



Universidade Federal  
do Espírito Santo

ANDERSON BODART PINTO

**PLANEJAMENTO DA SEQÜÊNCIA DE ATENDIMENTO DE  
EMBARQUES DO PORTO DE TUBARÃO**

VITÓRIA  
2006

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANDERSON BODART PINTO

**PLANEJAMENTO DA SEQÜÊNCIA DE ATENDIMENTO DE  
EMBARQUES DO PORTO DE TUBARÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo.

Orientador: Prof. André Renato Sales Amaral, PhD

VITÓRIA  
2006

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

P659p Pinto, Anderson Bodart, 1975-  
Planejamento da seqüência de atendimento de embarques do  
Porto de Tubarão (ES) / Anderson Bodart Pinto. – 2006.  
165 f. : il.

Orientador: André Renato Sales Amaral.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito  
Santo, Centro Tecnológico.

1. Portos – Automação. 2. Terminais (Transportes). 3.  
Logística. 4. Navios – Cargas. 5. Programação heurística. 6.  
Tubarão (ES) - Porto. I. Amaral, André Renato Sales. II.  
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III.  
Título.

CDU: 621.3

---

Superar este desafio somente foi possível graças ao apoio da minha família e dos meus bons amigos. Pretendo aqui prestar meus sinceros agradecimentos a estas pessoas:

À minha esposa, Renata, pelo amor, carinho e pelo seu lindo sorriso, sempre capaz de me acalmar nos momentos de maior desespero.

Aos meus pais, Ronaldo e Nilza, por terem me preparado durante toda a minha vida para não fugir de nenhum grande desafio e, principalmente, por terem sido os melhores pais do mundo.

À minha irmã, Marcelle, e a meu cunhado, Rodrigo, que não me deixavam levar tudo isto a sério demais;

À minha vó Magui, à minha madrinha Niceana, a meu tio Hércules, à minha tia Penha e a meu tio Miguel, pelo constante amor e apoio.

À minha sogra e a meu sogro, Cacá e Cirleis, pela confiança e por terem me acolhido com tanto carinho.

Ao tio Paulinho e à tia Jussara, pelas deliciosas rabadadas, costelas de porco e escondidinhos, que me proporcionaram a energia necessária para completar esta caminhada.

Ao meu professor e orientador, André Amaral, por ter acreditado em mim e pela sábia maneira pela qual me guiou durante este processo.

À CVRD, por viabilizar o desenvolvimento desta dissertação, fornecendo-me as informações necessárias para a construção deste trabalho;

Aos professores e colegas do Mestrado, pela paciência e pela torcida;

A Deus, por sempre ter iluminado meu caminho e, principalmente, por ter colocado pessoas tão maravilhosas na minha vida.

## RESUMO

PINTO, A. B. **Planejamento da seqüência de atendimento de embarques do Porto de Tubarão**. Vitória, 2006. Dissertação (Mestrado em Informática) – Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

Esta tese investiga o problema do planejamento de atendimento de embarques no Porto de Tubarão, maior porto exportador de minério de ferro do mundo. Este problema visa a avaliar a demanda anual de minério de ferro e pelotas a ser atendida e propor o momento e o berço no qual o embarque deverá ser atendido. O principal foco desta dissertação foi estudar como o problema de atendimento de embarque se relacionava com os outros componentes do porto, por exemplo, pátios de estocagem e viradores de vagão, além dos principais componentes da cadeia de suprimentos de minério de ferro: Comercial, Mina, Ferrovia e Pelotização. Os estudos desenvolvidos ao longo da construção desta dissertação mostraram que existe uma dependência muito forte entre cada um dos componentes da cadeia de suprimentos, de forma que qualquer projeto com o objetivo de planejar um desses componentes, separadamente, não obterá sucesso. O planejamento de qualquer um destes componentes somente será possível caso toda a cadeia de suprimentos de minério seja considerada no problema. Com base em teorias de gerenciamento de cadeias de suprimentos, este trabalho apresenta um modelo de como esse problema poderia ser segmentado em problemas menores e mais simples, que pudessem ser posteriormente integrados. A segmentação proposta divide o problema em subproblemas com diferentes horizontes de tempo e diferentes focos (estratégico, tático e operacional), em que primeiramente, devem ser resolvidos os problemas de foco estratégico, depois os táticos e por fim os problemas de foco operacionais. Um segundo produto desta dissertação foi propor possíveis melhorias para a atual heurística de planejamento do atendimento de embarques do Porto de Tubarão. Para isso, foram implementadas três diferentes heurísticas, de forma a possibilitar uma série de experimentos. Cada uma das heurísticas foi implementada de modo a ser uma otimização da heurística anterior. A terceira heurística obteve um resultado bem superior às demais, sendo, inclusive, capaz de atender a toda demanda existente, e mostrando-se capaz de agregar valor ao dia-a-dia do planejamento do Porto.

Palavras-chaves: Planejamento do atendimento de embarques; Porto de Tubarão; Gerenciamento da cadeia de suprimentos.

## ABSTRACT

PINTO, A. B. **Shipping schedule planning in the Tubarão Port**. Vitória, 2006. Dissertação (Mestrado em Informática) – Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

This thesis investigates the problem of shipping schedule planning in the Tubarão Port, the biggest iron ore port of the world. This problem consist of evaluate the annual iron ore and pellets demand to define the moment (date/hour) and the berth where the vessel should be loaded. The main focus of this thesis was to study how the problem of shipping schedule planning was related to other components of the Port, like stack yard and car dumpers, and also with the main components of the iron ore supply chain: Sales, Mine, Railroad and Pelletizing. The studies developed along the construction of this thesis showed that there is a very strong dependency between each of the supply chain components, in order that any project that try to plan only one of these components will not achieve the expected results. The effective planning of each of these components will only be reached if the whole iron ore supply chain were included in the problem scope. Taking Supply Chain Management theories as basis, this thesis suggests a model of how that problem could be segmented in smaller and simpler sub-problems, in a way that they could be integrated later. The segmentation suggested divides the problem in scenarios with different time periods and different focus (Strategic, Tactic and Operational), where strategic scenarios should be solved first, then tactic scenarios and finally the operational ones. A second deliverable of this thesis suggests enhancements to the actual Tubarão Port's planning heuristic. Due to it, three different heuristics were implemented, in order to allow several experiments. Each of these heuristics was implemented as an optimization of the previous heuristic. The third heuristic achieved the very best result. Besides that, it could serve all the available demand, being able to add value to the day-by-day planning of the Tubarão Port.

Key Words: shipping schedule planning; Tubarão Port; supplay chain manangement

## GLOSSÁRIO

**Air Draft (*head comming*)** - Distância medida entre a superfície do mar e a parte mais alta da tampa dos porões.

**Área** - Subdivisão de um pátio onde o minério é empilhado. Áreas existentes: A, B, C, D pertencentes ao pátio velho; E, F, G, H e I pertencentes ao pátio novo. As áreas do porto são subdivididas em balizas. Existem também áreas de estocagem nos pátios das Usinas de Pelotização.

**Área de Pouso** - Local onde as recuperadoras apóiam as rodas de caçamba ao saírem de operação.

**Área não Operacional** - Área onde as máquinas (empilhadeiras e recuperadoras) não operam. Nessas áreas são utilizados tratores e caminhões.

**Atracação** - Ato de encostar o navio em um dos píers do porto.

**Baliza** - Espaçamento de dez metros que subdivide as áreas do porto.

**Barra** - Local onde o navio fica ancorado, aguardando a marcação para atracar.

**Bloqueio** - Restrição operacional que ocorre pelo impedimento causado por restrições físicas de posicionamento de certos equipamentos do porto, tais como, carregadores de navio, correias, empilhadeiras e recuperadoras, ao restringirem as operações uns dos outros.

**Cabine Contra** - Posição em que a cabine da recuperadora fica de frente para a pilha de minério durante a recuperação.

**Calado** - Medida da parte do casco da embarcação que fica submersa.

**Canal** - Área de acesso devidamente sinalizada e dragada por onde a embarcação deve ser conduzida para atingir seu ponto de atracação ou para sair de seu atracadouro.

**Carregador de Navio** - Equipamento do porto responsável pelo embarque de produtos nos porões de um navio devidamente atracado no píer.



**Controle de Qualidade** - Área responsável pela garantia dos produtos embarcados.

**Correia** - Equipamento do porto responsável pelo transporte de produtos de um ponto a outro.

**Dead Weight** - Capacidade total em toneladas da carga de um navio.

**Desatracação** - Operação realizada pelo navio para sair do porto.

**Descarga** - Operação de retirar o minério dos vagões ou caminhões e colocá-lo em uma pilha, usina ou navio.

**Deslastrar** - Operação de retirada de água dos porões de um navio para permitir a redução de seu calado.

**Embarque** - Operação de recuperar o minério de uma ou mais pilhas, usinas ou vagões e colocar em um navio.

**Empilhadeira** - Equipamento do porto responsável pela formação das pilhas de produtos nas áreas de estocagem.

**Escória** = Resíduos ou partículas resultantes dos metais fundidos nos altos-fornos. São empilhados no pátio, juntamente com os minérios e não têm controle de qualidade.

**Escrava** - Equipamento responsável por prolongar a lança da empilhadeira EP03, de forma a empilhar produtos em áreas onde a EP03 não tem alcance (áreas F e I).

**Estadia do Navio** - Tempo contado desde o momento em que o navio é aceito na barra até o momento em que é encerrada a operação de carregamento

**Ferteco** - Empresa controlada do grupo CVRD produtora de minérios e pelotas.

**Fila de Navios** - Documento gráfico que mostra em relação ao tempo, a expectativa de atendimento dos navios, detalhando as informações de carga, previsão de chegada, data e hora de início e fim de operação, carga prevista, expectativa de multa ou de prêmio, dentre outras. Este documento é gerado pelo software chamado FINAV.

**Granulado** - Tipo de minério de granulometria mais grossa.

**Gusa** - Produto da primeira fundição nos altos-fornos. O Porto de Tubarão também opera navios de gusa.

**Lastrar** - Operação de encher, total ou parcialmente com água, os porões de um navio para adequá-lo a um calado desejado.

**Laytime** - Tempo previsto em contrato para o navio chegar ao porto e sair com o carregamento.

**Limite Divisor** – Carga-limite a ser carregada durante o Laytime fixo.

**Limite Operacional 1 e 2** - No píer P1, os navios podem ficar atracados em diferentes posições por restrições físicas do local.

**Lote** - Conjunto de até 80 vagões de um mesmo produto. Um lote tem origem em uma mina e destino estabelecido por um endereço de pilha no porto, que indica onde ele será armazenado.

**Lotes Casados** - Dois ou mais lotes diferentes que têm o mesmo destino e que podem virar em dois viradores simultaneamente.

**Manutenção** - Ato de fazer reparos nos equipamentos. Pode ser preventiva ou emergencial.

**Mercado Interno ou Cabotagem** - Conjunto de clientes compradores que recebem minério por ferrovia, rodovia ou navios.

**Mina** - Local de origem dos produtos operacionais.

**Minério** - Nome genérico dado aos produtos manuseados no porto, não incluídas as pelotas.

**Mistura (blend)** - Ato de se juntar partes de dois ou mais produtos operacionais diferentes para formar um único produto ou para corrigir a qualidade de um produto.

**Moega** - Local de descarga de gusa ou outros minérios que cheguem em vagões não GDE.

**Multa (Demurrage)** - Penalidade imposta à CVRD nos casos de atraso no carregamento de um navio, em relação ao tempo previsto para essa operação.

**Navio de Maré** - Designação dada aos navios que dependem da altura da maré para operarem no porto.

**Passagem de Serviço (VSRC)** - Documento que contém informações que são passadas pelo setor de Planejamento ao setor de Programação, tais como plano de estocagem por tipo de minério, método de empilhamento, observações relativas à qualidade, etc.

**Pátio** - Espaço do porto subdividido em áreas destinadas ao empilhamento de minério. Existem dois pátios no Porto de Tubarão, denominados pátio velho e pátio novo.

**Pé de Piloto** - Distância entre o casco do navio e o fundo do mar.

**Pelota** - Produto obtido pelo processamento do minério fino nas usinas em Tubarão.

**Pendência Comercial** - Observação feita a um navio que tenha alguma restrição de embarque por pendências com a área comercial.

**Peneiramento** - Instalação pertencente ao porto, responsável pela separação de um produto granulado em até três outros finos de diferentes bitolas.

**Pier**- Local do porto destinado à atracação de navios.

**Pilha** - Quantidade de minério empilhada em uma das áreas do porto. É definida pelo produto que está sendo formado, uma área e duas balizas (inicial e final).

**Pilha de Pelotas no Porto** -É uma pilha que vem diretamente das usinas de pelletização e não das minas. Apesar de as usinas de pelletização possuírem um pátio de estocagem próprio, tais pilhas devem ser trazidas freqüentemente para o pátio do porto.

**Planejamento** - Setor do porto responsável pela centralização das negociações no contexto de produção, transporte e embarque de modo que se possam evitar problemas em um futuro próximo, tais como, multa, quebra de máquinas e

bloqueios. Este setor faz o elo com o setor de Programação e com o setor de Manutenção, por meio dos documentos: “Passagem de Serviço”, “Plano de Carga”, “Seqüência de Carga”, “Fila de Navios” e “Posição de Navios”.

**Plano de Carga** - Documento passado pelo Planejamento à Programação. Contém informações de como deve ser realizada a operação de recuperação de pilhas e dados do tipo: navio, tipo de minério, quantidades mínima e máxima de carga solicitada, localização do produto na área x baliza, dentre outras.

**Plano de Manutenção** - Documento passado pelo setor de Manutenção para o setor de Planejamento, onde estão especificados os períodos em que determinadas máquinas devem parar de operar, para evitar futuros problemas de operação.

**Porão/Bocas** - Subdivisões do navio destinadas ao armazenamento da carga.

**Porto** - Instalação onde ocorre a descarga de minério proveniente das minas e o embarque de minério, processado por uma usina ou não.

**Posição de Navios** - Documento que fornece a demanda detalhada para os embarques no período (mensal) de onde serão determinadas as quantidades, componentes, qualidade e calendário para a formação de pilhas para cada carga dos embarques programados.

**Prêmio (Dispatch)** - Gratificação recebida pela CVRD em caso de adiantamento no carregamento de um navio, em relação ao tempo contratual previsto para essa operação.

**Produto** - Tipo de minério (ou mistura de minérios) comercializada pela CVRD.

**Produto Comercial** - Produto final das pilhas terminadas, efetivamente recuperado para embarque.

**Produto Operacional** - Produto vindo das minas para formar pilhas ou pelotas.

**Programação** - Setor do porto responsável por toda a parte operacional, em curto prazo. Este setor é o executor das tarefas passadas pelo Planejamento, pelo documento “Passagem de Serviço”. Seu principal objetivo é evitar bloqueios, podendo, para tanto, sugerir uma recirculação de pilhas ao setor de Planejamento.

**Recirculação** - Remoção de pilhas ou frações de pilhas de uma determinada área de estocagem para outra(s), com finalidade de liberar espaço ou corrigir qualidade.

**Recuperadora** - Equipamento do porto responsável pela retirada de produtos operacionais de uma determinada pilha, para que estes sejam embarcados, transferidos internamente, recirculados ou misturados com outros produtos operacionais.

**Rota** - Caminho formado por uma origem e um destino, composto por equipamentos como correias, empilhadeiras, recuperadoras, viradores ou carregadores de navios. Como algumas correias são comuns a várias rotas, determinadas operações de movimentação envolvendo tais rotas podem caracterizar um bloqueio.

**Seqüência de Carga** - Documento que contém informações detalhadas sobre que carga deve ser embarcada em cada porão, bem como a seqüência em que o embarque deve ser feito.

**Shift** - Movimento que o navio faz para trocar de píer.

**Sobrestadia** - Diferença de tempo entre o término da operação e o fim do laytime, caso esta diferença seja positiva.

**Taxa de Embarque** - Taxa em que o embarque é feito. Pode ser composta pela recuperação de mais de uma recuperadora. É medida em t/h.

**Taxa de Recuperação** - Taxa em que a máquina recuperadora está trabalhando. Também medida em t/h.

**Transferência Interna** - Operação que consiste na retirada de pelotas dos pátios das usinas de pelotização para estocá-las em alguma área dos pátios do porto, de onde serão posteriormente recuperadas para embarque.

**Trem** - Composição que desloca um ou mais lotes. Geralmente, um trem é composto por dois lotes de 82 vagões, apesar do transporte de frações ser permitido.

**Trimming** - Operação realizada pelo navio para acertar a carga contida nos seus respectivos porões, de modo que o navio esteja balanceado ao desatracar do píer e deixar o porto.

**Turtime** - Tempo contratualmente destinado ao embarcador para preparar seus equipamentos e instalações para o embarque da carga.

**Usina** - Indústria de Pelotização.

**Vagão** - Unidade de transporte do produto entre mina e virador ou moega e virador.

**Vagões Avulsos** - Vagões que, por problemas físicos, foram desmembrados e não descarregaram com o restante do lote ficam boiando nos pátios de manobra aguardando descarga.

**Virador de Vagões** - Equipamento pertencente ao porto, responsável por descarregar o minério transportado nos vagões, para que sejam empilhados em outras áreas do porto, usinas de pelotização ou mesmo navios.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Navio sendo carregado no Píer 2 .....	12
Figura 2.	Visão geral do Complexo de Tubarão .....	38
Figura 3.	Viradores de vagão do Porto de Tubarão.....	39
Figura 4.	Esquema ilustrativo das áreas de estocagem .....	40
Figura 5.	Operação de recuperação .....	42
Figura 6.	Operação de empilhamento.....	42
Figura 7.	Usinas I a IV .....	43
Figura 8.	Usinas de V a VII.....	44
Figura 9.	Estação de peneiramento.....	44
Figura 10.	Berços de atracação.....	45
Figura 11.	Carregamento no Píer 2 .....	46
Figura 12.	Carregamento dos berços 1N e 1S .....	47
Figura 13.	Pressões sobre o Porto .....	50
Figura 14.	Embarques agrupados por tamanho em três diferentes filas .....	53
Figura 15.	Fila de navios gerada pelo Software FINAV .....	56
Figura 16.	Bloqueio entre uma recuperadora e uma empilhadeira que compartilham o mesmo trilho.....	63
Figura 17.	Bloqueio entre carregadores que compartilham o mesmo trilho.....	64
Figura 18.	Exemplo abertura de pilhas (situação atual do pátio).....	69
Figura 19.	Exemplo abertura de pilhas (pátio após alocação da carga C1) .....	70
Figura 20.	Exemplo abertura de pilhas (pátio após alocação da carga C2) .....	71
Figura 21.	Exemplo abertura de pilhas (pátio após alocação da carga C3) .....	72
Figura 22.	Fluxo resumido da cadeia de pelotas .....	74
Figura 23.	Exemplo transferência de pelotas (situação atual dos pátios).....	77
Figura 24.	Exemplo transferência de pelotas (pátio após alocação das cargas).....	78
Figura 25.	Processo de descarga de vagões .....	82
Figura 26.	Processo de estocagem de minério .....	83
Figura 27.	Processo de recuperação de minérios/pelotas para embarque .....	84
Figura 28.	Processo de transferência de pelotas .....	85
Figura 29.	Porão do navio sendo carregado.....	85
Figura 30.	Cadeia de Suprimentos de Minério .....	86

Figura 31. Complexos mineiros da CVRD (Sistema Sul) .....	89
Figura 32. Mina de Cauê (cidade de Itabira) .....	89
Figura 33. Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) .....	90
Figura 34. Usinas de pelotização da CVRD .....	91
Figura 35. Equipe de planejamento do Porto de Tubarão .....	92
Figura 36. Problemas tratados separadamente (por área funcionais).....	121
Figura 37. Etapa 1 .....	123
Figura 38. Etapa 2 .....	124
Figura 39. Etapa 3 .....	125
Figura 40. Etapa 4 .....	126
Figura 41. Etapa 5 .....	127
Figura 42. Etapa 6 .....	128



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Espera média por berço (Heurística 1).....	110
Gráfico 2. Espera média por berço com alteração nos limites para maré (Heurística 1).....	111
Gráfico 3. Comparativo de tonelagem embarcada (Heurística 1) .....	112
Gráfico 4. Espera média por berço (Heurística 2).....	113
Gráfico 5. Espera média por berço com alteração nos limites para maré (Heurística 2).....	114
Gráfico 6. Comparativo de tonelagem embarcada (Heurística 1) .....	114
Gráfico 7. Espera média por berço (Heurística 2).....	115
Gráfico 8. Comparativo do total de tonelagem embarcada por heurística (Cenário 1 .....	116
Gráfico 9. Comparativo do total de tonelagem embarcada por heurística (Cenário 2).....	117
Gráfico 10. Comparativo do total de tonelagem embarcada por heurística .....	120

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplos de decisão estratégica, tática e operacional .....	23
Quadro 2: Resumo dos principais métodos para previsão de demanda .....	26
Quadro 3. Exemplo de seqüência de carregamento .....	80
Quadro 4. Exemplo de seqüência de carregamento .....	81
Quadro 5. Exemplo de ordem de carregamento .....	81

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1	MOTIVAÇÃO .....	12
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO .....	15
2	<b>GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS</b> .....	16
2.2	O VALOR DO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	17
2.3	ATIVIDADES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	17
2.3.1	<b>Atividades-chave e atividades de suporte</b> .....	18
2.4	ESTRATÉGIA E PLANEJAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	20
2.5	NÍVEIS DE PLANEJAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	22
2.6	CONCEITUAÇÃO DO PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	24
2.6.1	<b>Demanda</b> .....	24
2.6.2	<b>Serviço ao cliente</b> .....	29
2.6.3	<b>Características do produto</b> .....	31
2.6.4	<b>Custos logísticos</b> .....	32
2.6.5	<b>Política de precificação</b> .....	32
2.7	CONCEITOS PARA A ELABORAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	33
2.8	ESCOLHA DA MELHOR ESTRATÉGIA PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	35
2.8.1	<b>Avaliação do desempenho da estratégia escolhida</b> .....	37
3	<b>O PROBLEMA DE PLANEJAMENTO NO PORTO DE TUBARÃO</b> .....	38
3.1	VIRADORES DE VAGÃO .....	38
3.2	ROTAS DE DESCARGA .....	39
3.3	ÁREAS DE ESTOCAGEM .....	40
3.4	USINAS DE PELOTIZAÇÃO .....	42
3.5	PENEIRAMENTO .....	44
3.6	ROTAS DE CARREGAMENTO .....	45
3.7	BERÇOS DE ATRACAÇÃO .....	45
3.8	HEURÍSTICAS DE PLANEJAMENTO DO PORTO DE TUBARÃO .....	48
3.8.1	<b>Planejamento da seqüência de atendimento de navios</b> .....	50

3.8.2	<b>Planejamento da estocagem de minério</b>	58
3.8.3	<b>Planejamento da transferência de pelotas</b>	74
3.8.4	<b>Seqüência de carregamento de navios</b>	79
3.8.5	<b>Programação de embarque</b>	82
3.9	<b>O PORTO DE TUBARÃO INSERIDO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE MINÉRIO</b>	86
3.9.1	<b>Comercial</b>	87
3.9.2	<b>Mina</b>	88
3.9.3	<b>Ferrovia</b>	89
3.9.4	<b>Pelotização</b>	91
3.9.5	<b>Porto</b>	91
4	<b>HEURÍSTICAS DE PLANEJAMENTO</b>	95
4.1	<b>DEFINIÇÃO DO PROBLEMA</b>	95
4.1.1	<b>Entradas do modelo</b>	95
4.1.2	<b>Regras e restrições</b>	96
4.1.3	<b>Saída</b>	96
4.1.4	<b>Heurística 1 – FIFO simples por filas</b>	96
4.1.5	<b>Análise do algoritmo “Heurística1”</b>	98
4.2	<b>HEURÍSTICA 2 – FIFO COM BERÇOS PREFERENCIAIS</b>	101
4.2.1	<b>Análise do algoritmo “Heurística2”</b>	102
4.3	<b>HEURÍSTICA 3 – FIFO COM BERÇOS PREFERENCIAIS OTIMIZADA</b>	105
4.3.2	<b>Análise do algoritmo Heurística 3</b>	107
4.4	<b>ANÁLISE COMPARATIVA DAS HEURÍSTICAS</b>	109
5	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b>	118
5.1	<b>TRABALHOS FUTUROS</b>	121
6	<b>REFERÊNCIAS</b>	130
	<b>GLOSSÁRIO</b>	16
	<b>ANEXO A – ENTRADA DE DADOS</b>	134

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da competição em praticamente todos os mercados tem obrigado as empresas a se tornarem cada vez mais eficientes e competitivas. Isso implica reduzir os custos de produção e de distribuição de seus produtos, porém sem afetar a qualidade esperada. Em outras palavras, as empresas precisam, o mais rápido possível, encontrar a melhor forma de alocar seus recursos materiais, humanos e financeiros (recursos estes limitados) de forma a obter o máximo de benefício possível.

Inseridas nesse contexto, ferramentas de otimização e apoio à decisão se mostram cada vez mais imprescindíveis. Contudo, em todo o mundo e, em particular, no Brasil, a utilização desse tipo de ferramentas na busca de soluções para problemas reais ainda é feita de maneira bem tímida. Em sua grande parte, os problemas são resolvidos manualmente ou, no máximo, com apoio de métodos de simulação simples. Dessa forma, as soluções encontradas podem estar muito distantes do ótimo, com conseqüente perda de eficiência operacional.

Dentre os problemas encontrados no dia-a-dia das empresas, o planejamento de tarefas é extremamente importante, mas de dificuldade computacional muito grande. Os problemas de planejamento podem ser encontrados em diversas áreas de aplicação, por exemplo, operações de produção em indústrias, transporte de cargas, escala de funcionários e embarque dos produtos. Sua grande importância prática faz com que eles sejam fontes de permanentes pesquisas.

Com o foco nesse grupo de problemas, esta dissertação visa a tratar o problema de embarques de minérios e pelotas de ferro no terminal marítimo de Tubarão, principal porto da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). De maneira bem resumida, o objetivo deste problema é determinar o local e o momento de atracação de cada navio, de forma a maximizar a tonelagem embarcada em um determinado período (Figura 1).



Figura 1. Navio sendo carregado no Píer 2

## 1.1 MOTIVAÇÃO

O Terminal de Tubarão é o maior porto exportador de minério de ferro do mundo. Composto resumidamente por três berços de atracação de navios, sete usinas de pelletização, dez pátios de estocagem e quatro viradores de vagão, esse porto atende hoje de 40 a 45 embarques por mês. Em geral, cada embarque leva entre 100.000 a 300.000 toneladas.

Dado o aquecimento da economia mundial, puxada em grande parte pelo mercado chinês (hoje o maior demandador de aço do mundo), a demanda por minério de ferro tem crescido significativamente a cada ano. Da mesma forma, à medida que a demanda aumenta, o preço do minério e da pelota de ferro também aumentam.

Como consequência desse cenário, a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) se sente pressionada a aumentar continuamente sua produção, de forma a acompanhar o crescimento da demanda mundial. Essa pressão pode ser traduzida em dois principais fatores:

- a) a pressão dos acionistas que, ao verem o mercado aquecido e o alto preço do minério, cobram continuamente a CVRD para que aumente sua produção de maneira a maximizar seu lucro; e
- b) novos *players* (concorrentes de mercado) começam a surgir, visando a atender ao *gap* existente, uma vez que as empresas produtoras de minério de ferro não são capazes de atender à demanda mundial de minério.

Dessa forma, a ordem na CVRD hoje é maximizar a produção, aumentando significativamente a produção a cada ano. Inserindo o Terminal de Tubarão nesse contexto, é fácil percebermos que de nada adianta a empresa aumentar sua produção, se esta não for capaz de escoar o aumento da oferta.

Uma vez que o Terminal de Tubarão, há algum tempo, já vem trabalhando sem folga, caso a produção seja de fato aumentada, o porto deverá encontrar uma forma de aumentar sua capacidade de escoamento, ou seja, deverá ser capaz de embarcar uma maior quantidade de milhões de toneladas por ano. Assim, podemos imaginar duas principais possibilidades:

- a) aumento dos recursos disponíveis: esta é, sem dúvida, a maneira mais simples, contudo a mais custosa. Além disso, a própria geografia do Terminal de Tubarão impede um aumento substancial da quantidade dos recursos mais demandados. Por exemplo, não há mais espaço físico para a criação de novos pátios de estocagem no Porto. Para que seja criado um novo berço de atracação de navios, este terá que ser criado *off-shore*, algo que envolve um risco muito maior e que ainda não existe no Brasil. Um outro fator que depõe contra essa alternativa é o fato de ela não trazer um diferencial competitivo para a empresa, visto que qualquer um dos demais *players* de mercado também pode investir na aquisição de novos recursos para a sua planta.
- b) otimização da operação: esta segunda opção é mais complexa, mas traz benefícios maiores e mais duradouros para a empresa. No caso específico do

Terminal de Tubarão, esta segunda opção envolve planejar as atividades de embarque de forma a tirar o máximo proveito possível dos recursos existentes.

Usando a segunda opção como motivação, esta dissertação visa a propor melhorias para o processo de embarque de minério. O objetivo inicial deste trabalho era levantar as características dos três berços de atracação do Porto, entender as principais regras de atracação e utilizar uma meta-heurística consagrada (os estudos foram feitos para utilização de *Tabu Search*), para, então, propor uma seqüência de atendimento de embarques ótima ou boa.

Contudo, um ponto bastante importante chamou a atenção desde o início dos trabalhos. Há mais de uma década, a CVRD vem tentando, sem sucesso, resolver esse problema. Várias empresas já foram contratadas para desenvolver um sistema de otimização que propusesse um plano ótimo ou bom para o problema de embarques de minério, mas todos os projetos fracassaram e o Porto continuava sem nenhuma ferramenta.

À medida que avançamos em nossos estudos sobre o planejamento da seqüência de atendimento de navios, começamos a compreender os principais motivos dos fracassos dos projetos anteriores. Um fato que chamava a atenção é que os projetos anteriores sempre tentavam tratar os problemas isoladamente, ou seja, para elaborar a seqüência ótima de atendimento de navios, os algoritmos levavam em consideração apenas os embarques a serem atendidos e as características dos berços de atracação disponíveis. Porém, conforme será mostrado nesta dissertação, o Porto abrange muito mais do que apenas os berços de atracação. Além disso, o Porto possui uma dependência enorme com as demais áreas que compõem a cadeia de suprimentos do minério de ferro: Comercial, Mina, Ferrovia e Pelotização, de tal forma que o efetivo planejamento do Porto somente pode ser feito caso os planejamentos dessas outras áreas também sejam considerados. Ao longo deste estudo, essa afirmação será mais trabalhada e ilustrada.

Nesse contexto, os objetivos desta dissertação foram revistos e os trabalhos assumiram, como foco principal, a realização de um estudo mais profundo sobre



todas principais operações do Porto, assim como a maneira como essas operações são afetadas pelas outras áreas que compõem a cadeia de suprimentos de minério, para que, futuramente, este estudo sirva de pilar para a construção de um sistema de otimização, que possa, finalmente, resolver esse problema tão crítico e com possibilidades imensas de retornos financeiros para a CVRD.

Um segundo objetivo deste estudo, de resultado mais imediato, foi propor possíveis melhorias, com base em experimentos, para a heurística atual da seqüência de atendimentos de embarques. Para tal, foram desenvolvidas três diferentes heurísticas, de forma a comparar seus resultados e apontar quais dos seus pontos fortes poderiam ser incorporados à rotina da equipe de planejamento do Porto.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este texto está dividido da seguinte forma: o Capítulo 2 faz uma revisão de literatura sobre o tema Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos; o Capítulo 3 descreve o problema de planejamento no Porto de Tubarão e como esse problema está inserido na cadeia de suprimentos de minério de ferro; no Capítulo 4 são apresentadas as heurísticas propostas para a elaboração do plano de atendimento de embarques, sendo feita uma análise e comparação dos seus resultados; o Capítulo 5 contém a conclusão dos assuntos abordados e discute como futuros trabalhos relacionados com esse problema poderiam ser desenvolvidos. Por fim, o Anexo A apresenta os dados utilizados como entrada para os experimentos com as heurísticas desenvolvidas.

## 2 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O gerenciamento da cadeia de suprimentos é um termo surgido recentemente, que capta a essência da logística integrada e destaca as interações que ocorrem entre as funções de mercado, logística e produção, no âmbito de uma ou mais empresas.

De acordo com Handfield e Nichols Jr. (1999), a cadeia de suprimentos abrange todas as atividades relacionadas com o fluxo de transformação de mercadorias desde o estágio da matéria-prima (extração) até o usuário final, bem como os respectivos fluxos de informação. Materiais e informações fluem tanto para baixo, quanto para cima na cadeia de suprimentos. O gerenciamento da cadeia de suprimentos é a integração dessas atividades, mediante relacionamentos aperfeiçoados na cadeia, com o objetivo de conquistar uma vantagem competitiva sustentável.

Depois de um cuidadoso estudo a respeito de várias definições a respeito desse assunto, Mentzer (2001) definiu o gerenciamento da cadeia de suprimentos como a coordenação estratégica sistemática das tradicionais funções de negócios e das táticas ao longo dessas funções de negócios no âmbito de uma determinada empresa e ao longo dos negócios no âmbito da cadeia de suprimentos, com o objetivo de aperfeiçoar o desempenho a longo prazo das empresas isoladamente e da cadeia de suprimentos como um todo.

Por fim, o Council of Logistics Management definiu a logística associada à cadeia de suprimentos como o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias e das informações, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes (BYLAWS..., 2006).

Com base no entendimento dessas definições, podemos, de uma forma um pouco mais clara, definir a cadeia de suprimentos como o conjunto de atividades funcionais (transportes, controle de estoques, serviços ao cliente...) que se repetem inúmeras vezes ao longo do canal, no qual matérias-primas vão sendo convertidas em

produtos acabados, a fim de produzir vantagem competitiva e lucratividade para cada uma das companhias envolvidas na cadeia.

## 2.2 O VALOR DO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O valor do gerenciamento de uma cadeia de suprimentos é manifestado primeiramente em termos de “tempo” e “lugar”. Produtos e serviços não possuem valor a menos que possam estar em poder dos clientes quando (tempo) e onde (lugar) eles pretendem consumi-los. Para incontáveis empresas no mundo inteiro, a logística da cadeia de suprimentos vem se transformando num processo cada vez mais importante de agregação de valor.

Com a tendência geral de uma economia cada vez mais integrada, com a globalização e a internacionalização das indústrias, é esperado um aumento cada vez maior da dependência das empresas com seu desempenho e custo logístico. À medida que isso acontece, o efetivo gerenciamento da cadeia de suprimentos assume uma importância maior no âmbito das empresas, uma vez que os custos, especialmente de transporte, vão crescendo de proporção na sua estrutura total.

Ao longo dos anos, muitos estudos têm sido realizados para identificar os níveis dos custos logísticos na economia mundial. De acordo com o Fundo Monetário Internacional, os custos logísticos representam, em média, 12% do produto interno bruto mundial. Wilson e Delaney (2000), que vem acompanhando os custos logísticos há mais de duas décadas, estima que estes representem, para a economia dos EUA, aproximadamente 9,9% do seu produto interno bruto. De acordo com LaLonde e Zinszer (1976), o custo logístico para as empresas pode chegar a mais de 30% do valor das vendas.

## 2.3 ATIVIDADES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

As atividades que irão compor a cadeia de suprimentos variam de empresa para empresa, dependendo, entre outros fatores, da estrutura organizacional, das

diferentes conceituações sobre o que constitui a cadeia de suprimentos no negócio da empresa e da importância de cada atividade específica para suas operações. De acordo com o Council of Logistics Management, os componentes de uma cadeia de suprimentos típica são: serviços ao cliente, previsão de demanda, comunicação de distribuição, controle de estoque, manuseio de materiais, processamento de pedidos, peças de reposição e serviços de suporte, escolha de locais para fábrica e armazenagem (análise da localização), embalagem, manuseio de produtos devolvidos, reciclagem de sucata, tráfego e transporte, e armazenagem e estocagem (CAREERS..., 2006).

### **2.3.1 Atividades-chave e atividades de suporte**

As atividades que compõem uma determinada cadeia de suprimentos podem ser classificadas em: atividades-chave e atividades de suporte. Ao analisar uma cadeia de suprimentos, é possível perceber e separar as atividades que, em geral, ocorrerão em todos os canais de logística (atividades-chave) das outras que só se darão em circunstâncias específicas (atividades de suporte).

As atividades-chave estão no canal crítico de distribuição física de uma empresa e normalmente representam a parte majoritária dos custos logísticos da cadeia. Em geral, o transporte e a manutenção dos estoques são as atividades logísticas primárias na absorção de custos. A experiência mostra que cada um deles representará perto da metade dos custos logísticos totais. Uma outra atividade-chave, normalmente fundamental na cadeia, é o processamento de pedidos. Apesar de seus custos serem normalmente bem menores em comparação com os custos de transporte e manutenção do estoque, o processamento de pedidos é um componente importante na determinação do tempo total de mercadorias ou serviços a um cliente, uma vez que se trata da atividade responsável por desencadear a movimentação dos produtos e serviços de entrega.

As atividades de suporte, apesar de poderem ser tão críticas quanto as atividades-chave, em algumas circunstâncias, são consideradas basicamente como contribuintes da missão logística da cadeia. Para ilustrar o conceito de atividades-

chave e atividades de suporte, a seguir são listadas possíveis atividades de cada um desses conjuntos.

a) atividades-chave

- mercado:
  - determinar as necessidades dos clientes em serviços logísticos;
  - estabelecer níveis de serviços para o cliente;
- transporte:
  - seleção do modal e serviço de transporte;
  - consolidação de fretes;
  - determinação de roteiros;
  - programação de veículos;
  - seleção de equipamentos;
- gerência de estoques:
  - políticas de estocagem de matérias-primas e produtos acabados;
  - previsão de vendas em curto prazo;
  - variedade de produtos nos pontos de estocagem;
  - número, tamanho e localização dos pontos de estocagem;
- processamento de pedidos:
  - interface entre pedido de compras e estoque;
  - métodos de transmissão de informações sobre os pedidos;

b) atividades de suporte

- armazenagem:
  - *layout* do estoque;
  - configuração do armazém;
  - normas de substituição de equipamentos;
  - embalagem protetora para manuseio e estocagem;
- compras:
  - seleção da fonte de suprimentos;
  - o momento da compra;
  - quantidade das compras;
- manutenção de informações:
  - coleta e armazenamento de dados;
  - análise dos dados;
  - manipulação da informação;
  - procedimentos de controle.

## 2.4 ESTRATÉGIA E PLANEJAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A criação de uma estratégia corporativa começa com uma definição muito clara dos objetivos da empresa. É indispensável um entendimento geral de quais são as metas mais importantes para a corporação. Em seguida, deve ocorrer um processo de estabelecimento da visão, no qual estratégias não convencionais, desconhecidas e aparentemente sem sentido devam ser levadas em consideração. Segundo Kallock (1989), isso implica voltar-se por inteiro para os quatro componentes de uma boa estratégia: clientes, fornecedores, concorrentes e a empresa.

Inserido nesse contexto, a escolha de uma boa estratégia para a gestão da cadeia de suprimentos exige o emprego de grande parte dos processos inerentes da criação de uma boa estratégia corporativa e, como tal, inclui três objetivos principais: redução de custos, redução de capital e melhoria dos serviços.

A redução de custos em geral é a estratégia voltada para o enxugamento dos custos variáveis relacionados com o transporte e armazenagem.

A redução de capital é a estratégia voltada para o enxugamento do nível dos investimentos nos sistemas logísticos. Maximizar o retorno sobre os ativos logísticos é a motivação dessa estratégia. Embarcar diretamente para o cliente a fim de evitar o armazenamento, optar por uma abordagem *just-in-time* em lugar de manter estoques ou usar provedores terceirizados de serviço logísticos são exemplos de componentes dessa estratégia.

Estratégias de melhoria de serviços normalmente admitem que os lucros dependem do nível dos serviços logísticos oferecidos. Embora os custos aumentem rapidamente com a melhoria dos níveis logísticos dos serviços ao cliente, os lucros igualmente maximizados provavelmente serão mais significativos que o aumento dos custos. A seguir, são listados alguns exemplos que ilustram como essas estratégias podem influenciar o resultado das empresas:

- a) a American Hospital Supply desenvolveu um sistema eficiente de compras para seus clientes, mediante a implantação de terminais nas respectivas sedes. O sistema desburocratizou o processo de pedidos, o que acabou garantindo uma proporção maior de encomendas para a empresa (COPACINO; ROSENFELD, 1985);
- b) a Nabisco dominava tranquilamente o setor de molhos para churrascos, com sua marca A-1. A Kraft lançou no mercado um molho mais codimentado, o *Bulls Eye*, que balançou a concorrência. A Nabisco, sentindo a ameaça, reagiu com A-1 *Bold*, colocando sua cadeia de suprimentos em velocidade máxima para inundar as gôndolas dos supermercados com o novo produto. Em questão de meses,

eliminou o *Bulls Eye* de circulação. Sem a eficiência da cadeia de suprimentos da Nabisco, o Bulls Eye teria tempo de conquistar boa parte do mercado (HALL, 1995);

- c) a Domino Pizza é apenas uma das tantas marcas do mercado de *pizzas*. Contudo a Domino chegou ao segundo lugar entre as maiores redes de *pizzaria* dos EUA oferecendo aos clientes um desconto de três dólares sobre qualquer entrega que não chegasse ao destinatário em até 30 minutos após a confirmação do pedido (HOW..., 1989);
- d) a Atlas Door reconheceu que não havia empresa capaz de entregar uma porta ao cliente em menos de três meses. A Atlas entrou no mercado e desenvolveu uma estratégia baseada na entrega em tempo muito menor e conquistou uma considerável fatia desse mercado (ERNST, 1988).

## 2.5 NÍVEIS DE PLANEJAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O planejamento da cadeia de suprimentos se desenvolve basicamente em três níveis: estratégico, tático e operacional. O planejamento estratégico é considerado de longo prazo, com horizonte temporal de mais de um ano; o planejamento tático tem um horizonte temporal intermediário, normalmente inferior a um ano e o planejamento operacional corresponde ao processo decisório de curto prazo, com decisões normalmente tomadas a cada hora ou diariamente.

Cada um dos níveis de planejamento requer uma perspectiva diferente. Devido ao seu horizonte mais longo, o planejamento estratégico trabalha muitas vezes com dados incompletos e inexatos. Nesse caso, os dados podem obedecer à média, sendo os planos considerados em geral adequados, quando conseguem mostrar-se razoavelmente próximos do ótimo. Por outro lado, o planejamento operacional e o tático muitas vezes exigem um conhecimento profundo do problema em questão, e abordagens específicas normalmente devem ser personalizadas. Ballou (2004)



apresenta, no quadro a seguir, exemplos de decisão estratégica, tática e operacional. O bom entendimento desses três níveis é fundamental para a resolução de qualquer problema ligado a uma cadeia de suprimentos.

Área de Decisão	Nível da Decisão		
	Estratégico	Tático	Operacional
Localização das instalações	Quantidade, área e localização de armazéns, plantas e terminais		
Estoques	Localização de estoques e normas de controle	Níveis dos estoques de segurança	Quantidades e momento de reposição
Transporte	Seleção de modal	<i>Leasing</i> de equipamento periódico	Roteamento, despacho
Processamento de pedidos	Projeto do sistema de entrada, transmissão de pedidos e processamento		Processamento de pedidos, atendimento de pedidos pendentes
Serviço aos clientes	Padrões de procedimentos	Regras de priorização dos pedidos de clientes	Preparação das remessas
Armazenagem	Seleção do material de deslocamento, <i>layout</i> da instalação	Escolhas de espaços sazonais e utilização de espaços privados	Separação de pedidos e reposição de estoques
Compra	Desenvolvimento de relações fornecedor-comprador	Contratação, seleção de fornecedores, compras antecipadas	Liberação de pedidos e apressamento de compras

Quadro 1. Exemplos de decisão estratégica, tática e operacional  
 Fonte: Ballou, 2004

## 2.6 CONCEITUAÇÃO DO PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Uma maneira bastante usual de abordar o problema de planejamento da cadeia de suprimentos é modelá-lo como uma rede abstrata de ligações e nós, construída, por exemplo, como uma configuração de armazéns, pontos de varejo, fábricas, alocação de estoques, serviços de transporte e sistemas de processamento de informações que possam atingir um equilíbrio ótimo entre os rendimentos derivados do nível de serviços ao cliente estabelecidos pela rede e os custos relativos à sua criação e operação.

Segundo Ballou (1982), em se tratando de planejamento, uma das questões mais importantes é saber quando uma rede deve ser planejada ou remodelada. Quando não há sistema logístico, como é comum no caso de uma nova empresa, ou de novos itens incluídos na linha de produtos, a necessidade de planejar uma rede logística é óbvia. Porém, em muitos casos em que a rede já funciona, é preciso tomar uma decisão quanto a modificar ou manter a rede existente. A resposta para essa questão depende de uma profunda avaliação e auditoria da rede em questão, o que pode ser bem complexo. Em geral, tanto o planejamento de uma nova rede, quanto a avaliação de uma já existente devem se basear em cinco áreas-chave: demanda, serviços aos clientes, características dos produtos, custos logísticos e políticas de precificação.

### 2.6.1 Demanda

Tanto o nível da demanda, quanto a sua dispersão geográfica influem significativamente sobre a configuração das redes logísticas. É comum que empresas passem por um crescimento ou declínio desproporcional em uma região do País, quando comparado com o de outras regiões. Mesmo que as condições existentes apontem apenas a necessidade de expansão ou redução das instalações existentes, mudanças consideráveis e velozes nos padrões da demanda podem tornar obrigatória a instalação de novos armazéns ou fábricas em áreas de rápido

crescimento e, ao mesmo tempo, sejam fechadas instalações em mercados de crescimento lento ou em declínio.

O bom planejamento e controle das atividades da cadeia de suprimentos depende de estimativas acuradas dos volumes de produtos e serviços a serem demandados pela cadeia. Tais estimativas ocorrem tipicamente na forma de planejamento e previsões, que podem fazer uso dos mais diversos métodos, normalmente agrupados em três categorias:

- a) métodos qualitativos: recorrem a julgamento, intuição, pesquisas ou técnicas comparativas a fim de produzir estimativas sobre o futuro. As informações relativas aos fatores que afetam a previsão são tipicamente não quantitativas, flexíveis e subjetivas. A natureza não científica desse método torna difícil a sua padronização ou mesmo a validação de sua exatidão. Contudo, em várias ocasiões, esses métodos correspondem a todo arsenal disponível para prever o sucesso de novos produtos, mudanças de políticas ou mesmo o impacto de uma nova tecnologia. Métodos qualitativos são preferencialmente utilizados para previsões de médio a longo prazo;
- b) métodos de projeção histórica: quando se dispõe de um número razoável de dados históricos e a tendência e variações sazonais nas séries de tempo são estáveis e bem definidas, a projeção desses dados no futuro pode representar uma maneira eficiente de previsão do futuro. A premissa básica desses métodos assume que o padrão de tempo futuro será uma repetição ou aproximação do passado, pelo menos em sua maior parte. A natureza quantitativa desses métodos incentiva o uso de modelos matemáticos e estatísticos como principais fontes de previsão. Métodos de projeção histórica são preferencialmente utilizados para previsões de curto prazo;
- c) métodos casuais: este método assume que o nível da variável de previsão é derivado do nível de outras variáveis relacionadas. Por exemplo, se o serviço ao cliente tem um efeito positivo sobre as vendas, conhecendo-se o nível de serviço oferecido, é possível projetar o nível das vendas. Uma vez que existam boas

relações de causa-efeito e estas possam ser descritas, os métodos causais podem ser de grande efetividade na antecipação de grandes previsões nas séries de tempo e na previsão de períodos de médio e longo prazo. Em geral, a grande dificuldade desses métodos está em localizar variáveis verdadeiramente causais.

Independente do método de previsão aplicado, na grande maioria dos casos, alterações na demanda, mesmo na ordem de poucos pontos percentuais ao ano, já justificam um novo planejamento da rede. O Quadro 2, baseado nos artigos de Chambers, Mulick e Smith (1971), traz um resumo dos principais métodos para previsão de demanda.

Método	Descrição	Horizonte
Delphi (NORTH; PYKE, 1969)	Um painel de especialistas é interrogado por uma seqüência de questionários em que as respostas a um destes são usadas para produzir o próximo. Qualquer conjunto de informações disponível para alguns especialistas é então repassado aos demais, possibilitando a todos eles acesso ao conjunto integral de informações para previsão	Médio-Longo
Pesquisa de Mercado (GREEN; TULL; ALBAUM, 1988)	Procedimento sistematizado, formal e consciente para a evolução e testes de hipóteses sobre os verdadeiros mercados	Médio-Longo
Painel de Consenso	Técnica baseada na suposição de que vários especialistas podem chegar a uma previsão melhor do que apenas uma pessoa. Não existe segredo, e a comunicação é incentivada. As previsões são às vezes influenciadas por fatores sociais e podem, inclusive, não refletir um consenso real. Solicitações de opiniões de executivos incluem-se nesta classe	Médio-Longo
Estimativa da Equipe de Vendas	Opiniões da equipe de vendas podem ser solicitadas, pois os vendedores estão realmente próximos dos clientes e, portanto, em posição ótima para estimar as suas necessidades	Curto-Médio
Previsão Visionária	Faz uso de <i>insights</i> pessoais, opiniões e, quando possível, fatos a respeito de diferentes cenários futuros. É caracterizada por antecipação e imaginação subjetivas em geral. Os métodos utilizados não são científicos	Médio-Longo

Continua

Quadro 2. Resumo dos principais métodos para previsão de demanda

## Continuação

<b>Método</b>	<b>Descrição</b>	<b>Horizonte</b>
Analogia Histórica (SPENCER; COLIN; HOGUET, 1961)	Análise comparativa do lançamento e crescimento de novos produtos similares, que baseia a previsão em padrões de similaridade	Médio-Longo
Média Móvel (CHASE; AQUILANO; JACOBS, 1998)	Cada ponto de uma média móvel numa série de tempo é a média aritmética ou ponderada, de um número de pontos consecutivos das séries nas quais o número de pontos de dados é escolhido de forma a eliminar os efeitos da sazonalidade e irregularidade	Curto
Ponderação Exponencial (BROWN, 1963)	E uma técnica similar à média móvel, exceto por seus pontos mais recentes receberem maior peso. Descritivamente, a nova previsão é igual à antiga acrescida de alguma parte do erro anterior de previsão. Ponderação exponencial dupla e tripla são versões complexas do modelo que considera a tendência e variação sazonal na série de tempo	Curto
Box-Jenkins (BOX; JENKINS, 1970)	Processo iterativo e complexo, que produz um modelo auto-regressivo e integrado de média móvel. Ajusta-se aos fatores sazonais e de tendência, faz a estimativa dos parâmetros adequados de peso, testa o modelo e repete o ciclo quando adequado	Curto-Médio
Decomposição de Série de Tempos (BOWERMAN; O'COONELL, 1987)	Método para a decomposição de uma série de tempo em componentes sazonais, de tendência e normais. Muito eficiente na identificação de pontos de mudança e excelente ferramenta de previsão para períodos temporais de médio prazo, isto é, de três a doze meses	Curto-Médio
Projeções de Tendências (NETER; WASSERMAN; WHITMORE, 1988)	Técnica que estabelece uma linha de tendência usando uma equação matemática e projetando-a para o futuro, por meio da equação. Existem diversas variações: método das inclinações características, polinômios, logaritmos, entre outras	Curto-Médio
Previsões Focadas (SMITH; WIGHT, 1978)	Testa uma variedade de regras de decisões simples para verificar qual delas é a mais acurada ao longo do próximo período de três meses. Simulação computadorizada é utilizada para testar as várias estratégias com dados recentes	Médio

Continua

Quadro 2. Resumo dos principais métodos para previsão de demanda

Método	Descrição	Horizonte
Análise Espectral (CHAN; HAYYA, 1976)	O método procura decompor uma série de tempo em seus componentes fundamentais, chamados <i>spectra</i> . Esses componentes são representados por curvas geométricas de seno e co-seno. A remontagem desses componentes produz uma expressão matemática que pode ser usada na previsão	Curto-Médio
Modelo de Regressão (NETER; WASSERMAN; KUTNER, 1983)	Faz a relação entre demanda e outras variáveis que “causam” ou explicam seu nível. As variáveis são selecionadas no campo da significância estatística. A ampla disponibilidade de poderosos programas computadorizados de regressão faz deste método uma técnica preferencial	Curto-Médio
Modelo Econométrico (CLELLAND, 1966)	O modelo econométrico é um sistema de equações de regressão interdependente que descreve alguns setores das atividades econômicas de vendas. Os parâmetros de equação de regressão são normalmente estimados simultaneamente. Como regra geral, são modelos de desenvolvimento oneroso, mas que, devido ao sistema de equações a eles inerente, conseguem expressar as causalidades presentes com maior eficiência do que uma equação normal de regressão, e por isso mesmo tendem a prever com maior exatidão os pontos críticos	Curto-Médio
Modelo de Entrada e Saída (LEONTIEFF, 1966)	Método de análise voltado para o fluxo de bens ou serviços na economia e em seus mercados. Mostra quais os fluxos de entrada devem ocorrer para a obtenção de determinada saída. A utilização correta desses modelos exige considerável aplicação de recursos e métodos, havendo ainda a particularidade da imprescindível obtenção de detalhes normalmente não disponíveis a ramos de determinados negócios	Médio
Indicadores Principais (EVANS, 1969)	Previsões geradas a partir de uma ou mais variáveis precedentes que são sistematicamente relacionadas com a variável a ser prevista	Curto-Médio
Análise do Ciclo de Vida (KOTLER, 1988)	Trata-se da análise e previsão do crescimento de produto novo com base nas curvas S. As fases da aceitação do produto por grupos, como os de inovadores, pioneiros na adoção, maioria adiantada, maioria posterior e retardatários, são fundamentais para a análise	Médio-Longo

Continua

Quadro 2. Resumo dos principais métodos para previsão de demanda

Método	Descrição	Horizonte
Filtro Adaptativo	Derivativo de uma combinação ponderada entre resultados reais e estimados, alterados sistematicamente a fim de refletir as mudanças no padrão dos dados	Curto-Médio
Simulação Dinâmica (FORRESTER, 1958)	O método recorre ao computador para simular o efeito, com o passar do tempo, das vendas de produtos acabados solicitados em vários pontos das cadeias de distribuição e suprimento. As necessidades são indicadas por políticas de estoque, programas de produção e políticas de compra	Médio-Longo
Redes Neurais (HILL; O'CONNOR; REMUS, 1996)	Modelos matemáticos de previsão inspirados no funcionamento dos neurônios biológicos. São caracterizados por sua capacidade de aprender à medida que chegam novos dados. O grau de exatidão da previsão parece ser melhor do que em outros métodos de séries de tempo, quando esta é descontínua	Curto
Previsão Colaborativa (AVIV, 2001)	Os membros da cadeia de suprimentos, agindo em conjunto, mantêm e atualizam um processo único de previsão destinado a produzir um prognóstico mais exato do que aquele realizado isoladamente. A previsão colaborativa tende a oferecer resultados mais precisos do que os de previsões isoladas, quando cada membro da cadeia consegue acrescentar uma informação exclusiva no processo de previsão	Curto
Previsão Baseada em Regras (COLLOPY; ARMSTRONG, 1992)	O método utiliza uma abordagem de previsão de sistemas especialistas. Por meio da experimentação, regras de <b>se-então</b> vão sendo desenvolvidas e acabam orientando o manuseio dos dados e da preparação de modelos de previsão	Curto

Quadro 2. Resumo dos principais métodos para previsão de demanda  
Fonte: Chambers, Mulick e Smith, 1971.

### 2.6.2 Serviço ao cliente

Os serviços ao cliente, no seu sentido mais amplo, incluem disponibilidade de estoques, rapidez de entrega, agilidade e precisão no processamento dos pedidos. Os custos relacionados com esses fatores aumentam à medida que se aperfeiçoa o nível dos serviços aos clientes prestados.

Na ótica da cadeia de suprimentos, serviço ao cliente é o resultado de todas as atividades logísticas e processos da cadeia. Segundo Kyj e Kyj (1994), serviços ao cliente, quando utilizados de forma eficaz, constituem uma variável de capital importância que pode ter impacto significativo na criação de demanda e na manutenção da fidelidade do cliente. Para Blanding (1974), serviços ao cliente se referem especificamente à cadeia de atividades de satisfação de vendas que começa normalmente com a formalização do pedido e culmina na entrega das mercadorias ao cliente, embora em muitas situações possa ter continuidade na forma de serviços de apoio, manutenção ou outra modalidade de suporte técnico. Heskett (1994), por sua vez, coloca de forma mais sucinta que a logística de serviço ao cliente é para muitas empresas a rapidez e a confiabilidade da disponibilização dos itens encomendados. Por fim, Doctker (2000) recentemente passou a definir o serviço ao cliente como o processo integral de atendimento do seu pedido. Isso inclui recepção do pedido, determinação da forma de pagamento, seleção e embalagem de mercadorias, embarque, entrega, disponibilização dos serviços ao usuário final e acerto de eventuais devoluções de produtos. Em geral, as definições de serviços ao cliente são bastante amplas e o bom entendimento dessas definições é fundamental para o projeto de uma cadeia de suprimentos eficiente.

De acordo com Tucker (1994), definir os elementos que constituem o serviço ao cliente e como eles conduzem o comportamento do comprador é uma tarefa de extrema complexidade e tem sido foco de inúmeras pesquisas nos últimos anos. Lalonde e Zinszers (1976) os classificaram em três categorias: elementos de pré-transação (proporcionam um bom ambiente para um bom serviço ao cliente), elementos da transação (resultam diretamente na entrega do produto ao cliente) e elementos de pós-transação (serviços necessários para dar suporte ao produto em campos).

Várias pesquisas também vêm sendo realizadas no sentido de identificar a real importância dos serviços ao cliente nos diversos tipos de cadeia de suprimentos. Sterling e Lambert (1989) e Harrington e Lambert (1989) estudaram as indústrias de móveis e as de plástico. A pesquisa mostrou, que das dezesseis variáveis mais importantes, oito delas estavam associadas aos serviços ao cliente. As demais



estavam relacionadas com a qualidade do produto e preços. Em estudo similar, só que para o mercado de vidros, Innis e Lalonde (1994) identificaram que seis, dos nove principais atributos da cadeia, estavam associados a serviços ao cliente.

Em geral, podemos dizer que pequenas alterações nos níveis de serviços não implicam uma reestruturação da rede. O usual é que a rede somente seja alterada em função de mudanças do nível de serviço, quando esta for motivada pela concorrência, ou por mudanças nas metas da empresa.

### **2.6.3 Características do produto**

O produto pode ser encarado como o centro de qualquer projeto logístico e o objeto do fluxo da cadeia de suprimentos. Assim, a formulação de bons projetos logísticos está diretamente relacionada com o seu bom entendimento.

Segundo Juran (1989), um produto é o fruto, ou o resultado, de qualquer atividade ou processo. De acordo com Carlson e Ljungberg (1995), o produto é composto por uma parte física e uma intangível. A parte física é constituída por suas características (peso, volume, forma, desempenho, durabilidade), enquanto a parte intangível aos serviços está por trás do produto (suporte pós-vendas, rastreamento da encomenda, disposição de reconhecer e retificar erros).

O projeto da cadeia de suprimentos deverá refletir os diferentes padrões de utilização de produtos. Classificações amplas de produtos são valiosas para sugerir estratégias logísticas e para entender por que os produtos são fornecidos e distribuídos de determinada maneira. Outro fator de grande importância é o entendimento do ciclo de vida do produto. Em geral, os produtos não geram seu volume maior de vendas logo após o seu lançamento, nem tampouco mantêm indefinidamente um volume de pico de vendas. Normalmente, no ciclo de vida, os produtos podem ser divididos em quatro fases: lançamento, crescimento, maturação e declínio. A estratégia de distribuição física deve ser diferente para cada um desses estágios.

Na grande maioria das vezes, os custos logísticos são bastante sensíveis às características dos produtos, tais como: peso, volume, valor e risco. Assim, alterações nessas características podem mudar substancialmente os elementos dos custos logísticos, fazendo necessário o replanejamento da rede.

#### **2.6.4 Custos logísticos**

Os custos nos quais uma determinada empresa se sujeita em matéria de suprimento físico e distribuição física acabam determinando a frequência de replanejamento da sua rede. Uma empresa produtora de mercadorias de alto valor, cujos custos logísticos correspondem a uma fração pequena dos custos totais (por exemplo, empresas produtoras de peças de máquinas ou computadores) provavelmente prestará pouca atenção à otimização da sua estratégia logística. Por outro lado, quando os custos logísticos são elevados, como é comum no caso do minério de ferro, a estratégia logística passa a constituir uma preocupação fundamental, uma vez que os menores aperfeiçoamentos proporcionados pelo replanejamento da rede já podem representar substanciais reduções de custo.

#### **2.6.5 Política de precificação**

Alterações na política de precificação sob a qual as mercadorias são compradas trazem conseqüência para a estratégia logística, especialmente quando essa política define a responsabilidade por determinadas atividades logísticas. O fornecedor que passa do preço de fábrica FOB (que não inclui os custos de transporte) para um preço contra-entrega (que inclui custos de transporte) normalmente libera a empresa compradora da responsabilidade de prover ou contratar o transporte necessário. Em geral, mudanças substanciais nas políticas de precificação acarretam mudanças na rede.

## 2.7 CONCEITOS PARA A ELABORAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Muitos dos princípios e conceitos que orientam o planejamento da cadeia de suprimentos são decorrentes das atividades logísticas e de fenômenos econômicos e de mercado. Esses principais conceitos são:

### a) Custo total

A análise de compensação (*trade-off*), que leva ao conceito de custo total, constitui uma peça-chave para a definição do projeto de uma cadeia de suprimentos. A compensação do custo é o reconhecimento de que os padrões de custos das várias atividades da empresa freqüentemente revelam características que as colocam em conflito mutuo. Esse conflito, por sua vez, deve ser gerenciado mediante um equilíbrio entre as atividades, de maneira que estas sejam coletivamente otimizadas. Esse conceito deve ser tratado como uma premissa de grande importância no projeto de otimização de qualquer cadeia de suprimentos.

### b) Distribuição diferenciada

Nem todos os produtos devem oferecer o mesmo nível de serviços aos clientes. Esse é um princípio fundamental para o planejamento da cadeia de suprimentos. Exigências diferenciadas de serviços aos clientes, características diferenciadas de produtos e níveis diferenciados de vendas, entre os múltiplos itens que uma empresa distribui, indicam a necessidade de adoção de estratégias múltiplas de distribuição para a linha de produtos. Muitas empresas têm feito uso desse princípio quando classificam seus produtos em um número limitado de grupos, como alto, médio e baixo volume de vendas, aplicando, por exemplo, um número diferenciado de estoque para cada um deles, ou mesmo determinando diferentes locais para armazenagem, ou diferentes modais de distribuição para cada grupo. Outra abordagem bastante comum é a criação de grupos relacionados com as características dos clientes. Por exemplo, poderiam ser criados grupos como: clientes com alto volume de compras, clientes com médio volume de compra e

clientes com baixo volume de compras. Cada um desses grupos possuiria um tratamento diferenciado dos demais.

#### c) Estratégia mista

O conceito de estratégia mista é bastante semelhante ao da distribuição diferenciada e é normalmente aplicado quando a linha de produção tem variações significativas em termos de cubagem, peso, tamanho dos pedidos, volumes de vendas e exigência dos serviços aos clientes. Uma estratégia mista permite o estabelecimento de uma estratégia ótima para grupos diferenciados de produtos. Isso em geral representa custos menores em relação a uma estratégia global e única para todas as linhas de mercadorias.

#### d) Adiamiento

Segundo Zinn e Bowersox (1988), o princípio do adiamiento pode ser definido como o tempo da remessa e a localização do processamento do produto acabado na distribuição deveriam ser adiados até que os pedidos do cliente fossem recebidos. A idéia que sustenta esse princípio é a de evitar que se remetam mercadorias antes da confirmação da ocorrência da demanda e de evitar que o produto acabado tenha sua forma elaborada antes de ser confirmado pelo comprador. Em outras palavras, espera-se a demanda, para, então, definir a melhor estratégia de atuação.

O adiamiento foi usado pela Hewlett-Packard como um elemento crítico no projeto de sua linha Desk-Jet Plus, no que tange principalmente à definição da distribuição e entrega dos produtos a múltiplos segmentos do mercado (LEE; BILLINGTON; CARTER, 1993). As lojas de varejo de tinta da Sherwin-Williams criaram uma infinidade de cores para os clientes, mediante a mistura de algumas cores básicas, em vez de estocar todas as cores já prontas (VAN HOCK; COMMANDEUR; VOS, 1996).

#### e) Consolidação

Criar grandes embarques a partir de vários de menor porte é uma força econômica poderosa no planejamento estratégico. Por exemplo, os pedidos de clientes que chegam a um armazém poderiam ser combinados com os pedidos que chegarem posteriormente. Isso aumentaria o volume médio dos embarques resultando na redução dos custos. Neste caso, a potencial redução da satisfação do cliente, derivada da demora de entrega, precisa ser compensada com a redução dos custos decorrentes da consolidação dos pedidos. Em geral, quanto menores os embarques, maiores os benefícios da consolidação.

#### f) Padronização

A proliferação da variedade de produtos pode aumentar os estoques e reduzir o tamanho dos embarques. O simples acréscimo de um item semelhante a um outro já existente na linha de produtos pode aumentar os níveis de estoques substancialmente, mesmo sem haver aumento na demanda total. A pergunta-chave, então, é: como oferecer ao mercado a variedade que os clientes desejam sem aumentar os custos logísticos? Normalmente essa resposta se baseia na combinação dos conceitos de padronização e adiamento.

Uma possível opção seria criar a padronização na produção com a modularização dos componentes básicos. As desvantagens em variedades de produtos podem ser contrabalançadas no canal de distribuição, pelo uso de adiamento. Por exemplo, fabricantes de carro criam uma variedade de modelos sem aumentar o estoque, alternando opções nos pontos de venda, ou criando múltiplas marcas a partir de componentes básicos iguais.

### 2.8 ESCOLHA DA MELHOR ESTRATÉGIA PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS

A escolha da melhor estratégia logística tem grande influência sobre a eficiência e a eficácia da cadeia de suprimentos. Em geral, os conceitos apresentados anteriormente são combinados, de forma a gerarem estratégias adaptáveis à

variedade de características de produtos e demandas. Segundo Fisher (1997), são duas as estratégias mais significativas: fornecimento sob estoque e fornecimento sob pedido.

A estratégia de fornecimento sob estoque tem como objetivo principal a configuração do canal de suprimentos, visando ao máximo de eficiência. Estoques de segurança são mantidos a fim de garantir o máximo de disponibilidade. Esse tipo de estratégia está normalmente associado a um processamento por batelada e compras e remessas de grandes volumes, podendo, assim, proporcionar reduções de custos.

A estratégia de fornecimento sob pedido tem como objetivo principal a configuração do canal de suprimentos, visando a um máximo de “responsividade” ao mercado. Estratégias de adiamento são utilizadas para retardar a criação de variações pelo maior tempo possível e máximo alcance na cadeia de suprimentos. Esse tipo de estratégia está normalmente associado a um processamento mais flexível e a trocas rápidas de produção, o que resulta em mais agilidade para atender a novos tipos de demandas. A estratégia de fornecimento sob pedido foi adotada com imenso sucesso pela Benetton (fabricante italiana de roupas). A produção de peças foi agilizada, o volume de estoques foi reduzido e a cadeia ficou muito mais receptiva a novos tipos de demanda (HOW..., 1989).

Em geral, a previsibilidade da demanda e a margem de lucro dos produtos são os determinantes da escolha da estratégia para a cadeia de suprimentos. Cadeias que operam linhas de produtos de demanda imprevisíveis geralmente optam por uma estratégia de fornecimento sob pedido. Já as cadeias que operam com produtos cuja demanda e o nível necessário de estoque podem ser facilmente previstos optam por estratégias de fornecimento sob estoque.

### **2.8.1 Avaliação do desempenho da estratégia escolhida**

Uma vez planejadas e implementadas as estratégias da cadeia de suprimentos, é necessário avaliar se elas estão produzindo os resultados esperados. Em geral, são três as mensurações mais úteis: fluxo de caixa, economia e retorno sobre o investimento. Se todas elas forem positivas e substanciais, as estratégias evidentemente estão funcionando a contento.

### 3 O PROBLEMA DE PLANEJAMENTO NO PORTO DE TUBARÃO

O Porto de Tubarão é o maior porto exportador de minério de ferro do mundo, com capacidade anual de embarque de aproximadamente 90 milhões de toneladas e uma média aproximada de 50 navios atendidos por mês.

O Porto de Tubarão está inserido em uma estrutura mais ampla, denominada Complexo Portuário de Tubarão, no qual, além do Porto, também há sete usinas de pelletização (Figura 2). A seguir, são descritas as principais estruturas que compõem o Complexo de Tubarão.



Figura 2. Visão geral do Complexo de Tubarão

#### 3.1 VIRADORES DE VAGÃO

Os viradores de vagão são a porta de entrada para o Porto de Tubarão, que conta hoje com quatro viradores de vagão (Figura 3). Cada um dos viradores é abastecido por um conjunto de rotas, que pode levar o minério às áreas de estocagem do Porto, às usinas de pelletização, à unidade de peneiramento e até mesmo aos berços de



atracação. Um dos grandes desafios do Porto é alocar esses viradores da melhor forma possível, objetivando maximizar o número de vagões descarregados por dia.

Cada virador de vagão possui uma taxa nominal de 6.000 toneladas hora.



Figura 3. Viradores de vagão do Porto de Tubarão

### 3.2 ROTAS DE DESCARGA

São responsáveis por transportar o minério dos viradores de vagão até o seu destino (áreas de estocagem, usinas de pelotização e peneiramento). O Porto conta com mais de 500 diferentes rotas de descarga. Contudo, essas rotas compartilham vários equipamentos. Assim, ao utilizar uma determinada rota, outras rotas ficam impedidas de serem utilizadas. Algumas rotas levam o minério dos viradores de vagões diretamente para os berços de atracação. Contudo, essa operação raramente é efetuada, principalmente pelo fato de atrapalhar o controle de qualidade da carga embarcada.

### 3.3 ÁREAS DE ESTOCAGEM

As áreas de estocagem correspondem aos locais onde as cargas serão estocadas no Porto (Figura 4). O Porto de Tubarão conta com duas grandes áreas de estocagem:

- a) Área Velha – composta por quatro pátios de estocagem: Pátios A, B, C e D;
- b) Área Nova – composta por seis pátios de estocagem: Pátios E, F, G, H, I, J.

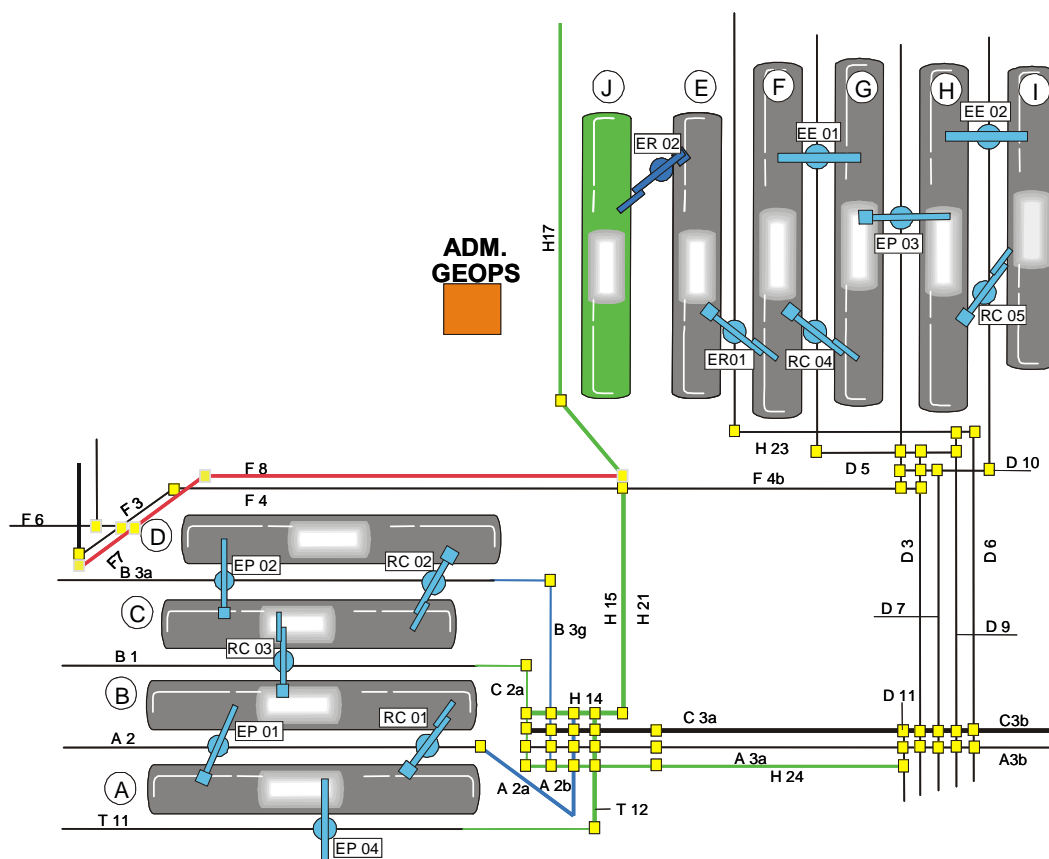


Figura 4. Esquema ilustrativo das áreas de estocagem

Cada pátio de estocagem é composto por várias balizas (em geral 50 ou 60 balizas). As balizas, por sua vez, possuem uma determinada capacidade de armazenamento que pode variar de pátio para pátio e de tipo de produto para tipo de produto. Por exemplo, vamos supor que, no pátio A, cada baliza comporte 6.000 toneladas de fino de minério. Logo, um espaço de 12 balizas seria suficiente para armazenar uma pilha de 72.000 toneladas. A tonelage comportada pela baliza pode variar de pátio para pátio e de tipo de produto para tipo de produto.

Os pátios de estocagem são suportados por dois tipos de equipamentos principais: as empilhadeiras e as recuperadoras. Conforme pode ser percebido, analisando as Figuras 5 e 6, esses equipamentos correm em trilhos localizados entre os pátios. Assim, alguns pátios podem contar com duas empilhadeiras e/ou recuperadoras operando simultaneamente, fato que provê uma maior taxa de empilhamento ou recuperação. A seguir, são descritas algumas informações gerais sobre os pátios de estocagem disponíveis.

### **Área Velha**

- a) pátios: A, B, C e D;
- b) capacidade de estocagem: 600.000t;
- c) recuperadoras:
  - RC01 (Pátios A e B) – Taxa Nominal: 6.000t/h;
  - RC02 (Pátios C e D) – Taxa Nominal: 6.000t/h;
  - RC03 (Pátios B e C) – Taxa Nominal: 8.000t/h;
- d) empilhadeiras:
  - EP01 (Pátios A e B);
  - EP02 (Pátios C e D);
  - EP04 (Pátio A).

### **Área Nova**

- a) pátios: E, F, G, H, I, J;
  - Capacidade de estocagem: 2.400.000t;
- b) recuperadoras:
  - RC04 (Pátios F e G) – Taxa Nominal: 8.000t/h;
  - RC05 (Pátios H e I) – Taxa Nominal: 8.000t/h;
- c) empilhadeiras:
  - EP03 (Pátios G e H) – Taxa Nominal: 16.000t/h;

d) escravas:

- EE01 (Pátio F) – Taxa Nominal: 16.000t/h;
- EE02 (Pátio I) – Taxa Nominal: 16.000t/h;
- Empilhadeira & Recuperadora:
- ERO1 (Pátios E, F) – Taxa Nominal: 8.000t/h;
- ERO2 (Pátios J, F) – Taxa Nominal: 8.000t/h.



Figura 5. Operação de recuperação



Figura 6. Operação de empilhamento

### 3.4 USINAS DE PELOTIZAÇÃO

As usinas de pelotização são responsáveis por beneficiar o minério de ferro, transformando-os em pelotas de ferro. Aproximadamente 30% do volume embarcado no Porto de Tubarão são de pelotas.

O Complexo de Tubarão conta com sete usinas de pelotização, agrupadas em dois conjuntos: um composto pelas usinas de I a IV e outro, pelas usinas de V a VII. Cada um desses conjuntos é atendido por um grupo diferente de rotas.

Assim como o Porto, esses conjuntos de usinas também contam com suas áreas próprias de estocagem, uma para estocar o minério antes de ser beneficiado e outra para estocar a pelota. As usinas de I a IV possuem áreas de estocagem diferentes das usinas de V a VII.

O Porto não tem influência sobre a logística ou operação da pelotização, não entrando, por exemplo, no mérito de como as pelotas serão produzidas (em qual ou quais usinas) ou estocadas. A seguir, são descritas algumas informações gerais sobre as usinas de pelotização do Complexo de Tubarão.

**Usinas I a IV** (Figura 7):

- a) pátios: CVRD, ITB, HIS;
- b) produção de pelotas: 10.000t/dia por usina;
- c) recuperadoras:
  - RCP3 (Pátios da CVRD) – Taxa Nominal: 6.000t/h;
  - RCP3 (Pátios Itabasco e Espanobrás) – Taxa Nominal: 6.000t/h;



Figura 7. Usinas I a IV

**Usinas V a VII** (Figura 8):

- a) pátios: Nibrasco, Kobrasco;
- b) produção de pelotas: 12.000t/dia por usina;
- c) recuperadoras:
  - RCP8 (Pátios da Nibrasco e Kobrasco) – Taxa Nominal: 10.000t/h.





Figura 8. Usinas de V a VII

### 3.5 PENEIRAMENTO

Como o próprio nome diz, a estação de peneiramento é responsável por peneirar o minério granulado, transformando-o em dois ou três diferentes produtos (gera produtos com diferentes granularidades). A estação conta com 12 peneiras, com capacidade nominal de 500t/h cada uma (Figura 9).



Figura 9. Estação de peneiramento

### 3.6 ROTAS DE CARREGAMENTO

São responsáveis por transportar o minério das áreas de estocagem ou usinas de pelotização até os berços de atracação. O Porto conta com mais de 500 diferentes rotas de carregamento. Contudo, essas rotas compartilham vários equipamentos. Assim como as rotas de descarga, ao utilizar uma determinada rota de carregamento, várias outras rotas ficam impedidas de serem utilizadas.

### 3.7 BERÇOS DE ATRACAÇÃO

Os berços ou píeres de atracação são os locais onde os carregamentos dos navios são efetivamente realizados. O Porto de Tubarão conta com três berços de atracação, conforme mostrado na Figura 10.



Figura 10. Berços de atracação

Por conta das suas características físicas, cada berço atende preferencialmente a um determinado tamanho de navio. De maneira bem simplificada, podemos dizer que o Píer 1 Sul atende a navios pequenos, Píer 1 Norte atende a navios médios,

enquanto o Píer 2 atende a navios de grande porte. Para que um navio possa atracar em um determinado berço, este deve atender a todos os seus limites físicos (calado máximo, comprimento máximo, largura máxima). Na prática e na grande maioria das vezes, o fator impeditivo acaba sendo o calado do navio (podemos dizer que o calado máximo de um píer corresponde à sua profundidade – um píer com profundidade de 20m apenas poderia atender a navios com calado inferior a esse valor). A seguir, são descritas algumas informações gerais sobre cada um dos berços de atracação (Figuras 11 e 12):

a) Píer 2

- taxa nominal de carregamento: 16.000t/h;
- taxa efetiva de carregamento: 7.916t/h;
- taxa comercial de carregamento: 7.310t/h;
- carregadores de navio: CN03 E CN04;
- calado: 20 metros + maré.



Figura 11. Carregamento no Píer 2

b) Píer 1 Norte



- taxa nominal de carregamento: 8.000t/h;
- taxa efetiva de carregamento: 5.360t/h;
- taxa comercial de carregamento: 3.035t/h;
- carregadores de navio: CN02<sup>1</sup>;
- calado: 17 metros + maré.

c) Píer 1 Sul

- taxa nominal de carregamento: 6.000t/h;
- taxa efetiva de carregamento: 4.220t/h;
- taxa comercial de carregamento: 2.003t/h;
- carregadores de navio: CN01<sup>1</sup>;
- calado: 15,5 metros + maré.



Figura 12 . Carregamento dos berços 1N e 1S

---

<sup>1</sup> Apesar de o CN02 ser normalmente utilizado no Píer 1 Norte e o CN01 ser normalmente utilizado no Píer 1 Sul, não há fator físico que implique essa utilização. Esse é apenas um paradigma adotado pela porto. Tanto o CN1 pode ser utilizado no Píer 1 Norte, quanto o CN2 pode ser utilizado no Píer 1 Sul. Além disso, ambos os carregadores podem ser utilizados simultaneamente no carregamento de um desses dois berços.

Conforme mencionado na descrição do calado de cada berço, a maré pode influenciar significativamente esse limite. Por exemplo, vamos supor que um navio possua um calado de 21m. Esse navio poderia desatracar no Píer 2 (Calado = 20m) em um dado momento em que a maré fosse superior a 1m de profundidade.

### 3.8 HEURÍSTICAS DE PLANEJAMENTO DO PORTO DE TUBARÃO

Apesar do grande volume embarcado anualmente, o planejamento das operações do Porto de Tubarão ainda segue uma metodologia ou um padrão de trabalho que vem sendo passado de uma equipe para a outra, ao longo dos anos. Apesar de algumas pequenas alterações terem sido feitas, em geral, a metodologia utilizada continua sendo a mesma da época em que a empresa ainda era uma estatal e a demanda do mercado era muito inferior à realidade atual.

Os sistemas que apóiam hoje as decisões dos planejadores são basicamente sistemas de entrada e saída de dados, que permitem o cadastramento e armazenamento de praticamente tudo o que acontece no Porto e geram uma enormidade de relatórios sobre o que já aconteceu. Em outras palavras, os atuais sistemas provêm uma grande visão do passado, porém uma visão mínima do futuro.

Antes de continuarmos, surge a necessidade de fazermos uma primeira pergunta: afinal, os atuais processos de planejamento do Porto de Tubarão atendem às necessidades? Apesar de a pergunta ser simples, ela não é muito fácil de responder. A CVRD é uma das maiores mineradoras do mundo e o volume embarcado anualmente no Porto de Tubarão sempre foi da ordem de dezenas de milhões de toneladas. Logo, dizer que os atuais processos de trabalho do Porto não funcionam seria um grande exagero. Apesar da ausência de sistemas de apoio à decisão mais sofisticados, ou de heurísticas mais elaboradas, com esforço heróico dos seus planejadores, ano após ano, o Porto tem conseguido atender a seus principais objetivos.

Em um primeiro momento, poderíamos pensar, então, em deixar de lado esse problema, uma vez que a equipe de planejamento do Porto tem conseguido atingir suas metas. Contudo, a crescente e significativa demanda do mercado consumidor de minério tem obrigado a CVRD a ampliar seus planos plurianuais de venda. Esse fato implica um aumento do volume embarcado no Porto de Tubarão de aproximadamente 10% a cada ano, ou seja, a previsão de embarque para 2006 já foi aproximadamente 8 milhões de toneladas maior que a de 2005 e a previsão para 2007 deverá ser aproximadamente 9 milhões de toneladas maior que 2006.

Definido esse cenário de crescente expansão, a CVRD percebeu a necessidade de rever seus processos operacionais. Assim, em 2004, foram criados alguns comitês com o objetivo de avaliar os atuais processos de trabalho e levantar necessidades de melhorias. Após algum tempo de trabalho, a conclusão dos comitês foi de que é impossível atingir as metas esperadas para os próximos anos da maneira que se trabalha hoje. Em outras palavras, as áreas deveriam rever seus métodos de trabalho e evoluir com urgência, pois elas não atenderiam mais aos objetivos da Companhia.

Respondida à primeira pergunta e percebida a necessidade de novas técnicas e sistemas de apoio à decisão por parte dos planejadores, nosso primeiro passo será estudar e entender a maneira atual de trabalhar do Porto para depois podermos, então, identificar e propor melhorias que possam agregar valor ao negócio da Companhia.

Simplificadamente, a operação do Terminal de Tubarão consiste em definir a seqüência de atendimento dos navios, descarregar os lotes de minério provenientes das minas, transferir as pelotas das plantas de pelotização para o Porto, estocar os minérios e pelotas em pilhas localizadas em áreas previamente planejadas nos pátios, recuperá-los e embarcá-los em navios.

Com base nessas ações, podemos identificar as duas principais “pressões” exercidas sobre o Porto de Tubarão: a necessidade de receber os lotes de minério que chegam pela ferrovia e a necessidade de abastecer os navios que chegam à

barra. O não atendimento dessas pressões implica um efeito cascata ao longo de toda a cadeia de suprimentos de minério de ferro e durante todo o mês. A Figura 13 ilustra essas pressões.



Figura 13. Pressões sobre o Porto

Inserido nesse contexto e de maneira ainda simplista, podemos dizer que a missão da equipe de planejamento do Porto é encontrar a melhor maneira de atender e conciliar essas duas pressões.

### 3.8.1 Planejamento da seqüência de atendimento de navios

Esta atividade consiste em definir o berço de atracação, o momento no qual o navio irá atracar e o tempo que ele permanecerá atracado. Como principal entrada para o seu trabalho, a equipe de planejamento do Porto recebe um plano de médio prazo, contendo os embarques previstos para os próximos dois ou três meses. Esse plano é conhecido como Previsão de Embarques. Para cada embarque previsto, o plano traz as seguintes informações:

- a) *laydays* do embarque: o *laydays* informa o intervalo de dias no qual o navio está previsto para chegar. Por exemplo: entre 1º de abril e 15 de abril. Para a maioria dos clientes, o *laydays* acordado contratualmente é de 15 dias. O conceito do *laydays* em si já traz um problema para a equipe de planejamento do Porto. Dado o tamanho do intervalo, é normal, às vezes, ocorrer uma grande concentração de embarques em uma mesma semana;
- b) ETA do embarque: o Estimated Time of Arrival (ETA) informa a data prevista de chegada do navio. No primeiro momento, a precisão do ETA é muito pequena. À

medida que a data de chegada do navio se aproxima, o ETA vai ficando mais preciso. Apesar de o armador do navio informar seu ETA, ele não tem obrigação de cumprir essa data. Sua obrigação é apenas chegar dentro do intervalo de *laydays* acordado e atualizar periodicamente as informações a respeito do ETA (essa atualização começa a ser feita em geral sete dias antes da chegada do navio à barra);

- c) carga solicitada: informa os produtos solicitados, juntamente com suas respectivas quantidades. Um mesmo embarque pode demandar diferentes tipos de produto;
- d) navio: algumas vezes, a previsão de embarque já informa qual será o navio utilizado no embarque. No entanto, é bastante comum que o navio que fará o embarque somente seja informado algum tempo depois. Conforme já mencionado, as características físicas do navio influenciam diretamente no local onde ele será atendido. Enquanto o porto não conhece o navio que fará o embarque, seus planejadores estimam o seu tamanho com base no total de carga solicitado.

Periodicamente, a previsão de embarque é atualizada e repassada a todas as áreas afetadas por ela.

#### 3.8.1.1 Trabalhando a previsão de embarque

Com base na previsão de embarque, a equipe de Planejamento do Porto começa a planejar suas atividades para os próximos meses. O primeiro passo é negociar com a Mina e com a Pelotização quando as cargas estarão completas e disponíveis nos pátios do Porto. O desejado é ter toda carga do embarque formada no Porto um dia antes da chegada do navio. Na grande maioria das vezes, esse objetivo não é atendido e a carga acaba sendo formada após o navio já ter chegado à barra. Por outro lado, algumas vezes o navio se atrasa e a carga acaba sendo formada bem

antes de o navio estar pronto para atracar. Ambas as situações impactam negativamente o planejamento do Porto.

Definida a previsão na qual a carga estará pronta no Porto, ou a disponibilidade de carga pronta (DCP), como é comumente chamada, o próximo passo é elaborar a seqüência de atendimento dos navios. Como mencionado, o objetivo dessa tarefa é definir o local e o momento de atracação de cada navio, de forma a conseguir embarcar a maior tonelagem possível dentro de uma determinada janela de tempo.

A elaboração da seqüência de atendimento dos navios está fortemente atrelada à DCP das cargas. Não faz sentido prever a atracação do navio para uma data na qual a carga não estará disponível para embarque, uma vez que estaríamos ocupando um recurso extremamente concorrido sem necessidade. Da mesma forma, caso o armador do navio informe que a data prevista de chegada do navio à barra foi alterada, o ideal é que o período de formação da carga também seja revisto.

A heurística de elaboração da seqüência de atendimento dos embarques atualmente utilizada pelo Porto é bastante simples. De maneira resumida e simplificada, podemos descrever essa heurística da seguinte forma:

- a) os embarques previstos para serem atendidos no período são agrupados em três filas, sendo uma para cada um dos berços de atracação. Os navios são divididos nas filas de acordo com suas características físicas (calado, comprimento e largura). Os navios menores são direcionados para a fila do Píer 1S, navios médios são direcionados para a fila do Píer 1N e os navios grandes, para a fila do Píer 2;
- b) dentro de cada fila, os navios são normalmente atendidos de acordo com sua data/hora de chegada. A exceção para essa regra ocorre quando houver alguma pendência para o embarque, seja ela comercial (pagamento de embarques anteriores ainda em aberto), seja operacional (a carga do embarque ainda não está totalmente formada). A data/hora de chegada de um navio é o momento no

qual o navio, já posicionado na barra, informa que já está pronto para atracar. A Figura 14 ilustra o agrupamento de navios em filas.

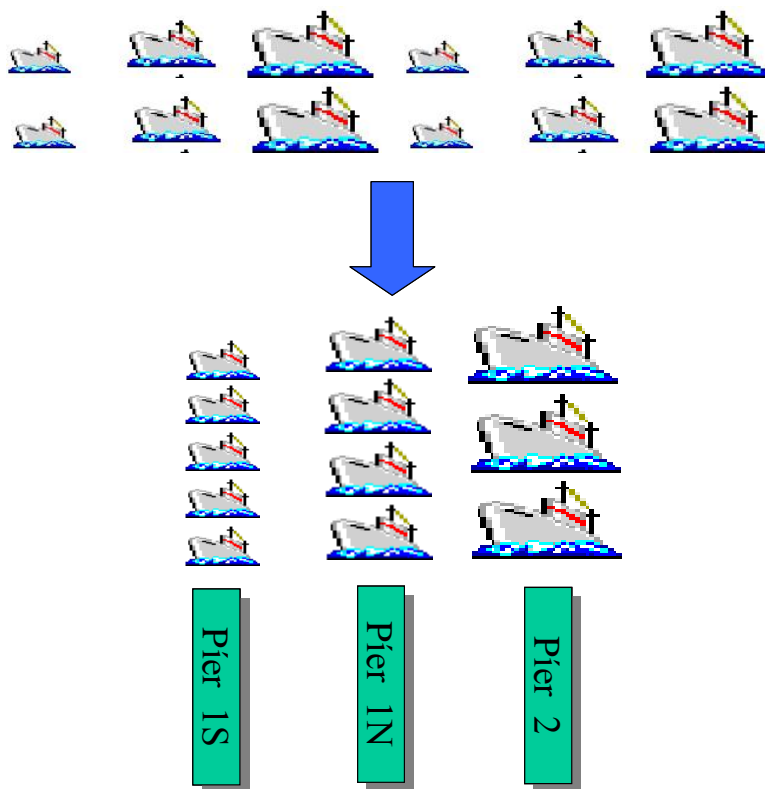


Figura 14. Embarques agrupados por tamanho em três diferentes filas

- c) definida a fila inicial para cada berço, o próximo passo é calcular o tempo no qual cada embarque irá ocupar seu berço de atracação (duração do embarque). O tempo de alocação do berço por um embarque é dado pela seguinte somatória:

$$\text{Duração do Embarque} = \text{Tempo de Atracação} + \text{Permanência no Berço}$$

considerando,

- tempo de atracação: um valor constante predefinido com base no histórico de embarques. Hoje é considerado o valor de uma hora para todos os berços;

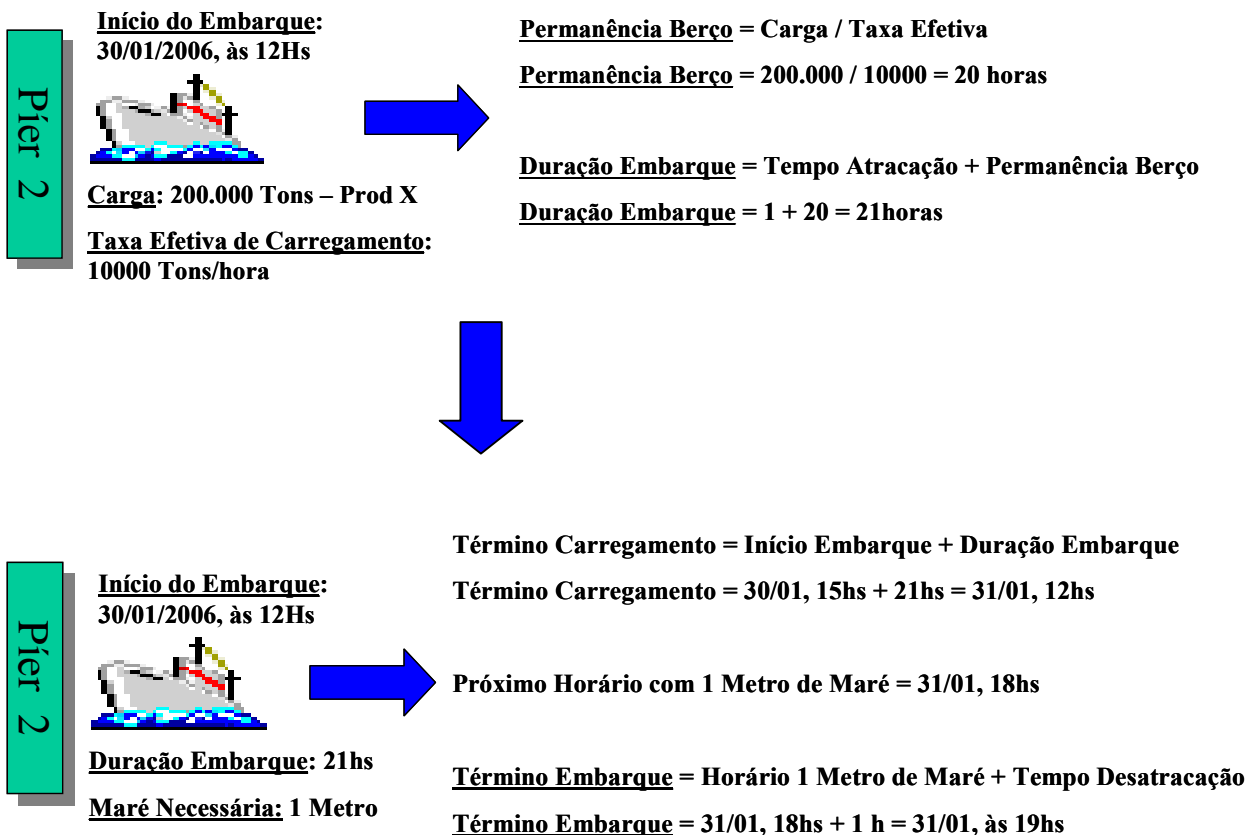
- permanência no berço: a divisão da tonelagem solicitada para cada carga pela sua respectiva taxa de carregamento naquele berço. Para cada tipo de carga, existe uma taxa efetiva de carregamento associada a cada berço. Caso o embarque possua várias cargas de diferentes tipos, a permanência do navio no berço será dada pela soma dos tempos de carregamento calculados separadamente para cada tipo;
- d) o momento de atracação do navio (início do embarque) será o instante seguinte ao momento de desatracação (término do embarque) do navio imediatamente anterior a ele na fila;
- e) o momento de desatracação, ou término do embarque, por sua vez, se dará pela seguinte fórmula:

$$\text{Término do Embarque} = \text{Início do Embarque} + \text{Duração do Embarque} + \text{Tempo de Desatracação}$$

considerando,

- tempo de desatracação: um valor constante predefinido com base no histórico de embarques. Hoje é considerado o valor de uma hora para todos os berços;
- f) na realidade, a fórmula anterior indica apenas o momento no qual o embarque poderia liberar o berço. Há uma outra variável que também deve ser considerada nesse cálculo, a maré. Conforme já mencionado, alguns navios dependem da maré para poderem desatracar. Por exemplo, suponha que um navio que precise de um metro de maré para desatracar esteja pronto para desatracar às 12h do dia 31-01-2006. Ao consultar a tábua de marés, vimos que apenas teríamos este um metro de maré necessário às 18h desse dia. Logo, o navio apenas poderia iniciar sua desatracação nesse horário. Considerando ainda o tempo de desatracação de uma hora, o término deste embarque se daria às 19h do dia 31 de janeiro. O esquema a seguir ilustra esse exemplo:





### Tábua de Maré do Dia 31-01 (das 10 às 20h)<sup>2</sup>

10hs	11hs	12hs	13hs	14hs	15hs	16hs	17hs	18hs	19hs	20hs
0,6m	0,4m	0,2m	0,0m	0,2m	0,4m	0,6m	0,8m	1,0m	1,2m	1,4m

Esquema 1. Cálculo de término do embarque

Esses cálculos são feitos para cada embarque da fila. Ao final do processo, a seqüência de atendimento dos embarques está montada e, atualmente, a equipe de Planejamento do Porto utiliza uma ferramenta chamada FINAV para auxiliar nessa tarefa. O FINAV não é uma ferramenta de otimização e não tem como objetivo propor a melhor seqüência de atendimento, ou uma seqüência de atendimento boa. Sua função é apenas automatizar a heurística atual e exibir seu resultado de forma gráfica (Figura 15)

<sup>2</sup> Os valores usados nesse exemplo são meramente ilustrativos.


 <b>Fila de Navios</b> Cenário: Real Julho Período: 14/07/2006 - 20/07/2006 Data da última atualização: 14/07/2006 17:32 Data de impressão: 14/07/2006 17:33								
<span style="color: red;">■</span> Navios em falta <span style="color: blue;">■</span> Navios em prélio								
Página: 1/1								
Pier 2	<table border="1"> <tr> <td> <b>CAPE BALTIC</b>            06 0545 - 8,5            CBA - 138710,30            01:05 17:67 22:16            59 AF08 ATL(A, C, P, HI)            40 SCSO ATL(I)-12/07            72 SFEU ATL(A, F)-11/07            \$15.300,64            19/07 13:51            BML MARCELO 9915599         </td> <td> <b>XINSHENG HAI</b>            06 0546 - 9,5            CBA - 138715,45            00:16 18,40 21:32            179 SFOB SOF(C, G, H)            \$12.878,95            17/07 08:30            OCE MARCELO 8131889         </td> <td> <b>UNIQUE ALLIANCE</b>            06 0547 - 9,5            CBA - 140711,12            23:32 18,11 19:42            104 AF08 NSC(E, P, NI)            84 SFA NSC(B, F)-08/07            \$2.118,64            17/07 08:30            OCE MARCELO 8131889         </td> <td> <b>WEL FAIR</b>            06 0590 - 8,6            CBA - 620701,04714            21:42 17,41 16:40            147 PFB HND(F, G, H)            \$26.571,71            15/07 09:19            BML EVANDRO 99815599         </td> <td> <b>MINERAL POTERNE</b>            06 0571 - 9,3            ETA - 160711,00            18:40 18,07 14:38            57 AF08 NSC(E, J, NIB)            110 SFA NSC(F, H, I)-1            \$2.886,85            19/07 00:20            WIS VINIC IUS 9911455         </td> <td> <b>GRACE N</b>            06 0520 - 8,8            ETA - 160711,00            16:38 20,19 19:33            76 SFEK EKO(B, H)-16/07            39 SFEU BRE(C, F)-16/07            82 SFEU COC(C, F)-16/07            42 SSLO EKO(B, D)-10/07            DPC            \$5.120,10            20/07 07:32            BML THIAGO 9949895         </td> <td> <b>WATERMAN N</b>            06 0502 - 9,1            ETA - 150715,00            21:33 19,91 03:51            146 SFSC ROG(H, P)-16/07            110 SSLO ROG(C, D)-18/07            \$51.939,48            18/07 21:32            TAS EVANDRO 99815599         </td> </tr> </table>	<b>CAPE BALTIC</b> 06 0545 - 8,5 CBA - 138710,30 01:05 17:67 22:16 59 AF08 ATL(A, C, P, HI) 40 SCSO ATL(I)-12/07 72 SFEU ATL(A, F)-11/07 \$15.300,64 19/07 13:51 BML MARCELO 9915599	<b>XINSHENG HAI</b> 06 0546 - 9,5 CBA - 138715,45 00:16 18,40 21:32 179 SFOB SOF(C, G, H) \$12.878,95 17/07 08:30 OCE MARCELO 8131889	<b>UNIQUE ALLIANCE</b> 06 0547 - 9,5 CBA - 140711,12 23:32 18,11 19:42 104 AF08 NSC(E, P, NI) 84 SFA NSC(B, F)-08/07 \$2.118,64 17/07 08:30 OCE MARCELO 8131889	<b>WEL FAIR</b> 06 0590 - 8,6 CBA - 620701,04714 21:42 17,41 16:40 147 PFB HND(F, G, H) \$26.571,71 15/07 09:19 BML EVANDRO 99815599	<b>MINERAL POTERNE</b> 06 0571 - 9,3 ETA - 160711,00 18:40 18,07 14:38 57 AF08 NSC(E, J, NIB) 110 SFA NSC(F, H, I)-1 \$2.886,85 19/07 00:20 WIS VINIC IUS 9911455	<b>GRACE N</b> 06 0520 - 8,8 ETA - 160711,00 16:38 20,19 19:33 76 SFEK EKO(B, H)-16/07 39 SFEU BRE(C, F)-16/07 82 SFEU COC(C, F)-16/07 42 SSLO EKO(B, D)-10/07 DPC \$5.120,10 20/07 07:32 BML THIAGO 9949895	<b>WATERMAN N</b> 06 0502 - 9,1 ETA - 150715,00 21:33 19,91 03:51 146 SFSC ROG(H, P)-16/07 110 SSLO ROG(C, D)-18/07 \$51.939,48 18/07 21:32 TAS EVANDRO 99815599
<b>CAPE BALTIC</b> 06 0545 - 8,5 CBA - 138710,30 01:05 17:67 22:16 59 AF08 ATL(A, C, P, HI) 40 SCSO ATL(I)-12/07 72 SFEU ATL(A, F)-11/07 \$15.300,64 19/07 13:51 BML MARCELO 9915599	<b>XINSHENG HAI</b> 06 0546 - 9,5 CBA - 138715,45 00:16 18,40 21:32 179 SFOB SOF(C, G, H) \$12.878,95 17/07 08:30 OCE MARCELO 8131889	<b>UNIQUE ALLIANCE</b> 06 0547 - 9,5 CBA - 140711,12 23:32 18,11 19:42 104 AF08 NSC(E, P, NI) 84 SFA NSC(B, F)-08/07 \$2.118,64 17/07 08:30 OCE MARCELO 8131889	<b>WEL FAIR</b> 06 0590 - 8,6 CBA - 620701,04714 21:42 17,41 16:40 147 PFB HND(F, G, H) \$26.571,71 15/07 09:19 BML EVANDRO 99815599	<b>MINERAL POTERNE</b> 06 0571 - 9,3 ETA - 160711,00 18:40 18,07 14:38 57 AF08 NSC(E, J, NIB) 110 SFA NSC(F, H, I)-1 \$2.886,85 19/07 00:20 WIS VINIC IUS 9911455	<b>GRACE N</b> 06 0520 - 8,8 ETA - 160711,00 16:38 20,19 19:33 76 SFEK EKO(B, H)-16/07 39 SFEU BRE(C, F)-16/07 82 SFEU COC(C, F)-16/07 42 SSLO EKO(B, D)-10/07 DPC \$5.120,10 20/07 07:32 BML THIAGO 9949895	<b>WATERMAN N</b> 06 0502 - 9,1 ETA - 150715,00 21:33 19,91 03:51 146 SFSC ROG(H, P)-16/07 110 SSLO ROG(C, D)-18/07 \$51.939,48 18/07 21:32 TAS EVANDRO 99815599		
Pier 1N	<table border="1"> <tr> <td> <b>SKS TANA</b>            06 0554 - 4,2            CBA - 110704,30            03:25 14,97 03:50            97 RM20 LIS(A, J, HIS, USV)            LOP 2 BB            \$7.567,84            BML THIAGO 9949895         </td> <td> <b>POS AMBITION</b>            06 0554 - 3,8            CBA - 140705,30            05:50 17,32 22:41            82 AF08 POH(E, P, HIS, KBC)-10/07            84 SFA POH(G)-09/07            Maré            \$3.326,98            14:38            BML THIAGO 9949895         </td> <td> <b>ANANGEL ETERNITY</b>            06 0542 - 3,7            ETA - 140721,00            00:41 17,67 00:58            168 RM20 HAD(A, J, HIS, USV)-11/07            Maré            \$11.377,93            07:57            WIS VINIC IUS 99442526         </td> <td> <b>LUCIANA DELLA GATTA</b>            06 0609 - 3,9            ETA - 160712,00            02:58 15,63 11:31            120 SFKM KRE(G, I)-18/07            LOP 1 BB            \$5.713,89            22:04            BML MARCELO 99722116         </td> <td> <b>OCEAN CC</b>            06 0594 - 4,2            06 0609 - 3,9            ETA - 170722,00            13:31 08:16            88 SFA BIS            83 SFSC BIS            Pendência C            LOP 1 BB            \$10.168,88            BML EVANDRO         </td> </tr> </table>	<b>SKS TANA</b> 06 0554 - 4,2 CBA - 110704,30 03:25 14,97 03:50 97 RM20 LIS(A, J, HIS, USV) LOP 2 BB \$7.567,84 BML THIAGO 9949895	<b>POS AMBITION</b> 06 0554 - 3,8 CBA - 140705,30 05:50 17,32 22:41 82 AF08 POH(E, P, HIS, KBC)-10/07 84 SFA POH(G)-09/07 Maré \$3.326,98 14:38 BML THIAGO 9949895	<b>ANANGEL ETERNITY</b> 06 0542 - 3,7 ETA - 140721,00 00:41 17,67 00:58 168 RM20 HAD(A, J, HIS, USV)-11/07 Maré \$11.377,93 07:57 WIS VINIC IUS 99442526	<b>LUCIANA DELLA GATTA</b> 06 0609 - 3,9 ETA - 160712,00 02:58 15,63 11:31 120 SFKM KRE(G, I)-18/07 LOP 1 BB \$5.713,89 22:04 BML MARCELO 99722116	<b>OCEAN CC</b> 06 0594 - 4,2 06 0609 - 3,9 ETA - 170722,00 13:31 08:16 88 SFA BIS 83 SFSC BIS Pendência C LOP 1 BB \$10.168,88 BML EVANDRO		
<b>SKS TANA</b> 06 0554 - 4,2 CBA - 110704,30 03:25 14,97 03:50 97 RM20 LIS(A, J, HIS, USV) LOP 2 BB \$7.567,84 BML THIAGO 9949895	<b>POS AMBITION</b> 06 0554 - 3,8 CBA - 140705,30 05:50 17,32 22:41 82 AF08 POH(E, P, HIS, KBC)-10/07 84 SFA POH(G)-09/07 Maré \$3.326,98 14:38 BML THIAGO 9949895	<b>ANANGEL ETERNITY</b> 06 0542 - 3,7 ETA - 140721,00 00:41 17,67 00:58 168 RM20 HAD(A, J, HIS, USV)-11/07 Maré \$11.377,93 07:57 WIS VINIC IUS 99442526	<b>LUCIANA DELLA GATTA</b> 06 0609 - 3,9 ETA - 160712,00 02:58 15,63 11:31 120 SFKM KRE(G, I)-18/07 LOP 1 BB \$5.713,89 22:04 BML MARCELO 99722116	<b>OCEAN CC</b> 06 0594 - 4,2 06 0609 - 3,9 ETA - 170722,00 13:31 08:16 88 SFA BIS 83 SFSC BIS Pendência C LOP 1 BB \$10.168,88 BML EVANDRO				
Pier 1S	<table border="1"> <tr> <td> <b>LOTUS BLOSSOM</b>            06 0593 - 2,8            CBA - 620711,05            17:30 14,07 00:41            75 SFKM KRE(A, B, G)-09/07            LOP 1 BE            \$40.875,70            BML EVANDRO 99815599         </td> <td> <b>NEW HERALD</b>            06 0510 - 1,9            CBA - 160713,70            02:41 9,81 03:40            43 RM15 ACI(A, USV)-09/07            LOP 1 BE            \$27.143,66            BML EVANDRO 99815599         </td> <td> <b>BULK EIGHT</b>            06 0520 - 2,1            CBA - 138704,00            05:40 14,28 20:00            77 AF08 AKS(E, P, HIS, KBC)-08/07            LOP 1 BE            \$21.497,00            BML EVANDRO 99815599         </td> <td> <b>PACIFIC BREEZE</b>            06 0577 - 2,5            CBA - 138704,10            22:00 14,10 05:35            75 SSSD SDM(B, G)-14/07            LOP 1 BE            \$38.005,87            WIS VINIC IUS 99442526         </td> <td> <b>LOCH LONG</b>            06 0520 - 1,9            ETA - 140722,00            07:35 9,94 09:58            46 RM20 SDR-07/07            LOP 1 BE            \$1.355,18            21/07 08:30            ITV MAYANE 81219466         </td> <td> <b>IPLEIONE</b>            06 0594 - 4,8            06 0609 - 3,9            ETA - 170722,00            11:58 9,67            44 AF08 SAR-            LOP 1 BE            \$10.168,88            OCE MARCELO         </td> </tr> </table>	<b>LOTUS BLOSSOM</b> 06 0593 - 2,8 CBA - 620711,05 17:30 14,07 00:41 75 SFKM KRE(A, B, G)-09/07 LOP 1 BE \$40.875,70 BML EVANDRO 99815599	<b>NEW HERALD</b> 06 0510 - 1,9 CBA - 160713,70 02:41 9,81 03:40 43 RM15 ACI(A, USV)-09/07 LOP 1 BE \$27.143,66 BML EVANDRO 99815599	<b>BULK EIGHT</b> 06 0520 - 2,1 CBA - 138704,00 05:40 14,28 20:00 77 AF08 AKS(E, P, HIS, KBC)-08/07 LOP 1 BE \$21.497,00 BML EVANDRO 99815599	<b>PACIFIC BREEZE</b> 06 0577 - 2,5 CBA - 138704,10 22:00 14,10 05:35 75 SSSD SDM(B, G)-14/07 LOP 1 BE \$38.005,87 WIS VINIC IUS 99442526	<b>LOCH LONG</b> 06 0520 - 1,9 ETA - 140722,00 07:35 9,94 09:58 46 RM20 SDR-07/07 LOP 1 BE \$1.355,18 21/07 08:30 ITV MAYANE 81219466	<b>IPLEIONE</b> 06 0594 - 4,8 06 0609 - 3,9 ETA - 170722,00 11:58 9,67 44 AF08 SAR- LOP 1 BE \$10.168,88 OCE MARCELO	
<b>LOTUS BLOSSOM</b> 06 0593 - 2,8 CBA - 620711,05 17:30 14,07 00:41 75 SFKM KRE(A, B, G)-09/07 LOP 1 BE \$40.875,70 BML EVANDRO 99815599	<b>NEW HERALD</b> 06 0510 - 1,9 CBA - 160713,70 02:41 9,81 03:40 43 RM15 ACI(A, USV)-09/07 LOP 1 BE \$27.143,66 BML EVANDRO 99815599	<b>BULK EIGHT</b> 06 0520 - 2,1 CBA - 138704,00 05:40 14,28 20:00 77 AF08 AKS(E, P, HIS, KBC)-08/07 LOP 1 BE \$21.497,00 BML EVANDRO 99815599	<b>PACIFIC BREEZE</b> 06 0577 - 2,5 CBA - 138704,10 22:00 14,10 05:35 75 SSSD SDM(B, G)-14/07 LOP 1 BE \$38.005,87 WIS VINIC IUS 99442526	<b>LOCH LONG</b> 06 0520 - 1,9 ETA - 140722,00 07:35 9,94 09:58 46 RM20 SDR-07/07 LOP 1 BE \$1.355,18 21/07 08:30 ITV MAYANE 81219466	<b>IPLEIONE</b> 06 0594 - 4,8 06 0609 - 3,9 ETA - 170722,00 11:58 9,67 44 AF08 SAR- LOP 1 BE \$10.168,88 OCE MARCELO			
	<table border="1"> <tr> <td>           04 08 12 16 20  <b>14/07/2006 (sex)</b>            Navios na balsa = 9            Qtd. mov. diária = 395.575            Acumulado = 3.269.633            Ritmo = 7.238.573            Sd.p.m = 46.359,35            Acumulado = 62.523,75         </td> <td>           04 08 12 16 20  <b>15/07/2006 (sáb)</b>            Navios na balsa = 6            Qtd. mov. diária = 275.860            Acumulado = 3.544.893            Ritmo = 7.326.112            Sd.p.m = 4.910,51            Acumulado = 67.434,27         </td> <td>           04 08 12 16 20  <b>16/07/2006 (dom)</b>            Navios na balsa = 7            Qtd. mov. diária = 356.070            Acumulado = 3.900.963            Ritmo = 7.558.116            Sd.p.m = 28.352,00            Acumulado = 39.082,27         </td> <td>           04 08 12 16 20  <b>17/07/2006 (seg)</b>            Navios na balsa = 7            Qtd. mov. diária = 225.600            Acumulado = 4.124.563            Ritmo = 7.521.262            Sd.p.m = 48.068,71            Acumulado = -9.386,44         </td> <td>           04 08 12 16 20  <b>18/07/2006 (ter)</b>            Navios na balsa = 8            Qtd. mov. diária = 335.100            Acumulado = 4.459.663            Ritmo = 7.660.531            Sd.p.m = 4.891,38            Acumulado = -17.677,82         </td> <td>           04 08 12 16 20  <b>19/07/2006 (qua)</b>            Navios na balsa = 5            Qtd. mov. diária = 294.000            Acumulado = 4.753.663            Ritmo = 7.755.976            Sd.p.m = 32.285,41            Acumulado = 60.163,22         </td> <td>           04 08 12 16 20  <b>20/07/2006 (qui)</b>            Navios na balsa = 8            Qtd. mov. diária = 166.850            Acumulado = 4.920.513            Ritmo = 7.626.795            Sd.p.m = -1.358,71            Acumulado = -51.521,95         </td> </tr> </table>	04 08 12 16 20 <b>14/07/2006 (sex)</b> Navios na balsa = 9 Qtd. mov. diária = 395.575 Acumulado = 3.269.633 Ritmo = 7.238.573 Sd.p.m = 46.359,35 Acumulado = 62.523,75	04 08 12 16 20 <b>15/07/2006 (sáb)</b> Navios na balsa = 6 Qtd. mov. diária = 275.860 Acumulado = 3.544.893 Ritmo = 7.326.112 Sd.p.m = 4.910,51 Acumulado = 67.434,27	04 08 12 16 20 <b>16/07/2006 (dom)</b> Navios na balsa = 7 Qtd. mov. diária = 356.070 Acumulado = 3.900.963 Ritmo = 7.558.116 Sd.p.m = 28.352,00 Acumulado = 39.082,27	04 08 12 16 20 <b>17/07/2006 (seg)</b> Navios na balsa = 7 Qtd. mov. diária = 225.600 Acumulado = 4.124.563 Ritmo = 7.521.262 Sd.p.m = 48.068,71 Acumulado = -9.386,44	04 08 12 16 20 <b>18/07/2006 (ter)</b> Navios na balsa = 8 Qtd. mov. diária = 335.100 Acumulado = 4.459.663 Ritmo = 7.660.531 Sd.p.m = 4.891,38 Acumulado = -17.677,82	04 08 12 16 20 <b>19/07/2006 (qua)</b> Navios na balsa = 5 Qtd. mov. diária = 294.000 Acumulado = 4.753.663 Ritmo = 7.755.976 Sd.p.m = 32.285,41 Acumulado = 60.163,22	04 08 12 16 20 <b>20/07/2006 (qui)</b> Navios na balsa = 8 Qtd. mov. diária = 166.850 Acumulado = 4.920.513 Ritmo = 7.626.795 Sd.p.m = -1.358,71 Acumulado = -51.521,95
04 08 12 16 20 <b>14/07/2006 (sex)</b> Navios na balsa = 9 Qtd. mov. diária = 395.575 Acumulado = 3.269.633 Ritmo = 7.238.573 Sd.p.m = 46.359,35 Acumulado = 62.523,75	04 08 12 16 20 <b>15/07/2006 (sáb)</b> Navios na balsa = 6 Qtd. mov. diária = 275.860 Acumulado = 3.544.893 Ritmo = 7.326.112 Sd.p.m = 4.910,51 Acumulado = 67.434,27	04 08 12 16 20 <b>16/07/2006 (dom)</b> Navios na balsa = 7 Qtd. mov. diária = 356.070 Acumulado = 3.900.963 Ritmo = 7.558.116 Sd.p.m = 28.352,00 Acumulado = 39.082,27	04 08 12 16 20 <b>17/07/2006 (seg)</b> Navios na balsa = 7 Qtd. mov. diária = 225.600 Acumulado = 4.124.563 Ritmo = 7.521.262 Sd.p.m = 48.068,71 Acumulado = -9.386,44	04 08 12 16 20 <b>18/07/2006 (ter)</b> Navios na balsa = 8 Qtd. mov. diária = 335.100 Acumulado = 4.459.663 Ritmo = 7.660.531 Sd.p.m = 4.891,38 Acumulado = -17.677,82	04 08 12 16 20 <b>19/07/2006 (qua)</b> Navios na balsa = 5 Qtd. mov. diária = 294.000 Acumulado = 4.753.663 Ritmo = 7.755.976 Sd.p.m = 32.285,41 Acumulado = 60.163,22	04 08 12 16 20 <b>20/07/2006 (qui)</b> Navios na balsa = 8 Qtd. mov. diária = 166.850 Acumulado = 4.920.513 Ritmo = 7.626.795 Sd.p.m = -1.358,71 Acumulado = -51.521,95		

Figura 15. Fila de navios gerada pelo Software FINAV

## **Análise Crítica da Seqüência de Atendimento de Embarques**

Ao analisarmos a heurística utilizada para o planejamento da seqüência de atendimento de embarques, fica fácil perceber que tal heurística é bastante simples e podemos até dizer pouco eficiente.

Ao simplesmente classificarmos os embarques em três tipos (embarques de Píer 1S, embarques de Píer 1N e embarques de Píer 2) e se os adicionarmos às suas respectivas filas, com certeza, estaremos fazendo uma má utilização dos berços de atracação disponíveis. O exemplo a seguir explica melhor essa consideração:

Suponha que, no dia 31-1-2006, existam quatro navios prontos para atracar e esperando na fila do Píer 1S. Agora vamos imaginar que o Píer 2 esteja vazio e que não haja nenhum navio em sua fila previsto para atracar nesse dia. Logo, caso utilizássemos o Píer 2 para atender aos navios aguardando na fila do Píer 1S, aumentaríamos o desempenho do Porto.

Por outro lado, não podemos achar que sempre que o Píer 2 estiver livre, deveremos utilizá-lo para atracar um navio que está aguardando na Fila do Píer 1S. Para tomarmos tal decisão, é necessário analisarmos quando o próximo navio da Fila do Píer 2 estará pronto para atracar, a fim de não prejudicarmos a performance do Píer 2 em detrimento do aumento de performance do Píer 1S.

Suponha que, no mesmo dia 31-1-2006, ainda existam os quatro navios prontos para atracar e esperando na fila do Píer 1 Sul e que o Píer 2 ainda esteja vazio. Contudo, suponha agora que exista um navio da Fila do Píer 2 que estará pronto para atracar daqui a uma hora. Assim, se atracássemos um dos navios de Píer 1 Sul no Píer 2, deixaríamos o navio de Píer 2 aguardando durante todo o seu embarque. Esse fato, provavelmente, prejudicaria o desempenho do Porto, visto que a taxa máxima de carregamento de um navio do Píer 1S é bem inferior a taxa de carregamento do Píer 2.

As considerações anteriores foram apenas para mostrar que a elaboração da seqüência de atendimento de embarques é bem mais complexa do que a simples heurística atualmente adotada pelo Porto. Observamos, ainda, que, nos exemplos anteriores, nem citamos o Píer 1 N.

Por fim, a atual heurística utilizada apenas vê os berços de atracação, esquecendo-se do restante do Porto e das demais estruturas que compõem a cadeia de suprimentos do minério. Essa consideração será explorada melhor ao final deste capítulo.

Cabe aqui um último ponto. Apesar de as considerações apresentadas, o Porto de Tubarão consegue, ao final de cada mês, ainda obter um bom desempenho, fato que acaba sendo um paradoxo. Na verdade, esse planejamento é revisto diariamente, com uma atenção especial para o dia em questão. Para esse curto espaço de tempo, a heurística é abandonada e ações são tomadas para executar o que eles consideram o melhor para aquele momento. Assim, temos um planejamento ou, melhor dizendo, uma execução realista e imediatista para um curto espaço de tempo, e um planejamento pró-forme para o restante do período, fato que acarreta previsões mensais bastante equivocadas.

### **3.8.2 Planejamento da estocagem de minério**

Conforme já mencionado, partindo da previsão de embarque, a equipe de planejamento do Porto começa a negociar com a Mina e com a Pelotização as datas nas quais as cargas estarão completas e disponíveis para embarque no Porto. Para facilitar o entendimento sobre esse processo, inicialmente, deixaremos a Pelotização de lado e iremos considerar apenas os produtos enviados pela Mina diretamente para o Porto. Mais tarde, voltaremos a incluir a pelotização nesse processo.

Para que a Mina possa elaborar seu plano de produção e envio do minério, ela faz uso principalmente de duas informações contidas na previsão de embarque: o ETA e a carga demandada por cada solicitação de embarque. Com base nessas

informações, a Mina elabora seu plano de produção e inicia a negociação com a Ferrovia e com o Porto, a fim de chegarem a um consenso com relação à data na qual a carga de cada navio estará pronta para ser embarcada no Porto.

O objetivo do Porto é que toda carga de um embarque esteja pronta para ser embarcada um dia antes do início do carregamento. Contudo, várias vezes esse objetivo não pode ser cumprido. Dentre os principais fatos complicadores, podemos destacar:

- a) Impossibilidade de produção de todo o minério: após elaborar todo o seu plano de produção, a Mina percebe que nem todos os embarques poderão estar com sua carga toda formada no momento necessário. Esse fato normalmente ocorre quando existe uma concentração de vários embarques em um período pequeno de tempo, ou quando vários embarques solicitam um mesmo produto. O cronograma de produção é sempre montado do primeiro embarque para o último.
- b) Impossibilidade de transportar todo o minério: o fato de todo o minério ter sido produzido em tempo hábil não quer dizer que ele estará disponível no Porto no momento necessário, uma vez que existe um limite diário de lotes que podem ser transportados em cada Mina, ou ponto de carregamento, como são mais comumente chamados. Por exemplo, vamos imaginar que, para atender a um determinado embarque E, a Mina tenha que produzir dez lotes por dia do produto P, que, por sua vez, só pode ser produzido em dois pontos de carregamento: PC1 e PC2. Tanto PC1, quanto PC2 podem produzir pelo menos cinco lotes do produto P por dia, fato que seria suficiente para atender aos dez lotes/dia demandados. Contudo, a Ferrovia somente consegue transportar quatro lotes por dia de PC1 e três lotes/dia de PC2. Assim, mesmo a produção sendo suficiente, ainda teríamos um déficit de três lotes por dia e a data de carga pronta (DCP) do embarque E ficaria prevista para alguns dias após a sua chegada.

Definidos os DCPs das cargas, o próximo passo é planejar a abertura das pilhas. Abertura de pilhas é o nome dado ao processo de estocagem das cargas dos

embarques nos pátios do Porto de Tubarão. De maneira bem resumida, esse processo consiste em distribuir as cargas solicitadas pelos embarques em pilhas de minério, distribuídas ao longo dos dez pátios de estocagem do Porto. Dentre os objetivos desse processo, podemos destacar dois principais:

- a) Garantia de que haja sempre espaço disponível no Porto para receber o minério enviado pela Mina.
- b) Abertura das pilhas de minério de forma a facilitar seu empilhamento e recuperação, minimizar os bloqueios de rotas e equipamentos.

Ainda de forma simplificada, podemos considerar que o processo de abertura de pilhas é principalmente influenciado pelos seguintes fatores:

- a) Tipo de produto: cada um dos tipos de produtos embarcados no Porto de Tubarão possui características próprias, no que diz respeito a:
  - facilidade de empilhamento e recuperação: os equipamentos associados aos pátios de estocagem possuem uma taxa efetiva diferenciada para cada tipo de produto. Normalmente essa variação ocorre por conta da densidade do produto. Em geral, as maiores taxas estão associadas aos produtos de maior densidade;
  - lastro: mesmo após a pilha ter sido recuperada, ainda sobra um lastro do produto na área. Dependendo da quantidade do lastro e do tipo do produto, a área deve ser totalmente limpa ou, como é comumente chamado, zerada antes que um novo produto possa ser estocado;
  - número de balizas ocupadas: o número de balizas que a pilha irá ocupar varia de acordo com o tipo de produto. Para cada tipo de produto embarcado pelo Porto está definida a tonelagem máxima por baliza para cada pátio de estocagem;

- áreas preferenciais de cada tipo do produto: cada tipo de produto embarcado no Porto possui um conjunto de áreas preferenciais. Isso quer dizer que o planejador tentará sempre abrir as pilhas para o embarque seguindo a ordem de preferência das áreas. Por exemplo, vamos imaginar que o tipo “Fino de Minério de Ferro” possua a seguinte ordem de áreas preferenciais: {1 – Pátio A; 2 – Pátio C; 3 – Pátio G da baliza 1 a 30; Pátio H}. Neste caso, o planejador irá preferir abrir a pilha desse produto primeiramente no pátio A. Caso não haja espaço, ele tentará abrir no pátio C. Se não houver espaço, ele tentará no pátio G, da baliza 1 a 30. Se também não for possível, ele tentará abrir a pilha no pátio H. Por fim, caso também não haja espaço disponível no pátio H, o planejador irá tentar abrir a pilha em qualquer pátio no qual não seja proibida a abertura de pilha desse tipo de produto. As áreas preferenciais são definidas com base na experiência dos planejadores. Normalmente, os tipos de produto com maior vazão estão associados às áreas de estocagens que possuem uma maior taxa de recuperação e um maior número de rotas de abastecimento e de escoamento. Por outro lado, tipos de produtos com menor vazão estão associados a áreas com menores taxas de recuperação e que são atendidas por um menor número de rotas. As taxas de recuperação de cada área estão diretamente ligadas aos equipamentos que atendem à área. As áreas que são atendidas por duas recuperadoras são, em geral, aquelas de maior taxa de recuperação;
  
  - áreas proibitivas de cada tipo do produto: existem algumas áreas nas quais não é permitido empilhar determinado tipo de produto. Em geral, essa restrição se dá pelo fato de os equipamentos de recuperação não recuperarem, ou terem dificuldade para recuperar o tipo de produto em questão. Contudo, essa restrição também pode ocorrer para evitar que um tipo de produto de lenta e difícil recuperação seja empilhado em uma área com uma alta taxa de recuperação;
- b) equipamentos que atendem a cada pátio: é de grande importância saber quais equipamentos atendem a cada pátio, para, entre outras decisões, tentar minimizar a ocorrência de bloqueios, que é o nome dado quando a execução de

uma determinada operação impede que a execução de uma outra operação aconteça. Por exemplo, ao executar a operação OP1, a operação OP2 fica impossibilitada de ser executada. Ao planejar a abertura de pilhas, o planejador deve alocar as áreas de forma a evitar, por exemplo, que a recuperação de uma determinada pilha impeça a recuperação de outra. Por se tratar de um tema extremamente relevante, cabe aqui um parêntese para entendermos um pouco melhor o conceito e os diferentes tipos de bloqueios. Atualmente os bloqueios são classificados em seis diferentes tipos, como descrito a seguir:

a) bloqueio de rota: este tipo de bloqueio ocorre quando, ao utilizar uma determinada rota, uma outra operação fica impedida de ser executada, mesmo havendo outras rotas disponíveis. Conforme mencionado, uma rota é composta por vários equipamentos e várias rotas podem possuir um mesmo equipamento em comum. Logo, ao utilizar uma determinada rota, N outras rotas podem ficar impossibilitadas de serem utilizadas. Por exemplo, vamos imaginar que existam cinco rotas possíveis para chegar no ponto P: R1, R2, R3, R4 e R5. Cada uma dessas rotas é composta pelas seguintes seqüências de equipamentos:

R1: Eq1- Eq2 - Eq3 - Eq4 – Eq5;  
 R2: Eq1- Eq3 – Eq5 – Eq7 – Eq9;  
 R3: Eq1- Eq3 – Eq4 – Eq8;  
 R4: Eq2 - Eq3 - Eq4 – Eq9;  
 R5: Eq2- Eq3 – Eq5 – Eq8 – Eq13;

Ao selecionarmos qualquer uma dessas rotas, as demais ficam impedidas de serem utilizadas, uma vez que todas elas fazem uso do equipamento Eq3. Logo, qualquer outra operação cujo destino seja o ponto P fica impossibilitada de ser executada.

b) bloqueio de empilhamento-empilhamento: este bloqueio ocorre quando uma operação de empilhamento não pode ser realizada, porque uma outra operação de empilhamento já está utilizando a única empilhadeira existente para aquela área;



- c) bloqueio de empilhamento-recuperação: este bloqueio acontece quando uma operação de recuperação Op2 não pode ocorrer porque uma empilhadeira EP, alocada na operação de empilhamento Op1, impede que a recuperadora RC chegue ao local onde a pilha deve ser recuperada (neste caso, os dois equipamentos ocupam o mesmo trilho);
- d) bloqueio de recuperação-empilhamento: este bloqueio acontece quando uma operação de empilhamento Op2 não pode ocorrer porque uma recuperadora RC, alocada na operação de recuperação Op1, impede que a empilhadeira EP chegue ao local onde a pilha deve ser formada (neste caso, os dois equipamentos ocupam o mesmo trilho);
- e) bloqueio de recuperação-recuperação: este bloqueio ocorre quando uma operação de recuperação não pode ser realizada porque uma outra operação de recuperação já está utilizando a única recuperadora existente para aquela área.

O esquema a seguir ilustra os bloqueios que podem ocorrer com empilhadeiras e/ou recuperadoras que compartilham o mesmo trilho (Figura 16).

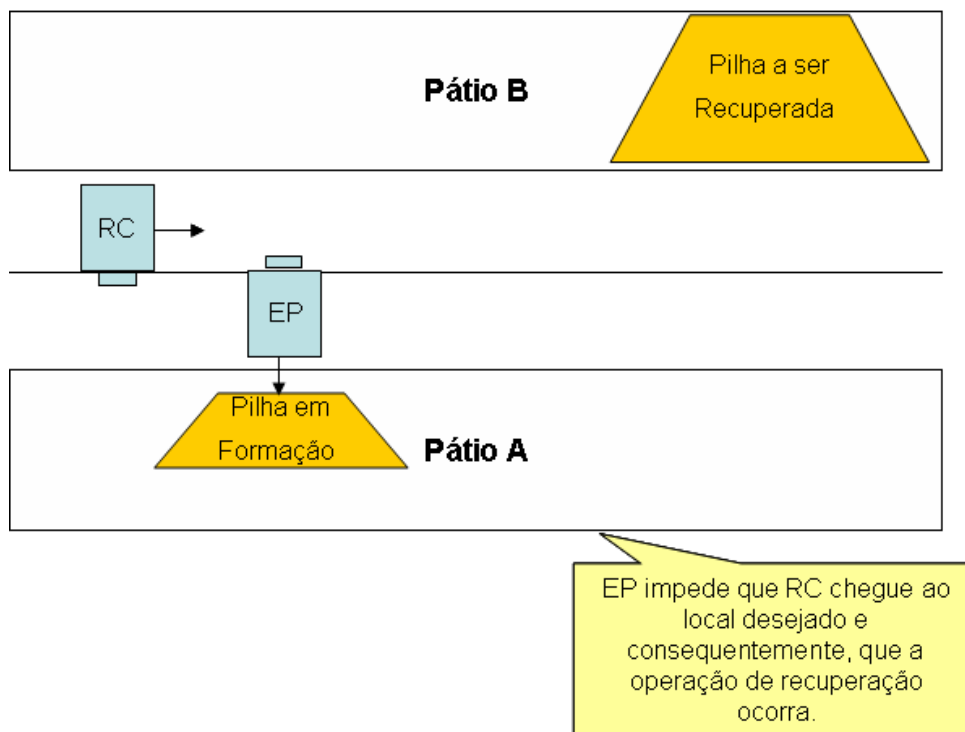


Figura 16. Bloqueio entre uma recuperadora e uma empilhadeira que compartilham o mesmo trilho

- f) bloqueio de carregamento: este tipo de bloqueio é bem similar a, por exemplo, o bloqueio de empilhamento-recuperação. Ele acontece quando uma operação de carregamento Op2 não pode ocorrer porque um carregador de navio CN1, alocado na operação de carregamento Op1, impede que um outro carregador de navio CN2 chegue ao porão a ser carregado. Esse fato ocorre porque os dois carregadores compartilham o mesmo trilho (caso dos berços P1S e P1N). A Figura 17 ilustra o bloqueio de carregamento.

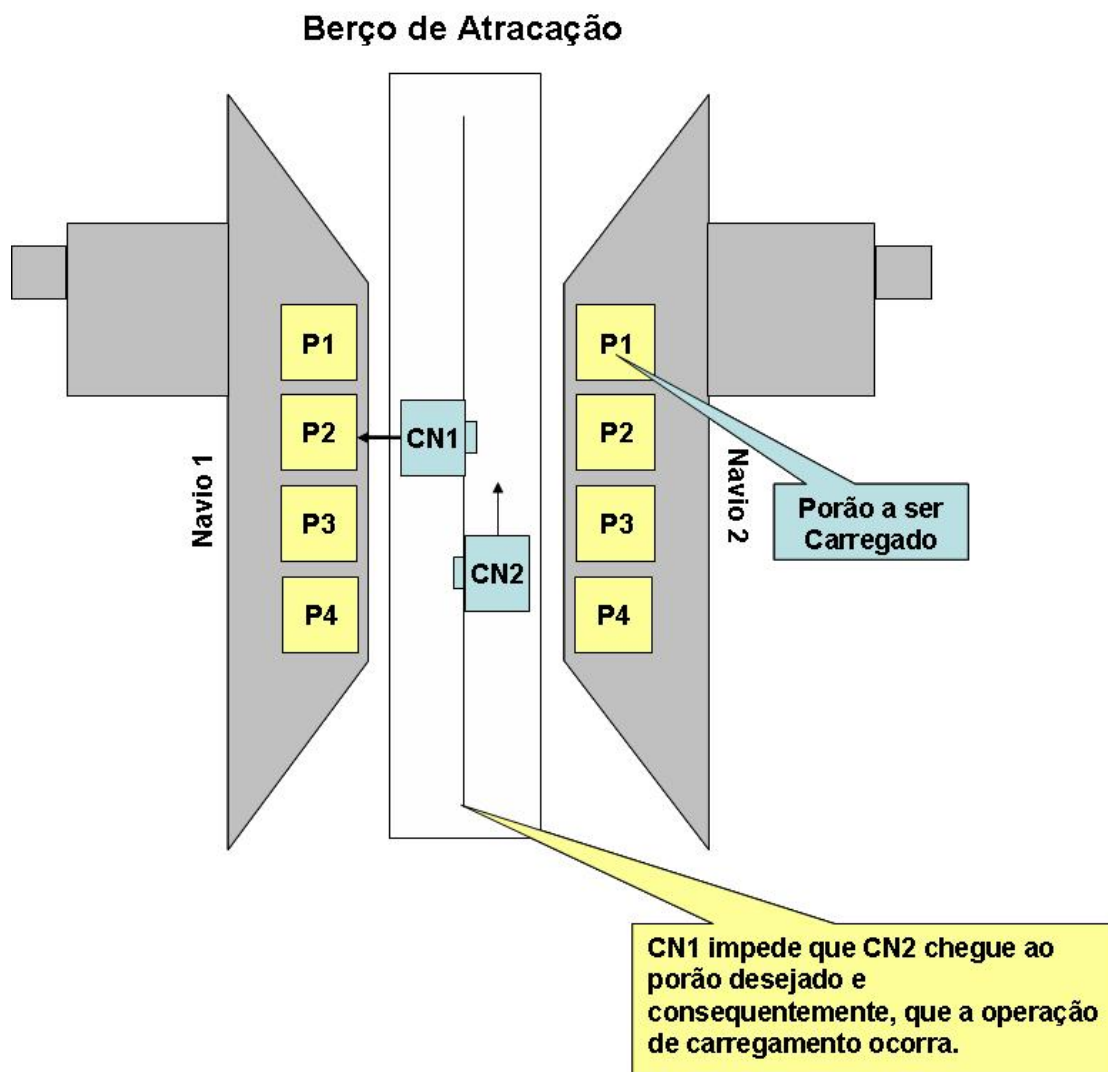


Figura 17. Bloqueio entre carregadores que compartilham o mesmo trilho

## Heurística atual de abertura de pilhas

Explicados os objetivos e os fatores que mais influenciam o processo de abertura de pilha, podemos passar para o entendimento da atual heurística de abertura de pilhas do Porto de Tubarão.

Como já foi mencionado, a partir da previsão de embarques, os planejadores do Porto negociam com a Mina e a Ferrovia as datas nas quais as cargas estarão prontas para serem embarcadas no Porto ou, como é comumente chamada, a DCP (Disponibilidade de Carga Pronta) de cada carga. A partir daí, os planejadores já podem contar com as duas principais entradas para o seu planejamento: a previsão de embarque e a DCP das cargas.

O planejamento inicia sempre com o primeiro navio previsto para chegar ao Porto, que ainda não possui pilha alocada para o seu embarque, ou seja, escolhe-se entre os navios ainda sem Solicitação de Pilha aquele que possui o menor ETA (*Estimated Time of Arrival*).

Selecionado o embarque, é verificada sua DCP. Essa informação é importante para saber quando a pilha deverá ser aberta. Cada produto que chega ao Porto possui uma determinada taxa de formação (tons/dia). Por exemplo, uma pilha de 60.000 toneladas do produto P, que possui uma taxa de formação de 6.000t/dia, será formada em dez dias. Logo, esta pilha deverá ser aberta dez dias antes da sua DCP (lembrar que abrir uma pilha quer dizer reservar seu lugar no pátio).

Na prática, essa taxa de formação é um número muito impreciso e normalmente carrega uma grande folga. No dia-a-dia, a pilha de 60.000t do produto P pode ser formada em dez dias, assim como pode ser formada em cinco ou até três dias. O tempo de formação do produto depende em muito das demandas associadas a cada ponto do carregamento. Por exemplo, suponha que o produto P seja formado do seguinte modo:

a) 20% do produto P extraído no ponto de carregamento 1 (Ppc1);

- b) 10% do produto P extraído no ponto de carregamento 2 (Ppc2);
- c) 40% do produto P extraído no ponto de carregamento 3 (Ppc3);
- d) 15% do produto P extraído no ponto de carregamento 4 (Ppc4);
- e) 15% do produto P extraído no ponto de carregamento 5 (Ppc5).

Agora vamos imaginar que, naquela semana, haja uma demanda grande de produtos que possuam em sua composição subprodutos extraídos no ponto de carregamento 3. Como os pontos de carregamento possuem um limite máximo de lotes por dia, provavelmente as pilhas que necessitem de subprodutos desse ponto de carregamento terão uma taxa de formação inferior às demais.

Alguns dos produtos mais demandados possuem mais de uma opção de formação. Por exemplo, o produto P, cuja composição foi detalhada acima, poderia possuir duas outras composições alternativas, ilustradas abaixo:

Opção 2 Produto P:

- a) 15% do produto P extraído no ponto de carregamento 1 (Ppc1);
- b) 20% do produto P extraído no ponto de carregamento 2 (Ppc2);
- c) 20% do produto P extraído no ponto de carregamento 3 (Ppc3);
- d) 15% do produto P extraído no ponto de carregamento 4 (Ppc4);
- e) 15% do produto P extraído no ponto de carregamento 5 (Ppc5);
- f) 15% do produto P extraído no ponto de carregamento 7 (Ppc7).

Opção 3 Produto P:

- a) 20% do produto P extraído no ponto de carregamento 1 (Ppc1);
- b) 20% do produto P extraído no ponto de carregamento 2 (Ppc2);
- c) 20% do produto P extraído no ponto de carregamento 3 (Ppc3);
- d) 10% do produto P extraído no ponto de carregamento 4 (Ppc4);
- e) 10% do produto P extraído no ponto de carregamento 5 (Ppc5);
- f) 10% do produto P extraído no ponto de carregamento 7 (Ppc7);

g) 10% do produto P extraído no ponto de carregamento 9 (Ppc9).

A opção de composição do produto P será escolhida com base na demanda de cada ponto de carregamento naquele momento. Como o Porto não tem visibilidade sobre o planejamento da Mina e da Ferrovia, assume uma determinada taxa de formação do produto P, para definir a data de abertura da pilha, independente do planejamento de envio de lotes elaborado pela Mina. Em geral, a quantidade extraída de cada ponto de carregamento determina a qualidade do produto.

Definida a data de abertura da pilha, o próximo passo é escolher o local ou locais nos quais as pilhas serão abertas. É muito comum uma determinada carga ser dividida em duas ou mais pilhas. Em geral, cargas com 80.000 toneladas ou mais são divididas em mais de uma pilha. Não existe uma regra fixa para o número de pilhas a serem formadas e essa decisão depende muito da ocupação do pátio naquele momento. Contudo, normalmente não se abre uma pilha com menos de 40.000 toneladas, nem se abre uma pilha com mais de 90.000 toneladas.

Quando toda a carga for alocada em apenas uma pilha, a escolha do local da pilha será feita com base na tabela de áreas preferenciais daquele produto. Primeiro, tenta-se abrir a pilha na primeira área preferencial, se não houver espaço, tenta-se na segunda e assim por diante.

Quando a carga for dividida em mais de uma pilha, além de verificar a tabela de áreas preferências do produto, o Planejamento tenta evitar que as pilhas sejam abertas na mesma área (Área Nova e Área Velha), ou pelo menos não concorram pela utilização do mesmo equipamento. Esses passos se repetem para cada um dos embarques previstos para atracarem no Porto de Tubarão.

Exemplo de abertura de pilha para uma carga.

Vamos imaginar um determinado embarque E que demanda as cargas C1, C2 e C3, conforme ilustrado abaixo:

## Embarque E

ETA: 31-1-2006

## Cargas

C1 - 90.000 toneladas produto P1;

C2 - 60.000 toneladas produto P2;

C3 - 70.000 toneladas produto P3.

## Dados

Taxa de Formação C1: 6.000 tons/dia;

Taxa de Formação C2: 5.000t/dia;

Taxa de Formação C3: 10.000t/dia;

Áreas Preferencias C1: {1° - A, 2° - C, 3° - E, 4° - F, 5° - H};

Áreas Preferencias C2: {1° - A, 2° - B};

Áreas Preferencias C3: {1° - G, 2° - E, 3° - I; 4° - D};

DCP C1: 31-1-2006;

DCP C2: 30-1-2006;

DCP C3: 28-1-2006.

A Figura 18 ilustra a situação atual do pátio.

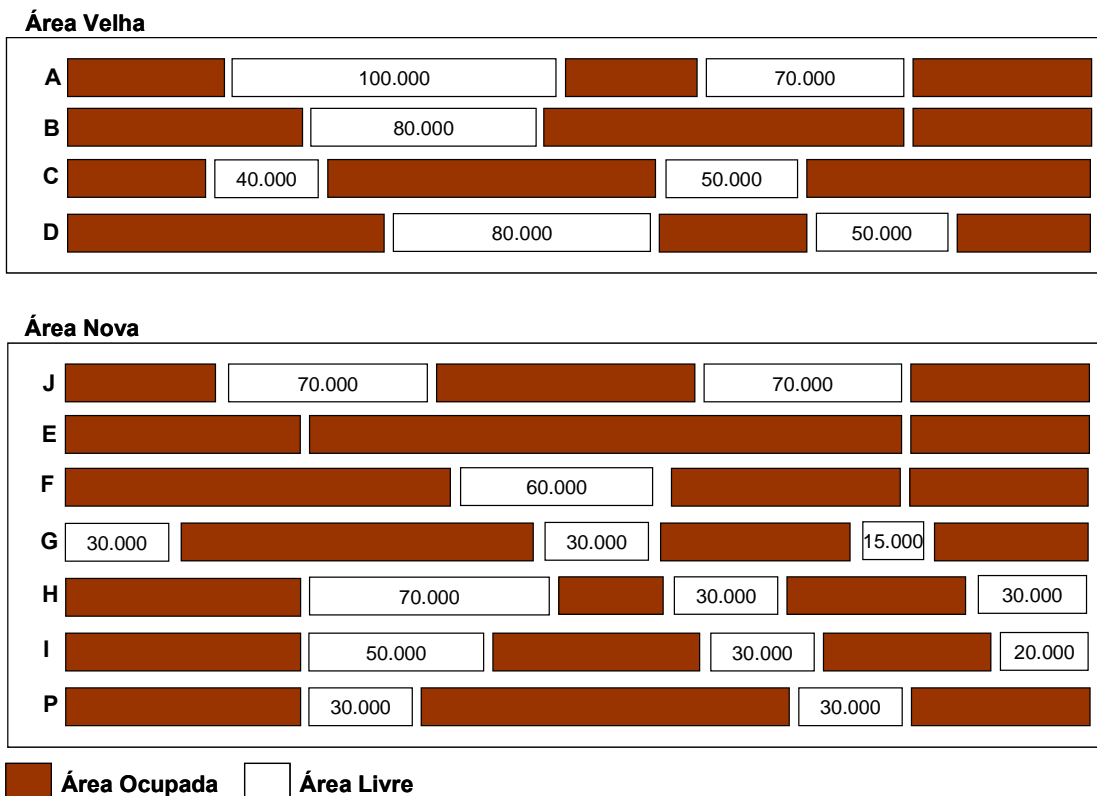


Figura 18. Exemplo abertura de pilhas (situação atual do pátio)

Alocando o pátio para a Carga C1:

O primeiro passo é definir quando sua pilha deverá ser aberta. Uma vez que a carga C1, de 90.000t, possui uma taxa de formação de 6.000t/dia, seu tempo de formação será dado por: 90.000t divididos por 6.000t/dia, o que resulta em um tempo de formação de 15 dias. Como a DCP da carga está prevista para 31-1-2006, sua pilha deverá ser aberta 15 dias antes do dia 31-1-2006. Assim, a pilha deverá ser aberta no dia 16-1-2006.

Analisando a área preferencial da carga C1 (Pátio A), percebemos que existe espaço suficiente para alocarmos toda C1 lá. Contudo, dado o tamanho da carga (90.000t), o normal é que esta seja dividida em duas pilhas. Dessa forma, poderíamos criar uma pilha de 50.000t na área A e uma pilha de 40.000t na área F. Após isso, teríamos alocação de pátio como está demonstrada na Figura 19.

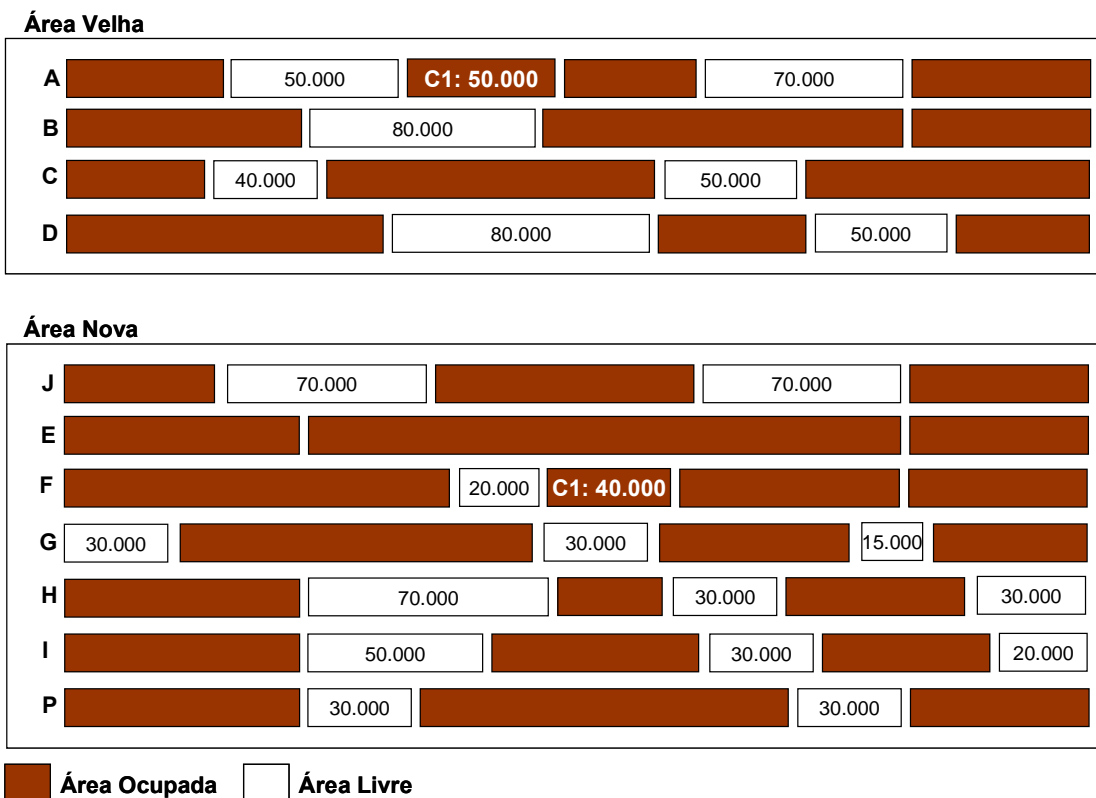


Figura 19. Exemplo abertura de pilhas (pátio após alocação da carga C1)

A decisão de colocar uma maior tonelage no Pátio A se deu pelo fato de esta ser a área preferencial da carga C1. O Pátio C não foi utilizado por estar na mesma área do Pátio A. O Pátio E não foi utilizado por não ter espaço disponível. Ao alocarmos 40.000t no Pátio F, criamos um “buraco” de 20.000 toneladas, que não poderá ser utilizado até que uma pilha vizinha seja recuperada (tamanho mínimo da pilha é de 40.000t).

Alocando o pátio para a Carga C2:

Uma vez que a carga C2, de 60.000t, possui uma taxa de formação de 5.000t/dia, seu tempo de formação será dado por: 60.000t dividido por 5.000t/dia, o que resulta em um tempo de formação de 12 dias. Como a DCP da carga está prevista para 30-1-2006, sua pilha deverá ser aberta em 12 dias antes do dia 30-1-2006, ou seja, no dia 18-1-2006.



Analisando a área preferencial da carga C2, percebemos que existe espaço suficiente para alocarmos toda uma carga C2 lá. Dado o tamanho da carga, 60.000t, não há necessidade de dividi-la em mais de uma pilha. Contudo, pelo fato de a maior parte da carga C1 já ter sido alocada no Pátio A, o ideal é procurarmos um outro pátio para alocarmos C2. Assim, alocaremos as 60.000 toneladas de C2 no Pátio B, conforme mostrado na Figura 20.

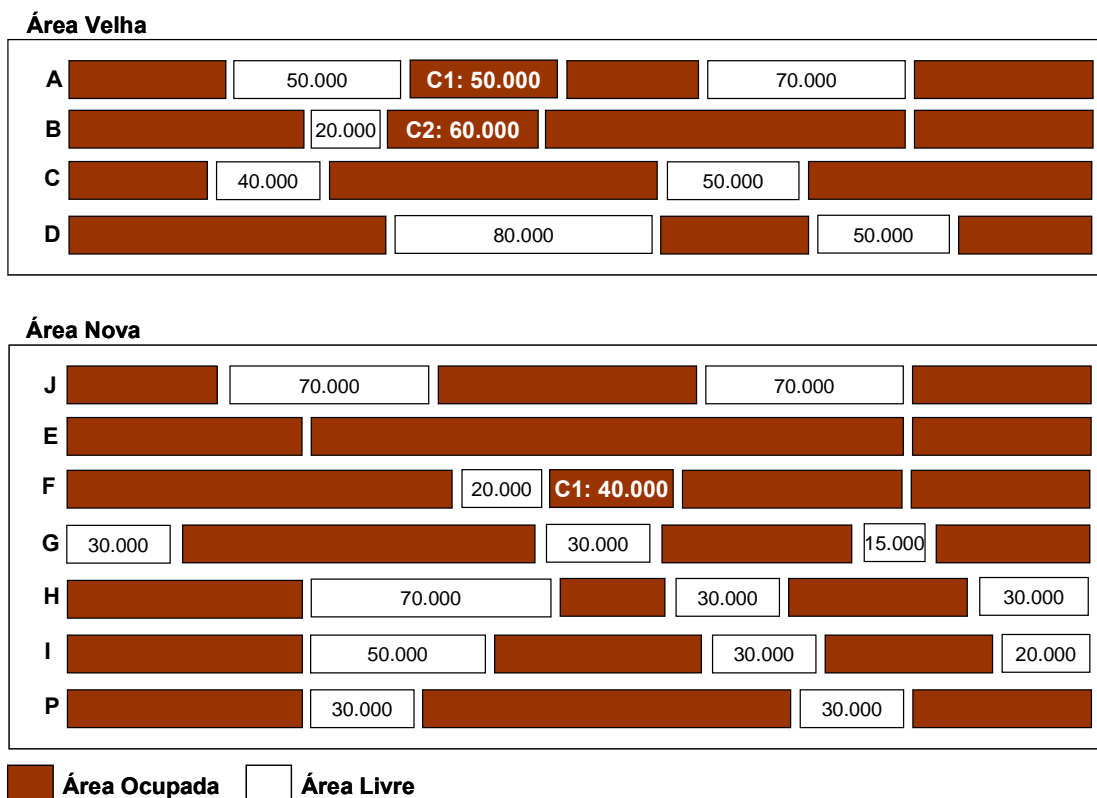


Figura 20. Exemplo abertura de pilhas (pátio após alocação da carga C2)

A decisão de colocar a carga no Pátio B, em vez do pátio A, foi feita para evitar que C1 e C2 concorram exclusivamente pelo mesmo equipamento. Vamos supor que, no momento de recuperar a carga C1, a recuperadora que atende ao Pátio A já esteja alocada para um outro embarque. Nesse caso, em vez de atrasarmos o embarque até que a recuperadora seja liberada, temos a opção de negociar com o comandante do navio para iniciarmos o embarque pela carga C2. Fato que evitaria, ou pelo menos diminuiria, o seu atraso. Mais uma vez, podemos perceber que, ao alocarmos

60.000t no Pátio B, criamos um “buraco” de 20.000 toneladas, que não poderá ser utilizado até que uma pilha vizinha seja recuperada.

Alocando o pátio para a Carga C3:

Uma vez que a carga C3, de 70.000t, possui uma taxa de formação de 10.000t/dia, seu tempo de formação será dado por: 70.000t dividido por 10.000 tons/dia, o que resulta em um tempo de formação de sete dias. Como a DCP da carga está prevista para 28-1-2006, sua pilha deverá ser aberta sete dias antes do dia 28-1-2006, ou seja, no dia 21-1-2006.

Analisando as áreas preferenciais da carga C3, percebemos que, por indisponibilidade de espaço nos pátios G, E e I, esta deverá ser alocada no pátio D, conforme mostrado na Figura 21.

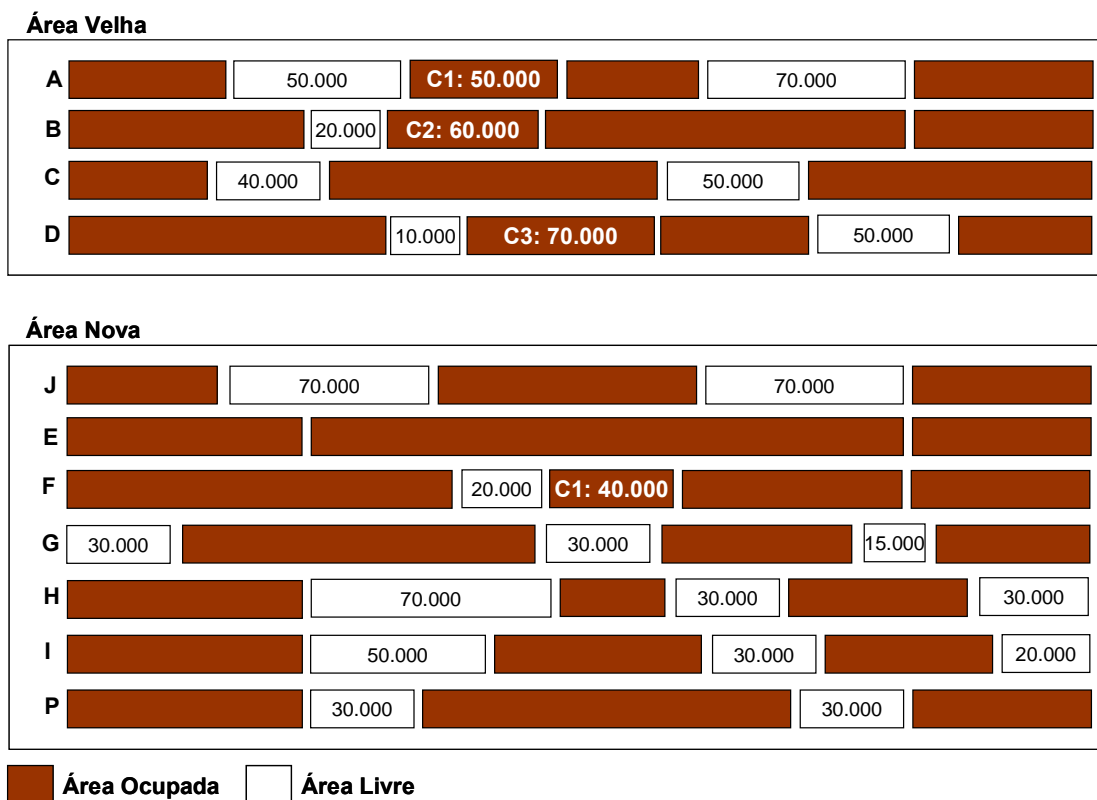


Figura 21. Exemplo abertura de pilhas (pátio após alocação da carga C3)

Feita a alocação do pátio para o Embarque E, o planejador passa para o próximo embarque. Ao contrário da elaboração da seqüência de atendimento de embarques, em que o planejamento contempla todos os embarques da fila, no processo de alocação de pátios, apenas poucos embarques são contemplados no plano. Isso se dá principalmente pela dificuldade e pelo tempo gasto pelos planejadores nessa tarefa. É comum que, ao alocar pátio para um dado embarque, o planejador tenha que alterar o plano feito para algum embarque anterior.

### **Análise crítica da atual heurística de abertura de pilhas**

O planejamento da abertura de pilhas é uma atividade de extrema complexidade e que demanda um esforço enorme. Sem um sistema de apoio à decisão, a elaboração de um bom plano se torna uma tarefa praticamente impossível.

Nesse contexto, a heurística utilizada pelo Porto é bastante simples, de maneira que possa ser seguida pelos planejadores. Em vez de tentarem obter a melhor combinação de pilhas, os planejadores simplesmente tentam abrir as pilhas seguindo a lista de áreas preferenciais de cada tipo de produto. As principais decisões ficam por conta de definir o tamanho de cada pilha (mesmo assim são seguidas regras, como não abrir pilhas com menos de 40.000 toneladas e evitar abrir pilhas com mais de 90.000 toneladas) e evitar que pilhas de um mesmo embarque dependam exclusivamente de um mesmo recurso.

Um outro problema crítico dessa heurística é a utilização de uma taxa de formação de produtos para determinar a data de abertura das pilhas. Por conta disso, muitas vezes as pilhas acabam sendo abertas muito antes do necessário.

Ao contrário do planejamento da seqüência de atendimento de embarques, o plano de abertura de pilhas é atualizado com menos freqüência, uma vez que, após cair o primeiro minério em uma determinada pilha, esta não pode mais ser alterada. Por essa razão e pela complexidade da tarefa, o plano de abertura de pilhas raramente é elaborado para um período superior a dez dias.

Por fim, a atual heurística trata as suas interfaces (outras estruturas do Porto e da cadeia de suprimentos de minério) de maneira muito simplista, o que impossibilita um planejamento mais eficiente. Essa consideração será explorada ao final do capítulo.

### 3.8.3 Planejamento da transferência de pelotas

Compreendido o processo de planejamento da estocagem de minério, vamos agora incluir a Pelotização nesse contexto. Conforme já mencionado, a Pelotização também participa da negociação com Mina para definir as datas nas quais as cargas estarão disponíveis. Contudo, no caso da Pelotização, o minério não será embarcado. Ao chegar no Complexo de Tubarão, o minério é direcionado para uma das sete usinas de pelotização. Lá, o minério é beneficiado, sendo transformado em pelotas de ferro que são, então, transferidas para o Porto, onde são estocadas e posteriormente embarcadas (Figura 22).

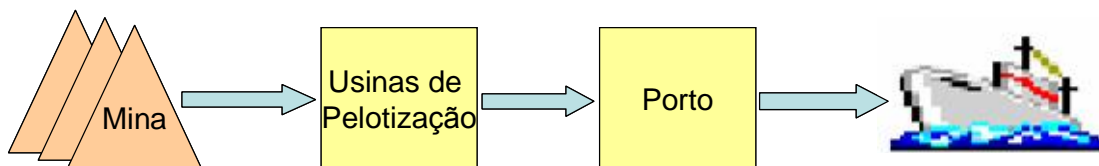


Figura 22. Fluxo resumido da cadeia de pelotas

Retornando ao contexto do Porto, o principal problema é estocar as pelotas produzidas pelas usinas de pelotização. Em geral, uma parte da produção é embarcada diretamente dos pátios da pelotização (aproximadamente 15%), utilizando uma das rotas que ligam a Pelotização aos berços de atracação. O restante da produção é primeiramente estocado no Porto, para só depois ser embarcado. A transferência de pelotas para os pátios do Porto ocorre por dois fatores:

- a) ganhos nas taxas de carregamento. As rotas de carregamento que ligam os pátios do Porto aos berços de atracação possuem uma taxa de carregamento superior às rotas que ligam a pelotização aos berços;
- b) falta de espaço nos pátios das usinas. É muito comum que os pátios das usinas de pelotização fiquem cheios. Como as usinas possuem uma operação contínua e não podem parar, sempre que seus pátios ficam cheios, parte das pelotas produzidas tem que ser transferida para o Porto.

O Porto se planeja sempre para receber 85% da carga de pelotas. Assim como no planejamento da estocagem de minério, uma das grandes dificuldades é saber qual o melhor momento para abrir a pilha de pelotas.

Atualmente, essa conta é feita de uma maneira bem simples: a Pelotização informa ao Porto a DCP da carga de pelota. A partir dessa data e considerando uma taxa efetiva de produção da pelotização, a conta é feita de trás para frente. O exemplo a seguir explica essa abordagem:

Carga C: 80.000.

DCP da Carga C: 31-1-2006.

Taxa de Produção da Usina: 8.000t/h.

Duração da Produção = Carga C div Taxa de Produção da Usina.

Duração da Produção = 80.000t div 8.000t/h.

Duração da Produção = 10 dias.

Data Abertura Pilha = DCP da Carga C – Duração da Produção.

Data Abertura Pilha = 31-1-2006 – 10 dias.

Data Abertura Pilha = 21-1-2006.

Em geral, o cálculo dessa data é bastante impreciso, visto que a taxa de produção da Pelotização pode variar muito. Uma determinada carga pode ser produzida em

diferentes usinas e até mesmo em paralelo por mais de uma usina. Da mesma forma, a quantidade que realmente será estocada no Porto é muito sensível à demanda de pelotas naquele momento.

### **Heurística atual para transferência de pelotas**

A atual heurística de planejamento da transferência de pelotas é bastante simples. Assim como o planejamento da estocagem de minério, as principais entradas serão: a previsão de embarque e a DCP das cargas. A diferença é que, desta vez, quem informa a DCP é a Pelotização. Com base na previsão de embarque, Mina, Ferrovia, Porto e Pelotização negociam quando o minério estará disponível no pátio da Pelotização. Em geral, o minério destinado para a pelotização tem prioridade sobre o minério destinado ao Porto. Além disso, uma vez que as usinas de pelotização não podem parar, todo dia deve chegar uma determinada quantidade de minério para a Pelotização. Essa quantidade está diretamente associada à demanda de pelotas e, principalmente, à capacidade de produção das usinas.

Com base no DCP informado pela Pelotização, o Porto define quando a pilha ou as pilhas de minério deverão ser abertas (conforme explicado). O processo de definição do número de pilhas a serem abertas, assim como os seus respectivos locais, é o mesmo da heurística de alocação de pátios.

Para efeito de planejamento, o Porto sempre assume que 85% da carga serão transferidos para o Porto e que os demais 15% serão transferidos diretamente da Pelotização para o berço de atracação em questão. Cada equipamento envolvido no processo de empilhamento e recuperação de pelotas possui uma determinada taxa efetiva de operação pré-definida pelo Porto.

### **Exemplo de transferência de pelotas para o Porto**

Vamos imaginar agora que a carga C3 do embarque E seja de pelotas, conforme ilustrado a seguir (Figura 23):

## Embarque E

ETA: 31-1-2006;

## Cargas

C1 - 90.000 toneladas produto P1 (minério);

C2 - 60.000 toneladas produto P2 (minério);

C3 - 70.000 toneladas de pelotas PL.

Uma vez que já foi exemplificado o processo de abertura de pilhas de minério, vamos nos concentrar agora apenas na carga C3.

## Dados:

Taxa de Produção C3: 10.000t/dia;

Áreas Preferencias C3: {1° - G, 2° - E, 3° - I; 4° - D};

DCP C3: 28-1-2006.

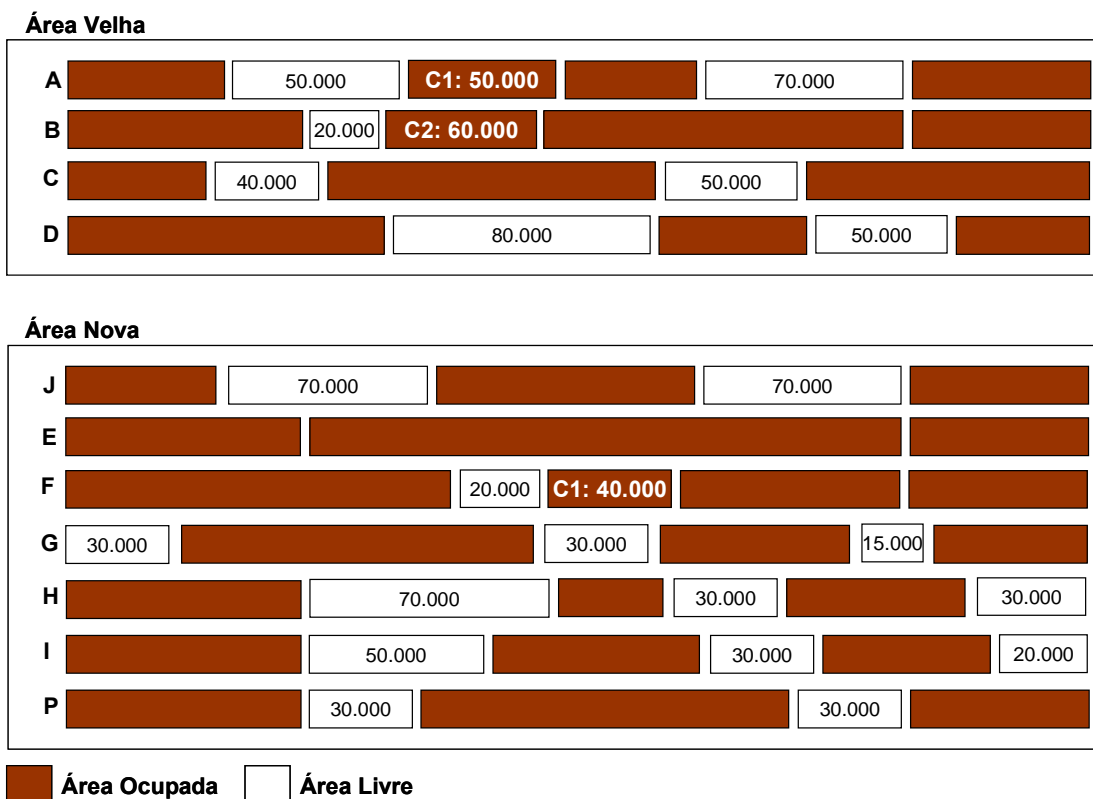


Figura 23. Exemplo transferência de pelotas (situação atual dos pátios)

Alocando o Pátio para a Carga C3:

Uma vez que a carga C3, de 70.000t, possui uma taxa de formação de 10.000t/dia, seu tempo de formação será dado por: 70.000t dividido por 10.000t/dia, o que resulta em um tempo de formação de sete dias. Como a DCP da carga está prevista para 28-1-2006, sua pilha deverá ser aberta sete dias antes do dia 28-1-2006, ou seja, no dia 21-1-2006.

Deverá ser alocado um espaço suficiente para estocar 85% de C3, ou 59.500 toneladas. Assim, estaremos abrindo uma pilha de 60.000 toneladas.

Analisando as áreas preferenciais da carga C3, percebemos que, por indisponibilidade de espaço nos pátios G, E e I, esta deverá ser alocada no pátio D, conforme mostrado na Figura 24.

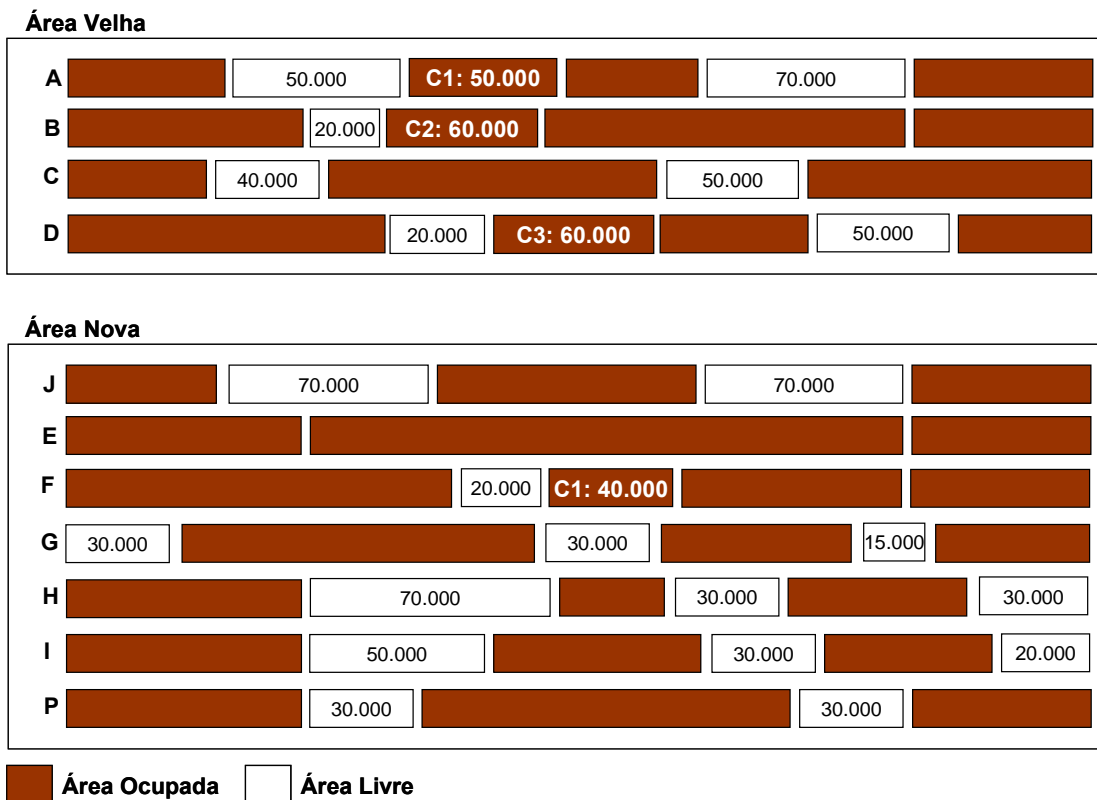


Figura 24. Exemplo transferência de pelotas (pátio após alocação das cargas)



### **Análise crítica da atual heurística de transferência de pelotas**

No que diz respeito à abertura de pilhas para as pelotas transferidas da Pelotização para o Porto, esta última herda os problemas existentes na heurística utilizada para abertura de pilhas e, mais uma vez, utiliza uma taxa de formação de produtos (no caso, produção de pelotas) para definir quando as pilhas deverão ser abertas.

Além disso, essa heurística trata de forma bem simplista a determinação do volume de pelotas a ser transferido para o Porto (assume que 85% da carga deve ser transferida para o Porto), fato que normalmente acarreta erros no planejamento.

Por fim, essa heurística também trata as suas interfaces (outras estruturas do Porto e da cadeia de suprimentos de minério) de maneira muito simplista, o que impossibilita um planejamento mais eficiente. Essa consideração será explorada ao final do capítulo.

#### **3.8.4 Seqüência de carregamento de navios**

A seqüência de carregamento de um navio, como o próprio nome sugere, define a maneira como um navio deve ser carregado. Apesar de os navios serem estruturas gigantescas e supersólidas, o carregamento inadequado pode fazer com que sua estrutura se parta ao meio, como se fosse de papel.

A seqüência de carregamento descreve os movimentos que devem ser feitos para carregar o navio. Cada movimento informa a carga a ser carregada, a quantidade a e o porão em que deverá ser carregado. O objetivo dessas passadas é garantir que o navio seja carregado homoganeamente. O quadro 3 ilustra uma seqüência de carregamento hipotética.

Seqüência	Carga	Quantidade	Porão		Seqüência	Carga	Quantidade	Porão
1	Carga A	7500	1		11	Carga B	7500	1
2	Carga A	7500	10		12	Carga B	7500	10
3	Carga A	7500	5		13	Carga B	6000	5
4	Carga A	7500	2		14	Carga B	6000	2
5	Carga A	7500	9		15	Carga B	6000	9
6	Carga A	7500	6		16	Carga B	6000	6
7	Carga A	7500	3		17	Carga B	6000	3
8	Carga A	7500	8		18	Carga B	6000	8
9	Carga B	7500	4		19	Carga B	7500	4
10	Carga B	7500	7		20	Carga B	7500	7

Quadro 3. Exemplo de seqüência de carregamento

É comum que, ao final da execução da seqüência de carregamento, seja necessário um movimento adicional chamado de *Trimming*, que adiciona uma pequena quantidade de carga a alguns porões para garantir o perfeito nivelamento do navio.

A responsabilidade de elaboração da seqüência de carregamento de um navio não é da equipe de planejamento do Porto, uma vez que essa atividade demanda um conhecimento profundo da estrutura física do navio em questão. O próprio comandante do navio é responsável por emitir a seqüência de carregamento. O Porto apenas critica a seqüência de carregamento emitida e tenta negociar pequenas alterações.

O motivo dessa negociação é que algumas seqüências de carregamento podem ser muito desfavoráveis para a operação do Porto. Por exemplo, pode ser que, ao iniciarmos o carregamento com a carga B em vez da carga A, evitaríamos um bloqueio de rota com outro embarque.

### **Análise crítica da elaboração da seqüência de carregamento de navios**

O principal problema da abordagem adotada com relação à seqüência de carregamento consiste no fato de ela ser bastante reativa. Em geral, o porto aguarda o comandante do navio enviar a seqüência de carregamento, para só então analisar o impacto da seqüência proposta na operação do Porto e, dependendo desse impacto, tentar negociar algumas alterações.

Uma abordagem mais pró-ativa poderia propor uma seqüência de carregamento preliminar, que não informasse os movimentos destinados a cada porão, mas a ordem na qual as cargas deveriam ser carregadas, a fim de minimizar bloqueios no momento de recuperar as pilhas.

Para explicar melhor essa abordagem, vamos usar a seqüência de carregamento mostrada anteriormente (Quadro 4).

Seqüência	Carga	Quantidade	Porão		Seqüência	Carga	Quantidade	Porão
1	Carga A	7500	1		11	Carga B	7500	1
2	Carga A	7500	10		12	Carga B	7500	10
3	Carga A	7500	5		13	Carga B	6000	5
4	Carga A	7500	2		14	Carga B	6000	2
5	Carga A	7500	9		15	Carga B	6000	9
6	Carga A	7500	6		16	Carga B	6000	6
7	Carga A	7500	3		17	Carga B	6000	3
8	Carga A	7500	8		18	Carga B	6000	8
9	Carga B	7500	4		19	Carga B	7500	4
10	Carga B	7500	7		20	Carga B	7500	7

Quadro 4. Exemplo de seqüência de carregamento

Vamos supor que, em vez de simplesmente aguardar o recebimento dessa seqüência de embarque, o Planejamento do Porto tenha se antecipado e analisado a situação atual dos pátios do Porto e dos embarques atracados e prestes para atracar.

Após tal análise, o Porto poderia propor a ordem de carregamento das cargas que minimizariam os bloqueios de recuperação (tenta evitar que embarques simultâneos disputem uma mesma recuperadora, em um mesmo instante), como ilustrado pelo Quadro 5.

Ordem	Carga	Quantidade
1	Carga B	36.000
2	Carga A	30.000
3	Carga B	45.000
4	Carga A	30.000

Quadro 5. Exemplo de ordem de carregamento

Cada ordem poderia ser, então, quebrada pelo comandante do navio em N seqüências de carregamento, com cada uma destinada para um determinado porão.

### 3.8.5 Programação de embarque

Programação de embarques é o nome dado ao planejamento de curtíssimo prazo (período de 6 horas) do Porto de Tubarão. De uma maneira simplista, podemos dizer que a programação de embarque planeja a execução dos planejamentos de seqüência de atendimento de embarques, alocação de pátios e transferência de pelotas, com o foco bastante direcionado para a operação do Porto e com um horizonte inferior a 12 horas. Dentre os principais desafios da programação de embarque, podemos destacar:

- a) descarga de vagões: esta atividade consiste em definir em qual dos quatro viradores de vagão disponíveis cada lote será descarregado. Cada virador de vagão possui um conjunto de rotas associadas que leva às áreas de estocagem e as usinas de pelletização. O principal objetivo dessa atividade é alocar os lotes aos viradores de vagão de forma que a descarga dos vagões seja feita num menor tempo possível. As filas de vagão são elaboradas sempre para um período de seis horas (Figura 25):

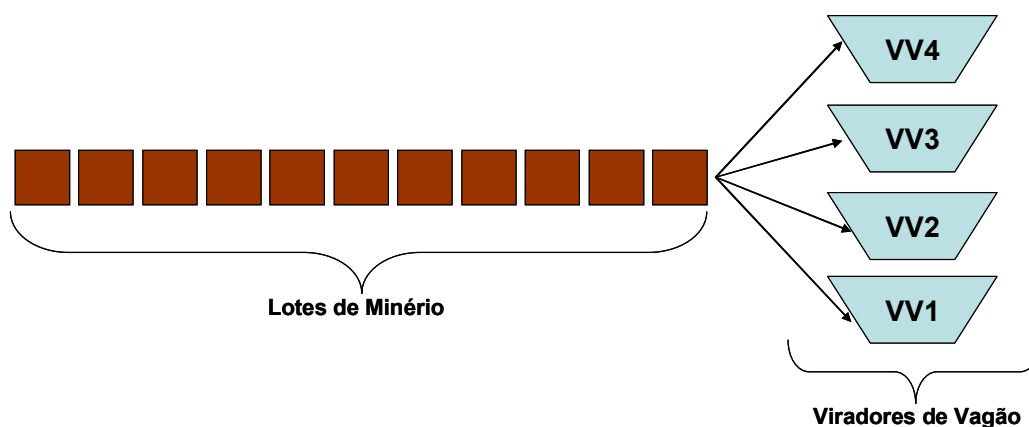


Figura 25. Processo de descarga de vagões

- a) empilhamento: esta atividade consiste em selecionar a rota que levará o minério do virador de vagão até a área de estocagem destino. A grande dificuldade dessa atividade consiste no fato de que várias rotas possuem equipamentos em comum. Assim, ao selecionarmos uma determinada rota, outras rotas ficarão impedidas de operar, o que pode fazer com que outras cargas não possam ser descarregadas, por indisponibilidade de rotas, ou bloqueio de rotas, como é comumente chamado. O principal objetivo dessa atividade é minimizar esses bloqueios e garantir que as pilhas de minério sejam formadas no menor tempo possível (Figura 26). Alguns produtos, ao serem descarregados, não são encaminhados diretamente para as suas pilhas destino. Em vez disso, eles são destinados a uma estrutura de peneiramento, onde são transformados em dois ou três diferentes produtos. Posteriormente, cada um desses novos produtos é encaminhado para sua pilha destino;

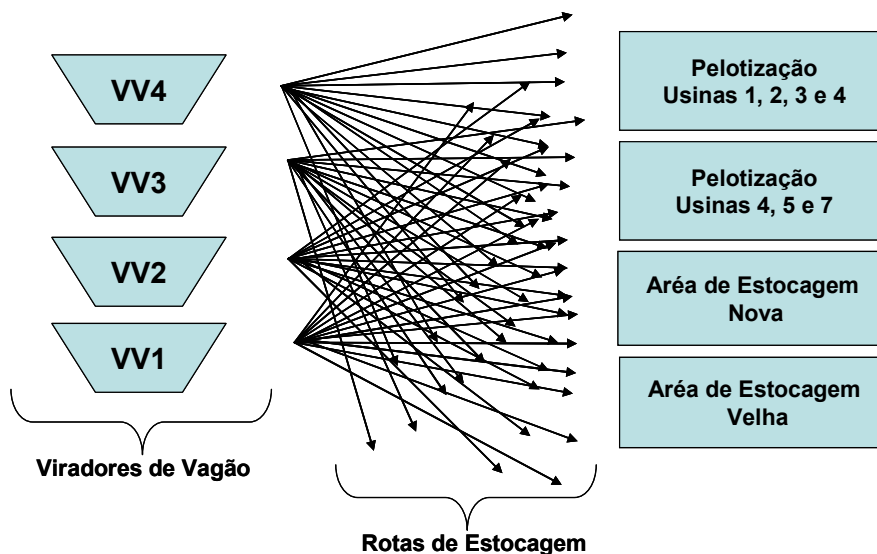


Figura 26. Processo de estocagem de minério

- b) recuperação para embarque: esta atividade consiste em selecionar a rota que levará o minério da pilha de estocagem até os carregadores de navio, nos berços de atracação. Mais uma vez, a grande dificuldade consiste no fato que várias rotas possuem equipamentos em comum. Assim, ao selecionarmos

uma determinada rota, outras rotas ficarão impedidas de operar, o que pode fazer com que outras cargas não possam ser carregadas, por conta de bloqueios de rotas. O principal objetivo desta atividade é minimizar estes bloqueios e garantir que as pilhas de minério sejam recuperadas e embarcadas no menor tempo possível (Figura 27).

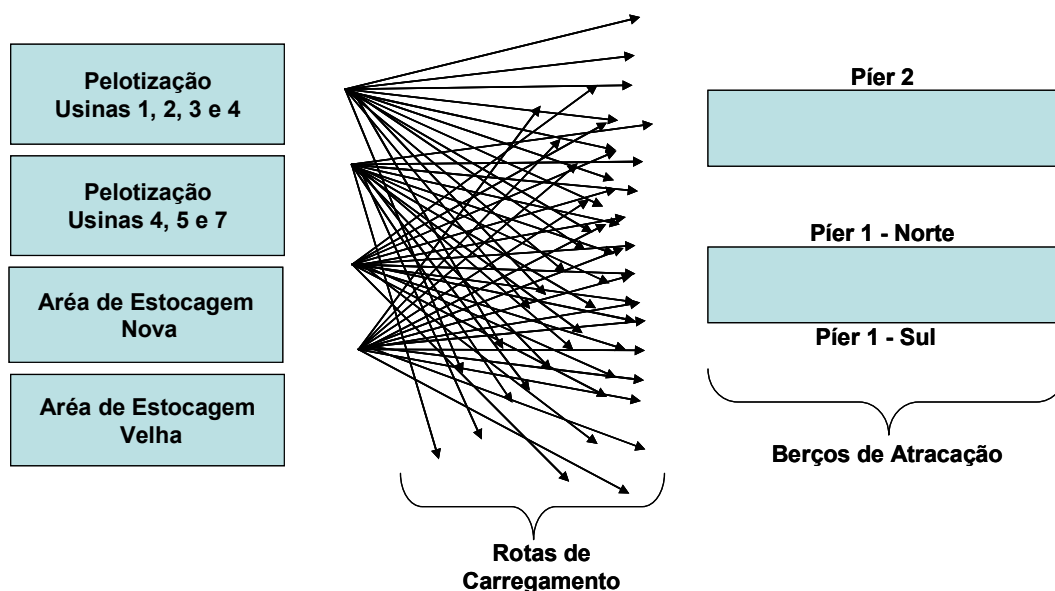


Figura 27. Processo de recuperação de minérios/pelotas para embarque

- c) transferência de pelotas: esta atividade consiste em selecionar a rota que levará a pelota da Pelotização para um dos pátios do Porto e o momento no qual essa transferência deverá ser efetuada. Normalmente, o Porto tenta efetuar as transferências em período de ociosidade das rotas. Contudo, caso não seja possível encontrar uma janela de ociosidade antes que o pátio da Pelotização fique cheio, será necessário interromper uma operação de descarga ou recuperação para realizar a transferência. Vale lembrar que as operações da Pelotização possuem prioridade, uma vez que não podem ser interrompidas (Figura 28);

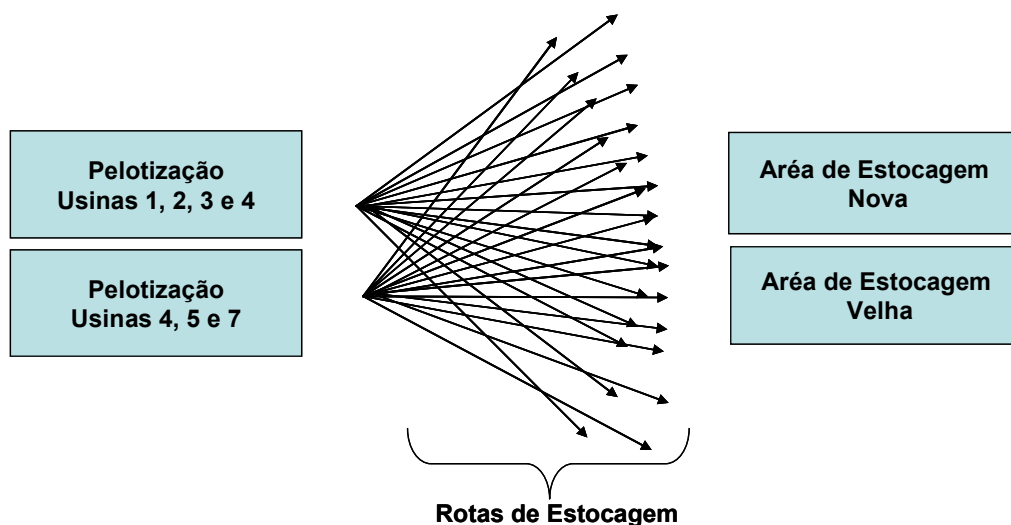


Figura 28. Processo de transferência de pelotas

- d) carregamento do navio: esta atividade consiste em executar a seqüência de carregamento aprovada. Seu grande desafio é maximizar a utilização dos carregadores de navio disponíveis, evitando bloqueios de carregamento, perda de tempo no posicionamento do carregador (quando possível, tenta já posicionar o carregador no próximo porão a ser carregado, enquanto o outro carregador executa o movimento anterior da seqüência de carregamento) e, quando possível, utiliza os dois carregadores paralelamente no carregamento (Figura 29).



Figura 29. Porão do navio sendo carregado

## Análise crítica da programação de embarques

Assim como as demais tarefas executadas pela equipe de planejamento do Porto, a programação de embarques é elaborada sem auxílio de um sistema de planejamento, que possa apoiar as decisões dos planejadores. Somado a esse fato, ainda devemos considerar que, no caso da programação, os planos são normalmente elaborados para um horizonte de curtíssimo prazo (no máximo 12 horas), o que não permite aos planejadores gastar muito tempo em sua elaboração. O resultado da soma dessas considerações implica um plano pouco otimizado e com uma oportunidade imensa de aperfeiçoamento.

### 3.9 O PORTO DE TUBARÃO INSERIDO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE MINÉRIO

Como já deve ter sido percebido, o Porto de Tubarão é apenas uma das peças que compõem a cadeia de suprimentos de minério de ferro e, como tal, seu desempenho é diretamente afetado pelas demais peças da cadeia (Figura 30).

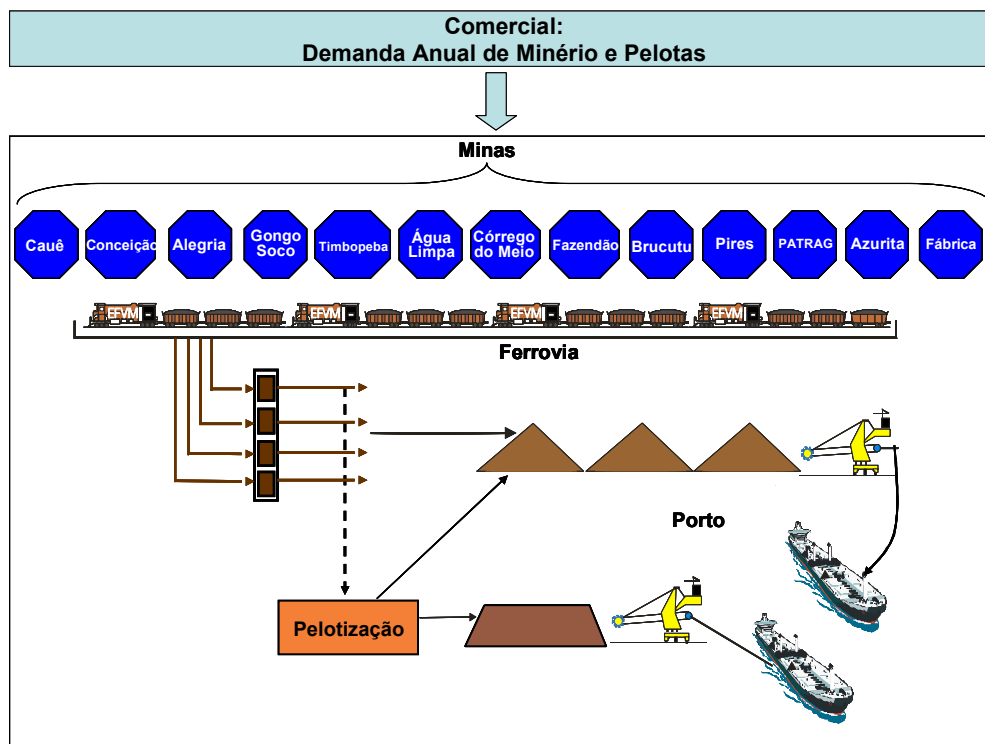


Figura 30. Cadeia de Suprimentos de Minério



Para que possamos entender melhor o funcionamento da cadeia de suprimentos de minério, devemos primeiro conhecer suas principais estruturas e entender como cada uma delas pode influenciar no seu resultado.

### 3.9.1 Comercial

A Comercial é a responsável por gerar as demandas para a cadeia de suprimentos de minério, distribuindo os embarques a serem atendidos ao longo do ano. Um dos principais cuidados que a Comercial deve ter é evitar uma grande concentração de embarques em um pequeno intervalo de tempo, ou uma grande concentração de um mesmo tipo de produto.

Apenas a descrição do papel da Comercial já é suficiente para explicar como seu desempenho pode impactar toda a cadeia de suprimentos. Quanto melhor for a distribuição feita pela Comercial, muito melhores também serão os resultados da Mina, da Pelotização, da Ferrovia e do Porto.

Um outro ponto bastante importante é que a Comercial costuma fazer uso de um “colchão de embarques”. Uma vez que alguns embarques previstos para chegar em um determinado mês acabam chegando apenas no mês seguinte (lembrar que o *laydays* dos embarques é normalmente de 15 dias), a Comercial costuma incluir um pequeno adicional de embarques (colchão) em cada mês para compensar o volume que estava originalmente previsto, mas que somente virá a ser embarcado no mês seguinte. O desempenho de toda a cadeia de suprimentos está diretamente ligado ao tamanho desse colchão. Se o colchão for muito pequeno, a cadeia poderá a vir a trabalhar com folga, porém o volume a ser embarcado pode ser aquém do previsto. Por outro lado, se o colchão for muito grande, toda a cadeia terá que trabalhar em um ritmo acima do normal, podendo, assim, gerar atrasos no atendimento dos embarques. Vale lembrar que os efeitos de cada atraso se estendem por um longo período.

Foi feito um estudo bastante interessante sobre a capacidade atendimento de embarques da cadeia de minério, com o auxílio da ferramenta de simulação *Promodel*. O objetivo desse estudo era avaliar como a cadeia se comportava à medida que o volume a ser embarcado em um ano ia sendo aumentado. Inicialmente, imaginávamos que o volume embarcado iria aumentando até um certo ponto e depois se estabilizaria (no limite da capacidade da cadeia). Contudo, os resultados foram surpreendentes. O volume embarcado crescia até um certo ponto e depois começava a cair significativamente. Ou seja, após atingir o limite da cadeia, o resultado piora a cada incremento de tonelagem. Esse fato é apenas para ilustrar que um “colchão de embarques” muito grande pode causar um efeito contrário ao desejado.

### 3.9.2 Mina

Se é a Comercial que gera as demandas para a cadeia de suprimentos, é a mina que abastece a cadeia, produzindo os produtos que serão embarcados, ou que servirão de matéria-prima para fabricação de pelotas.

Dessa forma, atrasos no fornecimento de minério provavelmente trarão problemas para a ferrovia, o porto e Pelotização. Apenas para ilustrar, vamos imaginar que a mina tenha sérios problemas em um determinado dia e com isso atrase bastante sua produção. Mesmo acelerando sua produção no dias seguintes, a Mina atrasará a conclusão dos navios atracados em três dias. Assim, além de atrasar a conclusão dos embarques relativos aos navios atracados, os embarques seguintes provavelmente atrasaram seu início, causando um efeito cascata ao longo do mês. Um outro fator impactante para o Porto é que, quanto mais tempo os embarques ficarem atracados, mais tempo as pilhas permanecerão abertas, ocupando lugar no pátio.

Os efeitos para a ferrovia e para a Pelotização são semelhantes. No dia em que a Mina produzir pouco, eles trabalharão com folga, porém, nos dias em que a Mina tiver aumentado sua produção para tentar compensar o atraso ocorrido, eles também deverão operar em um ritmo acima do normal (Figuras 31 e 32).

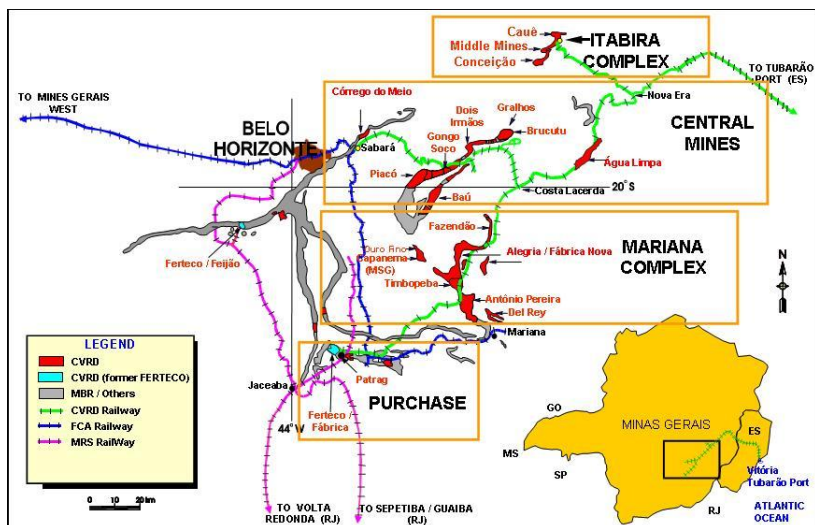


Figura 31. Complexos mineiros da CVRD (Sistema Sul)



Figura 32. Mina de Cauê (cidade de Itabira)

### 3.9.3 Ferrovia

A Ferrovia é responsável por transportar o minério produzido na Mina para o Porto e para a Pelotização. Dessa forma, atrasos nesse transporte impactarão diretamente a

operação do Porto e a Pelotização, da mesma forma que os atrasos oriundos da Mina (descritos anteriormente) podem impactá-los. Um ponto importante é que problemas operacionais na Ferrovia também podem se transformar em problemas para a Mina. Caso a Mina não consiga escoar o minério produzido, seus pátios de estocagem ficarão rapidamente cheios, fazendo com que a sua produção tenha que ser interrompida, ou que a Mina trabalhe em um ritmo inferior à sua capacidade efetiva (Figura 33).



Figura 33. Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM)



### 3.9.4 Pelotização

Conforme já mencionado, a Pelotização recebe minério de ferro e o transforma em pelotas de ferro. Atrasos na produção de pelota trarão impactos para o porto semelhantes aos impactos causados por atrasos no recebimento de minério. Além disso, se a produção da Pelotização estiver abaixo do normal, seus pátios de recebimento de minério logo ficarão cheios e provavelmente forçarão a Mina e a Ferrovia a diminuir seus respectivos ritmos de operação durante esse período (Figura 34).



Figura 34. Usinas de pelotização da CVRD

### 3.9.5 Porto

O Porto de Tubarão é a porta de saída para os produtos produzidos ao longo da cadeia (minério e pelotas). Conforme já foi mencionado, atrasos nos embarques fazem com que as pilhas fiquem abertas por mais tempo, ocupando, assim, mais espaço nos pátios de estocagem. Por sua vez, caso o pátio do Porto fique cheio, o

Porto não poderá receber produtos da Mina nem da Pelotização, podendo, assim, forçá-las a trabalhar em um ritmo aquém do usual.

Um outro ponto é que, quanto mais rápido o Porto conseguir descarregar o minério, mais rápido ele estará liberando os vagões de volta à Ferrovia. Dessa forma, os resultados da Ferrovia estão diretamente ligados à velocidade com que o Porto executa a descarga do minério (Figura 35).



Figura 35. Equipe de planejamento do Porto de Tubarão

### **Análise crítica da cadeia de suprimentos de minério de ferro**

Após apresentarmos todo o planejamento do Porto de Tubarão e explicarmos o seu papel na cadeia de suprimentos de minério de ferro, podemos agora realizar uma

análise mais profunda das heurísticas atualmente utilizadas e dos problemas existentes.

O planejamento da seqüência de atendimento de navios possui uma visão muito limitada do Porto, enxergando apenas os berços de atracação. Esse planejamento assume taxas médias de carregamento para cada berço e tipo de produto, não considerando quaisquer problemas que possam ocorrer ou estar ocorrendo em outras áreas do Porto. Dessa forma, qualquer algoritmo de otimização da seqüência de atendimento de embarques que possuir essa mesma visão, muito provavelmente obterá um resultado, que embora pareça melhor do que o realizado pelo Porto, corresponderá a uma solução fantasiosa (i.e. uma solução que não poderá ser utilizada no dia-a-dia, uma vez que não foram consideradas as limitações das demais áreas do Porto).

Para ilustrar essa afirmação, vamos imaginar que a seqüência ótima de atendimento de embarque (com visão apenas dos berços de atracação) tenha gerado a seguinte fila para o Píer 2: Navio 1 – Navio 2 – Navio 3 - ... Navio N. Ao olharmos para as áreas de estocagem, percebemos que, se atendêssemos primeiro ao Navio 3, liberaríamos um espaço significativo nos pátios de estocagem. Com a liberação desse espaço, a Mina poderia despachar para o Porto o minério já pronto e armazenado no seu pátio de estocagem, desafogando, assim, o seu próprio pátio. Ao desafogar o seu pátio, a Mina pode acelerar sua produção e suprir a Pelotização com o volume de minério necessário para esta produzir as pelotas demandadas pelos embarques relativos aos navios 5 e 6. Com base nesse cenário, qual seria a melhor opção: atender primeiro ao navio 1 ou ao navio 3? Essa pergunta ilustra bem a afirmação anterior, uma vez que ela somente poderá ser respondida se analisarmos a cadeia de suprimentos de minério como um todo.

Vamos passar agora para a heurística de abertura de pilhas utilizada. Com uma rápida análise, percebemos que, no caso da abertura de pilhas, fica ainda mais evidente a necessidade de integração com as demais áreas da cadeia de suprimento de minério. Conforme já foi mencionado, o Porto assume uma taxa média para a formação das pilhas, que varia de tipo de produto para tipo de produto.

Conforme também mencionado, é comum que o tempo de formação da pilha realizado seja muito diferente do tempo calculado por essa taxa. Para obtermos um tempo de formação de pilhas mais real, precisaríamos entrar no planejamento da Mina e entender como e quando a demanda de cada embarque poderia ser atendida. Também deveríamos analisar a oferta de vagões para cada ponto de carregamento, para sabermos quanto da produção da Mina poderia ser escoada a cada dia. A mesma consideração se aplica para o caso das pelotas. Para determinar o tempo de abertura das pilhas de pelotas com uma boa precisão, seria necessário entrar no planejamento da Pelotização, que, por sua vez, precisaria entrar no planejamento da Mina para fazer seu próprio planejamento.

Analisando agora o planejamento de curtíssimo prazo, podemos, em alguns casos, ter que decidir entre descarregar o minério e formar uma pilha, ou recuperar uma pilha para completar um dado embarque (imagine que, ao utilizar a recuperadora, a empilhadeira fique bloqueada e vice-versa). Se optarmos por recuperar a pilha, estaremos acelerando a conclusão do embarque. Por outro lado, se decidirmos pelo empilhamento do minério, estaremos acelerando o descarregamento do minério e liberando os vagões mais rapidamente para a Ferrovia, o que, por sua vez, pode vir a acelerar a formação das próximas pilhas. Mais uma vez, é necessário avaliar toda a cadeia de suprimentos para sabermos qual a melhor opção.

De maneira geral, podemos resumir tudo o que foi dito ao longo deste capítulo na seguinte frase: o planejamento das atividades do Porto é altamente dependente do planejamento de outras áreas da cadeia de suprimentos de minério. Assim, disponibilizar um sistema que otimize as atividades do Porto, sem considerar as demais áreas, acarretará insucesso.



## 4 HEURÍSTICAS DE PLANEJAMENTO

Conforme foi comentado no capítulo anterior, qualquer iniciativa que vise a otimizar o atendimento de embarques no Porto de Tubarão somente terá sucesso, caso considere todos os principais componentes da cadeia de suprimentos do minério de ferro, o que significa um escopo muito mais amplo do que de uma dissertação.

Dessa forma, as heurísticas desenvolvidas não foram implementadas com o objetivo de serem incorporadas a um sistema que gerasse uma seqüência ótima ou boa de atendimento de embarques. Ao contrário, seu objetivo foi permitir a realização de uma série experimentos, de modo que possamos identificar e propor melhorias para a atual heurística de planejamento do Porto de Tubarão.

### 4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

#### 4.1.1 Entradas do modelo

Todas as heurísticas desenvolvidas utilizaram como entrada os dados relativos aos embarques realizados entre janeiro e dezembro de 2005 no Porto de Tubarão. Para cada embarque, são fornecidas as seguintes informações:

- a) número do embarque;
- b) produtos solicitados;
- c) o tipo (superfino, fino, granulado e pelotas) de cada produto;
- d) quantidade (tonelagem) solicitada para cada produto;
- e) data estimada de chegada do navio;
- f) calado de saída do navio.

A tabela com os dados utilizados como entrada nas três heurísticas está listada no Anexo A.

#### 4.1.2 Regras e restrições

As heurísticas foram construídas com base nas principais características físicas de cada berço de atracação (Pier 1 Sul, Pier 1 Norte e Pier 2), assim como nas principais regras de atracação e desatracação do Porto de Tubarão.

#### 4.1.3 Saída

As soluções geradas apresentam a seqüência prevista de atendimento dos embarques. Para cada embarque, são exibidas as seguintes informações no arquivo de saída:

- a) número do embarque;
- b) produtos solicitados;
- c) o tipo (superfino, fino, granulado e pelotas) de cada produto;
- d) quantidade (tonelagem) solicitada para cada produto;
- e) data estimada de chegada do navio;
- f) calado de saída do navio;
- g) berço de atracação utilizado;
- h) início do carregamento;
- i) término do carregamento.

#### 4.1.4 Heurística 1 – FIFO simples por filas

Esta heurística imita o atual modelo de planejamento do Porto de Tubarão. Nesta heurística, um determinado embarque só pode atracar em um berço de atracação específico, que é definido de acordo com o calado do embarque ou a tonelagem solicitada. Quando o navio chega ao Porto, ele é imediatamente encaminhado para a fila específica do seu berço. Os embarques são atendidos em cada fila, de acordo com uma heurística FIFO, ou seja, o primeiro embarque a chegar naquela fila será o primeiro a ser atendido. A seguir, é apresentado o macroalgoritmo dessa heurística.

```

Heurística1 {
TabelaEmbarques: Matriz;
Índice: Inteiro;
Embarques: Lista;
emb: Embarque;

/* Define as características dos berços de atracação como: calado dos berços, taxas
de carregamento, tempo de manobra de atracação e desatracação,... */
ConfiguraPorto;
Indice ← 2;
Enquanto não for fim de arquivo {
/* Cria embarque com informações da tabela de embarques. */
    emb.Numero ← TabelaEmbarques[Índice, 1];
    emb.Produto ← TabelaEmbarques[Índice, 2];
    emb.Natureza ← TabelaEmbarques[Índice, 3];
    emb.ETA ← TabelaEmbarques[Índice, 4];
    emb.Tonelagem ← TabelaEmbarques[Índice, 5];
    emb.Calado ← TabelaEmbarques[Índice, 6];

/* Adiciona Embarque à lista de embarques. */
    Embarques.Adiciona (emb);

/* Calcula a taxa máxima de carregamento do embarque. Essa taxa é definida com base
na tonelage solicitada pelo navio e serve para impedir que um navio pequeno seja
carregado a uma taxa muito alta (fato que poderia vir a partir o casco do navio). */
    emb.CalculaTaxaMaxCarregamento (emb.Tonelagem);

/*Determina o berço de atracação do embarque. Essa definição é feita com base no
calado do navio. Quando não houver informação sobre o calado, a definição é feita de
acordo com a tonelage solicitada. */
    DeterminaBerco (emb);

/* Atraca o embarque no berço*/
    AtracaEmbarque (emb);

/* Passa para o próximo embarque*/
    Índice ← Índice + 1;
} Fim Enquanto;

/* Grava os Embarques no arquivo de saída */
    EscreverEmbarques (Embarques, 'SaídaHeurística1');
} Fim Heurística1;

```

#### 4.1.5 Análise do algoritmo “Heurística1”

O algoritmo inicia fazendo a configuração do Porto pelo procedimento “ConfiguraPorto”. Esse procedimento executa algumas atribuições a um custo  $O(1)$ . O loop “Enquanto” existente percorre toda a tabela de embarques fazendo, inicialmente, a leitura das características do embarque a um custo  $O(1)$ . O cálculo da taxa máxima de carregamento faz três comparações para definir a taxa máxima na qual o embarque poderá ser carregado, todas elas a um custo  $O(1)$ .

```

Se TonEmbarque <= 100.000 então
    TaxaMaxCarregamento ← 3.000;
Senão Se TonEmbarque <= 150.000 Then
    TaxaMaxCarregamento ← 6.000
Senão
    TaxaMaxCarregamento ← 16.000

```

Fim Se;

A divisão ou classificação dos embarques em filas é feita pelo procedimento “DeterminaBerco”. Basicamente, esse procedimento compara o calado do embarque com o calado dos berços de atracação. Quando não houver informação sobre o calado, a comparação é feita com base na tonelage solicitada, conforme é mostrado a seguir:

```

/* Inicialmente o procedimento verifica se existe informação sobre o calado do navio.
Caso exista, a determinação do berço de atracação é feita com base no calado. */

```

```

Se Calado <> 0 Then

```

```

/* Ao comparar o calado do navio com o calado do berço, o procedimento permite que
seja associado ao embarque um berço que possa vir a precisar de até x metros
(FatorMare) de maré para desatracar o navio. */

```

```

Se Calado <= Per1S.Calado + FatorMare então

```

```

    Embarque.BercoAtracacao ← Pier1S;

```

```

Senão Se Calado <= Pier1N.Calado + FatorMare então

```

```

    Embarque.BercoAtracacao ← Pier1N;

```

```

Senão

```

```

    Embarque.BercoAtracacao ← Pier2;

```

```

Fim Se;

```

Else

```

/* Caso não exista informação sobre o calado do navio, a determinação do berço de
atracação é feita com base na tonelage de cargas solicitadas. */

```

```

Se TonEmbarque <= Pier1S.TonMax então
    Embarque.BercoAtracacao ← Pier1S;
Senão Se TonEmbarque <= Pier1N.TonMax então
    Embarque.BercoAtracacao ← Pier1S;
Senão
    Embarque.BercoAtracacao ← Pier2;
Fim Se;
Fim Se;

```

Analisando o procedimento acima, fica fácil perceber que a determinação do berço de atracação também é executada a um custo  $O(1)$ .

A atracação embarque, realizada pelo procedimento “AtracaEmbarque”, verifica a data/hora na qual o embarque anterior irá desocupar o berço, calcula a duração do embarque corrente e, caso o navio necessite de maré para desatracar, verifica quando (data/hora) a maré atingirá a altura necessária para a desatracação. A seguir, é apresentado o algoritmo relativo a esse procedimento:

```

/*Calcula a Duração do Embarque – caso a taxa máxima para carregamento do
embarque seja superior à taxa de carregamento do berço, o tempo de carregamento
será calculado dividindo a tonelagem solicitada pela taxa de carregamento do berço.
Caso contrário, o tempo de carregamento será calculado dividindo a tonelagem
solicitada pela taxa máxima de carregamento do navio. */
Se emb.TaxaMax >= Berco.TaxaCarregamento então
    DuracaoEmbarque ← DataHora(emb.Tonelagem / Berco.TaxaCarregamento);
Senão
    DuracaoEmbarque ← DataHora(emb.Tonelagem/emb.TaxaMaxo);
Fim Se;

/*Caso a data de chegada do embarque seja após a data na qual o píer ficou
disponível, a atracação do embarque acontecerá uma hora após o seu ETA. Caso
contrário, a atracação do embarque acontecerá uma hora após a liberação do berço de
atracação. */
Se emb.ETA > Berco.ProxAtracacao então
    emb.InicioEmbarque ← emb.ETA + DataHora('01:00:00');
Senão
    emb.InicioEmbarque ← Berco.ProxAtracacao + DataHora('01:00:00');

```

```

    Fim Se;
/*Calcula o término do embarque*/
TerminoEmbarque ← emb.InicioEmbarque + DuracaoEmbarque;
/* Verifica se o navio precisa de maré. Caso precise, é observada a data/hora da próxima
maré necessária. */

If emb.Calado > emb.BercoAtracao.Calado então /*Precisa de maré*/
    DifMare ← emb.Calado - emb.BercoAtracao.Calado;
    TerminoEmbarque ← Mare.ProximaMare(TerminoEmbarque, DifMare);
End If
/*Término do embarque já contemplando o limitante da maré. */
emb.TerminoEmbarque ← TerminoEmbarque;
/*Determina a data/hora na qual o berço estará disponível para a próxima atracação. */
Berco.ProxAtracao ← emb.TerminoEmbarque + DataHora('01:00:00');

```

Esse procedimento realiza uma série de comparações e atribuições, todas a um custo  $O(1)$ . Assim, o custo de execução do procedimento também é  $O(1)$ .

Com esse procedimento, o *loop* “Enquanto” é então fechado. O custo do *loop* é dado pelo produto da soma dos procedimentos que o integram ( $O(1) + O(1) + O(1) + O(1)$ ) pelo número de vezes que o *loop* é executado ( $n$ ). Assim, esse *loop* é executado a um custo  $O(1)$  vezes  $n$ , o que resulta em custo de execução  $O(n)$ .

Por fim, o algoritmo grava a lista de embarques no arquivo de saída pelo procedimento “EscreverEmbarques”. Esse procedimento percorre a lista de embarques, lendo as informações de cada embarque e as escrevendo no arquivo de saída. Essa execução é feita a um custo  $O(n)$ .

O custo do algoritmo “Heurística1” é dado então pela soma do custo do *loop* “Enquanto” e o custo do procedimento “EscreverEmbarques”. Assim, seu custo será  $O(n) + O(n)$ , o que resulta em um custo de execução  $O(n)$ .

## 4.2 HEURÍSTICA 2 – FIFO COM BERÇOS PREFERENCIAIS

Nesta heurística, é definida uma ordem preferencial dos berços de atracação para cada embarque. Por exemplo, para um determinado embarque, a ordem preferencial de berços pode ser a seguinte: Primeiro Píer 1S, segundo Píer 1 Norte, terceiro Píer 2. Quando este navio chega ao Porto, é verificado se a fila do Píer 1S está vazia. Se a fila estiver vazia, o navio é atracado nesse berço. Caso contrário, é verificado se a fila do Píer 1N está vazia. Se estiver, o navio é atracado nesse berço. Caso contrário, é verificado se a fila do Píer 2 está vazia. Se estiver, o navio é atracado neste berço, senão o navio será incluído na fila do seu berço preferencial, no caso o Píer 1S. A seguir, é apresentado o macroalgoritmo dessa heurística.

```

Heuristica2 {
  TabelaEmbarques: Matriz;
  Índice: Inteiro;
  Embarques: Lista;
  emb: Embarque;
  /* Define as características dos berços de atracação como: calado dos berços, taxas de
  carregamento, tempo de manobra de atracação e desatracação,... */
  ConfiguraPorto;

  Índice ← 2;
  Enquanto não for fim de arquivo {
    /* Cria embarque com informações da tabela de embarques. */
    emb.Numero ← TabelaEmbarques[Índice, 1];
    emb.Produto ← TabelaEmbarques[Índice, 2];
    emb.Natureza ← TabelaEmbarques[Índice, 3];
    emb.ETA ← TabelaEmbarques[Índice, 4];
    emb.Tonelagem ← TabelaEmbarques[Índice, 5];
    emb.Calado ← TabelaEmbarques[Índice, 6];

    /* Adiciona Embarque a lista de embarques. */
    Embarques.Adiciona (emb);

    /*Determina os berços preferenciais do embarque e o inclui na fila do seu berço
    preferencial. */
    emb. BercosPreferenciais(emb.Calado,emb.Tonelagem,Pier1S, Pier1N, Pier2);
  }
}

```

```

/* Calcula a taxa máxima de carregamento do embarque. Esta taxa é definida com base
na tonelagem solicitada pelo navio e serve para impedir que um navio pequeno seja
carregado a uma taxa muito alta (fato que poderia vir a partir o casco do navio). */
    emb.CalculaTaxaMaxCarregamento (emb.Tonelagem);
/* Determina o berço de atracação do embarque. Esta definição é feita com base no
calado do navio. Quando não houver informação sobre o calado, a definição é feita com
base na tonelagem solicitada. */
    DeterminaBerco2 (emb);
/* Atraca o embarque no berço.*/
    AtracaEmbarque (emb);
/* Passa para o próximo embarque. */
    Indice ← Indice + 1;
} Fim Enquanto;
/* Grava os Embarques no arquivo de saída. */
    EscreverEmbarques (Embarques, 'SaidaHeuristica2');
} Fim Heuristica2

```

#### 4.2.1 Análise do algoritmo “*Heurística2*”

O algoritmo inicia fazendo a configuração do Porto pelo procedimento “ConfiguraPorto”. Esse procedimento executa algumas atribuições a um custo  $O(1)$ . O *loop* “*Enquanto*” existente percorre toda a tabela de embarques fazendo, inicialmente, a leitura das características do embarque a um custo  $O(1)$ . O cálculo da taxa máxima de carregamento faz três comparações para, finalmente, definir a taxa máxima na qual o embarque poderá ser carregado e é executada com um custo  $O(1)$ , conforme já mostrado na análise da Heurística 1.

A divisão ou classificação dos embarques em filas é mais complexa do que na Heurística 1. A determinação do berço de atracação inicia com a definição dos berços preferenciais de cada embarque, conforme é mostrado a seguir:

```

/* Inicialmente o procedimento verifica se existe informação sobre o calado do navio.
Caso exista, a determinação dos berços preferenciais é feita com base no calado. */
    Se Calado <> 0 Then
/* Ao comparar o calado do navio com o calado do berço, o procedimento permite que
seja associado ao embarque um berço que possa vir a precisar de até x metros
(FatorMare) de maré para desatracar o navio. */

```



```

Se Calado <= Pier1S.Calado + FatorMare então
  BercoPreferencial1 ← Pier1S;
BercoPreferencial2 ← Pier1N;
  BercoPreferencial3 ← Pier2;
  Senão Se Calado <= Pier1N.Calado + FatorMare então
    BercoPreferencial1 ← Pier1N;
    BercoPreferencial2 ← Pier2;
    Senão
      BercoPreferencial1 ← Pier2;
    Fim Se;
Else
/* Caso não exista informação sobre o calado do navio, a determinação dos berços
preferenciais é feita com base na tonelagem de cargas solicitadas. */
Se TonEmbarque <= Pier1S.TonMax então
  BercoPreferencial1 ← Pier1S;
BercoPreferencial2 ← Pier1N;
  BercoPreferencial3 ← Pier2;
  Senão Se TonEmbarque <= Pier1N.TonMax então
    BercoPreferencial1 ← Pier1N;
Set BercoPreferencial2 ← Pier2;
  Senão
    BercoPreferencial1 ← Pier2;
  Fim Se;
Fim Se;

```

Analisando esse procedimento, fica fácil perceber que a determinação dos berços preferenciais e a do embarque é executada a um custo  $O(1)$ .

A determinação do berço no qual o embarque irá atracar, feita pelo procedimento “DeterminaBerco2”, verifica, primeiramente, se, no momento da atracação do embarque, seu 1° berço preferencial está livre. Caso este não esteja, o 2° berço preferencial é verificado. Caso este também não esteja livre, será verificada a situação do 3° berço preferencial. Se todos os berços estiverem ocupados, o embarque será colocado na fila do seu 1° berço preferencial.

/\* Verifica se o berço preferencial do embarque está livre. Se estiver, associa o berço ao embarque. \*/

Se emb.BercoPreferencial1.PierLivre(emb.ETA) então

Berco ← Emb.BercoPreferencial1;

Fim Se;

/\* Caso o 1° berço preferencial esteja ocupado e o embarque possua um segundo berço preferencial, é verificado se o seu 2° berço preferencial está livre. Se estiver, associa o berço ao embarque. \*/

Se (Berco = Null) e (Not (emb.BercoPreferencial2 = Null)) então

Se (emb.BercoPreferencial2.PierLivre(emb.ETA)) então

Berco ← emb.BercoPreferencial2;

Fim Se;

Fim Se;

/\* Caso o 1° e o 2° berço preferencial estejam ocupados e o embarque possua um terceiro berço preferencial, é verificado se o seu 3° berço preferencial está livre. Se estiver, associa o berço ao embarque. \*/

Se (Berco = Null) e (Not (emb.BercoPreferencial3 = Null)) então

Se (emb.BercoPreferencial3.PierLivre(emb.ETA)) então

Set Berco ← emb.BercoPreferencial3;

Fim Se;

Fim Se;

/\*Caso todos os berços preferenciais do embarque estejam ocupados, seu 1° berço preferencial será associado a ele (o embarque entrará assim na fila deste berço). \*/

Se Berco = Null então

Berco ← emb.BercoPreferencial1;

Fim Se; emb.BercoAtracao ← Berço;

A execução desse procedimento faz uma série de comparações simples a um custo  $O(1)$ .

A atracação embarque é realizada pelo procedimento “AtracaEmbarque”, já apresentado na descrição da Heurística 1. Conforme mencionado, esse procedimento é realizado a um custo  $O(1)$ .

Com esse procedimento, o *loop* “Enquanto” é, então, fechado. O custo do *loop* é dado pelo produto da soma dos procedimentos que o integram  $(O(1) + O(1) + O(1) +$

$O(1) + O(1)$ ) pelo número de vezes que o *loop* é executado ( $n$ ). Assim, esse *loop* é executado a um custo  $O(1)$  vezes  $n$ , o que resulta em custo de execução  $O(n)$ .

Por fim, o algoritmo grava a lista de embarques no arquivo de saída pelo procedimento “EscreverEmbarques”. Esse procedimento percorre a lista de embarques, lendo as informações de cada embarque e as escrevendo no arquivo de saída. Essa execução é feita a um custo  $O(n)$ .

O custo do algoritmo “Heurística2” é dado, então, pela soma dos custos do *loop* “Enquanto” e do procedimento “EscreverEmbarques”. Dessa forma, seu custo será  $O(n) + O(n)$ , o que resulta em um custo de execução  $O(n)$ .

#### 4.3 HEURÍSTICA 3 – FIFO COM BERÇOS PREFERENCIAIS OTIMIZADA

Esta heurística funciona de maneira semelhante à Heurística 2. Contudo, foram feitas algumas otimizações, de forma a evitar que navios pequenos impactem no atendimento de navios de grande porte, ao atracarem em píeres com um alta taxa de carregamento. Para isso, foi definido um fator de  $X$  horas, de maneira que um navio pequeno somente atraque em um berço de maior porte caso este atrase em no máximo  $X$  horas a atracação do embarque de um navio de grande porte que está para chegar. Por exemplo, para um determinado embarque, a ordem preferencial de berços pode ser a seguinte: primeiro Píer 1S, segundo Píer 1 Norte, terceiro Píer 2. Quando este navio chega ao Porto, é verificado se a fila do Píer 1S está vazia. Se a fila estiver vazia, o navio é atracado nesse berço. Caso contrário, é observado se a fila do Píer 1N está vazia. Se estiver, é verificado quando o próximo navio de Píer 1N estará pronto para atracar. O navio de Píer 1S somente poderá atracar no Píer 1N, se o término do seu carregamento não ultrapassar em  $X$  horas a data/hora de chegada do navio de Píer 1N. Caso não seja possível atracar o navio de Píer 1S no berço norte, essa verificação se repetirá para o Píer 2. A seguir, é apresentado o macroalgoritmo dessa heurística.

```

Heuristica3 {
TabelaEmbarques: Matriz;
Índice: Inteiro;
Embarques: Lista;
emb: Embarque;
/* Define as características dos berços de atracação como: calado dos berços, taxas de
carregamento, tempo de manobra de atracação e desatracação,... */
ConfiguraPorto;
Indice ← 2;
Enquanto não for fim de arquivo
/* Cria embarque com informações da tabela de embarques. */
emb.Numero ← TabelaEmbarques[Indice, 1];
emb.Produto ← TabelaEmbarques[Indice, 2];
emb.Natureza ← TabelaEmbarques[Indice, 3];
emb.ETA ← TabelaEmbarques[Indice, 4];
emb.Tonelagem ← TabelaEmbarques[Indice, 5];
emb.Calado ← TabelaEmbarques[Indice, 6];
/* Adiciona Embarque a lista de embarques */
    Embarques.Adiciona (emb);
/*Determina os berços preferenciais do embarque e o inclui na fila do seu berço
preferência */
    emb. BercosPreferenciais(emb.Calado,emb.Tonelagem,Pier1S,Pier1N, Pier2);
/* Adiciona o embarque a fila do seu berço preferencial */
DeterminaFila (emb);
/* Calcula a taxa máxima de carregamento do embarque. Esta taxa é definida com base
na tonelagem solicitada pelo navio e serve para impedir que um navio pequeno seja
carregado a uma taxa muito alta (fato que poderia vir a partir o casco do navio). */
    emb.CalculaTaxaMaxCarregamento (emb.Tonelagem);
/* Passa para o próximo embarque */
    Indice ← Indice + 1;
} Fim Enquanto;
/* Define o berço onde cada embarque irá atracar */
Para Indice = 1 até Embarques.Count faça {
    DeterminaBerco3 (Embarques[1]);
    AtracaEmbarque (Embarques[1]);
} Fim Para;
EscreverEmbarques Embarques, "SaidaHeuristica3";
} Fim Heurística3;

```

### 4.3.2 Análise do algoritmo Heurística 3

O algoritmo inicia fazendo a configuração do Porto pelo procedimento “ConfiguraPorto”. Esse procedimento executa algumas atribuições a um custo  $O(1)$ . O *loop* “Enquanto” existente percorre toda a tabela de embarques fazendo, inicialmente, a leitura das características do embarque a um custo  $O(1)$ . O cálculo da taxa máxima de carregamento faz três comparações para definir a taxa máxima na qual o embarque poderá ser carregado e é executada com um custo  $O(1)$ , conforme mostrado na análise da Heurística 1. A definição dos berços preferenciais de cada embarque é idêntica à realizada na Heurística 2 e também executada a um custo  $O(1)$ . O procedimento “DeterminaFila” simplesmente adiciona o embarque à fila do seu primeiro berço preferencial. Isso é feito a um custo  $O(1)$ . O *loop* “Enquanto” termina com o cálculo da taxa máxima de carregamento do embarque. Esse cálculo é feito utilizando o mesmo procedimento das Heurísticas 1 e 2, a um custo  $O(1)$ . O custo do *loop* é dado, então, pelo produto da soma dos procedimentos que o integram ( $O(1) + O(1) + O(1) + O(1) + O(1)$ ) pelo número de vezes que o *loop* é executado ( $n$ ). Assim, esse *loop* é executado a um custo  $O(1)$  vezes  $n$ , o que resulta em custo de execução  $O(n)$ .

O *loop* “Para” tem como principal objetivo determinar o berço no qual cada embarque será atracado. O *loop* começa com o procedimento “DeterminaBerco3”, que é mostrado a seguir:

```

/*Verifica se o berço preferencial do embarque está livre. */
Se emb.BercoPreferencial1.PierLivre(emb.ETA) então
    Berco ← emb.BercoPreferencial1;
Fim Se;
/* Caso o 1º berço preferencial esteja ocupado e o embarque possua um segundo berço preferencial, é verificado se o seu 2º berço preferencial está livre. Se estiver, é avaliado se o embarque poderá atracar no mesmo. */
Se (Berco = null) e (Not (emb.BercoPreferencial2 = null)) Then
    Se (emb.BercoPreferencial2.PierLivre(emb.ETA)) então
/* Verifica se ainda existem embarques cujo berço preferencial é o berço em questão. */
    Se emb.BercoPreferencial2.Count <> 0 então
/* Compara o término previsto do carregamento do embarque com da data de chegada (ETA) do próximo embarque cujo berço preferencial é o berço em questão. Se a

```

diferença entre estas duas data/horas for menor ou igual ao FatorDelay (Uma constante previamente definida – X horas) será autorizada a atracação do embarque no berço em questão. \*/

Se AutorizaAtracao(emb.BercoPreferencial2, emb, emb.BercoPreferencial2[1], FatorDelay) então

Berco ← emb.BercoPreferencial2;

Fim Se

Senão

Berco ← emb.BercoPreferencial2;

Fim Se;

Fim Se;

Fim Se;

/\* Caso o 1° e o 2° berço preferencial estejam ocupados e o embarque possua um terceiro berço preferencial, é verificado se o seu 3° berço preferencial está livre. Se estiver, é avaliado se o embarque poderá atracar no mesmo. \*/

Se (Berco = null) e (Not (emb.BercoPreferencial3 = null)) então

Se (emb.BercoPreferencial3.PierLivre(emb.ETA)) então

/\* Verifica se ainda existem embarques cujo berço preferencial é o berço em questão. \*/

Se emb.BercoPreferencial3.Count <> 0 então

/\* Compara o término previsto do carregamento do embarque com da data de chegada (ETA) do próximo embarque cujo berço preferencial é o berço em questão. Se a diferença entre estas duas data/horas for menor ou igual ao FatorDelay (Uma constante previamente definida – X horas) será autorizada a atracação do embarque no berço em questão. \*/

Se AutorizaAtracao(emb.BercoPreferencial3, emb, emb.BercoPreferencial3[1], FatorDelay) então

Berco ← emb.BercoPreferencial3;

Fim Se

Senão

Berco ← emb.BercoPreferencial3

Fim Se;

Fim Se;

Fim Se;

/\*Caso todos os berços preferenciais do embarque estejam ocupados, seu 1° berço preferencial será associado a ele (o embarque entrará assim na fila deste berço). \*/

Se Berco = Null então

Berco ← emb.BercoPreferencial1;

Fim Se;

emb.BercoAtracao ← Berco

```
/* Remove o embarque da fila do seu berço preferencial. Assim este não poderá mais
ser comparado com nenhum outro embarque. */
emb.BercoPreferencial1.Remove (emb.Numero);
```

A execução desse procedimento faz uma série de comparações, todas a um custo  $O(1)$ . Logo, o custo do procedimento também será  $O(1)$ . A atracação embarque é realizada pelo procedimento “AtracaEmbarque”, já apresentado na descrição das Heurísticas 1 e 2. Conforme mencionado, esse procedimento também é realizado a um custo  $O(1)$ .

Com esse procedimento o *loop* “Para” é, então, fechado. O custo do *loop* é dado pelo produto da soma dos procedimentos que o integram ( $O(1) + O(1)$ ) pelo número de vezes que o *loop* é executado ( $n$ ). Assim, esse *loop* é executado a um custo  $O(1)$  vezes  $n$ , o que resulta em custo de execução  $O(n)$ .

Por fim, o algoritmo grava a lista de embarques no arquivo de saída pelo procedimento “EscreverEmbarques”. Esse procedimento percorre a lista de embarques, lendo as informações de cada embarque e as escrevendo no arquivo de saída. Essa execução é feita a um custo  $O(n)$ .

Finalmente, o custo do algoritmo “Heurística3” é dado, então, pela soma dos custos do *loop* “Enquanto”, do *loop* “Para” e do procedimento “EscreverEmbarques”. Dessa forma, seu custo será  $O(n) + O(n) + O(n)$ , o que resulta em um custo de execução  $O(n)$ .

#### 4.4 ANÁLISE COMPARATIVA DAS HEURÍSTICAS

Conforme já mencionado, todos os testes foram realizados tomando como entrada os dados relativos aos embarques realizados entre janeiro e dezembro de 2005 no Porto de Tubarão. Verificou-se que os tempos de execução das três heurísticas são bastante similares, ficando em torno de 1 a 3 segundos. Desta forma, em nossa análise, vamos nos concentrar na quantidade de

milhões de toneladas embarcadas por cada heurística durante o período de 1 ano.

A principal diferença entre as heurísticas reside na maneira como elas alocam os embarques nos seus respectivos berços de atracação.

A primeira heurística divide os embarques em filas, de acordo com o calado do navio. Feita essa divisão, os embarques são atendidos em cada uma das filas de acordo com suas respectivas ordens de chegada. Esta é uma heurística bem simples de ser seguida, contudo provoca uma má distribuição dos berços de atracação. Em alguns momentos, é possível haver um berço com vários navios esperando para atracar, enquanto um outro berço, também capaz de atender aos navios que estão aguardando na fila, está ocioso. O Gráfico 1 mostra o tempo médio (em horas) de espera dos embarques em cada um dos berços de atracação. Nota-se que o algoritmo gera uma enorme concentração de embarques no Píer 1N, completamente desproporcional a dos demais berços de atracação.

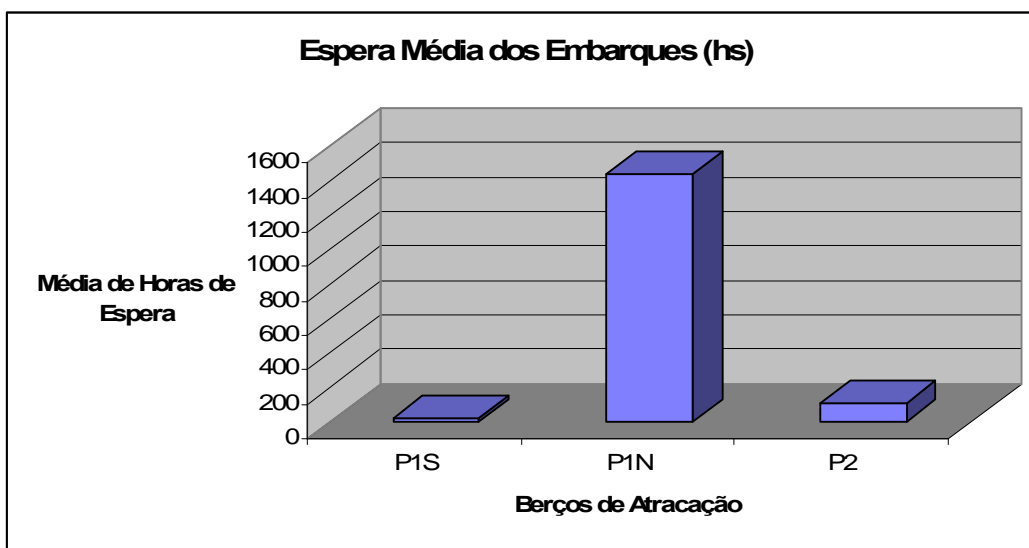


Gráfico1. Espera média por berço (Heurística 1)

Um fator de grande influência no resultado dessa heurística, capaz de ajudar a equilibrar um pouco mais a distribuição dos embarques, é a maré. Originalmente, foi adotado que, ao dividir os embarques em filas, os navios poderiam atracar em um



berço cujo calado máximo fosse até um metro inferior ao calado do navio. Essa diferença seria compensada pela maré.

Para tentarmos melhorar um pouco mais essa distribuição podemos alterar um pouco esse valor. Assim, vamos agora adotar que, para um navio entrar na fila do Píer 1S, o seu calado poderá ter até 1 metro e 30 centímetros a mais que o calado do Píer 1S. Por outro lado, para um navio entrar na fila do Píer 1N, o seu calado somente poderá ter até 85 centímetros a mais que o calado do Píer 1N. Com esse cenário, os resultados estão demonstrados no Gráfico 2. Observa-se que apesar de termos obtido agora uma melhor distribuição dos embarques nos berços de atracação, a heurística ainda continua gerando uma grande concentração de embarques no Píer 1N.

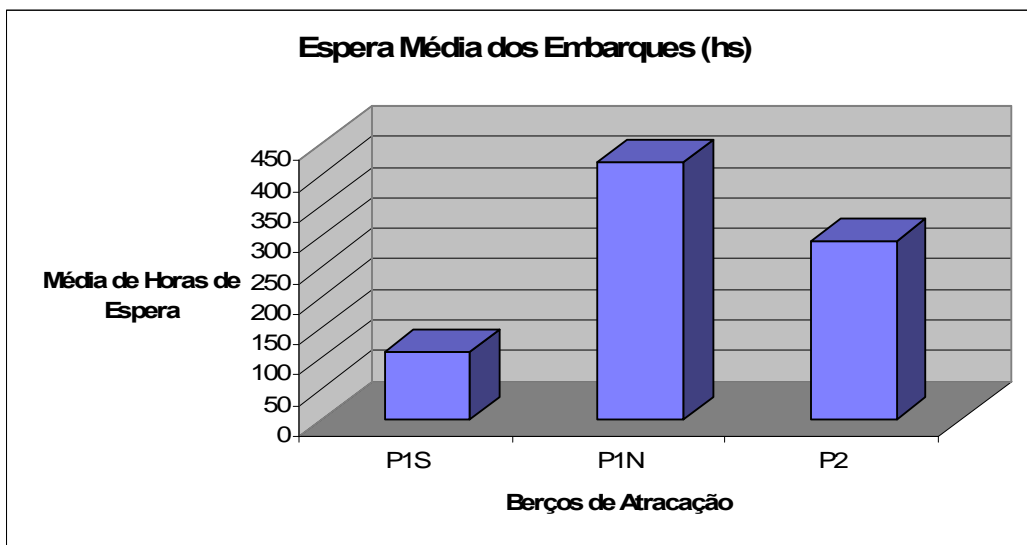


Gráfico 2. Espera média por berço com alteração nos limites para maré (Heurística 1)

A seguir é, apresentado o resultado (tonelagem embarcada) em cada um dos cenários (Gráfico 3). Nota-se que o Cenário 2 conseguiu embarcar quase cinco milhões de toneladas a mais do que Cenário 1 no período de 1 ano.

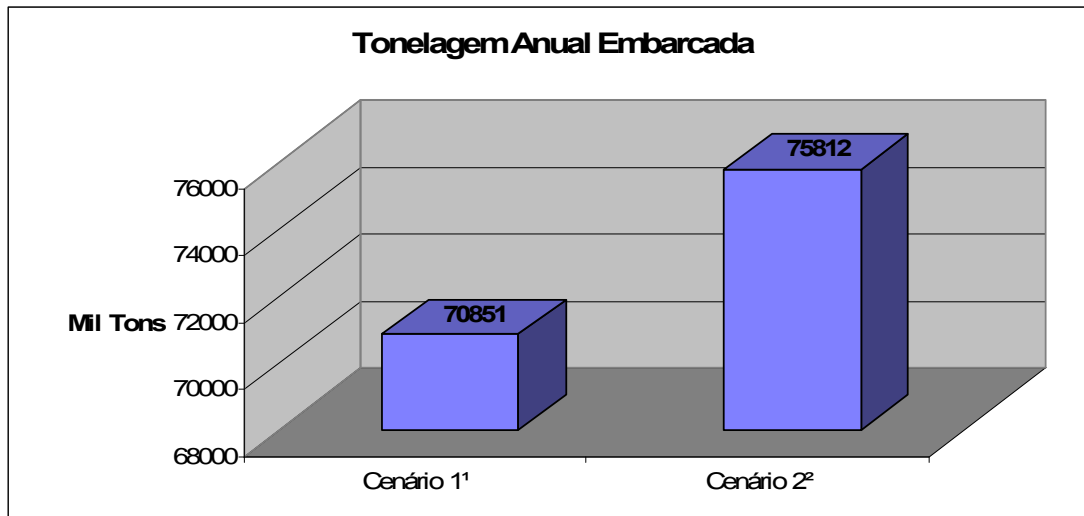


Gráfico 3. Comparativo de tonelage embarcada (Heurística 1)

O Cenário 1 assume que, para um navio entrar na fila do Píer 1S e Píer 1N, o seu calado poderá ter até 1 metro acima do calado do berço em questão, e o Cenário 2 assume que, para um navio entrar na fila do Píer 1S, seu calado poderá ter até 1 metro e 30 centímetros acima do calado do Píer 1S. E para um navio entrar na fila do Píer 1N, seu calado poderá ter até 85 centímetros acima do calado do Píer 1N.

A segunda heurística foi desenvolvida com o intuito de tentar equilibrar o tempo médio de espera nos berços de atracação. Dessa forma, para cada embarque, foi definida uma ordem preferencial dos berços de atracação, de forma que, se o primeiro berço preferencial de um determinado embarque estivesse ocupado, seriam verificadas as disponibilidades do segundo e terceiro berços preferenciais. Assim, um navio somente entraria na fila, caso todos os seus berços preferencias estivessem ocupados. Nesse caso, a fila utilizada seria a fila do primeiro berço preferencial do embarque. Por conta de restrições físicas, os navios de grande porte somente possuem um berço preferencial (Píer 2), navios de médio porte possuem dois berços preferenciais (1° - Píer 1N, 2° - Píer 2) e navios pequenos possuem três berços preferenciais (1° - Píer 1S, 2° - Píer 1N, 3° - Píer 2).

O Gráfico 4 mostra o tempo médio de espera por berço de atracação, agora fazendo uso da Heurística 2. Para este cenário (calado do navio – calado do berço  $\leq 1$ ), a Heurística 2 apresenta uma distribuição melhor do que os resultados apresentados

pela primeira heurística para esse mesmo cenário. Contudo, a melhora foi muito menor do que o esperado.

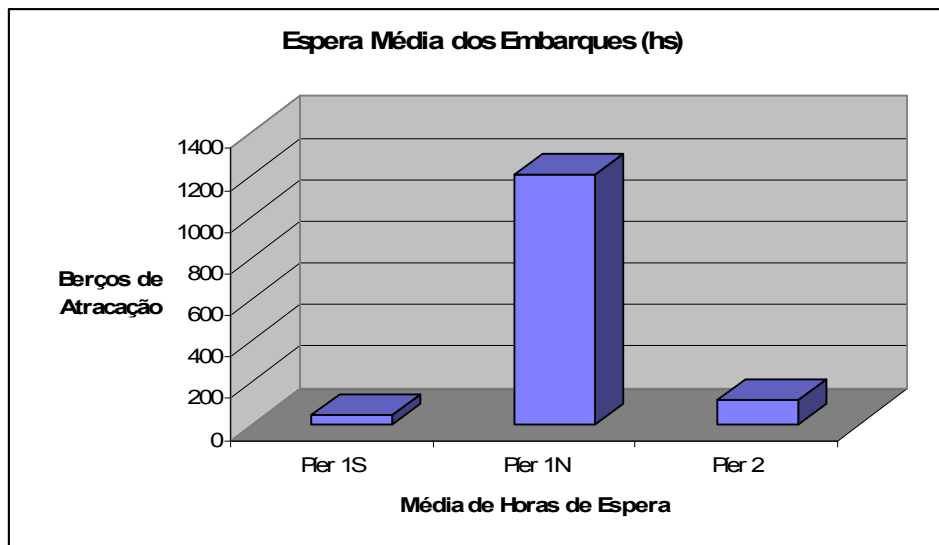


Gráfico 4. Espera média por berço (Heurística 2)

O cenário adotado na geração desse gráfico assume que os embarques podem atracar em um berço cujo calado máximo fosse até 1 metro inferior ao calado do navio (diferença esta compensada pela maré).

A fim de continuarmos a comparação com os resultados da primeira heurística, executamos a Heurística 2 em cima do segundo cenário (também utilizado nos testes da Heurística 1). Apenas para lembrar, esse cenário assume que, para um navio entrar na fila do Píer 1S, seu calado poderá ter até 1 metro e 30 centímetros acima do calado do Píer 1S. E, para um navio entrar na fila do Píer 1N, seu calado poderá ter até 85 centímetros acima do calado do Píer 1N. A seguir, é mostrado o tempo médio de espera por berço de atracação, considerando o Cenário 2 (Gráfico 5). Assim como aconteceu na Heurística 1, o Cenário 2 também apresentou uma distribuição muito melhor que o do Cenário 1. Contudo, ao comparar os resultados da segunda heurística com os apresentados na primeira, mais uma vez não obtivemos uma melhora notável.

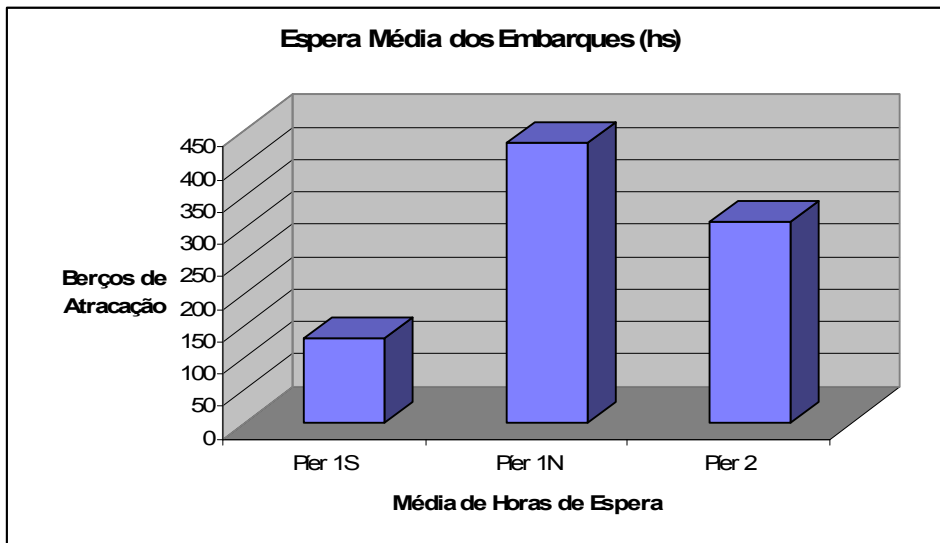


Gráfico 5. Espera média por berço com alteração nos limites para maré (Heurística 2)

O resultado (tonelagem embarcada) em cada um dos cenários é apresentado no Gráfico 6. O Cenário 2 apresentou um resultado superior ao Cenário 1, porém não obteve melhoras com relação a heurística 1.

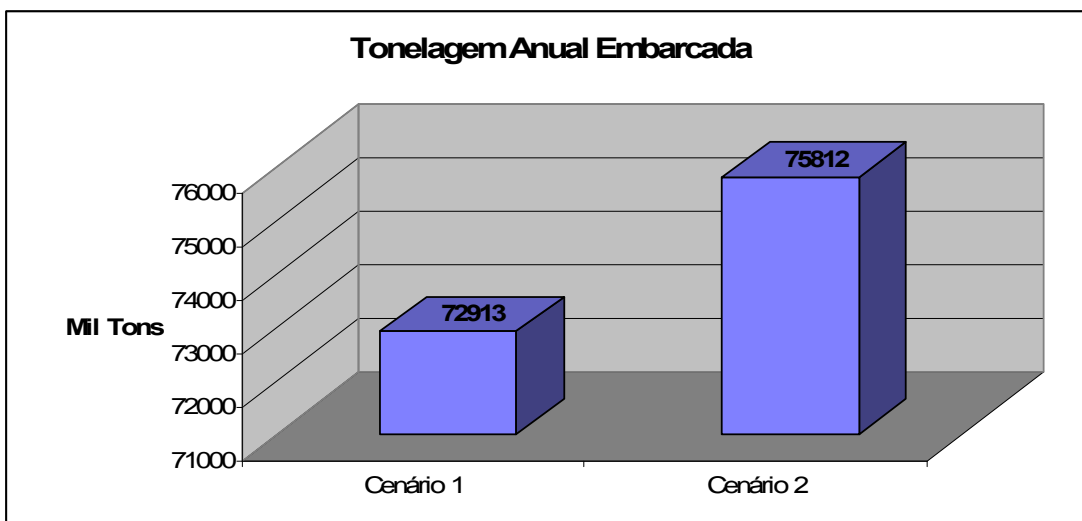


Gráfico 6. Comparativo de tonelagem embarcada (Heurística 1)

Foram realizados vários outros testes, variando sempre a necessidade máxima de maré para atracar em um determinado berço. Com base na análise desses testes, ficou claro que o principal problema residia no fato de navios pequenos muitas vezes atrasarem bastante a atracação de navios maiores. Por exemplo, vamos imaginar

que, ao tentar atracar um navio pequeno, verificamos que o Píer 1 Sul e o Píer Norte estão ocupados, mas o Píer 2 está livre. Assim, o navio será atracado no Píer 2. Contudo, vamos supor agora que um navio grande chegou uma hora após a chegada do navio pequeno. Como o navio menor já foi atracado no Píer 2, o navio grande deverá esperar a conclusão do carregamento do navio pequeno antes de poder atracar. Esse fato acaba resultando numa má utilização dos recursos (lembrar que a taxa máxima de carregamento de um navio pequeno é muito inferior a taxa máxima de carregamento do Píer 2).

Para contornar esse problema, foi desenvolvida uma terceira heurística de atendimento de embarques. Essa heurística pode ser encarada como uma otimização da segunda. Nela, um navio menor somente pode atracar em um berço de maior porte, caso este atrase em, no máximo, X horas a atracação do embarque de um navio de grande porte que está para chegar. A seguir, é mostrado o tempo médio de espera por berço de atracação, agora fazendo uso da Heurística 3 (Gráfico 7). Conforme era esperado, a Heurística 3 obteve resultados muito melhores do que aqueles atingidos pela primeira e segunda heurísticas.

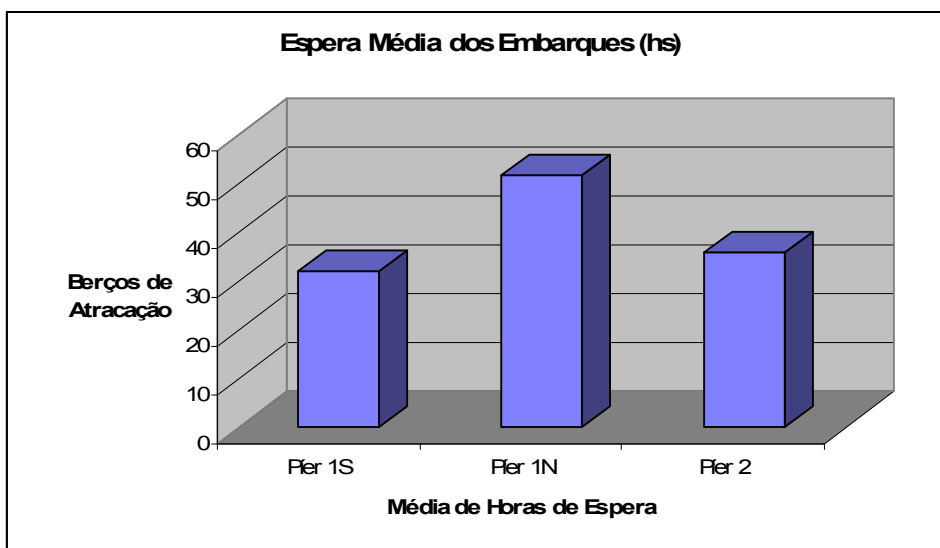


Gráfico 7. Espera média por berço (Heurística 2)

O cenário adotado na geração desse gráfico assume que os embarques podem atracar em um berço cujo calado máximo fosse até um metro inferior ao calado do navio (diferença esta compensada pela maré). Além disso, foi permitido que a

atracação de um navio menor atrasasse em, no máximo, oito horas a atracação de um navio maior.

O Gráfico 8 traz o comparativo da tonelage embarcada pelas heurísticas, considerando o Cenário 1. Um ponto que chamou bastante a atenção foi que essa heurística conseguiu atender a toda a demanda de embarques disponível para 2005 (82.139 mil toneladas).

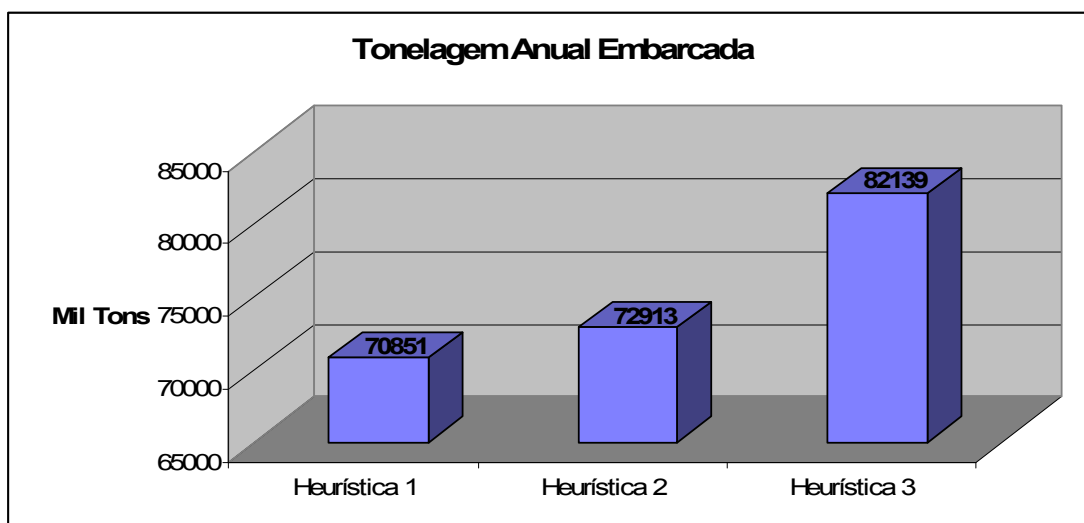


Gráfico 8. Comparativo do total de tonelage embarcada por heurística (Cenário 1)

A seguir é, apresentado o Gráfico 9, comparativo da tonelage embarcada pelas heurísticas, considerando o Cenário 2. Mais uma vez a heurística 3 se mostrou bem superior as demais.

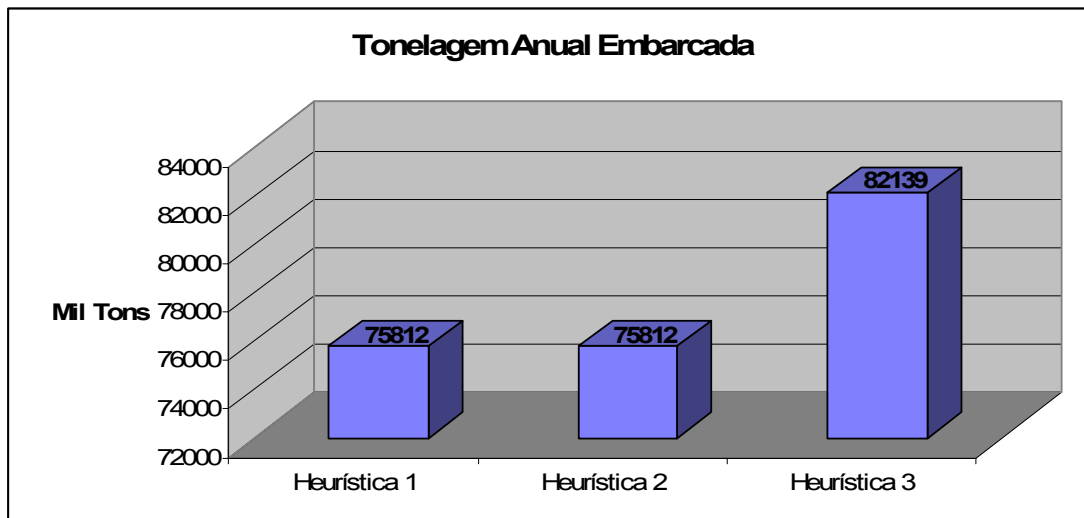


Gráfico 9. Comparativo do total de tonelagem embarcada por heurística (Cenário 2)

Em todos os testes realizados, a Heurística 3 superou significativamente as demais heurísticas, mostrando-se a mais apropriada para ser utilizada no dia-a-dia do Porto.

Em todos os testes realizados, a Heurística 3 superou significativamente as demais heurísticas. Os tempos de execução das três heurísticas são similares, mas a Heurística 3 conseguiu embarcar alguns milhões de toneladas a mais que as outras, mostrando-se a mais apropriada para ser utilizada no dia-a-dia do Porto.

Um último ponto importante a ser considerado é o fato de que apesar da Heurística 1 simular a atual forma de trabalho dos planejadores do Porto de Tubarão, seus resultados são muito piores que os resultados obtidos no dia-a-dia do Porto. Conforme já mencionado no capítulo 3, o planejamento gerado pelo Porto é revisto diariamente com uma atenção especial para o dia em questão. Com isso acabamos tendo um planejamento pró-forme e que é sempre bastante diferente do realizado no período. Assim, podemos considerar como uma segunda vantagem da Heurística 3 o fato desta gerar um plano bem mais eficiente, que com certeza precisará de bem menos replanejamento e fornecerá uma previsão muito mais apurada do resultado do período.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O planejamento da seqüência de atendimento de embarques de Tubarão é um problema que vem desafiando empresas e pesquisadores ao longo dos últimos anos, mas até hoje continua sem solução. Várias iniciativas já foram desenvolvidas para tentar solucionar esse problema, porém todas sem sucesso. Ao aprofundarmos os estudos sobre o planejamento do atendimento de embarque, os motivos por trás do fracasso dos trabalhos anteriores foram ficando mais claros. Esse problema era tratado sempre de maneira bem pontual, levando em consideração basicamente a demanda a ser atendida e os berços de atracação disponíveis, escopo este muito distante da realidade.

À medida que os estudos avançavam, o escopo do problema de planejamento do atendimento de embarques no Porto de Tubarão foi se mostrando cada vez mais amplo. Primeiro, ficou bastante claro como a elaboração da seqüência de atendimento de navios era dependente do plano de estocagem de minério e pelotas e vice e versa. Ao incluir o Plano de Abertura de Pilha no escopo dos estudos, também foi possível perceber como este era dependente do planejamento de produção da Mina e da Pelotização. Quanto mais estudos eram realizados, mais clara ficava a idéia de que esse problema somente poderia ser efetivamente resolvido caso toda a cadeia de suprimentos de minério de ferro (Comercial, Mina, Ferrovia, Pelotização e Porto) fosse considerada no problema. Qualquer sistema de otimização que trabalhe apenas com uma parte dessa cadeia, muito provavelmente obterá um resultado, que embora pareça melhor do que o realizado pelo Porto, corresponderá a uma solução fantasiosa (i.e. uma solução que não poderá ser utilizada no dia-a-dia, visto que não leva em conta uma série de características e restrições reais). Dessa forma, o problema que inicialmente parecia não se mostrar muito complicado acabou se apresentando extremamente amplo e complexo, contemplando agora toda a cadeia de suprimentos.

Neste ponto, os objetivos iniciais desta dissertação foram completamente alterados. Em vez de utilizarmos uma meta-heurística consagrada para desenvolver um sistema capaz alocar a demanda de embarques nos três berços de atracação



disponíveis, os esforços foram direcionados para um estudo bem mais profundo do problema, de maneira que este trabalho pudesse apontar caminhos para futuras pesquisas que, finalmente, resolverão esse problema (que, apesar de complexo, possui uma imensa oportunidade de ganhos para a Companhia).

Contudo, para não ficarmos sem nenhum resultado imediato, foram desenvolvidas três heurísticas de seqüenciamento de embarques, que tiveram seus resultados comparados e avaliados. O objetivo da implementação dessas heurísticas não foi incorporá-las a um sistema que gerasse uma seqüência ótima ou boa de atendimento de embarques. Ao contrário, seu objetivo foi entender os pontos fortes de cada uma delas pela análise de seus resultados, para sugerir algumas mudanças na forma de trabalho dos planejadores do Porto de Tubarão.

Com base nos experimentos feitos com as heurísticas, ficou claro que a maneira atual de distribuir os embarques nos berços de atracação é bastante ineficiente e faz com que alguns berços fiquem sobrecarregados, enquanto outros trabalham com ociosidade. Esse fato é decorrente da regra de não atracar navios pequenos em berços com uma alta taxa de carregamento. Assim, quando existe uma alta concentração de navios pequenos em um determinado período, o berço menor fica sobrecarregado, enquanto o maior berço trabalha com folga.

A primeira alteração foi liberar os navios pequenos para atracarem nos berços maiores, caso estes estivessem desocupados. Contudo, os resultados dessa alteração ficaram bem aquém do esperado, gerando uma melhoria pequena com relação à primeira heurística. Com base na análise dos testes realizados, ficou claro que o principal problema dessa nova heurística residia no fato de navios pequenos muitas vezes atrasarem bastante a atracação de navios maiores. Por exemplo, vamos imaginar que, ao tentar atracar um navio pequeno, verificamos que o Píer 1 Sul e o Píer Norte estão ocupados, mas o Píer 2 está livre. Sendo assim, o navio será atracado no Píer 2. Contudo, vamos supor agora que um navio grande chegou um minuto após a chegada do navio pequeno. Como o navio menor já foi atracado no Píer 2, o navio grande deverá esperar a conclusão do carregamento do navio pequeno antes de poder atracar. Esse fato acaba resultando numa má utilização dos

recursos (lembrar que a taxa máxima de carregamento de um navio pequeno é muito inferior à taxa de carregamento do Píer 2).

Para corrigir, então, esse problema, foi criada uma terceira heurística, em que os navios pequenos somente poderiam atracar em um berço maior, caso este estivesse desocupado e o atendimento do navio atrasasse no máximo em “N” horas a atracação de um navio de grande porte (um navio de pequeno porte é atracado no Píer 2, que, nesse momento, está vazio. A duração do carregamento desse navio deve levar 20 horas. O próximo navio de grande porte tem previsão de chegada para dez horas depois. Nesse caso, o navio pequeno somente será atracado no Píer 2, caso “N” seja maior ou igual a 10). Essa heurística apresentou uma melhora substancial sobre as demais. Além disso, a terceira heurística foi capaz de atender a toda a demanda existente, atingindo, assim, o melhor resultado possível para a massa de dados trabalhada (embarques realizados em 2005), mostrando-se a mais apropriada para ser utilizada no dia-a-dia do Porto. A seguir, é apresentado o gráfico comparativo dos resultados das três heurísticas. Para a geração do Gráfico 10, foi considerado N=8 na Heurística 3.

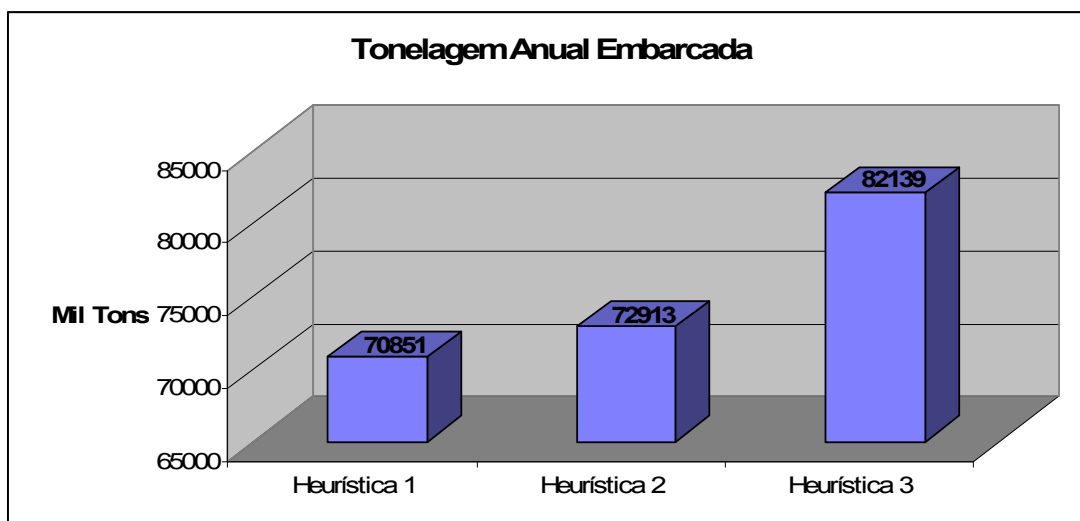


Gráfico 10. Comparativo do total de tonelagem embarcada por heurística

## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

A primeira e principal premissa para os futuros trabalhos que pretendam resolver esse problema é que ele somente poderá ser resolvido caso toda a cadeia de suprimentos de minério de ferro faça parte do escopo do problema. Iniciativas que não considerarem essa premissa muito provavelmente obterão soluções com excelentes resultados (volume embarcado bem superior ao realizado), mas que serão fantasiosos e não aplicáveis à realidade.

Adotando, então, essa premissa, passamos a ter um problema extremamente grande e complexo, que precisaria ser dividido em subproblemas menores e de resolução mais simples, que seriam trabalhados separadamente, para, depois, serem integrados. Uma abordagem inicial poderia, por exemplo, dividir o problema por áreas de negócio (Comercial, Mina, Ferrovia, Pelotização e Porto) e tratar cada um deles separadamente, para depois combinar os subproblemas e gerar uma solução integrada. A Figura 36 ilustra essa abordagem.

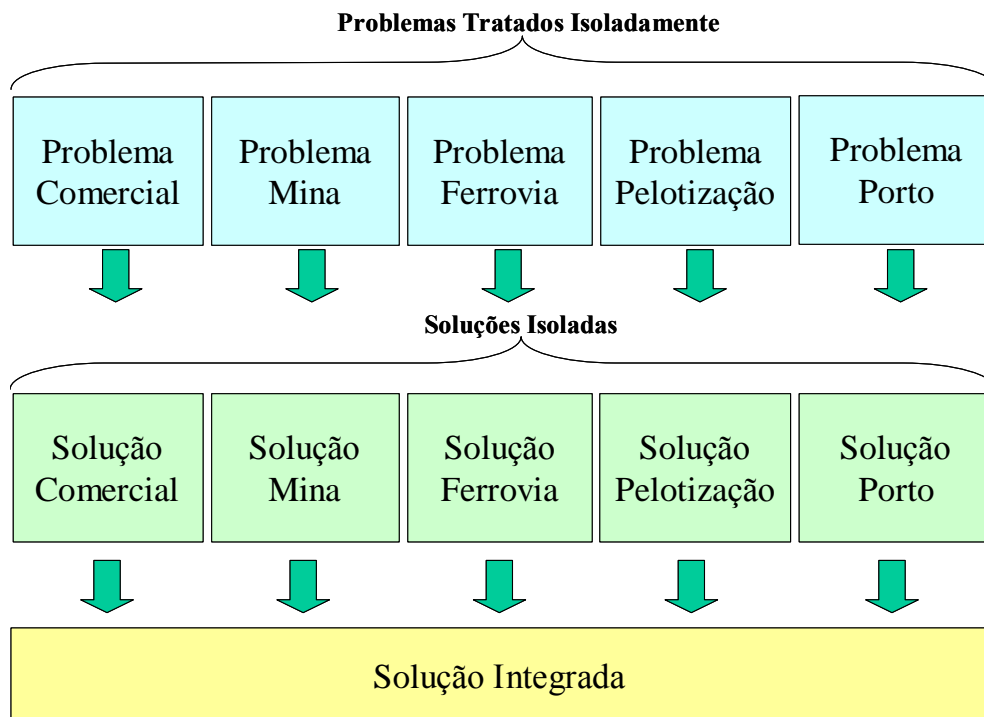


Figura 36. Problemas tratados separadamente (por área funcionais)

Analisando esta primeira abordagem, podemos perceber alguns problemas, como:

- a) mesmo com essa divisão, alguns problemas permanecem bem grandes e complexos, como o subproblema “porto” que, por si só, contempla problemas, como alocação dos embarques nos berços, planejamento de abertura de pilhas, alocação dos viradores de vagão, escolha de rotas e definição da ordem de carregamento do navio;
- b) ao dividirmos o problema, não será possível incluirmos o objetivo principal (maximizar a tonelagem embarcada em determinado período) para todos os subproblemas. Por exemplo, ao considerarmos o problema de planejamento de abertura de pilhas, teremos que definir outros objetivos, que podem levar ou não ao nosso objetivo principal;
- c) para tratarmos os subproblemas separadamente, é necessário criarmos uma série de regras que permitam isolar o subproblema das suas interfaces. Em geral, essas regras tentam imitar o que é feito pelos planejadores no dia-a-dia. Junto com cada regra, é incorporada uma série de exceções, que devem ser consideradas para determinadas situações. Isso faz com que o problema fique muito engessado e com as possibilidades de soluções limitadas;
- d) o esforço para integrar os subproblemas é enorme. Ao juntarmos os subproblemas, as regras que foram estabelecidas para isolá-los devem agora ser removidas. Com isso, as heurísticas criadas terão que ser praticamente refeitas. Vale também lembrar que uma boa solução para o problema de toda a cadeia de suprimentos não necessariamente é igual à soma das soluções boas de cada um dos seus subproblemas.

Identificados e compreendidos os principais problemas relacionados com essa primeira abordagem, os futuros trabalhos ganham uma segunda premissa: não dividir o problema por unidade de negócio ou área funcional. Contudo, ainda fica a pergunta: como, então, dividir esse problema em subproblemas menores e mais simples? Os estudos realizados ao longo desta dissertação apontam uma segunda

abordagem, em que o problema é dividido por cenários, e cada cenário compreende um determinado período de tempo. Uma importante característica desta abordagem é o fato dela tratar desde o início de toda a cadeia de suprimentos. À medida que os cenários são desenvolvidos, mais detalhes e mais precisão são adicionados a parte da cadeia. Mas a todo momento, com mais ou com menos detalhe, toda a cadeia faz parte do escopo do problema. A seguir, a abordagem de dividir o problema por cenários é ilustrada por um conjunto de etapas a serem seguidas.

### **Etapa 1 – Cenário de longo prazo (12 meses)**

Em um primeiro momento, o sistema deve trabalhar apenas cenários de longo prazo (12 meses de duração). O foco aqui seria muito mais estratégico do que tático e tem como objetivo principal distribuir os embarques ao longo do ano. Além disso, o sistema deveria permitir, por exemplo, analisar o que aconteceria se mais dois embarques fossem adicionados em um determinado mês (Figura 37).

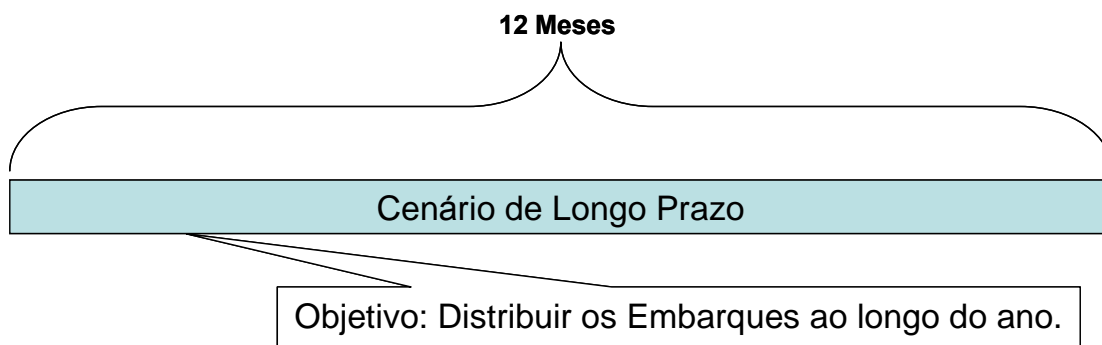


Figura 37. Etapa 1

Para tal, o algoritmo deve apenas considerar a demanda a ser atendida, as características físicas dos berços de atracação (restrições físicas, taxas médias de carregamento, principais regras de atracação...), a capacidade média de produção da Mina para cada produto (quantas toneladas por dia a Mina consegue produzir de cada produto), a capacidade de transporte da Ferrovia (quantas toneladas por dia a ferrovia consegue transportar), a capacidade de produção da Pelotização para cada

tipo de pelotas (quantas toneladas por dia a Pelotização consegue produzir de cada tipo de pelotas) e o mapeamento entre os produtos da Mina e os produtos da Pelotização (por exemplo, para fazer 1.000t de Pelotas X, é necessário 1.100t minério Y).

## Etapa 2 – Cenário de médio prazo (3 meses)

Uma vez que o cenário de longo prazo já pode ser devidamente planejado, a etapa seguinte visa a trabalhar cenários de médio prazo (3 meses). Aqui o algoritmo já passa a ter uma visão um pouco mais tática e tem como foco principal aumentar a precisão das datas de chegada dos produtos no Porto (Figura 38).

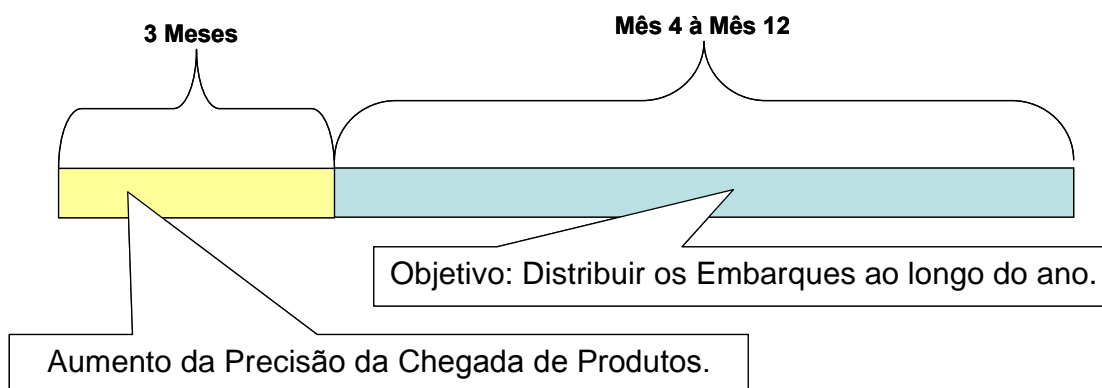


Figura 38. Etapa 2

Para tal, o algoritmo passa a trabalhar a capacidade de produção da Mina por ponto de carregamento (quantas toneladas por dia cada ponto de carregamento consegue produzir de cada produto), considerando o mapeamento entre os produtos demandados e os produtos dos pontos de carregamento (por exemplo, o produto A é composto por: 60% do produto A do ponto de carregamento 1, 30% do Produto A do ponto de carregamento 4 e 10% do Produto A do ponto de carregamento 7). A capacidade de transporte também passa a ser tratada por ponto de carregamento (quantas toneladas por dia a Ferrovia consegue transportar de cada ponto de carregamento).

Ao abandonar a taxa média de produção da Mina e passar a trabalhar com as taxas de produção de cada ponto de carregamento, o algoritmo fica muito mais sensível à demanda existente. Por exemplo, vamos supor que grande parte dos produtos A, D e F sejam produzida no ponto de carregamento 1. Se tivermos uma grande demanda de produtos A, D e F em uma mesma semana, muito provavelmente a taxa de produção desses produtos irá diminuir substancialmente.

### Etapa 3 – Cenários de 1 mês

Nesta etapa, o horizonte de planejamento se encurta um pouco mais. Em contrapartida, o escopo do algoritmo passa a incluir o planejamento do pátio de estocagem do Porto e das usinas de pelotização (Figura 39).

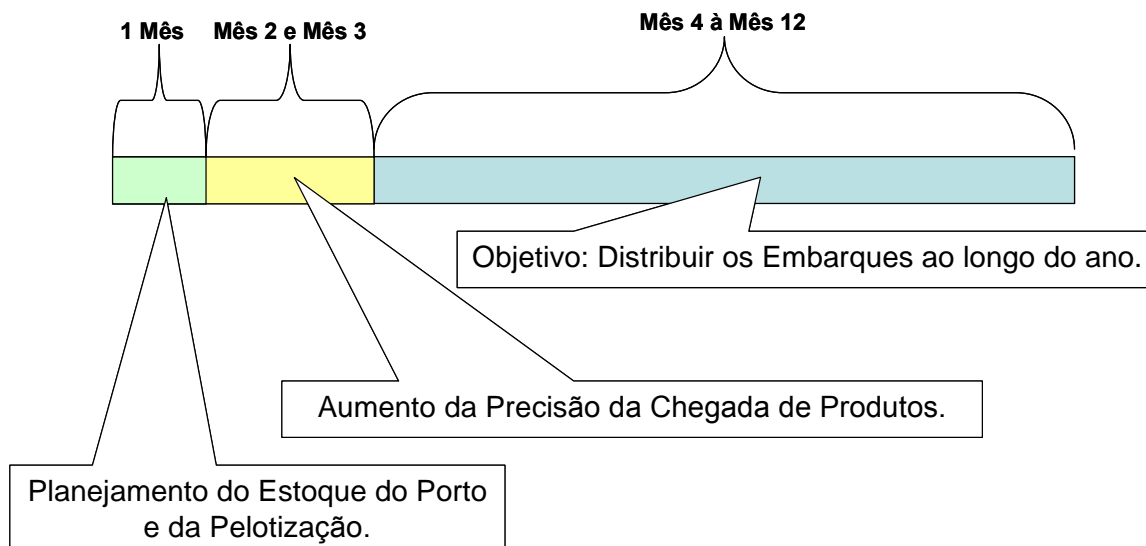


Figura 39. Etapa 3

Para tal, é necessário incluir no algoritmo as características dos pátios de estocagem do Porto e da Pelotização. Um ponto importante que deve ser ressaltado é que o planejamento de estocagem do Porto e das usinas somente pode ser incluído no escopo do algoritmo após este já estar considerando as taxas de produção e de entrega de produtos por pontos de carregamento. Da mesma forma, os

planejamentos do estoque do Porto e da Pelotização devem ser incluídos juntos, uma vez que um é bastante dependente do outro.

#### Etapa 4 – Cenários de 1 mês

Nesse momento, o algoritmo continua a trabalhar com cenários de um mês, contudo gerando soluções um pouco mais precisas, principalmente com relação à disponibilidade de pelotas para embarque. O escopo do algoritmo passa, então, a incluir o planejamento da produção da pelotização (Figura 40).

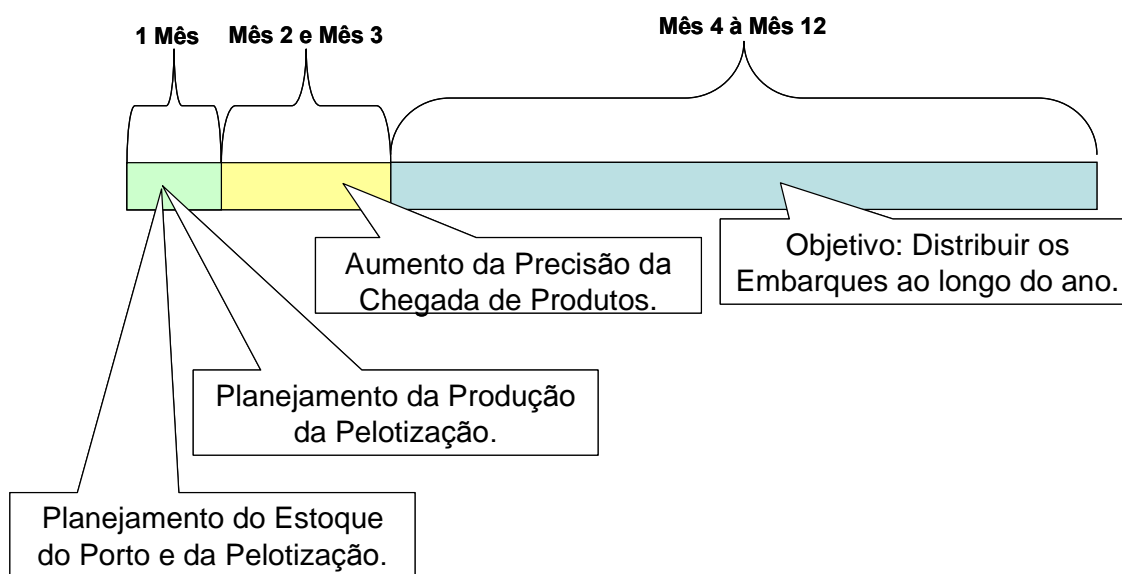


Figura 40. Etapa 4

Para que o algoritmo possa atingir os objetivos esperados, é necessário incluir as características de cada uma das usinas de pelotização (taxa de produção, tipo de pelotas que podem ser produzidos em cada usina...) no escopo do cenário anterior. Vale ressaltar que, neste ponto, é esperado que o plano de atendimento de embarques gerado já possua uma boa precisão. Apesar de ainda não gerar um planejamento atividade a atividade, ou resultados diários precisos, uma boa precisão das macroatividades e dos resultados mensais já é esperada.

#### Etapa 5 – Cenários de 15 dias



A partir desse momento, os trabalhos feitos sobre algoritmo passam a ter como objetivo realizar o ajuste fino da solução. Aqui, o escopo do algoritmo passa a incluir o planejamento da produção da Mina. Com isso, é esperada uma precisão ainda maior na data de chegada de minério e, conseqüentemente, no restante da solução (Figura 41).

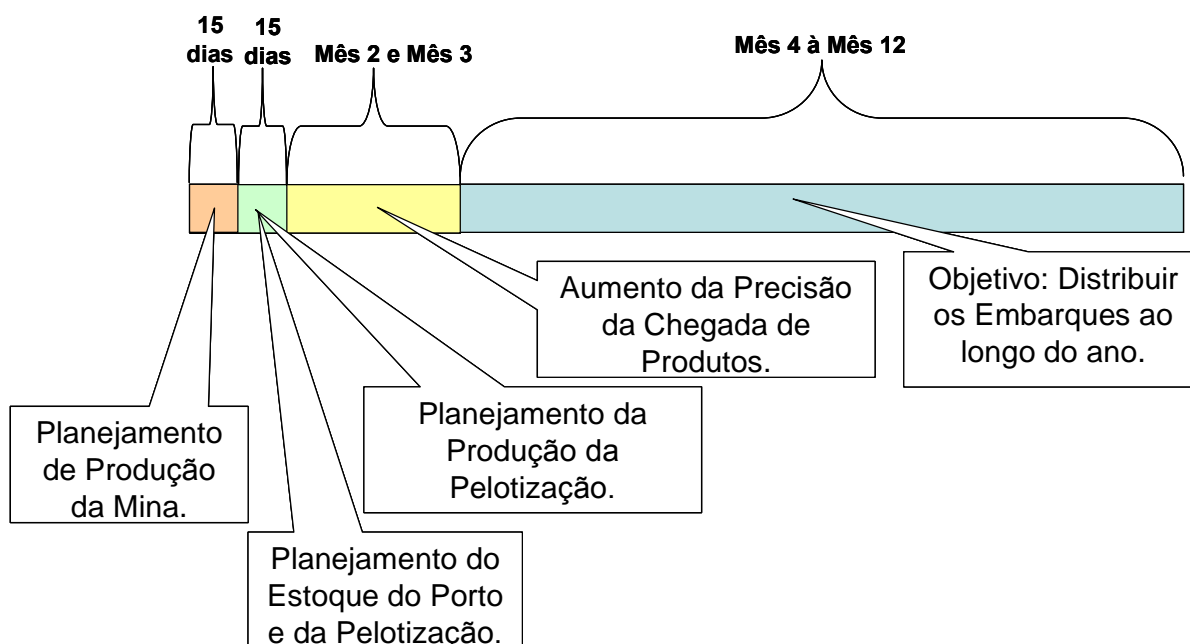


Figura 41. Etapa 5

Para que o algoritmo possa atingir esses objetivos, é necessário incluir as características de cada Mina (taxas média dos principais equipamentos, principais regras de produção, pátios de estocagem...) no escopo do cenário anterior.

### **Etapa 6 – Cenários de 12 horas**

Esse momento tem foco no planejamento das atividades menores e de execução mais rápida. Aqui, o escopo do algoritmo passa a incluir a descarga de vagões, a seleção das rotas de estocagem, rotas de peneiramento e rotas de carregamento de navios (Figura 42).

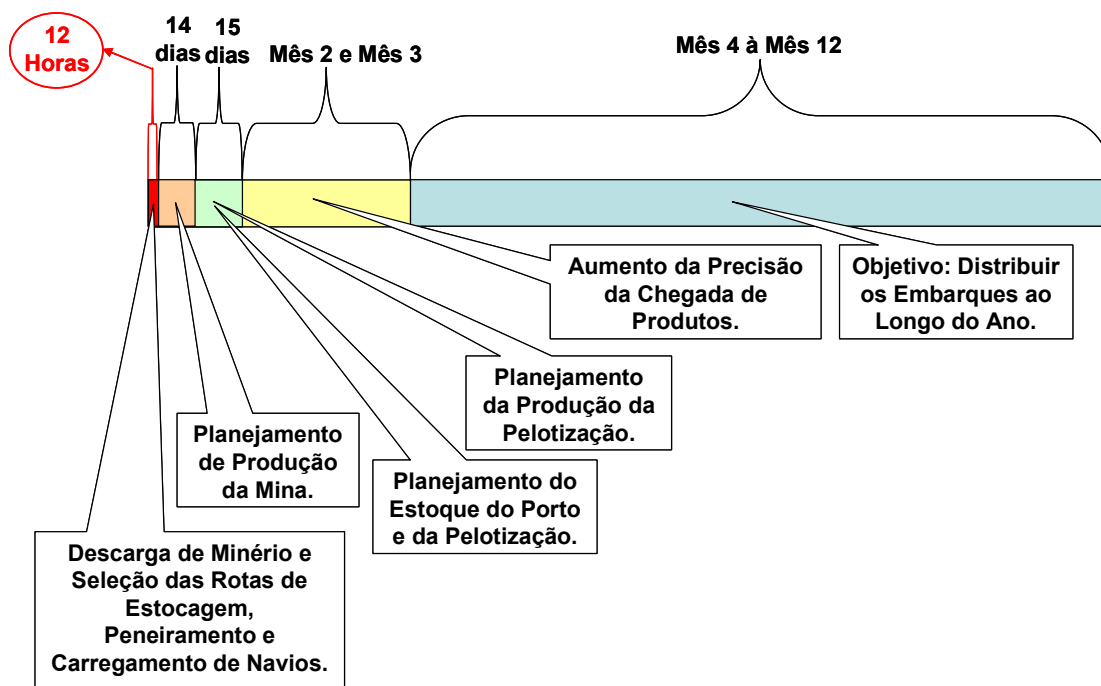


Figura 42. Etapa 6

Para que o algoritmo possa atingir esses objetivos, é necessário que o algoritmo também conheça os equipamentos que compõem cada rota do Porto, assim como as características dos viradores de vagão e da unidade de peneiramento.

## Etapa 7

Com base nos estudos realizados ao longo desta dissertação, é bem provável que o escopo delimitado nas etapas 1 a 6 seja suficiente para oferecer uma boa solução para o problema de planejamento do atendimento de embarques no Porto de Tubarão. Contudo, pequenos outros refinamentos podem vir a ser feitos ao longo da cadeia de suprimentos, a fim de tentar dar mais precisão à solução gerada.

Possíveis outros refinamentos poderiam ser, por exemplo:

- Incluir no escopo o plano de manutenção dos principais recursos. Leal Filho (2003) propôs um modelo de planejamento de manutenção industrial, utilizando um

algoritmo de busca do tipo *depth-first branch-and-bound*, que poderia servir de base para esta implementação;

- Planejamento da alocação e carregamento de vagões. Caldara (1996), Nico (2002) e Lisboa (2004) também desenvolveram modelos que podem servir como uma excelente base para esta implementação.

- Conforme mencionado anteriormente, várias vezes temos que priorizar um objetivo em detrimento de outros. Por exemplo, em dado momento precisamos decidir se priorizamos a operação de descarga do Lote L ou a conclusão do Embarque E, onde ambas as operações precisam fazer uso de equipamentos em comum. Considerando que agora o escopo do problema contempla toda a cadeia de suprimentos, já possuímos assim informações suficientes para responder este questionamento, bastando apenas definir o mecanismo de transformar tais informações em respostas. Um possível mecanismo seria utilizarmos um modelo de programação multi-objetivos. Tal modelo ajudaria na obtenção de tais respostas e tornaria o sistema muito mais flexível.

Estes são apenas alguns exemplos. Vários outros refinamentos podem ser feitos de maneira a tornar os resultados gerados mais precisos. Contudo, a principal premissa continua sendo que, independente do nível de detalhe tratado em cada parte que compõe a cadeia, o escopo do problema considere sempre toda a cadeia de suprimentos. Projetos que não adotarem tal premissa muito provavelmente terminarão em insucesso.

## 6 REFERÊNCIAS

AVIV, Y. The effect of collaborative forecasting on supply chain performance. *Management Science*, v. 47, n. 10, p. 1326-1343, Oct. 2001.

BALLOU, R. H. *Business logistics/supply chain management: planning, organizing, and controlling the supply chain*. Upper Saddle River (NJ): Pearson Prentice Hall, 2004.

BALLOU, R. H. How to tell when distribution strategy needs revision. *Marketing News*, Seção 2, p. 12, May 1982.

BLANDING, W. *11 hidden costs of customer service management*. Washigton (DC): Mareting Publications, 1974. p. 3.

BOWERMAN, B. L.; O'COONELL, R. T. *Time series forecasting*. Boston: Duxbury Press, 1987. Sec. 5.6.

BOX, E. P.; JENKINS, G. J. *Time series analysis. Forecasting and courted*. San Francisco: Holden-Day, 1970.

BROWN, R. G. *Smoothing and prediction of discrete time series*. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hail, 1963.

BYLAWS revised on December 9<sup>th</sup>, 2005. In: Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). Disponível em: <<http://www.cscmp.org>>. Acesso em: 13 maio 2006.

CAREERS in Logistics. Oak Brook (IL): Council of Logistics Management, 1998. p. 3. Disponível em: <<http://web.clark.edu/conted/PDF/logisticscareerstudy.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2006.

CARLSON, T.; LJUNBERG, A. Measuring service and quality in the order process. In: *Proceedings of the Council of Logistics Management*. San Diego; Council of Logistics Management, 1995.

CHAMBERS, J. C.; SMITH, D. D.; MULLICK, S. K. *How to choose the right forecasting technique*. Boston: Harvard University, Graduate School of Business Administration, 1971

CHAN, H.; HAYYA, J. Spectral analysis business forecasting. *Decision Sciences*, v. 7, p. 137- 151, 1976.

CHASE, R. B.; AQUILANO, N. J.; JACOBS, F. R. *Production and operations management: manufacturing and services*. 8<sup>th</sup> ed.. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 1998.

CLELLAND, R.C. et al. *Basic statistics with business applications*. New York: John Wiley, 1966. p. 522- 559;

COLLOPY, F.; ARMSTRONG, J. S. Rule based forecasting development and validation of an expert systems approach to combining time series extrapolations. *Management Science*, v. 38, n.10, p. 1394-1414, 1992.

COPACINO, W.; ROSENFELD, D. B. Analytic tools for strategic planning. *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, v. 15, n. 3 p. 47-61, 1985.

DAVID M. GEORGOFF, D. M.; MURDICK, R. G. Guide to forecasting. *Harvard Business Review*, v. 64, p. 110-120, Jan./Feb. 1997.

DOCTKER, J. E. Basics of fulfillment. In: *Proceedings of the Council of Logistics Management*. New Orleans (LA): Council of Logistics Management, 2000. p. 356.

ERNST, K. R. Visioning key of effective strategic planning. In: *Annual Conference Proceedings*. Boston: Council of Logistics Management, 1988. p. 153-165.

EVANS, M. Macroeconomic activity. In: \_\_\_\_\_. *Theory, forecasting and control*. New York: Harper & Row, 1969.

FISHER, M. L. What's is the right supply chain for your product?, *Havard Business Review*, v. 75, n. 2, p. 105-116, Mar./Apr. 1997.

FORRESTER, J. W. Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, p. 37-66, July/Aug.1958.

GREEN, P. E.; TULL, D. S.; ALBAUM, G. *Research for marketing decisions*. 5 ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 1988.

HALL, J. R. Supply chain management from ceo's perspective. In: *Proceedings of the Council of Logistics Management*. San Diego (CA), 1995. p. 164.

HANDFIELD, R. B.; NICHOLS JR., E. L. *Introduction to supply chain management*. Upper Saddle River (NJ): Prentice-Hall, 1999. p. 2

HARRINGTON, T. C.; LAMBERT, D. M. Establishing customer service strategies within the marketing mix: more empirical evidence. *Journal of Business Logistics*, v. 10, n. 2, p. 44-60, 1989.

HESKETT, J. L. Controlling customer logistics service. *International of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 24, n. 4, p. 4, 1994.

HILL, T.; O'CONNOR, M.; REMUS, W. Neural network models for time series forecasts. *Management Science*, v. 42, n. 7, p. 1082-1092, July 1996.

HOW managers can succeed through speed. *Fortune*, p. 54-59, Feb. 1989.

HOW managers can succeed through SPEED. *Fortune*, p. 54-59, Feb. 13, 1989.

INNIS, D. E.; LALONDE, B. J. Customer service: the key to customer satisfaction, customer loyalty, and market share. *Journal of Business Logistics*, v. 15, n. 1, p. 1-27, 1994.

JURAN, J.M. *Juran on leadership for quality*. New York: The Free Press, 1989.

KALLOCK, R. Develop a strategic Outlook. *Transportation and distribution*, p. 16-18, Jan. 1989.

KOTLER, P. *Marketing management*. 6. ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 1988. p. 421-425.

KYJ, L. S.; KYJ, M. J. Customer service differentiation in international markets. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 24, p. 3, 1994.

LALONDE, B. J. ZINSZER, P. H. *Customer service: meaning and measurement*. Chicago: National Council of Physical Distribution Management, 1976.

LEE, H.; BILLINGTON, C.; CARTER, B. Hewlett-packyard gains control of inventory and service through design for location. *Interfaces*, v. 23, n. 4, p. 1-11, July/Aug. 1993.

LEONTIEFF, W. W. *Input-output economic*. New York: Oxford University Press, 1966.

MENTEZER, J. T. Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, v. 22, n. 2 p. 1-25, 2001.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. *Applied linear regression models*. Homewood (IL): Richard D. Irwin, 1983.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; WHITMORE, G. A. *Applied statistic*. Boston: Allyn and Bacon, 1988. p. 820-846.

NORTH, H. Q.; PYKE, D. L. Probes of the technological future. *Harvard Business Review*, v. 47, n. 3, p. 68-82, May/June 1969.

SMITH, B. T.; WIGHT, O. W. *Focus forecasting: computer techniques for inventory control*. Boston: CBI Publishing, 1978.

SPENCER, M. H.; COLIN, G. C.; HOGUET, P. W. *Business and economic forecasting*. Homewood (IL): Irwin, 1961.

STERLING, J. U.; LAMBERT, D. M. Customer service research: past, present, and future. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, v. 19, n.2, p. 17, 1989.

TUCKER, F. G. Creative customer service management. *International of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 24, n. 4, p. 32-40, 1994.

VAN HOCK, R. I.; COMMANDEUR, H. R.; VOS, B. reconfiguring logistics systems through postponement strategies. In: *Planning for Virtual Response, Proceedings of Twenty-Fifty Annual Transportation and Logistics Educators Conference*. Orlando (FL): The Transportation and Logistics Research Fund, 1996. p. 53-81.

WILSON, R.; DELANEY, R. V. Cross information system and prologis. In: *Annual State of Logistics Report, 11*. Washington (DC): National Press Club, 2000.

ZINN, W.; BOWERSOX, D. J. Planning physical distribution with the principle of postponement. *Journal of Business Logistics*, v. 9, n. 2. p. 117-136, 1988.

## ANEXO A – Entrada de Dados

A seguir é apresentada a tabela de dados utilizada nos experimentos realizados com as três heurísticas desenvolvidas.

Número	Produto	Natureza	ETA	Ton. Carga	Calado
05125	AF50	F	2/1/05 23:30	45.361,000	19,92
05125	AS08	F	2/1/05 23:30	85.234,000	19,92
05125	HSEU	F	2/1/05 23:30	86.331,000	19,92
00066	GUSA	G	5/1/05 11:00	25.682,000	12,68
05043	PFB	F	6/1/05 10:00	99.858,000	17,62
05043	SLRD	F	6/1/05 10:00	49.070,000	17,62
05144	SFAR	F	8/1/05 2:00	143.919,000	17,01
05177	RM15	F	8/1/05 15:00	44.072,000	9,85
05193	AS08	F	9/1/05 17:00	37.523,000	17,26
05193	SFSC	F	9/1/05 17:00	59.092,000	17,26
05193	SSLO	F	9/1/05 17:00	46.967,000	17,26
05229	AF08	F	10/1/05 10:00	72.913,000	14,02
05158	AS05	F	10/1/05 18:00	74.118,000	13,64
05080	RM20	F	11/1/05 12:00	99.000,000	13,86
05315	AF08	F	12/1/05 11:00	47.300,000	9,93
05389	SFT	F	13/1/05 1:00	72.214,000	13,82
05078	AS05	F	16/1/05 1:00	72.312,000	13,83
05150	SFCR	F	16/1/05 17:00	131.795,000	20,14
05150	SFEK	F	16/1/05 17:00	77.000,000	20,14
05150	SLBF	F	16/1/05 17:00	42.341,000	20,14
05326	AF08	F	17/1/05 22:00	89.650,000	18,09
05326	SFA	F	17/1/05 22:00	114.290,000	18,09
05265	AF08	F	18/1/05 16:30	36.578,000	16,15
05265	SFJ	F	18/1/05 16:30	112.489,000	16,15
05044	PFB	F	19/1/05 12:00	52.143,000	17,97
05044	SFMN	F	19/1/05 12:00	114.699,000	17,97
05141	AF08	F	19/1/05 12:00	78.875,000	17,75
05141	SFAR	F	19/1/05 12:00	69.370,000	17,75
05164	RM20	F	19/1/05 12:00	55.753,000	11,50
00079	GUSA	G	20/1/05 12:00	24.900,000	13,70
05160	AS05	F	20/1/05 15:00	72.085,000	14,00
05165	RM20	F	21/1/05 12:00	58.804,000	11,54
05272	AF08	F	21/1/05 16:00	79.667,000	17,66
05272	SFJ	F	21/1/05 16:00	87.934,000	17,66
05041	AF08	F	22/1/05 22:00	44.307,000	9,80
05253	SFKM	F	23/1/05 2:00	74.581,000	13,86
05169	RM20	F	23/1/05 4:00	44.252,000	9,70



05268	SFJ	F	23/1/05 18:00	225.610,000	18,15
05327	AF08	F	24/1/05 8:00	130.706,000	17,81
05327	SFA	F	24/1/05 8:00	38.735,000	17,81
05088	SSBE	F	24/1/05 23:00	69.981,000	13,72
05360	AF08	F	25/1/05 14:00	93.678,000	17,89
05360	SFJ	F	25/1/05 14:00	41.552,000	17,89
05360	SFSC	F	25/1/05 14:00	31.402,000	17,89
00149	AF08	F	27/1/05 8:30	43.578,000	10,89
05072	RM21	F	27/1/05 8:30	160.055,000	17,20
05075	AF08	F	27/1/05 8:30	60.763,000	11,94
05119	AF06	F	27/1/05 8:30	141.492,000	19,80
05119	HSEU	F	27/1/05 8:30	73.969,000	19,80
05119	SSLO	F	27/1/05 8:30	72.046,000	19,80
05020	SFMN	F	28/1/05 8:00	146.738,000	17,32
05133	SSSD	F	28/1/05 11:30	78.098,000	13,97
05336	SFOB	F	29/1/05 2:00	207.602,000	18,33
05356	AF08	F	29/1/05 5:30	64.210,000	12,44
05047	AF08	F	29/1/05 11:00	61.533,000	21,30
05047	PFB	F	29/1/05 11:00	55.723,000	21,30
05047	SFSC	F	29/1/05 11:00	170.196,000	21,30
05151	SFCR	F	29/1/05 13:00	161.491,000	17,93
05151	SFEK	F	29/1/05 13:00	61.996,000	17,93
05178	RM15	F	29/1/05 13:00	44.800,000	9,83
05021	SFMN	F	30/1/05 12:00	158.725,000	17,53
05134	SSSD	F	30/1/05 21:00	70.860,000	13,72
05170	AF08	F	31/1/05 16:00	46.222,000	10,10
05248	ES04	F	31/1/05 23:00	50.014,000	18,16
05248	PF	F	31/1/05 23:00	110.786,000	18,16
05322	AS08	F	1/2/05 13:00	124.850,000	17,46
05322	HSEU	F	1/2/05 13:00	40.872,000	17,46
05337	SSSD	F	1/2/05 15:30	73.906,000	13,51
05062	RM20	F	4/2/05 17:00	176.000,000	18,36
05282	PFB	F	5/2/05 1:00	176.000,000	16,57
05273	AF08	F	5/2/05 11:00	86.326,000	17,95
05273	SFJ	F	5/2/05 11:00	86.000,000	17,95
05225	PFB	F	5/2/05 18:00	146.020,000	17,07
05019	SFMN	F	5/2/05 19:00	164.999,000	16,88
05228	AF08	F	5/2/05 20:00	71.798,000	13,73
05339	AF08	F	6/2/05 10:30	78.166,000	16,53
05339	SFAR	F	6/2/05 10:30	36.337,000	16,53
05339	SLBF	F	6/2/05 10:30	29.878,000	16,53
05000	RM20	F	6/2/05 12:00	60.205,000	12,82
05161	AS05	F	6/2/05 16:00	63.306,000	12,92
05323	AF50	F	9/2/05 14:30	57.898,000	17,48
05323	SFTY	F	9/2/05 14:30	107.574,000	17,48

05166	RM20	F	11/2/05 20:00	56.028,000	11,55
05254	SFKM	F	12/2/05 17:30	68.019,000	13,64
05338	SSSD	F	13/2/05 5:30	72.779,000	13,77
05171	AF08	F	13/2/05 13:00	45.825,000	9,88
05376	SFSC	F	14/2/05 12:00	166.632,000	17,98
00126	GUSA	G	15/2/05 8:00	24.375,000	13,51
05296	AF08	F	15/2/05 19:00	60.828,000	17,65
05296	SFAR	F	15/2/05 19:00	109.620,000	17,65
05332	SCSO	F	15/2/05 20:00	49.776,000	17,48
05332	SFEK	F	15/2/05 20:00	64.021,000	17,48
05332	SLBF	F	15/2/05 20:00	44.000,000	17,48
05413	HSEU	F	16/2/05 10:00	71.274,000	13,78
05409	SFEK	F	16/2/05 15:00	75.821,000	14,06
05354	AF06	F	17/2/05 9:00	61.897,000	12,88
05002	SFMN	F	17/2/05 16:30	174.561,000	18,00
05006	PFB	F	17/2/05 22:00	73.502,000	13,73
05317	ES04	F	18/2/05 2:00	49.269,000	17,57
05317	PF	F	18/2/05 2:00	92.055,000	17,57
05045	SFSC	F	18/2/05 19:30	208.994,000	19,77
05049	SFSC	F	18/2/05 20:00	183.085,000	17,72
05274	AF08	F	20/2/05 16:00	48.085,000	17,67
05274	NTA	F	20/2/05 16:00	31.971,000	17,67
05274	SFJ	F	20/2/05 16:00	85.507,000	17,67
05270	SFJ	F	20/2/05 20:00	212.073,000	19,84
05162	AS05	F	21/2/05 8:00	72.009,000	13,99
00127	GUSA	G	21/2/05 14:00	23.546,000	13,45
05018	AF08	F	21/2/05 18:00	190.650,000	18,54
05167	RM20	F	21/2/05 21:00	57.514,000	11,58
05251	SSSF	F	22/2/05 9:00	67.680,000	13,48
05358	AF06	F	22/2/05 9:00	135.292,000	17,62
05358	AF08	F	22/2/05 9:00	24.514,000	17,62
05340	SFCR	F	22/2/05 11:00	109.426,000	14,29
05335	SCSO	F	22/2/05 15:00	48.325,000	18,19
05335	SFAR	F	22/2/05 15:00	114.615,000	18,19
05328	AF08	F	22/2/05 15:30	78.756,000	17,32
05328	SFA	F	22/2/05 15:30	67.410,000	17,32
05001	RH20	F	22/2/05 18:00	50.970,000	12,02
05329	AF08	F	24/2/05 23:30	73.124,000	17,61
05329	SFA	F	24/2/05 23:30	83.810,000	17,61
05325	AFOP	F	26/2/05 7:42	20.171,000	19,56
05325	SFSC	F	26/2/05 7:42	106.128,000	19,56
05325	SSLO	F	26/2/05 7:42	90.377,000	19,56
05163	AS05	F	27/2/05 9:00	74.201,000	14,09
05363	SFA	F	27/2/05 10:30	168.955,000	17,77
05269	AF08	F	27/2/05 11:15	33.516,000	14,11

05269	SFA	F	27/2/05 11:15	39.106,000	14,11
05009	NPPM	F	27/2/05 17:00	48.437,000	17,42
05009	SFPM	F	27/2/05 17:00	97.566,000	17,42
05172	AF08	F	28/2/05 9:00	46.708,000	9,94
00128	GUSA	G	28/2/05 16:00	25.060,000	0,00
05379	RM21	F	28/2/05 18:00	157.300,000	17,16
05415	AF08	F	3/3/05 8:00	11.171,000	13,54
05415	SFA	F	3/3/05 8:00	59.236,000	13,54
05275	AF08	F	3/3/05 12:00	79.009,000	17,56
05275	NTA	F	3/3/05 12:00	28.047,000	17,56
05275	SFA	F	3/3/05 12:00	48.812,000	17,56
05318	ES04	F	3/3/05 17:00	49.989,000	17,05
05318	PF	F	3/3/05 17:00	109.756,000	17,05
05324	AF50	F	3/3/05 17:00	98.414,000	20,14
05324	SFTY	F	3/3/05 17:00	153.638,000	20,14
05252	HSEU	F	3/3/05 18:00	87.275,000	16,66
05252	PFH	F	3/3/05 18:00	71.093,000	16,66
05179	RM15	F	4/3/05 10:00	46.843,000	9,70
05231	AF08	F	4/3/05 22:00	73.695,000	14,01
05173	AF08	F	5/3/05 2:00	46.335,000	9,86
05022	SFA	F	5/3/05 7:30	149.254,000	17,57
05028	PFB	F	5/3/05 23:00	174.720,000	17,63
00129	GUSA	G	6/3/05 0:00	16.045,000	12,86
00129	GUSB	G	6/3/05 0:00	722,000	12,86
05346	AS05	F	7/3/05 9:00	71.192,000	13,58
05052	AF08	F	7/3/05 10:00	77.000,000	18,16
05052	SFSC	F	7/3/05 10:00	99.000,000	18,16
05003	SFA	F	8/3/05 10:30	54.461,000	18,60
05003	SFSC	F	8/3/05 10:30	137.786,000	18,60
00130	GUSA	G	9/3/05 15:00	22.020,000	13,47
05168	AF08	F	9/3/05 16:00	70.306,000	13,50
05349	SFCR	F	10/3/05 1:00	174.213,000	19,76
05349	SFEK	F	10/3/05 1:00	81.911,000	19,76
05267	NTA	F	10/3/05 4:00	44.150,000	17,63
05267	SFA	F	10/3/05 4:00	102.709,000	17,63
05352	AS08	F	10/3/05 22:00	125.655,000	0,00
05352	HSEU	F	10/3/05 22:00	52.940,000	0,00
05352	SFTY	F	10/3/05 22:00	46.990,000	0,00
05390	AS08	F	11/3/05 1:00	33.000,000	21,40
05390	SFSC	F	11/3/05 1:00	213.849,000	21,40
05390	SSLO	F	11/3/05 1:00	44.000,000	21,40
05373	AF08	F	11/3/05 5:00	76.088,000	14,01
05411	AF08	F	12/3/05 7:00	63.080,000	12,40
00234	RM20	F	12/3/05 12:00	43.482,000	10,88
05330	AF08	F	12/3/05 17:00	103.527,000	17,86

05330	SFA	F	12/3/05 17:00	69.521,000	17,86
05319	ES04	F	12/3/05 18:00	51.297,000	18,29
05319	PF	F	12/3/05 18:00	109.405,000	18,29
05348	AF08	F	13/3/05 23:00	85.316,000	17,81
05348	SFAR	F	13/3/05 23:00	133.792,000	17,81
05174	AF08	F	14/3/05 8:00	47.250,000	9,49
05081	RM20	F	14/3/05 12:00	98.996,000	13,37
05357	AF06	F	14/3/05 18:00	170.710,000	18,33
05357	SSSF	F	14/3/05 18:00	58.737,000	18,33
05051	AF08	F	15/3/05 4:00	75.069,000	17,42
05051	SFSC	F	15/3/05 4:00	72.100,000	17,42
05089	SSBE	F	15/3/05 14:00	75.455,000	13,76
05276	AF08	F	15/3/05 14:00	92.365,000	17,82
05276	NTA	F	15/3/05 14:00	32.598,000	17,82
05276	SFA	F	15/3/05 14:00	43.620,000	17,82
05626	SFCR	F	17/3/05 7:00	170.926,000	17,83
05266	AF08	F	18/3/05 17:30	114.300,000	17,42
05266	SFSC	F	18/3/05 17:30	33.230,000	17,42
05247	SFA	F	18/3/05 21:00	97.432,000	15,00
05331	AF08	F	20/3/05 16:00	89.936,000	17,81
05331	SFA	F	20/3/05 16:00	78.526,000	17,81
05359	RM20	F	21/3/05 9:30	62.201,000	12,78
05351	AF50	F	21/3/05 16:30	120.695,000	21,35
05351	SFTY	F	21/3/05 16:30	108.417,000	21,35
05351	SSLO	F	21/3/05 16:30	62.721,000	21,35
05341	AF08	F	21/3/05 23:00	22.000,000	18,10
05341	SFEK	F	21/3/05 23:00	69.243,000	18,10
05341	SFOB	F	21/3/05 23:00	79.658,000	18,10
05053	PFB	F	22/3/05 15:00	110.000,000	17,97
05053	SFA	F	22/3/05 15:00	56.893,000	17,97
05054	AF08	F	23/3/05 3:00	89.644,000	17,80
05054	SFA	F	23/3/05 3:00	79.380,000	17,80
05278	AF08	F	23/3/05 13:30	109.679,000	18,55
05278	SFA	F	23/3/05 13:30	66.193,000	18,55
05277	SFA	F	25/3/05 7:00	187.000,000	16,68
05374	AF08	F	25/3/05 14:00	63.260,000	12,87
05344	SFOB	F	26/3/05 23:00	70.742,000	14,15
05695	AFOP	F	28/3/05 10:00	74.698,000	14,07
05614	RM20	F	29/3/05 1:00	56.365,000	11,54
05175	AF08	F	31/3/05 1:30	46.404,000	9,64
05372	SFA	F	31/3/05 8:00	225.524,000	18,14
05235	SFA	F	31/3/05 11:00	72.145,000	14,27
05180	RM15	F	31/3/05 21:00	44.712,000	9,54
05347	AF08	F	1/4/05 8:00	9.186,000	13,61
05347	SSSD	F	1/4/05 8:00	61.911,000	13,61

05412	AF08	F	1/4/05 10:00	63.003,000	13,03
05342	AF08	F	1/4/05 12:00	32.898,000	17,76
05342	SCSO	F	1/4/05 12:00	54.448,000	17,76
05342	SFAR	F	1/4/05 12:00	80.212,000	17,76
05615	RM20	F	1/4/05 19:00	53.918,000	11,52
05549	SFCR	F	2/4/05 8:00	62.868,000	19,90
05549	SFEK	F	2/4/05 8:00	98.368,000	19,90
05549	SLBF	F	2/4/05 8:00	60.154,000	19,90
05343	AF08	F	2/4/05 17:00	42.945,000	17,72
05343	SCSO	F	2/4/05 17:00	44.097,000	17,72
05343	SFAR	F	2/4/05 17:00	82.460,000	17,72
05627	AS05	F	2/4/05 21:00	71.844,000	13,85
05087	RM20	F	5/4/05 8:00	45.368,000	9,68
05584	AF08	F	5/4/05 9:00	43.400,000	9,43
00131	GUSA	G	5/4/05 10:00	19.934,000	13,04
05023	SFA	F	5/4/05 18:30	165.000,000	18,49
05380	RM21	F	6/4/05 3:00	157.300,000	16,87
05571	AF50	F	7/4/05 8:00	103.170,000	21,10
05571	HSEU	F	7/4/05 8:00	79.235,000	21,10
05571	SFTY	F	7/4/05 8:00	103.346,000	21,10
05569	AFTS	F	7/4/05 12:00	110.947,000	17,98
05569	SFA	F	7/4/05 12:00	51.118,000	17,98
05486	RH20	F	9/4/05 5:00	41.764,000	11,27
05320	ES04	F	9/4/05 13:00	51.868,000	17,67
05320	PF	F	9/4/05 13:00	97.388,000	17,67
05050	SFA	F	11/4/05 18:30	146.722,000	17,42
05688	SFSC	F	11/4/05 21:30	144.921,000	17,39
05551	AF08	F	12/4/05 10:00	22.594,000	17,39
05551	SFAR	F	12/4/05 10:00	124.427,000	17,39
05345	SSSD	F	12/4/05 17:00	72.453,000	14,03
05470	SFKM	F	14/4/05 21:00	68.196,000	13,50
05616	RM20	F	15/4/05 19:30	58.755,000	11,59
05537	AF08	F	16/4/05 10:00	21.972,000	12,89
05537	AFOP	F	16/4/05 10:00	43.943,000	12,89
05628	AS05	F	16/4/05 16:00	67.546,000	16,69
05535	AF06	F	17/4/05 9:00	153.714,000	20,55
05535	SSLO	F	17/4/05 9:00	70.041,000	20,55
05535	SSSF	F	17/4/05 9:00	34.452,000	20,55
05473	SFSC	F	18/4/05 12:00	75.603,000	14,28
05525	SSBE	F	18/4/05 15:00	65.374,000	13,25
05536	AF08	F	18/4/05 16:00	71.500,000	14,02
05542	SSSD	F	18/4/05 22:00	76.313,000	14,13
05697	SFSC	F	19/4/05 4:30	175.995,000	18,31
05726	RM20	F	19/4/05 5:30	71.930,000	14,13
05361	RM15	F	20/4/05 5:00	42.308,000	9,73

05547	AF08	F	20/4/05 10:00	99.471,000	18,07
05547	SFCR	F	20/4/05 10:00	52.386,000	18,07
05585	SSLO	F	20/4/05 21:00	45.719,000	9,63
05082	RM20	F	21/4/05 10:00	98.998,000	13,81
05660	PFB	F	21/4/05 19:00	210.601,000	19,83
05694	SFSC	F	21/4/05 22:00	168.300,000	18,00
05550	SCSO	F	22/4/05 15:00	89.126,000	20,33
05550	SFEK	F	22/4/05 15:00	86.794,000	20,33
05550	SLBF	F	22/4/05 15:00	45.039,000	20,33
05570	AF08	F	23/4/05 0:01	93.491,000	21,20
05570	NTA	F	23/4/05 0:01	53.098,000	21,20
05570	SFA	F	23/4/05 0:01	137.195,000	21,20
05673	AF08	F	23/4/05 10:12	104.503,000	16,92
05673	SFA	F	23/4/05 10:12	44.000,000	16,92
05629	AS05	F	24/4/05 17:00	74.015,000	13,93
05573	HSEU	F	24/4/05 23:00	57.005,000	18,45
05573	SFTY	F	24/4/05 23:00	124.581,000	18,45
05573	SSLO	F	24/4/05 23:00	44.000,000	18,45
05063	RM20	F	25/4/05 8:00	147.047,000	17,45
05481	ES04	F	25/4/05 10:00	50.697,000	17,78
05481	PF	F	25/4/05 10:00	118.435,000	17,78
00132	GUSA	G	25/4/05 18:00	18.016,000	13,26
05727	RM20	F	26/4/05 12:30	57.963,000	11,60
05609	AF08	F	28/4/05 1:00	77.841,000	16,41
05609	SFA	F	28/4/05 1:00	73.370,000	16,41
05532	AF08	F	28/4/05 21:00	65.182,000	19,73
05532	SFSC	F	28/4/05 21:00	126.333,000	19,73
05532	SLRI	F	28/4/05 21:00	29.718,000	19,73
05705	AF08	F	29/4/05 1:00	64.125,000	12,43
05587	AF08	F	29/4/05 16:00	44.823,000	9,67
05553	SFCR	F	30/4/05 4:30	127.514,000	21,35
05553	SFEK	F	30/4/05 4:30	95.853,000	21,35
05553	SSLO	F	30/4/05 4:30	46.578,000	21,35
05634	AF08	F	2/5/05 4:00	70.901,000	13,56
05482	ES04	F	2/5/05 8:00	29.455,000	18,20
05482	ES50	F	2/5/05 8:00	9.947,000	18,20
05482	PF	F	2/5/05 8:00	121.231,000	18,20
05598	AF08	F	2/5/05 12:00	109.434,000	17,88
05598	SFA	F	2/5/05 12:00	63.096,000	17,88
05489	HSEU	F	2/5/05 14:00	82.500,000	17,06
05489	SSSF	F	2/5/05 14:00	81.844,000	17,06
05533	SFSC	F	3/5/05 11:00	176.000,000	18,35
05533	SLRI	F	3/5/05 11:00	54.338,000	18,35
05784	PFB	F	3/5/05 15:30	73.032,000	14,02
05630	AS05	F	4/5/05 21:00	63.547,000	13,18

05651	PFB	F	5/5/05 20:30	165.865,000	18,55
05617	RM20	F	5/5/05 22:00	46.448,000	11,62
05647	SFSC	F	5/5/05 22:00	165.423,000	17,53
05659	SFA	F	6/5/05 10:00	163.874,000	18,20
05552	AF08	F	6/5/05 15:00	32.821,000	18,19
05552	SFAR	F	6/5/05 15:00	139.724,000	18,19
05567	SFA	F	6/5/05 23:00	212.291,000	19,84
05618	RM20	F	6/5/05 23:00	57.535,000	11,61
05674	AF08	F	7/5/05 9:30	75.643,000	17,74
05674	SFA	F	7/5/05 9:30	54.189,000	17,74
05674	SFSC	F	7/5/05 9:30	37.916,000	17,74
05588	AF08	F	7/5/05 13:00	43.507,000	9,60
05680	SFA	F	7/5/05 16:00	74.659,000	14,15
05686	AF08	F	7/5/05 22:00	76.513,000	13,67
05572	AF50	F	8/5/05 13:00	111.882,000	17,78
05572	HSEU	F	8/5/05 13:00	62.526,000	17,78
05612	SFA	F	11/5/05 2:00	168.436,000	17,76
05370	RM15	F	12/5/05 17:00	43.618,000	9,57
05611	AF08	F	13/5/05 13:30	76.009,000	16,50
05611	SFA	F	13/5/05 13:30	76.755,000	16,50
05601	AF08	F	13/5/05 20:30	49.981,000	17,76
05601	SFA	F	13/5/05 20:30	118.722,000	17,76
05538	AF06	F	14/5/05 14:00	230.058,000	21,40
05538	HSEU	F	14/5/05 14:00	60.379,000	21,40
05487	RH20	F	14/5/05 20:00	46.242,000	11,84
05575	AS08	F	15/5/05 0:10	88.000,000	17,07
05575	SFTY	F	15/5/05 0:10	63.819,000	17,07
05575	SSLO	F	15/5/05 0:10	33.000,000	17,07
05554	AF08	F	15/5/05 3:00	34.853,000	17,65
05554	SCSO	F	15/5/05 3:00	38.500,000	17,65
05554	SFAR	F	15/5/05 3:00	82.659,000	17,65
05555	SFAR	F	16/5/05 8:00	69.900,000	17,71
05555	SFOB	F	16/5/05 8:00	99.748,000	17,71
05543	SSSD	F	16/5/05 12:00	75.232,000	14,16
00133	GUSA	G	17/5/05 9:00	18.139,000	13,02
05490	PFH	F	17/5/05 17:30	93.352,000	16,53
05490	SFEU	F	17/5/05 17:30	55.730,000	16,53
05739	AF08	F	18/5/05 21:00	63.589,000	12,41
05381	RM21	F	19/5/05 3:00	157.296,000	17,47
05544	SSSD	F	19/5/05 3:30	75.212,000	14,35
05662	SFA	F	19/5/05 19:00	169.001,000	17,81
05574	AS08	F	20/5/05 17:00	85.996,000	20,49
05574	HSEU	F	20/5/05 17:00	85.429,000	20,49
05574	SFTY	F	20/5/05 17:00	92.850,000	20,49
05675	AF08	F	20/5/05 23:59	117.888,000	18,05

05675	SFA	F	20/5/05 23:59	65.032,000	18,05
05681	AF08	F	21/5/05 7:00	112.860,000	15,03
05589	SSLO	F	22/5/05 15:00	43.807,000	9,48
05664	SFA	F	23/5/05 3:00	165.000,000	17,54
05704	SFSC	F	24/5/05 8:00	158.126,000	16,58
05687	SFSC	F	24/5/05 12:00	165.000,000	17,81
05663	SFA	F	25/5/05 2:00	80.961,000	17,91
05663	SFSC	F	25/5/05 2:00	91.923,000	17,91
05736	AF13	F	25/5/05 12:00	64.195,000	12,95
05526	SSBE	F	26/5/05 0:00	72.544,000	13,75
05635	AF08	F	26/5/05 0:01	74.468,000	14,05
05480	PFB	F	26/5/05 10:00	165.000,000	18,07
05676	AF08	F	26/5/05 11:30	92.780,000	17,76
05676	SFA	F	26/5/05 11:30	74.521,000	17,76
05620	RM20	F	26/5/05 13:00	58.039,000	11,62
05578	SLBF	F	26/5/05 16:00	70.152,000	13,80
05653	PFB	F	26/5/05 17:30	161.706,000	17,71
05590	AF08	F	27/5/05 21:00	42.178,000	9,60
05619	RM20	F	29/5/05 0:01	57.341,000	11,66
05491	PFH	F	29/5/05 12:00	74.938,000	15,48
05491	SFEU	F	29/5/05 12:00	45.892,000	15,48
05605	NTA	F	31/5/05 8:00	43.312,000	17,36
05605	SFA	F	31/5/05 8:00	103.500,000	17,36
05652	SFA	F	31/5/05 14:00	165.000,000	17,61
00462	GUSA	G	1/6/05 11:00	20.362,000	13,36
05677	AF08	F	2/6/05 3:30	41.076,000	17,97
05677	SFA	F	2/6/05 3:30	133.401,000	17,97
05471	SFKM	F	2/6/05 8:00	69.410,000	13,56
05545	SSSD	F	3/6/05 3:00	74.525,000	14,10
05638	AF08	F	4/6/05 13:00	41.957,000	17,70
05638	SCSO	F	4/6/05 13:00	53.455,000	17,70
05638	SFAR	F	4/6/05 13:00	72.598,000	17,70
00299	GUSA	G	5/6/05 12:00	11.244,000	11,62
05792	AFOP	F	5/6/05 20:50	3.300,000	9,63
05792	LG13	F	5/6/05 20:50	27.810,000	9,63
05540	AF06	F	6/6/05 8:00	104.384,000	18,23
05540	SLRI	F	6/6/05 8:00	73.839,000	18,23
05556	SFCR	F	6/6/05 18:00	119.599,000	20,52
05556	SFEK	F	6/6/05 18:00	138.665,000	20,52
05366	RM20	F	7/6/05 4:00	43.239,000	9,71
05474	AF08	F	7/6/05 10:00	82.500,000	17,49
05474	SFSC	F	7/6/05 10:00	82.917,000	17,49
05382	RM21	F	8/6/05 1:00	151.524,000	17,15
05656	PFB	F	8/6/05 14:00	176.000,000	18,15
05671	PFB	F	9/6/05 14:00	165.000,000	18,60



05591	AF08	F	10/6/05 5:00	43.253,000	9,70
05577	AF50	F	10/6/05 12:00	84.758,000	20,27
05577	SFTY	F	10/6/05 12:00	46.046,000	20,27
05577	SSLO	F	10/6/05 12:00	90.856,000	20,27
05622	RM20	F	10/6/05 12:00	55.790,000	11,59
05494	AFOP	F	10/6/05 17:30	75.095,000	14,24
05672	SFSC	F	10/6/05 22:00	148.718,000	17,59
05484	ES04	F	11/6/05 6:00	31.008,000	17,03
05484	ES50	F	11/6/05 6:00	30.811,000	17,03
05484	PF	F	11/6/05 6:00	74.297,000	17,03
05371	RM15	F	11/6/05 14:00	44.786,000	9,75
05654	SFSC	F	12/6/05 4:00	135.626,000	16,66
05539	AF13	F	12/6/05 11:00	64.452,000	12,97
05655	SFA	F	12/6/05 23:30	167.150,000	17,69
00492	GUSA	G	13/6/05 11:00	21.463,000	13,62
05478	SFSC	F	13/6/05 18:30	71.496,000	11,07
05683	SFA	F	14/6/05 12:00	142.955,000	15,73
05568	SFA	F	15/6/05 1:00	225.623,000	18,16
05414	RM21	F	16/6/05 8:00	137.638,000	17,28
05613	NTA	F	16/6/05 18:00	32.009,000	18,21
05613	SFA	F	16/6/05 18:00	128.873,000	18,21
05534	AS08	F	17/6/05 11:00	29.976,000	19,72
05534	SFSC	F	17/6/05 11:00	110.380,000	19,72
05534	SLRI	F	17/6/05 11:00	81.113,000	19,72
05576	AS08	F	17/6/05 15:00	57.335,000	18,35
05576	HSEU	F	17/6/05 15:00	58.255,000	18,35
05576	SFTY	F	17/6/05 15:00	114.535,000	18,35
05541	AF50	F	18/6/05 6:00	69.288,000	12,62
05667	AF08	F	18/6/05 6:00	61.007,000	17,72
05667	SFA	F	18/6/05 6:00	121.690,000	17,72
05472	SFKM	F	19/6/05 15:50	71.173,000	13,65
05668	AF08	F	20/6/05 3:30	46.190,000	17,30
05668	SFA	F	20/6/05 3:30	100.571,000	17,30
00463	GUSA	G	20/6/05 13:00	24.019,000	13,73
05679	AF08	F	20/6/05 14:00	146.216,000	17,34
05546	SSSD	F	21/6/05 0:30	72.685,000	14,14
05608	AF08	F	22/6/05 8:00	64.986,000	17,02
05608	SFA	F	22/6/05 8:00	94.803,000	17,02
05592	AF08	F	22/6/05 12:00	45.865,000	9,78
05548	AF08	F	23/6/05 15:00	102.522,000	17,89
05548	SFCR	F	23/6/05 15:00	68.860,000	17,89
05633	AF08	F	23/6/05 17:00	67.497,000	13,35
05670	PFB	F	23/6/05 20:00	89.097,000	16,92
05670	SSLO	F	23/6/05 20:00	46.950,000	16,92
05070	RM20	F	24/6/05 15:30	167.798,000	17,79

05607	AF08	F	24/6/05 19:00	119.951,000	20,54
05607	SFA	F	24/6/05 19:00	136.123,000	20,54
05657	PFB	F	24/6/05 20:00	176.000,000	16,57
05678	AF08	F	25/6/05 6:00	204.078,000	18,02
05488	RH20	F	26/6/05 16:30	44.068,000	11,62
00504	GUSA	G	26/6/05 23:00	22.419,000	13,54
05703	AF08	F	27/6/05 1:00	44.252,000	9,83
05485	ES04	F	27/6/05 9:00	50.119,000	17,54
05485	PF	F	27/6/05 9:00	106.782,000	17,54
05737	AF13	F	27/6/05 11:00	63.634,000	12,83
05558	SFAR	F	27/6/05 18:15	113.019,000	16,96
05558	SLBF	F	27/6/05 18:15	35.703,000	16,96
05632	AS05	F	27/6/05 22:00	71.243,000	13,65
05083	RM20	F	28/6/05 18:00	98.997,000	13,43
05931	AS08	F	28/6/05 21:00	76.594,000	21,30
05931	SFSC	F	28/6/05 21:00	179.427,000	21,30
05931	SLRI	F	28/6/05 21:00	33.000,000	21,30
05557	SFCR	F	29/6/05 12:30	60.500,000	17,62
05557	SFEK	F	29/6/05 12:30	102.052,000	17,62
05669	SFA	F	30/6/05 8:00	165.000,000	17,64
05527	SSBE	F	1/7/05 17:00	71.362,000	11,75
05692	SFA	F	2/7/05 19:30	69.568,000	17,71
05692	SFSC	F	2/7/05 19:30	89.908,000	17,71
05708	AF08	F	3/7/05 0:01	79.317,000	16,04
05708	SFA	F	3/7/05 0:01	78.100,000	16,04
05559	SCSO	F	3/7/05 12:00	43.173,000	17,73
05559	SFAR	F	3/7/05 12:00	106.745,000	17,73
05996	SFA	F	3/7/05 17:00	158.212,000	17,03
00502	GUSA	G	4/7/05 0:00	20.043,000	13,22
05646	AF08	F	4/7/05 20:00	73.403,000	15,96
05646	NTA	F	4/7/05 20:00	47.121,000	15,96
05646	SFA	F	4/7/05 20:00	27.504,000	15,96
05936	SCSO	F	5/7/05 0:01	45.428,000	19,92
05936	SFCR	F	5/7/05 0:01	93.285,000	19,92
05936	SFEK	F	5/7/05 0:01	82.833,000	19,92
06020	AF08	F	5/7/05 6:00	62.788,000	17,84
06020	SFA	F	5/7/05 6:00	106.324,000	17,84
05934	SSSD	F	5/7/05 13:00	71.613,000	14,06
05994	SFA	F	5/7/05 14:30	105.231,000	17,65
05994	SFSC	F	5/7/05 14:30	63.255,000	17,65
06034	AF08	F	7/7/05 8:00	47.033,000	9,93
06043	RH20	F	7/7/05 14:00	49.500,000	11,69
05621	RM20	F	8/7/05 15:30	65.995,000	12,87
05636	NPPM	F	8/7/05 17:30	54.076,000	18,01
05636	SFPM	F	8/7/05 17:30	121.564,000	18,01

05997	SFA	F	11/7/05 8:00	173.806,000	18,67
05900	AS05	F	12/7/05 8:00	74.350,000	14,01
05706	NTA	F	13/7/05 9:00	63.749,000	17,83
05706	SFA	F	13/7/05 9:00	105.466,000	17,83
05935	SFOB	F	13/7/05 14:30	167.992,000	17,76
05064	RM20	F	13/7/05 17:00	165.271,000	18,18
06050	HSEU	F	13/7/05 18:00	73.988,000	14,00
05920	RM20	F	14/7/05 19:00	56.939,000	11,56
05879	SFKM	F	15/7/05 3:00	74.118,000	14,43
05965	SFSC	F	15/7/05 17:30	50.563,000	17,44
05965	SFTY	F	15/7/05 17:30	115.469,000	17,44
06021	AF08	F	16/7/05 0:00	170.886,000	19,61
06021	SFSC	F	16/7/05 0:00	82.281,000	19,61
05939	SCSO	F	16/7/05 1:00	43.588,000	17,67
05939	SFAR	F	16/7/05 1:00	91.473,000	17,67
05939	SSLO	F	16/7/05 1:00	33.000,000	17,67
05729	ES04	F	17/7/05 5:00	64.795,000	17,81
05729	PF	F	17/7/05 5:00	96.107,000	17,81
05958	AF03	F	17/7/05 20:00	183.313,000	19,92
05958	HSEU	F	17/7/05 20:00	65.681,000	19,92
05849	PFH	F	19/7/05 1:00	82.500,000	16,59
05849	SFEU	F	19/7/05 1:00	75.717,000	16,59
05709	AF08	F	19/7/05 2:00	106.901,000	17,97
05709	NTA	F	19/7/05 2:00	66.000,000	17,97
05912	AF08	F	19/7/05 4:00	73.104,000	13,80
05941	SFCR	F	21/7/05 13:00	161.542,000	21,20
05941	SFEK	F	21/7/05 13:00	115.028,000	21,20
06019	SFA	F	21/7/05 17:00	165.000,000	17,71
05967	AS08	F	22/7/05 10:00	28.947,000	18,44
05967	SFTY	F	22/7/05 10:00	100.000,000	18,44
05967	SSLO	F	22/7/05 10:00	96.579,000	18,44
05938	SSSD	F	22/7/05 19:00	75.199,000	14,21
05712	SFA	F	24/7/05 1:30	212.331,000	19,84
05937	AF08	F	24/7/05 23:15	69.674,000	18,11
05937	SFAR	F	24/7/05 23:15	149.792,000	18,11
05862	PFB	F	25/7/05 2:00	134.713,000	16,61
05919	RM20	F	25/7/05 4:00	57.469,000	11,60
05999	PFB	F	25/7/05 14:00	176.000,000	18,00
05940	SSSD	F	25/7/05 21:30	76.086,000	13,53
00505	GUSA	G	26/7/05 8:00	21.523,000	13,45
05713	AF08	F	27/7/05 4:00	64.670,000	17,75
05713	SFA	F	27/7/05 4:00	106.823,000	17,75
05998	SFSC	F	27/7/05 12:00	108.241,000	17,85
05998	SSLO	F	27/7/05 12:00	64.659,000	17,85
05927	SSBE	F	29/7/05 12:00	68.490,000	13,46

05383	RM20	F	30/7/05 7:00	169.872,000	17,76
06036	AF08	F	30/7/05 10:00	43.446,000	9,55
05966	AF50	F	30/7/05 11:00	49.936,000	17,78
05966	HSEU	F	30/7/05 11:00	60.188,000	17,78
05966	SFTY	F	30/7/05 11:00	59.722,000	17,78
05995	PFB	F	30/7/05 15:00	67.628,000	18,17
05995	SFA	F	30/7/05 15:00	95.878,000	18,17
06000	PFB	F	30/7/05 18:00	162.310,000	18,10
05775	RM15	F	31/7/05 10:00	43.839,000	9,56
05711	SFA	F	31/7/05 15:00	164.572,000	17,55
06042	AF08	F	31/7/05 17:00	45.591,000	9,67
05942	SCSO	F	1/8/05 23:30	39.121,000	17,65
05942	SFAR	F	1/8/05 23:30	83.933,000	17,65
05942	SFCR	F	1/8/05 23:30	33.018,000	17,65
05968	AF50	F	3/8/05 20:00	128.710,000	20,27
05968	SFTY	F	3/8/05 20:00	46.281,000	20,27
05968	SSLO	F	3/8/05 20:00	46.016,000	20,27
05785	PF	F	4/8/05 22:00	147.061,000	17,42
05944	AF08	F	5/8/05 0:01	48.186,000	17,39
05944	SFAR	F	5/8/05 0:01	99.012,000	17,39
05714	NTA	F	5/8/05 8:00	31.656,000	17,64
05714	SFA	F	5/8/05 8:00	117.076,000	17,64
06052	HSEU	F	5/8/05 23:35	97.203,000	17,08
06052	SFEU	F	5/8/05 23:35	71.313,000	17,08
05859	SFKM	F	6/8/05 6:00	70.484,000	13,83
00573	GUSA	G	6/8/05 15:30	20.999,000	13,07
05682	AF08	F	7/8/05 9:00	127.003,000	14,95
05367	RM20	F	7/8/05 14:00	46.709,000	9,90
06037	AF08	F	10/8/05 1:00	40.507,000	9,25
06001	AF08	F	10/8/05 15:00	131.493,000	21,20
06001	SFA	F	10/8/05 15:00	152.803,000	21,20
05932	SFSC	F	11/8/05 13:30	177.538,000	18,34
05932	SLRI	F	11/8/05 13:30	52.392,000	18,34
05730	ES04	F	11/8/05 16:00	49.467,000	14,18
05730	PF	F	11/8/05 16:00	37.841,000	14,18
06023	AF08	F	12/8/05 0:30	69.300,000	18,05
06023	AFTS	F	12/8/05 0:30	69.136,000	18,05
06023	SFA	F	12/8/05 0:30	31.148,000	18,05
05715	AF08	F	12/8/05 6:00	87.170,000	17,89
05715	SFA	F	12/8/05 6:00	82.136,000	17,89
05913	AF08	F	12/8/05 14:00	70.809,000	13,65
05975	SFA	F	13/8/05 1:00	74.497,000	14,02
00566	GUSA	G	14/8/05 0:00	13.807,000	12,04
05960	AF03	F	14/8/05 7:00	94.102,000	17,78
05960	HSEU	F	14/8/05 7:00	75.522,000	17,78

06022	SFA	F	14/8/05 9:00	125.983,000	17,74
06022	SFSC	F	14/8/05 9:00	50.600,000	17,74
06006	PFB	F	14/8/05 12:30	164.998,000	16,70
06003	SFA	F	14/8/05 22:00	130.230,000	18,49
06003	SSLO	F	14/8/05 22:00	29.671,000	18,49
05901	AS05	F	15/8/05 6:00	74.470,000	14,05
06269	AF08	F	15/8/05 9:00	93.346,000	19,22
06269	SFA	F	15/8/05 9:00	148.739,000	19,22
06004	PFB	F	20/8/05 20:30	82.628,000	17,68
06004	SFA	F	20/8/05 20:30	66.000,000	17,68
05946	SCSO	F	20/8/05 21:00	42.898,000	17,80
05946	SFAR	F	20/8/05 21:00	71.750,000	17,80
05946	SSLO	F	20/8/05 21:00	53.969,000	17,80
06007	SFA	F	21/8/05 1:13	176.000,000	18,54
05065	RM20	F	21/8/05 5:00	167.155,000	17,77
06283	AF08	F	21/8/05 14:30	135.402,000	16,78
06041	AF08	F	22/8/05 5:00	42.322,000	10,06
05943	SSSD	F	22/8/05 6:00	73.868,000	14,41
05922	RM20	F	23/8/05 2:00	57.867,000	11,58
06024	AF08	F	23/8/05 3:30	85.477,000	17,53
06024	SFSC	F	23/8/05 3:30	72.062,000	17,53
05710	AF08	F	23/8/05 8:30	58.187,000	16,91
05710	NTA	F	23/8/05 8:30	65.735,000	16,91
05710	SFSC	F	23/8/05 8:30	37.227,000	16,91
05928	SSBE	F	23/8/05 21:00	68.076,000	13,59
00574	GUSA	G	24/8/05 0:00	21.087,000	13,57
05948	AF08	F	24/8/05 14:00	104.486,000	17,83
05948	SFAR	F	24/8/05 14:00	66.000,000	17,83
05854	SFSC	F	24/8/05 16:00	166.290,000	17,66
05924	RM20	F	25/8/05 13:00	57.810,000	11,55
05969	HSEU	F	25/8/05 14:30	71.349,000	17,81
05969	SFTY	F	25/8/05 14:30	72.340,000	17,81
05969	SSLO	F	25/8/05 14:30	37.012,000	17,81
06267	SFSC	F	27/8/05 10:00	171.092,000	17,73
05717	SFA	F	27/8/05 12:30	225.620,000	18,12
05860	SFKM	F	28/8/05 7:00	72.026,000	14,18
06038	AF08	F	29/8/05 19:00	41.361,000	9,12
05903	AS05	F	30/8/05 16:30	71.272,000	13,62
00580	GUSA	G	31/8/05 0:00	20.267,000	12,62
05947	SSSD	F	31/8/05 20:00	75.083,000	14,18
05776	RM15	F	1/9/05 2:00	41.294,000	9,00
05850	PFH	F	1/9/05 18:00	75.300,000	14,14
05718	AFTS	F	2/9/05 4:00	85.888,000	17,88
05718	SFA	F	2/9/05 4:00	86.737,000	17,88
05848	RH20	F	2/9/05 7:00	45.334,000	11,37

05857	SFSC	F	3/9/05 13:48	63.930,000	12,62
05722	SFA	F	4/9/05 18:00	136.379,000	16,37
05962	AF03	F	5/9/05 10:00	119.262,000	19,91
05962	SLRI	F	5/9/05 10:00	64.442,000	19,91
05962	SSSF	F	5/9/05 10:00	65.373,000	19,91
05933	AS08	F	5/9/05 12:00	72.689,000	20,56
05933	SFSC	F	5/9/05 12:00	122.033,000	20,56
05933	SLRI	F	5/9/05 12:00	63.864,000	20,56
06010	PFB	F	6/9/05 16:00	109.188,000	18,20
06010	SFSC	F	6/9/05 16:00	55.931,000	18,20
05971	SFTY	F	6/9/05 21:30	85.849,000	18,43
05971	SSLO	F	6/9/05 21:30	139.661,000	18,43
06369	SFA	F	7/9/05 6:00	166.157,000	17,60
06025	AF08	F	7/9/05 11:00	87.950,000	16,96
06025	SFA	F	7/9/05 11:00	60.500,000	16,96
05384	RM20	F	7/9/05 12:00	168.444,000	17,74
06326	AF08	F	8/9/05 19:00	116.410,000	17,74
06326	SSLO	F	8/9/05 19:00	51.765,000	17,74
05716	AF08	F	9/9/05 23:30	21.734,000	16,18
05716	SFA	F	9/9/05 23:30	154.265,000	16,18
05950	SCSO	F	10/9/05 0:01	40.106,000	17,39
05950	SFAR	F	10/9/05 0:01	53.707,000	17,39
05950	SLBF	F	10/9/05 0:01	53.832,000	17,39
05954	SFCR	F	10/9/05 4:00	100.320,000	21,10
05954	SFEK	F	10/9/05 4:00	109.674,000	21,10
05954	SSSD	F	10/9/05 4:00	64.796,000	21,10
06039	AF08	F	10/9/05 14:00	41.103,000	8,81
06008	SFA	F	10/9/05 18:00	165.055,000	17,81
05851	SFEU	F	11/9/05 8:00	158.203,000	16,60
05731	ES04	F	11/9/05 10:00	55.730,000	0,00
05731	PF	F	11/9/05 10:00	104.394,000	0,00
05952	SFAR	F	11/9/05 12:00	74.457,000	17,68
05952	SFCR	F	11/9/05 12:00	93.099,000	17,68
05929	SSBE	F	13/9/05 12:00	70.052,000	13,77
06015	SFA	F	14/9/05 3:00	165.000,000	17,52
06341	RM20	F	14/9/05 6:00	57.822,000	11,52
06053	PFB	F	14/9/05 10:00	198.000,000	17,78
05368	RM20	F	14/9/05 20:00	46.225,000	9,68
06027	AF08	F	15/9/05 0:30	159.224,000	18,08
06027	SFSC	F	15/9/05 0:30	44.318,000	18,08
06284	AF08	F	15/9/05 9:00	136.226,000	17,06
05955	AF08	F	15/9/05 16:00	98.143,000	17,42
05955	SFAR	F	15/9/05 16:00	73.672,000	17,42
06011	PFB	F	16/9/05 4:00	89.841,000	18,51
06011	SFA	F	16/9/05 4:00	75.690,000	18,51

06005	SFSC	F	18/9/05 18:00	166.010,000	18,42
05959	AF08	F	18/9/05 19:00	115.206,000	17,79
05959	SSSF	F	18/9/05 19:00	55.000,000	17,79
05926	RM20	F	19/9/05 20:00	53.962,000	11,56
05723	AFTS	F	20/9/05 6:00	65.110,000	18,03
05723	NTA	F	20/9/05 6:00	41.673,000	18,03
05723	SFA	F	20/9/05 6:00	95.032,000	18,03
06012	AF08	F	20/9/05 14:00	94.292,000	17,75
06012	SFA	F	20/9/05 14:00	74.724,000	17,75
05066	RM20	F	21/9/05 12:00	169.304,000	17,79
05853	HSEU	F	21/9/05 15:00	76.013,000	16,58
05853	PFH	F	21/9/05 15:00	86.114,000	16,58
06028	SFA	F	21/9/05 21:00	176.369,000	17,56
05385	RM20	F	23/9/05 3:30	168.296,000	17,72
05951	SFCR	F	24/9/05 20:00	107.566,000	0,00
05951	SFEK	F	24/9/05 20:00	84.136,000	0,00
05951	SLBF	F	24/9/05 20:00	29.999,000	0,00
05719	AF08	F	24/9/05 20:30	27.048,000	17,82
05719	NTA	F	24/9/05 20:30	76.174,000	17,82
05719	SFA	F	24/9/05 20:30	66.012,000	17,82
05732	ES04	F	24/9/05 23:00	61.657,000	17,69
05732	PF	F	24/9/05 23:00	100.969,000	17,69
06395	AF08	F	25/9/05 12:00	63.008,000	15,58
06395	PFB	F	25/9/05 12:00	54.400,000	15,58
06013	SFA	F	25/9/05 19:00	168.140,000	17,73
05777	RM15	F	26/9/05 12:00	42.612,000	9,41
06364	AF08	F	27/9/05 7:00	176.254,000	18,18
05963	AF03	F	27/9/05 17:00	220.759,000	20,90
05963	SLRI	F	27/9/05 17:00	42.990,000	20,90
06285	AF08	F	29/9/05 3:00	46.620,000	16,95
06285	SSLO	F	29/9/05 3:00	95.670,000	16,95
06014	SFA	F	30/9/05 12:00	147.362,000	17,43
06139	RM20	F	30/9/05 13:00	57.799,000	11,56
05972	AF50	F	1/10/05 0:01	42.959,000	20,28
05972	HSEU	F	1/10/05 0:01	85.996,000	20,28
05972	SFTY	F	1/10/05 0:01	92.285,000	20,28
00606	GUSA	G	2/10/05 0:00	20.025,000	13,56
00606	GUSB	G	2/10/05 0:00	2.014,000	13,56
06029	AF08	F	2/10/05 10:00	145.902,000	17,33
06097	SSSD	F	3/10/05 0:00	74.984,000	14,27
06040	AF08	F	3/10/05 23:30	45.395,000	9,87
05957	SCSO	F	4/10/05 18:00	43.292,000	17,65
05957	SFAR	F	4/10/05 18:00	124.718,000	17,65
06071	RH20	F	4/10/05 18:00	51.015,000	12,03
06202	AF08	F	5/10/05 1:00	63.227,000	17,87

06202	SFA	F	5/10/05 1:00	109.260,000	17,87
06074	AF03	F	6/10/05 23:00	229.196,000	21,00
06074	HSEU	F	6/10/05 23:00	54.682,000	21,00
05721	AF08	F	8/10/05 5:00	73.453,000	16,90
05721	SFA	F	8/10/05 5:00	84.685,000	16,90
05085	RM20	F	8/10/05 8:45	114.756,000	17,71
06394	AF08	F	10/10/05 11:00	169.069,000	17,52
06193	SFA	F	10/10/05 17:00	167.200,000	17,63
05778	RM15	F	10/10/05 18:00	43.825,000	9,85
06115	AS08	F	10/10/05 18:45	111.509,000	19,49
06115	SFSC	F	10/10/05 18:45	104.623,000	19,49
06178	AF08	F	12/10/05 3:00	44.601,000	0,00
06406	AF08	F	12/10/05 4:00	77.000,000	21,30
06406	SFA	F	12/10/05 4:00	211.881,000	21,30
06354	SSLO	F	12/10/05 5:00	168.860,000	17,84
06271	SSBE	F	13/10/05 15:00	68.525,000	13,34
05908	AS05	F	14/10/05 13:30	70.264,000	4,38
05724	SFA	F	14/10/05 23:59	212.224,000	19,84
06188	AF08	F	14/10/05 23:59	83.165,000	18,71
06188	PFB	F	14/10/05 23:59	88.000,000	18,71
05725	SFA	F	15/10/05 12:00	145.266,000	17,42
06375	AF50	F	15/10/05 13:00	71.198,000	17,16
06375	SFSC	F	15/10/05 13:00	68.124,000	17,16
06140	RM20	F	15/10/05 16:00	57.763,000	11,58
06075	HSEU	F	15/10/05 21:00	160.742,000	0,00
06194	PFB	F	15/10/05 22:00	166.009,000	17,61
06398	SSSF	F	16/10/05 5:36	70.556,000	13,79
05067	RM20	F	16/10/05 7:00	164.802,000	18,51
06103	SSSD	F	16/10/05 16:00	69.651,000	13,72
05956	SSSD	F	17/10/05 7:00	72.401,000	13,62
06100	SFCR	F	18/10/05 3:00	141.952,000	20,16
06100	SFEK	F	18/10/05 3:00	110.173,000	20,16
00613	GUSA	G	18/10/05 12:00	22.962,000	13,45
06150	AS05	F	19/10/05 15:30	68.352,000	0,00
06401	RM20	F	19/10/05 20:00	112.200,000	0,00
05974	SFA	F	20/10/05 2:30	72.281,000	14,12
06189	AF08	F	20/10/05 9:00	87.592,000	17,69
06189	SFSC	F	20/10/05 9:00	70.737,000	17,69
06098	HSEU	F	20/10/05 21:30	82.333,000	18,10
06098	SFTY	F	20/10/05 21:30	82.178,000	18,10
06098	SSLO	F	20/10/05 21:30	55.777,000	18,10
06062	ES04	F	21/10/05 19:30	51.553,000	17,33
06062	PF	F	21/10/05 19:30	115.660,000	17,33
06141	RM20	F	22/10/05 8:30	57.471,000	11,60
06411	AF08	F	22/10/05 13:00	72.852,000	0,00



06373	AF08	F	22/10/05 15:00	114.167,000	17,97
06373	SFA	F	22/10/05 15:00	52.421,000	17,97
05861	SFKM	F	22/10/05 22:00	76.619,000	14,48
06157	PFH	F	23/10/05 9:00	88.770,000	17,05
06157	SFEU	F	23/10/05 9:00	74.952,000	17,05
06399	AF08	F	24/10/05 14:00	39.313,000	0,00
06204	NTA	F	24/10/05 16:00	73.418,000	17,73
06204	SFA	F	24/10/05 16:00	93.471,000	17,73
06179	SSLO	F	26/10/05 13:00	45.949,000	9,52
06111	SFAR	F	26/10/05 19:00	112.200,000	0,00
06111	SFOB	F	26/10/05 19:00	116.822,000	0,00
06249	AF08	F	27/10/05 4:00	146.583,000	0,00
00614	GUSA	G	27/10/05 9:00	20.573,000	13,52
06016	PFB	F	27/10/05 23:30	87.873,000	14,14
06085	SSSF	F	28/10/05 10:00	151.539,000	17,33
06203	AF08	F	28/10/05 10:30	66.281,000	17,96
06203	SFA	F	28/10/05 10:30	109.477,000	17,96
06063	ES04	F	28/10/05 22:00	54.586,000	17,73
06063	PF	F	28/10/05 22:00	114.088,000	17,73
06108	AF08	F	29/10/05 11:00	48.284,000	17,02
06108	SFAR	F	29/10/05 11:00	95.545,000	17,02
06363	SCSO	F	30/10/05 7:00	42.920,000	0,00
06363	SFAR	F	30/10/05 7:00	131.262,000	0,00
06206	AF08	F	30/10/05 18:00	108.144,000	17,75
06206	SFA	F	30/10/05 18:00	60.396,000	17,75
06384	SFSC	F	31/10/05 16:00	79.322,000	0,00
05369	RM20	F	1/11/05 0:00	45.577,000	0,00
06378	AF08	F	1/11/05 1:00	160.150,000	17,57
00612	GUSA	G	2/11/05 0:00	20.821,000	13,50
06072	RH20	F	2/11/05 2:00	51.015,000	12,02
06191	SFA	F	2/11/05 5:00	176.870,000	0,00
06419	PFB	F	2/11/05 11:00	71.307,000	13,92
06142	RM20	F	2/11/05 12:00	56.057,000	0,00
05779	RM15	F	3/11/05 0:00	45.443,000	9,78
06190	SFA	F	3/11/05 5:00	78.307,000	17,98
06190	SFSC	F	3/11/05 5:00	87.796,000	17,98
06114	SCH7	F	3/11/05 22:00	3.997,000	0,00
06114	SSSD	F	3/11/05 22:00	67.950,000	0,00
06121	AS08	F	4/11/05 10:30	36.500,000	21,20
06121	SFCR	F	4/11/05 10:30	125.356,000	21,20
06121	SFEK	F	4/11/05 10:30	44.000,000	21,20
06121	SSLO	F	4/11/05 10:30	58.500,000	21,20
06196	PFB	F	5/11/05 3:00	170.220,000	17,53
06102	HSEU	F	5/11/05 11:30	60.002,000	16,72
06102	SFTY	F	5/11/05 11:30	119.359,000	16,72

06208	SFA	F	5/11/05 12:00	225.599,000	18,14
00605	AF08	F	6/11/05 13:00	40.547,000	11,00
06169	SFA	F	6/11/05 15:00	176.000,000	21,39
06169	SFSC	F	6/11/05 15:00	111.545,000	21,39
06209	AF08	F	7/11/05 9:30	83.084,000	18,11
06209	SFA	F	7/11/05 9:30	93.010,000	18,11
06383	AF50	F	7/11/05 23:00	82.500,000	18,50
06383	SFSC	F	7/11/05 23:00	82.500,000	18,50
06151	AS05	F	8/11/05 0:00	64.344,000	13,90
06151	PF	F	8/11/05 0:00	7.500,000	13,90
06346	AF08	F	8/11/05 0:27	100.806,000	18,23
06346	SFA	F	8/11/05 0:27	77.704,000	18,23
06180	AF08	F	8/11/05 15:00	41.039,000	9,50
06084	AF03	F	8/11/05 20:00	107.005,000	17,71
06084	SLRI	F	8/11/05 20:00	61.943,000	17,71
00622	GUSA	G	9/11/05 11:00	15.263,000	12,71
06390	AF08	F	9/11/05 12:00	64.504,000	16,09
06390	SFSC	F	9/11/05 12:00	62.896,000	16,09
06210	AF08	F	10/11/05 14:30	54.900,000	17,16
06210	NTA	F	10/11/05 14:30	41.100,000	17,16
06210	SFA	F	10/11/05 14:30	61.001,000	17,16
06077	PFH	F	11/11/05 11:00	92.409,000	16,62
06077	SFEU	F	11/11/05 11:00	65.792,000	16,62
06092	SFKM	F	12/11/05 18:30	72.544,000	13,87
05780	RM15	F	12/11/05 22:00	46.678,000	9,65
06143	RM20	F	13/11/05 17:00	57.957,000	11,63
06427	AF50	F	13/11/05 18:00	146.654,000	17,54
06420	SFSC	F	13/11/05 22:00	73.737,000	14,40
06064	ES04	F	14/11/05 6:00	50.201,000	17,94
06064	PF	F	14/11/05 6:00	117.831,000	17,94
06070	RM20	F	16/11/05 4:00	172.039,000	17,84
06386	AF08	F	16/11/05 15:00	74.722,000	17,50
06386	PFB	F	16/11/05 15:00	87.337,000	17,50
06272	SSBE	F	16/11/05 16:00	71.891,000	13,75
06391	SFA	F	17/11/05 0:30	71.633,000	0,00
06422	SSSD	F	17/11/05 11:00	74.830,000	14,23
06117	AF08	F	17/11/05 18:00	31.629,000	13,88
06117	SFCR	F	17/11/05 18:00	38.937,000	13,88
06144	RM20	F	18/11/05 0:30	57.389,000	11,57
06385	AF50	F	19/11/05 10:00	83.815,000	17,78
06385	SFSC	F	19/11/05 10:00	83.856,000	17,78
06181	AF08	F	19/11/05 16:00	43.158,000	9,51
06066	ES04	F	19/11/05 20:00	30.079,000	17,75
06066	PF	F	19/11/05 20:00	137.328,000	17,75
06119	SCSO	F	20/11/05 23:59	40.324,000	17,58

06119	SFAR	F	20/11/05 23:59	130.022,000	17,58
06182	AF08	F	21/11/05 19:00	44.494,000	9,72
06177	SFA	F	21/11/05 23:59	141.009,000	17,55
06347	AF08	F	22/11/05 9:00	61.939,000	18,03
06347	SFA	F	22/11/05 9:00	122.339,000	18,03
06172	SFA	F	22/11/05 18:00	167.901,000	17,50
06123	SSSD	F	24/11/05 13:00	71.500,000	14,06
06152	AS05	F	24/11/05 23:30	74.355,000	13,99
06345	AF08	F	25/11/05 1:00	131.479,000	17,97
06345	SFA	F	25/11/05 1:00	35.126,000	17,97
06171	AF08	F	25/11/05 13:30	96.121,000	17,80
06171	PFB	F	25/11/05 13:30	71.428,000	17,80
06407	RM15	F	25/11/05 20:00	42.917,000	9,52
06112	NPPM	F	26/11/05 11:45	40.500,000	17,33
06112	SFPM	F	26/11/05 11:45	123.946,000	17,33
06118	AS08	F	26/11/05 21:36	78.174,000	19,50
06118	SFSC	F	26/11/05 21:36	88.980,000	19,50
06118	SLRI	F	26/11/05 21:36	48.655,000	19,50
06214	NTA	F	27/11/05 13:30	64.183,000	16,39
06214	SFA	F	27/11/05 13:30	98.949,000	16,39
06073	RH20	F	28/11/05 16:00	46.413,000	0,00
06201	SFA	F	29/11/05 12:00	137.500,000	0,00
06201	SFSC	F	29/11/05 12:00	154.000,000	0,00
06349	AF08	F	30/11/05 18:00	82.969,000	17,60
06349	SFA	F	30/11/05 18:00	81.266,000	17,60
06110	AS08	F	2/12/05 8:00	101.734,000	18,13
06110	HSEU	F	2/12/05 8:00	48.193,000	18,13
06110	SSLO	F	2/12/05 8:00	70.378,000	18,13
06212	AF08	F	2/12/05 11:30	18.503,000	16,38
06212	SFA	F	2/12/05 11:30	117.151,000	16,38
06078	HSEU	F	2/12/05 19:00	84.687,000	16,80
06078	SFEU	F	2/12/05 19:00	76.191,000	16,80
06120	SFSC	F	3/12/05 0:01	225.056,000	21,20
06120	SLRI	F	3/12/05 0:01	62.950,000	21,20
06175	SFA	F	3/12/05 6:00	181.950,000	17,99
06088	AF03	F	3/12/05 7:00	196.158,000	19,76
06088	HSEU	F	3/12/05 7:00	60.119,000	19,76
06244	PFB	F	3/12/05 9:00	146.018,000	17,08
06125	SCSO	F	3/12/05 18:00	36.480,000	17,26
06125	SFEU	F	3/12/05 18:00	109.925,000	17,26
06158	PFH	F	3/12/05 22:00	82.281,000	16,61
06158	SFEU	F	3/12/05 22:00	80.270,000	16,61
05781	RM15	F	4/12/05 9:00	46.376,000	9,72
06105	AF50	F	4/12/05 9:00	107.942,000	20,14
06105	SFTY	F	4/12/05 9:00	143.432,000	20,14

06348	AF08	F	4/12/05 13:00	148.879,000	17,76
06357	SFA	F	4/12/05 18:00	128.256,000	15,71
00623	GUSA	G	6/12/05 7:00	21.025,000	13,22
06184	SSLO	F	7/12/05 9:00	46.202,000	9,84
06145	RM20	F	7/12/05 10:00	56.792,000	11,55
06080	HSEU	F	8/12/05 12:00	83.730,000	16,77
06080	SFEU	F	8/12/05 12:00	76.766,000	16,77
06116	SFEK	F	9/12/05 13:00	86.591,000	17,31
06116	SFEU	F	9/12/05 13:00	37.470,000	17,31
06116	SLBF	F	9/12/05 13:00	41.621,000	17,31
06430	AF50	F	10/12/05 15:00	55.000,000	18,12
06430	SFSC	F	10/12/05 15:00	121.000,000	18,12
06065	ES04	F	11/12/05 14:30	39.853,000	18,18
06065	PF	F	11/12/05 14:30	120.507,000	18,18
06353	AF08	F	11/12/05 17:30	167.521,000	17,78
00625	HGAU	F	11/12/05 23:00	5.105,000	0,00
00625	PLTU	F	11/12/05 23:00	31.733,000	0,00
06127	AF08	F	12/12/05 15:00	68.527,000	13,72
05068	RM20	F	12/12/05 23:00	157.632,000	17,52
06236	AF08	F	13/12/05 12:00	55.406,000	17,34
06236	PFB	F	13/12/05 12:00	90.975,000	17,34
06130	PFB	F	13/12/05 21:00	145.712,000	17,38
05086	RM20	F	13/12/05 22:00	85.113,000	14,18
00624	GUSA	G	14/12/05 12:00	21.151,000	12,50
06217	NTA	F	14/12/05 14:00	35.676,000	17,73
06217	SFA	F	14/12/05 14:00	113.936,000	17,73
06149	AF08	F	15/12/05 10:00	73.498,000	13,94
06436	AF08	F	15/12/05 23:30	44.000,000	17,21
06436	SFEU	F	15/12/05 23:30	110.915,000	17,21
06273	SSBE	F	16/12/05 8:00	71.677,000	13,81
06154	AS05	F	16/12/05 16:00	68.176,000	14,05
06154	PF	F	16/12/05 16:00	5.947,000	14,05
06211	NTA	F	16/12/05 16:30	33.000,000	17,90
06211	SFA	F	16/12/05 16:30	139.699,000	17,90
06176	PFB	F	16/12/05 19:00	191.569,000	18,54
06153	AS05	F	17/12/05 8:00	66.407,000	13,93
06153	NPPM	F	17/12/05 8:00	5.276,000	13,93
06410	RM15	F	17/12/05 11:00	43.550,000	9,49
06122	SFEU	F	17/12/05 20:00	42.950,000	17,67
06122	SFOB	F	17/12/05 20:00	128.327,000	17,67
06250	AF08	F	18/12/05 1:00	72.324,000	14,01
06129	SCSO	F	19/12/05 8:00	40.374,000	0,00
06129	SFEU	F	19/12/05 8:00	79.019,000	0,00
06129	SLBF	F	19/12/05 8:00	40.159,000	0,00
06087	SFEU	F	19/12/05 11:15	164.993,000	17,42

06247	PFB	F	19/12/05 18:00	162.306,000	17,60
06215	AF08	F	20/12/05 18:00	63.603,000	17,40
06215	SFA	F	20/12/05 18:00	83.172,000	17,40
06128	SSSD	F	21/12/05 15:30	78.521,000	14,67
06238	AF08	F	22/12/05 10:00	87.833,000	18,09
06238	SFA	F	22/12/05 10:00	82.729,000	18,09
06146	RM20	F	22/12/05 15:00	56.927,000	11,65
06382	AF08	F	23/12/05 1:00	44.304,000	9,51
06372	AF08	F	24/12/05 3:00	40.030,000	17,47
06372	SFA	F	24/12/05 3:00	126.850,000	17,47
06187	AF08	F	24/12/05 12:00	36.338,000	9,70
06091	AF03	F	25/12/05 16:00	169.106,000	17,72
05774	RM15	F	25/12/05 17:00	43.509,000	9,56
06421	HSEU	F	25/12/05 20:00	75.789,000	16,81
06421	PFH	F	25/12/05 20:00	82.500,000	16,81
06109	AF50	F	25/12/05 23:30	111.404,000	18,01
06109	AS08	F	25/12/05 23:30	92.924,000	18,01
06235	SFA	F	26/12/05 13:00	146.170,000	17,55
06126	AF08	F	26/12/05 16:00	133.099,000	18,07
06126	SFEU	F	26/12/05 16:00	90.964,000	18,07
06434	SFA	F	27/12/05 19:30	75.227,000	14,12
06148	AF08	F	28/12/05 8:00	71.355,000	13,60
06155	AS05	F	29/12/05 9:00	70.234,000	13,92
06371	RH20	F	29/12/05 23:30	43.815,000	11,62
06124	SFEK	F	30/12/05 17:00	93.831,000	19,40
06124	SFEU	F	30/12/05 17:00	122.955,000	19,40

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)