazios em cada porto, ou seja, a quantidade de vazios armazenada no porto no início do horizonte de planejamento. Da mesma forma, para qualquer um desses arcos, a formulação permite fixar uma quantidade desejada de vazios em “estoque”, inclusive no final do horizonte.

Para dar uma idéia da dimensão que o modelo matemático pode assumir, considere-se que um problema real da cabotagem considera dez portos da costa brasileira e um horizonte de planejamento de quatro semanas; uma discretização do tempo em dias resultaria em 28

períodos dentro desse horizonte. Logo, a rede-espaço tempo que representaria esse problema teria 280 nós marítimos, 280 nós terrestres e 10 nós fonte de aluguel, 570 nós no total. Se houver cinco navios que atendam a esses portos e considerando quatro tipos de contêineres vazios na movimentação, o número de variáveis de decisão pode ser superior a cinco mil.

4.4 Incorporação de Incertezas nas Programações dos Navios

Conforme já citado anteriormente, no transporte marítimo de contêineres, geralmente a programação navios é fixa, e os cronogramas de viagem dos navios são disponibilizados aos clientes com alguma antecedência. Podem, no entanto, ocorrer incertezas em relação a esta programação devido a atrasos e/ou adiantamentos nas chegadas e partidas desses navios e que, de certa forma, acabam por influenciar nas decisões relacionadas à movimentação de contêineres vazios. Por exemplo, um navio atrasado em relação à sua programação pode optar por deixar de atracar um porto onde a quantidade de contêineres cheios a serem embarcados e/ou desembarcados seja menor, optando por deixar os contêineres destinados a esse porto em algum porto próximo, para então serem transportados por terra. Nesse caso, tanto o embarque de vazios com origem nesse porto, quanto o desembarque dos contêineres cheios sendo transportados no navio podem ficar prejudicados em termos de prazos, além dos custos serem maiores em virtude do percurso terrestre adicional.

Na modelagem do problema de movimentação de vazios, essas incertezas podem ser consideradas de duas formas, implícita ou explicitamente:

- Implícita: deslocando-se as ofertas e demandas de contêineres vazios no tempo de acordo com um coeficiente de segurança adotado, o qual considera as possíveis alterações nas rotas dos navios. Considerando uma alteração de cronograma de no máximo d dias, o deslocamento no tempo das ofertas e demandas ocorre de formas distintas para os casos de atraso e adiantamento dos navios:
 - Para os casos de atrasos dos navios: uma das premissas da modelagem adotadas neste trabalho considera que os contêineres vazios não podem ser disponibilizados aos clientes após o período em que são requisitados. Nesse caso então, as demandas não mais seriam atribuídas ao período t e sim, por exemplo, ao período $t - 2$, $t \in T$,

garantindo o atendimento dos clientes com uma folga de dois dias em relação a eventuais atrasos no cumprimento da programação dos navios. As ofertas, nesse caso permanecem atribuídas ao mesmo período t , uma vez que os vazios disponíveis podem ficar armazenados no porto até a passagem do navio atrasado, quando esses seriam embarcados;

- Para os casos de adiantamento dos navios: quando há uma disponibilidade de contêineres vazios em um determinado porto no período t e um navio adianta sua passagem neste porto, ele perde a oportunidade de embarcar estes vazios e levá-los para outro porto onde esses são necessários. Por essa razão, no caso de adiantamento dos navios as ofertas de vazios seriam atribuídas ao período $t + 2$, $t \in T$, garantindo o embarque de vazios no navio com uma folga de dois dias. As demandas, por sua vez, permaneceriam atribuídas ao período t , já que os vazios desembarcados do navio adiantado podem ficar armazenados no porto até o período em que são requisitados pelo cliente.
- Explícita: processando o modelo para diferentes cenários de programações dos navios e observando os resultados fornecidos pelo modelo para cada um deles. Esta alternativa para incorporação das incertezas exige que diversas rodadas do modelo (uma para cada alteração de cronograma) sejam realizadas, logo requer um modelo rápido no que diz respeito à obtenção das soluções. Tem o inconveniente de requerer a alteração manual, pelo usuário, das programações dos navios, para cada cenário a ser analisado. Para evitar isso, uma alternativa é incorporar um procedimento automatizado de geração de programações alternativas, com base em distribuições de probabilidades de atrasos dos navios, trecho a trecho, rota a rota, navio a navio, para processamento do modelo de otimização.

Na Seção 5.5 deste trabalho as incertezas em relação às chegadas e partidas dos navios serão incorporadas ao modelo da segunda forma citada, ou seja, explicitamente, uma vez que o modelo apresentado possui grande potencial de fornecer soluções em tempos de processamento reduzidos, já que esta é uma característica comum às formulações de fluxo em rede. Além disso, a forma explícita de considerar as incertezas permite, através da observação dos resultados para as várias alterações de cronograma consideradas, analisar os impactos que estas causam nos fluxos e nos custos finais da movimentação de vazios.

5. ESTRUTURAÇÃO DO MODELO EM AMBIENTE DE PLANILHA

Neste capítulo será apresentada a estruturação do modelo matemático mostrado no capítulo anterior em ambiente de planilha eletrônica, para a resolução do problema da movimentação de vazios abordado neste trabalho. Também serão apresentados alguns dos problemas testes, utilizados para a verificação deste modelo, e a interface criada para utilização do mesmo pelo usuário. Por fim, serão descritas as alterações necessárias ao modelo, através da interface criada, para a incorporação de incertezas em relação às chegadas e partidas dos navios.

Serão considerados, em todas as instâncias apresentadas na aplicação do modelo, problemas fictícios da movimentação de vazios, nos quais os valores adotados para os custos, capacidades, demandas e ofertas foram escolhidos baseados nos publicados pelos trabalhos de Barco (1998) e Rezende (2003).

5.1 Resolução do Problema

Para a resolução do problema da movimentação de contêineres vazios através do modelo proposto, foi utilizado o programa Microsoft® Excel, para conter a base de dados, em interação com o software de otimização What'sBest!® 9.0 em sua versão Professional, cuja capacidade máxima é de 4000 restrições e 8000 variáveis ajustáveis. O What'sBest!® 9.0 é um suplemento da planilha em Excel que possibilita resolver problemas de programação linear e linear inteira de maneira integrada com esta planilha. Apresenta seis categorias de modelos matemáticos, dentre elas a categoria linear, a qual foi escolhida para resolver o modelo proposto neste trabalho, por ser esta a natureza da função objetivo de minimização e das restrições apresentadas.

5.2 Descrição do Ambiente em Planilha

A seguir, será descrita a construção da planilha em Excel, a qual servirá de base de dados para a determinação dos fluxos de vazios que resultam no menor custo total de movimentação de vazios através do software What'sBest!® 9.0. A título de exemplo, será

considerado o problema representado pela rede espaço-tempo da Figura 5.1, para a qual serão apresentados os resultados obtidos.

Trata-se de uma rede que representa um problema genérico e reduzido, com cinco portos e dez períodos de tempo, na qual são considerados apenas dois tipos de contêineres e duas rotas de navios. Mais especificamente a rota nº 1 parte do porto 1 no período 2 com destino ao porto 3 no período 3, seguindo para o porto 4 no período 5 e voltando ao porto 2 no período 8; a rota nº 2 parte do porto 2 no período 1 com direção ao porto 3 no período 2, finalmente chegando ao porto 5 no período 6. Nas duas rotas consideradas os navios chegam e partem dos portos no mesmo período, porém, como explicado anteriormente, os navios podem ficar atracados nos portos por mais de um período, o que geralmente acontece na realidade.

Para que a construção da planilha seja possível, todos os nós terrestres e marítimos da rede precisam estar numerados em ordem crescente, neste caso de 1 a 100 conforme mostrado na Figura 5.1. Os nós fontes de aluguel também são numerados, seguindo a sequência a partir do último nó terrestre da rede.

Figura 5.1 - Rede espaço-tempo de exemplo para construção da planilha em Excel

Em seguida para que os arcos e nós da rede possam ser criados na planilha em Excel, estes

devem ser devidamente identificados de acordo com o que cada um representa conforme detalhado na Seção 4.2, ou seja, devem-se identificar os nós marítimos como aqueles que pertencem à primeira linha de nós de um porto, os nós terrestres como aqueles que pertencem à segunda linha de nós de um porto, os arcos de transporte marítimo como aqueles que ligam dois nós marítimos, os arcos de armazenamento no porto como aqueles que ligam dois nós terrestres consecutivos de um mesmo porto e assim por diante.

A partir dessa identificação pode-se iniciar a construção da planilha em Excel através do preenchimento de todos os atributos associados aos arcos e aos nós e da criação das colunas auxiliares para a integração da planilha com o software de otimização What'sBest!® 9.0.

5.2.1 Dados de Entrada e Estruturação da Planilha

O preenchimento dos dados de entrada na planilha de base de dados está dividido em duas partes: criação e preenchimento das colunas associadas aos atributos dos arcos e criação e preenchimento das colunas associadas aos atributos dos nós.

Conforme descrito no capítulo anterior, sabe-se que os arcos existentes na rede espaço-tempo são os seguintes:

- arcos de armazenamento terrestres (AAT);
- arcos de transporte de contêineres vazios, marítimos (ATM) ou terrestres (ATT);
- arcos de carregamento do navio (AC);
- arcos de descarregamento do navio (AD);
- arcos de aluguel de contêineres vazios (AA).

As siglas AAT, ATM, ATT, AC, AD e AA são atribuídas aos arcos apenas com a finalidade de facilitar o preenchimento da coluna denominada “Tipo de Arco” e, conseqüentemente, a entrada dos demais dados referentes aos arcos na planilha. Sabe-se ainda que, para cada arco

existente na rede são estabelecidos os seguintes atributos:

- Nó de origem (i) e de destino (j);
- Custo unitário do fluxo de vazios no arco (C_{ij}^k).
- Capacidade do arco por tipo de contêiner (u_{ij}^k);
- Capacidade global do arco (U_{ij});
- Limite inferior do arco por tipo de contêiner (l_{ij}^k);

A criação de um arco na planilha de base de dados se dá exclusivamente pelo preenchimento de seus nós de origem (i) e de destino (j) nas colunas denominadas “i” e “j”, respectivamente, ou seja, cada linha preenchida na planilha representa um arco da rede espaço-tempo. Por exemplo:

- A linha nº 1 da planilha da Figura 5.2 corresponde ao arco de transporte marítimo (ATM) que tem origem no porto 1 no período 2 ($i = 2$) e destino no porto 3 no período 3 ($j = 43$);
- As linhas nº 5 e 6 da planilha da Figura 5.2 representam, respectivamente, os arcos de carregamento (AC) e descarregamento (AD) do navio que faz a rota nº 1 e que está atracado no porto 1 no período 2. O arco de carregamento tem origem no nó terrestre do porto 1 no período 2 ($i = 12$) e destino no nó marítimo do mesmo porto no mesmo período ($j = 2$). O arco de descarregamento por sua vez tem os atributos de origem e destino invertido, uma vez que sua origem é no nó marítimo do porto 1 no período 2 ($i = 2$) e seu destino é no nó terrestre do mesmo porto no mesmo período ($j = 12$);
- A linha nº 20 da planilha da Figura 5.2 corresponde ao arco de transporte terrestre que liga o porto 1 no período 1 ($i = 11$) ao porto 2 no período 2 ($j = 32$). Os arcos de transporte terrestre, neste exemplo, ligam sempre dois portos consecutivos na cadeia, considerando que a duração do transporte terrestre seja de um período;

- A linha nº 95 da planilha da Figura 5.2 representa o arco de armazenagem de contêineres vazios no porto 1 entre os períodos 3 ($i = 13$) e 4 ($j = 14$);
- Finalmente, A linha nº 147 da planilha da Figura 5.2 corresponde ao arco de fornecimento de vazios alugados a partir do nó fonte de aluguel que atende o porto 1 ($i = 101$) para este mesmo porto no período 1 ($j = 11$);

Os arcos que representam o estoque inicial em cada porto são aqueles cujo nó de origem (i) atribuído é o nó zero, correspondente ao nó fictício fonte de estoque, e o nó de destino (j) corresponde ao primeiro nó terrestre do porto em questão, por exemplo: $i = 0$ e $j = 11$, para a rede apresentada (linha nº 92 da planilha da Figura 5.2). Analogamente, os arcos que representam o estoque final em cada porto são aqueles cujo nó de origem (i) corresponde ao último nó terrestre do porto em questão e o nó de destino (j) atribuído é zero, correspondente ao nó fictício sorvedouro de estoque por exemplo: $i = 20$ e $j = 0$, para a rede apresentada (linha nº 102 da planilha da Figura 5.2).

Dessa forma, cada linha preenchida na planilha representa um arco existente na rede espaço-tempo, sendo que os atributos Custo unitário do fluxo de vazio, Capacidade por tipo de contêiner e Capacidade global do arco serão preenchidos nessa mesma linha que o representa na planilha de base de dados, conforme ilustram as colunas “Custos Unitários (c)”, “Capacidade do Arco (u)” e “Capacidade Global do Arco (U)” da planilha apresentada na Figura 5.2. No exemplo em questão, o limite inferior dos arcos é considerado inexistente.

As colunas denominadas “Fluxo de Vazios” devem ser classificadas pelo usuário, através do software de otimização, como variáveis ajustáveis, ou seja, as variáveis de decisão do modelo, e deverão ser preenchidas inicialmente com o valor zero. Caso haja um estoque inicial de contêineres vazios em algum porto, basta fixar o fluxo no arco de estoque inicial do porto em questão com o valor desejado, desabilitando a classificação da célula como ajustável. Da mesma forma podem-se fixar valores para qualquer arco existente na rede, caso seja necessário. Por exemplo, caso deseje-se que o estoque de vazios armazenados no porto 4 entre os períodos 5 e 6 seja igual a exatamente 100 unidades, basta fixar em 100 o valor do fluxo de vazios no arco AAT ($i = 75$ e $j = 76$).

As colunas denominadas de “Restrição $\leq$ ” devem ser classificadas pelo usuário como

restrições de menor ou igual ($\leq$).

Os valores das colunas denominadas “Custos de Movimentação de Vazios no Arco” são obtidos através do produto entre o custo unitário de movimentação no arco e o fluxo de vazios, ou seja, a quantidade de vazios movimentada naquele arco. Logo, como exemplo, a fórmula contida na célula H1 que representa o custo de movimentação de vazios do tipo $k = 1$ no arco ATM ($i = 2$ e $j = 43$) é dada por:

$$H1 = D1 * E1$$

$$\text{Custo de movimentação de vazios no arco} = \text{Custo unitário} * \text{Fluxo de vazios}$$

Igualmente, os valores da coluna “Fluxo de Vazios Global” representam a somatória dos fluxos de vazios de todos os tipos de contêineres considerados, ou seja, para o mesmo arco de exemplo ATM ($i = 2$ e $j = 43$), a fórmula contida na célula N1 que representa o fluxo de vazios global é dada por:

$$N1 = E1 + J1$$

$$\text{Fluxo de vazios global} = \text{Fluxo de vazios } (k = 1) + \text{Fluxo de vazios } (k = 2)$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
	Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
1	ATM	2	43	500	0	<=	1000	0	600	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	ATM	43	65	500	0	<=	1000	0	600	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	ATM	65	28	500	0	<=	1000	0	600	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	ATM	21	42	500	0	<=	1000	0	600	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	ATM	42	86	500	0	<=	1000	0	600	0	<=	1500	0	0	<=	1000
5	AC	12	2	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
6	AD	2	12	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AC	53	43	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AD	43	53	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AC	75	65	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AD	65	75	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AC	38	28	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AD	28	38	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AC	31	21	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AD	21	31	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AC	52	42	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AD	42	52	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AC	96	86	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
	AD	86	96	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
20	ATT	11	32	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	12	33	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	13	34	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	14	35	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	15	36	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	16	37	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	17	38	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	18	39	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	19	40	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	31	12	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	31	52	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	32	13	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	32	53	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	33	14	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	33	54	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	34	15	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	34	55	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	35	16	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	35	56	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	36	17	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	36	57	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	37	18	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	37	58	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	38	19	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	38	59	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
	ATT	39	20	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200

Figura 5.2 – Preenchimento dos atributos referentes aos arcos da rede espaço-tempo na planilha em Excel

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
ATT	39	60	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	51	32	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	51	72	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	52	33	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	52	73	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	53	34	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	53	74	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	54	35	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	54	75	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	55	36	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	55	76	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	56	37	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	56	77	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	57	38	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	57	78	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	58	39	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	58	79	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	59	40	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	59	80	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	71	52	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	71	92	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	72	53	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	72	93	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	73	54	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	73	94	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	74	55	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	74	95	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	75	56	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	75	96	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	76	57	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	76	97	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	77	58	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	77	98	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	78	59	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	78	99	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	79	60	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	79	100	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	91	72	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	92	73	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	93	74	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	94	75	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	95	76	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	96	77	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	97	78	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	98	79	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200

Figura 5.2 – Preenchimento dos atributos referentes aos arcos da rede espaço-tempo na planilha em Excel (continuação)

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
ATT	99	80	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
92 AAT	0	11	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	11	12	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	12	13	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
95 AAT	13	14	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	14	15	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	15	16	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	16	17	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	17	18	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	18	19	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	19	20	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
102 AAT	20	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	0	31	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	31	32	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	32	33	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	33	34	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	34	35	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	35	36	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	36	37	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	37	38	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	38	39	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	39	40	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	40	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	0	51	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	51	52	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	52	53	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	53	54	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	54	55	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	55	56	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	56	57	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	57	58	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	58	59	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	59	60	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	60	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	0	71	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	71	72	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	72	73	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	73	74	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	74	75	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	75	76	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	76	77	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	77	78	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	78	79	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	79	80	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	80	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500

Figura 5.2 – Preenchimento dos atributos referentes aos arcos da rede espaço-tempo na planilha em Excel (continuação)

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
AAT	0	91	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	91	92	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	92	93	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	93	94	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	94	95	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	95	96	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	96	97	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	97	98	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	98	99	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	99	100	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	100	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AA	101	11	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	12	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	13	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	14	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	15	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	16	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	17	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	18	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	19	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	20	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	31	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	32	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	33	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	34	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	35	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	36	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	37	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	38	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	39	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	40	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	51	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	52	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	53	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	54	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	55	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	56	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	57	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	58	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	59	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	60	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	71	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	72	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	73	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	74	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200

Figura 5.2 – Preenchimento dos atributos referentes aos arcos da rede espaço-tempo na planilha em Excel (continuação)

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
AA	104	75	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	76	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	77	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	78	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	79	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	80	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	91	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	92	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	93	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	94	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	95	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	96	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	97	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	98	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	99	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	100	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200

Figura 5.2 – Preenchimento dos atributos referentes aos arcos da rede espaço-tempo na planilha em Excel (continuação)

Em seguida, para cada nó (i) da rede espaço-tempo, para cada tipo de contêiner (k), deve-se preencher na planilha de base de dados, as demandas e ofertas (b_i^k) de contêineres vazios. É importante ressaltar que as demandas e ofertas são sempre atribuídas aos nós terrestres, conforme explicado no capítulo anterior, sendo convencionado que os valores de demanda são negativos e os valores de oferta positivos. Logo, aos nós marítimos devem ser atribuídos valores de demandas e ofertas nulos, da mesma forma que o devem ser aos nós terrestres que representam os portos em períodos onde não há demanda ou oferta de vazios. Aos nós marítimos e terrestres, serão atribuídas as siglas NM e NT, respectivamente, apenas para facilitar o preenchimento da coluna denominada “Tipo de Nó” e, conseqüentemente, a entrada dos demais dados referentes aos nós na planilha apresentada na Figura 5.3.

	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
	Nós (i)		Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2				
	Tipo de Nó	Nós (i)	Fluxo total que sai	Fluxo total que entra	balanceamento dos nós	Restrição =	bi	Fluxo total que sai	Fluxo total que entra	balanceamento dos nós	Restrição =	bi
1	NM	1	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	2	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	3	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	4	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	5	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	6	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	7	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	8	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	9	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	10	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
11	NT	11	0	0	0	=	0	0	0	0	Not =	20
	NT	12	0	0	0	Not =	-30	0	0	0	=	0
	NT	13	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	14	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	15	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	16	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	17	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	18	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	19	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	20	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	21	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	22	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	23	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	24	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	25	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	26	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	27	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	28	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	29	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	30	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	31	0	0	0	Not =	-18	0	0	0	=	0
	NT	32	0	0	0	=	0	0	0	0	Not =	-25
	NT	33	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	34	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	35	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	36	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	37	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	38	0	0	0	Not =	-80	0	0	0	=	0
	NT	39	0	0	0	=	0	0	0	0	Not =	-90
	NT	40	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	41	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	42	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	43	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	44	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	45	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	46	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	47	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	48	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	49	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NM	50	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
	NT	51	0	0	0	=	0	0	0	0	Not =	10
	NT	52	0	0	0	Not =	20	0	0	0	=	0
	NT	53	0	0	0	Not =	-30	0	0	0	=	0

Figura 5.3 – Preenchimento dos atributos referentes aos nós da rede espaço-tempo na planilha em Excel

Nós (i)		Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2				
Tipo de Nó	Nós (i)	Fluxo total que sai	Fluxo total que entra	balanceamento dos nós	Restrição =	bi	Fluxo total que sai	Fluxo total que entra	balanceamento dos nós	Restrição =	bi
NT	54	0	0	0	=	0	0	0	0	Not =	-25
NT	55	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	56	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	57	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	58	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	59	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	60	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	61	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	62	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	63	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	64	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	65	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	66	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	67	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	68	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	69	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	70	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	71	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	72	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	73	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	74	0	0	0	=	0	0	0	0	Not =	-10
NT	75	0	0	0	Not =	40	0	0	0	=	0
NT	76	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	77	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	78	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	79	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	80	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	81	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	82	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	83	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	84	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	85	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	86	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	87	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	88	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	89	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	90	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	91	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	92	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	93	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	94	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	95	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	96	0	0	0	Not =	-10	0	0	0	Not =	-10
NT	97	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	98	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	99	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	100	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0

Figura 5.3 – Preenchimento dos atributos referentes aos nós da rede espaço-tempo na planilha em Excel (continuação)

A criação de um nó na planilha de base de dados se dá exclusivamente pelo preenchimento de seu número na coluna “Nós (i)”, de acordo com a numeração na rede espaço-tempo. Por exemplo:

- A linha nº 1 da planilha da Figura 5.3 corresponde ao nó marítimo (NM) que representa o lado marítimo do porto 1 no período 1 ($i = 1$);
- A linha nº 11 da planilha da Figura 5.3 corresponde ao nó terrestre (NT) que representa o lado terrestre do porto 1 no período 1 ($i = 11$);

As colunas denominadas “Fluxo total que sai” e “Fluxo total que entra” representam, respectivamente, a somatória de todos os fluxos de vazios que “saem” e “entram” em cada

nó correspondente, através dos arcos ligados a estes nós. Em outras palavras, a quantidade total de vazios que chegam ou deixam um determinado porto, seja através do transporte em qualquer modal, através de aluguel, ou que já estava estocada neste porto. Logo, como exemplo, as fórmulas contidas nas células S1 e T1 que representam, respectivamente, o fluxo de vazios do tipo $k = 1$ que “saem” e que “entram” no nó NM ($i = 1$) é dada por:

$$S1 = \text{SOMASE}(\$B\$1:\$B\$196;R1;\$E\$1:\$E\$196)$$

$$T1 = \text{SOMASE}(\$C\$1:\$C\$196;R1;\$E\$1:\$E\$196)$$

A coluna “Balanceamento dos nós”, por sua vez, representa o saldo, positivo ou negativo, de contêineres vazios em cada nó, ou seja, o fluxo total de vazios que “sai” deste nó menos o fluxo total de vazios que “entra” no mesmo. Para o mesmo nó de exemplo NM ($i = 1$), a fórmula contida na célula U1 que representa o balanceamento deste nó para os contêineres vazios do tipo $k = 1$ é dada por:

$$U1 = S1 - T1$$

$$\text{Balanceamento do nó} = \text{Fluxo total que “sai”} - \text{Fluxo total que “entra”}$$

O Balanceamento dos nós resulta em valores negativos quando “entram” mais vazios no nó do que “saem”, e positivos caso contrário. Isto porque o resultado do balanceamento do nó deve ser igual à demanda ou oferta deste mesmo nó, respeitando a restrição de equilíbrio já apresentada. Sendo assim, a coluna “Restrição =” deve ser classificada pelo usuário, através do software de otimização, como restrição de igualdade (=).

O último preenchimento da planilha de base de dados consiste na determinação da célula Função Objetivo, a qual representará a somatória de todos os custos de movimentação de vazios nos arcos, e que deverá ser classificada pelo usuário como uma célula objetivo de minimização. Para a rede de exemplo, a fórmula contida na célula Função Objetivo é dada por:

$$\text{SOMA}(H1:H196) + \text{SOMA}(M1:M196)$$

$$\begin{aligned} & \text{Somatório dos custos de movimentação para vazios do tipo } k = 1 \\ & \quad + \\ & \text{Somatório dos custos de movimentação para vazios do tipo } k = 2 \end{aligned}$$

5.2.2 Obtenção e Apresentação dos Resultados

Após a construção e o preenchimento da planilha de base de dados, é possível rodar o software What'sBest!® 9.0, o qual determinará a solução de menor custo para a rede apresentada. Isto é, as quantidades de vazios que deverão ser transportadas em cada arco existente, de forma a atender as demandas nos nós, mantendo o equilíbrio da rede, ao menor custo possível. Para a rede espaço-tempo apresentada, os resultados fornecidos pelo software de otimização são os que seguem nas Figuras 5.4, 5.5 e 5.6.

Para um melhor entendimento dos resultados apresentados, considere-se o fluxo de vazios de 40 unidades linha nº 3 da planilha apresentada na Figura 5.4, a qual representa o arco marítimo ATM que liga o porto 4 no período 5 ($i = 65$) ao porto 2 no período 8 ($j = 28$). O fluxo de vazios neste arco, anteriormente nulo, agora vale 40, ou seja, na solução ótima fornecida pelo modelo há o transporte marítimo de 40 unidades de contêineres vazios embarcados no porto 4 no período 5, representados pelo arco de embarque AC ($i = 75$ e $j = 65$) na linha de nº 10, que serão desembarcados no porto 2 no período 8, representados pelo arco de desembarque AD ($i = 28$ e $j = 38$) na linha de nº 13, para atender parte da demanda de 80 vazios do tipo $k = 1$ neste porto, neste período. A outra parte da demanda, os 40 vazios restantes, será atendida através de contêineres vazios alugados, movimentados pelo arco de aluguel de vazios AA ($i = 102$ e $j = 38$) na linha de nº 164 na planilha da Figura 5.4)

Logo, o balanceamento do nó terrestre do porto 2 no período 8 considerando a quantidade de vazios que “saem” desse nó (0 unidades) menos a quantidade de vazios que “entram” nesse nó (40 unidades por transporte marítimo + 40 unidades alugadas = 80 unidades) é igual a -80 unidades, ou seja, o equilíbrio do nó terrestre está sendo satisfeito, conforme mostra a linha de nº 38 da planilha da Figura 5.5.

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
ATM	2	43	500	0	<=	1000	0	600	15	<=	1500	9000	15	<=	1000
ATM	43	65	500	0	<=	1000	0	600	0	<=	1500	0	0	<=	1000
3 ATM	65	28	500	40	<=	1000	20000	600	0	<=	1500	0	40	<=	1000
ATM	21	42	500	0	<=	1000	0	600	0	<=	1500	0	0	<=	1000
ATM	42	86	500	0	<=	1000	0	600	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AC	12	2	10	0	<=	100	0	20	15	<=	1500	300	15	<=	1000
AD	2	12	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AC	53	43	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AD	43	53	10	0	<=	100	0	20	15	<=	1500	300	15	<=	1000
10 AC	75	65	10	40	<=	100	400	20	0	<=	1500	0	40	<=	1000
AD	65	75	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AC	38	28	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
13 AD	28	38	10	40	<=	100	400	20	0	<=	1500	0	40	<=	1000
AC	31	21	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AD	21	31	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AC	52	42	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AD	42	52	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AC	96	86	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
AD	86	96	10	0	<=	100	0	20	0	<=	1500	0	0	<=	1000
ATT	11	32	1000	0	<=	500	0	900	5	<=	650	4500	5	<=	1200
ATT	12	33	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	13	34	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	14	35	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	15	36	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	16	37	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	17	38	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	18	39	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	19	40	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	31	12	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	31	52	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	32	13	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	32	53	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	33	14	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	33	54	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	34	15	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	34	55	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	35	16	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	35	56	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	36	17	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	36	57	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	37	18	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	37	58	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	38	19	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	38	59	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	39	20	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200

Figura 5.4 – Resultados obtidos para os fluxos de vazios nos arcos da rede espaço-tempo

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
ATT	39	60	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	51	32	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	51	72	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	52	33	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	52	73	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	53	34	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	53	74	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	54	35	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	54	75	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	55	36	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	55	76	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	56	37	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	56	77	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	57	38	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	57	78	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	58	39	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	58	79	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	59	40	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	59	80	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	71	52	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	71	92	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	72	53	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	72	93	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	73	54	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	73	94	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	74	55	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	74	95	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	75	56	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	75	96	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	76	57	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	76	97	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	77	58	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	77	98	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	78	59	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	78	99	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	79	60	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	79	100	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	91	72	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	92	73	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	93	74	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	94	75	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	95	76	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	96	77	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	97	78	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
ATT	98	79	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200

Figura 5.4 – Resultados obtidos para os fluxos de vazios nos arcos da rede espaço-tempo (continuação)

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
ATT	99	80	1000	0	<=	500	0	900	0	<=	650	0	0	<=	1200
AAT	0	11	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	11	12	50	0	<=	800	0	70	15	<=	700	1050	15	<=	1500
AAT	12	13	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	13	14	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	14	15	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	15	16	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	16	17	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	17	18	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	18	19	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	19	20	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	20	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	0	31	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	31	32	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	32	33	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	33	34	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	34	35	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	35	36	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	36	37	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	37	38	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	38	39	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	39	40	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	40	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	0	51	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	51	52	50	0	<=	800	0	70	10	<=	700	700	10	<=	1500
AAT	52	53	50	20	<=	800	1000	70	10	<=	700	700	30	<=	1500
AAT	53	54	50	0	<=	800	0	70	25	<=	700	1750	25	<=	1500
AAT	54	55	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	55	56	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	56	57	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	57	58	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	58	59	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	59	60	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	60	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	0	71	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	71	72	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	72	73	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	73	74	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	74	75	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	75	76	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	76	77	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	77	78	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	78	79	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	79	80	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	80	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500

Figura 5.4 – Resultados obtidos para os fluxos de vazios nos arcos da rede espaço-tempo (continuação)

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
AAT	0	91	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	91	92	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	92	93	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	93	94	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	94	95	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	95	96	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	96	97	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	97	98	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	98	99	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	99	100	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AAT	100	0	50	0	<=	800	0	70	0	<=	700	0	0	<=	1500
AA	101	11	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	12	1500	30	<=	150	45000	2000	0	<=	100	0	30	<=	200
AA	101	13	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	14	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	15	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	16	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	17	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	18	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	19	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	101	20	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	31	1500	18	<=	150	27000	2000	0	<=	100	0	18	<=	200
AA	102	32	1500	0	<=	150	0	2000	20	<=	100	40000	20	<=	200
AA	102	33	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	34	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	35	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	36	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	37	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	102	38	1500	40	<=	150	60000	2000	0	<=	100	0	40	<=	200
AA	102	39	1500	0	<=	150	0	2000	90	<=	100	180000	90	<=	200
AA	102	40	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	51	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	52	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	53	1500	10	<=	150	15000	2000	0	<=	100	0	10	<=	200
AA	103	54	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	55	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	56	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	57	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	58	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	59	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	103	60	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	71	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	72	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	73	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	74	1500	0	<=	150	0	2000	10	<=	100	20000	10	<=	200

Figura 5.4 – Resultados obtidos para os fluxos de vazios nos arcos da rede espaço-tempo (continuação)

Arcos (i,j)			Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2					Tipo de Contêiner k=1,2		
Tipo de Arco	i	j	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Custos unitários (c)	Fluxo de vazios	Restrição <=	Capacidade do arco (u)	Custo de movimentação de vazios no arco	Fluxo de vazios global	Restrição <=	Capacidade Global do Arco (U)
AA	104	75	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	76	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	77	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	78	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	79	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	104	80	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	91	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	92	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	93	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	94	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	95	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	96	1500	10	<=	150	15000	2000	10	<=	100	20000	20	<=	200
AA	105	97	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	98	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	99	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200
AA	105	100	1500	0	<=	150	0	2000	0	<=	100	0	0	<=	200

Figura 5.4 – Resultados obtidos para os fluxos de vazios nos arcos da rede espaço-tempo (continuação)

Nós (i)		Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2				
Tipo de Nó	Nós (i)	Fluxo total que sai	Fluxo total que entra	balanceamento dos nós	Restrição =	bi	Fluxo total que sai	Fluxo total que entra	balanceamento dos nós	Restrição =	bi
NM	1	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	2	0	0	0	=	0	15	15	0	=	0
NM	3	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	4	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	5	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	6	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	7	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	8	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	9	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	10	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	11	0	0	0	=	0	20	0	20	=	20
NT	12	0	30	-30	=	-30	15	15	0	=	0
NT	13	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	14	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	15	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	16	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	17	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	18	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	19	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	20	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	21	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	22	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	23	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	24	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	25	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	26	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	27	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	28	40	40	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	29	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	30	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	31	0	18	-18	=	-18	0	0	0	=	0
NT	32	0	0	0	=	0	0	25	-25	=	-25
NT	33	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	34	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	35	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	36	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	37	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	38	0	80	-80	=	-80	0	0	0	=	0
NT	39	0	0	0	=	0	0	90	-90	=	-90
NT	40	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	41	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	42	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	43	0	0	0	=	0	15	15	0	=	0
NM	44	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	45	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	46	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	47	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	48	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	49	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	50	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	51	0	0	0	=	0	10	0	10	=	10
NT	52	20	0	20	=	20	10	10	0	=	0
NT	53	0	30	-30	=	-30	25	25	0	=	0
NT	54	0	0	0	=	0	0	25	-25	=	-25
NT	55	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	56	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	57	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	58	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	59	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	60	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	61	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	62	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	63	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	64	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	65	40	40	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	66	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	67	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	68	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	69	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	70	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	71	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	72	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	73	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	74	0	0	0	=	0	0	10	-10	=	-10
NT	75	40	0	40	=	40	0	0	0	=	0
NT	76	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	77	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	78	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	79	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	80	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	81	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	82	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	83	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0

Figura 5.5 – Resultados obtidos para o equilíbrio dos nós da rede espaço-tempo

Nós (I)		Tipo de Contêiner k=1					Tipo de Contêiner k=2				
Tipo de Nó	Nós (I)	Fluxo total que sai	Fluxo total que entra	balanceamento dos nós	Restrição =	bi	Fluxo total que sai	Fluxo total que entra	balanceamento dos nós	Restrição =	bi
NM	84	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	85	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	86	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	87	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	88	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	89	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NM	90	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	91	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	92	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	93	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	94	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	95	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	96	0	10	-10	=	-10	0	10	-10	=	-10
NT	97	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	98	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	99	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0
NT	100	0	0	0	=	0	0	0	0	=	0

Figura 5.5 – Resultados obtidos para o equilíbrio dos nós da rede espaço-tempo (continuação)

Figura 5.6 – Resultado obtido para o custo total de movimentação da rede espaço-tempo

Sobrescrevendo os resultados obtidos pelo modelo no desenho da rede espaço-tempo, é possível ter uma visão mais clara dos fluxos de vazios no sistema, conforme ilustram as Figura 5.7 e 5.8. Os valores em negrito representam os dados de entrada, como os estoques iniciais e as demandas/ofertas. Os valores adjacentes aos arcos representam os fluxos de vazios nos mesmos: por transporte marítimo, transporte terrestre, aluguel ou armazenamento no porto.

Figura 5.7 – Representação dos fluxos resultantes de contêineres vazios do tipo k=1

Figura 5.8 – Representação dos fluxos resultantes de contêineres vazios do tipo $k=2$

Para os vazios do tipo $k = 1$, por exemplo, o nó 38, o qual representa o lado terrestre do porto n° 2 no período n° 8, possui uma demanda de 80 contêineres vazios. Este mesmo nó recebe um fluxo de 40 contêineres vazios alugados e de 40 contêineres vazios descarregados do navio atracado, sendo este fluxo representado pelo arco de transporte marítimo entre os nós 65 e 28, e pelo arco de descarregamento entre os nós 28 e 38.

5.3 Problemas para Testes de Verificação do Modelo

Nesta seção serão apresentados alguns dos problemas utilizados nos testes computacionais para a verificação da correta implantação em planilha do modelo proposto neste trabalho.

5.3.1 Problemas Reduzidos

Visando a verificação da correta implantação em ambiente de planilha do modelo proposto, foram testados alguns problemas reduzidos de movimentação de vazios. Por se tratarem de problemas singelos e de fácil cálculo manual, a solução ótima foi obtida tanto manualmente como computacionalmente (através do software de otimização), o que permitiu a comparação dos resultados e confirmou o correto funcionamento do modelo e da sua implementação em planilha.

Inicialmente, foram testados problemas com apenas cinco períodos, três portos e um tipo de contêiner, Figura 5.9, com o intuito de facilitar ao máximo a solução manual.

Figura 5.9 – Exemplo de problema reduzido para teste de verificação (cinco períodos, três portos)

Em seguida foram testados problemas maiores, com dez períodos, cinco portos e até três tipos de contêineres, conforme exemplo da Figura 5.10. Dentre estes problemas inclui-se o utilizado como exemplo na seção anterior.

Além de permitirem a obtenção manual da solução ótima para comparação com a solução computacional e verificação da implantação em planilha do modelo proposto, os problemas reduzidos permitiram também analisar se o modelo respondia adequadamente, no que diz respeito aos fluxos de vazios resultantes, em consequência da alteração de algum dado de entrada. Puderam ser observados, por exemplo, os fluxos marítimos resultantes quando o transporte terrestre era considerado inexistente, ou então quando os custos de aluguel de vazios tornavam-se muito elevados, situações que podem ocorrer em problemas reais do planejamento logístico.

Figura 5.10 – Exemplo de problema reduzido para teste de verificação (dez períodos, cinco portos)

5.3.2 Cenário Extraído de Rezende (2003)

Um dos cenários propostos pelo trabalho de Rezende (2003) também foi utilizado nos testes computacionais durante a fase de verificação da implantação do modelo proposto. Trata-se do cenário denominado “Variação 4”, que corresponde ao mesmo utilizado por Barco (1998), porém com variações nos valores dos custos de transportes marítimos e rodoviários. Os dados de entrada para o cenário utilizado por Barco (1998) foram obtidos junto à empresa HSAC Logística.

Sendo assim, o cenário adotado considera:

- Horizonte de planejamento de trinta dias;
- Dez portos da costa brasileira (Quadro I.1, Anexo I);
- Quatro tipos de contêineres vazios (Quadro I.2, Anexo I);

- Dezesesseis navios com rotas pré-estabelecidas (Figura I.1, Anexo I);
- Estoques iniciais nos portos iguais aos adotados por Barco (1998) (Figura I.2, Anexo I);
- Demandas e ofertas de vazios nos portos iguais às adotadas por Barco (1998) (Figura I.3, Anexo I);
- Custos de armazenamento e aluguel de vazios iguais aos adotados por Barco (1998) (Figuras I.4 e I.5, Anexo I);
- Custos de transporte marítimo e rodoviário de vazios iguais ao triplo dos valores adotados por Barco (1998) (Figuras I.6 e I.7, Anexo I).

A rede espaço-tempo correspondente ao cenário “Variação 4” extraído de Rezende (2003) está apresentada na Figura 5.11.

Para a resolução do modelo, Rezende (2003) utilizou a ferramenta computacional 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 inteiro, é o Cplex 7.0. Os resultados obtidos por Rezende (2003) para o cenário “Variação 4”, apresentados nas Figuras 5.12, 5.13 e 5.14 mostraram uma situação singular na resolução do modelo, pois não há transporte marítimo de vazios, pouco uso do transporte rodoviário e grande quantidade de vazios alugados.

A resolução do cenário “Variação 4” através do modelo proposto por este trabalho, cujos resultados estão apresentados nas Figuras 5.15, 5.16 e 5.17, obteve resultado semelhante, qualitativamente, ao de Rezende (2003), ou seja, o transporte marítimo de vazios não foi utilizado e houve uma grande quantidade de vazios alugados, além de algumas unidades transportados por transporte rodoviário. Além disso, alguns fluxos de vazios resultantes foram os mesmos como, por exemplo, o aluguel de 264 unidades de vazios no porto de Santos no período 14.

Figura 5.11 – Rede-espaço tempo para o cenário “Variação 4” extraído de Rezende (2003)

TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE VAZIOS							
PERÍODO ORIGEM	PERÍODO DESTINO	PORTO ORIGEM	PORTO DESTINO	FLUXO DE CONTÊINERES VAZIOS			
				IN20	DC20	DC40	HK40
14	15	QPB	QFS	0	0	2	4
19	20	ITJ	QFS	0	0	18	23
22	23	ITJ	QFS	39	0	0	0

Figura 5.12 – Resultados obtidos por Rezende (2003) para o cenário “Variação 4” – transporte rodoviário de vazios

ALUGUEL DE VAZIOS					
PERÍODO	PORTO	FLUXO DE CONTÊINERES VAZIOS			
		IN20	DC20	DC40	HK40
5	RIO	0	36	0	0
5	SSZ	0	0	0	1
10	RIO	0	43	0	0
12	RIO	0	13	0	0
13	VIX	0	12	0	0
14	SSZ	264	0	0	0
14	FOT	0	0	3	0
15	QFS	28	0	0	0
18	SSA	0	0	16	0
18	RIO	0	13	0	0
20	SSZ	3	0	0	0
21	SSA	0	0	2	0
22	RIO	0	32	0	0
24	SSZ	12	0	0	0
27	SSZ	160	0	0	0
29	QFS	0	0	0	1
30	FOT	0	1	9	0

Figura 5.13 – Resultados obtidos por Rezende (2003) para o cenário “Variação 4” - aluguel de vazios

CUSTO TOTAL DE MOVIMENTAÇÃO
546149

Figura 5.14 - Resultado obtidos por Rezende (2003) para o cenário “Variação 4” - custo total de movimentação

TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE VAZIOS							
PERÍODO ORIGEM	PERÍODO DESTINO	PORTO ORIGEM	PORTO DESTINO	FLUXO DE CONTÊINERES VAZIOS			
				IN20	DC20	DC40	HK40
12	13	ITJ	QFS	14	0	0	0
24	25	QPB	QFS	0	0	2	0
13	14	ITJ	QFS	0	0	18	0
15	16	QPB	QFS	0	0	0	4
15	16	ITJ	QFS	0	0	0	14
28	29	ITJ	QFS	0	0	0	9

Figura 5.15 – Resultados obtidos para o cenário “Variação 4” - transporte rodoviário de vazios

ALUGUEL DE VAZIOS					
PERÍODO	PORTO	FLUXO DE CONTÊINERES VAZIOS			
		IN20	DC20	DC40	HK40
5	SSZ	3	0	0	0
5	SSZ	12	0	0	0
10	SSZ	160	0	0	0
12	QFS	53	0	0	0
14	FOT	0	1	0	0
14	SSZ	264	0	0	0
15	RIO	0	36	0	0
18	RIO	0	43	0	0
18	RIO	0	13	0	0
20	RIO	0	13	0	0
21	RIO	0	32	0	0
22	FOT	0	0	3	0
24	FOT	0	0	9	0
27	SSA	0	0	16	0
29	SSA	0	0	2	0
30	SSZ	0	0	0	1
30	QFS	0	0	0	1

Figura 5.16 - Resultados obtidos para o cenário “Variação 4” - aluguel de vazios

CUSTO TOTAL DE MOVIMENTAÇÃO
541774

Figura 5.17 - Resultado obtido para o cenário “Variação 4” - custo total de movimentação

O resultado obtido para o custo total da movimentação foi aproximadamente 0,8% menor em comparação com o resultado fornecido pelo modelo de Rezende (2003), tal diferença pode ter ocorrido devido a um critério de parada menos rigoroso no algoritmo utilizado pela autora em termos da proximidade relativa aceitável entre a solução inteira do problema e os limitantes inferiores fornecidos pela relaxação linear para os nós ativos na árvore do “*branch and bound*” do Cplex. Tal constatação sugere que o modelo de fluxo em rede proposto por este trabalho representa de forma mais adequada o problema da movimentação de contêineres vazios abordado e, em conjunto com o software de otimização What’sBest!® 9.0 é confiável em relação ao fornecimento de soluções de menores custos.

Além disso, o modelo proposto mostrou-se bastante flexível em relação à modelagem de restrições de diferentes tipos, por exemplo, a inclusão de estoques iniciais e da passagem dos navios pelo mesmo porto, por mais de uma vez, dentro do horizonte de planejamento.

5.4 Interface para o Usuário

A implementação em planilha eletrônica do modelo proposto, apresentada na seção 5.2 deste capítulo, exige um esforço por parte do usuário uma vez que o mesmo precisa identificar todos os arcos e nós da rede-espaco tempo que representaria o problema a ser modelado, criar manualmente, na planilha, todos estes arcos e nós, preencher todos os atributos e as fórmulas de cálculo de custos, fluxos e balanceamento referentes a eles e, ainda, classificar as colunas da planilha, através do software de otimização What'sBest!® 9.0, de acordo com as variáveis de decisão e restrições do modelo. Para um problema real da cabotagem que considera dez portos da costa brasileira e um horizonte de planejamento de quatro semanas, o número de variáveis de decisão pode ser superior a cinco mil, ou seja, o usuário teria cerca de cinco mil linhas a serem preenchidas na planilha de implementação do modelo.

Com o objetivo de facilitar a entrada de dados e a compreensão dos resultados finais para o usuário do modelo, foi desenvolvida uma interface para o programa Microsoft® Excel utilizando programação em linguagem VBA (*“Visual Basic Applications”*). Esta interface e os conjuntos de dados de entrada para alimentar o modelo através do preenchimento da planilha, pelo usuário, serão apresentados nesta seção.

O preenchimento dos dados de entrada que alimentam o modelo na interface criada está dividido em várias planilhas, cada uma representando um conjunto de dados referente ao problema da movimentação de contêineres vazios. Ao usuário, basta preencher os dados de entrada de cada planilha e clicar no botão “Continuar” para que a planilha seguinte seja aberta e assim por diante até a planilha final que apresenta os resultados da movimentação. Serão apresentadas, nas figuras a seguir, as planilhas sem os dados preenchidos, ou seja, como apareceriam ao usuário e, em seguida, as planilhas preenchidas com os dados de entrada.

O problema que servirá de exemplo para explicar a utilização da interface pelo usuário considera um horizonte de planejamento com períodos divididos em dias. A interface, no entanto, assim como o modelo, pode ser adaptada para períodos diferentes, como por exemplo, doze horas.

- Conjunto 1 – Dados Primários (Figura 5.18).

Figura 5.18 - Interface para o usuário – planilha dos dados de entrada primários

Nesta primeira planilha são preenchidos os dados primários referentes ao problema da movimentação de contêineres vazios estudado (Figura 5.19): número de portos e de períodos em que o horizonte de planejamento é dividido, datas de início e de término do horizonte de planejamento e os nomes dos portos, dos tipos de contêineres e dos navios considerados.

Figura 5.19 - Interface para o usuário – planilha dos dados de entrada primários preenchida

É importante que as nomenclaturas adotadas para o preenchimento dos dados desta primeira planilha sejam mantidas, exatamente iguais, quando estes mesmos dados forem inseridos nas planilhas que seguem.

- Conjunto 2 – Dados do Transporte Marítimo (Figura 5.20).

Neste momento são preenchidos os dados referentes às rotas de navegação dos navios que podem transportar contêineres vazios (Figura 5.21). Para cada navio, em cada trecho de sua rota, são preenchidos seu nome, data e porto de embarque dos vazios, data e porto de descarga dos vazios e, para cada tipo de contêiner, o custo unitário do transporte marítimo,

assim como a capacidade do navio. Finalmente, a capacidade global do navio, ou seja, a quantidade total de todos os tipos de contêineres que podem ser transportados. Um trecho da rota corresponde ao percurso do navio entre duas paradas consecutivas, ou seja, no modelo proposto corresponde a um arco de transporte marítimo.

° Conjunto 3 – Dados do Carregamento e Descarregamento dos Navios (Figura 5.22).

O terceiro conjunto de dados de entrada consiste nos dados referentes às operações de carregamento e descarregamento de contêineres vazios dos navios (Figura 5.23). Para cada navio atracado no porto, em determinada data, são preenchidos, para cada tipo de contêiner, os valores dos custos unitários e das capacidades de carregamento e descarregamento. Além disso, a capacidade global de carregamento e descarregamento dos navios também deve ser preenchida. A capacidade de carregamento e descarregamento de contêineres vazios considera a produtividade dos equipamentos que realizam estas operações e que estão disponíveis em cada porto, logo, a capacidade por tipo de contêiner em um dado porto será igual para todos os tipos, e a capacidade global será igual a este mesmo valor.

Transporte Marítimo de Contêineres Vazios													
Continuar					RF20		DC20		DC40		RH40		Capacidade
Navio	Data de Embarque	Porto de Embarque	Data de Descarga	Porto de Descarga	Custo Unitario	Capacidade (unidades)	Custo Unitario	Capacidade (unidades)	Custo Unitario	Capacidade (unidades)	Custo Unitario	Capacidade (unidades)	Global (unidades)
Heico	10/9/2009	FOT	11/9/2009	SUA	50	100	20	200	50	100	20	200	500
Heico	12/9/2009	SUA	15/9/2009	VIX	50	100	20	200	50	100	20	200	500
Heico	16/9/2009	VIX	18/9/2009	SSA	50	220	20	150	50	220	20	150	500
Albra	11/9/2009	SUA	13/9/2009	RIO	60	220	52	150	60	220	52	150	200
Albra	16/9/2009	RIO	17/9/2009	VIX	60	520	52	150	60	520	52	150	200
Aleur	12/9/2009	FOT	14/9/2009	VIX	60	360	36	230	60	360	36	230	200
Cafin	13/9/2009	VIX	14/9/2009	RIO	30	520	36	230	30	520	36	230	500
Cafin	15/9/2009	RIO	17/9/2009	SSA	30	200	65	600	30	200	65	600	300
Cafin	18/9/2009	SSA	19/9/2009	SUA	30	200	65	500	30	200	65	500	300
Cafin	19/9/2009	SUA	20/9/2009	FOT	30	200	20	500	30	200	20	500	600
Sanmi	15/9/2009	VIX	16/9/2009	RIO	20	600	20	120	20	600	20	120	600

Figura 5.21 - Interface para o usuário – planilha dos dados de transporte marítimo preenchida

Custos e Capacidades de Carregamento e Descarregamento de Contêineres Vazios																				
Continuar			RF20				DC20				DC40				RH40				Capacidade Global (unidades)	
Navio	Data	Porto	Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento	Descarregamento
			Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)		
HEICO	10/9/2009	FOT																		
HEICO	12/9/2009	SUA																		
HEICO	16/9/2009	VIX																		
HEICO	18/9/2009	SSA																		
ALBRA	11/9/2009	SUA																		
ALBRA	16/9/2009	RIO																		
ALBRA	17/9/2009	VIX																		
ALEUR	12/9/2009	FOT																		
ALEUR	14/9/2009	VIX																		
CAFIN	13/9/2009	VIX																		
CAFIN	15/9/2009	RIO																		
CAFIN	18/9/2009	SSA																		
CAFIN	19/9/2009	SUA																		
CAFIN	20/9/2009	FOT																		
SANMI	15/9/2009	VIX																		
SANMI	16/9/2009	RIO																		

Figura 5.22 - Interface para o usuário – planilha dos dados de carregamento e descarregamento dos navios

Custos e Capacidades de Carregamento e Descarregamento de Contêineres Vazios																				
Continuar			RF20				DC20				DC40				RH40				Capacidade Global (unidades)	
Navio	Data	Porto	Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento	Descarregamento
			Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)		
HEICO	10/9/2009	FOT	50	100	20	100	50	100	20	100	50	100	20	100	50	100	20	100	100	100
HEICO	12/9/2009	SUA	50	100	20	100	50	100	20	100	50	100	20	100	50	100	20	100	100	100
HEICO	16/9/2009	VIX	50	220	20	220	50	220	20	220	50	220	20	220	50	220	20	220	220	220
HEICO	18/9/2009	SSA	60	220	52	220	60	220	52	220	60	220	52	220	60	220	52	220	220	220
ALBRA	11/9/2009	SUA	60	100	52	100	60	100	52	100	60	100	52	100	60	100	52	100	100	100
ALBRA	16/9/2009	RIO	60	360	36	360	60	360	36	360	60	360	36	360	60	360	36	360	360	360
ALBRA	17/9/2009	VIX	30	220	36	220	30	220	36	220	30	220	36	220	30	220	36	220	220	220
ALEUR	12/9/2009	FOT	30	100	65	100	30	100	65	100	30	100	65	100	30	100	65	100	100	100
ALEUR	14/9/2009	VIX	30	220	65	220	30	220	65	220	30	220	65	220	30	220	65	220	220	220
CAFIN	13/9/2009	VIX	30	220	20	220	30	220	20	220	30	220	20	220	30	220	20	220	220	220
CAFIN	15/9/2009	RIO	20	360	20	360	20	360	20	360	20	360	20	360	20	360	20	360	360	360
CAFIN	18/9/2009	SSA	50	220	20	220	50	220	20	220	50	220	20	220	50	220	20	220	220	220
CAFIN	19/9/2009	SUA	50	100	20	100	50	100	20	100	50	100	20	100	50	100	20	100	100	100
CAFIN	20/9/2009	FOT	50	100	20	100	50	100	20	100	50	100	20	100	50	100	20	100	100	100
SANMI	15/9/2009	VIX	60	220	52	220	60	220	52	220	60	220	52	220	60	220	52	220	220	220
SANMI	16/9/2009	RIO	60	360	52	360	60	360	52	360	60	360	52	360	60	360	52	360	360	360

Figura 5.23 - Interface para o usuário – planilha dos dados de carregamento e descarregamento dos navios preenchida

- Conjunto 4 – Dados do Transporte Terrestre (Figura 5.24).

Transporte Terrestre de Contêineres Vazios										
Continuar		RF20		DC20		DC40		RH40		Capacidade Global
Porto de Origem	Porto de Destino	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	(unidades)
FOT	SUA									
SUA	FOT									
SUA	SSA									
SSA	SUA									
SSA	VIX									
VIX	SSA									
VIX	RIO									
RIO	VIX									

Figura 5.24 - Interface para o usuário – planilha dos dados de transporte terrestre

Nesta planilha devem ser preenchidos, para cada tipo de contêiner, os valores dos custos unitários do transporte terrestre de vazios entre os portos considerados no problema, assim como a capacidade de transporte do modal. Da mesma forma, a capacidade global de transporte também deve ser preenchida, isto é, quantos contêineres vazios no total, independente do tipo, podem ser transportados pelo modal terrestre (Figura 5.25).

Transporte Terrestre de Contêineres Vazios										
Continuar		RF20		DC20		DC40		RH40		Capacidade Global
Porto de Origem	Porto de Destino	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	(unidades)
FOT	SUA	50	100	20	200	50	100	20	200	200
SUA	FOT	50	100	20	200	50	100	20	200	300
SUA	SSA	50	220	20	150	50	220	20	150	400
SSA	SUA	60	220	52	150	60	220	52	150	500
SSA	VIX	60	520	52	150	60	520	52	150	600
VIX	SSA	60	360	36	230	60	360	36	230	700
VIX	RIO	30	520	36	230	30	520	36	230	800
RIO	VIX	30	200	65	600	30	200	65	600	900

Figura 5.25 - Interface para o usuário – planilha dos dados de transporte terrestre preenchida

A utilização do transporte terrestre é uma opção para o transporte de contêineres vazios. Nesse exemplo utilizado para explicar o preenchimento das planilhas da interface considera-se que esta opção de transporte esteja disponível em todos os cinco portos da rede, o que pode não acontecer na prática. No caso do transporte terrestre estar disponível apenas para alguns portos da rede, basta preencher na planilha os dados referentes a estes portos e deixar os demais em branco.

◦ Conjunto 5 – Dados do Armazenamento nos Portos.

O preenchimento dos dados de armazenamento de vazios nos portos está dividido em duas partes. A primeira parte consiste no fornecimento dos custos unitários de armazenamento de vazios por período e por tipo de contêiner (Figuras 5.26 e 5.27). Considera-se que o custo de armazenamento em um dado porto não varia ao longo do tempo, ou seja, é o mesmo em todos os períodos dentro do horizonte de planejamento.

Custo Unitário de Armazenagem de Contêineres Vazios no Porto (por período)				
Continuar				
Porto	RF20 Custo Unitário	DC20 Custo Unitário	DC40 Custo Unitário	RH40 Custo Unitário
FOT				
SUA				
SSA				
VIX				
RIO				

Figura 5.26 - Interface para o usuário – planilha dos dados de custos de armazenamento no porto

Custo Unitário de Armazenagem de Contêineres Vazios no Porto (por período)				
Continuar				
Porto	RF20 Custo Unitário	DC20 Custo Unitário	DC40 Custo Unitário	RH40 Custo Unitário
FOT	20	60	20	60
SUA	30	52	30	52
SSA	50	50	50	50
VIX	52	30	52	30
RIO	60	20	60	20

Figura 5.27 - Interface para o usuário – planilha dos dados de custos de armazenamento no porto preenchida

A segunda parte do preenchimento refere-se à capacidade de armazenamento de contêineres vazios nos portos, por período, tanto para cada tipo de contêiner como global. Neste caso considera-se que a capacidade não é a mesma em todos os períodos do horizonte de planejamento, logo é necessário o preenchimento dos valores individualmente para todos os períodos considerados (Figuras 5.28 e 5.29). Por exemplo, a data 10/09/2009 representa o período de armazenamento de 10/09/2009 a 11/09/2009, uma vez que este exemplo considera períodos de um dia.

Capacidades de Armazenagem de Contêineres Vazios no Porto						
Continuar						
Porto	Data	RF20 Capacidade (unidades)	DC20 Capacidade (unidades)	DC40 Capacidade (unidades)	RH40 Capacidade (unidades)	Capacidade Global (unidades)
FOT	10/9/2009					
	11/9/2009					
	12/9/2009					
	13/9/2009					
	14/9/2009					
	15/9/2009					
	16/9/2009					
	17/9/2009					
	18/9/2009					
	19/9/2009					
SUA	20/9/2009					
	10/9/2009					
	11/9/2009					
	12/9/2009					
	13/9/2009					
	14/9/2009					
	15/9/2009					
	16/9/2009					
	17/9/2009					
	18/9/2009					
SSA	19/9/2009					
	20/9/2009					
	10/9/2009					
	11/9/2009					
	12/9/2009					
	13/9/2009					
	14/9/2009					
	15/9/2009					
	16/9/2009					
	17/9/2009					
VIX	18/9/2009					
	19/9/2009					
	20/9/2009					
	10/9/2009					
	11/9/2009					
	12/9/2009					
	13/9/2009					
	14/9/2009					
	15/9/2009					
	16/9/2009					
RIO	17/9/2009					
	18/9/2009					
	19/9/2009					
	20/9/2009					
	10/9/2009					
	11/9/2009					
	12/9/2009					
	13/9/2009					
	14/9/2009					
	15/9/2009					
16/9/2009						
17/9/2009						
18/9/2009						
19/9/2009						
20/9/2009						

Figura 5.28 - Interface para o usuário – planilha dos dados de capacidade de armazenamento no porto

Capacidades de Armazenagem de Contêineres Vazios no Porto						
Continuar						
Porto	Data	RF20 Capacidade (unidades)	DC20 Capacidade (unidades)	DC40 Capacidade (unidades)	RH40 Capacidade (unidades)	Capacidade Global (unidades)
FOT	10/9/2009	20	20	20	20	100
	11/9/2009	30	30	30	30	200
	12/9/2009	50	50	50	50	300
	13/9/2009	52	52	52	52	100
	14/9/2009	60	60	60	60	200
	15/9/2009	60	60	60	60	300
	16/9/2009	52	52	52	52	100
	17/9/2009	50	50	50	50	200
	18/9/2009	30	30	30	30	300
	19/9/2009	20	20	20	20	100
	20/9/2009	20	20	20	20	200
SUA	10/9/2009	30	30	30	30	300
	11/9/2009	50	50	50	50	100
	12/9/2009	52	52	52	52	200
	13/9/2009	60	60	60	60	300
	14/9/2009	60	60	60	60	100
	15/9/2009	52	52	52	52	200
	16/9/2009	50	50	50	50	300
	17/9/2009	30	30	30	30	100
	18/9/2009	20	20	20	20	200
	19/9/2009	20	20	20	20	300
SSA	20/9/2009	30	30	30	30	100
	10/9/2009	50	50	50	50	200
	11/9/2009	52	52	52	52	300
	12/9/2009	60	60	60	60	100
	13/9/2009	60	60	60	60	200
	14/9/2009	52	52	52	52	300
	15/9/2009	50	50	50	50	100
	16/9/2009	30	30	30	30	200
	17/9/2009	20	20	20	20	300
	18/9/2009	20	20	20	20	100
VIX	19/9/2009	30	30	30	30	200
	20/9/2009	50	50	50	50	300
	10/9/2009	52	52	52	52	100
	11/9/2009	60	60	60	60	200
	12/9/2009	60	60	60	60	300
	13/9/2009	52	52	52	52	100
	14/9/2009	50	50	50	50	200
	15/9/2009	30	30	30	30	300
	16/9/2009	20	20	20	20	100
	17/9/2009	20	20	20	20	200
RIO	18/9/2009	30	30	30	30	300
	19/9/2009	50	50	50	50	100
	20/9/2009	52	52	52	52	200
	10/9/2009	60	60	60	60	300
	11/9/2009	60	60	60	60	100
	12/9/2009	52	52	52	52	200
	13/9/2009	50	50	50	50	300
	14/9/2009	30	30	30	30	100
	15/9/2009	20	20	20	20	200
	16/9/2009	20	20	20	20	300
	17/9/2009	30	30	30	30	100
	18/9/2009	50	50	50	50	200
	19/9/2009	52	52	52	52	300
	20/9/2009	60	60	60	60	100

Figura 5.29 - Interface para o usuário – planilha dos dados de capacidade de armazenamento no porto preenchida

- Conjunto 6 – Dados de Estoques Iniciais (Figura 5.30).

Estoques Iniciais de Vazios no Porto				
Continuar				
Porto	RF20	DC20	DC40	RH40
FOT				
SUA				
SSA				
VIX				
RIO				

Figura 5.30 - Interface para o usuário – planilha dos dados de estoques iniciais

Neste momento, devem ser preenchidos os estoques iniciais de cada tipo de contêiner, os quais representam a quantidade de vazios armazenadas em cada porto no início do horizonte de planejamento (Figura 5.31).

Estoques Iniciais de Vazios no Porto				
Continuar				
Porto	RF20	DC20	DC40	RH40
FOT	20	0	10	0
SUA	30	0	20	0
SSA	0	0	20	10
VIX	0	0	0	10
RIO	10	0	0	10

Figura 5.31 - Interface para o usuário – planilha dos dados de estoques iniciais preenchida

- Conjunto 7 – Dados de Aluguel (Figura 5.32).

Custos Unitários de Aluguel de Contêineres Vazios				
Continuar				
Porto	RF20	DC20	DC40	RH40
	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário
FOT				
SUA				
SSA				
VIX				
RIO				

Figura 5.32 - Interface para o usuário – planilha dos dados de aluguel

O conjunto 7 dos dados de entrada consiste nos valores de custos para o aluguel de cada tipo de contêiner (Figura 5.33). Estes custos não variam de um período para outro dentro do horizonte de planejamento, além disso, como já mencionado, a capacidade de fornecimento de vazios através de aluguel é considerada infinita.

Custos Unitários de Aluguel de Contêineres Vazios				
Continuar				
Porto	RF20 Custo Unitário	DC20 Custo Unitário	DC40 Custo Unitário	RH40 Custo Unitário
FOT	50	10	50	10
SUA	30	30	30	30
SSA	50	20	50	20
VIX	20	50	20	50
RIO	10	10	10	10
Capacidades de Aluguel de Contêineres Vazios = INFINITA!				

Figura 5.33 - Interface para o usuário – planilha dos dados de aluguel preenchida

- Conjunto 8 – Dados de Demanda e Oferta (Figura 5.34).

Demandas e Ofertas de Contêineres Vazios nos Portos					
Continuar					
Porto	Data	RF20	DC20	DC40	RH40
		Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)

Figura 5.34 - Interface para o usuário – planilha dos dados de demanda e oferta

Nesta última planilha o usuário deve preencher os valores de demandas (necessidades) e ofertas (disponibilidades) de contêineres vazios (Figura 5.35). Para isso deve fornecer o porto e a data em que há oferta ou demanda de determinado tipo de vazio. Como indicado no cabeçalho da planilha, valores de oferta devem ser positivos e valores de demanda, negativos. Geralmente os dados de demanda e oferta em determinado porto são obtidos a partir dos clientes que este porto atende, os quais informam a quantidade e o tipo de contêineres vazios que necessitarão ou disponibilizarão em determinada data.

Demandas e Ofertas de Contêineres Vazios nos Portos					
Continuar					
Porto	Data	RF20	DC20	DC40	RH40
		Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)
FOT	10/9/2009	20	-20	40	-30
FOT	15/9/2009	10	-10	25	10
SUA	11/9/2009	80	-40	-50	10
SUA	16/9/2009	40	-90	-60	50

Figura 5.35 - Interface para o usuário – planilha dos dados de demanda e oferta preenchida

Ao clicar no botão “Continuar”, o usuário permite que a rotina desenvolvida em linguagem VBA inicie o processo de obtenção da solução ótima para o problema da movimentação de contêineres vazios considerado. O programa desenvolvido cria, a partir dos dados fornecidos, uma planilha oculta com a mesma estrutura da planilha apresentada na seção 5.2.1, a qual permite o processamento do suplemento de otimização What’sBest!® 9.0 e a obtenção da solução ótima. Uma planilha contendo os fluxos resultantes e o custo total da movimentação de vazios é então apresentada ao usuário (Figura 5.36).

Resultados							
Nova rodada							
Tipo de Contêiner	Movimentação	Data de Origem	Porto de Origem	Data de Destino	Porto de Destino	Quantidade	
1	RF20	Heico	12/09/2009	SUA	15/09/2009	VIX	30
2	RF20	Heico	15/09/2009	VIX	16/09/2009	RIO	30
3	RF20	Carregamento HEICO	12/09/2009	SUA			30
4	RF20	Descarregamento HEICO	16/09/2009	RIO			30
	DC20	Aluguel		10/09/2009	FOT	20	
	DC20	Aluguel		15/09/2009	FOT	10	
7	DC20	Aluguel		11/09/2009	SUA	40	
	DC20	Aluguel		16/09/2009	SUA	90	
9	DC40	Terrestre	10/09/2009	FOT	11/09/2009	SUA	30
	DC40	Terrestre	15/09/2009	FOT	16/09/2009	SUA	40
	DC40	Terrestre	10/09/2009	SSA	11/09/2009	SUA	20
12	DC40	Armazenagem	10/09/2009	FOT			20
	DC40	Armazenagem	11/09/2009	FOT			20
	DC40	Armazenagem	12/09/2009	FOT			20
	DC40	Armazenagem	13/09/2009	FOT			20
	DC40	Armazenagem	14/09/2009	FOT			20
	DC40	Armazenagem	15/09/2009	FOT			5
	DC40	Armazenagem	16/09/2009	FOT			5
	DC40	Armazenagem	17/09/2009	FOT			5
	DC40	Armazenagem	18/09/2009	FOT			5
	DC40	Armazenagem	19/09/2009	FOT			5
	DC40	Armazenagem	20/09/2009	FOT			5
	DC40	Armazenagem	10/09/2009	SUA			20
	DC40	Armazenagem	11/09/2009	SUA			20
	DC40	Armazenagem	12/09/2009	SUA			20
	DC40	Armazenagem	13/09/2009	SUA			20
	DC40	Armazenagem	14/09/2009	SUA			20
	DC40	Armazenagem	15/09/2009	SUA			20
29	DC40	Estoque Inicial		FOT			10
	DC40	Estoque Inicial		SUA			20
	DC40	Estoque Inicial		SSA			20
	RH40	Terrestre	12/09/2009	FOT	13/09/2009	SUA	20
	RH40	Terrestre	14/09/2009	FOT	15/09/2009	SUA	20
	RH40	Terrestre	15/09/2009	FOT	16/09/2009	SUA	10
	RH40	Terrestre	16/09/2009	FOT	17/09/2009	SUA	20
	RH40	Terrestre	17/09/2009	FOT	18/09/2009	SUA	60
	RH40	Terrestre	18/09/2009	FOT	19/09/2009	SUA	20
	RH40	Terrestre	19/09/2009	FOT	20/09/2009	SUA	30

Custo Total da Movimentação	99704
-----------------------------	-------

Figura 5.36 - Interface para o usuário – planilha de resultados

Resultados							
Nova rodada							
Tipo de Contêiner	Movimentação	Data de Origem	Porto de Origem	Data de Destino	Porto de Destino	Quantidade	Custo Total da Movimentação
RH40	Terrestre	11/09/2009	SUA	12/09/2009	FOT	20	99704
RH40	Terrestre	13/09/2009	SUA	14/09/2009	FOT	20	
RH40	Terrestre	15/09/2009	SUA	16/09/2009	FOT	20	
RH40	Terrestre	16/09/2009	SUA	17/09/2009	FOT	60	
RH40	Terrestre	17/09/2009	SUA	18/09/2009	FOT	20	
RH40	Terrestre	18/09/2009	SUA	19/09/2009	FOT	30	
RH40	Terrestre	18/09/2009	SUA	19/09/2009	SSA	30	
RH40	Terrestre	19/09/2009	SUA	20/09/2009	SSA	20	
RH40	Terrestre	10/09/2009	SSA	11/09/2009	SUA	10	
RH40	Terrestre	19/09/2009	SSA	20/09/2009	VIX	30	
RH40	Terrestre	10/09/2009	VIX	11/09/2009	RIO	10	
RH40	Armazenagem	20/09/2009	SUA			30	
RH40	Armazenagem	20/09/2009	SSA			20	
RH40	Armazenagem	20/09/2009	VIX			30	
RH40	Armazenagem	10/09/2009	RIO			10	
RH40	Armazenagem	11/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	12/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	13/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	14/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	15/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	16/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	17/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	18/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	19/09/2009	RIO			20	
RH40	Armazenagem	20/09/2009	RIO			20	
RH40	Aluguel			10/09/2009	FOT	30	
RH40	Estoque Inicial		SSA			10	
RH40	Estoque Inicial		VIX			10	
RH40	Estoque Inicial		RIO			10	

Figura 5.36 - Interface para o usuário – planilha de resultados (continuação)

A planilha de resultados fornece ao usuário todos os fluxos de contêineres vazios que fazem parte da solução ótima fornecida pelo modelo, assim como o custo total da movimentação desses contêineres. Por exemplo: as linhas de 1 e 2 da planilha de resultados indicam a movimentação de 30 unidades de vazios do tipo RF20 por transporte marítimo no navio HEICO a partir do porto de Suape (SUA) na data 12/09/2009 com destino ao porto do Rio de Janeiro (RIO) na data 16/09/2009. O carregamento no porto de origem e o descarregamento no porto de destino dessas unidades no navio HEICO estão representados na planilha de resultados nas linhas nº 3 e 4, respectivamente. Da mesma forma, a linha nº 7 representa o fornecimento de 40 unidades de contêineres vazios alugados ao porto de Suape (SUA) na data 11/09/2009, enquanto a linha nº 9 indica o transporte terrestre de 30 unidades de contêineres vazios entre os portos de Fortaleza (FOT) e Suape (SUA) entre as datas 10/09/2009 e 11/09/2009. A linha nº 12 da planilha de resultados mostra o armazenamento de 20 unidades de contêineres vazios no porto de Fortaleza (FOT) entre as datas 10/09/2009 e 11/09/2009; neste caso apenas a data de origem é fornecida na planilha, pois sabe-se que o período de armazenamento é de um dia. Finalmente, linha nº 29 representa o estoque inicial de 10 unidades de contêineres vazios no porto de Fortaleza (FOT), sendo que este é um dado de entrada fornecido pelo usuário da interface durante o preenchimento da planilha de estoque inicial.

5.5 Interface para o Usuário Considerando Incertezas nas Programações dos Navios

Esta seção trata da incorporação, à interface apresentada, de maneira explícita, das incertezas em relação à programação dos navios, em particular dos instantes de chegadas e partidas dos mesmos, com o objetivo de observar os impactos que alterações nos cronogramas de viagem causam nos fluxos e nos custos finais da movimentação de vazios, uma vez que este tipo de situação é relativamente comum no cotidiano das empresas de navegação. Para isso, foram desenvolvidas novas rotinas, em linguagem VBA, que alteram o processo de obtenção da solução ótima de forma que este considere, agora, os possíveis atrasos e adiantamentos nos cronogramas dos navios, em consonância com o que foi discutido anteriormente na seção 4.4.

5.5.1 Novas Planilhas da Interface

Das planilhas que compõem a interface para o usuário apresentadas anteriormente, apenas a planilha dos dados de entrada primários e dos dados do transporte marítimo sofreram alterações devido à incorporação das incertezas. Desta forma, apenas estas serão apresentadas a seguir, seguidas das novas planilhas de resultados adicionadas à interface.

- Dados Primários, considerando incertezas no cronograma dos navios (Figura 5.37).

A interface de entrada de dados primários é apresentada em uma caixa com uma borda preta. Ela contém os seguintes elementos:

- Dois campos de entrada no topo, cada um com um rótulo em um retângulo marrom e um campo de texto branco: "Número de Portos" e "Atraso Máximo (dias)".
- Dois campos de entrada na segunda linha, cada um com um rótulo em um retângulo marrom e um campo de texto branco: "Número de Períodos" e "Adiantamento Máximo (dias)".
- Dois campos de entrada na terceira linha, cada um com um rótulo em um retângulo marrom e um campo de texto branco: "Data de Início" e "Data de Término".
- Três botões de seleção na quarta linha, cada um com o texto "Lista de Portos", "Lista de Contêineres" e "Lista de Navios" em um retângulo marrom.
- Um botão "Continuar" na parte inferior direita, com o texto em um retângulo cinza claro.

Figura 5.37 - Interface para o usuário (com incertezas) - planilha dos dados de entrada primários

Além dos dados primários já detalhados anteriormente, o usuário agora deve preencher

também os atrasos e adiantamentos máximos possíveis que deverão ser considerados pelo modelo. No exemplo, estes valores deverão ser preenchidos em dias (Figura 5.38).

Número de Portos	5	Atraso Máximo (dias)	2
Número de Períodos	11	Adiantamento Máximo (dias)	1
Data de Início	10/9/09		
Data de Término	20/9/09		
Lista de Portos FOT SUA SSA VIX RIO	Lista de Contêineres RF20 DC20 DC40 RH40	Lista de Navios HEICO ALBRA ALEUR CAFIN SANMI	Continuar

Figura 5.38 - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de entrada primários preenchida

- ° Dados do Transporte Marítimo considerando incertezas no cronograma dos navios (Figuras 5.39 e 5.40).

O preenchimento da planilha com os dados do transporte marítimo, considerando as incertezas, está agora dividido em duas etapas.

A primeira etapa (Figuras 5.39.a e 5.39.b) consiste no preenchimento dos dados das rotas programadas para os navios (nome do navio, data e porto de embarque e data e porto de descarga), da mesma forma como na interface anterior, seguido do preenchimento de novos dados referentes à incorporação das incertezas: tempo de viagem, probabilidade de atraso e probabilidade de adiantamento.

Continuar 1							
Navio	Data de Embarque	Porto de Embarque	Data de Descarga	Porto de Descarga	Tempo de Viagem	Probabilidade de Atraso (%)	Probabilidade de Adiantamento (%)

Figura 5.39.a - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de transporte marítimo (parte 1)

Tanto a probabilidade de atraso quanto a de adiantamento devem corresponder à

probabilidade real existente de que esses eventos ocorram para aquele navio, naquele trecho e naquele período. Estes valores são determinados pelo usuário e podem ser obtidos através de regressões a partir de dados já existentes.

Continuar 1							
Navio	Data de Embarque	Porto de Embarque	Data de Descarga	Porto de Descarga	Tempo de Viagem	Probabilidade de Atraso (%)	Probabilidade de Adiantamento (%)
Heico	10/09/2009	FOT	11/09/2009	SUA	1	50	30
Heico	12/09/2009	SUA	15/09/2009	VIX	3	60	40
Heico	16/09/2009	VIX	18/09/2009	SSA	2	40	20
Albra	11/09/2009	SUA	13/09/2009	RIO	2	30	30
Albra	16/09/2009	RIO	17/09/2009	VIX	1	50	40
Aleur	12/09/2009	FOT	14/09/2009	VIX	2	60	20
Cafin	13/09/2009	VIX	14/09/2009	RIO	1	40	30
Cafin	15/09/2009	RIO	17/09/2009	SSA	2	30	40
Cafin	18/09/2009	SSA	19/09/2009	SUA	1	50	20
Cafin	19/09/2009	SUA	20/09/2009	FOT	1	60	30
Sanmi	15/09/2009	VIX	16/09/2009	RIO	1	40	40

Figura 5.39.b - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de transporte marítimo (parte 1) preenchida

Ao clicar no botão “Continuar”, o usuário dá início à segunda etapa do preenchimento dos dados do transporte marítimo (Figura 5.40), na qual é sorteado, para cada linha da planilha, ou seja, para cada trecho de cada navio, um número aleatório a partir do qual são calculados os atrasos e adiantamentos e, conseqüentemente, as novas datas de partida e de chegada de cada navio na programação.

Mais detalhadamente, a determinação destas novas datas se dá da seguinte forma: para cada linha da planilha um número aleatório qualquer entre 0 e 100 é sorteado; se este número for menor do que a probabilidade de atraso inserida pelo usuário, sorteia-se então um novo número entre 0 e o atraso máximo possível inserido pelo usuário na planilha de dados primários (no exemplo em questão, dois dias), sendo este último valor o atraso calculado para aquele navio, naquele trecho; o mesmo procedimento é realizado para o cálculo dos adiantamentos. A partir de então são determinadas as novas datas de partida e chegada dos navios, considerando, obviamente, os atrasos e adiantamentos acumulados dos períodos anteriores.

Assumiui-se, neste caso, que as probabilidades obedecem a uma distribuição uniforme; entretanto, isso pode ser facilmente alterado na planilha caso se julgue necessário gerar esses atrasos segundo alguma outra distribuição.

Em seguida, basta ao usuário preencher os dados de custos e capacidades dos navios, em cada trecho, da mesma forma como na interface anterior.

O preenchimento dos dados referentes ao carregamento e ao descarregamento de vazios dos navios é feito exatamente da mesma forma como era quando não haviam incertezas incorporadas. Somente as datas de carregamento e descarregamento, agora, obedecem às novas datas de partida e chegada dos navios. As planilhas seguintes não sofreram alterações em relação às apresentadas anteriormente, logo devem ser preenchidas da mesma forma.

Continuar 2																	
									RF20		DC20		DC40		RH40		Capacidade Global (unidades)
Número Aleatório	Atraso Calculado	Adiantamento Calculado	Acumulado	Navio	Nova Data Embarque	Porto de Embarque	Nova Data Descarga	Porto de Descarga	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	
19,20587349	1	0	1	Heico	10/09/2009	FOT	12/09/2009	SUA	50	100	20	200	50	100	20	200	500
10,91991615	1	1	1	Heico	13/09/2009	SUA	16/09/2009	VIX	50	100	20	200	50	100	20	200	500
88,89363098	0	0	1	Heico	17/09/2009	VIX	19/09/2009	SSA	50	220	20	150	50	220	20	150	500
28,41455841	2	1	1	Albra	11/09/2009	SUA	14/09/2009	RIO	60	220	52	150	60	220	52	150	200
9,851783752	0	1	0	Albra	17/09/2009	RIO	17/09/2009	VIX	60	520	52	150	60	520	52	150	200
92,09803009	0	0	0	Aleur	12/09/2009	FOT	14/09/2009	VIX	60	360	36	230	60	360	36	230	200
18,80136108	2	1	1	Cafin	13/09/2009	VIX	15/09/2009	RIO	30	520	36	230	30	520	36	230	500
32,45968628	0	1	0	Cafin	16/09/2009	RIO	17/09/2009	SSA	30	200	65	600	30	200	65	600	300
99,3475647	0	0	0	Cafin	18/09/2009	SSA	19/09/2009	SUA	30	200	65	500	30	200	65	500	300
98,6839447	0	0	0	Cafin	19/09/2009	SUA	20/09/2009	FOT	30	200	20	500	30	200	20	500	600
74,11688232	0	0	0	Sanmi	15/09/2009	VIX	16/09/2009	RIO	20	600	20	120	20	600	20	120	600

Figura 5.40.b - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha dos dados de transporte marítimo (parte 2) preenchida

5.5.2 Apresentação dos Resultados

Ao final do processo de obtenção da solução ótima, além da planilha de resultados com os fluxos de vazios calculados, são apresentadas ao usuário duas novas planilhas. A primeira delas chamada “Resumo das Rodadas” (Figura 5.41) apresenta o total de vazios movimentados no sistema, por cada modal ou alugado, e o custo total da movimentação para cada rodada efetuada. Lembrando que a cada nova rodada solicitada pelo usuário, todos os dados de entrada são mantidos, sendo que novos atrasos e adiantamentos são calculados, ou seja, é gerado um novo cenário de alteração na programação dos navios.

Rodadas	Total de Vazios Movimentados			Custo Total	Nova Rodada
	Marítimo	Terrestre	Aluguel		
Rodada1	10	7162	160	299670	
Rodada2	140	6620	160	298050	
Rodada3	0	7280	160	299670	
Rodada4	140	6516	160	298050	
Rodada5	0	7324	160	299670	

Figura 5.41 - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha de resumo das rodadas

A segunda planilha, chamada “Resumo do Transporte Marítimo” (Figura 5.42) apresenta a quantidade de cada tipo de vazio movimentada entre os portos, por cada navio. Estas novas planilhas são de suma importância na análise do comportamento dos fluxos de vazios diante da incorporação das incertezas nas programações dos navios.

A planilha de resumo das rodadas permite uma análise global do sistema, em relação aos modais utilizados e às quantidades de vazios que são movimentadas e às que necessitam ser alugadas, além disso, mostra uma comparação entre os custos finais resultantes.

A planilha de resumo do transporte marítimo permite uma análise mais detalhada da movimentação de vazios e pode ser utilizada como uma valiosa base de auxílio para a tomada de decisão, uma vez que apresenta a quantidade transportada em cada navio, em cada trecho, para cada tipo de contêiner considerado. Ou seja, a partir desta planilha é possível observar o comportamento da movimentação de vazios em várias rodadas diferentes podendo ser percebida uma tendência para o transporte marítimo de vazios. No exemplo apresentado, o qual se trata do mesmo problema hipotético da interface anterior, com apenas cinco rodadas, já é possível perceber que duas das cinco rodadas efetuadas movimentam os

mesmos 140 vazios do tipo RF20 entre Salvador e Fortaleza.

Este tipo de análise dos resultados é extremamente relevante uma vez que está relacionada ao risco envolvendo a decisão de movimentar ou não vazios de um porto a outro, considerando as probabilidades de atrasos e também eventuais adiantamentos dos navios. Ao efetuar várias rodadas do modelo e observar a tendência de movimentação dos vazios, o usuário, ou seja, o responsável pela tomada de decisão na movimentação de vazios, pode optar por escolher, por exemplo, uma movimentação resultante com um custo final maior, porém mais frequente, portanto, mais segura, de menor risco, ou então assumir um risco maior ao escolher uma movimentação com custo final menor, porém menos frequente nas rodadas.

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada1				Rodada2				Rodada3			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	10	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5.42 - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha de resumo do transporte marítimo

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada4				Rodada5			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	70	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	70	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5.42 - Interface para o usuário (com incertezas) – planilha de resumo do transporte marítimo (continuação)

5.5.3 Testes Realizados

Com o objetivo de observar os impactos causados pelas incertezas na programação dos navios nos fluxos de vazios e nos custos finais resultantes da movimentação, foram realizados alguns testes com um problema hipotético considerando uma rede com cinco portos, quatro tipos de contêineres, cinco navios com diferentes rotas e um horizonte de planejamento de onze dias. Além disso, adotaram-se atraso e adiantamento máximos possíveis de dois e um dia, respectivamente.

Para este mesmo problema foram consideradas três instâncias de testes diferentes, alterando-se apenas as probabilidades nos dados de entrada; foram consideradas probabilidades de ocorrerem desvios nas programações dos navios de 10%, 50% e 90%, iguais para todos os trechos das rotas. Para cada valor de probabilidade, foram efetuadas 20 rodadas, cujos resultados em relação ao custo total e à movimentação global de vazios estão apresentados a seguir nas Figuras 5.43, 5.44 e 5.45. As planilhas contendo os resultados detalhados da movimentação marítima de vazios, assim como aquelas contendo todos os dados de entrada considerados para o problema de teste estão apresentadas no Anexo II.

- Resultados Obtidos para Probabilidades de 10%.

Rodadas	Total de Vazios Movimentados			Custo Total
	Marítimo	Terrestre	Aluguel	
Rodada1	140	230	100	193270
Rodada2	140	230	100	193270
Rodada3	160	240	100	193550
Rodada4	140	230	100	193270
Rodada5	170	230	100	193170
Rodada6	140	230	100	193270
Rodada7	140	230	100	193270
Rodada8	140	230	100	193270
Rodada9	140	230	100	193270
Rodada10	140	230	100	193270
Rodada11	130	240	100	193520
Rodada12	130	240	100	193520
Rodada13	145	230	100	193220
Rodada14	135	240	100	193500
Rodada15	160	230	100	193270
Rodada16	140	230	100	193270
Rodada17	140	230	100	193270
Rodada18	170	230	100	193270
Rodada19	140	230	100	193270
Rodada20	130	240	100	193550

Figura 5.43 – Planilha de Resumo das Rodadas - Resultados Obtidos para Probabilidades de 10%

- Resultados Obtidos para Probabilidades de 50%.

Rodadas	Total de Vazios Movimentados			Custo Total
	Marítimo	Terrestre	Aluguel	
Rodada1	140	230	100	193370
Rodada2	150	250	100	193700
Rodada3	130	240	100	193650
Rodada4	150	230	100	192720
Rodada5	100	280	100	193970
Rodada6	130	240	100	193650
Rodada7	150	250	100	193800
Rodada8	160	240	100	193420
Rodada9	200	250	100	193800
Rodada10	150	250	100	195000
Rodada11	80	290	100	194350
Rodada12	130	240	100	193550
Rodada13	130	240	100	193620
Rodada14	170	240	100	193650
Rodada15	120	250	100	193800
Rodada16	120	250	100	193800
Rodada17	170	230	100	193170
Rodada18	140	240	100	193520
Rodada19	150	250	100	193800
Rodada20	130	290	100	193250

Figura 5.44 – Planilha de Resumo das Rodadas - Resultados Obtidos para Probabilidades de 50%

- Resultados Obtidos para Probabilidades de 90%.

Rodadas	Total de Vazios Movimentados			Custo Total
	Marítimo	Terrestre	Aluguel	
Rodada1	150	250	100	193800
Rodada2	150	240	100	194750
Rodada3	110	290	100	194220
Rodada4	170	250	100	193300
Rodada5	140	280	100	194270
Rodada6	100	300	100	194600
Rodada7	110	290	100	194250
Rodada8	120	290	100	193720
Rodada9	120	300	100	193900
Rodada10	80	300	100	194600
Rodada11	130	240	100	194720
Rodada12	150	300	100	194000
Rodada13	125	250	100	195000
Rodada14	80	290	100	194450
Rodada15	140	240	100	193520
Rodada16	150	230	100	194470
Rodada17	150	240	100	194720
Rodada18	195	250	100	193250
Rodada19	160	250	100	193600
Rodada20	180	230	100	193170

Figura 5.45 – Planilha de Resumo das Rodadas - Resultados Obtidos para Probabilidades de 90%

O tempo de processamento de uma rodada foi de cerca de três minutos, o que resulta em um tempo total de, aproximadamente, 60 minutos para as vinte rodadas realizadas.

Os resultados obtidos para as três instâncias de teste mostram que entre alguns cenários de alteração gerados existe uma variação de até 60% em unidades de vazios movimentados no transporte marítimo. Este é um valor bastante significativo e que mostra o quanto incertezas em relação à programação dos navios, associadas a desvios não desprezíveis (até três dias, considerando um de adiantamento e dois de atraso) podem afetar os fluxos resultantes de vazios quando os mesmos necessitam ser otimizados em busca do menor custo. Logo, essas incertezas devem ser cuidadosamente consideradas pela companhia de navegação durante o processo de tomada de decisão para a movimentação de vazios.

Além disso, todas as rodadas, para todas as instâncias de testes, mostraram o aluguel da mesma quantidade de vazios. Isto é coerente uma vez que os vazios disponíveis no sistema não são suficientes para suprir a demanda por um determinado tipo de contêiner.

A comparação entre os custos totais da movimentação mostrou uma variação pequena entre seus valores, o que sugere a robustez do modelo em relação à busca por soluções ótimas de menor custo. Comparando os valores entre o maior e o menor custo final obtido tem-se uma diferença de 0,2% para a probabilidade de 10%; 1,2% para a de 50% e 0,9% para a probabilidade de 90%.

6. APLICAÇÃO DO MODELO: CASO REAL HAMBURG SÜD

Este capítulo trata da aplicação do modelo proposto a um problema real da empresa Hamburg Süd, cujas operações de cabotagem e cabotagem internacional são realizadas pela Aliança Navegação e Logística, uma das empresas pioneiras no segmento e que, atualmente, mantém-se como uma das maiores operadoras do setor.

São utilizados dados fornecidos pela empresa para a cabotagem internacional na costa leste da América do Sul, considerando cinco tipos de contêineres vazios, conforme indicado no Quadro 6.1. Estes dados correspondem à semana de nº 19 do ano de 2009, a qual abrange o período entre 03/05/2009 e 09/05/2009. A movimentação de vazios nessa semana será analisada dentro de um horizonte de planejamento de quatro semanas, com início em 03/05/2009 e término em 31/05/2009. A escolha do horizonte de planejamento baseou-se nas programações dos navios fornecidas, as quais apresentavam um horizonte de aproximadamente um mês. Naturalmente, as informações a serem apresentadas não representam dados reais na íntegra, por questão de confidencialidade da empresa, mas caracterizam a operação real.

Quadro 6.1 – Lista de contêineres considerados no caso real da Hamburg Süd

Contêiner de carga seca (“dry cargo”) com 20 pés de comprimento e 8,6 pés de altura	20DC
Contêiner refrigerado (“reefer”) com 20 pés de comprimento e 8,6 pés de altura	20RF
Contêiner refrigerado (“reefer high cube”) com 40 pés de comprimento e 9,6 pés de altura	40RH
Contêiner de carga seca (“dry cargo”) com 40 pés de comprimento e 8,6 pés de altura	40DC
Contêiner de carga seca (“dry cargo high cube”) com 40 pés de comprimento e 9,6 pés de altura	40HC

É importante ressaltar que algumas das operações realizadas pela Hamburg Süd em seus serviços da cabotagem internacional, assim como os dados intrínsecos às mesmas, foram simplificados para melhor representação no modelo proposto.

Ao final da aplicação do modelo, os resultados obtidos são comparados com os resultados fornecidos pela Hamburg Süd, para a mesma semana de análise, os quais foram obtidos sem o auxílio de nenhuma ferramenta computacional, pelos experientes profissionais da empresa que cuidam do planejamento semanal da movimentação de vazios.

6.1 Dados dos Serviços da Cabotagem Internacional

Para a aplicação do modelo proposto, serão considerados dois serviços de cabotagem internacional realizados pela empresa:

- SLING 1 (Quadro 6.2 e Figura 6.1) – abrange dez portos da costa leste da América do Sul e utiliza seis embarcações com capacidades que variam de 1.100 a 2.100 TEUs. Possui um tempo total de ciclo de 42 dias;

Quadro 6.2 – Portos atendidos pelo serviço SLING 1 da cabotagem internacional da Hamburg Süd

PORTO	SIGLA	PASSAGEM DOS NAVIOS POR SENTIDO											
		ALBRA		ALSAN		IPANE		ALMAN		ALMAR		ALEUR	
		Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
Manaus	MAO	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pecem	PEC	x		x	x	x		x	x	x		x	x
Suape	SUA	x	x	x		x	x	x		x	x	x	
Salvador	SSA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sepetiba	SPB	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Santos	SSZ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Paranaguá	PNG	x		x		x		x		x		x	
São Francisco do Sul	SFS		x		x		x		x		x		x
Rio Grande	RIG	x		x		x		x		x		x	
Buenos Aires	BUE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

- SLING 2 (Quadro 6.3 e Figura 6.2) – abrange sete portos da costa leste da América do Sul e utiliza duas embarcações com capacidade de aproximadamente 1.300 TEUs. Possui um tempo total de ciclo de vinte dias.

Quadro 6.3 – Portos atendidos pelo serviço SLING 2 da cabotagem internacional da Hamburg Süd

PORTO	SIGLA	PASSAGEM DOS NAVIOS POR SENTIDO			
		FLAME		COPAC	
		Norte	Sul	Norte	Sul
Suape	SUA	x	x	x	x
Salvador	SSA	x		x	
Vitória	VIX	x		x	
Sepetiba	SPB	x		x	
Santos	SSZ		x		x
Imbituba	IBB	x		x	
Montevideo	MVD	x	x	x	x

Figura 6.1 – Representação dos portos atendidos pelo serviço SLING 1 da cabotagem internacional da Hamburg Süd

Figura 6.2 – Representação dos portos atendidos pelo serviço SLING 2 da cabotagem internacional da Hamburg Süd

6.2 Dados de Custos da Cabotagem Internacional

Os valores dos custos apresentados a seguir, por questão de confidencialidade dos dados, não são completamente fidedignos aos valores praticados pela Hamburg Süd, porém respeitam as ordens de grandeza e as proporções relativas, o que é válido para a representação do problema real e aplicação do modelo proposto.

6.2.1 Custos do Transporte Marítimo de Vazios

Para o transporte marítimo de vazios serão adotados os valores de custos unitários por trecho da rota dos navios, os quais estão apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Custo unitário do transporte marítimo da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CUSTO UNITÁRIO DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE VAZIOS					
TIPO DE CONTÊINER	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
VALOR (R\$)	770	770	1540	1540	1540

Os custos apresentados representam a somatória dos custos envolvidos no transporte marítimo de um contêiner e foram obtidos da seguinte forma:

1. Para um determinado serviço (SLING) realizado pela empresa, foram calculados, para todos os navios em suas rotas completas, os valores totais de custos com combustível, portuários e administrativos;
2. Este valor total foi dividido pelo número de navios que atendiam a este serviço, obtendo-se assim o custo médio total do transporte marítimo de contêineres por navio;
3. O valor obtido foi então dividido pela capacidade, em “*slots*” do navio, obtendo-se então o custo médio do transporte marítimo de um “*slot*”. O termo “*slot*” é utilizado para se referir ao espaço ocupado no navio por um TEU, isto é, um contêiner de 20 pés;
4. Finalmente, o valor obtido é dividido pelo número de trechos que a rota do navio possui. O resultado é o custo médio do transporte marítimo de um “*slot*” em um trecho da rota. Em resumo, o custo do transporte de um contêiner de 20 pés entre um porto e outro qualquer.

É importante ressaltar que os custos unitários do transporte marítimo de vazios adotados representam valores médios e dependem apenas do comprimento do contêiner, ou seja, um contêiner refrigerado de 40 pés possui o mesmo custo de transporte marítimo que um contêiner de carga seca de mesmo comprimento. Sendo assim, como um contêiner de 40 pés ocupa o espaço de dois contêineres de 20 pés no navio, ou seja, dois “*slots*”, para determinar o custo unitário de transporte marítimo de um contêiner de 40 pés, basta multiplicar por dois o valor do custo do transporte marítimo de um “*slot*”. Esta consideração pode ser adotada uma vez que se trata de contêineres vazios; no caso de contêineres cheios, o tipo de contêiner também seria relevante na determinação do custo de transporte, uma vez que alguns tipos necessitam de instalações especiais no navio, como, por exemplo, o contêiner do tipo “*reefer*” que necessita estar conectado a uma fonte de energia.

6.2.2 Custos do Carregamento e Descarregamento de Vazios

Até então, durante a aplicação do modelo proposto aos problemas de teste, considerou-se que os custos de carregamento e descarregamento de vazios correspondiam apenas às operações de carregamento e descarregamento propriamente ditas, ou seja, o embarque e desembarque de vazios dos navios quando os mesmos encontram-se atracados no porto.

A realidade do problema enfrentado pela Hamburg Süd, no entanto, mostra que outros custos também estão envolvidos nesta operação, a qual pode ser abrangente, englobando desde a retirada dos vazios do depósito que atende determinado porto até seu embarque no navio e vice-versa, desde o desembarque do navio até o armazenamento no depósito.

Sendo assim, para o cálculo dos custos de carregamento de contêineres vazios serão consideradas as seguintes parcelas:

- Custo de “*handling out*” – corresponde à taxa unitária de saída do contêiner vazio do depósito que atende o porto no qual o vazio será embarcado;
- Custo de transporte (depósito – porto) - corresponde ao custo unitário do transporte, por caminhão, entre o depósito e o porto no qual o vazio será embarcado;

- Custo de “*load*” - corresponde ao custo da operação de embarque, propriamente dita, ou seja, a colocação do vazio no navio através dos equipamentos disponíveis no porto.

Da mesma forma, para o cálculo dos custos de descarregamento de contêineres vazios serão consideradas as seguintes parcelas:

- Custo de “*discharge*” - corresponde ao custo da operação de desembarque, propriamente dita, ou seja, a retirada do vazio do navio através dos equipamentos disponíveis no porto;
- Custo de transporte (porto - depósito) - corresponde ao custo unitário do transporte, por caminhão, entre o porto no qual o vazio foi desembarcado e o depósito que atende este porto;
- Custo de “*handling in*” – corresponde à taxa unitária de entrada do contêiner vazio no depósito que atende o porto no qual o vazio foi desembarcado.

Podem ocorrer situações em que uma ou duas parcelas das citadas sejam nulas; por exemplo, nos casos em que os vazios fiquem armazenados no próprio porto e não necessitem de transporte ou taxa de entrada/saída do depósito. Estas situações, no entanto, não ocorrem no presente estudo de caso.

As Tabelas III.1, III.2 e III.3, do Anexo III apresentam os valores equivalentes aos fornecidos pela Hamburg Süd para as parcelas que compõem os custos de carregamento e descarregamento de vazios.

Note-se que os custos de “*handling in/out*” são iguais para todos os tipos de contêineres, uma vez que a taxa de entrada/saída de vazios do depósito trata-se de uma taxa administrativa. O mesmo ocorre para os custos de “*load/discharge*”. Como os contêineres estão vazios, os custos são os mesmos para todos os tipos, já que o peso é o fator determinante na produtividade dos equipamentos de carregamento e descarregamento. Ainda, os custos de transporte de vazios entre o depósito e o porto (e vice-versa), dependem apenas do comprimento dos vazios (20 ou 40 pés). Isto porque apenas esta dimensão interessa na determinação de qual o tamanho de carreta necessária para o transporte.

A seguir, é apresentado, na Tabela 6.2, o custo total resultante obtido através da somatória de todas as parcelas que compõem os custos de carregamento e descarregamento de vazios.

Tabela 6.2 – Custo unitário do carregamento e descarregamento de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CUSTO UNITÁRIO DO CARREGAMENTO/DECARREGAMENTO DE VAZIOS (VALOR EM R\$)													
TIPO CONTÊNER \ PORTO	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	490	490	425	425	360	360	360	295	295	295	295	245	245
20 RF	490	490	425	425	360	360	360	295	295	295	295	245	245
40 RH	580	580	505	505	430	430	430	355	355	355	355	285	285
40 DC	580	580	505	505	430	430	430	355	355	355	355	285	285
40 HC	580	580	505	505	430	430	430	355	355	355	355	285	285

6.2.3 Custos do Transporte Terrestre de Vazios

A utilização do transporte terrestre rodoviário, para o deslocamento de vazios entre portos, pela empresa Hamburg Süd dá-se apenas entre os portos de Paranaguá (PNG) e São Francisco do Sul (SFS), isto ocorre por questões de inviabilidade econômica da operação entre os outros portos que fazem parte da cabotagem internacional. A Tabela 6.3 apresenta os custos do transporte rodoviário de vazios entre os portos de Paranaguá e São Francisco do Sul, e vice-versa.

Tabela 6.3 – Custo unitário do transporte rodoviário de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CUSTO UNITÁRIO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE VAZIOS (VALOR EM R\$)		
TIPO CONTÊNER \ PORTO	PNG	SFS
20 DC	225	
20 RF	225	
40 RH	550	
40 DC	550	
40 HC	550	

Pela mesma razão que para o transporte de caminhão entre o porto e o depósito, isto é, a determinação do tamanho da carreta necessário, os valores do transporte rodoviário também dependem apenas do comprimento do contêiner transportado (20 ou 40 pés).

6.2.4 Custos do Armazenamento de Vazios

Para a aplicação do modelo, os valores de custos do armazenamento de vazios nos depósitos são considerados nulos, uma vez que a empresa Hamburg Süd mantém contratos de longo prazo com estes depósitos, sendo praticamente impossível ratear estes custos para apenas uma unidade de contêiner vazio armazenada. Além disso, este valor, segundo a empresa, seria insignificante para o custo total da movimentação, face às demais componentes de custo. Na prática, isso significa que a empresa nunca opta por armazenar vazios temporariamente em algum depósito diferente do local onde o contêiner vazio será posteriormente utilizado.

6.2.5 Custos do Aluguel de Vazios

Da mesma forma que para o transporte rodoviário, o aluguel de vazios também não existe para todos os portos atendidos pela cabotagem internacional da Hamburg Süd. Neste caso, no entanto, a inexistência deste serviço em alguns portos deve-se à indisponibilidade do mesmo, isto é, não existem empresas fornecedoras de contêineres vazios alugados nestes locais. Os portos atendidos por companhias de “*leasing*” estão concentrados ao sudeste e ao sul da costa leste onde é oferecida a cabotagem, sendo estes: Vitória (VIX), Sepetiba (SPB), Santos (SSZ), Paranaguá (PNG), São Francisco do Sul (SFS), Imbituba (IBB), Rio Grande (RIG) e Buenos Aires (BUE).

Tabela 6.4 – Custo unitário do aluguel de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CUSTO UNITÁRIO DO ALUGUEL DE VAZIOS (VALOR EM R\$)							
<div>PORTO</div> <div>TIPO CONTÊNER</div>	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
20 RF	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
40 RH	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
40 DC	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
40 HC	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000

Os custos unitários adotados para o aluguel de vazios, apresentados na Tabela 6.4, representam um valor a ser pago apenas no ato do aluguel. Esses valores são os mesmos em todas essas localidades e diferem apenas em relação ao comprimento dos contêineres (20 ou 40 pés).

6.3 Dados de Capacidades da Cabotagem Internacional

Assim como para os dados de custos, os dados aqui apresentados para as capacidades envolvidas no problema da movimentação de vazios são apenas da mesma ordem de grandeza dos valores reais, por questão de confidencialidade.

6.3.1 Capacidades do Transporte Marítimo de Vazios

Para a capacidade de transporte marítimo de vazios será adotado um valor médio entre as capacidades de todos os navios considerados para o transporte de cada tipo de contêiner vazio, cujos valores estão apresentados na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Capacidade do transporte marítimo de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CAPACIDADE DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE VAZIOS	
TIPO CONTÊINER	UNIDADES
20 DC	700
20 RF	300
40 RH	150
40 DC	350
40 HC	350

Durante visitas à empresa Hamburg Süd, foi possível observar que o tratamento em relação à restrição de capacidade de transporte dos navios é feito da seguinte maneira: após serem decididas, manualmente, as quantidades de vazios que deverão embarcar nos navios, os responsáveis por estes navios são então consultados pelos profissionais da Hamburg Süd responsáveis pela movimentação de vazios sobre a possibilidade do embarque destas quantidades nos respectivos navios. Não havendo capacidade suficiente, as quantidades precisam ser então revistas e ajustadas, o que pode afetar todos os outros fluxos de vazios do sistema, sendo necessário o recálculo de todas as quantidades a serem embarcadas, em todos os navios e em todos os portos.

Devido a esta imprevisibilidade das capacidades dos navios, sugere-se que, para uma primeira rodada do modelo proposto, sejam adotados os valores anteriormente apresentados. Se, após a consulta aos responsáveis pelos navios, alguma quantidade de vazios não puder ser embarcada

por falta de espaço nos mesmos, basta fixar, no modelo, o valor da capacidade disponível para o arco de transporte correspondente aquele trecho percorrido pelo navio e rodar o modelo novamente. Como o modelo proposto é resolvido em tempos de processamento muito reduzidos (da ordem de 25 segundos), a necessidade de uma nova rodada não implica em um atraso significativo no processo de determinação dos fluxos de vazios. Pelo contrário, a ferramenta é ágil o suficiente para permitir que diferentes instâncias de teste, representando diferentes capacidades, sejam simuladas e os seus resultados comparados, buscando-se verificar as possíveis economias nos custos de movimentação decorrentes da maior ou menor capacidade de transporte em cada trecho da rota do navio.

Ainda para o transporte marítimo, será adotada uma capacidade global de 700 unidades, a qual representa a capacidade de transporte considerando todos os tipos de contêineres.

6.3.2 Capacidades do Carregamento e Descarregamento de Vazios

Para as capacidades de carregamento e descarregamento de vazios, serão considerados apenas os valores correspondentes à produtividade dos equipamentos para embarque e desembarque de vazios dos navios. A capacidade de transporte por caminhão entre o porto e o depósito, e vice-versa, será considerada infinita, pois, além de ser menos restritiva que a anteriormente mencionada, podem ser alocados, sem dificuldades, tantos caminhões quanto forem necessários para atender as operações de carregamento e descarregamento. Além disso, a concorrência entre o embarque/desembarque de cheios e vazios será tida como inexistente, ou seja, trabalha-se com a hipótese que os equipamentos adotados para o cálculo da produtividade são de uso exclusivo para o embarque e desembarque de contêineres vazios.

Será adotado o valor de 32 ciclos/hora para a produtividade média efetiva de um guindaste considerando o movimento de contêineres vazios. Sendo assim, e considerando um período de operação de 24 horas/dia, a capacidade, tanto para cada tipo de contêiner, quanto global, será de 800 unidades de vazios embarcados e/ou desembarcados por dia. Este valor é o mesmo para todos os tipos de contêineres, conforme explicado anteriormente na seção 6.2.2.

6.3.3 Capacidades do Transporte Terrestre de Vazios

A capacidade do transporte rodoviário entre os portos de Paranaguá e São Francisco do Sul não foi fornecida pela empresa Hamburg Süd. Sabe-se, no entanto, que não existem restrições significativas quanto à disponibilidade de carretas para realizar este transporte. Foi então adotado, provisoriamente, um valor de 100 unidades para a capacidade de transporte de cada tipo de contêiner e 500 unidades para a capacidade global de transporte entre os dois portos, considerando todos os tipos de contêineres simultaneamente. Este valor, ao final dos experimentos, mostrou-se razoável, por estar acima das quantidades requeridas pelos resultados e dentro da realidade, logo foi mantido.

6.3.4 Capacidades do Armazenamento de Vazios

Os dados referentes às capacidades dos depósitos que atendem a cada porto da cabotagem internacional também não foram fornecidos pela empresa Hamburg Süd. Sendo assim, a partir dos dados de estoques previstos que foram fornecidos para o horizonte de planejamento, foram estabelecidos dois critérios para a determinação destas capacidades:

- 1) Multiplica-se por dois o maior valor entre o estoque estimado para o final da semana em análise e para as semanas seguintes, ou seja, admite-se que o depósito comporta, no mínimo, uma quantidade de vazios correspondente ao dobro do maior valor de estoque efetivo fornecido pela empresa;
- 2) Arredonda-se este valor, para múltiplos de 50, quando os valores obtidos são menores que 500 unidades, e para múltiplos de 250 quando são maiores que 500 unidades.

Os dois critérios acima especificados têm como único objetivo garantir um estoque de segurança para os depósitos de vazios, e foram escolhidos arbitrariamente. Assume-se que garantir um estoque correspondente ao dobro do efetivo fornecido pela empresa seja o suficiente para que se tenha uma situação segura em relação ao atendimento das demandas dentro do horizonte escolhido de quatro semanas, ao mesmo tempo em que não haverá risco de um excesso de vazios em estoque, provocando falta de espaço nos depósitos. Da mesma forma, acredita-se que o resultado obtido por essa multiplicação retrate uma situação

recorrente em relação às quantidades de vazios armazenadas, ou seja, para valores menores que 500 unidades assume-se que aquele depósito tenha que lidar com quantidades de vazios nesta ordem de grandeza, por isso o arredondamento para múltiplos de 50; o mesmo raciocínio vale para os valores maiores que 500 unidades.

Por exemplo, têm-se, na Tabela 6.6, os estoques para o contêiner vazio do tipo 20DC, no depósito que atende ao porto de Manaus (MAO); cujos valores foram fornecidos pela Hamburg Süd:

Tabela 6.6 – Valores de estoques utilizados para o cálculo das capacidades de armazenamento de vazios no depósito

SEMANA	QUANTIDADE EM ESTOQUE
19	618
20	731
21	645
22	758
23	871
24	984

O maior valor dentre os apresentados é 984, o qual multiplicado por dois resulta em 1968. Arredondando-se este valor para um múltiplo de 250, obtém-se 2000 para a capacidade de vazios do tipo 20DC no depósito que atende ao porto de Manaus (MAO).

Os valores obtidos para todos os portos e todos os tipos de contêineres, considerando estes critérios estão apresentados na Tabela 6.7.

Tabela 6.7 – Valores das capacidades de armazenamento de vazios nos depósitos

CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE VAZIOS													
PORTO TIPO CONTÊINER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	2000	1500	2000	2000	750	2000	8500	750	1250	1000	3000	1500	1500
20 RF	50	50	50	100	50	50	1000	100	0	0	500	500	500
40 RH	200	750	300	750	100	200	1500	1250	0	0	750	2000	3000
40 DC	100	200	100	750	250	200	1500	300	200	0	1250	100	500
40 HC	3000	750	1250	1500	750	750	5500	1000	500	0	5000	750	1750

Para a determinação da capacidade global de armazenamento de vazios, determinou-se a somatória das capacidades de todos os tipos de vazios, para cada porto. O valor obtido foi dividido por um fator de correção de 1,2, conforme sugerido pela Hamburg Süd, e o resultado

foi arredondado para o múltiplo de 500 mais próximo. A Tabela 6.8 apresenta as capacidades globais obtidas.

Tabela 6.8 – Valores das capacidades globais de armazenamento de vazios nos depósitos

CAPACIDADE GLOBAL DE ARMAZENAMENTO DE VAZIOS													
PORTO	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
CAPACIDADE GLOBAL	4500	2750	3000	4250	1500	2750	15000	2750	1750	750	8750	4000	6000

6.3.5 Capacidades do Aluguel de Vazios

Da mesma forma que para os experimentos computacionais realizados, as capacidades de aluguel de vazios para o modelo proposto em sua aplicação ao problema real da Hamburg Süd também serão consideradas infinitas.

6.4 Dados de Estoques da Cabotagem Internacional

Os dados de estoques apresentados a seguir referem-se às quantidades de vazios armazenados nos depósitos que atendem aos portos considerados como sendo da cabotagem internacional.

6.4.1 Estoque Inicial de Vazios

O estoque inicial de contêineres vazios existente no depósito no início do horizonte de planejamento, ou seja, na semana de análise (semana nº 19) corresponde ao estoque final da semana anterior (semana nº 18). Este valor é conhecido e equivale à quantidade de vazios armazenados mais a quantidade de contêineres que estão em reparo no depósito. Os valores para os estoques iniciais de vazios estão apresentados na Tabela 6.9.

Tabela 6.9– Valores de estoques nos depósitos no início do horizonte de planejamento

ESTOQUES INICIAIS DE VAZIOS													
PORTO TIPO CONTÊNER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	809	704	1022	879	415	1024	3003	442	646	406	1578	737	355
20 RF	7	11	12	37	5	16	344	40	0	0	185	258	303
40 RH	54	257	53	254	4	42	828	472	0	0	314	712	1357
40 DC	35	73	57	198	110	123	704	178	107	0	243	44	406
40 HC	1089	365	375	900	311	484	2429	430	300	0	1442	126	1359

6.4.2 Estoque Final de Vazios

O estoque final de vazios visa assegurar um estoque mínimo de contêineres vazios em cada porto ao final do horizonte de planejamento, tendo em vista uma estimativa das necessidades futuras além do horizonte considerado; uma restrição que, até então, não havia sido imposta nos experimentos computacionais realizados. Estes valores de estoque final também não foram fornecidos pela Hamburg Süd, mas foram calculados a partir de critérios pré-estabelecidos aplicados aos dados de exportação fornecidos pela empresa. Estes dados de exportação correspondem à média das exportações (embarque de vazios) das quatro semanas anteriores à semana em análise, para cada tipo de contêiner, em cada porto.

Para cada tipo de contêiner, um fator de estoque mínimo foi sugerido pela Hamburg Süd. Este número representa durante quantas semanas aquele estoque mínimo estabelecido para o final do horizonte de planejamento seria suficiente para garantir o atendimento das demandas, considerando a exportação média desse período. Por exemplo, para os vazios do tipo 20DC, o fator de estoque é quatro. Considerando uma exportação média de 100 vazios deste tipo no porto de Manaus, o estoque final desejado seria de 400 unidades (4×100), ou seja, a partir do final do horizonte de planejamento, a quantidade de 400 vazios do tipo 20DC seria suficiente para atender às exportações de quatro semanas no porto de Manaus.

Os valores fornecidos pela Hamburg Süd para as médias da exportação de vazios nas quatro semanas que antecedem a semana em análise e para os fatores de estoques mínimos pré-estabelecidos são apresentados nas Tabelas III.4 e III.5, do Anexo III.

Multiplicando-se então, os valores de exportação média, pelo fator de estoque mínimo

correspondente ao tipo de contêiner, têm-se os valores para os estoques mínimos desejado ao final do horizonte de planejamento, apresentados na Tabela 6.10.

O valor obtido através dos critérios estabelecidos para o estoque mínimo de vazios 20DC no porto de Buenos Aires (BUE), identificado por um *, seria de 1076 unidades. Após algumas rodadas do modelo, observou-se que o atendimento desta restrição atingia demasiadamente o fluxo de vazios em todo o sistema, prejudicando os resultados. Por este motivo, após alguns testes, este valor foi alterado para 500 unidades, sendo este considerado um valor razoável e adequado.

Tabela 6.10 – Valores de estoque mínimo desejados ao final do horizonte de planejamento

ESTOQUE MÍNIMO FINAL													
PORTO TIPO CONTÊINER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	336	324	208	460	224	440	2632	340	64	36	852	168	500*
20 RF	0	4	0	8	0	4	168	4	0	0	8	104	196
40 RH	4	44	8	38	2	12	306	282	0	0	86	122	302
40 DC	24	14	12	64	8	8	164	34	6	0	100	6	176
40 HC	434	116	276	278	30	84	1432	398	86	0	486	86	478

6.5 Dados de Demanda e Oferta da Cabotagem Internacional

Os valores de demanda e oferta de vazios em cada semana do horizonte de planejamento foram calculados a partir dos seguintes dados fornecidos pela Hamburg Süd:

- Embarque/desembarque (“load/discharge”) já programados de contêineres vazios nos portos da cabotagem, para as semanas do horizonte de planejamento (Tabela III.6, Anexo III);

Estes embarques já programados consideram os vazios com destino a portos que não pertencem à cabotagem internacional, no caso do embarque de vazios, e vazios provenientes destes portos, no caso do desembarque de vazios. Além disso, também considera o desembarque de vazios que já estão sendo transportados pelos navios dos serviços da cabotagem, cujo embarque ocorreu durante a semana anterior à semana em análise.

- Média do desbalanceamento (“*imbalance*”) das quatro semanas anteriores à semana em análise (Tabela III.7, Anexo III);

Valores de desbalanceamento positivos mostram quanto o estoque de vazios cresceu, em média, nas últimas quatro semanas. Logo, valores negativos mostram o decrescimento do estoque.

- Fator de correção do desbalanceamento (Tabela III.8, Anexo III).

Como o valor do desbalanceamento é apenas uma média do crescimento (ou decrescimento) semanal do estoque, a aplicação do fator de correção tem a função de retratar de forma mais adequada a real disponibilidade, ou necessidade, de vazios nos depósitos. Os valores corrigidos dos desbalanceamentos, através da multiplicação dos mesmos pelo fator de correção, estão apresentados na Tabela III.9, no Anexo III.

A partir destes dados é possível obter os valores para demanda e oferta de vazios nas semanas do horizonte de planejamento. Basta somar aos valores corrigidos do desbalanceamento a quantidade de vazios programada para embarcar/desembarcar em determinado porto, em determinada semana, ou seja:

$$\text{Desbalanceamento corrigido} = \text{Média do desbalanceamento} \times \text{Fator de correção}$$

$$\text{Demanda/Oferta} = \text{Embarque/Desembarque programados} + \text{Desbalanceamento corrigido}$$

Em suma, a necessidade ou disponibilidade de contêineres vazios em determinado porto é composta pela quantidade de vazios que já estão em falta ou disponíveis naquele porto mais a quantidade de contêineres vazios que ainda irão embarcar ou desembarcar naquele mesmo porto.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 6.11.

Tabela 6.11 – Valores das demandas e ofertas de contêineres vazios nas semanas do horizonte de planejamento

DEMANDAS/OFERTAS DE VAZIOS														
SEM	PORTO TIPO CONTÊNER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
19	20 DC	121	17	49	15	-22	-126	397	6	25	11	-144	34	-68
	20 RF	2	-3	4	-3	0	2	-42	2	0	0	-2	-74	-6
	40 RH	28	-61	58	-48	-3	30	-148	-175	0	0	-123	24	-50
	40 DC	1	0	12	-44	13	4	13	2	-6	0	42	3	-32
	40 HC	94	9	26	-21	28	18	-217	-52	-80	0	-108	-32	89
20	20 DC	121	17	49	12	-22	-126	194	75	27	11	-332	34	-68
	20 RF	2	-3	4	-3	0	2	-21	2	0	0	-3	-69	-84
	40 RH	28	-52	58	-48	-3	30	-146	-245	0	0	-80	95	-74
	40 DC	1	0	12	-44	13	4	24	9	-6	0	-58	3	-32
	40 HC	94	9	26	-66	28	18	68	-84	-80	0	-438	-32	89
21	20 DC	121	17	49	12	-22	-126	95	-24	27	11	-282	34	-68
	20 RF	2	-3	4	-3	0	2	-22	2	0	0	-3	-69	-85
	40 RH	28	-53	58	-48	-3	30	-152	-160	0	0	42	-145	-171
	40 DC	1	0	12	-44	13	4	32	2	-6	0	212	3	-32
	40 HC	94	9	26	-82	28	18	148	-164	-80	0	262	-32	89
22	20 DC	121	17	49	12	-22	-126	-64	16	27	11	-89	34	-68
	20 RF	2	-3	4	-3	0	2	-38	2	0	0	-3	-69	-86
	40 RH	28	-51	58	-48	-3	30	-230	-234	0	0	-73	75	-216
	40 DC	1	0	12	-44	13	4	15	2	-6	0	22	3	-32
	40 HC	94	9	26	173	28	18	59	-72	-80	0	162	-32	89

6.6 Representação da Rede da Cabotagem Internacional

A partir dos dados apresentados na seção 6.5 é possível construir a rede que representa o problema da movimentação de vazios retratado e, então, preencher as planilhas da interface em VBA para, finalmente, obter os resultados de fluxo de vazios da solução de menor custo total.

Para a construção da rede apresentada na Figura 6.5 foram feitas as seguintes considerações:

- Foram representadas as quatro semanas do horizonte de planejamento, a partir da semana em análise (nº 19) e, além destas, a semana anterior à semana em análise. Isto porque alguns dos vazios já programados para desembarcar na semana em análise foram embarcados ou já estavam em curso de navegação nesta semana anterior;

Os dados referentes a esta primeira semana representada na rede são todos fixos, pois não são passíveis de alterações. Sendo assim, os fluxos marítimos de vazios, assim como o embarque e desembarque dos mesmos são aqueles já estabelecidos pela programação apresentada. Da mesma forma, a quantidade de vazios armazenados no depósito durante esta semana é fixa e o valor adotado é o apresentado para os estoques iniciais em cada porto.

- Foram consideradas as datas de “*deadline*” para a atribuição dos arcos de carregamento de vazios;

Diferentemente dos problemas tratados até então, o caso real da Hamburg Süg inseriu uma nova restrição à operação de embarque de vazios nos navios, devido à uma determinação da Receita Federal, por questões de fiscalização. O termo “*deadline*” refere-se à data na qual os vazios que serão embarcados em determinado navio devem estar disponíveis no porto, independentemente se o navio já estiver atracado ou não. Por exemplo, pode ser que os vazios tenham um “*deadline*” em 21/05/2009 e o navio só esteja atracado no porto, para o embarque, no dia 23/05/2009.

Por esta razão, os arcos de carregamento, que ligam um nó terrestre a um nó marítimo, representando o embarque de vazios, são atribuídos a estes nós da seguinte forma: o nó terrestre de origem do arco é o nó que representa o porto na data do “*deadline*”, quando esta for anterior à data de atracação do navio, e o nó marítimo de destino é o nó que representa o navio atracado no porto, ou seja, na data em que o navio chega ao mesmo. Desta forma, garante-se que os vazios a serem embarcados em determinado navio estejam disponíveis no porto até a data permitida, uma vez que os vazios que chegam depois desta data não são liberados para o embarque. É importante ressaltar que esta adaptação do modelo é possível uma vez que os custos associados ao estoque de vazios são nulos, ou seja, a alteração nos arcos de embarque de vazios, devido aos “*deadlines*” não alterará os custos de estoque da movimentação.

As datas dos “*deadlines*” para cada navio estão representadas nos nós marítimos da rede, os quais estão indicados na mesma cor das rotas dos navios, na data do “*deadline*” dos mesmos. Um exemplo desta representação é apresentado na Figura 6.3.

Figura 6.3 – Exemplo da representação dos arcos de carregamento e dos “deadlines” dos navios na rede espaço-tempo

Neste exemplo, um navio cuja rota é representada pelo arco amarelo deixa o porto de Salvador (SSA) no dia 30/04 e atraca no porto de Suape (SUA) no dia 02/05. O “deadline” do navio, no entanto, é no dia 30/04, representado pelo nó marítimo pintado da mesma cor da rota do navio. O arco de carregamento do navio, em vermelho, tem sua origem no nó terrestre cuja data é a do “deadline” (30/04) e seu destino no nó cuja data é a de atracação do navio no porto (02/05).

- As demandas e ofertas de vazios de cada semana foram atribuídas à última data daquela semana na qual existe um navio atracado no porto;

Esta simplificação foi adotada a fim de garantir que o máximo de vazios seja transportado pelo modal marítimo.

- Os nós marítimos que contêm mais de um arco de transporte marítimo, ou seja, quando há mais de um navio atracado em um mesmo porto na mesma data, foram divididos em dois nós para a aplicação do modelo, conforme ilustram as Figuras 6.4.a e 6.4.b. Esta medida evita que o fluxo de vazios de um navio seja atribuído a outro navio pelo modelo, após o cruzamento dos arcos que representam suas rotas.

Figura 6.4.a – Exemplo da representação do cruzamento de rotas na rede espaço-tempo antes da alteração

Figura 6.4.b – Exemplo da representação do cruzamento de rotas na rede espaço-tempo após a alteração

Considerando todas as observações citadas e os dados apresentados, a rede espaço-tempo que representa o problema real de movimentação de vazios da Hamburg Süd é apresentada na Figura 6.5.

Figura 6.5.a – Rede espaço-tempo para o problema real da Hamburg Süd

Figura 6.5.b – Legenda das rotas dos navios da rede espaço-tempo para o problema real da Hamburg Süd

Em resumo, para esta rede, tem-se:

- Quatro semanas de horizonte de planejamento mais uma semana anterior ao início da análise;
- Treze portos da costa leste da América do Sul;
- Dois serviços de cabotagem, com um total de oito navios, isto é, oito rotas de navegação representadas na rede;
- Demandas e ofertas atribuídas ao último dia de cada semana do horizonte, ou seja, um total de 52 nós terrestres da rede para os quais são atribuídas as ofertas e demandas de contêineres vazios;
- Número total de nós igual a 936 (468 terrestres e 468 marítimos);
- Número total de arcos igual a 1306 (143 de transporte marítimo, 162 de carregamento, 162 de descarregamento, 70 de transporte terrestre, 481 de armazenamento no porto e 288 de aluguel).

Observe-se que na rede da Figura 6.5 não foram representados os arcos de carregamento e

descarregamento, nem tampouco os arcos de aluguel e transporte rodoviário, a fim de evitar o excesso de informação no desenho rede, o que poderia comprometer a compreensão da mesma. Sabe-se, conforme citado anteriormente, que os arcos de transporte rodoviário existem apenas entre os portos de Paranaguá (PNG) e São Francisco do Sul (SFS), e ligam seus nós terrestres. Os arcos de aluguel existem apenas para os portos de Vitória (VIX), Sepetiba (SPB), Santos (SSZ), Paranaguá (PNG), São Francisco do Sul (SFS), Imbituba (IBB), Rio Grande (RIG) e Buenos Aires (BUE); e ligam os nós fontes de aluguel destes portos aos seus nós terrestres. A representação dos arcos de carregamento se dá conforme o exemplo anteriormente apresentado, e os arcos de descarregamento de vazios existem para todos os nós marítimos nos quais há um navio atracado, ligando-os ao nó terrestre na mesma data.

6.7 Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos para o problema real da movimentação de vazios da Hamburg Süd. Os resultados obtidos computacionalmente, através da aplicação do modelo proposto neste trabalho são comparados aos resultados fornecidos pela empresa, obtidos manualmente por seus profissionais.

6.7.1 Resultados Obtidos a Partir da Movimentação de Vazios Elaborada pela Hamburg Süd

Os resultados obtidos a partir da movimentação de vazios elaborada manualmente pelos profissionais da Hamburg Süd, a qual considera apenas a opção de transporte marítimo de vazios, descartando a possibilidade de transporte terrestre, são apresentados nas Figuras 6.6, 6.7 e 6.8.

Além dos resultados apresentados, é interessante observar também os estoques finais resultantes, fornecidos pela Hamburg Süd, para a movimentação de vazios elaborada pela mesma, uma vez que esta é uma restrição imposta pelo modelo proposto, e tem o mesmo grau de prioridade que a restrição de atendimento das demandas. A Tabela 6.12 apresenta

TRANSPORTE MARÍTIMO DE VAZIOS									
NAVIO	DATA EMBARQUE	DATA DESEMBARQUE	PORTO EMBARQUE	PORTO DESEMBARQUE	FLUXO DE CONTÊINERES VAZIOS				
					20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALSAN	5/5/09	11/5/09	PEC	SPB	100	0	0	0	0
ALEUR	10/5/09	13/5/09	SPB	SSA	0	0	20	0	0
ALMAN	19/5/09	25/5/09	PEC	SPB	100	0	0	0	0
ALMAR	21/5/09	29/5/09	MAO	SSA	200	0	30	0	0
ALMAR	27/5/09	29/5/09	SUA	SSA	100	0	0	0	0
ALSAN	12/5/09	13/5/09	SSZ	SFS	0	0	0	0	50
ALSAN	14/5/09	16/5/09	SFS	BUE	150	0	0	0	0
COPAC	3/5/09	5/5/09	VIX	SSA	0	0	0	70	0
COPAC	3/5/09	16/5/09	VIX	MVD	0	0	0	0	150
FLAME	9/5/09	23/5/09	VIX	MVD	0	0	0	0	100
FLAME	13/5/09	23/5/09	SUA	MVD	0	0	0	0	50
FLAME	14/5/09	23/5/09	SUA	MVD	0	10	0	0	0
IPANE	6/5/09	13/5/09	MAO	SUA	0	0	15	0	0
IPANE	6/5/09	18/5/09	MAO	SPB	100	0	0	0	0
IPANE	13/5/09	15/5/09	SUA	SSA	0	0	85	0	0
IPANE	13/5/09	18/5/09	SUA	SPB	200	0	0	0	0

Figura 6.6 – Resultados obtidos a partir da movimentação elaborada pela Hamburg Süd - transporte marítimo de vazios

VAZIOS MOVIMENTADOS						
TIPO DE CONTÊINER	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	TOTAL
QUANTIDADES	950	10	135	70	350	1515

Figura 6.7 – Resultados obtidos a partir da movimentação elaborada pela Hamburg Süd - quantidade de vazios movimentados

CUSTOS DE MOVIMENTAÇÃO	
MARÍTIMA	6.067.600
CARREGAMENTO/ DESCARREGAMENTO	1.330.930
TOTAL	7.398.530

Figura 6.8 – Resultados obtidos a partir da movimentação elaborada pela Hamburg Süd - custos de movimentação

novamente os valores de estoques mínimos desejados ao final do horizonte de planejamento, considerados para a resolução do modelo proposto, enquanto que a Tabela 6.13 apresenta os valores resultantes da movimentação da Hamburg Süd. Os valores apresentados em negrito representam que o estoque final atingido, não atende ao valor mínimo desejado.

A existência de alguns valores negativos indica que, além do não atendimento do estoque mínimo desejado, as demandas por vazios nas datas mais próximas ao final do horizonte não seriam atendidas, o que caracteriza uma situação crítica de não atendimento aos

clientes, prejuízo para a empresa e perda de competitividade no mercado.

Tabela 6.12 – Valores de estoque mínimo desejados ao final do horizonte de planejamento no modelo proposto

ESTOQUE MÍNIMO FINAL													
PORTO TIPO CONTÊNER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	336	324	208	460	224	440	2632	340	64	36	852	168	500
20 RF	0	4	0	8	0	4	168	4	0	0	8	104	196
40 RH	4	44	8	38	2	12	306	282	0	0	86	122	302
40 DC	24	14	12	64	8	8	164	34	6	0	100	6	176
40 HC	434	116	276	278	30	84	1432	398	86	0	486	86	478

Tabela 6.13 – Valores de estoque final atingidos pela movimentação da Hamburg Süd

ESTOQUE MÍNIMO FINAL													
PORTO TIPO CONTÊNER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	993	572	918	1230	327	1020	3625	515	602	450	731	873	233
20 RF	15	-1	18	25	5	24	221	48	0	0	174	-13	-38
40 RH	121	40	215	197	-8	142	152	-292	0	0	80	611	846
40 DC	39	73	105	22	162	139	788	193	83	0	542	56	278
40 HC	1465	431	429	904	173	556	2437	58	30	0	1320	298	1715

Por outro lado, pode-se observar que muitos valores de estoque final ultrapassam bastante o estoque mínimo desejado. Isto também pode ser um problema uma vez que a capacidade de armazenamento do depósito pode ser excedida, o que cria a necessidade de alocação dos vazios em excesso em algum outro depósito, gerando mais custos à empresa.

6.7.2 Resultados da Movimentação de Vazios Obtida pelo Modelo Proposto

Os resultados obtidos através da aplicação do modelo proposto por este trabalho são apresentados nas Figuras 6.9, 6.10, 6.11, 6.12 e 6.13.

É importante ressaltar que, tanto nos resultados fornecidos pela Hamburg Süd, como nos resultados obtidos pelo modelo proposto, as quantidades de vazios movimentados não representam necessariamente a somatória dos fluxos de vazios em cada modal e de aluguel; isto porque o percurso entre dois portos pode envolver vários arcos de transporte marítimo

consecutivos, cujos fluxos não podem ser somados, uma vez que esses arcos representam a sequência de trechos nas rotas percorridas pelos navios entre o porto de origem e de destino dos fluxos de contêineres vazios. Mais especificamente, os valores apresentados correspondem às quantidades de vazios que foram retirados do depósito para serem transportados a outros portos, somadas às quantidades de vazios alugados. Por exemplo: o fluxo total de vazios do tipo 40RH é 892 unidades. No entanto, a quantidade movimentada é de 748 unidades, uma vez que o fluxo de 144 unidades entre Rio Grande (RIG) e Paranaguá (PNG) no navio IPANE é o mesmo fluxo de 150 unidades entre Buenos Aires (BUE) e Rio Grande (RIG), menos seis vazios que foram descarregados no porto de Rio Grande (RIG).

TRANSPORTE MARÍTIMO DE VAZIOS									
NAVIO	DATA EMBARQUE	DATA DESEMBARQUE	PORTO EMBAR	PORTO DESEMBARQUE	FLUXO DE CONTÊNERES VAZIOS				
					20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALBRA	10/5/09	14/5/09	BUE	PNG	0	0	150	0	0
ALBRA	12/5/09	14/5/09	RIG	PNG	0	0	0	0	340
ALBRA	15/5/09	15/5/09	PNG	SSZ	0	42	0	0	0
ALBRA	23/5/09	25/5/09	SUA	PEC	0	4	0	0	0
ALMAN	14/5/09	19/5/09	MAO	PEC	0	1	0	0	0
ALMAN	25/5/09	26/5/09	SPB	SSZ	0	20	0	0	0
ALMAN	25/5/09	26/5/09	SPB	SSZ	0	0	27	0	0
ALMAR	9/5/09	11/5/09	SUA	PEC	0	0	4	0	0
ALMAR	27/5/09	29/5/09	SUA	SSA	0	0	0	5	0
ALSAN	11/5/09	12/5/09	SPB	SSZ	0	0	40	0	0
ALSAN	12/5/09	13/5/09	SSZ	SFS	0	0	0	0	106
ALSAN	17/5/09	21/5/09	BUE	PNG	0	0	150	0	0
COPAC	7/5/09	11/5/09	SUA	SSZ	0	0	49	0	0
COPAC	12/5/09	16/5/09	SSZ	MVD	0	127	0	0	88
COPAC	22/5/09	23/5/09	SPB	VIX	0	0	3	0	0
FLAME	8/5/09	9/5/09	SPB	VIX	0	0	2	0	0
FLAME	10/5/09	11/5/09	VIX	SSA	0	0	0	37	0
FLAME	14/5/09	18/5/09	SUA	SSZ	0	16	0	0	0
FLAME	14/5/09	18/5/09	SUA	SSZ	0	0	8	0	0
FLAME	29/5/09	30/5/09	SPB	VIX	0	0	5	0	0
IPANE	18/5/09	19/5/09	SPB	SSZ	0	0	30	0	0
IPANE	21/5/09	23/5/09	SFS	BUE	0	2	0	0	0
IPANE	21/5/09	23/5/09	SFS	BUE	417	0	0	0	0
IPANE	24/5/09	26/5/09	BUE	RIG	0	0	150	0	0
IPANE	26/5/09	28/5/09	RIG	PNG	0	0	144	0	0

Figura 6.9 – Resultados obtidos através do modelo proposto - transporte marítimo de vazios

TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE VAZIOS								
PERÍODO ORIGEM	PERÍODO DESTINO	PORTO ORIGEM	PORTO DESTINO	FLUXO DE CONTÊNERES VAZIOS				
				20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
18/5/09	19/5/09	PNG	SFS	0	2	0	0	0

Figura 6.10 – Resultados obtidos através do modelo proposto - transporte rodoviário de vazios

ALUGUEL DE VAZIOS						
DATA	PORTO	FLUXO DE CONTÊNERES VAZIOS				
		20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
19/5/09	RIG	121	0	0	0	0
16/5/09	BUE	0	232	0	0	0
28/5/09	PNG	0	0	130	0	0

Figura 6.11 – Resultados obtidos através do modelo proposto - aluguel de vazios

VAZIOS MOVIMENTADOS						
TIPO DE CONTÊINER	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	TOTAL
QUANTIDADES	538	446	748	42	534	2308

Figura 6.12 – Resultados obtidos através do modelo proposto - quantidade de vazios movimentados

CUSTOS DE MOVIMENTAÇÃO	
MARÍTIMA	4.392.850
CARREGAMENTO/ DESCARREGAMENTO	1.329.090
TERRESTRE	450
ALUGUEL	1.348.600
TOTAL	7.070.990

Figura 6.13 – Resultados obtidos através do modelo proposto – custos total de movimentação

A aplicação do modelo proposto realizada para a comparação entre os resultados computacionais e aqueles obtidos computacionalmente não consideram a possibilidade de alteração nos cronogramas de viagem fornecidos para os navios. Logo, com o objetivo de mostrar como estas alterações afetariam os resultados para o problema real de Hamburg Süd, foram então realizadas, para este mesmo problema, rodadas do modelo proposto considerando, agora, as incertezas nas chegadas e partidas dos navios. Foram adotados valores de probabilidades de 10% e 1% para os atrasos e adiantamentos, respectivamente; os quais foram obtidos através da observação dos atrasos e adiantamentos ocorridos efetivamente entre o período analisado para a aplicação do modelo.

Os resultados em relação ao custo total e à movimentação global de vazios estão apresentados na Figura 6.14, as planilhas contendo os resultados detalhados da movimentação marítima de vazios são apresentadas no Anexo IV.

Rodadas	Total de Vazios Movimentados			Custo Total
	Marítimo	Terrestre	Aluguel	
Rodada1	2318	2	474	7090658
Rodada2	2849	7	474	7047368
Rodada3	2339	4	474	7050843
Rodada4	2456	3	460	7072263
Rodada5	2691	2	474	7090658
Rodada6	2497	5	474	7045862
Rodada7	2314	2	474	7053423
Rodada8	2242	3	474	7035103
Rodada9	2300	3	474	7072701
Rodada10	2408	5	474	7045862

Figura 6.14 – Planilha de Resumo das Rodadas - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd

6.7.3 Análise dos Resultados

Os resultados obtidos através do modelo de otimização proposto para o problema real de movimentação de vazios da Hamburg Süd mostraram uma redução de aproximadamente 4,2% no custo total, em relação ao resultado obtido pela Hamburg Süd, o que representaria uma economia de R\$ 327.540,00. Em relação ao total de vazios movimentados, a diferença foi de 793 unidades, a mais, para o resultado obtido computacionalmente.

Observe-se que, embora a quantidade de vazios movimentados pelo modelo tenha sido maior que o resultado da Hamburg Süd, o custo total de movimentação foi menor. É um dado curioso, que tem explicação no fato de estas unidades vazias permanecerem embarcadas nos navios por mais trechos na solução resultante da Hamburg Süd do que na solução fornecida pelo modelo. Isto é, os percursos marítimos totais percorridos pelas unidades movimentadas pelo modelo são mais curtos, o que acaba por reduzir o custo total.

Vale a pena ressaltar que os resultados da Hamburg Süd, utilizados para comparação, consideram apenas os vazios transportados pelos serviços considerados na aplicação do modelo (SLING 1 e SLING 2). No entanto, as demandas dos portos da cabotagem internacional também são atendidas por outros serviços, conforme citado anteriormente, o que pode justificar o fato de o modelo proposto ter movimentado uma quantidade maior de vazios.

Outra consideração importante diz respeito ao estoque final desejado em cada porto. A determinação manual das quantidades a serem transportadas prioriza o atendimento das demandas nos portos e só então, dependendo da disponibilidade espaço para o transporte, busca a movimentação de vazios para garantir um estoque seguro nos depósitos. O modelo proposto, no entanto, dá o mesmo grau de importância para estas duas condições, já que as duas têm de ser satisfeitas simultaneamente. Isto garante um estoque de segurança e evita que demandas futuras não possam ser atendidas. Em outras palavras, o modelo proposto assegurou a manutenção dos estoques finais, o que elevaria ainda mais o custo total da solução manual, caso essa restrição tivesse sido considerada.

Os resultados obtidos para a aplicação do modelo considerando as incertezas na programação dos navios mostram uma variação de 21% para a quantidade de vazios

movimentada por transporte marítimo e de, aproximadamente, 0,8% para o custo total da movimentação, o que é coerente com os resultados apresentados nos testes realizados no Capítulo 5 – Estruturação do Modelo em Ambiente de Planilha, pois também mostram a relevância da incerteza em relação à sua influência nos fluxos de vazios resultantes e sugere a robustez do modelo em relação à busca por soluções ótimas de menor custo.

6.8 Nova Análise Considerando Custos do Transporte Marítimo Variáveis com a Distância Percorrida

Uma nova comparação entre os resultados obtidos para a empresa Hamburg Süd e os obtidos pelo modelo proposto será realizada considerando, agora, uma nova forma de obtenção dos custos unitários do transporte marítimo de vazios: serão adotados os valores de custos unitários por milha náutica navegada pelos navios, os quais estão apresentados na Tabela 6.14.

Tabela 6.14– Custo unitário (por milha) do transporte marítimo da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CUSTO UNITÁRIO DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE VAZIOS					
TIPO DE CONTÊINER	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
VALOR (R\$)	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80

Os custos apresentados representam a somatória dos custos envolvidos no transporte marítimo de um contêiner e foram estimados, a partir dos dados fornecidos pela Hamburg Süd, de forma semelhante ao custo considerado anteriormente, sendo que apenas o passo 3 apresenta alterações:

1. Para um determinado serviço (SLING) realizado pela empresa, foram calculados, para todos os navios em suas rotas completas, os valores totais de custos com combustível, portuários e administrativos;
2. Este valor total foi dividido pelo número de navios que atendiam a este serviço, obtendo-se assim o custo médio total do transporte marítimo de contêineres por navio;
3. O valor obtido foi então dividido pela distância total (em milhas náuticas) percorrida pelo

navio durante a realização de seu ciclo, obtendo-se então o custo médio, por milha navegada, do transporte marítimo de contêineres;

4. Finalmente, o valor obtido é dividido pela capacidade, em “*slots*” do navio. O resultado é o custo médio do transporte marítimo de um “*slot*”, por milha navegada.

Para aplicação do modelo, serão utilizados os custos correspondentes a cada trecho percorrido pelo navio. A obtenção destes valores é muito simples, uma vez que basta multiplicar o custo por milha de cada tipo de vazio pela distância percorrida em cada trecho atendido pelos serviços da cabotagem internacional da Hamburg Süd, conforme indicam as tabelas V.1, V.2 e V.3, do Anexo V.

6.8.1 Resultados da Movimentação de Vazios Elaborada pela Hamburg Süd Considerando Custos do Transporte Marítimo Variáveis com a Distância Percorrida

Aos resultados obtidos a partir da movimentação elaborada manualmente pelos profissionais da Hamburg Süd são agora aplicados os novos custos de transportes marítimos adotados. Somente a parcela do custo total referente à movimentação de vazios é alterado, conforme mostrado na Figura 6.15. As quantidades de vazios movimentadas, obviamente, permanecem as mesmas já apresentadas nas Figuras 6.6 e 6.7.

CUSTOS DE MOVIMENTAÇÃO	
MARÍTIMA	3.352.098
CARREGAMENTO/ DESCARREGAMENTO	1.330.930
TOTAL	4.683.028

Figura 6.15 – Resultados obtidos a partir da movimentação elaborada pela Hamburg Süd (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - custos de movimentação

6.8.2 Resultados da Movimentação de Vazios Obtida pelo Modelo Proposto Considerando Custos do Transporte Marítimo Variáveis com a Distância Percorrida

Os resultados obtidos através da aplicação do modelo proposto, considerando os novos custos do transporte marítimo são apresentados nas Figuras 6.16, 6.17, 6.18, 6.19 e 6.20.

TRANSPORTE MARÍTIMO DE VAZIOS									
NAVIO	DATA EMBARQUE	DATA DESEMBAR	PORTO EMBARQUE	PORTO DESEMBAR	FLUXO DE CONTÊINERES VAZIOS				
					20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALBRA	6/5/09	7/5/09	SSZ	SFS	0	40	0	0	106
ALBRA	7/5/09	10/5/09	SFS	BUE	0	40	0	0	0
ALBRA	10/5/09	15/5/09	BUE	PNG	0	0	150	0	0
ALBRA	23/5/09	25/5/09	SUA	PEC	0	5	4	0	0
ALEUR	4/5/09	8/5/09	RIG	SSZ	0	63	0	0	0
ALMAN	17/5/09	30/5/09	SFS	BUE	417	0	0	0	0
ALMAN	22/5/09	25/5/09	SSA	SPB	0	17	24	0	0
ALMAN	25/5/09	27/5/09	SPB	SSZ	0	0	150	0	0
ALMAN	25/5/09	30/5/09	SPB	BUE	0	37	0	0	0
ALMAN	27/5/09	27/5/09	SSZ	SFS	0	0	107	0	0
ALMAR	27/5/09	29/5/09	SUA	SSA	0	0	0	42	0
ALSAN	14/5/09	19/5/09	SFS	RIG	121	0	0	0	0
ALSAN	17/5/09	19/5/09	BUE	RIG	0	0	150	0	0
ALSAN	19/5/09	21/5/09	RIG	PNG	0	0	144	0	0
COPAC	7/5/09	11/5/09	SUA	SSZ	0	12	0	0	0
COPAC	12/5/09	16/5/09	SSZ	MVD	0	124	0	0	88
COPAC	16/5/09	22/5/09	MVD	SPB	0	0	52	0	0
COPAC	22/5/09	23/5/09	SPB	VIX	0	0	3	0	0
FLAME	8/5/09	9/5/09	SPB	VIX	0	0	2	0	0
FLAME	14/5/09	23/5/09	SUA	MVD	0	3	0	0	0
FLAME	14/5/09	19/5/09	SUA	SSZ	0	0	111	0	0
FLAME	29/5/09	30/5/09	SPB	VIX	0	0	5	0	0
IPANE	18/5/09	20/5/09	SPB	SFS	0	0	23	0	0
IPANE	22/5/09	23/5/09	SFS	BUE	0	4	0	0	0
IPANE	26/5/09	28/5/09	RIG	PNG	0	0	144	0	340
IPANE	24/5/09	28/5/09	BUE	PNG	0	0	150	0	0

Figura 6.16 – Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - transporte marítimo de vazios

TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE VAZIOS								
PERÍODO ORIGEM	PERÍODO DESTINO	PORTO ORIGEM	PORTO DESTINO	FLUXO DE CONTÊINERES VAZIOS				
				20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
4/5/09	5/5/09	PNG	SFS	0	40	0	0	0
11/5/09	12/5/09	PNG	SFS	0	0	0	0	0
18/5/09	19/5/09	PNG	SFS	0	4	0	0	0
20/5/09	21/5/09	SFS	IBB	0	0	23	0	0
27/5/09	28/5/09	SFS	IBB	0	0	100	0	0
28/5/09	29/5/09	SFS	IBB	0	0	7	0	0

Figura 6.17 – Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - transporte rodoviário de vazios

ALUGUEL DE VAZIOS						
DATA	PORTO	FLUXO DE CONTÊINERES VAZIOS				
		20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
30/5/09	BUE	0	153	0	0	0

Figura 6.18 – Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - aluguel de vazios

VAZIOS MOVIMENTADOS						
TIPO DE CONTÊINER	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	TOTAL
QUANTIDADES	538	293	904	42	534	2311

Figura 6.19– Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) - quantidade de vazios movimentados

CUSTOS DE MOVIMENTAÇÃO	
MARÍTIMA	2.250.504
CARREGAMENTO/ DESCARREGAMENTO	1.579.630
TERRESTRE	81.400
ALUGUEL	336.600
TOTAL	4.248.134

Figura 6.20 – Resultados obtidos através do modelo proposto (custos do transporte marítimo variáveis com a distância percorrida) – custos de movimentação

Nesta nova condição os resultados obtidos computacionalmente para o problema real de movimentação de vazios da Hamburg Süd, através da aplicação do modelo proposto, mostraram que o custo total da movimentação foi cerca de 9,3% menor em relação ao resultado obtido pela Hamburg Süd, representando uma economia de R\$434.894,00. Em relação ao total de vazios movimentados, a diferença foi de 796 unidades, a mais, para a movimentação resultante da aplicação do modelo.

Comparando-se os resultados desta nova condição com aqueles obtidos quando o custo do transporte marítimo era calculado por trecho e não por milha navegada percebe-se que o custo total da movimentação obtido pelo modelo proposto foi reduzido em 39% (de R\$7.070.990,00 para R\$4.248.134,00), enquanto o custo obtido pela Hamburg Süd sofreu uma redução de 37% (de R\$7.398.530,00 para R\$4.683.028,00).

Conforme explicado anteriormente, nos resultados fornecidos pela Hamburg Süd as unidades vazias permanecem embarcadas nos navios por mais trechos do que as unidades movimentadas pelo modelo e, portanto, por maior distância, o que contribui no aumento entre as diferenças dos dois custos totais obtidos, uma vez que os custos unitários do transporte marítimo de vazios podem chegar a até R\$818,00, por “slot”, no trecho entre Manaus e Suape, por exemplo. Além disso, nesta nova condição, a quantidade de vazios alugados diminuiu de 483 para 153, resultando em uma economia de mais de R\$1.200,00.

7. CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O problema da movimentação de vazios que busca o atendimento das demandas de clientes, ao menor custo, considerando todas as suas restrições é um problema complexo. A grande competitividade existente entre as empresas de navegação e a necessidade crescente de um atendimento mais eficiente de seus clientes faz com que uma política de gerenciamento adequada seja imprescindível.

O desequilíbrio entre as demandas e ofertas de vazios nos portos, resultante da natureza de exportação ou importação de cada um deles, e o fato de o contêiner vazio não gerar nenhum lucro direto à empresa de navegação torna de suma importância o desenvolvimento de um sistema que permita otimizar a movimentação de vazios, permitindo a redução dos custos das operações e o aumento da eficiência, da confiabilidade e da qualidade dos serviços oferecidos.

O modelo proposto neste trabalho buscou garantir o atendimento dos pontos de demanda, ao menor custo possível, através da redistribuição de vazios provenientes dos pontos com excesso de oferta; considerando a possibilidade de aluguel quando os vazios disponíveis na cadeia logística não forem suficientes. Trata-se de um modelo de fluxo em rede multi-produto bastante flexível, em termos do tratamento das restrições, e que considera o transporte marítimo e terrestre de vazios, além da possibilidade de aluguel dos mesmos dentro de um horizonte de planejamento determinado, tão longo quanto se queira.

Para a resolução do modelo, foi utilizado o programa Microsoft® Excel, para conter a base de dados, em interação com o software de otimização What'sBest!® 9.0 e sua verificação deu-se através de testes em problemas reduzidos, os quais permitiram a determinação da solução manualmente para comparação com as soluções computacionais.

O cenário “Variação 4” extraído de Rezende (2003) também foi utilizado como problema de teste para o modelo, os resultados mostraram-se qualitativamente semelhantes ao de Rezende (2003) em relação à não utilização do transporte marítimo e à grande quantidade de vazios alugados. O resultado obtido para o custo total da movimentação foi aproximadamente 0,8% menor, provavelmente devido a diferenças intrínsecas às modelagens quando estas são implementadas computacionalmente, uma vez que os métodos

de resolução são diferentes. Os resultados, então, sugeriram que o modelo proposto por este trabalho e a utilização do software de otimização What'sBest!® 9.0 são adequados e confiáveis em relação ao fornecimento de soluções de menores custos para o problema da movimentação de contêineres vazios.

Além disso, os resultados obtidos para os testes considerando incertezas nas programações dos navios mostraram o quanto a incerteza em relação à programação dos navios pode afetar os fluxos resultantes e sugeriram a robustez do modelo em relação à busca por soluções ótimas de menor custo, a partir da comparação entre os custos totais da movimentação resultantes em cada rodada das instâncias de teste propostas.

Por fim, a aplicação do modelo a um problema real da empresa Hamburg Süd permitiu mostrar a enorme flexibilidade do modelo em relação à incorporação de novas restrições, uma vez que algumas situações do cotidiano da movimentação de vazios foram abordadas e facilmente tratadas pelo modelo, como, por exemplo, a determinação de estoques ao final do horizonte de planejamento e o tratamento dado pela empresa às restrições de capacidades dos navios.

Os resultados obtidos computacionalmente para o problema real de movimentação de vazios da Hamburg Süd, através da aplicação do modelo proposto foram comparados aos resultados obtidos manualmente pelos profissionais da empresa e mostraram uma redução de aproximadamente 4,2% no custo total, e uma diferença de 793 unidades, a mais, de vazios movimentados para o resultado obtido computacionalmente, considerando o custo do transporte marítimo de vazios por trecho navegado. Esta redução significativa no custo total resultante da movimentação indica que o modelo proposto apresenta grande vantagem competitiva em relação à obtenção manual de soluções e que, com as adaptações necessárias, certamente seria uma ferramenta de grande valor para as companhias de navegação.

Quando considerado o custo do transporte marítimo por milha náutica navegada, ao invés do custo por trecho, a diferença entre os resultados obtidos é ainda mais significativa para o modelo proposto: 9,3% de redução em relação ao custo total e uma diferença de 796 unidades, a mais, movimentadas em comparação aos resultados obtidos pela Hamburg Süd.

A flexibilidade do modelo em face à incorporação de diferentes restrições e o desenvolvimento de uma interface para o usuário, a qual apresenta extrema facilidade de preenchimento dos dados de entrada e clareza de compreensão dos resultados são as grandes contribuições deste trabalho, uma vez a ferramenta de solução desenvolvida poderá efetivamente ser utilizada e contribuir para o aumento da eficiência e para a redução de custos das operações logísticas envolvidas na movimentação de vazios.

Uma possível extensão do modelo proposto nesta dissertação seria a inserção dos serviços de navegação que não fazem parte da cabotagem analisada, mas que, no entanto, atendem também a alguns portos da mesma e possuem embarque e desembarque de contêineres vazios programados para esses portos, o que acaba por influenciar nos seus valores de demanda e oferta, tal como se verificou ocorrer no problema real da empresa Hamburg Süd, apresentado neste trabalho.

Outra possível extensão seria a consideração da possibilidade de substituir um tipo de contêiner por outro (por exemplo, dois contêineres de 20 pés no lugar de um de 40 pés), de acordo com o que ocorre na prática quando há falta de um determinado tipo de contêiner em um dado porto e é difícil trazer vazios desse mesmo tipo de outro porto. Além disso, outros dois problemas comuns enfrentados pelas companhias de navegação também poderiam ser considerados: a decisão de quando e onde devolver vazios alugados, quando houver um excesso de vazios disponíveis no sistema; e o dimensionamento da frota de contêineres necessários para operar um dado conjunto de portos, ou seja, a partir das demandas e ofertas disponíveis, assim como da previsão de demandas futuras, determinar a quantidade de contêineres vazios necessários para garantir o atendimento aos clientes e então otimizar a movimentação desses vazios no sistema considerado.

Nesse contexto, outra oportunidade seria integrar as decisões de movimentação de contêineres vazios com as decisões de selecionar os clientes e cargas a serem atendidos. Isso ocorre principalmente em cenários onde a demanda é maior que a capacidade de transporte, por motivos diversos, incluindo, por exemplo, um aumento sazonal da demanda, ou uma diminuição da oferta em decorrência da necessidade de docagem de navios.

REFERÊNCIAS

AHUJA, R.K., CUNHA, C.B., SAHIN, G. **Network Models in Railroad Planning and Scheduling**. In: *Tutorials in Operations Research*. 2005, H.J. Greenberg, J. Cole Smith (eds), Informs, Hanover, MD, p. 54-101, 2005.

BANDEIRA, D.L. **Alocação e Movimentação de Contêineres Vazios e Cheios - Um Modelo Integrado e sua Aplicação**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

BARCO, B.L. **A Logística do Contêiner Vazio**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Naval da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

CHEUNG, R.K., CHEN, C.Y. **A Two-Stage Stochastic Network Model and Solution Methods for the Dynamic Empty Container Allocation Problem**. *Transportation Science* 32(2), 142-162, 1998.

CHOONG, S. T., COLE, M. H., KUTANOGLU, E. **Empty Container Management for Intermodal Transportation Networks**. *Transportation Research part E* 38(6), 423-438, 2002.

CRAINIC, T.G., LAPORTE, G. **Planning Models for Freight Transportation**. *European Journal of Operational Research* 97, 409–438, 1997.

CRAINIC, T.G., DEJAX, P., GENDREAU, M. **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. **Dynamic and Stochastic Models for the Allocation of Empty Containers**. *Operations Research* 41(1), 102-126, 1993.

DEJAX, P., CRAINIC, T.G. **A Review of Empty Flows and Fleet Management Models in Freight Transportation**. *Transportation Science* 21 (4), 227–247, 1987.

DONG, J. -X., SONG, D.-P. **Container Fleet Sizing and Empty Repositioning in Liner Shipping Systems**. Transportation Research part E, 2009, doi: 10.1016/j.tre.2009.05.001.

FLOREZ, H. **Empty Container Repositioning and Leasing: an Optimization Model**. Ph.D. Dissertation, Polytechnic Institute of New York. New York, 1986.

FRANCESCO, M., CRAINIC, T. G., ZUDDAS, P. **The Effect of Multi-Scenario Policies on Empty Container Repositioning**. Transportation Research part E 45, 758-770, 2009.

GAO, Q. **An Operational Approach for Container Control in Liner Shipping**. Logistic & Transportation Review 30(3), 267-282, 1994.

GOLDBARG, M.C. **Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

GUILTINAN J.P., NWOKOYE N.G. **Developing Distribution Channels and Systems in the Emerging Recycling Industries**. International Journal of Physical Distribution 6(1), 28-38, 1975.

IMAI, A., RIVERA, F. **Strategic Fleet Size Planning for Maritime Refrigerated Containers**. Maritime Policy and Management 28(4), 361-374, 2001.

KROON, L. VRIJENS, G. **Returnable Containers: an Example of Reverse Logistics**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 25(2), 56-68, 1995.

LAI, K. K., LAM, K., CHAM, W. K. **Shipping Container Logistics and Allocation**. Journal of the Operational Research Society, 46(6), 687-697, 1995.

LAM, S. W., LEE, L. H., TANG, L. C. **An Approximate Dynamic Programming Approach for the Empty Container Allocation Problem**. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 15(4), 265-277, 2007.

LI, J. A., LIU, K., LEUNG, S. C. H., LAI, K. K. **Empty Container Management in a Port with Long-run Average Criterion**. Mathematical and Computer Modelling 40(1-2), 85-

100, 2004.

LI, J. A., LEUNG, S. C. H., WU, Y., LIU, K. **Allocation of Empty Containers Between Multi-ports**. European Journal of Operational Research, 182(1), 400-412, 2007.

OLIVEIRA, R. C. F., RODEIRO, P. F., BARCO, B. L., BRINATI, M. A. **A Logística do Contêiner Vazio: Adaptação e Melhoria**. Trabalho de Formatura. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

PRESTON, P., KOZAN, E. **A Tabu Search Technique Applied to Scheduling Container Transfers**. Transportation Planning and Technology 24(2), 135-153, 2001.

REZENDE, L. B. **A Logística do Contêiner Vazio, Uma Nova Abordagem**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Naval. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

ROI. **Profit Optimization for Container Carriers**. 2002 <http://www.imsworldgroup.com/Downloads/ROI%20Product@Services%20v1.8.pdf>

SAMPAIO, L. M. D. **Alocação de Contêineres Vazios para a Logística Reversa do Transporte de Carga**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2001.

SHEN, W.S., KHOONG, C.M. **A DSS for Empty Container Distribution Planning**. Decision Support Systems 15, 75-82, 1995.

SHINTANI, K., IMAI, A., NISHIMURA, E., PAPADIMITRIOU, S. **The Container Shipping Network Design Problem with Empty Container Repositioning**. Transportation Research Part E, 39-59, 2007.

SOUZA, F. C. G. **Procedimentos para Alocação de Contêineres Vazios no Transporte Marítimo**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.

STEENKEN, D., VOB, S., STAHLBOCK, R. **Container Terminal Operation and Operations Research: A Classification and Literature Review**. Operations Research-Spektrum, 26, str. 3-49, 2004.

TALEB-IBRAHIMI, M., CASTILHO, B., DAGANZO, C.F. **Storage Space vs Handling Work in Container Terminals**. Transportation Research Part B - Methodological 27(1), 13-32, 1993.

UNCTAD. **Review of Maritime Transport**. United Nations Conference on Trade and Development, Geneva, 2009.

VICENTE, L.N. **Apontamentos de Optimização em Apoio à Decisão**. Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2005.

WANG, B., WANG, Z. **Research on the Optimization of Intermodal Empty Container Reposition of Land-carriage**. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology 7(3), 29-33, 2007.

WHITE, W.W., BOMBERAULT, A.M. **A Network Algorithm for Empty Freight Car Allocation**. IBM Syst. Journal 8, 147-169, 1969.

WHITE, W.W. **Dynamic Transshipment Networks: an Algorithm and its Application to the Distribution of Empty Containers**. Networks 2(3), 211-236, 1972.

WILSON, I.D., ROACH, P.A. **Container Stowage Planning: a Methodology for Generating Computerised Solutions**. Journal of the Operational Research Society 51(11), 1248-1255, 2000.

ANEXO I

Quadro I.1 – Lista de portos considerados no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

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

Quadro I.2 – Lista de contêineres considerados no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

Contêiner insulado com 20 pés de comprimento	IN20
Contêiner padrão com 20 pés de comprimento	DC20
Contêiner padrão com 40 pés de comprimento	DC40
Contêiner de carga seca com 9.5 pés de altura e 40 pés de comprimento	HK40

NAVIO	dia porto	dia porto	dia porto	dia porto	dia porto	dia porto	dia porto	dia porto
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

ALBRA	2 QFS	4 SSZ	5 RIO
--------------	----------	----------	----------

ALEUR	2 SSA	5 SSZ	15 QFS	17 QPB	20 SSZ	22 RIO	25 SUP
--------------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

CABLA	3 QFS	5 SSZ	8 SSA
--------------	----------	----------	----------

CABOT	13 VIX	15 SSZ	26 QFS	30 SSA
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------

CAFIN	26 SSA	29 RIO	30 SSZ
--------------	-----------	-----------	-----------

CAPED	6 VIX	7 SSZ	9 QPB	17 QFS	19 SSZ
--------------	----------	----------	----------	-----------	-----------

CAPOL	20 SSZ	29 QFS	30 QPB
--------------	-----------	-----------	-----------

CAROC	1 SSZ	3 RIO	10 RGR	14 SSZ	18 SSA	19 SUP
--------------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

CATRA	9 SUP	11 RIO	14 SSZ	21 RGR	23 QFS	27 SSZ	29 SSA	30 SUP
--------------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

COLOS	12 RIO	13 SSZ	20 RGR	22 ITJ	24 SSZ	26 RIO	30 FOT
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

COPAC	4 RGR	7 ITJ	9 SSZ	10 RIO	14 FOT
--------------	----------	----------	----------	-----------	-----------

HEICO	1 SSA	2 FOT
--------------	----------	----------

SANMA	4 RIO	5 SSZ	13 RGR	16 SSZ	18 RIO	21 SSA
--------------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

SANMI	1 RGR	2 SSZ	4 RIO	6 SSA
--------------	----------	----------	----------	----------

Figura I.1 – Rotas dos navios consideradas no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

		PORTO									
		FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITJ	RGR
TIPO DE CONTÊNER	IN20	43	166	186	0	5	77	20	118	14	31
	DC20	57	115	210	24	69	554	20	92	13	50
	DC40	3	7	27	0	21	141	32	140	23	64
	HK40	1	1	8	0	23	19	4	38	17	28

Figura I.2 – Estoques iniciais de vazios considerados no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

DIA	NAVIO	PORTO	TIPO DE CONTÊNER				DIA	NAVIO	PORTO	TIPO DE CONTÊNER			
			IN20	DC20	DC40	HK40				IN20	DC20	DC40	HK40
2	HEICO	FOT	-6	-9	-3	0	2	ALEUR	SSA	-154	35	2	1
14	COPAC	FOT	-6	-24	-3	4	6	SANMI	SSA	16	-38	-16	2
30	COLOS	FOT	-6	-25	-9	2	8	CABLA	SSA	8	66	-3	1
7	COPAC	ITJ	0	-5	-4	-3	18	CAROC	SSA	25	-10	-21	3
22	COLOS	ITJ	25	15	-1	9	21	SANMA	SSA	12	-64	-2	-1
2	ALBRA	QFS	-115	-21	-41	-28	26	CAFIN	SSA	20	10	2	3
3	CABLA	QFS	0	-3	-24	26	29	CATRA	SSA	-28	-66	-2	2
15	ALEUR	QFS	-70	-1	-18	-23	30	CABOT	SSA	4	3	1	1
17	CAPED	QFS	124	-16	5	19	1	CAROC	SSZ	2	26	30	2
23	CATRA	QFS	-70	-13	-29	-30	2	SANMI	SSZ	51	-75	-39	-8
26	CABOT	QFS	12	1	-24	0	4	ALBRA	SSZ	-43	-212	-53	4
29	CAPOL	QFS	-54	-17	-29	-30	5	ALEUR	SSZ	2	-57	19	-18
9	CAPED	QPB	9	-16	-2	0	5	CABLA	SSZ	0	0	0	20
17	ALEUR	QPB	-12	-1	0	0	5	SANMA	SSZ	50	0	0	-20
30	CAPOL	QPB	-6	5	4	0	7	CAPED	SSZ	4	52	60	4
1	SANMI	RGR	0	0	0	0	9	COPAC	SSZ	-46	2	29	1
4	COPAC	RGR	-8	5	2	-3	13	COLOS	SSZ	8	104	120	8
10	CAROC	RGR	-3	2	-43	-5	14	CAROC	SSZ	-209	-188	-75	2
13	SANMA	RGR	5	1	-2	-4	14	CATRA	SSZ	-160	-42	45	6
20	COLOS	RGR	5	9	-3	-5	15	CABOT	SSZ	17	26	30	2
21	CATRA	RGR	-14	-6	-13	-5	16	SANMA	SSZ	2	-34	-10	0
3	CAROC	RIO	9	6	2	1	19	CAPED	SSZ	6	18	60	6
4	SANMA	RIO	3	2	1	0	20	ALEUR	SSZ	-28	-94	-15	2
4	SANMI	RIO	0	-26	0	0	20	CAPOL	SSZ	0	0	0	0
5	ALBRA	RIO	-4	-87	-6	0	24	COLOS	SSZ	-12	44	90	3
10	COPAC	RIO	15	-43	2	2	27	CATRA	SSZ	-160	-42	45	6
11	CATRA	RIO	6	4	1	1	30	CAFIN	SSZ	6	78	90	6
12	COLOS	RIO	12	-17	0	1	9	CATRA	SUP	9	18	36	0
18	SANMA	RIO	18	-13	1	2	19	CAROC	SUP	5	-15	28	0
22	ALEUR	RIO	8	-32	-7	1	25	ALEUR	SUP	-34	-18	15	0
26	COLOS	RIO	0	0	0	0	30	CATRA	SUP	-49	-18	-4	0
29	CAFIN	RIO	9	6	2	1	6	CAPED	VIX	0	-23	3	0
1	HEICO	SSA	-1	-28	-5	0	13	CABOT	VIX	0	-13	3	0

Figura I.3 – Balanço de contêineres vazios considerado no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

		PORTO									
		FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITJ	RGR
TIPO DE CONTÊNER	IN20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	DC20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	DC40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	HK40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Figura I.4 – Custo unitário (US\$) de armazenamento de vazios considerado no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

		PORTO									
		FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITJ	RGR
TIPO DE CONTÊNER	IN20	500	800	600	500	600	600	600	500	550	530
	DC20	600	800	650	700	750	500	700	600	650	630
	DC40	760	1000	800	760	900	900	900	770	800	800
	HK40	860	1100	900	860	1000	1000	1000	870	900	900

Figura I.5 – Custo unitário (US\$) do aluguel de vazios considerado no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

PORTO	TIPO DE CONTÊINER	PORTO									
		FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITJ	RGR
FOT	IN20	0	1149	759	531	954	897	867	579	753	678
SUP	IN20	1149	0	1326	1098	1521	1464	1434	1146	1320	1245
SSA	IN20	759	1326	0	708	1131	1074	1044	756	930	855
VIX	IN20	531	1098	708	0	903	846	816	528	702	627
RIO	IN20	954	1521	1131	903	0	1269	1239	951	1125	1050
SSZ	IN20	897	1464	1074	846	1269	0	1182	894	1068	993
QPB	IN20	867	1434	1044	816	1239	1182	0	864	1038	963
QFS	IN20	579	1146	756	528	951	894	864	0	750	675
ITJ	IN20	753	1320	930	702	1125	1068	1038	750	0	849
RGR	IN20	978	1245	855	627	1050	993	963	675	849	0
FOT	DC20	0	1149	759	531	954	897	867	579	753	678
SUP	DC20	1149	0	1326	1098	1521	1464	1434	1146	1320	1245
SSA	DC20	759	1326	0	708	1131	1074	1044	756	930	855
VIX	DC20	531	1098	708	0	903	846	816	528	702	627
RIO	DC20	954	1521	1131	903	0	1269	1239	951	1125	1050
SSZ	DC20	897	1464	1074	846	1269	0	1182	894	1068	993
QPB	DC20	867	1434	1044	816	1239	1182	0	864	1038	963
QFS	DC20	579	1146	756	528	951	894	864	0	750	675
ITJ	DC20	753	1320	930	702	1125	1068	1038	750	0	849
RGR	DC20	978	1245	855	627	1050	993	963	675	849	0
FOT	DC40	0	1662	879	726	1125	1137	1155	759	864	849
SUP	DC40	1662	0	1821	1668	2067	2079	2097	1701	1806	1791
SSA	DC40	879	1821	0	885	1284	1296	1314	918	1023	1008
VIX	DC40	726	1668	885	0	1131	1143	1161	765	870	855
RIO	DC40	1125	2067	1284	1131	0	1542	1560	1164	1269	1254
SSZ	DC40	1137	2079	1296	1143	1542	0	1572	1176	1281	1266
QPB	DC40	1155	2097	1314	1161	1560	1572	0	1194	1299	1284
QFS	DC40	759	1701	918	765	1164	1176	1194	0	903	888
ITJ	DC40	864	1806	1023	870	1269	1281	1299	903	0	993
RGR	DC40	849	1791	1008	855	1254	1266	1284	888	993	0
FOT	HK40	0	1662	879	726	1125	1137	1155	759	864	849
SUP	HK40	1662	0	1821	1668	2067	2079	2097	1701	1806	1791
SSA	HK40	879	1821	0	885	1284	1296	1314	918	1023	1008
VIX	HK40	726	1668	885	0	1131	1143	1161	765	870	855
RIO	HK40	1125	2067	1284	1131	0	1542	1560	1164	1269	1254
SSZ	HK40	1137	2079	1296	1143	1542	0	1572	1176	1281	1266
QPB	HK40	1155	2097	1314	1161	1560	1572	0	1194	1299	1284
QFS	HK40	759	1701	918	765	1164	1176	1194	0	903	888
ITJ	HK40	864	1806	1023	870	1269	1281	1299	903	0	993
RGR	HK40	849	1791	1008	855	1254	1266	1284	888	993	0

Figura I.6 – Custo unitário (US\$) do transporte marítimo de vazios considerado no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

PORTO	TIPO DE CONTÊINER	PORTO									
		FOT	SUP	SSA	VIX	RIO	SSZ	QPB	QFS	ITJ	RGR
FOT	IN20	0	2340	3750	6000	7500	9000	9000	9000	9000	9000
SUP	IN20	2340	0	2400	4500	6000	9000	9000	9000	9000	9000
SSA	IN20	3750	2400	0	2550	3900	4800	9000	9000	9000	9000
VIX	IN20	6000	4500	2550	0	1650	2100	2700	3600	9000	9000
RIO	IN20	7500	6000	3900	1650	0	1050	1800	2700	3000	3900
SSZ	IN20	9000	9000	4800	2100	1050	0	780	840	900	2700
QPB	IN20	9000	9000	9000	2700	1800	780	0	750	540	2100
QFS	IN20	9000	9000	9000	3600	2700	840	750	0	360	1500
ITJ	IN20	9000	9000	9000	9000	3000	900	540	360	0	1350
RGR	IN20	9000	9000	9000	9000	3900	2700	2100	1500	1350	0
FOT	DC20	0	2340	3750	6000	7500	9000	9000	9000	9000	9000
SUP	DC20	2340	0	2400	4500	6000	9000	9000	9000	9000	9000
SSA	DC20	3750	2400	0	2550	3900	4800	9000	9000	9000	9000
VIX	DC20	6000	4500	2550	0	1650	2100	2700	3600	9000	9000
RIO	DC20	7500	6000	3900	1650	0	1050	1800	2700	3000	3900
SSZ	DC20	9000	9000	4800	2100	1050	0	780	840	900	2700
QPB	DC20	9000	9000	9000	2700	1800	780	0	750	540	2100
QFS	DC20	9000	9000	9000	3600	2700	840	750	0	360	1500
ITJ	DC20	9000	9000	9000	9000	3000	900	540	360	0	1350
RGR	DC20	9000	9000	9000	9000	3900	2700	2100	1500	1350	0
FOT	DC40	0	3900	7200	10500	18000	18000	18000	18000	18000	18000
SUP	DC40	3900	0	3300	8100	10500	18000	18000	18000	18000	18000
SSA	DC40	7200	3300	0	4650	7800	10500	18000	18000	18000	18000
VIX	DC40	10500	8100	4650	0	3000	4650	6000	6300	6600	10500
RIO	DC40	18000	10500	7800	3000	0	1800	3000	3300	3600	6000
SSZ	DC40	18000	18000	10500	4650	1800	0	1500	1560	1650	4500
QPB	DC40	18000	18000	18000	6000	3000	1500	0	750	900	3600
QFS	DC40	18000	18000	18000	6300	3300	1560	750	0	540	3300
ITJ	DC40	18000	18000	18000	6600	3600	1650	900	540	0	2700
RGR	DC40	18000	18000	18000	10500	6000	4500	3600	3300	2700	0
FOT	HK40	0	3900	7200	10500	18000	18000	18000	18000	18000	18000
SUP	HK40	3900	0	3300	8100	10500	18000	18000	18000	18000	18000
SSA	HK40	7200	3300	0	4650	7800	10500	18000	18000	18000	18000
VIX	HK40	10500	8100	4650	0	3000	4650	6000	6300	6600	10500
RIO	HK40	18000	10500	7800	3000	0	1800	3000	3300	3600	6000
SSZ	HK40	18000	18000	10500	4650	1800	0	1500	1560	1650	4500
QPB	HK40	18000	18000	18000	6000	3000	1500	0	750	900	3600
QFS	HK40	18000	18000	18000	6300	3300	1560	750	0	540	3300
ITJ	HK40	18000	18000	18000	6600	3600	1650	900	540	0	2700
RGR	HK40	18000	18000	18000	10500	6000	4500	3600	3300	2700	0

Figura I.7 – Custo unitário (US\$) do transporte rodoviário de vazios considerado no cenário “Variação 4” de Rezende (2003)

ANEXO II

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada1				Rodada2				Rodada3				Rodada4			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 10% de Atraso e Adiantamento

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada5				Rodada6				Rodada7				Rodada8			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	VIX	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 10% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada9				Rodada10				Rodada11				Rodada12			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 10% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada13				Rodada14				Rodada15				Rodada16			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 10% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada17				Rodada18				Rodada19				Rodada20			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 10% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada1				Rodada2				Rodada3				Rodada4			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.2 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 50% de Atraso e Adiantamento

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada5				Rodada6				Rodada7				Rodada8			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	0	30	40	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.2 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 50% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada9				Rodada10				Rodada11				Rodada12			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	0	30	40	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	VIX	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.2 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 50% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada13				Rodada14				Rodada15				Rodada16			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.2 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 50% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada17				Rodada18				Rodada19				Rodada20			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	0	30	40	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Heico	VIX	VIX	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	20
Heico	VIX	SSA	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	20
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.2 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 50% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada1				Rodada2				Rodada3				Rodada4			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	0	30	40	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	10
Heico	SUA	VIX	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Heico	VIX	VIX	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.3 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 90% de Atraso e Adiantamento

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada5				Rodada6				Rodada7				Rodada8			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	0	30	40	0	0	30	40	0	0	30	40	0	0	30	40	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	10	0	30	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Heico	VIX	VIX	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.3 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 90% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada9				Rodada10				Rodada11				Rodada12			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	0	30	40	0	0	30	40	0	40	30	50	0	0	30	40	0
Heico	SUA	SUA	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	10
Heico	SUA	VIX	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Heico	VIX	SSA	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.3 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 90% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada13				Rodada14				Rodada15				Rodada16			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	0	30	40	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.3 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 90% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada17				Rodada18				Rodada19				Rodada20			
			RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40	RF20	DC20	DC40	RH40
Heico	FOT	SUA	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0	40	30	50	0
Heico	SUA	SUA	0	0	0	0	0	30	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Heico	SUA	VIX	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Heico	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
Heico	VIX	SSA	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	20	0	0	0	20
Albra	SUA	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Albra	RIO	VIX	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Aleur	FOT	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	VIX	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	RIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	RIO	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Cafin	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafin	SUA	FOT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanmi	SSA	RIO	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura II.3 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para Probabilidades 90% de Atraso e Adiantamento (continuação)

Número de Portos	5	Atraso Máximo (dias)	2
Número de Períodos	11	Adiantamento Máximo (dias)	1
Data de Início	10/9/09		
Data de Término	20/9/09		

Lista de Portos	Lista de Contêineres	Lista de Navios
FOT	RF20	HEICO
SUA	DC20	ALBRA
SSA	DC40	ALEUR
VIX	RH40	CAFIN
RIO		SANMI

[Continuar](#)

Figura II.4 – Dados de Entrada da Interface – Dados Primários

Navio	Data de Embarque	Porto de Embarque	Data de Descarga	Porto de Descarga	Tempo de Viagem
Heico	10/9/2009	FOT	11/9/2009	SUA	1
Heico	11/9/2009	SUA	12/9/2009	SUA	1
Heico	12/9/2009	SUA	15/9/2009	VIX	3
Heico	15/9/2009	VIX	16/9/2009	VIX	1
Heico	16/9/2009	VIX	19/9/2009	SSA	3
Albra	10/9/2009	SUA	13/9/2009	RIO	3
Albra	13/9/2009	RIO	16/9/2009	RIO	3
Albra	16/9/2009	RIO	17/9/2009	VIX	1
Aleur	12/9/2009	FOT	14/9/2009	VIX	2
Cafin	13/9/2009	VIX	14/9/2009	RIO	1
Cafin	14/9/2009	RIO	15/9/2009	RIO	2
Cafin	15/9/2009	RIO	17/9/2009	SSA	2
Cafin	17/9/2009	SSA	18/9/2009	SSA	3
Cafin	18/9/2009	SSA	19/9/2009	SUA	1
Cafin	19/9/2009	SUA	20/9/2009	FOT	1
Sanmi	13/9/2009	SSA	16/9/2009	RIO	3

Figura II.5 – Dados de Entrada da Interface – Dados do Transporte Marítimo - Programação dos navios

RF20		DC20		DC40		RH40		Capacidade Global (unidades)
Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	
50	100	20	300	50	150	20	100	500
50	100	20	300	50	150	20	100	500
50	100	20	300	50	150	20	100	500
50	100	20	300	50	150	20	100	500
50	100	20	300	50	150	20	100	500
60	100	52	300	60	150	52	100	500
60	100	52	300	60	150	52	100	500
60	100	52	300	60	150	52	100	500
60	100	36	300	60	150	36	100	500
30	100	36	300	30	150	36	100	500
30	100	36	300	30	150	36	100	500
30	100	65	300	30	150	65	100	500
30	100	65	300	30	150	65	100	500
30	100	65	300	30	150	65	100	500
30	100	20	300	30	150	20	100	500
20	100	20	300	20	150	20	100	500

Figura II.6 – Dados de Entrada da Interface – Dados do Transporte Marítimo - Custos e Capacidades

Navio	Data	Porto	RF20				DC20				DC40				RH40				Capacidade Global (unidades)	
			Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento		Descarregamento		Carregamento	Descarregamento
			Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)		
HEICO	10/9/2009	FOT	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	500	500
HEICO	11/9/2009	SUA	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	500	500
HEICO	12/9/2009	SUA	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	500	500
HEICO	15/9/2009	VIX	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	500	500
HEICO	16/9/2009	VIX	10	220	10	150	10	220	10	150	10	220	10	150	10	220	10	150	500	500
HEICO	19/9/2009	SSA	10	220	10	150	10	220	10	150	10	220	10	150	10	220	10	150	200	200
ALBRA	10/9/2009	SUA	10	520	10	150	10	520	10	150	10	520	10	150	10	520	10	150	200	200
ALBRA	13/9/2009	RIO	10	520	10	150	10	520	10	150	10	520	10	150	10	520	10	150	200	200
ALBRA	16/9/2009	RIO	10	360	10	230	10	360	10	230	10	360	10	230	10	360	10	230	200	200
ALBRA	17/9/2009	VIX	10	520	10	230	10	520	10	230	10	520	10	230	10	520	10	230	500	500
ALEUR	12/9/2009	FOT	10	200	10	600	10	200	10	600	10	200	10	600	10	200	10	600	300	300
ALEUR	14/9/2009	VIX	10	200	10	500	10	200	10	500	10	200	10	500	10	200	10	500	300	300
CAFIN	13/9/2009	VIX	10	200	10	500	10	200	10	500	10	200	10	500	10	200	10	500	600	600
CAFIN	14/9/2009	RIO	10	200	10	500	10	200	10	500	10	200	10	500	10	200	10	500	600	600
CAFIN	15/9/2009	RIO	10	600	10	120	10	600	10	120	10	600	10	120	10	600	10	120	600	600
CAFIN	17/9/2009	SSA	10	200	10	500	10	200	10	500	10	200	10	500	10	200	10	500	600	600
CAFIN	19/9/2009	SSA	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	500	500
CAFIN	19/9/2009	SUA	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	10	100	10	200	500	500
CAFIN	20/9/2009	FOT	10	220	10	150	10	220	10	150	10	220	10	150	10	220	10	150	500	500
SANMI	13/9/2009	SSA	10	220	10	150	10	220	10	150	10	220	10	150	10	220	10	150	200	200
SANMI	16/9/2009	RIO	10	520	10	150	10	520	10	150	10	520	10	150	10	520	10	150	200	200

Figura II.7 – Dados de Entrada da Interface – Dados do Carregamento e Descarregamento

Porto de Embarque	Porto de Descarga	RF20		DC20		DC40		RH40		Capacidade Global (unidades)
		Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	Custo Unitário	Capacidade (unidades)	
FOT	SUA	100	50	100	50	100	50	100	50	50
SUA	FOT	100	50	100	50	100	50	100	50	50
SUA	SSA	100	50	100	50	100	50	100	50	50
SSA	SUA	100	50	100	50	100	50	100	50	50
SSA	VIX	100	50	100	50	100	50	100	50	50
VIX	SSA	100	50	100	50	100	50	100	50	50
VIX	RIO	100	50	100	50	100	50	100	50	50
RIO	VIX	100	50	100	50	100	50	100	50	50

Figura II.8 – Dados de Entrada da Interface – Dados do Transporte Terrestre

	RF20	DC20	DC40	RH40
Porto	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário
FOT	10	10	10	10
SUA	10	10	10	10
SSA	10	10	10	10
VIX	10	10	10	10
RIO	10	10	10	10

Figura II.9 – Dados de Entrada da Interface – Dados da Armazenagem no Porto - Custos

Porto	Data	RF20 Capacidade (unidades)	DC20 Capacidade (unidades)	DC40 Capacidade (unidades)	RH40 Capacidade (unidades)	Capacidade Global (unidades)
FOT	30/8/2009	500	500	500	500	2500
	31/8/2009	500	500	500	500	2500
	1/9/2009	500	500	500	500	2500
	2/9/2009	500	500	500	500	2500
	3/9/2009	500	500	500	500	2500
	4/9/2009	500	500	500	500	2500
	5/9/2009	500	500	500	500	2500
	6/9/2009	500	500	500	500	2500
	7/9/2009	500	500	500	500	2500
	8/9/2009	500	500	500	500	2500
	9/9/2009	500	500	500	500	2500
	10/9/2009	500	500	500	500	2500
	11/9/2009	500	500	500	500	2500
	12/9/2009	500	500	500	500	2500
	13/9/2009	500	500	500	500	2500
	14/9/2009	500	500	500	500	2500
	15/9/2009	500	500	500	500	2500
	16/9/2009	500	500	500	500	2500
	17/9/2009	500	500	500	500	2500
	18/9/2009	500	500	500	500	2500
	19/9/2009	500	500	500	500	2500
	20/9/2009	500	500	500	500	2500
	21/9/2009	500	500	500	500	2500
	22/9/2009	500	500	500	500	2500
	23/9/2009	500	500	500	500	2500
	24/9/2009	500	500	500	500	2500
	25/9/2009	500	500	500	500	2500
	26/9/2009	500	500	500	500	2500
	27/9/2009	500	500	500	500	2500
	28/9/2009	500	500	500	500	2500
	29/9/2009	500	500	500	500	2500
	30/9/2009	500	500	500	500	2500
	1/10/2009	500	500	500	500	2500
	2/10/2009	500	500	500	500	2500
	3/10/2009	500	500	500	500	2500
	4/10/2009	500	500	500	500	2500
	5/10/2009	500	500	500	500	2500
	6/10/2009	500	500	500	500	2500
	7/10/2009	500	500	500	500	2500
	8/10/2009	500	500	500	500	2500
	9/10/2009	500	500	500	500	2500
	10/10/2009	500	500	500	500	2500
	11/10/2009	500	500	500	500	2500
	12/10/2009	500	500	500	500	2500
SUA	30/8/2009	500	500	500	500	2500
	31/8/2009	500	500	500	500	2500
	1/9/2009	500	500	500	500	2500
	2/9/2009	500	500	500	500	2500
	3/9/2009	500	500	500	500	2500
	4/9/2009	500	500	500	500	2500
	5/9/2009	500	500	500	500	2500
	6/9/2009	500	500	500	500	2500
	7/9/2009	500	500	500	500	2500
	8/9/2009	500	500	500	500	2500
	9/9/2009	500	500	500	500	2500
	10/9/2009	500	500	500	500	2500
	11/9/2009	500	500	500	500	2500
	12/9/2009	500	500	500	500	2500
	13/9/2009	500	500	500	500	2500
	14/9/2009	500	500	500	500	2500
	15/9/2009	500	500	500	500	2500
	16/9/2009	500	500	500	500	2500
	17/9/2009	500	500	500	500	2500
	18/9/2009	500	500	500	500	2500
	19/9/2009	500	500	500	500	2500
	20/9/2009	500	500	500	500	2500
	21/9/2009	500	500	500	500	2500
	22/9/2009	500	500	500	500	2500
	23/9/2009	500	500	500	500	2500
	24/9/2009	500	500	500	500	2500
	25/9/2009	500	500	500	500	2500
	26/9/2009	500	500	500	500	2500
	27/9/2009	500	500	500	500	2500
	28/9/2009	500	500	500	500	2500
	29/9/2009	500	500	500	500	2500
	30/9/2009	500	500	500	500	2500
	1/10/2009	500	500	500	500	2500
	2/10/2009	500	500	500	500	2500
	3/10/2009	500	500	500	500	2500
	4/10/2009	500	500	500	500	2500
	5/10/2009	500	500	500	500	2500
	6/10/2009	500	500	500	500	2500
	7/10/2009	500	500	500	500	2500
	8/10/2009	500	500	500	500	2500
	9/10/2009	500	500	500	500	2500
	10/10/2009	500	500	500	500	2500
	11/10/2009	500	500	500	500	2500
	12/10/2009	500	500	500	500	2500

Figura II.10 – Dados de Entrada da Interface – Dados da Armazenagem no porto – Capacidades

Porto	Data	RF20	DC20	DC40	RH40	Capacidade Global (unidades)
		Capacidade (unidades)	Capacidade (unidades)	Capacidade (unidades)	Capacidade (unidades)	
SSA	30/8/2009	500	500	500	500	2500
	31/8/2009	500	500	500	500	2500
	1/9/2009	500	500	500	500	2500
	2/9/2009	500	500	500	500	2500
	3/9/2009	500	500	500	500	2500
	4/9/2009	500	500	500	500	2500
	5/9/2009	500	500	500	500	2500
	6/9/2009	500	500	500	500	2500
	7/9/2009	500	500	500	500	2500
	8/9/2009	500	500	500	500	2500
	9/9/2009	500	500	500	500	2500
	10/9/2009	500	500	500	500	2500
	11/9/2009	500	500	500	500	2500
	12/9/2009	500	500	500	500	2500
	13/9/2009	500	500	500	500	2500
	14/9/2009	500	500	500	500	2500
	15/9/2009	500	500	500	500	2500
	16/9/2009	500	500	500	500	2500
	17/9/2009	500	500	500	500	2500
	18/9/2009	500	500	500	500	2500
	19/9/2009	500	500	500	500	2500
	20/9/2009	500	500	500	500	2500
	21/9/2009	500	500	500	500	2500
	22/9/2009	500	500	500	500	2500
	23/9/2009	500	500	500	500	2500
	24/9/2009	500	500	500	500	2500
	25/9/2009	500	500	500	500	2500
	26/9/2009	500	500	500	500	2500
	27/9/2009	500	500	500	500	2500
	28/9/2009	500	500	500	500	2500
	29/9/2009	500	500	500	500	2500
	30/9/2009	500	500	500	500	2500
	1/10/2009	500	500	500	500	2500
	2/10/2009	500	500	500	500	2500
	3/10/2009	500	500	500	500	2500
	4/10/2009	500	500	500	500	2500
	5/10/2009	500	500	500	500	2500
	6/10/2009	500	500	500	500	2500
	7/10/2009	500	500	500	500	2500
	8/10/2009	500	500	500	500	2500
	9/10/2009	500	500	500	500	2500
	10/10/2009	500	500	500	500	2500
	11/10/2009	500	500	500	500	2500
	12/10/2009	500	500	500	500	2500
VIX	30/8/2009	500	500	500	500	2500
	31/8/2009	500	500	500	500	2500
	1/9/2009	500	500	500	500	2500
	2/9/2009	500	500	500	500	2500
	3/9/2009	500	500	500	500	2500
	4/9/2009	500	500	500	500	2500
	5/9/2009	500	500	500	500	2500
	6/9/2009	500	500	500	500	2500
	7/9/2009	500	500	500	500	2500
	8/9/2009	500	500	500	500	2500
	9/9/2009	500	500	500	500	2500
	10/9/2009	500	500	500	500	2500
	11/9/2009	500	500	500	500	2500
	12/9/2009	500	500	500	500	2500
	13/9/2009	500	500	500	500	2500
	14/9/2009	500	500	500	500	2500
	15/9/2009	500	500	500	500	2500
	16/9/2009	500	500	500	500	2500
	17/9/2009	500	500	500	500	2500
	18/9/2009	500	500	500	500	2500
	19/9/2009	500	500	500	500	2500
	20/9/2009	500	500	500	500	2500
	21/9/2009	500	500	500	500	2500
	22/9/2009	500	500	500	500	2500
	23/9/2009	500	500	500	500	2500
	24/9/2009	500	500	500	500	2500
	25/9/2009	500	500	500	500	2500
	26/9/2009	500	500	500	500	2500
	27/9/2009	500	500	500	500	2500
	28/9/2009	500	500	500	500	2500
	29/9/2009	500	500	500	500	2500
	30/9/2009	500	500	500	500	2500
	1/10/2009	500	500	500	500	2500
	2/10/2009	500	500	500	500	2500
	3/10/2009	500	500	500	500	2500
	4/10/2009	500	500	500	500	2500
	5/10/2009	500	500	500	500	2500
	6/10/2009	500	500	500	500	2500
	7/10/2009	500	500	500	500	2500
	8/10/2009	500	500	500	500	2500
	9/10/2009	500	500	500	500	2500
	10/10/2009	500	500	500	500	2500
	11/10/2009	500	500	500	500	2500
	12/10/2009	500	500	500	500	2500

Figura II.10 – Dados de Entrada da Interface – Dados da Armazenagem no Porto - Capacidades (continuação)

Porto	Data	RF20	DC20	DC40	RH40	Capacidade Global (unidades)
		Capacidade (unidades)	Capacidade (unidades)	Capacidade (unidades)	Capacidade (unidades)	
RIO	30/8/2009	500	500	500	500	2500
	31/8/2009	500	500	500	500	2500
	1/9/2009	500	500	500	500	2500
	2/9/2009	500	500	500	500	2500
	3/9/2009	500	500	500	500	2500
	4/9/2009	500	500	500	500	2500
	5/9/2009	500	500	500	500	2500
	6/9/2009	500	500	500	500	2500
	7/9/2009	500	500	500	500	2500
	8/9/2009	500	500	500	500	2500
	9/9/2009	500	500	500	500	2500
	10/9/2009	500	500	500	500	2500
	11/9/2009	500	500	500	500	2500
	12/9/2009	500	500	500	500	2500
	13/9/2009	500	500	500	500	2500
	14/9/2009	500	500	500	500	2500
	15/9/2009	500	500	500	500	2500
	16/9/2009	500	500	500	500	2500
	17/9/2009	500	500	500	500	2500
	18/9/2009	500	500	500	500	2500
	19/9/2009	500	500	500	500	2500
	20/9/2009	500	500	500	500	2500
	21/9/2009	500	500	500	500	2500
	22/9/2009	500	500	500	500	2500
	23/9/2009	500	500	500	500	2500
	24/9/2009	500	500	500	500	2500
	25/9/2009	500	500	500	500	2500
	26/9/2009	500	500	500	500	2500
	27/9/2009	500	500	500	500	2500
	28/9/2009	500	500	500	500	2500
	29/9/2009	500	500	500	500	2500
	30/9/2009	500	500	500	500	2500
	1/10/2009	500	500	500	500	2500
	2/10/2009	500	500	500	500	2500
	3/10/2009	500	500	500	500	2500
	4/10/2009	500	500	500	500	2500
	5/10/2009	500	500	500	500	2500
	6/10/2009	500	500	500	500	2500
	7/10/2009	500	500	500	500	2500
	8/10/2009	500	500	500	500	2500
	9/10/2009	500	500	500	500	2500
	10/10/2009	500	500	500	500	2500
	11/10/2009	500	500	500	500	2500
	12/10/2009	500	500	500	500	2500

Figura II.10 – Dados de Entrada da Interface – Dados da Armazenagem no Porto - Capacidades (continuação)

Porto	RF20	DC20	DC40	RH40
	unidades	unidades	unidades	unidades
FOT	20	60	10	0
SUA	30	0	20	0
SSA	0	100	20	10
VIX	0	0	0	10
RIO	10	50	50	10

Figura II.11 – Dados de Entrada da Interface – Dados dos Estoques Iniciais

Porto	RF20	DC20	DC40	RH40
	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário	Custo Unitário
FOT	500	500	500	500
SUA	500	500	500	500
SSA	500	500	500	500
VIX	500	500	500	500
RIO	500	500	500	500

Figura II.12 – Dados de Entrada da Interface – Dados do Aluguel

Porto	Data	RF20	DC20	DC40	RH40
		Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)	Ofertas(+) Demandas(-)
FOT	10/9/2009	20	-20	40	-30
FOT	15/9/2009	10	-10	25	10
SUA	11/9/2009	-80	-40	-50	10
SUA	16/9/2009	40	-90	-60	50
SSA	17/9/2009	20	-20	40	-30
VIX	17/9/2009	10	-10	25	10
RIO	13/9/2009	-80	-40	-50	10

Figura II.13 – Dados de Entrada da Interface – Dados de Demanda e Oferta

ANEXO III

Tabela III.1 – Custo unitário de “*handling in/out*” de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CUSTO UNITÁRIO DE “HANDLING IN/OUT” DE VAZIOS													
PORTO	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
VALOR (R\$)	50	50	45	45	40	40	40	35	35	35	35	35	35

Tabela III.2 – Custo unitário do transporte de vazios (depósito – porto – depósito) da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CUSTO UNITÁRIO DO TRANSPORTE DE VAZIOS DEPÓSITO – PORTO – DEPÓSITO (VALOR EM R\$)													
PORTO TIPO CONTÊINER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	90	90	80	80	70	70	70	60	60	60	60	60	60
20 RF	90	90	80	80	70	70	70	60	60	60	60	60	60
40 RH	180	180	160	160	140	140	140	120	120	120	120	100	100
40 DC	180	180	160	160	140	140	140	120	120	120	120	100	100
40 HC	180	180	160	160	140	140	140	120	120	120	120	100	100

Tabela III.3 – Custo unitário de “*load/discharge*” de vazios da cabotagem internacional da Hamburg Süd

CUSTO UNITÁRIO DE “LOAD/DISCHARGE” DE VAZIOS													
PORTO	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
VALOR (R\$)	350	350	300	300	250	250	250	200	200	200	200	150	150

Tabela III.4 – Valores de exportações médias nas quatro semanas anteriores à semana em análise

EXPORTAÇÃO MÉDIA (SEMANAS 15 A 18)													
PORTO TIPO CONTÊINER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
20 DC	84	81	52	115	56	110	658	85	16	9	213	42	269
20 RF	0	1	0	2	0	1	42	1	0	0	2	26	49
40 RH	2	22	4	19	1	6	153	141	0	0	43	61	151
40 DC	12	7	6	32	4	4	82	17	3	0	50	3	88
40 HC	217	58	138	139	15	42	716	199	43	0	243	43	239

Tabela III.5 – Valores de fator de estoque mínimo

TIPO CONTÊNER	FATOR ESTOQUE MÍNIMO
20 DC	4
20 RF	4
40 RH	2
40 DC	2
40 HC	2

Tabela III.6 – Valores das quantidades de contêineres vazios programados para embarque e desembarque

PROGRAMAÇÃO DO EMBARQUE/DESEMBARQUE DE VAZIOS														
SEM.	PORTO TIPO CONTÊNER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
19	20 DC	0	0	0	3	0	0	807	30	-2	0	138	0	0
	20 RF	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	1	-5	22
	40 RH	0	2	0	0	0	0	134	215	0	0	0	189	271
	40 DC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0
	40 HC	0	0	0	61	0	0	39	172	0	0	330	0	0
20	20 DC	0	0	0	0	0	0	604	99	0	0	-50	0	0
	20 RF	0	0	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	24
	40 RH	0	11	0	0	0	0	136	145	0	0	43	260	247
	40 DC	0	0	0	0	0	0	11	7	0	0	20	0	0
	40 HC	0	0	0	16	0	0	324	140	0	0	0	0	0
21	20 DC	0	0	0	0	0	0	505	0	0	0	0	0	0
	20 RF	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	23
	40 RH	0	10	0	0	0	0	130	230	0	0	165	20	150
	40 DC	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	290	0	0
	40 HC	0	0	0	0	0	0	404	60	0	0	700	0	0
22	20 DC	0	0	0	0	0	0	346	40	0	0	193	0	0
	20 RF	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	22
	40 RH	0	12	0	0	0	0	52	156	0	0	50	90	105
	40 DC	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	100	0	0
	40 HC	0	0	0	255	0	0	315	152	0	0	600	0	0

Tabela III.7 – Valores da média do desbalanceamento das quatro semanas anteriores à semana em análise

DESBALANCEAMENTO MÉDIO (SEMANAS 15 A 18)														
PORTO TIPO CONTÊNER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE	
20 DC	121	17	49	12	-11	-63	-205	-12	27	11	-141	17	-34	
20 RF	1	-1	2	-1	0	1	-24	1	0	0	-1	-23	-36	
40 RH	14	-21	29	-16	-1	15	-94	-130	0	0	-41	-55	-107	
40 DC	1	0	12	-22	13	4	13	2	-3	0	-39	3	-16	
40 HC	94	9	26	-41	28	18	-128	-112	-40	0	-219	-16	89	

Tabela III.8 – Valores dos fatores de correção do desbalanceamento

FATOR DE CORREÇÃO DO DESBALANCEAMENTO		
TIPO CONTÊINER	DEMANDA	OFERTA
20 DC	2	1
20 RF	3	2
40 RH	3	2
40 DC	2	1
40 HC	2	1

Tabela III.9 – Valores do desbalanceamento corrigido pelo fator de correção

DESBALANCEAMENTO CORRIGIDO														
PORTO TIPO CONTÊINER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE	
20 DC	121	17	49	12	-22	-126	-410	-24	27	11	-282	34	-68	
20 RF	2	-3	4	-3	0	2	-72	2	0	0	-3	-69	-108	
40 RH	28	-63	58	-48	-3	30	-282	-390	0	0	-123	-165	-321	
40 DC	1	0	12	-44	13	4	13	2	-6	0	-78	3	-32	
40 HC	94	9	26	-82	28	18	-256	-224	-80	0	-438	-32	89	

ANEXO IV

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada1					Rodada2					Rodada3				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALBRA	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SPB	SSZ	0	0	40	0	0	0	0	37	0	0	0	16	40	0	0
ALBRA	SSZ	SSZ	0	0	40	0	0	0	0	37	0	0	0	16	40	0	106
ALBRA	SSZ	SFS	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	16	40	0	106
ALBRA	SFS	BUE	538	42	0	0	0	538	40	0	0	0	121	16	0	0	0
ALBRA	BUE	BUE	121	42	150	0	0	121	0	0	0	0	121	16	0	0	0
ALBRA	BUE	RIG	121	0	150	0	0	121	0	150	0	0	121	0	150	0	0
ALBRA	RIG	PNG	0	63	150	0	0	0	63	150	0	340	0	0	150	0	340
ALBRA	PNG	PNG	0	63	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	PNG	SSZ	0	63	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SSZ	SSZ	0	0	70	0	0	0	20	58	0	106	0	0	0	0	0
ALBRA	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SPB	SPB	0	0	47	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
ALBRA	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	30
ALBRA	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	30
ALBRA	SUA	SUA	0	4	0	0	0	0	4	0	0	30	0	0	0	0	30
ALBRA	SUA	PEC	0	4	0	0	0	0	4	0	0	30	0	0	0	0	30
ALBRA	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SPB	0	17	0	0	0	0	17	24	0	0	0	0	24	0	0
ALSAN	SPB	SSZ	0	35	30	0	0	0	35	24	0	0	0	0	54	0	0
ALSAN	SSZ	SFS	0	20	7	0	0	0	0	77	0	0	0	0	107	0	0
ALSAN	SFS	SFS	0	20	0	0	0	0	0	77	0	0	417	0	100	0	0
ALSAN	SFS	BUE	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	417	0	0	0	0
ALSAN	BUE	BUE	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	417	0	150	0	0
ALSAN	BUE	RIG	0	0	150	0	0	0	0	144	0	0	0	0	150	0	0
ALSAN	RIG	PNG	0	0	150	0	340	0	0	144	0	0	0	63	144	0	0
ALSAN	PNG	PNG	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0
ALSAN	PNG	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0
ALSAN	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0
ALSAN	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	MAO	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada1					Rodada2					Rodada3				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
IPANE	SUA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSA	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0
IPANE	SPB	SSZ	0	0	30	0	0	0	2	0	0	0	0	15	30	0	0
IPANE	SSZ	SFS	0	0	100	0	106	0	22	58	0	106	0	0	33	0	0
IPANE	SFS	SFS	0	0	0	0	0	0	22	58	0	106	0	0	0	0	0
IPANE	SFS	BUE	0	2	0	0	0	0	22	0	0	0	0	22	0	0	0
IPANE	BUE	BUE	0	2	0	0	0	0	22	6	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	BUE	RIG	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	RIG	PNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	PNG	PNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	PNG	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	104	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	MAO	PEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	SSA	SPB	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
ALMAN	SPB	SSZ	0	2	73	0	0	0	0	112	0	0	0	6	49	0	0
ALMAN	SSZ	SSZ	0	2	73	0	0	0	0	112	0	0	0	6	0	0	0
ALMAN	SSZ	SFS	0	2	73	0	0	0	0	8	0	0	0	6	0	0	0
ALMAN	SFS	SFS	0	2	0	0	0	0	4	8	0	0	0	28	0	0	0
ALMAN	SFS	BUE	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	28	0	0	0
ALMAN	BUE	BUE	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	28	0	0	0
ALMAR	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	SUA	SUA	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
ALMAR	SUA	PEC	0	1	0	5	0	0	1	0	5	0	0	0	0	5	0
ALMAR	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	MAO	PEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	BUE	RIG	0	0	150	0	0	0	0	150	0	0	0	0	150	0	0
ALEUR	RIG	RIG	0	0	150	0	0	0	0	150	0	0	0	0	150	0	0
ALEUR	RIG	PNG	0	0	144	0	0	0	0	150	0	0	0	0	150	0	0
ALEUR	PNG	PNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	PNG	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada1					Rodada2					Rodada3				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALEUR	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SPB	SSA	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SSA	SSA	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0
ALEUR	SSA	SUA	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SUA	SUA	0	0	4	0	30	0	0	4	0	0	0	5	0	0	0
ALEUR	SUA	PEC	0	0	4	0	30	0	0	4	0	0	0	5	4	0	0
ALEUR	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	IBB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	SPB	0	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	VIX	0	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	VIX	VIX	0	0	0	42	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	VIX	SSA	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SSA	SSA	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SUA	SUA	0	0	70	0	0	0	0	58	0	0	0	0	58	0	0
FLAME	SUA	SSZ	0	0	70	0	0	0	0	58	0	0	0	0	58	0	0
FLAME	SSZ	SSZ	0	0	70	0	0	0	0	58	0	194	0	15	55	0	0
FLAME	SSZ	MVD	0	112	0	0	88	0	43	0	0	88	0	127	0	0	88
FLAME	MVD	IBB	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	IBB	SPB	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	SPB	SPB	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	SPB	VIX	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0
COPAC	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SUA	SSZ	0	0	41	0	0	0	0	53	0	0	0	0	53	0	0
COPAC	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	53	0	0
COPAC	SSZ	MVD	0	15	0	0	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	MVD	IBB	0	0	47	0	0	0	0	50	0	0	0	0	50	0	0
COPAC	IBB	SPB	0	0	47	0	0	0	0	50	0	0	0	0	50	0	0
COPAC	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
COPAC	SPB	VIX	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	0	0
COPAC	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	3	42	0	0	0	3	0	0
COPAC	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada4					Rodada5					Rodada6				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALBRA	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0
ALBRA	SPB	SSZ	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	16	40	0	0
ALBRA	SSZ	SSZ	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	16	40	0	0
ALBRA	SSZ	SFS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	40	0	0
ALBRA	SFS	BUE	538	0	0	0	0	538	0	0	0	0	121	16	0	0	0
ALBRA	BUE	BUE	538	0	0	0	0	121	0	150	0	0	121	16	0	0	0
ALBRA	BUE	RIG	121	0	150	0	0	121	0	150	0	0	121	0	150	0	0
ALBRA	RIG	PNG	0	0	150	0	0	0	0	150	0	0	0	63	150	0	0
ALBRA	PNG	PNG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	150	0	0
ALBRA	PNG	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0
ALBRA	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0
ALBRA	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0
ALBRA	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SUA	PEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SPB	0	0	24	0	0	17	24	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SSZ	0	0	54	0	0	35	94	0	0	0	2	30	0	0	0
ALSAN	SSZ	SFS	0	0	54	0	0	0	147	0	106	0	0	5	0	0	0
ALSAN	SFS	SFS	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SFS	BUE	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	BUE	BUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	BUE	RIG	0	0	150	0	0	0	150	0	0	0	0	144	0	0	0
ALSAN	RIG	PNG	0	26	144	0	0	0	144	0	0	0	0	144	0	0	0
ALSAN	PNG	PNG	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	PNG	SSZ	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSZ	SSZ	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	MAO	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada4					Rodada5					Rodada6				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
IPANE	SUA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSA	SPB	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	24	0	0
IPANE	SPB	SSZ	0	37	30	0	0	0	2	30	0	0	0	82	24	0	0
IPANE	SSZ	SFS	0	0	126	0	20	0	22	33	0	0	0	6	135	0	106
IPANE	SFS	SFS	0	0	26	0	0	0	22	33	0	0	417	6	35	0	0
IPANE	SFS	BUE	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	417	6	0	0	0
IPANE	BUE	BUE	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	417	6	6	0	0
IPANE	BUE	RIG	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	6	0	0
IPANE	RIG	PNG	0	37	0	0	0	0	0	150	0	340	0	0	0	0	0
IPANE	PNG	PNG	0	37	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	PNG	SSZ	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSZ	SSZ	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	MAO	PEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	SSA	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	SPB	SSZ	0	0	49	0	0	0	0	49	0	0	0	0	79	0	0
ALMAN	SSZ	SSZ	0	0	49	0	86	0	0	49	0	0	0	0	79	0	0
ALMAN	SSZ	SFS	0	37	0	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	SFS	SFS	0	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	SFS	BUE	0	81	0	0	0	0	2	0	0	0	0	44	0	0	0
ALMAN	BUE	BUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0
ALMAR	SPB	SSA	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
ALMAR	SSA	SUA	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
ALMAR	SUA	SUA	0	0	0	0	30	0	0	0	5	0	0	0	0	0	30
ALMAR	SUA	PEC	0	1	0	0	30	0	0	0	5	0	0	5	0	5	30
ALMAR	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	MAO	PEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	BUE	RIG	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0
ALEUR	RIG	RIG	0	0	150	0	0	0	63	0	0	0	0	0	150	0	340
ALEUR	RIG	PNG	0	0	150	0	340	0	63	0	0	0	0	0	150	0	340
ALEUR	PNG	PNG	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	PNG	SSZ	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SSZ	SSZ	0	0	40	0	0	0	92	0	0	194	0	0	0	0	0
ALEUR	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada4					Rodada5					Rodada6				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALEUR	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
ALEUR	SSA	SSA	0	17	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
ALEUR	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
ALEUR	SUA	SUA	0	4	4	5	0	0	5	4	0	30	0	0	4	0	0
ALEUR	SUA	PEC	0	4	4	5	0	0	5	4	0	30	0	0	4	0	0
ALEUR	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	IBB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	SPB	VIX	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0
FLAME	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SUA	SUA	0	15	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111	0	0
FLAME	SUA	SSZ	0	15	111	0	0	0	0	58	0	0	0	0	111	0	0
FLAME	SSZ	SSZ	0	127	0	0	0	0	20	3	0	0	0	0	111	0	106
FLAME	SSZ	MVD	0	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	0	0	0
FLAME	MVD	IBB	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	IBB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	VIX	SSA	0	0	0	42	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SUA	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSZ	SSZ	0	0	0	0	88	0	92	53	0	194	0	0	0	0	88
COPAC	SSZ	MVD	0	0	0	0	88	0	127	0	0	88	0	2	0	0	88
COPAC	MVD	IBB	0	0	52	0	0	0	0	27	0	0	0	0	52	0	0
COPAC	IBB	SPB	0	0	52	0	0	0	0	27	0	0	0	0	52	0	0
COPAC	SPB	SPB	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	0	0	52	0	0
COPAC	SPB	VIX	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0
COPAC	VIX	VIX	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
COPAC	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada7					Rodada8					Rodada9				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALBRA	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SPB	SSZ	0	0	37	0	0	0	16	0	0	0	0	16	0	0	0
ALBRA	SSZ	SSZ	0	0	37	0	0	0	16	0	0	0	0	16	0	0	0
ALBRA	SSZ	SFS	0	0	37	0	0	0	16	0	0	0	0	16	0	0	106
ALBRA	SFS	BUE	538	40	0	0	0	538	16	0	0	0	0	16	0	0	0
ALBRA	BUE	BUE	538	0	150	0	0	538	16	0	0	0	0	16	150	0	0
ALBRA	BUE	RIG	121	0	150	0	0	121	0	150	0	0	0	0	150	0	0
ALBRA	RIG	PNG	0	0	150	0	0	0	59	150	0	0	0	63	150	0	0
ALBRA	PNG	PNG	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	63	0	0	0
ALBRA	PNG	SSZ	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	63	0	0	0
ALBRA	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	63	0	0	0
ALBRA	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0
ALBRA	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0
ALBRA	SPB	SSA	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SSA	SSA	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SSA	SUA	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SUA	SUA	0	0	0	0	30	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	SUA	PEC	0	0	0	0	30	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
ALBRA	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SPB	0	17	24	0	0	0	17	0	0	0	0	0	24	0	0
ALSAN	SPB	SSZ	0	17	54	0	0	0	19	62	0	0	0	2	91	0	0
ALSAN	SSZ	SFS	0	22	107	0	0	0	0	69	0	106	0	6	91	0	0
ALSAN	SFS	SFS	0	22	7	0	0	0	0	69	0	106	538	6	0	0	0
ALSAN	SFS	BUE	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	538	6	0	0	0
ALSAN	BUE	BUE	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	538	0	0	0	0
ALSAN	BUE	RIG	0	0	150	0	0	0	0	150	0	0	121	0	144	0	0
ALSAN	RIG	PNG	0	0	144	0	0	0	4	144	0	0	0	0	144	0	0
ALSAN	PNG	PNG	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	144	0	0
ALSAN	PNG	SSZ	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALSAN	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	MAO	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada7					Rodada8					Rodada9				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
IPANE	SUA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSA	SPB	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	17	0	0	0
IPANE	SPB	SSZ	0	20	0	0	0	0	0	106	0	0	0	82	30	0	0
IPANE	SSZ	SFS	0	0	36	0	106	0	4	106	0	0	0	0	37	0	0
IPANE	SFS	SFS	0	0	0	0	0	0	4	6	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SFS	BUE	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	BUE	BUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
IPANE	BUE	RIG	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	6	0	0
IPANE	RIG	PNG	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	PNG	PNG	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	PNG	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPANE	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	MAO	PEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	SSA	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAN	SPB	SSZ	0	0	82	0	0	0	2	5	0	0	0	0	52	0	0
ALMAN	SSZ	SSZ	0	0	82	0	0	0	2	5	0	0	0	0	52	0	0
ALMAN	SSZ	SFS	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	52	0	0
ALMAN	SFS	SFS	0	2	0	0	0	0	46	5	0	0	0	0	52	0	0
ALMAN	SFS	BUE	0	2	0	0	0	0	46	0	0	0	0	44	0	0	0
ALMAN	BUE	BUE	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	44	0	0	0
ALMAR	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	SUA	PEC	0	5	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	5	0
ALMAR	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	MAO	PEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMAR	PEC	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	BUE	RIG	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0
ALEUR	RIG	RIG	0	63	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	340
ALEUR	RIG	PNG	0	63	150	0	340	0	0	0	0	340	0	0	150	0	340
ALEUR	PNG	PNG	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	PNG	SSZ	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SSZ	SSZ	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada7					Rodada8					Rodada9				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC	20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALEUR	SSZ	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	SPB	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30
ALEUR	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30
ALEUR	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30
ALEUR	SUA	SUA	0	0	4	5	0	0	0	0	0	30	0	5	0	0	30
ALEUR	SUA	PEC	0	0	4	5	0	0	0	4	0	30	0	5	4	0	30
ALEUR	PEC	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALEUR	MAO	MAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	IBB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	SPB	0	0	5	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	VIX	0	0	5	0	0	0	0	10	0	0	0	0	5	0	0
FLAME	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	VIX	SSA	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0
FLAME	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SUA	SUA	0	0	58	0	0	0	0	104	0	0	0	0	0	0	0
FLAME	SUA	SSZ	0	0	58	0	0	0	0	104	0	0	0	0	111	0	0
FLAME	SSZ	SSZ	0	0	58	0	0	0	59	0	0	88	0	0	7	0	0
FLAME	SSZ	MVD	0	69	0	0	0	0	108	0	0	88	0	82	0	0	88
FLAME	MVD	IBB	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0
FLAME	IBB	SPB	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0
FLAME	SPB	SPB	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0
FLAME	SPB	VIX	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
FLAME	VIX	VIX	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SUA	SSZ	0	0	53	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSZ	SSZ	0	58	0	0	88	0	0	7	0	0	0	49	0	0	0
COPAC	SSZ	MVD	0	58	0	0	88	0	19	0	0	0	0	45	0	0	0
COPAC	MVD	IBB	0	0	47	0	0	0	0	52	0	0	0	0	25	0	0
COPAC	IBB	SPB	0	0	47	0	0	0	0	52	0	0	0	0	25	0	0
COPAC	SPB	SPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
COPAC	SPB	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
COPAC	VIX	VIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	VIX	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPAC	SUA	SUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada10				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALBRA	SPB	SPB	0	0	40	0	0
ALBRA	SPB	SSZ	0	0	40	0	0
ALBRA	SSZ	SSZ	0	0	40	0	106
ALBRA	SSZ	SFS	0	0	40	0	106
ALBRA	SFS	BUE	538	40	0	0	0
ALBRA	BUE	BUE	121	0	0	0	0
ALBRA	BUE	RIG	121	0	150	0	0
ALBRA	RIG	PNG	0	63	150	0	0
ALBRA	PNG	PNG	0	63	0	0	0
ALBRA	PNG	SSZ	0	63	0	0	0
ALBRA	SSZ	SSZ	0	63	0	0	0
ALBRA	SSZ	SPB	0	63	0	0	0
ALBRA	SPB	SPB	0	83	30	0	0
ALBRA	SPB	SSA	0	0	0	0	0
ALBRA	SSA	SSA	0	0	0	0	0
ALBRA	SSA	SUA	0	0	0	0	0
ALBRA	SUA	SUA	0	0	0	0	0
ALBRA	SUA	PEC	0	0	0	0	0
ALBRA	PEC	MAO	0	0	0	0	0
ALSAN	PEC	SSA	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SPB	0	0	24	0	0
ALSAN	SPB	SSZ	0	0	54	0	0
ALSAN	SSZ	SFS	0	0	100	0	0
ALSAN	SFS	SFS	0	0	0	0	0
ALSAN	SFS	BUE	0	2	0	0	0
ALSAN	BUE	BUE	0	0	144	0	0
ALSAN	BUE	RIG	0	0	144	0	0
ALSAN	RIG	PNG	0	0	144	0	0
ALSAN	PNG	PNG	0	0	0	0	0
ALSAN	PNG	SSZ	0	0	0	0	0
ALSAN	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0
ALSAN	SSZ	SPB	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SPB	0	0	0	0	0
ALSAN	SPB	SSA	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SSA	0	0	0	0	0
ALSAN	SSA	SUA	0	0	0	0	0
ALSAN	SUA	SUA	0	0	0	0	0
IPANE	MAO	MAO	0	0	0	0	0
IPANE	MAO	SUA	0	0	0	0	0
IPANE	SUA	SSA	0	0	0	0	0
IPANE	SSA	SPB	0	17	0	0	0
IPANE	SPB	SSZ	0	100	30	0	0
IPANE	SSZ	SFS	0	0	40	0	0
IPANE	SFS	SFS	0	2	40	0	0
IPANE	SFS	BUE	0	2	0	0	0
IPANE	BUE	BUE	0	2	0	0	0
IPANE	BUE	RIG	0	0	6	0	0
IPANE	RIG	PNG	0	0	0	0	0
IPANE	PNG	PNG	0	0	0	0	0
IPANE	PNG	SSZ	0	0	0	0	0
IPANE	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0
IPANE	SSZ	SPB	0	0	0	0	0
ALMAN	PEC	MAO	0	0	0	0	0
ALMAN	MAO	MAO	0	0	0	0	0
ALMAN	MAO	PEC	0	0	0	0	0
ALMAN	PEC	SSA	0	0	0	0	0
ALMAN	SSA	SPB	0	0	0	0	0
ALMAN	SPB	SSZ	0	0	49	0	0
ALMAN	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0
ALMAN	SSZ	SFS	0	22	0	0	0
ALMAN	SFS	SFS	0	22	0	0	0
ALMAN	SFS	BUE	0	22	0	0	0
ALMAN	BUE	BUE	0	0	0	0	0
ALMAR	SPB	SSA	0	0	0	0	30
ALMAR	SSA	SUA	0	0	0	0	30
ALMAR	SUA	SUA	0	0	0	5	30
ALMAR	SUA	PEC	0	0	0	5	30
ALMAR	PEC	MAO	0	0	0	0	0
ALMAR	MAO	MAO	0	0	0	0	0
ALMAR	MAO	PEC	0	0	0	0	0
ALMAR	PEC	SSA	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

Navio	Porto de Origem	Porto de Descarga	Rodada10				
			20DC	20RF	40RH	40DC	40HC
ALEUR	BUE	RIG	0	0	150	0	0
ALEUR	RIG	RIG	0	0	150	0	340
ALEUR	RIG	PNG	0	0	150	0	340
ALEUR	PNG	PNG	0	0	0	0	0
ALEUR	PNG	SSZ	0	0	0	0	0
ALEUR	SSZ	SSZ	0	0	0	0	0
ALEUR	SSZ	SPB	0	0	0	0	0
ALEUR	SPB	SPB	0	0	0	0	0
ALEUR	SPB	SSA	0	0	0	0	0
ALEUR	SSA	SSA	0	0	0	0	0
ALEUR	SSA	SUA	0	0	0	0	0
ALEUR	SUA	SUA	0	5	4	0	0
ALEUR	SUA	PEC	0	5	4	0	0
ALEUR	PEC	MAO	0	0	0	0	0
ALEUR	MAO	MAO	0	0	0	0	0
FLAME	IBB	SPB	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	SPB	0	0	2	0	0
FLAME	SPB	VIX	0	0	2	0	0
FLAME	VIX	VIX	0	0	0	0	0
FLAME	VIX	SSA	0	0	0	0	0
FLAME	SSA	SSA	0	0	0	0	0
FLAME	SSA	SUA	0	0	0	0	0
FLAME	SUA	SUA	0	0	0	0	0
FLAME	SUA	SSZ	0	0	65	0	0
FLAME	SSZ	SSZ	0	0	65	0	0
FLAME	SSZ	MVD	0	127	0	0	0
FLAME	MVD	IBB	0	0	0	0	0
FLAME	IBB	SPB	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	SPB	0	0	0	0	0
FLAME	SPB	VIX	0	0	0	0	0
FLAME	VIX	VIX	0	0	0	0	0
COPAC	VIX	SSA	0	0	0	42	0
COPAC	SSA	SUA	0	0	0	0	0
COPAC	SUA	SSZ	0	0	46	0	0
COPAC	SSZ	SSZ	0	0	46	0	88
COPAC	SSZ	MVD	0	0	0	0	88
COPAC	MVD	IBB	0	0	52	0	0
COPAC	IBB	SPB	0	0	52	0	0
COPAC	SPB	SPB	0	0	8	0	0
COPAC	SPB	VIX	0	0	8	0	0
COPAC	VIX	VIX	0	0	5	0	0
COPAC	VIX	SSA	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SSA	0	0	0	0	0
COPAC	SSA	SUA	0	0	0	0	0
COPAC	SUA	SUA	0	0	0	0	0

Figura IV.1 – Planilha de Resumo do Transporte Marítimo - Resultados Obtidos para a Cabotagem Internacional da Hamburg Süd (continuação)

ANEXO V

Tabela V.1 – Distâncias entre os portos atendidos pelos serviços da cabotagem internacional da Hamburg Süd

DISTÂNCIA PERCORRIDA EM CURSO DE NAVEGAÇÃO (MILHAS NÁUTICAS)													
TIPO CONTÊNER \ PORTO	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
MAO	-	1590	2046	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PEC	1590	-	457	832	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUA	2046	457	-	375	798	-	1259	-	-	-	-	-	-
SSA	-	832	375	-	482	813	-	-	-	-	-	-	-
VIX	-	-	798	482	-	350	-	-	-	-	-	-	-
SPB	-	-	-	813	350	-	191	-	-	433	-	-	-
SSZ	-	-	1259	-	-	191	-	168	192	-	-	907	-
PNG	-	-	-	-	-	-	168	-	-	-	499	-	-
SFS	-	-	-	-	-	-	192	-	-	-	-	-	686
IBB	-	-	-	-	-	433	-	-	-	-	-	623	-
RIG	-	-	-	-	-	-	-	499	-	-	-	-	272
MVD	-	-	-	-	-	-	907	-	-	623	-	-	-
BUE	-	-	-	-	-	-	-	-	686	-	272	-	-

Fonte: ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários

**Tabela V.2 – Custo unitário (por trecho) do transporte marítimo da cabotagem internacional da Hamburg Süd
(vazios dos tipos 20DC e 20 RF)**

CUSTO UNITÁRIO (POR TRECHO) DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE VAZIOS DOS TIPOS 20DC E 20RF (VALORES EM R\$)													
TIPO CONTÊNER \ PORTO	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE
MAO	-	636	818	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PEC	636	-	183	333	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUA	818	183	-	150	319	-	504	-	-	-	-	-	-
SSA	-	333	150	-	193	325	-	-	-	-	-	-	-
VIX	-	-	319	193	-	140	-	-	-	-	-	-	-
SPB	-	-	-	325	140	-	76	-	-	173	-	-	-
SSZ	-	-	504	-	-	76	-	67	77	-	-	363	-
PNG	-	-	-	-	-	-	67	-	-	-	200	-	-
SFS	-	-	-	-	-	-	77	-	-	-	-	-	274
IBB	-	-	-	-	-	173	-	-	-	-	-	249	-
RIG	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	109
MVD	-	-	-	-	-	-	363	-	-	249	-	-	-
BUE	-	-	-	-	-	-	-	-	274	-	109	-	-

Tabela V.3 – Custo unitário (por trecho) do transporte marítimo da cabotagem internacional da Hamburg Süd
(vazios dos tipos 40RH, 40DC E 40HC)

CUSTO UNITÁRIO (POR TRECHO) DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE VAZIOS DOS TIPOS 40RH, 40DC E 40HC 40RH, 40DC E 40HC (VALORES EM R\$)														
PORTO TIPO CONTÊINER	MAO	PEC	SUA	SSA	VIX	SPB	SSZ	PNG	SFS	IBB	RIG	MVD	BUE	
MAO	-	1272	1637	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PEC	1272	-	366	666	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SUA	1637	366	-	300	638	-	1007	-	-	-	-	-	-	
SSA	-	666	300	-	386	650	-	-	-	-	-	-	-	
VIX	-	-	638	386	-	280	-	-	-	-	-	-	-	
SPB	-	-	-	650	280	-	153	-	-	346	-	-	-	
SSZ	-	-	1007	-	-	153	-	134	154	-	-	726	-	
PNG	-	-	-	-	-	-	134	-	-	-	399	-	-	
SFS	-	-	-	-	-	-	154	-	-	-	-	-	549	
IBB	-	-	-	-	-	346	-	-	-	-	-	498	-	
RIG	-	-	-	-	-	-	-	399	-	-	-	-	218	
MVD	-	-	-	-	-	-	726	-	-	498	-	-	-	
BUE	-	-	-	-	-	-	-	-	549	-	218	-	-	