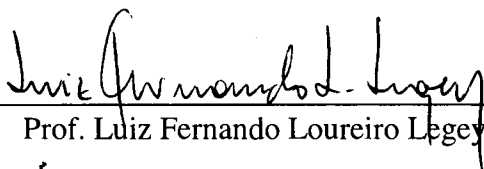


A EXPANSÃO DO TERMINAL DE CONTÊINERES DE SEPETIBA:
UMA APLICAÇÃO DA DINÂMICA DE SISTEMAS E
CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS

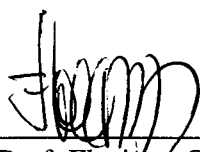
Alexandre de Carvalho Leal Neto

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

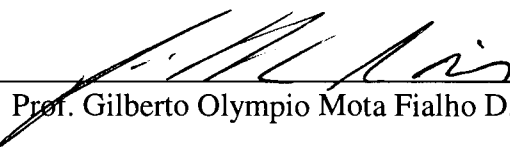
Aprovada por:



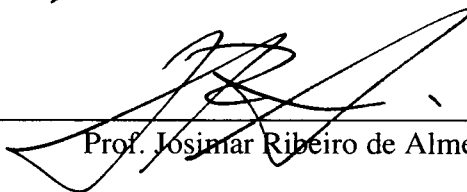
Prof. Luiz Fernando Loureiro Legey, Ph.D.



Prof. Floriano Carlos Martins Pires Junior D.Sc.



Prof. Gilberto Olympio Mota Fialho D.Sc.



Prof. Josimar Ribeiro de Almeida D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JUNHO DE 2000

LEAL NETO, ALEXANDRE DE CARVALHO

A Expansão do Terminal de Contêineres
de Sepetiba: Uma Aplicação da Dinâmica de
Sistemas e Considerações Ambientais [Rio
de Janeiro] 2000

VIII, 150 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,
Planejamento Energético, 2000)

Tese - Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Porto de Sepetiba
2. Dinâmica de Sistemas
3. Contêiner

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Aos meus pais
Alexandre (in memorian) e Marly
exemplos de dignidade

minha homenagem e gratidão

À Flavia e Thiago
fontes de afeição

dedico.

AGRADECIMENTOS

À Companhia Docas do Rio de Janeiro, por me conceder a oportunidade de cursar o mestrado e, em particular, à Direção do Instituto de Pesquisas Hidroviárias pelo estímulo e apoio.

Ao Prof. Luiz Fernando L. Legey um agradecimento especial pelo incentivo e interesse demonstrado como orientador desta dissertação.

Ao Prof. Luiz Eduardo D. Dutra pelo constante encorajamento durante a realização deste trabalho.

Aos Profs. Hildebrando de A. G. Filho, Júlio de A. Gonzalez e Luís Felipe Assis pelos esclarecimentos prestados e pela literatura cedida.

Aos colegas de CRDJ, Dina, Laura, Camilo, Danilo, Itamar e Washington pelo interesse e presteza com que me atenderam fornecendo valiosas informações.

À Luiz Henrique de V. Carneiro pelo material de pesquisa cedido.

Aos colegas do grupo de dinâmica de sistemas Alexandre, Marcela, Marina, Ricardo, Silvio e Wanderley pela rica troca de experiências no software STELLA.

Aos funcionários do PPE pela gentileza com que sempre me atenderam.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

A EXPANSÃO DO TERMINAL DE CONTÊINERES DE SEPETIBA:
UMA APLICAÇÃO DA DINÂMICA DE SISTEMAS E
CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS

Alexandre de Carvalho Leal Neto

Junho/2000

Orientador: Luiz Fernando Loureiro Legey

Programa: Planejamento Energético

Este trabalho desenvolve um estudo da ampliação do porto de Sepetiba e, em particular, da implantação e expansão do terminal de contêineres. São analisados planos de expansão de outros terminais no eixo Rio – Santos e algumas projeções de movimentação de contêineres.

Nesse contexto, é elaborado um modelo, baseado na técnica de dinâmica de sistemas, através do software STELLA, que é utilizado para simular cenários de crescimento de carga movimentada em contêineres, testando diferentes configurações e hipóteses.

Ao final da dissertação, são apresentados alguns aspectos gerais dos problemas ambientais causados por atividades portuárias.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

SEPETIBA CONTAINER TERMINAL EXPANSION:
A SYSTEM DYNAMIC APPROACH AND
ENVIRONMENTAL CONSIDERATIONS

Alexandre de Carvalho Leal Neto

June/2000

Advisor: Luiz Fernando Loureiro Legey

Department: Energy Planning

This work presents a study on the enlargement of port of Sepetiba and, in particular, the implantation and expansion of the container terminal. Plans for expansion of other terminals in the axis Rio - Santos and some projections of container throughput are analyzed.

In that context, a model, based on the technique of system dynamics, was built. The model was implemented through the STELLA software, and was used to simulate scenarios of throughput increase, testing different configurations and assumptions.

At the end of the dissertation, some general aspects of the environmental problems caused by port activities are presented.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Revisão da Modelagem de Dinâmica de Sistemas	4
2.1. Histórico da Dinâmica de Sistemas	4
2.2. Formulação	7
2.2.1. Objetivo	7
2.2.2. Fronteiras do Sistema e Variáveis-Chave.....	8
2.2.3. Marcos de Referência	9
2.2.4. Elementos de Construção de um Modelo de Dinâmica de Sistemas.....	9
2.3. Processo de Retroalimentação	11
3. Porto de Sepetiba	13
3.1. Histórico	13
3.2. Caracterização do Ambiente.....	14
3.3. Área de Influência	16
3.4. Acessos Terrestres	17
3.4.1. Acesso Rodoviário.....	17
3.4.2. Acesso Ferroviário.....	17
3.4.3. Condicionantes Estratégicos.....	18
3.5. Acesso Marítimo.....	19
3.6. Passado Recente	20
3.6.1. Instalações	21
3.6.2. Movimentação de Cargas	24
3.6.3. Movimentação de Navios	29
4. A Expansão do Porto de Sepetiba.....	32
4.1. Desenvolvimento da Legislação Portuária no Brasil.....	32
4.2. O Novo Papel dos Portos no Transporte Internacional	34
4.3. Perspectivas de Expansão.....	39
4.3.1. Cenários de Evolução do PIB	39
4.3.2. Comparação entre o PIB e o Movimento Geral de Cargas.....	41
4.3.3. Fluxos de Cargas	43

4.4. Movimentação de Contêineres	49
4.4.1. Portos do Rio de Janeiro e Santos	49
4.4.2. Movimentação Mundial e na América Latina	54
4.4.3. Projeções de Movimentação	56
4.4.4. Análise das Projeções	61
5. Modelo de Simulação	63
5.1. Setor Projeção de Carga.....	68
5.2. Setor Perfil dos Navios	68
5.3. Setor Produtividade dos Guindastes	70
5.4. Setor Infra-estrutura.....	72
5.5. Setor Tempo de Espera.....	76
6. Simulações Realizadas	79
6.1. Cenário Otimista.....	79
6.2. Cenário Conservador	85
6.3. Cenário Alternativo	86
7. Problemas Ambientais Causados por Atividades Portuárias.....	96
7.1. Aplicações do modelo SIMTECO	104
7.1.1. Gestão de Resíduos Sólidos.....	106
7.2. Instrumental normativo.....	107
7.2.1. Participação da Autoridade Portuária	108
8. Conclusões.....	110
Referências Bibliográficas.....	114
Anexo 1 - Tabelas de Movimentação de Contêineres	119
Anexo 2 - Elementos da Teoria das Filas	126
Anexo 3 – Análise dos Navios nos Terminais de Contêineres do Rio de Janeiro.....	135
Anexo 4 – Equações do Modelo SIMTECO	144

1. Introdução

Durante o ano de 1997, o projeto da Modernização do Porto de Sepetiba era um dos centros das atenções no Estado do Rio de Janeiro, devido às expectativas de o porto tornar-se elemento dinamizador da economia da bacia da baía de Sepetiba. Como uma das 42 obras do Programa Brasil em Ação (1996-1999), o Governo Federal realizou investimentos no valor de R\$ 351,4 milhões para ampliar a capacidade operacional do porto; com a execução de obras de dragagem dos 22 km de extensão do canal de acesso, a implantação da infra-estrutura básica do terminal de carga geral – destinado principalmente à movimentação de contêineres e produtos siderúrgicos – e a implantação da infra-estrutura básica do terminal de grãos.

A ampliação do porto de Sepetiba foi tema de vários estudos, em diversas áreas de conhecimento. Este empreendimento deverá ter importantes reflexos diretos na parte Oeste da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e nos municípios da bacia da baía de Sepetiba; bem como, no resto do Estado do Rio de Janeiro e no Brasil. Dentre os principais trabalhos, pode-se destacar dois de maior vulto:

- “Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba”, coordenado pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro; e
- “Porto de Sepetiba: Cenários, Impactos e Perspectivas”, projeto interinstitucional realizado por pesquisadores da UFRJ e UFRRJ, com financiamento da FINEP.

O objetivo desta dissertação foi contribuir para a compreensão da influência do porto de Sepetiba, tratando da questão de sua expansão. No capítulo 2 é apresentada uma abordagem sobre a denominada “dinâmica de sistemas”. Essa técnica tem suas raízes nas ciências de engenharia e administração, usufruindo da mesma conceituação aplicada inicialmente aos sistemas eletromecânicos, e constitui-se em uma ferramenta útil para a análise de sistemas sociais, econômicos, físicos, químicos, biológicos e ecológicos.

Procurou-se nesse capítulo identificar alguns fatores importantes a serem considerados durante um processo de modelagem. São descritos, então, os elementos de construção utilizados pela linguagem de programação gráfica STELLA, cuja escolha foi feita em função de suas diversas facilidades de elaboração e simulação de modelos. São ainda comentadas as particularidades dos processos de retroalimentação, aspecto básico da dinâmica de sistemas.

Nos capítulos 3 e 4 é feita uma análise do porto de Sepetiba. O capítulo 3 contém um breve histórico do porto de Sepetiba e uma identificação do ambiente no qual se situa. Segue-se uma exposição das características do porto (acessos, instalações, movimentação de cargas e navios) sob um olhar anterior ao projeto de ampliação. Embora existam dados mais atualizados do que os que foram aqui examinados, o objetivo foi pesquisar o período coberto desde a inauguração até a privatização.

No capítulo 4 são realizadas considerações sobre as perspectivas do porto de Sepetiba. Começando por uma revisão concisa da legislação portuária brasileira, procurou-se situar a expansão do porto no contexto da nova organização portuária nacional, estabelecida a partir da implementação da Lei nº 8.630/93. Buscou-se também observar o contexto de mudanças no comércio internacional e no transporte marítimo, que vêm trazendo como resultado um processo de ajuste nos portos, devido ao surgimento de uma nova filosofia comercial.

A partir da investigação da potencialidade das principais cargas passíveis de serem atraídas para o porto de Sepetiba, procurou-se mostrar a evolução esperada na movimentação dessas cargas. Especial atenção foi dada à análise das projeções de movimentação de contêineres, em conjunto com o estudo dos planos de expansão dos terminais do eixo Rio – Santos, e das tendências de crescimento mundial e na América Latina, observadas entre 1997 e 1998.

Os capítulos subseqüentes discorrem sobre o modelo *SIMTECO* desenvolvido no âmbito do presente trabalho. Primeiramente é descrita, no capítulo 5, a estrutura do modelo, indicando-se a relação entre as principais variáveis utilizadas nos cinco setores que o compõe.

O leitor interessado nos detalhes do modelo poderá consultar o anexo com a listagem das equações que fazem parte do modelo, na forma da linguagem STELLA.

No capítulo 6 são elaboradas diversas simulações visando analisar a demanda por berços, o números de navios trafegando e aspectos da utilização do porto, em função de parâmetros de eficiência e características da carga e dos navios. Como as projeções futuras sempre trazem incertezas, e o horizonte de planejamento da movimentação de carga, adotado até 2020, é longo, são considerados três diferentes cenários, representados por diferentes taxas de crescimento e movimentação inicial.

A questão do meio ambiente é tratada no capítulo 7. Os problemas ambientais estão adquirindo cada vez maior relevância e tornando-se uma das principais preocupações dos administradores portuários. Navios e cargas são fontes de poluição na área portuária, juntamente com as atividades industriais desenvolvidas em áreas próximas.

O objetivo inicial era tratar especificamente dos impactos ambientais relacionados ao porto de Sepetiba. Entretanto, esse assunto já foi amplamente discorrido em Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e respectivos Relatórios (RIMA) dos projetos relativos ao porto. Nesse capítulo, portanto, optou-se por discutir, de um modo geral, os aspectos ambientais mais importantes relacionados às atividades portuárias.

No oitavo e último capítulo são apresentadas as conclusões deste trabalho, comentando-se sobre os questionamentos que envolvem o futuro do porto de Sepetiba.

A dissertação traz, ainda, em anexo uma breve descrição sobre os elementos e conceitos da Teoria das Filas.

Finalmente, cabe ressaltar a importância que tiveram para a presente dissertação, as publicações de três órgãos da Nações Unidas (UNCTAD, ESCAP e CEPAL). Essas publicações, algumas das quais foram obtidas gratuitamente, através da Internet, são fruto do trabalho desses órgãos, cuja contribuição para o estudo das questões portuárias e de transporte marítimo, é bastante relevante.

2. Revisão da Modelagem de Dinâmica de Sistemas

2.1. Histórico da Dinâmica de Sistemas

O campo de estudo conhecido como dinâmica de sistemas vem se desenvolvendo há mais de 40 anos. Em 1956 o Professor Jay Wright Forrester, estando na Sloan School of Management do Massachusetts Institute of Technology-MIT, começou a aplicar os princípios do controle de retroalimentação, de sua pesquisa eletro-mecânica, a problemas de gerenciamento de corporações. O primeiro artigo baseado neste trabalho apareceu na Harvard Business Review em 1958 “*Industrial Dynamics - A Major Breakthrough for Decision Makers*”. Este artigo se tornou o capítulo dois do livro *Industrial Dynamics*, publicado em 1961 (Forrester, 1989).

Para as simulações foi usado um compilador chamado SIMPLE (*Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations*) que posteriormente deu origem ao DYNAMO¹, uma linguagem desenvolvida especificamente para a análise de modelos de dinâmica de sistemas.

Urban Dynamics foi o primeiro trabalho de modelagem de dinâmica de sistemas que produziu maiores reações. Ele sugere que a maioria das políticas urbanas que os Estados Unidos vinham seguindo geravam o oposto do resultado pretendido, seja do ponto de vista da cidade como instituição, ou dos residentes de baixa renda e desempregados.

O declínio econômico nas cidades americanas nos anos 60 produziu sintomas de alto desemprego e deterioramento habitacional. Assim, era aparentemente natural combater tais sintomas por intervenção governamental, construindo moradias de baixo custo para revitalizar as áreas do centro das cidades.

Entretanto, a modelagem utilizada por Forrester mostrou que tais áreas urbanas já tinham mais moradias de baixo custo do que a economia da cidade poderia sustentar. O programa de construção de mais moradia deste tipo, meramente ocupava terrenos que poderiam, ao contrário, estar sendo usados para negócios geradores de empregos; enquanto que, ao mesmo tempo, atraía pessoas desempregadas a procura de trabalho.

¹ Uma das aplicações da linguagem DYNAMO no Brasil foi a modelagem do sistema MOBIL – Movimento Brasileiro de Alfabetização, realizada através da dissertação de mestrado “Modelo Dinâmico para Sistema de Educação” (Oliveira, 1976).

A mensagem implícita na abordagem de Forrester é evitar atacar sintomas até que as causas desses tenham sido identificadas, e uma política tenha sido encontrada que possibilite ao sistema corrigir o problema por si próprio.

Uma característica geral dos sistemas está na alta resistência a mudanças políticas. A maior parte das políticas num sistema tem pequeno efeito em seu comportamento por causa da habilidade do sistema para compensar conseqüências de mudanças (Forrester, 1991).

Em junho de 1970, Forrester foi convidado pelo Clube de Roma para um encontro em Berna na Suíça. Os problemas lá discutidos tornaram-se a base para o modelo *World Dynamics* que foi apresentado ao Comitê Executivo do Clube numa reunião no mês seguinte no MIT. O Comitê Executivo decidiu apoiar um estudo de dois anos para ir além do que havia sido apresentado, conseguindo que a Volkswagen Foundation sustentasse a pesquisa que produziu o livro *The Limits to Growth*, publicado em 1972, que se tornou um *best-seller*, vendendo 9 milhões de cópias em 29 idiomas.

O livro provocou intenso debate pelo modo como tratava questões num mundo dividido, no qual ações políticas e comerciais são dominadas por objetivos de curto prazo, enquanto que ao mesmo tempo objetivos pessoais permanecem de longo prazo. Nele se descreve o futuro da economia global, a partir de investigações das causas e conseqüências do crescimento. Na época, foram três principais as conclusões:

1. Se as tendências de crescimento atuais na população mundial, industrialização, poluição, produção de alimentos e consumo de recursos continuassem inalteradas, o limite do crescimento seria alcançado em algum momento nos próximos 100 anos. O resultado mais provável seria um repentino e incontrolável declínio na população e na capacidade industrial.

2. É possível alterar essas tendências e estabelecer uma condição de estabilidade ecológica e econômica que seja sustentável a longo prazo. O estado de equilíbrio global pode ser projetado de modo que as necessidades materiais básicas de cada pessoa sejam satisfeitas e cada pessoa tenha igual oportunidade de realizar seu potencial individual.

3. Se as pessoas se empenharem na segunda opção, o quanto antes se começar a trabalhar para alcançar esses objetivos, maiores são as chances de sucesso.

Passados 20 anos desde que o livro foi lançado, muito se trabalhou nesses desafios, buscando maior eficiência energética, novos materiais e tecnologias, prevenção de poluição, reciclagem e agricultura ecológica. Entretanto outros fatores levaram a uma diminuição da capacidade de suporte da Terra, mostrando a realidade do tema “limites do crescimento”. Dentre esses fatores vale citar: o desperdício de recursos; a poluição dos rios; a chuva ácida, danificando florestas; as incertezas quanto à disposição de lixo atômico; além da fome em várias partes do mundo e pressões sociais.

Os autores do livro *The Limits to Growth* se reuniram pretendendo fazer uma atualização para uma nova publicação. No entanto suas conclusões – ao compilar novos números, rodar o modelo anterior chamado World3 (originalmente programado em DYNAMO) e analisar os dados – foram de que a continuação de muitas tendências de crescimento tinham levado a sociedade à uma nova posição em relação aos seus limites. Apesar das melhorias tecnológicas, de maior consciência e políticas ambientais mais fortes, muitos recursos e fontes de poluição estavam além de seus limites sustentáveis.

Segundo Meadows et al. (1992) “Algumas opções para sustentabilidade diminuíram mas outras se abriram. As idéias de limites, suficiência, equidade e eficiência não são barreiras, obstáculos ou ameaças, elas são um guia para um novo mundo”.

O modelo foi “traduzido”, na versão World3/91, para poder ser simulado usando o software STELLA. Os autores reescreveram suas conclusões, afirmando que uma sociedade sustentável é ainda técnica e economicamente possível, requerendo um cuidadoso equilíbrio entre objetivos de longo e curto prazo.

Atualmente existe no MIT um Projeto de Educação de Dinâmica de Sistemas que vem desenvolvendo material de ensino e procurando introduzir os princípios e características dos sistemas e as inter-relações entre a estrutura e o comportamento de modelos dinâmicos em escolas americanas, do jardim de infância ao 12º ano.

Um aspecto importante na utilização que a dinâmica de sistemas vem tendo se deve em parte a disponibilidade de novos *softwares* que incorporam elementos de técnicas de computação gráfica, como o STELLA, Powersim e Vensim. Esses *softwares* mostram como as variáveis temporalmente são afetadas, com diferentes hipóteses, e proporcionam uma forma útil de se descrever sistemas, permitindo construir modelos de simulação numa forma simples, com diagramas construídos graficamente, num esquema que consiste de objetos como palavras, caixas, válvulas, setas e comentários.

2.2. Formulação

Embora não haja nenhuma “receita” para o desenvolvimento de um modelo, existem alguns estágios que são comumente seguidos. O primeiro estágio do processo de construção de um modelo é chamado de formulação. O objetivo nesse estágio de concepção é chegar a um esboço do sistema que seja capaz de reproduzir as principais características do problema que se quer analisar.

As simulações fornecem o comportamento implícito das hipóteses assumidas. As mudanças na política podem ser feitas e as alterações resultantes determinadas, sem qualquer dúvida, dentro do contexto do modelo, cuja consistência interna produz persuasão. Dentro do processo de modelagem consistência interna não é suficiente. Um argumento pode ser internamente consistente e ainda assim errado em comparação com o mundo real.

Se o modelo é elaborado conceitualmente de forma equivocada, vai gerar resultados sem utilidade ou significado para o fim a que se dirige, ou pior, poderá fornecer resultados que conduzirão a conclusões equivocadas e a políticas pouco eficazes.

Os passos essenciais na fase de elaboração conceitual do modelo, conforme Randers (citado em Albin, 1997) são:

1. Definir o objetivo do modelo.
2. Definir os contornos do modelo e identificar suas variáveis-chave.
3. Descrever o comportamento ou delinear os modos de referência das variáveis-chave.
4. Fazer um diagrama dos mecanismos básicos, os processos de retroalimentação, do sistema.

2.2.1. Objetivo

O primeiro passo do processo para estabelecer o objetivo do modelo, é uma decisão em duas partes: a focalização em um problema específico e a definição da exata audiência à qual o modelo se dirige. Após a definição do objetivo do modelo, passa a ser possível fazer as próximas escolhas das variáveis e da estrutura.

A formulação do problema torna claro qual será o objetivo, que deve se referir a algum tipo de ação ou comportamento no tempo que o modelo tentará analisar. Sem especificar um objetivo é difícil implementar um sistema e decidir quais os componentes importantes.

O objetivo do modelo usualmente recai em uma das seguintes categorias:

- tornar claro o conhecimento e a compreensão do sistema;
- descobrir políticas que irão melhorar o comportamento do sistema; e
- capturar modelos mentais e servir de um meio de comunicação e de unificação.

2.2.2. Fronteiras do Sistema e Variáveis-Chave

Quando se constrói um modelo é preciso definir claramente as fronteiras do sistema que contém os componentes presentes no modelo final. Primeiramente, se procura listar todos os componentes julgados necessários para criar um modelo do sistema, incluindo mesmo aqueles que não se esteja seguro de sua necessidade. Esta lista é referida como lista inicial de componentes (Albin, 1997).

Ao selecionar componentes, algumas orientações devem ser seguidas:

- não excluir nada que seja necessário para gerar e representar apropriadamente o comportamento de interesse estabelecido como propósito do modelo. Por outro lado, não incluir nada que seja desnecessário.

- agregar conceitos similares desde que ao fazer isto não se mude a natureza do problema que está sendo modelado. Um menor número de componentes ajuda a evitar complicações desnecessárias.

Ainda na especificação da fronteira do sistema a ser estudado, é preciso separar a lista inicial de componentes em dois grupos:

- endógeno – são variáveis geradas dentro do próprio modelo, por exemplo, os componentes envolvidos nos processos de retroalimentação pelo sistema.

- exógeno – são variáveis definidas fora do modelo, por exemplo, componentes cujo valor não é diretamente afetado pelo sistema - variável de ambiente - cenário, variáveis de controle (política ou gestão), recursos e dotações iniciais.

Uma parte importante neste processo envolve um exame das implicações de escolhas de fronteiras alternativas. Uma determinada fronteira, pode limitar ou afetar a natureza das observações e entendimentos que a análise pode conduzir (Morgan e Henrion, 1990). A Figura 1 ilustra um processo de decisão.

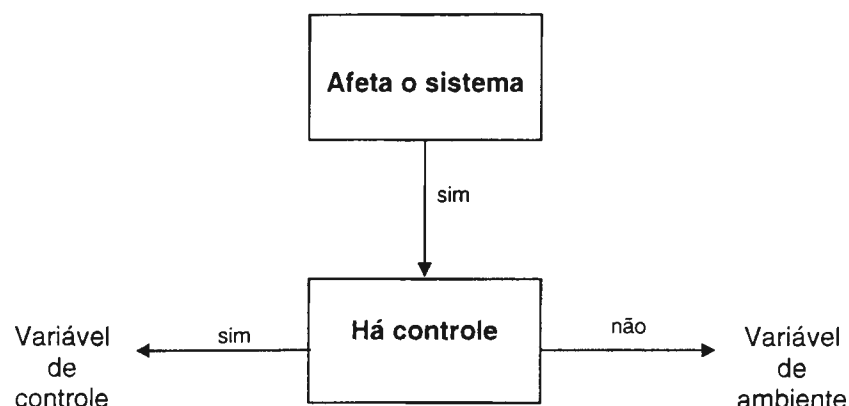


Figura 1 – Divisão de Componentes do Sistema

2.2.3. Marcos de Referência

Marco de referência é uma descrição de um padrão de comportamento de variáveis chave do sistema ao longo do tempo. O gráfico de um marco de referência tem o tempo no eixo horizontal e unidades da variável no eixo vertical. Estes gráficos temporais das variáveis chave são freqüentemente úteis, tanto antes, como depois de o modelo ser construído. Os marcos de referência podem se referir a comportamentos passados ou futuros. Representam dados históricos ou o que se espera venha a acontecer. São, ainda, uma indicação para a estrutura apropriada do modelo, e podem ser úteis na verificação da plausibilidade do modelo que foi construído.

A dinâmica de sistemas busca determinar qual a estrutura que é capaz de gerar os marcos de referência. As representações a serem utilizadas no enfoque de dinâmica de sistemas são os diagramas causais ou de estoques e fluxos.

2.2.4. Elementos de Construção de um Modelo de Dinâmica de Sistemas

Após a decisão sobre a estrutura, o próximo passo é traduzir a descrição original dos mecanismos básicos para instruções computacionais, num modelo de dinâmica de sistemas que pode ser representado, por exemplo, por meio do *software* STELLA (High Performance Systems, 1997). Os símbolos, vistos na Figura 2, de uso relativamente simples, são quatro elementos estruturais: estoques, fluxos, conversores e conectores que precisam ser definidos e suas relações estabelecidas, usando equações, tabelas e gráficos.



Figura 2 – Ferramentas do Software STELLA para Construção de Modelos

Estoque - elemento básico da construção do modelo, é também conhecido como variável de nível. Estoques são a acumulação dentro do sistema, o valor presente que resulta da diferença acumulada entre o influxo e o efluxo (a integral no tempo de fluxos líquidos). É importante notar que a unidade de medida de um componente do sistema não serve para distinguir estoques de fluxos. Alguns estoques são definidos através de medidas que consideram o fator tempo e isto pode causar confusão. Um teste para determinar se uma variável é um estoque ou fluxo é verificar se a variável vai ou não continuar a existir (e ter sentido) num sistema que tenha sido separado do resto. Se toda a atividade, em forma de fluxos cessar, os estoques vão ainda existir.

Fluxo - desenhado como um tubo e um regulador de fluxo, é a taxa de mudança de um nível que aumenta ou diminui seu conteúdo. As taxas definem o presente, fluxos instantâneos que produzem as variações entre estoques no sistema e correspondem à atividade. Os níveis (estoques) medem o estado resultante, ao qual o sistema foi levado pela atividade (fluxos) (Forrester, 1961). A menos que não haja conversão de unidade, a unidade de medida do fluxo é sempre a mesma unidade do estoque dividida por uma medida de tempo.

A Figura 3 esquematiza a relação existente entre os estados do sistema (estoques e/ou indicadores da situação do sistema), representando a variação entre o estado X_t e X_{t+1} como consequência dos fluxos presentes entre t e $t+1$.

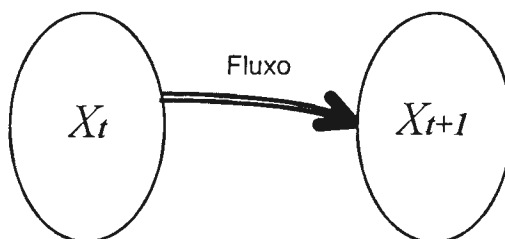


Figura 3 – Estados do Sistema

Conversor - representado por um círculo, serve para vários propósitos. É usado para armazenar valores constantes ou manipular e converter entradas, através de cálculos auxiliares por intermédio de equações, gerando valores de saída para uso em outra variável. Pode substituir uma representação de estoque/fluxo sempre que não haja preocupação com os processos que enchem ou drenam um estoque. São empregados para explicitar os detalhes de uma lógica que de outra maneira ficaria oculta.

Conector - representado por uma seta que conecta variáveis, é utilizado para mostrar causalidade e permite a transmissão de informação entre fluxos e conversores, mas nunca entre estoques (apenas fluxos podem mudar os estoques).

2.3. Processo de Retroalimentação

O processo de retroalimentação, aspecto fundamental da dinâmica de sistemas, é um caminho fechado que conecta uma ação ao seu efeito endógenamente ao modelo, o qual por sua vez pode influenciar ações adiante.

As retroalimentações entre os componentes de um sistema que está sendo modelado ocorrem quando a mudança em uma variável afeta outras variáveis ao longo do tempo, as quais por sua vez, afetam a variável original, e assim por diante.

As relações de retroalimentação dão aos modelos de dinâmica de sistemas um caráter distinto, e os distinguem dos modelos que se obtêm através da utilização, por exemplo de uma planilha. Normalmente, os sistemas apresentam dois tipos de processos de retroalimentação: negativa e positiva.

A retroalimentação negativa existe se a mudança num componente, conduz a uma resposta em outro que contraria a mudança original, criando estabilidade. Os sistemas obtêm assim, através desse processo, uma capacidade de auto-estabilização. Vários sistemas são estáveis dentro de uma faixa de variação mas falham abruptamente quando levados além de seus limites, o que provoca uma “quebra” da retroalimentação negativa.

O processo de retroalimentação negativa tende a contrariar qualquer distúrbio; exibe um comportamento “busca de objetivo” (*goal-seeking*), onde a diferença entre o estado corrente do sistema e o estado desejado induz o sistema a mover-se para o estado desejado. Quanto mais perto o estado do sistema está de seu objetivo, menor será a taxa de variação, até que o sistema atinja este objetivo (Zhu, 1996). A busca de objetivos promove condições de o sistema permanecer “na direção correta”. Quando desvios

ocorrem, as relações de retroalimentação se manifestam e, então, através de ações corretivas criam condições para trazer o sistema de volta ao rumo. A busca de objetivos, no entanto, não significa, sempre, o atingimento de objetivos (*goal-achieving*).

Além da situação na qual a retroalimentação negativa deixa de operar - devido à amplitude das mudanças ocorridas no sistema - existem outros casos onde surge um tipo de processo diferente, chamado de retroalimentação positiva, que está presente se a alteração num componente leva a uma alteração em outro que reforça o processo original. Na realidade, esse último tipo de processo está presente na maioria das grandes mudanças ocorridas no sistema.

A retroalimentação positiva tende a amplificar qualquer distúrbio, levando o sistema para fora do equilíbrio. Seu comportamento característico é o de um crescimento exponencial que produz um grande aumento de valores de estoque num curto período de tempo. Muitos sistemas usam este potencial para reagir rapidamente a mudanças, desenvolvendo mecanismos para interromper o ciclo antes que se atinja níveis destrutivos.

Sistemas simples com retroalimentação podem ser modelados com o STELLA como mostrado na Figura 4.

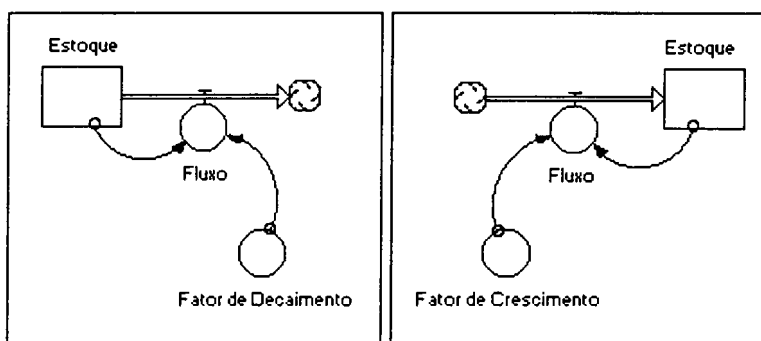


Figura 4 – Modelos do STELLA de Retroalimentação Negativa e Positiva

O processo de retroalimentação pode ser dirigido por relações não-lineares que estão presentes se uma variável de controle não depende de outras variáveis de uma forma linear mas varia, por exemplo, com a raiz quadrada de alguma outra variável. Como resultado, os sistemas modelados podem exibir comportamentos dinâmicos complexos.

3. Porto de Sepetiba

3.1. Histórico

Em 1973 o governo do então Estado da Guanabara promoveu estudos de viabilidade para a implantação de um terminal marítimo na região de Santa Cruz, destinado a atender, principalmente, ao complexo industrial que viria a ser implantado naquela área. O projeto foi viabilizado com a participação de órgãos do setor oficial e entidades financeiras (BNDE, FINAME, BD-RIO, PORTOBRAS).

Com a fusão dos Estados da Guanabara e Rio de Janeiro, a implantação do porto ficou a cargo da Companhia Docas do Rio de Janeiro - CDRJ. As obras de construção do píer foram iniciadas em 1976, seguidas em 1977 pela dragagem, enrocamento e aterro hidráulico. O porto foi inaugurado em 7 de maio de 1982, com a entrada em operação do Terminal de Carvão, arrendado desde 10 de julho de 1997 pela Companhia Siderúrgica Nacional - CSN.

A idéia de se associar ao porto de Sepetiba um processo polarizado de industrialização, presente desde a primeira concepção dos anos 1970, foi retomada pela administração estadual do Rio de Janeiro, quando o projeto apareceu como prioridade destacada de governo, contando com apoio federal (Projeto Brasil em Ação).

O Terminal de Exportação de Minério de Ferro do porto de Sepetiba, é o resultado do contrato de arrendamento, assinado em 19 de dezembro de 1996, entre a CDRJ e a Companhia Portuária Baía de Sepetiba - CPBS, consórcio formado pela Ferteco Mineração, pela construtora Camargo Corrêa e pelo grupo Soros, que pagou US\$ 110 milhões pelos 25 anos de concessão. O objetivo é obter uma alternativa mais econômica para exportar o minério de ferro das minas localizadas no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, de propriedade da Ferteco, sócia majoritária da CPBS.

Inaugurado em 29 de junho de 1998, o TECON 1 atende à primeira etapa do Plano Diretor Portuário para ampliação e modernização do porto de Sepetiba, com a implantação do terminal de contêineres. Em fevereiro de 1999, foi assinado o Termo de Transferência para o consórcio Sepetiba-Tecon S.A. (CSN/CVRD) que arrendou o terminal por R\$ 92,965 milhões pelo prazo de 25 anos. Como exigência do edital, da contratação de uma empresa de operação portuária com experiência, o consórcio Sepetiba-Tecon fechou contrato com a Eurokai – recentemente fundida com a também alemã Bremen Hafen, formando a Eurogate – por um período de três anos.

3.2. Caracterização do Ambiente

A Baía de Sepetiba está situada no sul do Estado do Rio de Janeiro (Figura 5), a cerca de 50 km do centro da capital. É um corpo d'água semiconfinado, com cerca de 305km² de área, limitado ao sul pela Restinga da Marambaia, ao norte e à leste pelo continente, e à oeste faz limite com a baía da Ilha Grande, tendo em seu interior uma cadeia de ilhas.

O litoral norte é caracterizado por pequenas praias e estuários, separados por pontas rochosas. A restinga da Marambaia, com comprimento de 40km, é uma barragem de areia que funciona como abrigo natural ao ataque de ondas. A ligação com o oceano Atlântico é feita através de passagens e canais existentes entre o continente e as ilhas de Itacuruça, Jaguanum e Pombeba.

À leste, na altura de Barra de Guaratiba a baía é ligada ao mar por um canal. Ao fundo (Santa Cruz, Sepetiba e Guaratiba) possui cerca de 40km² com vegetação costeira de manguezais notabilizada pela alta fertilidade e produtividade de inúmeras espécies da biota. Esta comunidade biológica diversificada, constitui-se num importante criadouro natural de espécies de grande interesse comercial. Os rios e canais que deságuam na baía drenam uma extensa bacia de cerca de 2.654km², que inclui áreas agrícolas, zonas industriais e urbanas; além das águas provenientes das transposições de bacias.

“A baía de Sepetiba tem de 2 a 12m de profundidade, exceto nos canais onde a profundidade é maior. Aproximadamente 50% de sua área tem profundidade inferior a 6 metros. O maior aporte de sedimentos à baía se dá pelos rios. A taxa de sedimentação da baía é estimada em 0,3 a 1,0cm por ano” (RIO DE JANEIRO.SEMA, 1997a).

Nesse ambiente se insere o Porto de Sepetiba. Situa-se na costa norte da baía, nas coordenadas geográficas 043° 50'W de longitude e 22° 56'S de latitude, no município de Itaguaí, ao sul e a leste da Ilha da Madeira. A região é caracterizada como periférica em relação a alguns dos principais centros metropolitanos do Estado Rio de Janeiro e vem apresentando uma aceleração do crescimento pela introdução de unidades industriais e adensamento de populações, fruto do processo de expansão urbana da cidade do Rio de Janeiro na direção oeste.

O Terminal de Carvão e Alumina de Sepetiba foi concebido para transformar-se em um Complexo Portuário e Industrial. Esta expectativa se deve entre outros fatores que privilegiam este terminal, à sua localização no mais importante entorno

geo-econômico do Brasil, a região sudeste. Próximo ao Distrito Industrial de Itaguaí, o porto não está ameaçado pela expansão dos centros urbanos mais próximos.

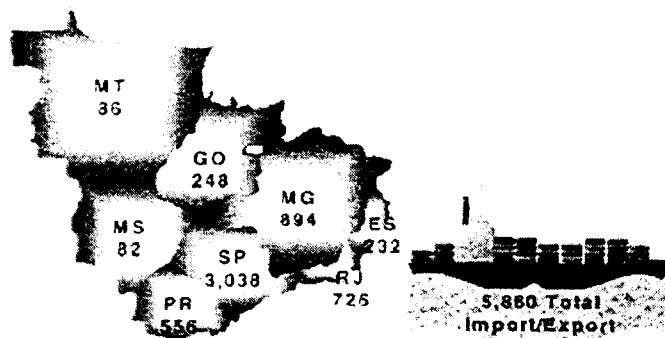
A ampla retroárea e o canal de acesso e cais de acostagem, em áreas abrigadas, com profundidade para movimentar navios de grande porte, são fatores que tornam Sepetiba um porto com grande potencial de expansão. Esta localização em baía não estuarina, com canais não sujeitos a elevado assoreamento, garante custos de manutenção relativamente baixos.

Fora da área do porto, em Mangaratiba, operam o terminal para minério de ferro de uso privativo da Minerações Brasileiras Reunidas - MBR e o terminal marítimo da NUCLEP.

3.3. Área de Influência

O Porto de Sepetiba possui uma localização privilegiada. Sua área de influência coincide em parte com a hinterlândia do porto do Rio de Janeiro, num importante entorno geo-econômico. Abrange as áreas produtoras mais desenvolvidas e industrializadas do Brasil, concentrando “em um raio de pouco mais de 500km, 32% da população do País, 69% do produto industrial, 65% dos serviços, 40% da produção agrícola, 60% da produção petrolífera, assim como 64% e 77% das exportações e importações brasileiras, respectivamente” (Multiservice, 1992).

Os estudos realizados pela Bechtel International Inc. (ver item 4.3.1), para as unidades da federação integrantes da área de influência potencial do porto de Sepetiba (Figura 6), apontam uma movimentação de 5,86 milhões de TEU, entre importação e exportação, para o ano de 2020. Estes oito estados representaram 70,8% do PIB brasileiro em 1996, sendo os estados do sudeste responsáveis por 58,1% desse indicador.



Fonte: Bechtel, 1997. p. 2-7.

Figura 6 – Importação e exportação de contêineres cheios (2020)

3.4. Acessos Terrestres

3.4.1. Acesso Rodoviário

O acesso rodoviário é feito através do sistema viário da BR-101 (Rio - Santos) que, por sua vez, através da RJ-109 e da Av. Brasil, se interliga com a BR-116 (Via Dutra) e com a BR-040 (Rio - Juiz de Fora), bem como com as demais rodovias das malhas estadual e federal (RIO DE JANEIRO.SEMA, 1997b).

3.4.2. Acesso Ferroviário

O acesso ferroviário direto ao porto, numa extensão de 1,5km em linha simples, é feito a partir do pátio de Brisamar, próximo à cidade de Itaguaí. Dessa estação, as linhas férreas em bitola larga (1,60m) se interligam com a malha Sudeste, recentemente privatizada pelo Consórcio MRS-Logística S/A, correspondente às antigas SR-3 e SR-4 (Estrada de Ferro Central do Brasil e Estrada de Ferro Santos - Jundiaí), atendendo em particular ao triângulo formado por São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro, e com a malha Centro-Leste, de bitola estreita (1,00m) constituída pelas antigas SR-2 e SR-8, arrendadas pelo Consórcio FCA - Ferrovia Centro Atlântica S/A, que atende ao restante do Estado de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Distrito Federal.

Na Tabela 1 podem ser observados os principais dados das empresas que participam do capital das novas concessionárias privadas. Nota-se a participação da Companhia Siderúrgica Nacional como acionista nas duas ferrovias.

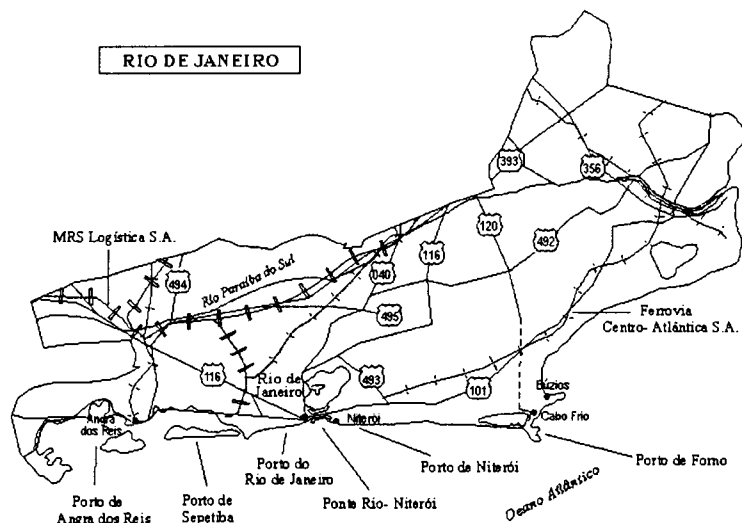
Malha	Centro-Leste	Sudeste
Concessionária	Ferrovia Centro-Atlântica S.A.	MRS Logística S.A.
Início	01/09/96	01/12/96
Principais acionistas	Mineração Tacumã Ltda. Interférrea S.A. Serviços Intermodais Companhia Siderúrgica Nacional Tupinambarana S.A. Railtex International Holdings, Inc. Varbra S.A. Ralph Partners Inc. Judori Adm. Empr. e Part. Ltda. Fund. Vale do Rio Doce de Seguridade Social Banco de Boston S.A.	Companhia Siderúrgica Nacional Minerações Brasileiras Reunidas Ferteco Mineração S.A. Usiminas Funcap - Fund. Caemi de Prev. Social Companhia Siderúrgica da Guanabara Celato Integração Multimodal S.A. Ultrafértil S.A. ABS - Empr. Imob. Particip. e Serviços S.A.

Fonte: Souza e Prates, 1997.

Tabela 1 - Principais Dados das Novas Concessionárias

3.4.3. Condicionantes Estratégicos

“A estratégia central que se propõe para o Estado do Rio de Janeiro, que é o da criação de um eixo de desenvolvimento no sentido Leste-Oeste” (FIRJAN, 1997), tem o porto de Sepetiba como componente básico. Este eixo horizontal terá cargas se deslocando entre o porto e os mercados de origem/destino pelas rodovias e ferrovias, dentro de um sistema logístico integrado de transporte. A Figura 7 mostra a malha rodoviária e ferroviária no Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: Ministério dos Transportes (www.transportes.gov.br)

Figura 7 – Malhas rodoviária e ferroviária no Estado do Rio de Janeiro

Para a concretização do sistema como um todo, os *missing links* devem ser completados. Isoladamente, não apresentam viabilidade econômica; no entanto, o sistema, uma vez concluído, impulsionaria a economia de toda uma região.

Embora a maior parte das regiões em que se tem previsão de fluxos de carga seja servida por ferrovias em bitola larga, uma parcela significativa dessa área, utiliza bitola métrica. A ferrovia que dá acesso a Sepetiba é uma via de bitola larga, portanto, será necessário encontrar meios para realizar operações em múltiplas bitolas, prevendo-se espaços para armazenagem temporária nos locais de transferência.

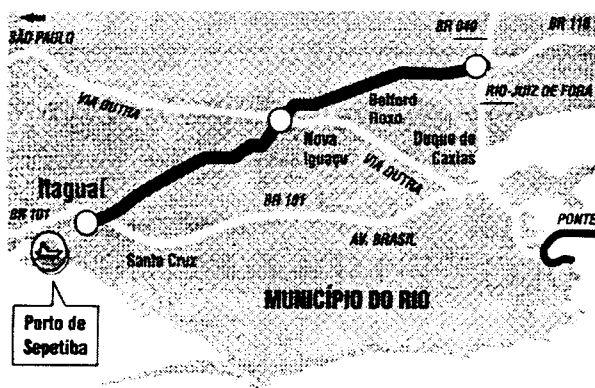
No que diz respeito à movimentação de contêineres, existem restrições de peso em certos trechos ferroviários. Soluções deverão ser implementadas para melhoria das linhas e aumento da seção de túneis para permitir a passagem de trens com empilhamento duplo de contêineres.

A maior parte da malha rodoviária terá sua capacidade esgotada no futuro. Para superar a limitação de capacidade será necessário investir em múltiplas pistas adicionais e rodovias de via expressa, possibilitando fluência das mercadorias.

O porto de Sepetiba e Itaguaí enfrentam grande dificuldade de acesso rodoviário, hoje a cargo tão somente da BR-101 e da Avenida Brasil, principalmente no que diz respeito à ligação com a BR-116. Esta ligação parte das proximidades de Itaguaí, passa pela rodovia estadual RJ-109 e por um trecho da BR-165 (antiga Rio - São Paulo) que se apresenta em condições significativamente inferiores às das rodovias federais.

O projeto de ampliação existente para a rodovia estadual RJ-109, com 57,3km de extensão, foi executado no final da década de 1970. Deverá ligar os municípios de Duque de Caxias e Itaguaí, estabelecendo o contorno da Baixada Fluminense, permitindo acesso ao porto, aliviando o tráfego na Avenida Brasil e nas partes mais congestionadas das rodovias Rio - São Paulo e Rio - Juiz de Fora (ver Figura 8).

Recentemente, a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN vem demonstrando interesse pela construção da RJ-109, em função da expectativa de investimentos governamentais no projeto de ampliação do porto de Sepetiba.



Fonte: Jornal do Brasil (08/11/1998) p. 26.

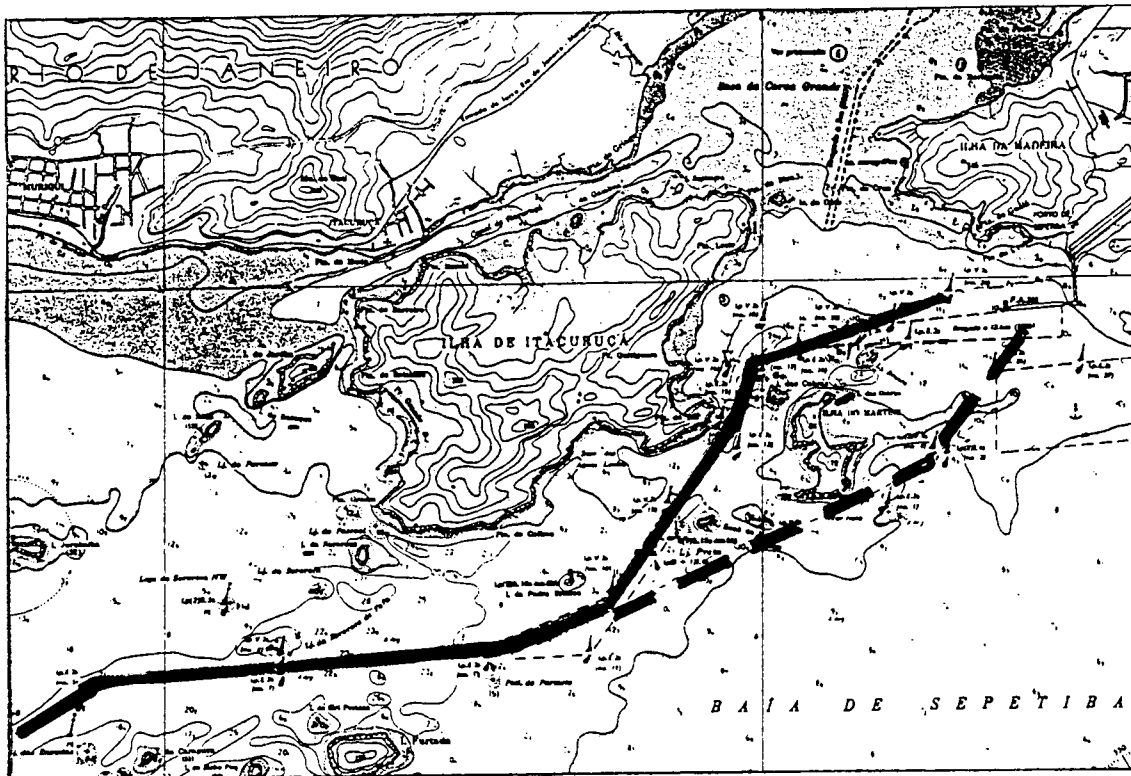
Figura 8 – Traçado da RJ-109

3.5. Acesso Marítimo

O acesso marítimo é feito através da barra localizada entre a Ponta dos Castelhanos, na Ilha Grande, e a Ponta do Arpoador, da Ilha de Marambaia, a uma profundidade de 25m. O canal de acesso segue na direção noroeste, numa distância de 4,8 milhas, com 300m de largura, dragado para 22m. A seguir faz uma curva de 90° na direção nordeste percorrendo uma extensão de 4,3 milhas, até passar em frente ao terminal de exportação de minério de ferro da Ilha Guaíba.

Deste local até o píer do Terminal de Carvão situado ao sul da Ilha da Madeira, o canal de acesso se desenvolve numa extensão de 12 milhas e possui largura de 200m, encontrando-se dragado para 15m, embora próximo ao píer existam alguns pontos reduzidos para 13,5m.

A maior parte do canal já tem uma profundidade natural de 18,5m, devendo ser dragado, num volume total estimado de 7 milhões de m³, nos trechos mais rasos - sul da região do Saí; e as Ilhas Vigia Grande e Pequena; e ao sul da Ilha de Itacuruça - para essa mesma profundidade. Para a parte final, foi estabelecido um novo traçado, que passa ao sul da Ilha do Martins, seguindo a chamada rota 1, indicado em linha tracejada na Carta Náutica nº 1622 (Figura 9).



Fonte: Reprodução parcial da Carta Náutica DHN - 1622

Figura 9 – Canal de acesso ao porto de Sepetiba

3.6. Passado Recente

A seguir são descritos os principais aspectos que caracterizam a situação recente do porto de Sepetiba.

3.6.1. Instalações

- Terminal de Carvão: consta de uma ponte de acesso e um píer com 4 berços que formam uma plataforma com 540m de comprimento por 39,25m de largura, tendo profundidade de 15m na face sul e 12m na face norte. A área de atracação tem capacidade para receber, na face sul, dois navios de 65 mil DWT, ou um de 90 mil DWT e outro de 50 mil DWT, ou ainda um de 130 mil DWT; e na face norte, dois navios de 45 mil DWT. Os berços no lado sul (101 e 102) são destinados a importação de granéis sólidos (basicamente carvão, coque e enxofre) e no lado norte (201 e 202) é recebida a alumina destinada à Valesul, podendo aí serem movimentadas outras cargas com equipamento de bordo.

Sobre a área do píer estão montados 4 descarregadores, sendo 2 para 1.500t/h e 2 para 800t/h. A alumina conta para seu transporte com um sugador pneumático de 300t/h acoplado ao sistema de esteiras. A Figura 10 mostra uma vista do Terminal.

O transporte de produtos no porto é feito por duas linhas de esteiras com capacidade nominal de até 4.500t/h, com uma produção efetiva de até 40.000t/dia, interligando o sistema de descarregadores e o carregamento de vagões ferroviários.

Existem 5 pátios descobertos, utilizados para estocagem de carvão metalúrgico e coque, somando 177.000m² de área e capacidade estática de 680.000t. Estão instaladas quatro máquinas de manuseio de carvão: 2 empilhadores de 4.500t/h e 2 recuperadores de caçamba de 3.000t/h. O silo de carregamento de trens possui duas células de 474 m³ cada. Esta estrutura pode operar o carregamento dos trens a uma produção de 2.000 t/h.

Para armazenagem de alumina possui 2 silos verticais, para alumina, com o total de 3.508m³, representando a capacidade estática de 30.630t.

- TECON 1: compreende 2 berços, denominados 302 e 303 (T1 e T2), de 270m de extensão cada por 34,2m de largura e profundidade de projeto de 14,5m. Com instalação de linhas de trilho de várias bitolas (30m, 18m e 10,15m), ao longo de todo o cais contínuo, com o objetivo de atender até portêineres *post Panamax*, destina-se a movimentação de contêineres.

Além desses dois berços, o TECON 1 é composto de mais 1 berço de 270m, denominado 301 (T0), constituído de 4 dolphins de atracação e 2 de amarração, profundidade de projeto de 14,5m; com múltipla finalidade, permite a atracação de navios para granel de até 70 mil DWT ou do tipo *Roll-on-Roll-off* (ver Figura 11).

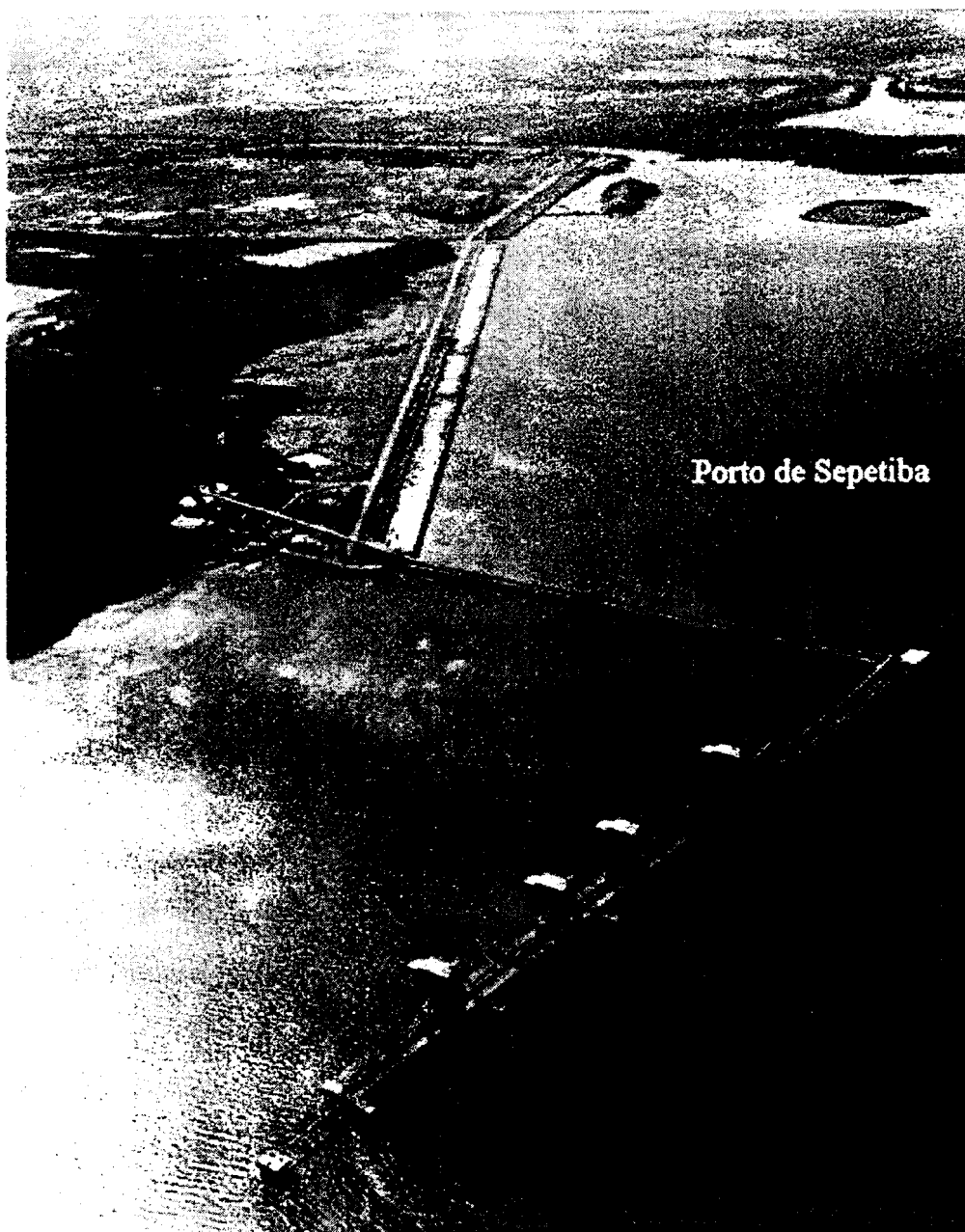
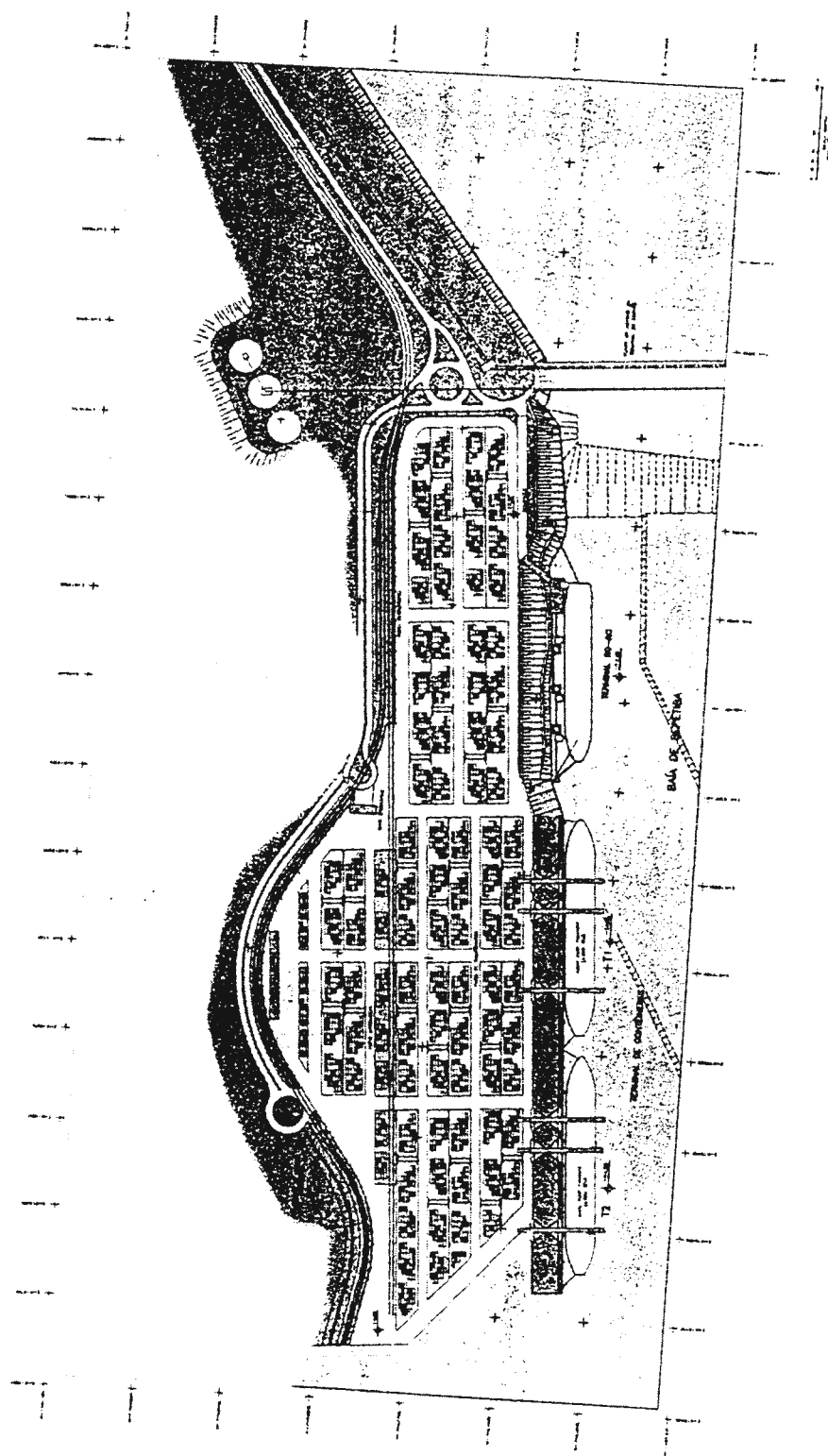


Figura 10 – Porto de Sepetiba – vista antes do início das obras de expansão



Fonte: Edital do Leilão para o Arrendamento do Terminal de Contêineres Nº 1 do Porto de Sepetiba
 Figura 11 – Planta do TECON 1

3.6.2. Movimentação de Cargas

O porto de Sepetiba vem movimentando cargas com características bem específicas. Seu principal usuário é a CSN que recebe o carvão metalúrgico e o coque da hulha utilizados no abastecimento de seus altos fornos, em Volta Redonda. O segundo usuário em tonelagem movimentada é a Valesul, que emprega toda a alumina desembarcada no porto como matéria prima básica para produção de alumínio.

Os desembarques de longo curso desses granéis sólidos tem uma participação em média de 94,7% (em toneladas) da movimentação geral do porto. No período 1987-1997, cresceram a uma taxa de 1,4% a.a..

Sepetiba opera também recebendo carvão energético, sucata, enxofre, caulim e outros granéis. O carvão energético procedente da região Sul é consumido principalmente por fábricas de cimento localizadas, em sua maioria, no Rio de Janeiro e Minas Gerais. A sucata é utilizada pela Companhia Siderúrgica da Guanabara – COSIGUA. A importação de enxofre tem a finalidade de abastecer as companhias Bayer, Aracruz Celulose e Pan-Americana. A destinatária da carga de caulim é a Fábrica Carioca de Catalizadores, localizada em Santa Cruz.

O porto opera aquém de sua capacidade, o volume de cargas – basicamente de importação – tem oscilado, desde 1986, em torno de 3,1 a 3,8 milhões de toneladas/ano, exceto em 1990 quando foi registrada movimentação de 2,7 milhões de toneladas. Sepetiba contribuiu em 1997 com 39,3% do total movimentado nos portos da CDRJ.

Os desembarques de cabotagem caíram de forma sistemática desde 1988, reduzindo-se em 1993 a 63.486t, equivalente a apenas 8,6% da movimentação ocorrida em 1987 (738.567t). Nos anos seguintes, constatou-se uma certa recuperação, devido à movimentação de alumina e caulim, apresentando um crescimento médio de 27,7% a.a.. Não houve retorno aos níveis anteriormente alcançados, devido, entre outros fatores, ao desaparecimento dos fluxos de carvão energético, a partir de 1993, e de carvão metalúrgico desde 1991.

Cabe ressaltar também a interrupção no fluxo de desembarque de sucata, por longo curso, a partir de 1995.

A Tabela 2 mostra a evolução da movimentação de cargas pelo porto de Sepetiba ocorrida desde a sua inauguração.

No Gráfico 1 observa-se as movimentações de longo curso e de cabotagem.

Descrição	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998 ¹
Longo Curso																	
Carvão Metalúrgico		1.125.053	1.781.681	2.145.904	2.298.807	2.498.412	2.206.093	2.252.129	2.164.622	2.498.480	2.573.058	2.577.259	2.651.847	2.740.840	2.508.086	2.857.392	1.603.813
Coque da Hulha				1.874	3.523	190.640	374.269	314.993	58.893	418.688	607.954	298.657	463.079	499.070	493.840	515.531	
Alumina	75.418	172.882	147.619	85.921	81.245	58.817	43.840	55.706	40.226	108.496	95.544	123.963	106.942	89.515	41.135	14.029	
Sucatas Diversas					32.916	51.846		63.649	17.628	28.748	114.353	45.179	41.417				
Diversos				1.383		38.044								4.500	15.011	182.615	326.764
Enxofre						16.500		44.000		35.600	59.000	74.275	101.414	90.965	67.050	59.500	10.000
Zinco e ligas						5.955	18.517	11.350									
Minérios Diversos					4.097			7.463									
Carvão Energético									30.017								
Subtotal	75.418	1.297.935	1.929.300	2.235.082	2.420.588	2.860.214	2.642.719	2.749.290	2.311.386	3.090.012	3.449.909	3.119.333	3.364.699	3.424.890	3.125.122	3.629.067	1.940.577
Cabotagem																	
Carvão Energético				31.171	406.298	373.664	220.700	50.285	87.234	229.127	38.184						
Carvão Metalúrgico	26.995	23.724	154.478	276.755	230.798	210.593	174.514	225.398	95.457								
Alumina			14.936	91.184	87.080	128.712	134.758	137.150	144.292	75.654	77.478	52.128	55.090	82.465	143.722	166.152	98.349
Caulim								2.000	4.000	5.978	8.201	8.293	7.192	9.668	5.257	2.500	2.766
Min. de Manganês							15.584	15.985	7.469								
Outros						25.598				7.382		3.065	8.686				
Subtotal	26.995	23.724	169.414	399.110	724.176	738.567	545.556	430.818	338.452	318.141	123.863	63.486	70.968	92.133	148.979	168.652	101.115
Total Geral	102.413	1.321.659	2.098.714	2.634.192	3.144.764	3.598.781	3.188.275	3.180.108	2.649.838	3.408.153	3.573.772	3.182.819	3.435.667	3.517.023	3.274.101	3.797.719	2.041.692

Fonte: CDRJ

¹ Dados levantados até junho/98

Tabela 2 – Porto de Sepetiba: Evolução da Movimentação de Cargas

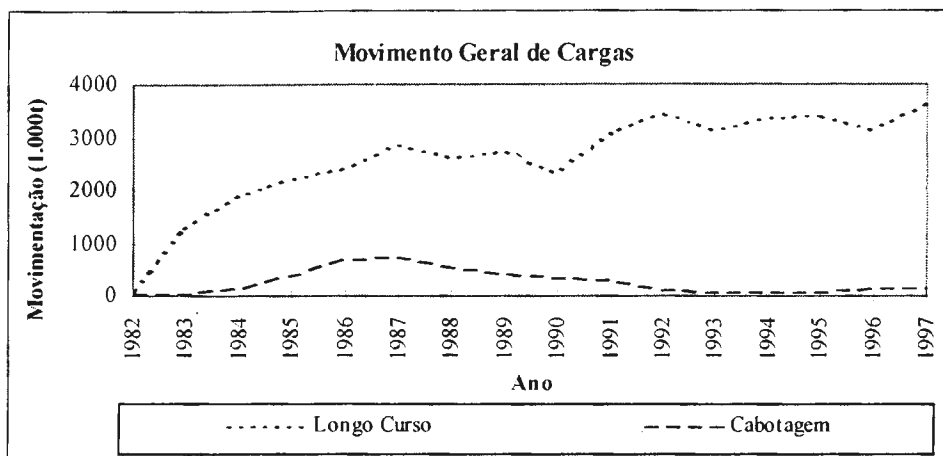


Gráfico 1 - Comparação da Movimentação Geral de Longo Curso e Cabotagem

A seguir é feita uma análise das principais cargas:

Carvão Metalúrgico

O carvão metalúrgico é proveniente em grande parte do mercado externo. Até 1990, uma pequena parcela (em média 8%) correspondia à cabotagem oriunda de Santa Catarina.

O carvão metalúrgico é a principal carga do porto de Sepetiba, respondendo por 79% do total de cargas desembarcadas. A movimentação apresentou uma evolução moderada, crescendo em média 0,5% a.a. entre 1987 e 1997. Os desembarques anuais de carvão, após 1985, situaram-se entre 2.260.079t em 1990 e 2.857.392t em 1997.

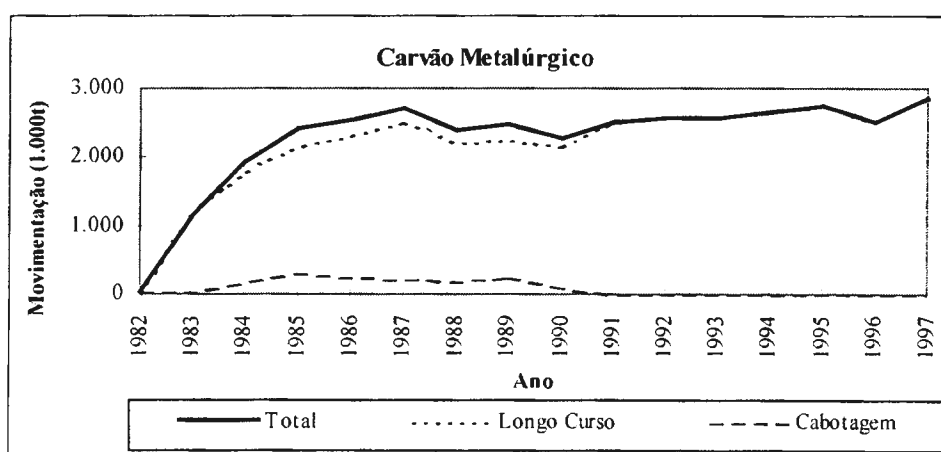


Gráfico 2 - Movimentação de Carvão por Longo Curso e Cabotagem

Coque da Hulha

O coque da hulha operado em Sepetiba mostrou um comportamento irregular, oscilando entre 58.893t (1990) e 607.954t (1992). A partir de 1994 manteve-se estável, com crescimento médio de 3,6% a.a..

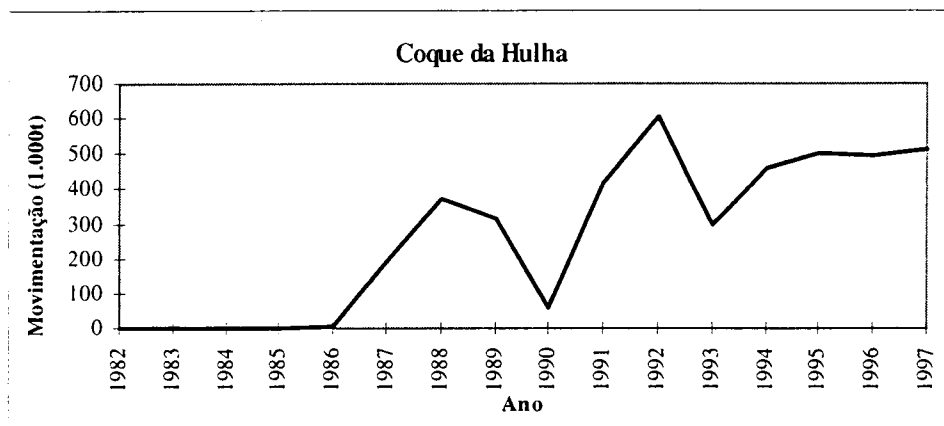


Gráfico 3 - Movimentação de Coque da Hulha

Alumina

A alumina desembarcada no porto de Sepetiba vem da região Norte do país (Maranhão) e do exterior (Suriname e Guiné). Seu recebimento manteve-se entre 162.032t (1994) e 184.857t (1996), com média anual (a partir de 1983) de 177 mil toneladas.

O comportamento observado na cabotagem é de queda entre os anos de 1991 e 1995; retornando, em 1996, ao mesmo volume alcançado em 1990. Por outro lado, o desembarque de longo curso vem diminuindo desde 1993, indicando conforme os dados do primeiro semestre de 1998, uma tendência de substituição da importação.

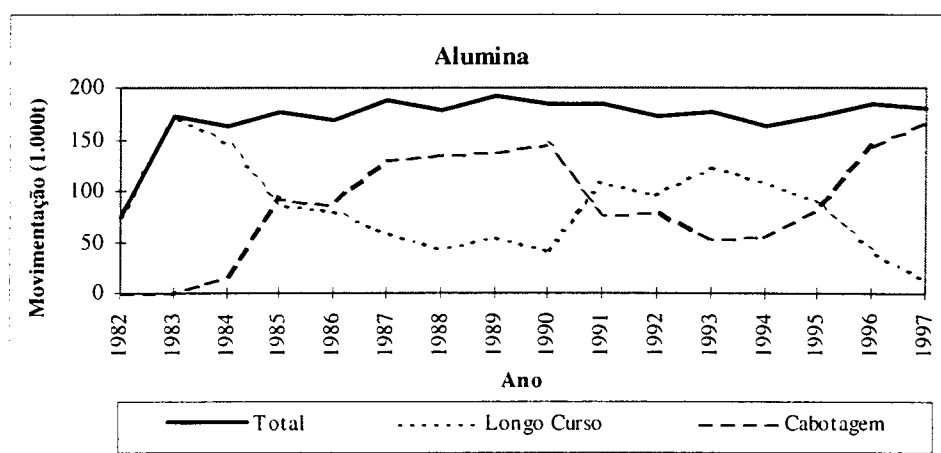


Gráfico 4 - Movimentação de Alumina por Longo Curso e Cabotagem

As oscilações nos desembarques de longo curso e cabotagem se compensam de forma que o total movimentado se mantém estável.

Enxofre

Originário principalmente do Canadá, o enxofre teve uma movimentação irregular até 1991 (em 1988 e 1990 não houve importações), apresentando um considerável incremento a partir daí, atingido um pico 101.414t em 1994. Deste ano em diante ocorreu uma diminuição, sendo movimentadas apenas 59.500t em 1997.

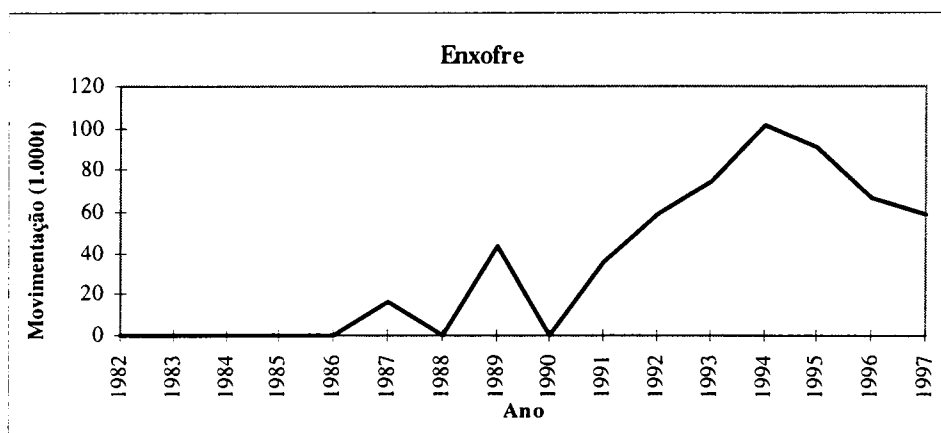


Gráfico 5 - Movimentação de Enxofre

Caulim

Os desembarques de caulim são provenientes da navegação de cabotagem, originados da região Norte do Brasil (Pará, Maranhão e Amapá). Essa carga evoluiu de 2.000t em 1989 até 9.668t em 1995. No período seguinte, pode-se entretanto observar uma queda significativa, chegando a 2.500t em 1997.

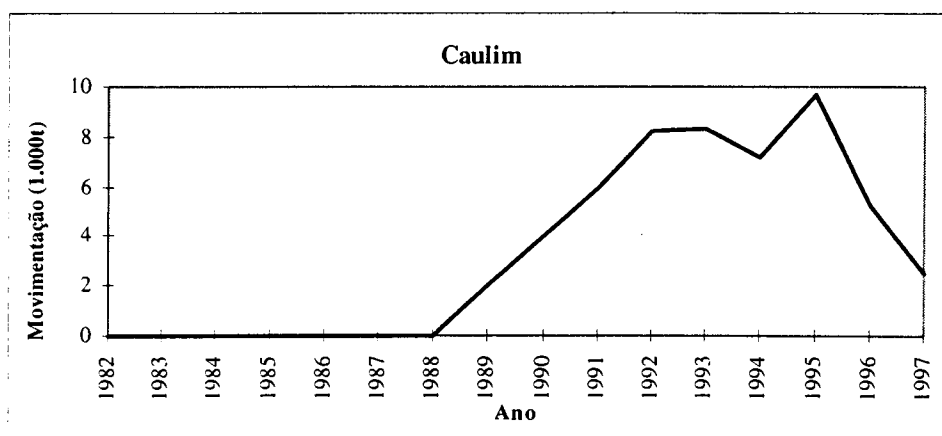


Gráfico 6 - Movimentação de Caulim

3.6.3. Movimentação de Navios

Os navios que demandam o porto de Sepetiba são graneleiros, em geral, do tipo e *Panamax* e *Handy-size*². Predominam no porto navios de 225 a 245m de comprimento e 12 a 14m de calado e capacidades de 60.000 a 75.000 TPB, para transporte de carvão; e navios menores, de 140 a 180m de comprimento, 8 a 10m de calado e 10.000 a 30.000 TPB para transporte de alumina (CDRJ, 1999).

A partir do “Relatório das Atracações” efetuadas no porto de Sepetiba no período de 1994 a 1996, com movimentação de carvão, coque, alumina, enxofre e caulim, procurou-se determinar as cargas médias transportadas por navio por tipo de carga, que estão expressas na Tabela 3. Os navios de alumina foram decompostos em longo curso e cabotagem, tendo em vista a tendência observada de substituição das importações pela Valesul. Neste período, pode-se notar, de maior significância, um aumento na carga média de alumina em navios de cabotagem.

Ano	1994	1995	1996
Movimentação (t) ¹			
Carvão Metalúrgico	2.651.847	2.740.840	2.508.086
Coque da Hulha	463.079	499.070	493.840
Alumina (Longo Curso)	106.942	89.515	41.186
Alumina (Cabotagem)	55.090	82.465	142.254
Enxofre	101.414	90.965	67.050
Caulim	7.192	9.668	5.257
Número de Navios ²			
Carvão Metalúrgico	43	43	42
Coque da Hulha	13	13	12
Alumina (Longo Curso)	7	5	3
Alumina (Cabotagem)	7	9	10
Enxofre	7	7	6
Caulim	2	3	2
Carga Média (t/navio)			
Carvão Metalúrgico	61.671	63.740	59.716
Coque da Hulha	35.621	38.390	41.153
Alumina (Longo Curso)	15.277	17.903	13.729
Alumina (Cabotagem)	7.870	9.163	14.225
Enxofre	14.488	12.995	11.175
Caulim	3.596	3.223	2.629

Fonte: ¹ SESTAT/CDRJ ² Porto de Sepetiba/CDRJ

Tabela 3 – Carga média por navio por tipo de carga

² Panamax é um navio que tem as dimensões máximas para passar no canal do Panamá. Tal navio tem uma boca máxima de 32,3m e comprimento até 290m. O Handy-size é um navio um menor, com boca variando em torno de 29,0 a 30,5m, e comprimento até 200m.

Para esse mesmo período, as consignações foram analisadas quanto à sua distribuição (Tabela 4). Observou-se que existe uma concentração em determinadas faixas, dependendo do tipo de carga. Entre os navios de carvão, 89% transportaram cargas no intervalo de 57.500 a 67.500t, já entre os de coque a maior proporção foi de 37.500 a 42.500t com 63% dos navios. Com cargas de alumina na faixa de 7.500 a 17.500t, concentraram-se 66% dos navios.

Carga (1.000t)	Navios		
	Coque	Alumina	Carvão
2,5 - 7,5		8	1
7,5 - 12,5		14	
12,5 - 17,5		13	
17,5 - 22,5	2	4	
22,5 - 27,5		2	
27,5 - 32,5	2		1
32,5 - 37,5	3		
37,5 - 42,5	24		6
42,5 - 47,5	7		
47,5 - 52,5			1
52,5 - 57,5			3
57,5 - 62,5			42
62,5 - 67,5			72
67,5 - 72,5			
72,5 - 77,5			
77,5 - 82,5			
82,5 - 87,5			1
87,5 - 92,5			1
Total	38	41	128

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4 – Distribuição das consignações por tipo de carga

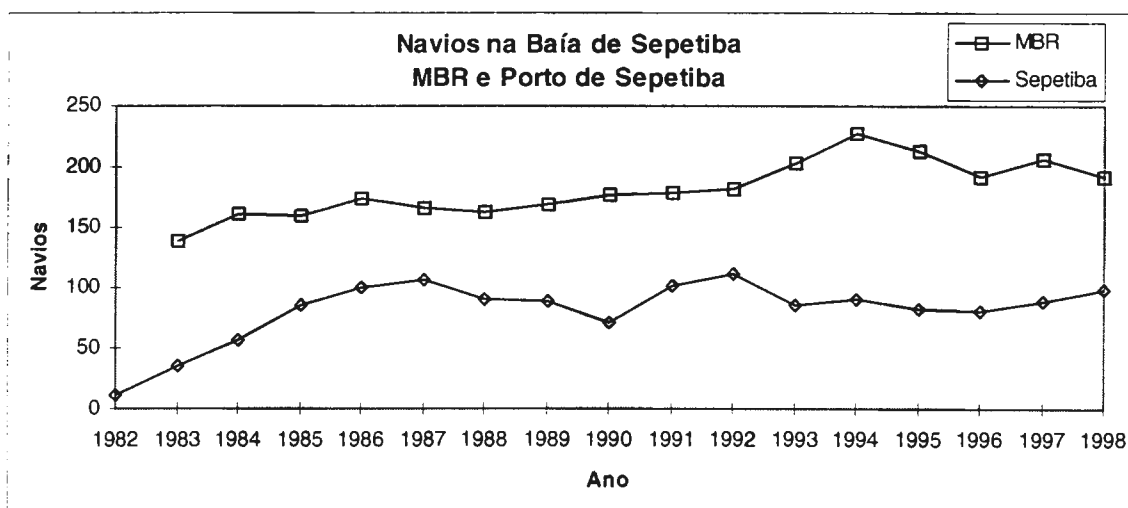
O terminal para minério de ferro de uso privativo da Minerações Brasileiras Reunidas – MBR responde por uma parcela significativa dos navios que trafegam na baía de Sepetiba. A Tabela 5 mostra a movimentação de carga e navios no terminal.

Ano	Movimentação (t)	Navios	Carga Média (t/navio)
1991	14.074.209	179	78.627
1992	19.865.805	182	109.153
1993	20.823.084	203	102.577
1994	23.096.427	227	101.746
1995	21.727.454	213	102.007
1996	20.636.111	192	107.480
1997	22.775.365	206	110.560
1998	22.663.573	192	118.039

Fonte: MBR

Tabela 5 – Movimentação de carga e navios no terminal da MBR (1991-1998)

O Gráfico 7 ilustra a evolução do tráfego de navios na baía desde a inauguração do porto de Sepetiba.



Fonte: Elaboração própria

Nota: Os dados para MBR, entre 1983 e 1990, foram obtidos a partir dos Anuários Estatísticos da CDRJ

Gráfico 7 – Navios por porto na baía de Sepetiba (1982-1998)

No terminal da Ferteco, na primeira fase serão carregados navios do tipo *Cape-size*, i.e., até 180.000t. Depois do aprofundamento do canal marítimo, está previsto o atendimento de navios de até 230.000t (www.ferteco.com.br/portos.htm).

4. A Expansão do Porto de Sepetiba

4.1. Desenvolvimento da Legislação Portuária no Brasil

A legislação portuária no Brasil tem suas bases fundamentadas no período colonial, com a Carta Régia de D. João VI em 1808, abrindo os portos aos navios das nações amigas, pois até então eram eles monopólio do Reino de Portugal.

Proclamada a Independência, a navegação a vapor só se intensificou com a criação de uma linha regular entre a Inglaterra e o Brasil em 1851, e a navegação interior do Amazonas, em 1852. Nesse período, em 1854, foi criada a Cadeira de Portos de Mar na Escola Politécnica do Rio de Janeiro.

“Como base da nossa organização portuária está a Lei nº 1.746 de 13 de outubro de 1869 estabelecendo regras uniformes para a concessão dos portos brasileiros à empresas particulares, para a construção e exploração desses portos” (DNPN, 1940). Várias concessões de portos foram dadas pelo Império, sendo a primeira em 1866 para Mucuripe no Ceará, antes da Lei nº 1.746, e, posteriormente a esta, as do Rio de Janeiro, Santos, Maranhão e Bahia.

Somente a partir de 1900 teve início a realização de melhoramentos de vulto nos portos, com a construção, por conta da União, dos portos do Rio de Janeiro e depois Recife e Barra do Rio Grande e, por conta de particulares, dos portos de Manaus, Belém, Bahia e Rio Grande.

A Comissão Fiscal e Administrativa do Porto do Rio de Janeiro, principal elemento de coordenação dos serviços portuários no Brasil, foi transformada pelo Decreto 9.078 de 3 de novembro de 1911 na Inspetoria Federal de Portos, Rios e Canais - IFPRC de caráter permanente com a competência de projetar, executar e fiscalizar as obras concernentes ao melhoramento dos portos, rios e canais.

Na fase da República de 1889 a 1930, além de várias disposições, o governo baixou a Lei nº 4.279 em 1921, regulando a utilização das instalações portuárias nos portos organizados.

No governo de Getúlio Vargas, os serviços de portos e navegação então superintendidos por duas repartições, a IFPRC e a Inspetoria Federal de Navegação foram fundidas em um só, o Departamento Nacional de Portos e Navegação - DNPN pelo Decreto 23.067 de 11 de agosto de 1933, com atribuições mais amplas.

A revisão na legislação prevendo maior amplitude à liberdade de comércio se deu por uma série de decretos no ano de 1934, entre eles o 24.324 de 1º de junho que definia os serviços prestados pelos portos organizados e uniformizava as taxas portuárias quanto à sua espécie, incidência e denominação.

O DNPN permaneceu até 1946, sendo então sucedido pelo Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais – DNPRC. Em 1963 foi criada a autarquia federal Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis – DNPVN.

Os portos públicos até então administrados pelos estados ou por empresas estaduais ou privadas concessionárias, sob autoridade regulamentar do DNPVN, passaram ao controle centralizado de uma empresa *holding*, a Empresa de Portos do Brasil S/A – PORTOBRAS, empresa pública de direito privado, vinculada ao Ministério dos Transportes, por força do Decreto-Lei 6.222 de 10 de julho de 1975 (CNIO, 1998).

A Tabela 6 resume a evolução dos diversos órgãos responsáveis pela política portuária nacional.

Ano	Organismo
1911	Inspetoria Federal de Portos, Rios e Canais
1933	Departamento Nacional de Portos e Navegação
1946	Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais
1963	Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis
1975	Empresa de Portos do Brasil S/A

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Órgãos responsáveis pela política portuária nacional

Esta organização centralizada perdurou até o dia 16 de março de 1990, quando a PORTOBRAS foi extinta, e dissolvida pela Lei 8.029 de 12 de abril de 1990. O Governo Federal e as Administrações dos Portos tentaram assimilar a nova condição, sem condições, entretanto de obter uma solução plausível, devido ao embargo legal que amparava as atividades portuárias. O quadro institucional criado exigia mudanças estruturais com respaldo legislativo.

Como resposta a essas necessidades, surgiu a Lei nº 8.630 de 25 de fevereiro de 1993, que modificou fundamentalmente todas as relações portuárias praticadas até então, e que passou a ser conhecida como a Lei de Modernização dos Portos.

A nova Lei “afastou de cena todo o acervo legal preexistente (chamado, sem o devido respeito ou o seu merecimento, de entulho legal) ... distante e desvinculada da legislação revogada, não lhe reflete nada, nem lhe deixa resíduos” (Vale, 1995).

Criou-se um esquema estrutural novo, institucionalizando a criação do Órgão de Gestão de Mão-de-Obra – OGMO, da Administração do Porto Organizado, com o Conselho de Autoridade Portuária – CAP e da figura do Operador Portuário, permitindo a desregulamentação do trabalho portuário sem nenhuma distinção entre o trabalho a bordo do navio (estiva) e o trabalho na faixa do cais (capatazia).

Passou a ser permitido a participação na operação portuária de outras empresas que não a Administração do Porto e os sindicatos, bem como foi autorizado o arrendamento de instalações portuárias públicas, o que era proibido até então.

Para coordenar as ações do Governo visando a efetivação das disposições da Lei nº 8.630/93, foi constituído o Grupo Executivo para Modernização dos Portos – GEMPO, pelo Decreto 1.467 de 27 de abril de 1995. Entre as ações realizadas pelo Grupo, está a inclusão do setor portuário no Programa Nacional de Desestatização, a CDRJ foi incluída no PND por meio do Decreto 1.990 de 29 de agosto de 1996.

Associadas à Lei de Modernização dos Portos, existem hoje, fortes pressões empresariais e sociais. Primeiro por parte da iniciativa privada, interessada em sua completa implantação e numa maior eficiência e funcionalidade dos portos. Segundo, por parte dos trabalhadores portuários, diante das incertezas quanto à manutenção de suas condições de trabalho e remuneração.

4.2. O Novo Papel dos Portos no Transporte Internacional

O crescente comércio internacional vem transformando a economia mundial e integrando as atividades de transporte, e a razão para discutir este desenvolvimento é não somente porque o comércio e o transporte geram atividades portuárias, mas também porque os portos sendo uma parte integrante dessa cadeia internacional, estão naturalmente incorporados a esse sistema competitivo. Muitos portos tem um novo papel a desempenhar, tendo que mudar para se ajustar ao ambiente no qual eles existem e operam. Uma das mais importantes mudanças é na atitude e política no que diz respeito à administração portuária.

No passado, o modelo padrão era o de portos gerenciados por governos. Em muitos países, especialmente em países em desenvolvimento, seguindo os princípios gerais da administração pública, portos eram olhados como entidades administrativas ao invés de comerciais e isso era refletido em muitos aspectos da organização e gerência portuária. Os gerentes de portos, como parte de corporações do serviço público, são

responsáveis apenas por atividades como construção e operação, e não têm contato com atividades correlatas tais como desenvolvimento de áreas industriais.

A competição entre portos não existia ou existia apenas em pequena escala mas as licitações para arrendamentos de terminais e privatização dos serviços e a conseqüente concorrência, não só entre portos como entre operadores portuários, estão fazendo este cenário mudar (Portos e Navios, 1997).

Hoje, a produção mundial é mais internacionalizada do que antes. Atualmente, mais e mais matéria-prima está sendo transformada em produtos intermediários, e algumas vezes finais, pelos próprios países produtores no sentido de agregar maior valor.

Quando o comércio internacional é envolvido não apenas antes e depois da produção mas durante todo o processo produtivo, o serviço de transporte então assume um papel muito especial. Além da velocidade, segurança e outros requisitos, a confiança do momento da entrega e a freqüência do serviço de transporte são de grande importância. Ao mesmo tempo, um bom sistema de informação/comunicação é essencial.

De modo geral, os portos estão passando por um período de transformação que afeta sua conceituação, atividades de transporte/distribuição são consideradas como um sub-sistema de todo o sistema de produção. Entre as práticas ligadas à este conceito estão:

- Intermodalismo - o maior objetivo do intermodalismo é aumentar a velocidade de distribuição de carga. Os novos padrões de comércio requerem transportes mais rápidos, baratos e seguros do que no passado. O principal obstáculo é identificado como sendo as interfaces modais do transporte, que causam maiores atrasos e custos na cadeia de transporte, em maior proporção do que “uma parte móvel” dessa cadeia. O transporte marítimo começa e termina nos portos que usualmente tem a maior concentração de carga e, como conseqüência, têm a melhor maneira de se obter economias de escala. Se uma grande diferença em custos de produção existir entre continentes e/ou países separados por grande distância, portos são os lugares onde a contribuição de fatores de produção podem ser combinados numa forma vantajosa.

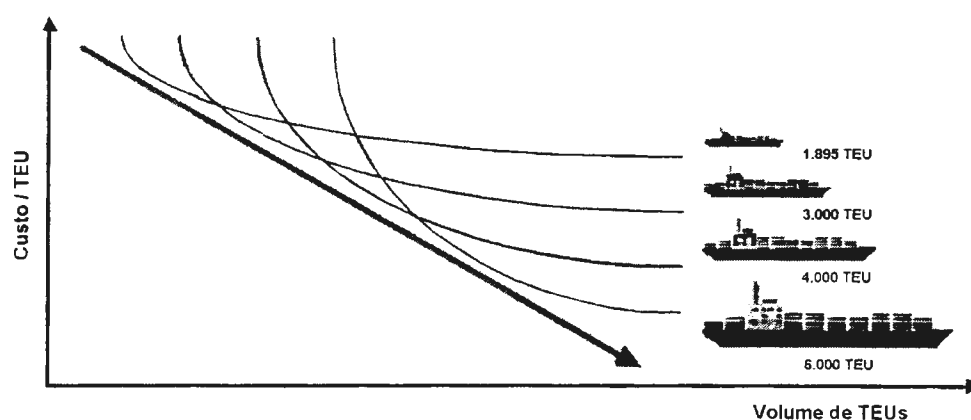
- Logística da cadeia de transporte - procedimento para otimizar todas as atividades que assegura a entrega da carga através da cadeia de transporte do início ao fim. A demanda de mercado e a implementação de estratégia “*just-in-time*” diminuiram o tempo de permanência da mercadoria (eliminando o excesso de estoque no processo

de produção), e incrementou a movimentação de bens no transporte de carga. O porto como uma plataforma logística permite a realização de operações complementares ao transporte e ao fornecimento de serviço de logística.

- Transbordo (Baldeação) - a transferência de carga está expandindo-se em alguns países em desenvolvimento, especialmente quando os volumes de carga para e destes países não são suficientes para justificar escalas diretas de navios ou quando a localização dos portos é afastada das principais rotas marítimas ou as instalações não são adequadas para que os navios operem rapidamente a carga e descarga.

- Especialização e economias de escala dos navios - Atualmente, os navios *multipurpose* convencionais de carga geral estão restritos à uma limitada categoria de cargas e a um limitado número de rotas de comércio. A maior parte do comércio é movimentada por navios especializados. Os navios graneleiros líquidos/sólidos e os porta-contêineres são as maiores especialidades enquanto que navios *ro-ro*, *car carriers*, *fruit carriers* pertencem a uma terceira categoria.

Juntamente com a especialização dos navios, as economias de escala levaram a um incremento no tamanho dos navios. A maioria dos grandes operadores de navios porta-contêineres estão substituindo sua frota para obter as vantagens da redução de custos operacionais e aumentar a eficiência (ver Figura 12).

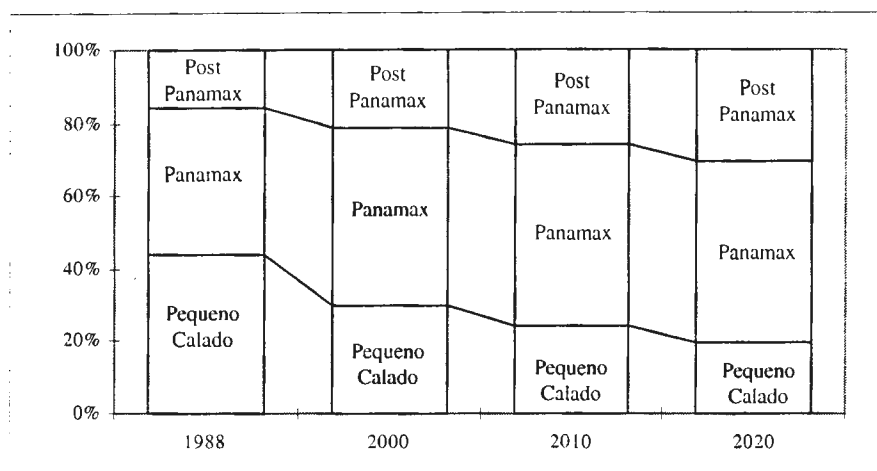


Fonte: Bechtel, 1997. p. 3-2.

Figura 12 – Economia no uso de grandes navios

Enquanto esses grandes navios podem aumentar a produtividade, eles têm altos custos operacionais que fazem o tempo parado em portos muito dispendioso.

O Gráfico 8 mostra uma previsão da frota mundial de navios porta-contêineres para os próximos vinte anos, o número de navios de pequeno calado nesse comércio é previsto declinar fortemente.



Fonte: Champion, V. "Shining example?", Cargo System (Jan, 1991), p.41.

Gráfico 8 - Previsão da estrutura da frota mundial de navios porta-contêineres³

Com base nas práticas acima mencionadas, é possível vislumbrar que os portos podem desempenhar o papel de geradores de comércio e da economia local, regional ou nacional. Entretanto, nem todos os portos estão representando este papel.

É possível dividir os portos em três diferentes categorias ou gerações. Esta categorização não é exclusivamente determinada pelo tamanho ou localização geográfica nem pela natureza pública ou privada da organização dos portos, mas, essencialmente, pela evolução do conceito de porto (UNCTAD, 1992).

Portos de primeira geração

Até a primeira metade da década de 1960, os portos eram "apenas" a interface para a carga entre a terra e o transporte marítimo. Além desta atividade, outros usos para a área portuária eram, em geral, desconsiderados ou inexplorados. Esta maneira de pensar ainda existe e limita o conceito do porto e da área portuária à um papel fixo e limitado, levando tomadores de decisão no nível governamental ou empresarial se posicionarem a favor de políticas conservadoras, concentrando investimentos em infraestrutura portuária, sem nenhuma preocupação com o que se passa com os navios e a carga. Tais atitudes restringem as atividades do porto a um mínimo, isolando-o do transporte internacional e das atividades de comércio.

³ Post-Panamax refere-se aos navios grandes demais para transitar no Canal do Panamá.

Portos de segunda geração

Emergiram nos anos 60 com o aumento na quantidade de matéria prima importada pelos países industrializados, isto foi acompanhado pelo uso de grandes navios tanque e graneleiros no transporte marítimo. Os portos se desenvolveram e expandiram em direção ao seu *hinterland* com indústrias tais como: siderúrgicas; refinarias; alumínio; celulose; e agroindústrias.

Em portos de segunda geração existe um melhor entendimento das funções e do futuro dos portos. Governos, autoridades regionais e locais, autoridades portuárias e empresas relacionadas cooperam. Desta maneira, os portos não são somente autorizados a oferecer diferentes serviços aos usuários, mas podem ocupar-se e por vezes tomar parte nesses serviços. Políticas do porto, legislação e estratégias de desenvolvimento são elaboradas e baseadas neste amplo conceito de gerência.

Portos de terceira geração

Esses portos se desenvolveram nos anos 80 devido a grande escala de contêinerização e o conceito de transporte intermodal, combinado com as crescentes exigências do comércio (como explicado anteriormente). Alguns desses portos cresceram a um tamanho enorme nas últimas décadas. Tomadores de decisão, a gerência do porto e as autoridades públicas envolvidas, bem como os operadores, consideram “seu” porto numa posição chave na complexa rede de produção/transporte/distribuição. Isto tem levado a um envolvimento e participação muito maior no processo global de comércio, transporte e distribuição, mediante o esforço unificado de toda a comunidade e administração portuária.

O rápido desenvolvimento de uma série de portos em portos de terceira geração, com a provisão aos usuários de serviços modernos de logística e distribuição, não implica, entretanto, que as atividades de primeira e segunda geração deixem de existir. Os serviços tradicionais do porto como carga/descarga do navio, transferência e armazenamento da carga irão permanecer a estrutura central das suas atividades. Anteriormente a qualidade de um porto era diretamente ligada à qualidade de sua infraestrutura física e serviços portuários. Um importante fator adicional, a qualidade de informação ou “info-estrutura”, se tornou uma condição essencial para um rápido e eficiente fluxo de carga e, conseqüentemente, para estimular a competitividade do porto. Essa “info-estrutura portuária” também contém informação adequada sobre fatores

relacionados ao meio ambiente (como mercadorias perigosas e poluentes, disposição de resíduos, etc.) não apenas no porto, mas também em áreas marítimas adjacentes.

4.3. Perspectivas de Expansão

Em razão de sua privilegiada situação, o porto de Sepetiba apresenta grande potencial de expansão, representando um elemento propulsor para o desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro. A conclusão do TECON 1, operando inicialmente como Terminal de Múltiplo Uso, consolida a primeira etapa do Plano de Desenvolvimento do Complexo Portuário de Sepetiba.

O objetivo principal, a curto e médio prazos, é implementar o porto de Sepetiba como um porto de movimentação de contêineres. Para isto está prevista a expansão para oeste do TECON 1, com a criação de mais 11 berços e de uma retroárea contígua ao cais com um total de 945.000m² de área de estocagem (CDRJ, 1999).

4.3.1. Cenários de Evolução do PIB

Neste item é apresentado um conjunto de previsões acerca da evolução do Produto Interno Bruto – PIB. As projeções a seguir expostas baseiam-se nos dados da montagem de cenários macroeconômicos da evolução da economia nos próximos anos, relacionados no trabalho elaborado pela consultora Bechtel International, Inc.

Uma equipe do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, desenvolveu um modelo de simulação das contas nacionais denominado Modelo de Consistência Macroeconômica (MCM), publicado em janeiro de 1997, no trabalho nº 52, da série “Textos para Discussão”. As projeções feitas pelos autores⁴ têm um horizonte temporal, de adoção de pressupostos e hipóteses, estendendo-se até o ano de 2002. A escolha desse período se deveu ao fato de que, nesse ano, encerra-se o mandato presidencial, o que mantém um certo grau de previsibilidade, com hipóteses que incluem a manutenção de um governo estável, economia de mercado aberta, privatizações, e aumento nos investimentos em infra-estrutura. A previsão que se apresenta é de crescimento do PIB à uma média anual de 4,05%, tomando como base o ano de 1996.

⁴ Giambiagi e Pastoriza em “Cenário Macroeconômico: 1997-2002” (Texto para Discussão nº 56).

Ano	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Média
Taxa anual de crescimento do PIB (%)	3,3	4,5	3,0	4,0	4,5	5,0	4,05

A partir dos resultados da situação em 2002, a InfraInvest compôs um cenário para o comportamento do PIB até o ano de 2020. Para esse período de projeção, bastante longo, foi adotada, como hipótese, uma taxa média constante de 5% ao ano. Com base no PIB projetado, foram montados cenários, utilizando-se um Modelo de Rebatimento Territorial (MTR) para regionalizar as estimativas e descrever os padrões de comportamento econômico nos estados da área de influência potencial do porto de Sepetiba, quanto à heterogeneidade e concentração das atividades e distribuição setorial-espacial do PIB.

A Bechtel desenvolveu um cenário de evolução do PIB até o ano de 2020, com as mesmas premissas usadas pelo modelo da InfraInvest. O modelo da Bechtel baseou as taxas de crescimento setoriais em função de cada plano de desenvolvimento individual dos estados, procurando não se limitar *a priori* com uma taxa média. Os resultados são similares aos encontrados pelo modelo da InfraInvest, ficando as projeções da Bechtel com valores ligeiramente menores, com o PIB alcançando em 2020 o valor de US\$ 1,952 trilhões, resultado de uma taxa anual de 4,6%, enquanto que na InfraInvest foi de US\$ 2,021 trilhões. A Figura 13 ilustra o processo de desenvolvimento do modelo.

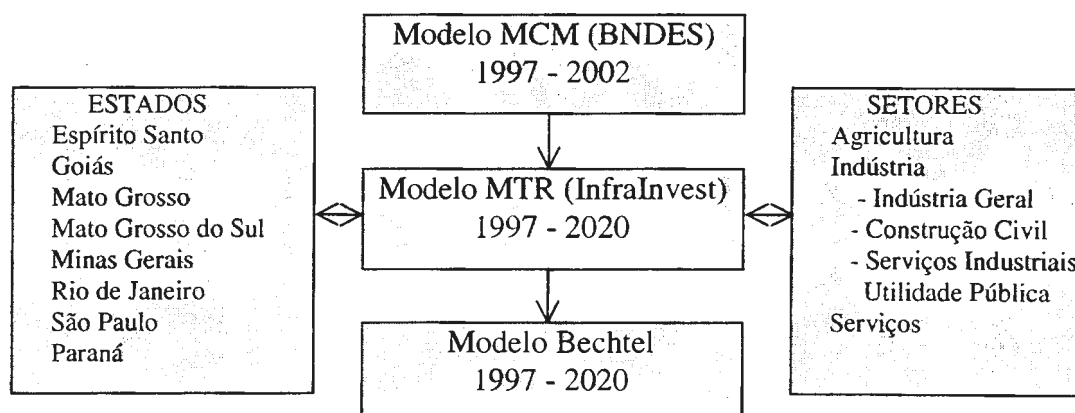


Figura 13 – Projeção da Bechtel

4.3.2. Comparação entre o PIB e o Movimento Geral de Cargas

De modo a quantificar a relação entre as variações observadas na economia brasileira e o volume das operações portuárias, buscou-se correlacionar a evolução do PIB e a variação da carga total movimentada pelo porto. A hipótese a ser testada era a de que quando a economia está em crescimento, haveria um aumento proporcional dos volumes de carga importadas ou exportadas. Da mesma forma, haveria uma diminuição nesses volumes quando a economia encontrar-se em processo de recessão.

Os valores do PIB, expressos em preços correntes e constantes de 1998, e a movimentação geral de cargas até 1997, estão apresentados na Tabela 7 e no Gráfico 8. No ano de 1997, em função da nova metodologia de cálculo adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o PIB teve um crescimento de 3,60%, e em 1998, os resultados indicavam uma desaceleração econômica, com um decréscimo de 0,12%, com o PIB chegando à marca de R\$ 899,8 bilhões.

no	Produto Interno Bruto			Movimentação	
	Preços correntes R\$	Preços constantes ¹ Bilhões R\$	Taxa real de variação (%)	Toneladas	Taxa de variação (%)
1986	1 274	713.366	7,50	3 144 764	19,38
1987	4 038	738.548	3,53	3 598 781	14,44
1988	29 376	738.105	-0,06	3 188 275	-11,41
1989	425 595	761.429	3,16	3 180 108	-0,26
1990	11 548 795	728.307	-4,35	2 649 838	-16,67
1991	60 285 999	735.808	1,03	3 408 153	28,62
1992	640 958 768	731.835	-0,54	3 573 772	4,86
1993	14 097 114 182	767.841	4,92	3 182 819	-10,94
1994	349 204 679 000	812.760	5,85	3 435 667	7,94
1995	646 191 517 000	847.058	4,22	3 517 023	2,37
1996	778 886 727 000	869.590	2,66	3 274 101	-6,91
1997	864 111 026 000	900.895	3,60	3 797 719	15,99
1998	899 814 132 000	899.814	-0,12	-	-

Fonte: IBGE (outubro/ 1999) e CDRJ

¹ Preços constantes de 1998

Tabela 7 – Evolução do PIB e do Movimento Geral de Cargas

Um exame das variações ocorridas com o PIB e os correspondentes valores da variação na movimentação de cargas, no período 1986 até 1997, mostrou não haver uma relação proporcional entre essas duas grandezas. No período após 1992, enquanto o PIB teve um crescimento contínuo, o movimento de cargas flutuou, ora aumentando, ora reduzindo. Ajustando-se os dados do PIB e do movimento de cargas por regressão linear, encontra-se um fator de correlação R^2 igual a 0,23 (Gráfico 9), evidenciando a

inadequação de se avaliar a ampliação do fluxo de cargas a partir dos valores estimados para o PIB.

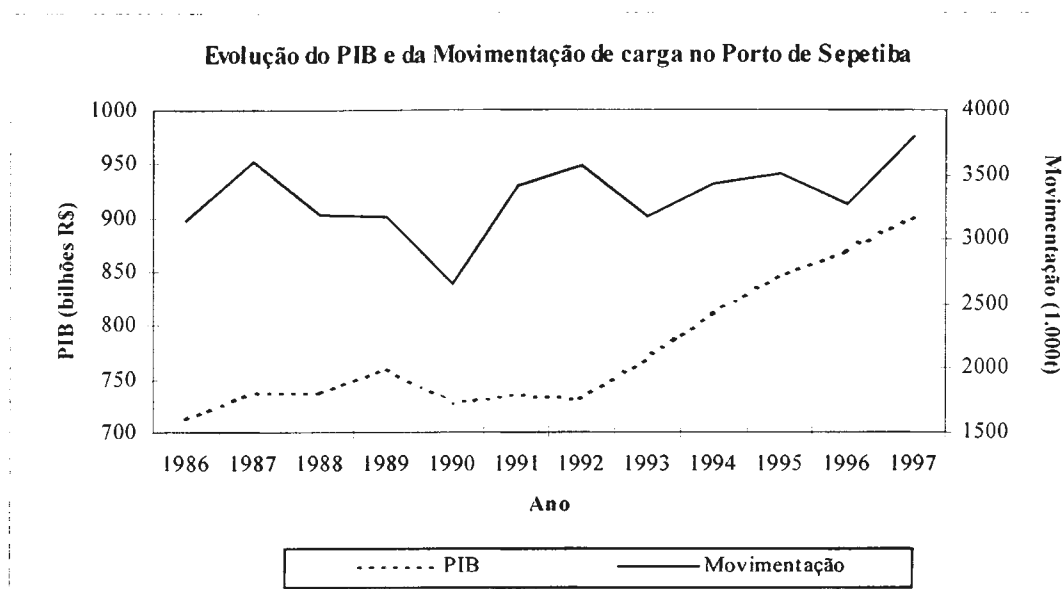


Gráfico 8 – Evolução do PIB e do Movimento Geral de Cargas

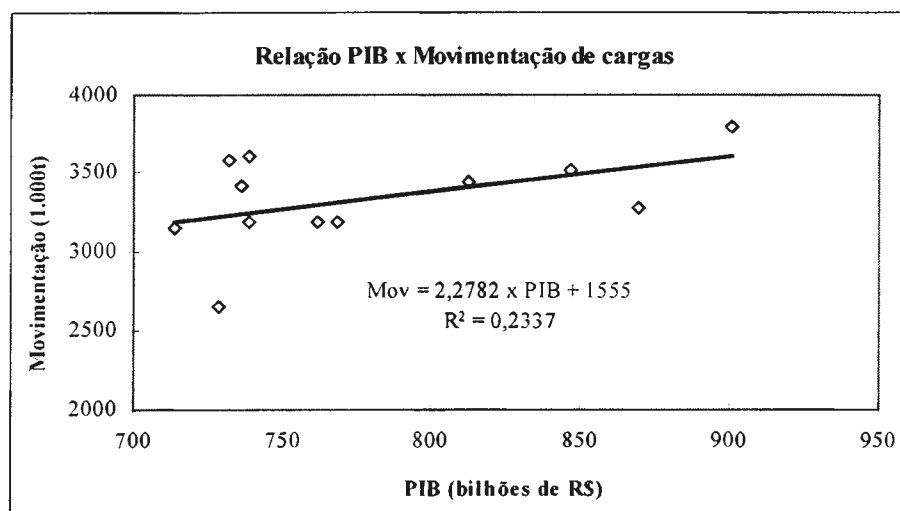


Gráfico 9 – Relação PIB x Movimento Geral de Cargas

A Tabela 8 mostra os parâmetros da regressão linear obtida.

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	1555,0	1018,9	1,5261	0,1579	-715,3	3825,3
Variável X	2,2782	1,3044	1,7465	0,1113	-0,6282	5,1846

Tabela 8 – Resultado da regressão linear de PIB x Movimento Geral de Cargas

Não se esperava encontrar uma correlação alta (quer dizer, um coeficiente de correlação próximo de 1,0) entre o PIB e a movimentação. Porém, o cálculo dos coeficientes da regressão mostraram, além de um R^2 pobre, os dados não indicam relação entre esses indicadores, ao menos para um grau de certeza de 5%.

Devido aos resultados mencionados, buscou-se uma alternativa para estimar a evolução da movimentação de cargas no porto de Sepetiba, descrita no item seguinte.

4.3.3. Fluxos de Cargas

Com o intuito de definir a movimentação esperada no porto de Sepetiba, procurou-se analisar o potencial de cada carga examinando, quando for o caso, as perspectivas de crescimento das indústrias associadas.

Algumas das cargas tradicionalmente operadas em Sepetiba, como caulim e sucata, não constam desta análise pois sua movimentação irregular torna incerta qualquer previsão. Já para o enxofre, a tendência é de que não haverá mais desembarques, desse produto, pois a Bayer, principal compradora, encerrou as atividades de produção de ácido sulfúrico na sua unidade industrial de Belford Roxo.

- Carvão Metalúrgico e Coque da Hulha

Pelo contrato de concessão do Terminal de Carvão (berços 101 e 102), o volume mínimo de carga a movimentar é de 3,5 milhões de toneladas/ano, podendo incluir nesse total a carga de terceiros. O contrato prevê a aplicação de uma tabela de bonificação (Tabela 9) sobre a parte variável da remuneração⁵ da CDRJ, de modo a incentivar o aumento da atividade e da produtividade do terminal acima dos 3 milhões de toneladas.

Faixa de Tonelagem Anual Movimentada	Bonificação
< 3.000.000	--
3.000.000 – 4.000.000	20%
4.000.000 – 5.000.000	40%
5.000.000 – 6.000.000	60%
6.000.000 – 7.000.000	80%
> 7.000.000	90%

Fonte: CDRJ

Tabela 9 – Bonificação da remuneração pelo arrendamento do Terminal de Carvão

⁵ A remuneração mensal da CDRJ é composta de duas partes, sendo uma fixa e uma variável por cada tonelada movimentada.

A CSN tem capacidade instalada para produzir 4,6 milhões de toneladas/ano de aço (Tabela 10), o que implica uma necessidade total de insumos, carvão metalúrgico e coque da hulha, em torno de 3 milhões de toneladas/ano.

Produtos Finais	Capacidade (1.000 t/ano)
Laminados a Quente	1.900
Laminados a Frio	860
Galvanizados	770
Folhas Metálicas	1.090
Total	4.620

Fonte: CSN (www.csn.com.br)

Tabela 10 – Capacidade de produção da CSN de cada um de seus produtos finais

Espera-se a implantação na CSN de um novo processo para produção de aço, que propiciará a diminuição no uso de coque da hulha e um acréscimo, mais que proporcional, no uso de carvão, resultando num aumento do total de consumo dessas matérias primas.

A empresa conta com várias alternativas para aumentar a capacidade de produção. Uma dessas alternativas é a construção de uma nova usina em Itaguaí (RJ), a CSN II, com capacidade para 3 milhões de toneladas/ano. Existe também a possibilidade de reativação do alto-forno número 1, o que significaria aumentar a capacidade produtiva atual em mais um milhão de toneladas/ano.

Conforme GÓES FILHO (1997) os desembarques anuais conjuntos de carvão metalúrgico e coque da hulha deverão evoluir da seguinte forma:

Períodos	Quantidades (t/ano)
1998-2000	3.400.000
2001-2010	3.700.000
2011-2017	4.000.000

Fonte: GÓES FILHO (1997)

Tabela 11 – Previsão de movimentação anual de carvão e coque da hulha

A CSN tem como meta atingir movimentos superiores, dentro deste horizonte de planejamento, o que dependerá das possibilidades de atrair cargas de terceiros para o Terminal.

- Alumina

A quarta empresa produtora de alumínio primário implantada no Brasil, a partir de uma iniciativa da CVRD e da Billiton Metais S.A., então subsidiária do Grupo Shell, foi a Valesul Alumínio S.A, cujas operações se iniciaram em janeiro de 1982 (www.abal.org.br). A Valesul tem capacidade de produção instalada de 93 mil toneladas de alumínio por ano (52 mil Aluvale e 41 mil Billiton). As instalações industriais foram construídas considerando-se uma futura expansão, cujo projeto, dividido em 2 fases, tem prazo estimado de 5 anos para ser concluído. Numa primeira etapa, prevê-se a ampliação da unidade industrial de Santa Cruz para processar 138 mil toneladas - um acréscimo de 46 mil toneladas ao volume atual. Na segunda etapa do programa, seriam agregadas à linha de produção da companhia mais 91 mil toneladas (Gazeta Mercantil, 1998).

A dificuldade enfrentada pela empresa para concretização desses planos é a não disponibilidade de energia a baixo custo, uma vez que o grande peso (35%) desse insumo no custo de produção do alumínio, define a viabilidade, ou não, da produção.

A partir dos dados da indústria brasileira de alumínio, estimou-se que o consumo de alumina é 1,95 vezes o volume de produção (Tabela 12).

Ano	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Produção Primária	887,9	930,6	1.139,6	1.193,3	1.172,0	1.184,6	1.188,1	1.197,4	1.189,1
Consumo de Alumina	1.738,9	1.826,5	2.231,6	2.353,9	2.268,5	2.271,1	2.317,0	2.344,1	2.302,8

Fonte: ABAL

Tabela 12 – Produção brasileira de alumínio (1.000t)

O desembarque de alumina, em consequência da expansão, aumentará, atingindo os níveis indicados na Tabela 13. Admite-se, para efeito de previsão, que a distribuição entre cabotagem e longo curso permanecerá estável, nos níveis de 90% e 10% respectivamente.

Períodos	Produção (mil t)	Desembarques (t/ano)		
		Cabotagem	Longo Curso	Total
1998-2000	93.000	163.215	18.135	181.350
2001-2003	138.000	242.190	26.910	269.100
2003-2020	229.000	401.895	44.655	446.550

Fonte: Elaboração própria

Tabela 13 – Previsão de movimentação anual de alumina

- Minério de Ferro

O Brasil ocupa o 1º lugar na produção mundial de minério de ferro, com 187 milhões de toneladas em 1998. Foram exportadas 143 milhões de toneladas colocando-o como 2º exportador mundial, atrás somente da Austrália (157 milhões de toneladas).

A expectativa da demanda mundial se baseia nas economias do Japão e da Coreia, considerados como molas mestras no mercado internacional de minério, sendo responsáveis por cerca de 46% do consumo mundial. O mercado europeu responde por cerca de 22% das importações mundiais de minério (Portos e Navios, 1999).

A necessidade de reduzir os custos logísticos vem levando as mineradoras a investir em cada vez mais na expansão e melhorias de seus canais de transporte e escoamento. Este é o motivo pelo qual a Ferteco optou por ser a operadora de um terminal portuário próprio, no porto de Sepetiba. O projeto possibilitará a utilização de um único sistema ferroviário, através da ligação direta entre as minas da empresa em Minas Gerais e o porto de Sepetiba. O minério de Córrego do Feijão, a 530km de distância, será transportado, em bitola larga, pela MRS Logística S.A.; também uma parte da produção de Fábrica poderá ser escoada até o porto de Sepetiba, a 450km de distância, por essa mesma ferrovia (www.ferteco.com.br/portos.htm).

Atualmente, a Ferteco utiliza a Ferrovia Vitória - Minas e o Porto de Tubarão no Estado do Espírito Santo, ambos operados pela CVRD, para exportar seus produtos das minerações Fábrica e Córrego Feijão, para diversos mercados. A ferrovia, de bitola estreita, cobre uma distância de 712km.

Em agosto de 1999, foi carregado o primeiro navio de minério no porto de Sepetiba, em caráter experimental, dando início às operações de embarque no terminal.

A CBPS, como arrendatária, deve garantir uma quantidade de carga mínima anual movimentada de 6 milhões de toneladas, a partir do quarto ano do início do arrendamento. A evolução do nível mínimo de carga a ser movimentada é a seguinte:

1º ano – 3.000.000t

2º ano – 4.200.000t

3º ano – 5.100.000t

4º ano – 6.000.000t

O terminal não se limitará a embarcar minério de ferro, devendo ser empregado, também, para escoamento de outros grânéis sólidos e grãos, o que deverá desenvolver-se complementarmente, conforme as condições do mercado.

- Granéis Agrícolas

Em estudo realizado pelo GEIPOT (1995) foram definidos, a partir da análise dos sistemas envolvidos com a movimentação de grãos agrícolas, corredores de transporte. Foram identificados pólos concentradores de atividades econômicas e geradores de níveis significativos de transporte.

Entre as macrorregiões que integram esse estudo, está o Corredor do Rio de Janeiro, cuja área de influência é composta pelo Estado do Rio de Janeiro e parte de Minas Gerais, na faixa que se estende do sul do Estado do Rio de Janeiro até Belo Horizonte.

Não existe ainda uma movimentação efetiva de grãos agrícolas por ferrovia nesse Corredor, salvo o trigo importado pelo porto de Angra dos Reis e transferido para Varginha (MG). O potencial de movimentação de cargas para o porto de Sepetiba, no âmbito do Corredor, foi avaliado em 4,0 milhões de t/ano, na importação e exportação de grãos, e de 500.000 de t/ano na importação de fertilizantes.

O terminal de grãos e fertilizantes poderá ser implantado valendo-se do Terminal de Múltiplo Uso, onde seriam colocados sugadores e correias transportadoras para a importação de grãos e fertilizantes. Para a exportação de grãos, algumas alternativas são vislumbradas como a utilização do berço 202, com a instalação de *shiploaders*, ou o aproveitamento das instalações do terminal da Ferteco, beneficiando-se com isto dos investimentos já realizados.

A CDRJ apresenta cenários de crescimento de algumas dessas cargas; um de sucessão, mais conservador, e outro com uma perspectiva mais otimista. A Tabela 14 discrimina as cargas nos dois cenários.

Cenário Otimista	2000	2005	2010	2015	2020
Trigo	300.000	331.000	853.000	924.000	1.020.000
Cevada	300.000	374.000	466.000	581.000	724.000
Soja/Farelo e Açúcar	-	2.139.000	2.688.000	3.116.000	3.612.000
Cenário Conservador	2000	2005	2010	2015	2020
Trigo	300.000	323.000	348.000	375.000	404.000
Cevada	150.000	162.000	174.000	187.000	202.000
Soja/Farelo e Açúcar	-	-	-	-	-

Fonte: CDRJ (1999) p. 22

Tabela 14 - Cenários de crescimento dos grãos agrícolas (toneladas)

- Produtos Siderúrgicos

As melhorias operacionais esperadas nas malhas ferroviárias deverão contribuir para estimular a movimentação de produtos siderúrgicos pelo porto de Sepetiba. A CSN, desde julho de 1999, vem realizando os primeiros, de caráter experimental.

Em princípio, pode-se considerar que a CSN venha a transferir para Sepetiba, as exportações hoje realizadas pelo portos de Angra dos Reis e do Rio de Janeiro. Com a concentração dos embarques da CSN no porto de Sepetiba, as outras empresas continuariam operando nos outros portos, ou passariam a movimentar em Sepetiba, dependendo da negociação de tarifas.

Para avaliar essas hipóteses é necessário considerar que a movimentação de produtos siderúrgicos nos portos de Angra dos Reis e Rio de Janeiro (Tabela 15) vem sendo feita por empresas privadas. No Rio de Janeiro a Triunfo Operadora Portuária arrendou o Terminal de Produtos Siderúrgicos – TPS correspondente às áreas dos armazéns 7 e 8 e pátio 8/9 no Cais da Gamboa e do armazém 30 no Cais de São Cristóvão. No porto de Angra dos Reis, o consórcio formado pelas empresas FCA Angra Porto⁶, Moinho Sul Mineiro e SEMA Multilift, venceu o leilão realizado em 5 de novembro de 1998, pelo preço mínimo de R\$ 9.393.900,00.

Ano	Rio de Janeiro		Angra dos Reis
	Contêiner	Demais Embalagens	
1995	31.243	1.631.209	331.798
1996	62.714	1.400.359	445.712
1997	117.845	970.526	302.664
1998	72.208	831.820	368.344

Fonte: CDRJ Unidade: toneladas

Tabela 15 – Movimentação de produtos siderúrgicos nos portos da CDRJ

A CSN pretende começar a containerizar seus produtos na própria usina em Volta Redonda. Essa mudança na logística visa reduzir custos de embalagem e garantir carga para a ferrovia MRS, trazendo contêineres vazios do porto até Volta Redonda (Gazeta Mercantil, 1999).

⁶ Empresa formada a partir do Consórcio FCA - Ferrovia Centro Atlântica S/A.

4.4. Movimentação de Contêineres

O movimento de contêineres nos portos brasileiros cresceu no período de 1994-1998 a uma taxa média de 10,88% ao ano, passando de um volume de 1.401.546 TEU, em 1994, para 2.118.227 TEU em 1998. Segundo os dados da Tabela 16, que mostra os cinco portos de maior movimentação de contêineres e o total Brasil, o porto de maior evolução neste período foi o do Rio de Janeiro, com um aumento, em TEU, de 85,64%.

Porto	Ano				
	1994	1995	1996	1997	1998
Unidades					
Itajaí	54.736	48.984	59.197	79.877	85.202
Paranaguá	80.532	91.460	77.087	88.448	99.801
Rio de Janeiro	87.273	128.709	130.145	154.144	154.551
Rio Grande	91.502	81.890	108.598	128.893	142.940
Santos	475.642	591.882	547.430	580.592	564.948
Brasil	1.057.722	1.274.031	1.266.770	1.356.628	1.428.717
TEU					
Itajaí	72.946	69.721	86.617	118.822	129.563
Paranaguá	113.037	134.345	115.291	139.141	161.569
Rio de Janeiro	106.764	163.209	172.863	202.763	198.197
Rio Grande	136.540	124.124	170.267	194.963	224.577
Santos	614.168	817.848	772.313	829.486	799.476
Brasil	1.401.546	1.769.902	1.779.436	1.925.970	2.029.371

Fonte: Ministério dos Transportes

Nota: Os dados de Santos e do Brasil, em 1998, não incluem a movimentação do terminal da Rio Cubatão (COSIPA) de 88.856 TEU.

Tabela 16 – Movimentação de contêineres nos principais portos do Brasil

4.4.1. Portos do Rio de Janeiro e Santos

Para a análise prospectiva é necessário considerar que sobretudo os portos do Rio de Janeiro e Santos exercerão concorrência com o porto de Sepetiba. Os dois portos representam em torno de 50% da movimentação total de contêineres do Brasil, o que concede à eles vantagens comparativas/competitivas em relação a um porto recém inaugurado. “A ampliação do porto de Sepetiba apresenta como ingrediente de complexidade a excessiva proximidade da cidade do Rio de Janeiro, mal ou bem uma cidade portuária já implantada” Acseirad (1999).

A seguir passa-se a identificar os planos de expansão desses portos, cujas empresas arrendatárias dos diversos terminais, têm estratégias com o prazo de duração de seus contratos de concessão, ou seja, de 20 a 25 anos, renováveis por igual período.

Porto de Santos

• TECON 1

Primeiro terminal especializado em contêineres do Brasil, o TECON 1, na margem esquerda do estuário Santista, iniciou suas operações em 1981. É constituído de cais com 510m de comprimento e 13,7m de profundidade e 366.000m² de área.

Com um ágio pago de 171%, foi privatizado, em 17 de setembro de 1997, em leilão vencido pelo Consórcio Santos Brasil, composto pelas empresas Opportunity Leste (40%), 525 Participações (15%), Multiterminais (10%) e pelos fundos de pensão Previ (20%) e Sistel (15%), que ofereceu proposta de R\$274.484.259,00. O preço mínimo era de R\$101.184.259,00. O funcionamento do TECON 1 tem suporte técnico e operacional da HLLA, consultora alemã, responsável por parte da movimentação do porto de Hamburgo.

O plano de expansão prevê, até 2002, a extensão do cais para 760m e a área para 484.000m², aumentando a capacidade do terminal para 800 mil TEU/ano (Cargo Systems, 1999a).

A participação do TECON 1 na movimentação total de contêineres do porto de Santos (em torno de 35%) é mostrada na Tabela 17.

Ano	TECON 1	
	Unidades	TEU
1995	204.516	273.666
1996	187.833	254.688
1997	204.395	279.761
1998	206.878	284.488

Fonte: CODESP

Tabela 17 – Movimentação de contêineres no TECON 1

• Terminal 37

O Grupo Libra – Linhas Brasileiras de Navegação arrendou o T-37, um terminal de carga geral a partir de novembro de 1995 e desde então vem modernizando suas instalações. Originalmente constituído de 2 berços de atracação, com 400m de comprimento e profundidade entre 10,5 a 11m, teve recentemente agregado as áreas dos armazéns 34, 35 e 39 externo. Com esta incorporação, o terminal foi aumentado para uma área total de 180.000m², com 5 berços disponíveis e 1.100m de extensão de cais.

O T-37 movimentou 165.419 contêineres em 1998, e sua capacidade máxima está estimada em 450 mil TEU/ano.

- **TECONDI**

O Terminal para Contêineres da Margem Direita S/A situa-se no trecho de cais denominado Valongo com área de 170.000m² e tem uma capacidade máxima estimada em 200 mil TEU/ano.

- **Rio Cubatão Logística Portuária Ltda (RCLPL)**

A Rio Cubatão Logística Portuária Ltda. é uma sociedade formada pela International Trade Logistics S/A (57,5%) - empresa argentina, principal acionista do Terminal Exolgan (Buenos Aires) - e Armazéns Gerais Colúmbia (42,5%), que opera um terminal de contêineres dentro da área privativa do porto da Companhia Siderúrgica Paulista-COSIPA. As operações começaram em dezembro de 1997 e sua movimentação em 1998 ficou no patamar de 88.856 TEU. “Há previsão de se adicionar mais 2 berços e elevar a movimentação para 250 mil TEU/ano” (Consulport, 1998).

Porto do Rio de Janeiro

O porto do Rio de Janeiro passou por um processo de privatização semelhante ao de Santos. O TECONT, inaugurado em 1988, originalmente com um cais de 480m de extensão e dois berços, foi dividido em duas instalações que passaram a operar separadamente a partir de maio de 1998. O terminal que era responsável por 93% da movimentação de contêineres do porto do Rio de Janeiro (Cf. Tabela 18), teve sua área ampliada no processo de arrendamento, e em 1999, foi responsável por praticamente 100% do movimento dos contêineres. A meta de movimentação conjunta dos dois terminais é de 950 mil contêineres/ano (470 mil contêineres/ano no Terminal 1, a partir de 2007, e 480 mil contêineres/ano no Terminal 2, a partir de 2011).

Ano	Porto do Rio de Janeiro	
	TECONT	Outras Áreas
1995	143.386	19.823
1996	159.160	13.752
1997	189.437	13.326
1998	184.984	13.213

Fonte: CDRJ

Tabela 18 – Movimentação de contêineres no porto do Rio de Janeiro (TEU)

- Terminal 1

O Grupo Libra - BOREAL arrendou o Terminal 1. O cais com extensão total de 545m, compreende parte do TECONT original e o antigo Pátio de Minério e Carvão (PMC) do Caju, e é assim composto:

- um primeiro trecho de 220m relativo a parte TECONT;
- um segundo trecho de 285m na extremidade norte do terminal, correspondente a um prolongamento que é utilizado para cargas diversas, inclusive graneis líquidos (produtos químicos) para o Terminal da União;
- um trecho intermediário, entre os dois anteriores, de 40m.

A área do terminal é de 137.947m² e sua movimentação, entre janeiro e outubro de 1999, foi de 56.576 contêineres. Existe a perspectiva de se aterrar a retroárea do prolongamento, incorporando ao terminal, aproximadamente, cerca de 30.000m² de área adicional.

- Terminal 2

Resultado do consórcio entre a Multiterminais Alfandegados do Brasil Ltda. e o Banco do Brasil BI, a Multi-Rio Operações Portuárias fechou contrato de arrendamento do Terminal 2. Após a complementação das obras de expansão, realizadas pela CDRJ, o terminal passou a contar com um cais de 520m de extensão e área de 179.185m². A movimentação, entre janeiro e outubro de 1999, foi de 75.754 contêineres.

Um fator de eventual vantagem para o terminal da Multi-Rio, é o fato de ser vizinho ao terminal *ro-ro* da Multi-Car Rio, ambos da Multiterminais.

- Áreas de Apoio

O porto do Rio dispõe no seu entorno de algumas áreas, adjacentes aos terminais, no bairro do Caju, para realização de serviços periféricos relacionados à movimentação de contêineres.

- TRA - Terminal Retroportuário Alfandegado da Multiterminais, destinado à importação. Possui 60.000m², sendo 30.000m² de armazéns;
- TVZ - Terminal de vazios da Libra com 20.000m², situado no antigo terreno do Banco Central;
- CITRANS - Área de 10.000m² destinada à armazenagem.

Novas Instalações

Nos próximos anos, mais alternativas de movimentação de contêineres nos portos do Rio de Janeiro e Santos devem se tornar disponíveis, como descrito a seguir:

- **TECON 2**

A Companhia Docas do Estado de São Paulo-CODESP vem construindo o novo TECON 2, cujas obras chegaram a ser interrompidas devido à decisão do Tribunal de Contas da União. Adjacente ao TECON 1, é constituído de um berço de 310m de cais com profundidade de 13m, 170.000m² de área e capacidade estimada de 100 mil TEU/ano. Espera-se que a privatização ocorra até o fim do ano 2000, através de leilão.

- **Terminal NOBARA**

Um consórcio entre a Transtemar/Richard Klien (50%) e Walker Bros. (50%) está trabalhando num projeto de construção de uma nova instalação chamada Terminal NOBARA. Fora da área do porto organizado de Santos, o terminal será construído numa área privada de 35.000m² (com disponibilidade de mais 50.000m² para futura expansão), projetado para um patamar de movimentação de 500 mil TEU/ano. O terminal irá oferecer 3 berços, 2 mais profundos de 275m e 320m de comprimento e 13,5m de profundidade (capaz de ser dragado para 15m) e 1 de menor profundidade (10m) com 230m de comprimento (Containerisation International, 1998).

- **MultiPortos**

A Multiterminais juntamente com o BNDESPar fazem parte do consórcio Multiportos Operadora Portuária que vem participando no desenvolvimento de um novo terminal de contêineres fora da área do porto organizado do Rio de Janeiro. Localizado em área de 300.000m² (com possibilidade de expansão de mais 100.000m²) previamente ocupada pelo estaleiro ISHIBRAS/IVI, na qual existem 2 berços de 250m cada e 8m de profundidade, que permitem, com reforço de cais, aprofundamento para 12m.

Esse projeto, com um período previsto de implantação de três a quatro anos, permitirá a transformação do estaleiro em terminal com movimentação de 300 mil TEU/ano e tem como meta colocar o primeiro berço em operação em 2000.

Atualmente, já está sendo utilizado como depósito de contêineres vazios, para serviços de reparos de contêineres e estufagem de carga nos armazéns para exportação.

É importante observar que a Lei 8.630/93 (art. 4 II - § 3º) restringe a exploração de instalação portuária de uso público à da área do porto organizado. As dificuldades jurídicas estão sendo superadas, tendo a MultiPortos fechado contrato de adesão com o Ministério dos Transportes, obtido licença de operação junto à FEEMA e estando em processo de alfandegamento.

Os terminais localizados fora dos limites do porto organizado precisam movimentar carga própria para serem considerados de uso misto. Entre outras vantagens, esses terminais podem contratar livremente sua própria força de trabalho sem a necessidade de ter que recorrer ao OGMO.

Conclusão

A soma das capacidades dos projetos implantados, em expansão e processo de implantação no Rio de Janeiro e Santos, fornece, para um horizonte de dez anos, a possibilidade de um volume de movimentação de 3,835 milhões de TEU/ano, mais de 3,5 vezes a movimentação de 1998 nesses portos, conforme discriminado na Tabela 19.

Implantados	Capacidade (TEU)	Em implantação	Capacidade (TEU)
TECON 1	800.000	TECON 2	100.000
Terminal 37	450.000	Terminal NOBARA	500.000
TECONDI	200.000	ISHIBRAS/IVI	300.000
RCLPL	250.000	Total	900.000
Multi-Rio	624.000		
Terminal Rio-1	611.000		
Total	2.935.000		

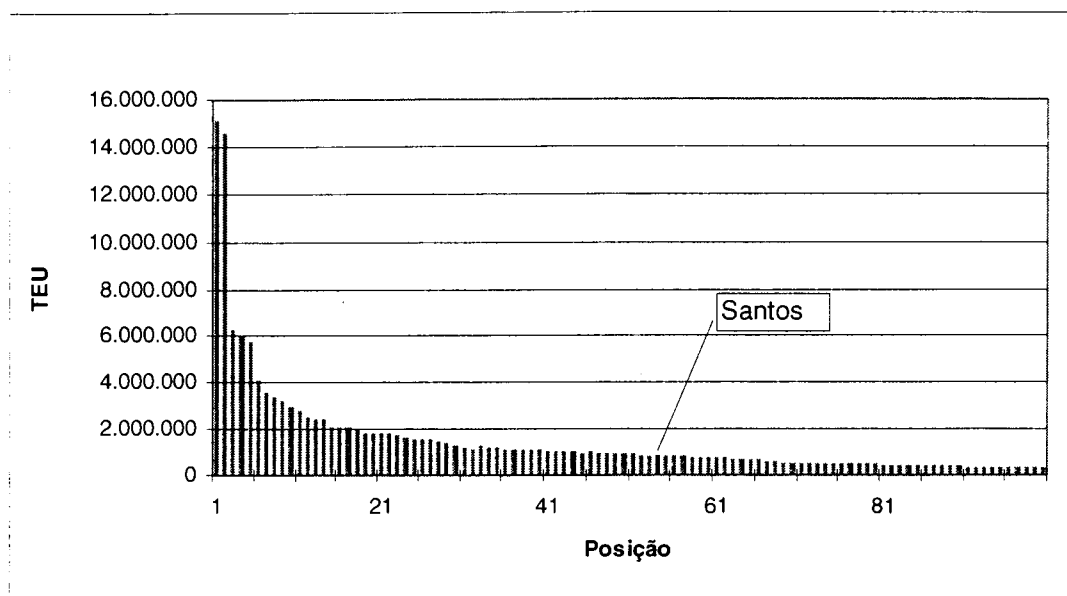
Fonte: Elaboração própria

Nota: Nos terminais Multi-Rio e Rio-1 foi considerado um fator TEU/contêiner igual a 1,3.

Tabela 19 – Capacidade projetada dos terminais do Rio de Janeiro e Santos

4.4.2. Movimentação Mundial e na América Latina

O aumento da ordem de 8,3% do volume de contêineres nos 100 maiores terminais do mundo, registrado entre 1997 e 1998, foi considerado um sucesso, diante das previsões pessimistas realizadas ao longo de 1998 (Cargo Systems, 1999b). A tendência global de crescimento foi fortemente influenciada pelos maiores terminais, devido ao grande peso desses portos no total movimentado. Singapura, o primeiro da classificação, movimentou quase 45 vezes mais que o volume do centésimo, o porto de Veracruz (México). Dentre os portos brasileiros, apenas Santos está incluído, ocupando a 54ª posição (Figura 12).



Fonte: Elaboração Própria

Figura 14 – Movimentação de contêineres nos 100 maiores portos (1998)

A Tabela 20 mostra por faixa de posição, a variação percentual observada entre 1997 e 1998. No anexo “Tabelas de Movimentação de Contêineres” encontram-se os dados de cada terminal.

Faixa de Posição	Faixa de Movimentação (TEU)	Variação (%) 1997/98
1 – 20	15.100.000 – 1.825.614	7,6
21 – 40	1.820.018 – 1.095.113	5,9
41 – 60	1.082.346 – 783.352	13,5
61 – 80	776.357 – 485.011	9,1
81 – 100	480.000 – 339.312	12,1

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 20 – Variação no volume de contêineres nos 100 maiores portos (1997/98)

Devido aos efeitos de privatização nas Américas Central e do Sul ao longo dos últimos anos, alguns portos reportaram um crescimento excepcional, como o Terminal Internacional de Manzanillo – Panamá, com um salto de 92% e outros como Cabello - Venezuela (35,1%), San Antonio - Chile (30,2%), Callao - Peru (17,6%) e Cortes - Honduras (17,1%) cujos aumentos dão a indicação da tendência geral para a região.

Em 1980, a participação da América Latina e Caribe no movimento portuário de contêineres foi de 1,34 milhões de TEU, ou seja, 3,7% do total mundial. Em 1996 essa cifra aumentou para 10,04 milhões de TEU, que equivalem a 6,4% do total mundial.

A participação da América do Sul, no total regional, foi de 37%. Entre 1991 e 1996, os movimentos portuários na América do Sul aumentaram 122%. Na América Central e no Caribe o incremento acumulado foi de 61%, similar ao registrado a nível mundial. Para o período 1997-2000, a *Ocean Shipping Consultants Ltd.* estima que o movimento portuário aumentará em 53% na América do Sul e 45% na América Central/Caribe (International Container Review citado por Hoffmann, 1998).

A participação do Brasil na movimentação de contêineres da América do Sul, no período 1997-98, permaneceu em torno de 33%. Verifica-se que não houve flutuações ou diferenças marcantes entre os diversos países da América do Sul, conforme os dados⁷ mostrados na Tabela 21. O crescimento nesse período foi de 11,87%.

País	1997		1998	
	TEU	Participação	TEU	Participação
Argentina	1.039.575	17,89%	1.174.694	18,07%
Brasil	1.925.971	33,15%	2.118.227	32,59%
Chile	1.030.584	17,74%	1.078.154	16,59%
Colômbia	503.488	8,67%	520.498	8,01%
Equador	375.878	6,47%	431.609	6,64%
Peru	372.745	6,42%	424.070	6,52%
Uruguai	201.964	3,48%	265.892	4,09%
Venezuela	360.213	6,20%	486.774	7,49%
Total	5.810.418	100,00%	6.499.918	100,00%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 21 – Tráfego portuário containerizado na América do Sul (1997-1998)

4.4.3. Projeções de Movimentação

Este item procura descrever algumas projeções de movimentação de contêineres realizadas por consultoras especializadas na área de transporte marítimo. A finalidade dessa descrição é estimar o volume de carga passível de ser atraída por Sepetiba.

- Bechtel International Inc.

Esse estudo, descrito no item 4.3.1, baseia-se em três premissas principais: o crescimento do PIB brasileiro, que chegaria ao valor de US\$ 1,952 trilhões em 2020; o aumento do índice de containerização no país; e uma maior participação da economia brasileira no mercado internacional.

⁷ Obtidos a partir de diversas fontes (em especial a Comissão Econômica para a América Latina – CEPAL) já que não existem dados sintetizados por país para movimentação de contêineres (ver tabela “Tráfego de contêineres na América Latina e Caribe” do Anexo I).

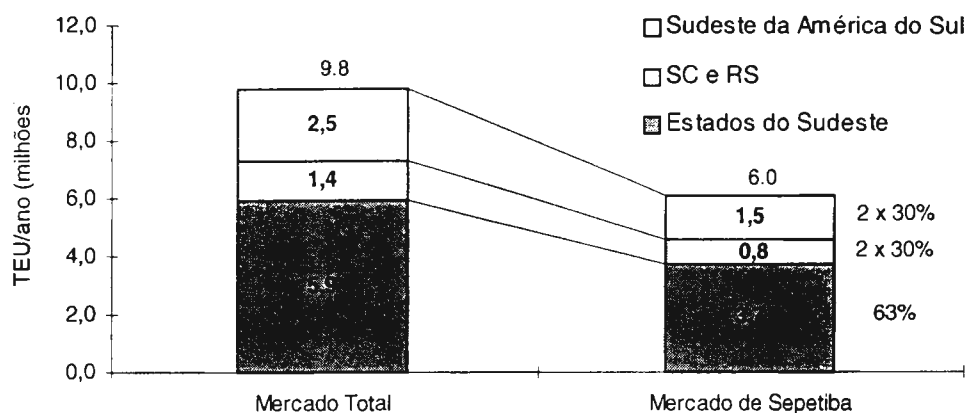
Apresentam-se a seguir as premissas utilizadas pelo modelo de projeção da movimentação de contêineres⁸ (CDRJ, 1998):

- A parcela do PIB na exportação crescerá de 6,3%, em 1996, para 12,0%, em 2020.
- A parcela do PIB na importação crescerá de 7,1%, em 1996, para 12,0%, em 2020.
- A parcela containerizada das exportações totais crescerá de 30%, em 1996, para 62%, em 2020.
- A parcela containerizada das importações totais crescerá de 50%, em 1996, para 80%, em 2020.
- O valor médio unitário da carga de exportação crescerá de uma média de US\$ 28.000 por TEU, em 1997, para US\$ 50.000, em 2020.
- O valor médio unitário da carga por importação crescerá de uma média de US\$ 30.000 por TEU, em 1997, para US\$ 40.000, em 2020.

O trabalho definiu que dos 5,9 milhões de TEU previstos para região chamada pelo estudo de “estados do sudeste” (item 2.3), o porto de Sepetiba poderá potencialmente captar 63% dessa carga. Foi admitido, também, como volume de movimentação passível de ser captado, cerca de 25% dos mercados dos dois Estados do extremo sul brasileiro e do Mercosul (Figura 15). Isso resulta num total de 6 milhões de TEU, sendo 3,7 milhões da própria região, e um volume de transbordo⁹ de 2,3 milhões: 0,8 milhões provenientes de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e 1,5 milhões do Uruguai e Argentina (Gráfico 9).

⁸ Considera-se 1 TEU = 1,6 contêineres

⁹ Os valores de transbordo são computados duas vezes, uma quando a carga é desembarcada no terminal e outra quando é embarcada novamente em outro navio.



Fonte: Bechtel, 1997

Gráfico 9 – Potencial do Mercado de Sepetiba em 2020

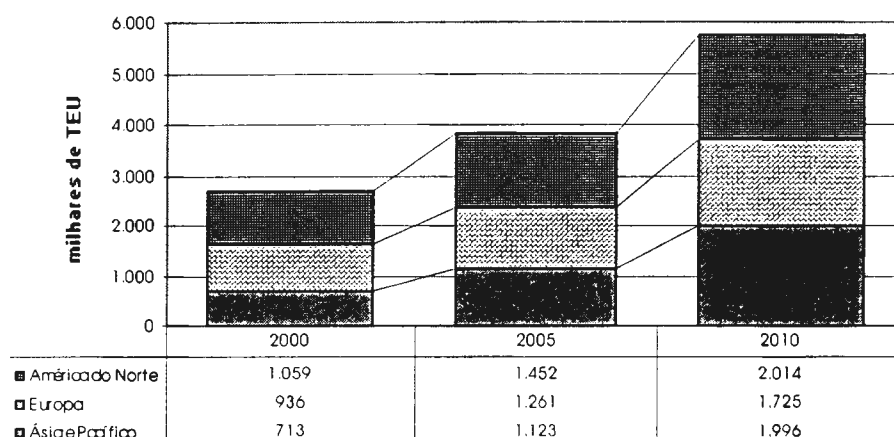


Fonte: CDRJ, 1998. p.24.

Figura 15 – Segmentação dos Mercado Potenciais

• World Sea Trade Service Review

A *World Sea Trade Service Review* é uma publicação trimestral produzida conjuntamente pela *Standard & Poor's DRI* e pelo *Mercer Management Consulting Inc.* Segundo as projeções realizadas no 4º trimestre de 1997 sobre o tráfego comercial, as economias da América do Sul gerarão um aumento significativo do volume de mercadorias transportadas em contêineres. O Gráfico 10 mostra a importância relativa dos três principais parceiros comerciais dos países da região. De acordo com as projeções, entre 2000 e 2005 o movimento comercial aumentará à razão de 7,2% a.a.. No período seguinte (2005-2010), essa taxa anual cresce ligeiramente, para 8,4%. A previsão de incremento mais importante se encontra no intercâmbio com a Ásia.

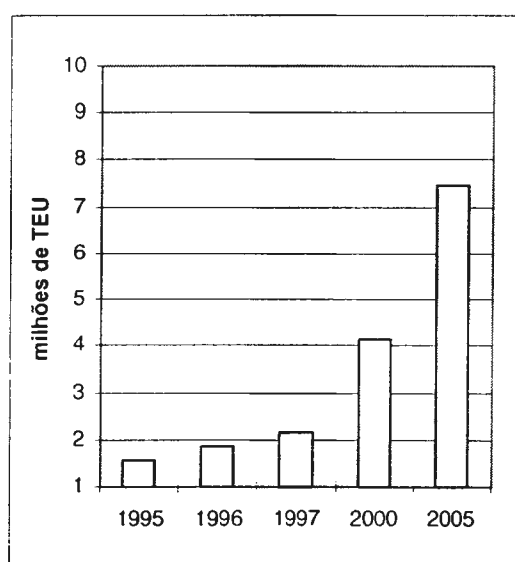


Fonte: DRI/McGraw-Hill e Mercer Management Consulting, World Sea Trade Service Review, 4º trimestre/1997 apud Hoffmann, 1998.

Gráfico 10 – Previsão do tráfego de contêineres na Costa Leste da América do Sul

- Cargo Systems International

Uma estimativa da revista *Cargo Systems*, edição março/1998, suplemento sobre a América Latina, indica que a movimentação de contêineres no Brasil poderá chegar a, aproximadamente, 7,5 milhões de TEU em 2005 (Gráfico 11). A taxa de crescimento anual do período 2000 - 2005, determinada por essa projeção é de 12,55% a.a.



Fonte: Cargo Systems – março 1998 (Suplemento América Latina) p.18.

Gráfico 11 – Previsão da Movimentação de Contêineres nos Portos Brasileiros

- Drewry Shipping Consultants

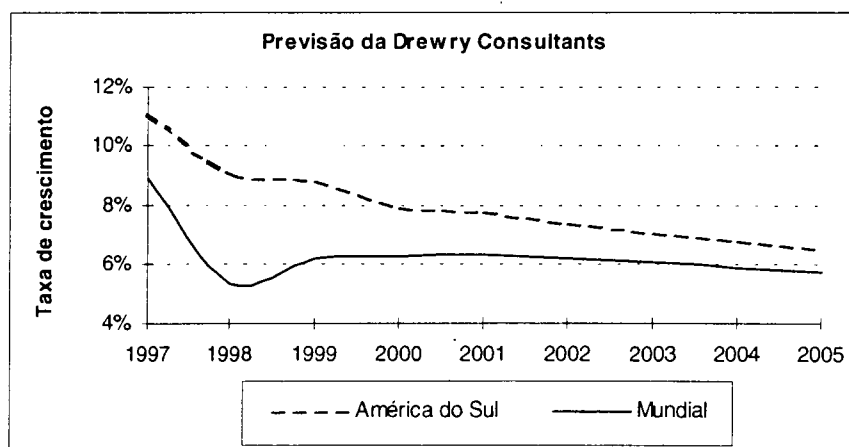
O relatório *World Container Terminals* da *Drewry Shipping Consultants Ltd.*, publicado em abril de 1998, apresenta uma projeção do crescimento da movimentação de contêineres, para diferentes regiões do planeta. É previsto um crescimento da movimentação mundial de contêineres de 170,3 milhões de TEU, em 1997, para 271,3 milhões de TEU em 2005, representando um aumento de quase 60% (Tabela 22). Os 100 milhões de TEU adicionais esperados indicam por si só a escala de desenvolvimento necessária para acompanhar o ritmo da demanda por terminais de contêineres.

Ano	América do Sul	Total Mundial
1996	10.331	156.443
1997	11.478	170.315
1998	12.524	179.408
1999	13.628	190.525
2000	14.706	202.436
2001	15.844	215.241
2002	17.008	228.606
2003	18.202	242.389
2004	19.436	256.613
2005	20.705	271.291

Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd, *World Container Terminals*, Londres, 1998.

Tabela 22 – Movimentação global de contêineres 1996-2005 (1.000 TEU)

Essa estimativa leva em conta não apenas as previsões de crescimento de comércio, mas também a incidência de transbordo, onde aplicável. Adicionalmente, ela reflete os efeitos antecipados da crise financeira asiática. Como pode ser visto, um aumento contínuo é esperado, embora com uma redução gradual das taxas de crescimento (Gráfico 12).



Fonte: Elaboração Própria

Gráfico 12 – Previsão de taxas de crescimento da Drewry Consultants

4.4.4. Análise das Projeções

Os quatro estudos expostos no item anterior apresentam uma ampla gama de variação de taxas de crescimento. Isso se deve, entre outros motivos, aos seguintes fatores:

1) as previsões foram efetuadas durante um período em que ocorreram grandes mudanças na economia mundial, inclusive com as crises asiática (outubro/1997) e russa (agosto/1998);

2) cada estudo tem como foco uma região diferente:

- Bechtel → porto de Sepetiba
- Cargo Systems → Brasil
- WSTS → Costa Leste da América do Sul
- Drewry → América do Sul

3) as incertezas quanto à carga de transbordo são grandes, o que altera bastante as projeções, já que “o número de movimentos de contêineres nos portos é aproximadamente três vezes e meia maior que o número de contêineres transportados. Isto se deve ao fato de que por cada contêiner transportado se realizam pelo menos dois movimentos nos portos” (Hoffmann, 1998).

Apesar do crescimento previsto no tráfego de contêineres, não pode ser esperado que a capacidade ociosa de um determinado porto seja preenchida. Esta capacidade pode estar no porto ou região errada para a demanda antecipada. Essencialmente, a capacidade ociosa de uma região não pode compensar a carência de capacidade em outro lugar. Demanda e oferta não são uniformemente distribuídas (Drewry, 1998).

Considerando as diversas projeções, para efeito de uso no modelo, serão empregados três cenários: otimista, conservador e alternativo. Os dois primeiros (Tabela 23) são os constantes do Plano Diretor Integrado do Porto de Sepetiba, sendo considerado como otimista o cenário traçado pelo relatório da Bechtel. No cenário alternativo, é possível definir a movimentação inicial para o ano 2000, bem como uma taxa de crescimento, por intermédio de um gráfico temporal ou uma média para o período.

Ano	Cenário Conservador	Taxa anual no período (%)	Cenário Otimista	Taxa anual no período (%)
2000	352.000	-	448.000	-
2005	1.056.000	24,573	1.216.000	22,104
2010	1.588.800	8,513	2.427.200	14,824
2015	2.390.400	8,513	4.028.800	10,666
2020	3.593.600	8,496	6.000.000	8,292

Fonte: CDRJ (1999)

Nota: 1 TEU = 1,6 contêiner

Tabela 23 – Cenários de incremento do fluxo de contêineres (TEU) no porto de Sepetiba

5. Modelo de Simulação

Este capítulo descreve a lógica do modelo SIMTECO (SIMulação de TERminal de CONtêineres), fornecendo uma descrição detalhada da metodologia, cálculos e fluxos de dados utilizados. Antes, entretanto, é necessário fazer algumas observações para melhor compreensão da análise das simulações apresentadas no próximo capítulo.

O modelo aqui desenvolvido foi inspirado no módulo “Terminal de Contêineres” do *Transport Financial/Economic Planning Model* construído pela *Economic and Social Commission for Asia and the Pacific* - ESCAP. O modelo da ESCAP utiliza como *software* básico uma planilha de LOTUS 1-2-3 e tem como objetivo ser uma ferramenta de análise para autoridades portuárias e agências de planejamento, na implementação de projetos. Os cálculos do modelo produzido neste trabalho foram fundamentados nas relações de volume de carga; perfil dos navios; produtividade dos equipamentos de manuseio de carga; e as necessidades de berços e equipamentos resultantes. Entretanto, a parte referente à análise econômica/financeira não foi desenvolvida.

A opção pela linguagem de programação gráfica STELLA para elaborar o modelo foi feita em função do propósito de incluir diversas facilidades de simulação e possibilitar a representação de aspectos dinâmicos. Procurou-se também implementar certas variáveis – como a produtividade dos guindastes em função do número de equipamentos empregados e da variação da consignação dos navios – com o objetivo de tornar o modelo mais aderente à realidade que se deseja representar.

O modelo foi idealizado para uso genérico e pode se adaptar a qualquer terminal particular de contêineres modificando-se alguns parâmetros. A definição dos setores que compõe o modelo foi feita de acordo com uma concatenação de processos: desde os setores de Projeção de Carga com o de Perfil dos Navios para os de Produtividade dos Guindastes, Infra-estrutura e Tempo de Espera, que interagem entre si. O fluxo geral do modelo é mostrado na Figura 16.

Essa divisão em setores busca proporcionar uma melhor compreensão da estrutura do sistema e de como as mudanças se propagam dentre seus mecanismos internos. Essa compreensão possibilita um exame consistente dos diversos pontos da estrutura do próprio modelo.

O modelo é projetado para determinar o impacto das melhorias de procedimentos na eficiência do porto, considerando uma situação individual, i.e., sem

investimentos adicionais ou com apenas pequenos investimentos. É o caso, por exemplo, de melhorar a utilização das instalações existentes pelo estudo dos efeitos das mudanças relativas à operação.

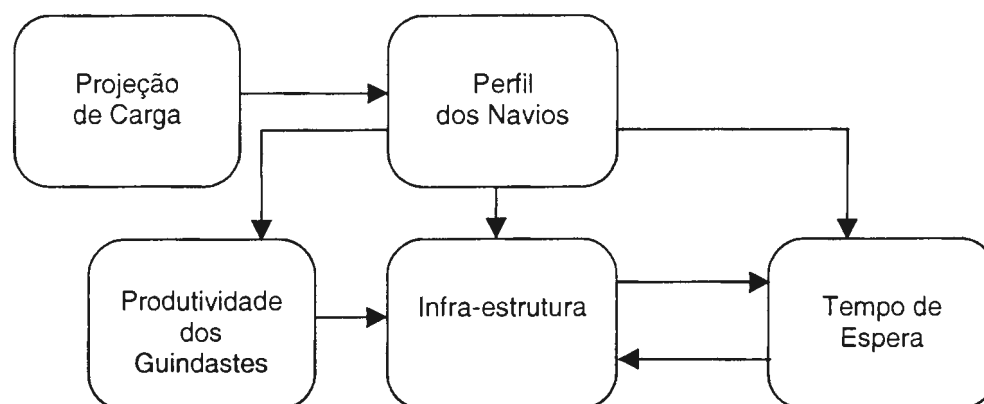


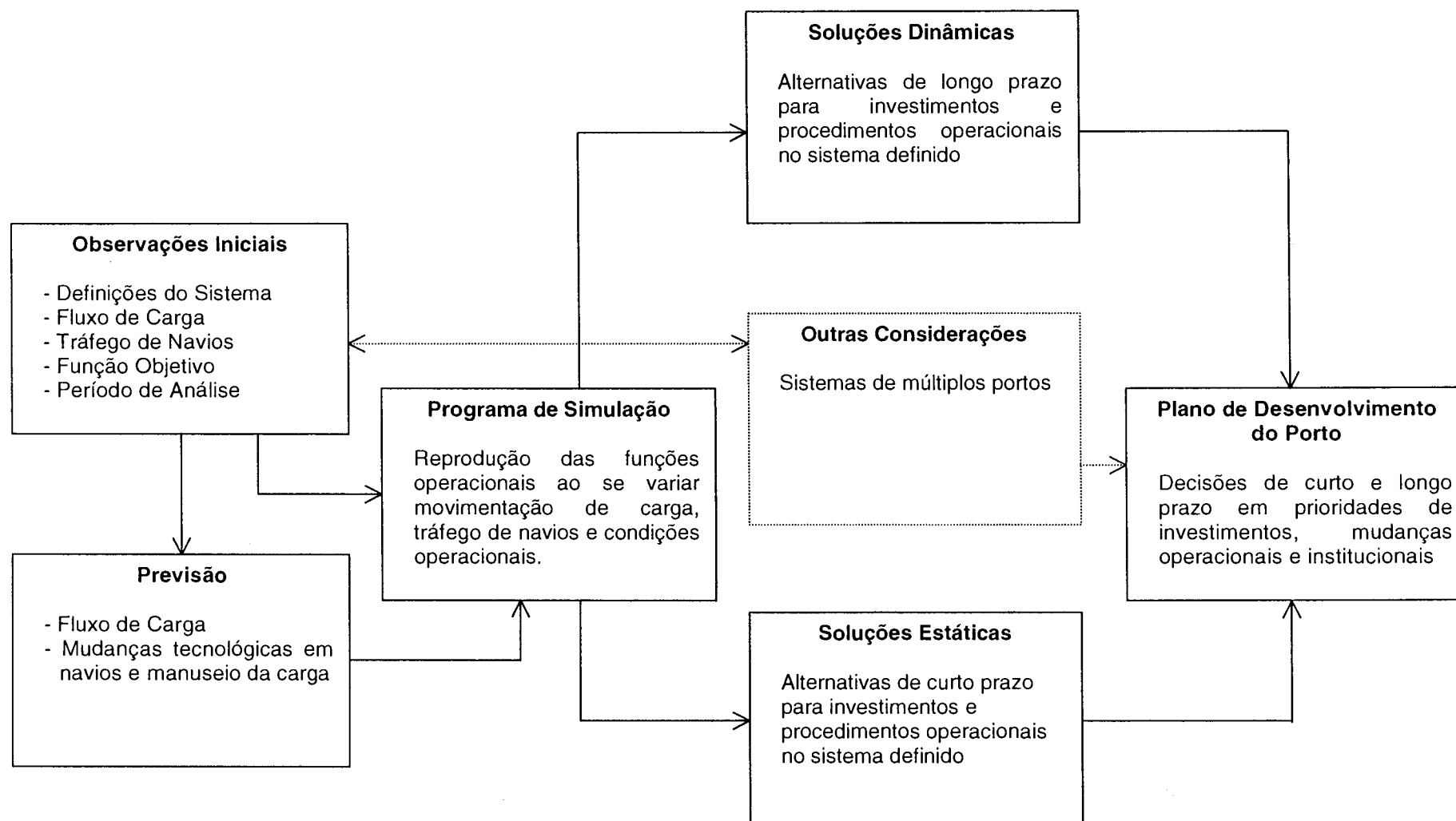
Figura 16 – Setores do Modelo

Também é possível avaliar o porto sob condições dinâmicas de modo a assegurar uma posição ótima de acordo com um critério adotado. Neste caso, o critério para otimização está ligado ao tempo de espera dos navios e/ou à taxa de ocupação dos berços, levando-se em consideração as necessidades futuras oriundas das condições esperadas nos fluxos do tráfego e de carga através do porto.

A Figura 17 ilustra por meio de um diagrama, a natureza das inter-relações que podem existir num sistema portuário. O elemento chamado “Outras Considerações” está representado por meio de uma linha pontilhada, isto se deve ao fato do aspecto de múltiplos portos não estar contemplado no modelo. Entretanto, é importante ter-se em mente que existe um processo de *feedback* entre dois ou mais portos, operando de forma complementar ou competitiva, cujas ações podem tornar necessária uma revisão das observações iniciais (UNCTAD, 1969). O modelo descreve esse sistema, permitindo simular diversas entradas correspondentes a:

- condições de fluxo de carga previstos para o sistema operar,
- alternativas técnicas e padrões operacionais (relativas aos guindastes); e
- perfil dos navios que escalarão o porto.

Em geral, a experiência mostrou que a restrição crítica na capacidade de um terminal é o comprimento de cais, mais do que a área de armazenagem. Existem soluções fora do porto para a carência de área de estocagem de contêineres. Alternativamente, maiores taxas de armazenagem podem ser usadas para resolver



Fonte: adaptado de UNCTAD (1969), p.15

Figura 17 – Diagrama de Concepção do Planejamento

problemas de longa estadia de contêineres (Drewry, 1998). Portanto, assume-se no modelo, que há provisão adequada de área terrestre para operações eficientes.

O modelo calcula o total de berços-dia requeridos e para diferentes hipóteses de berços disponíveis, as taxas de ocupação dos berços, além do tempo de espera resultante do navio. Para isto utiliza a distribuição teórica de filas, selecionada entre as opções fornecidas. Uma breve exposição sobre a teoria das filas é apresentada no anexo “Elementos da Teoria das Filas”.

A Figura 18 apresenta, na forma do *software* utilizado (STELLA) os diferentes setores que compõe o modelo. As principais relações entre as variáveis utilizadas podem ser observadas nessa figura. A seguir são detalhados, para cada setor, alguns aspectos que mereceram atenção especial no processo de modelagem. O conjunto das equações que constituem o modelo está inserido no Anexo “Equações do Modelo”.

Setor Projeção de Carga: A movimentação esperada ao longo do tempo de vida da instalação é o ponto inicial para o planejamento e projeto de um terminal de contêineres, afetando as decisões relacionadas à operação e investimentos no porto. Este setor calcula a projeção do volume de carga a ser movimentado no terminal. A partir da determinação da quantidade de carga (TEU) para o ano inicial de operação, pode-se testar o impacto da variação de cenários de taxas de crescimento anuais.

Setor Perfil dos Navios: A definição do perfil dos navios que freqüentarão o terminal é fundamental para os resultados dos cálculos do modelo, que são extremamente sensíveis às hipóteses aqui assumidas. Como a escolha do número de classes e faixas de tamanhos de navios é essencial para o estabelecimento de diversas variáveis, sua seleção deve ser cuidadosa, especialmente porque esse é um parâmetro fixo no modelo.

Setor Produtividade Guindastes: Neste setor, é estabelecida a produtividade dos equipamentos que serão alocados aos navios durante a operação, em função das propriedades do navio e do porto. O modelo usa, além destes dados, as horas trabalhadas por dia e o *mix* de contêineres (20 pés/40 pés).

Setor Infra-estrutura: O cálculo do tempo gasto para carga/descarga obtido a partir dos fatores de produtividade adotados, juntamente com a previsão de movimentação de contêineres, determinam a necessidade de berços do terminal.

Setor Tempo de Espera: Alguns modelos de fila são disponibilizados, de modo a melhor avaliar o tempo de espera do navio para diferentes padrões de chegada e de serviços.

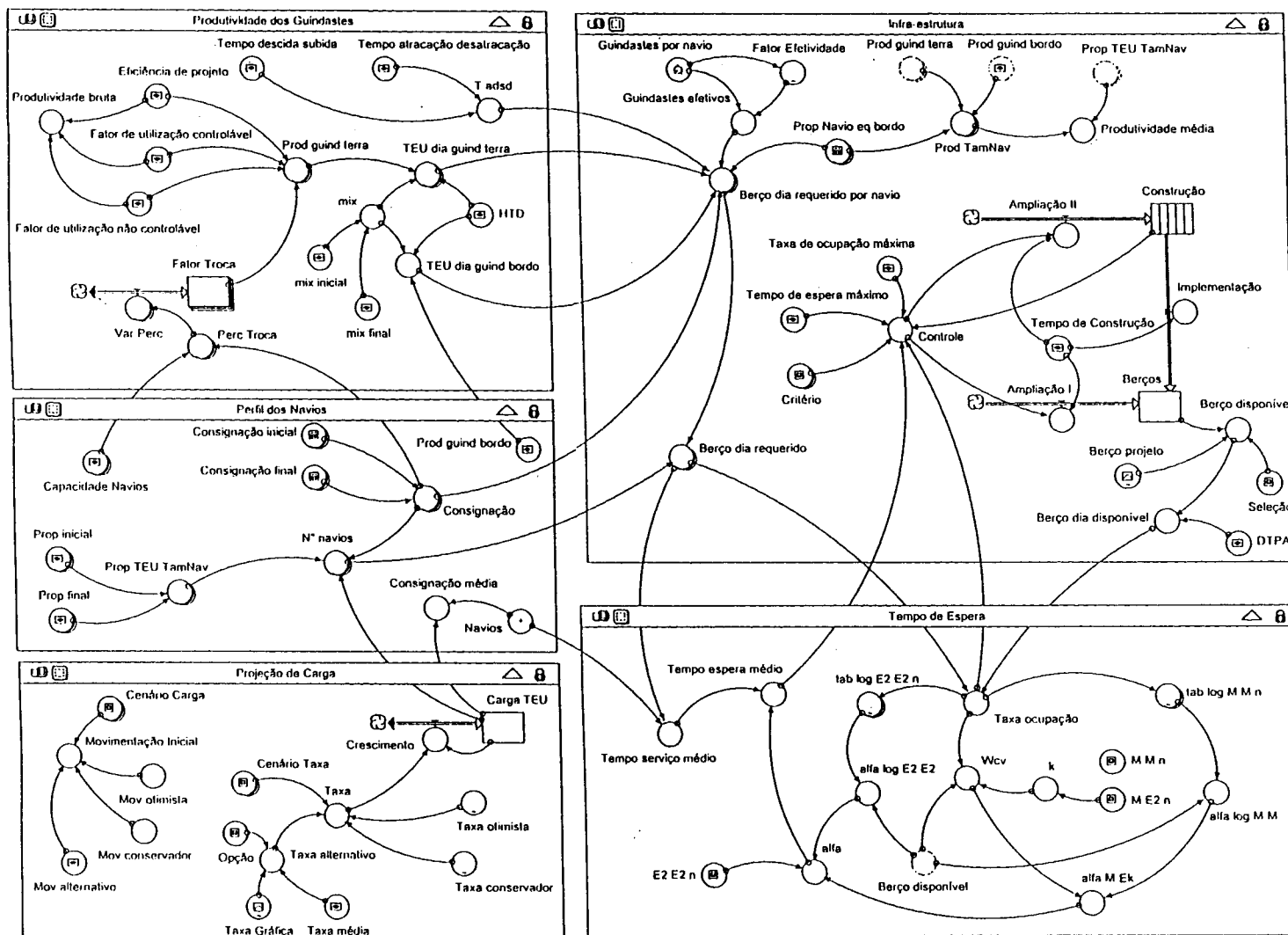


Figura 18 – Representação do Modelo no Software STELLA

5.1. Setor Projeção de Carga

O procedimento da projeção do fluxo de carga é essencial para dar a dinâmica do sistema. A simulação, feita até o ano 2020, parte de um valor de movimentação inicial atribuído no ano 2000, e com diversas taxas de crescimento, representa os diferentes cenários esperados. As taxas dos cenários otimista e conservador (item 4.4.4) estão inseridas no modelo como gráficos temporais, e uma taxa alternativa é disponibilizada.

5.2. Setor Perfil dos Navios

O *Maritime Project Planning Model* da ESCAP faz uso de sete classes de capacidade de navios (Cf. Tabela 24).

Faixa TEU	DWT médio	LOA médio (m)	Calado médio (m)
< 100	2.600	85	4,5
100 - 300	5.400	100	6,5
300 - 600	11.700	130	8,0
600 - 700	12.900	150	9,5
700 - 1.500	21.000	200	10,0
1.500 - 2.500	41.400	220	11,0
> 2.500	55.500	270	13,5

Fonte: ESCAP (1993) p. 80.

Tabela 24 – Classes de navios do modelo da ESCAP

Os navios porta-contêineres são, usualmente, classificados de acordo com a sua “geração”, dada por determinadas características, típicas de certos estágios do desenvolvimento da indústria da construção naval (Tabela 25). Não há um consenso em relação às dimensões típicas de cada geração, existindo alguma variação entre as diferentes publicações.

Geração	Tipo ^(*)	Capacidade de Carga (TEU)	Comprimento (m)	Boca (m)	Calado (m)
Primeira	<i>Feeder</i>	750 (300 – 800)	180	25,0	9,0
Segunda	<i>Handysize</i>	1.500 (800 – 1.700)	210	30,5	10,5
Terceira	<i>Sub Panamax</i>	3.000 (1.700 – 3.000)	285	32,2	11,5
Quarta	<i>Panamax</i>	4.250 (3.000 – 5.000)	290	32,2	12,6
Quinta	<i>Post Panamax</i>	> 5.000	320	39,6	13,0

Fonte: CNIO, 1998 p. 163 e Elaboração própria (*)

Nota: “O maior navio *Panamax* tem capacidade por volta de 4.442 TEU com aproximadamente 60.000 DWT” Hoffmann (1998) p. 6

Tabela 25 – Características dos Porta-contêineres, de 1ª a 5ª Gerações

Atualmente, já se considera uma nova classe para os navios porta-contêineres, com capacidade de mais de 6.000 TEU¹⁰, chamados *Super Post-Panamax*.

Optou-se no contexto deste trabalho, por dividir os navios que escalarão no porto de Sepetiba em três classes distintas. Tal divisão visa reduzir a complexidade na atribuição de dados requeridos por cada uma das variáveis, tornando o procedimento de simulação mais amigável, ao mesmo tempo que mantém a lógica do modelo. As capacidades de cada classe de navio são mostradas na Tabela 26.

Classe	Capacidade (TEU)
<i>Feeder</i>	< 1.700
<i>Panamax</i>	1.700 – 4.500
<i>Post-Panamax</i>	> 4.500

Fonte: Elaboração própria

Tabela 26 – Classes de Navios do modelo SIMTECO

É importante ressaltar que os nomes atribuídos às classes são meramente associativos.

Proporção da movimentação por classe de tamanho de navio

Deve-se entrar com o perfil esperado de percentagem de TEU a ser movimentada por cada classe de tamanho de navio (*Prop TEU TamNav*). O modelo permite que este perfil varie ao longo do tempo, à medida em que o tráfego se torne mais concentrado em navios maiores como exemplificado na Tabela 27.

Classe	Ano	
	2000	2020
<i>Feeder</i>	50%	50%
<i>Panamax</i>	50%	30%
<i>Post Panamax</i>	0%	20%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 27 – Percentual da Movimentação por Classe de Tamanho de Navio

¹⁰ A barreira de 6.000 TEU foi quebrada com a entrada em serviço do navio *Regina Maersk* em Janeiro de 1996. Em meados de 1996, já existiam 17 encomendas de navios desse tamanho (Drewry, 1996).

Consignação Média por Navio

Consignação é a quantidade média de TEU movimentada (carregada / descarregada) para as diferentes classes de tamanho de navio. No modelo é possível variar a consignação ao longo do tempo, como exemplificado na Tabela 28.

Classe	Ano	
	2000	2020
<i>Feeder</i>	300	600
<i>Panamax</i>	350	700
<i>Post Panamax</i>	2.000	2.500

Fonte: Elaboração própria

Tabela 28 – Consignação Média (TEU) por Classe de Tamanho de Navio

Número de navios por tamanho

O número esperado de navios em cada classe de tamanho é calculado tomando por base os dados do setor Projeção de Carga. O número total de navios, resultante do somatório das classes, é calculado na variável *Navios*.

$$N^{\circ} \text{ navios} = \frac{Carga \text{ TEU} \times Prop \text{ TEU TamNav}}{Consignação}$$

5.3. Setor Produtividade dos Guindastes

O modelo procura computar a produtividade bruta definida no intervalo de tempo entre o momento em que a lança do guindaste é abaixada, até o fim da operação, quando a lança começa a ser levantada. A adoção de um valor de produtividade bruta compreende numerosos fatores, inclusive o fato de existir uma ampla variedade de fabricantes. Por essa razão, são incluídas a eficiência de projeto dos guindastes e os fatores de utilização controláveis e incontroláveis (ver Figura 19).

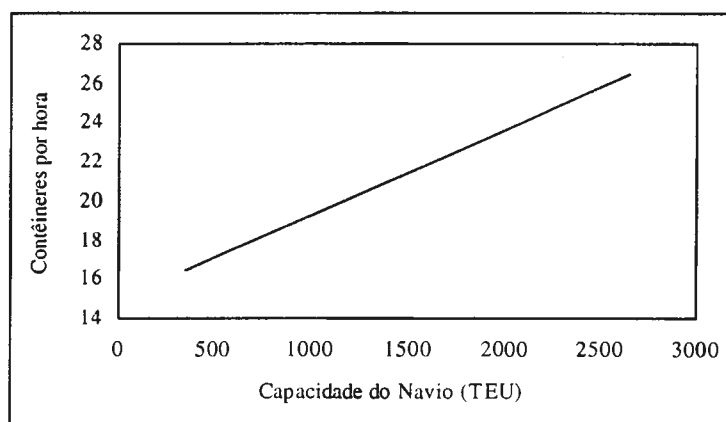
Um levantamento conduzido pela Drewry (1998) computou os registros de 100 navios, em quatro terminais de porte médio, comparando a quantidade de contêineres movimentados por hora sobre a linha de cais, com a capacidade dos navios (Gráfico 13) e com a percentagem da capacidade do navio trocada na escala (Gráfico 14). Os cálculos foram feitos com base no tempo total atracado. Os resultados indicaram que os dados apenas parcialmente sustentam a visão convencional de que navios maiores resultam em rendimentos superiores. De maior significância foi a razão entre consignação e capacidade do navio, incorporada no modelo na variável *Fator troca*.

Para se ter uma indicação de produtividade bruta, são fornecidos na Tabela 29 alguns valores para a região da ESCAP.

País/Porto	Produtividade Bruta	
	Contêiner/Hora	TEU/Hora
Austrália / Porto 1	10,5	12,0
Hong Kong / Porto 1	-	27,0
Indonésia / Porto 1	18,3	18,8
Japão / Porto 1	29,8	44,4
Malásia / Porto 1	16,7	20,9
Malásia / Porto 2	26,4	32,3
Nova Zelândia / Porto 1	21,6	22,4
Nova Zelândia / Porto 2	18,7	19,3
Filipinas / Porto 1	17,0	25,0
Sri Lanka / Porto 1	15,0	20,0

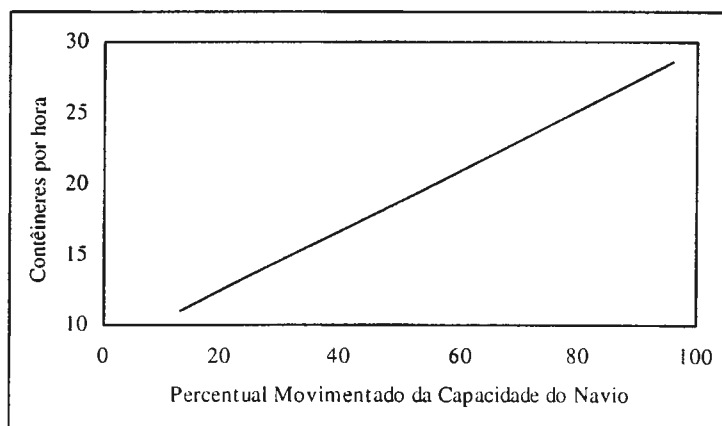
Fonte: ESCAP (1993) p. 79

Tabela 29 – Performance comparativa de movimentação de contêineres



Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd. (1998) p.64

Gráfico 13 – Contêineres por hora versus Capacidade do Navio



Fonte: Drewry Shipping Consultants Ltd. (1998) p.64

Gráfico 14 – Contêineres por hora versus Proporção da Capacidade do Navio

Horas Trabalhadas por Dia

A operação de terminais modernos e com grande volume de movimentação é tipicamente de 24 horas trabalhadas por dia. A variável *HTD* permite variar esta quantidade de horas. Não é necessário reduzir horários de refeição e descanso, pois estes já estão incluídos no cálculo da produtividade bruta dos guindastes.

TEU por contêiner

A produtividade dos equipamentos de movimentação no cais e no pátio são tipicamente medidos em contêiner/hora. Estes valores precisam ser convertidos em TEU/hora, que é feito com o auxílio da variável *mix* que representa a proporção assumida entre contêineres de 20 pés e 40 pés. De modo a orientar a escolha de um valor para esta variável, calculou-se a evolução do fator TEU/contêiner (Tabela 30) para os portos listados na tabela “Movimentação de Contêineres nos Principais Portos do Brasil” do item 4.4. Verifica-se uma tendência crescente entre 1994 e 1997, com os valores permanecendo na faixa de 1,22 a 1,57.

Porto	Ano				
	1994	1995	1996	1997	1998
Itajaí	1,33	1,42	1,46	1,49	1,52
Paranaguá	1,40	1,47	1,50	1,57	1,62
Rio de Janeiro	1,22	1,27	1,33	1,32	1,28
Rio Grande	1,49	1,52	1,57	1,51	1,57
Santos	1,29	1,38	1,41	1,43	1,42
Brasil	1,33	1,39	1,40	1,42	1,42

Fonte: Elaboração própria

Tabela 30 – Fator TEU/contêiner nos Principais Portos do Brasil

Produtividade

As variáveis *TEU dia guind terra* e *TEU dia guind bordo* se referem ao número de TEU's que um guindaste pode carregar/descarregar em um dia de operação normal. É calculado para ambos os guindastes de terra e de bordo como:

$$TEU \text{ dia guind } ----- = Prod \text{ guind } ----- \times mix \times HTD$$

5.4. Setor Infra-estrutura

O modelo da ESCAP contempla uma diferenciação entre berço nominal e efetivo. Este último representa a proporção do comprimento nominal do berço que cada navio vai ocupar, isto é, a possibilidade de 2 navios ocuparem 1 berço ou 3 navios

ocuparem 2 berços, etc. Considerando o perfil dos navios que escalarão no porto de Sepetiba, adotou-se, no modelo, a hipótese de que o berço efetivo é igual ao 100% do berço nominal, ou seja, 1 navio em cada berço.

Guindastes por navio

É necessário definir o número de guindastes empregados em cada navio e a proporção de navios que faz uso de equipamento de bordo. Supôs-se que o número de guindastes empregados por navio é o mesmo, independentemente de ser guindaste de terra ou de bordo. Os dados de entrada utilizados no modelo estão apresentados na Tabela 31.

Classe	Guindastes Empregados por Navio	Navios Utilizando Equipamento de Bordo
<i>Feeder</i>	2	30%
<i>Panamax</i>		20%
<i>Post Panamax</i>		0%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 31 – Perfil de utilização de equipamentos

A distância entre guindastes de terra é uma medida de intensidade do uso da faixa de cais. A performance do porto aumenta quando acrescentam-se mais guindastes, mas isso tem um limite. Esse limite é estimado em 100m entre guindastes. Abaixo deste nível de intensidade, torna-se impraticável trabalhar com todos os guindastes de modo eficiente, e o investimento adicional traz baixo retorno.

Considerando o comprimento dos berços do TECON, adotou-se como padrão 2 guindastes por berço, o que dá uma medida de 1 guindaste por 135m de cais.

Guindastes efetivos

Para operações que utilizam múltiplos guindastes por navio, o desempenho operacional do conjunto é ajustado pela aplicação de um coeficiente relativo ao número de guindastes utilizados, chamado *Fator de Efetividade* (Tabela 32). Para apenas um guindaste, o coeficiente é 1, ou seja, nada altera a estimativa de produtividade da operação. Para o uso de 2 guindastes simultâneos, o coeficiente é 0,9, ou seja, o conjunto funciona como se 1,8 guindastes estivessem operando. Para 3 guindastes o coeficiente é 0,8.

O desempenho de cada conjunto específico equívale, portanto, ao desempenho de um guindaste vezes o número de guindastes multiplicado pelo *Fator de Efetividade*.

Nº de Guindastes	Fator de Efetividade
1	1,0
2	0,9
3	0,8

Fonte: UNCTAD (1978), p. 137

Tabela 32 – Fator de Efetividade

Berços Requeridos

O *Berço-dia requerido por navio* é o somatório do tempo de carga/descarga requerido pelo navio, mais o tempo para atracação, descida do guindaste, subida do guindaste, desatracação navio (variável *Tadsd*) medido em fração do dia. A Figura 19 detalha o esquema de cálculo.

$$\frac{T_{adsd}}{1440} + \frac{(1 - (Prop\ equip\ bordo / 100)) \times Consignação}{Guindastes\ efetivos \times TEU\ dia\ guind\ terra} + \frac{(Prop\ equip\ bordo / 100) \times Consignação}{Guindastes\ efetivos \times TEU\ dia\ guind\ bordo}$$

Berço-dia Requerido

É calculado em cada classe de tamanho de navio:

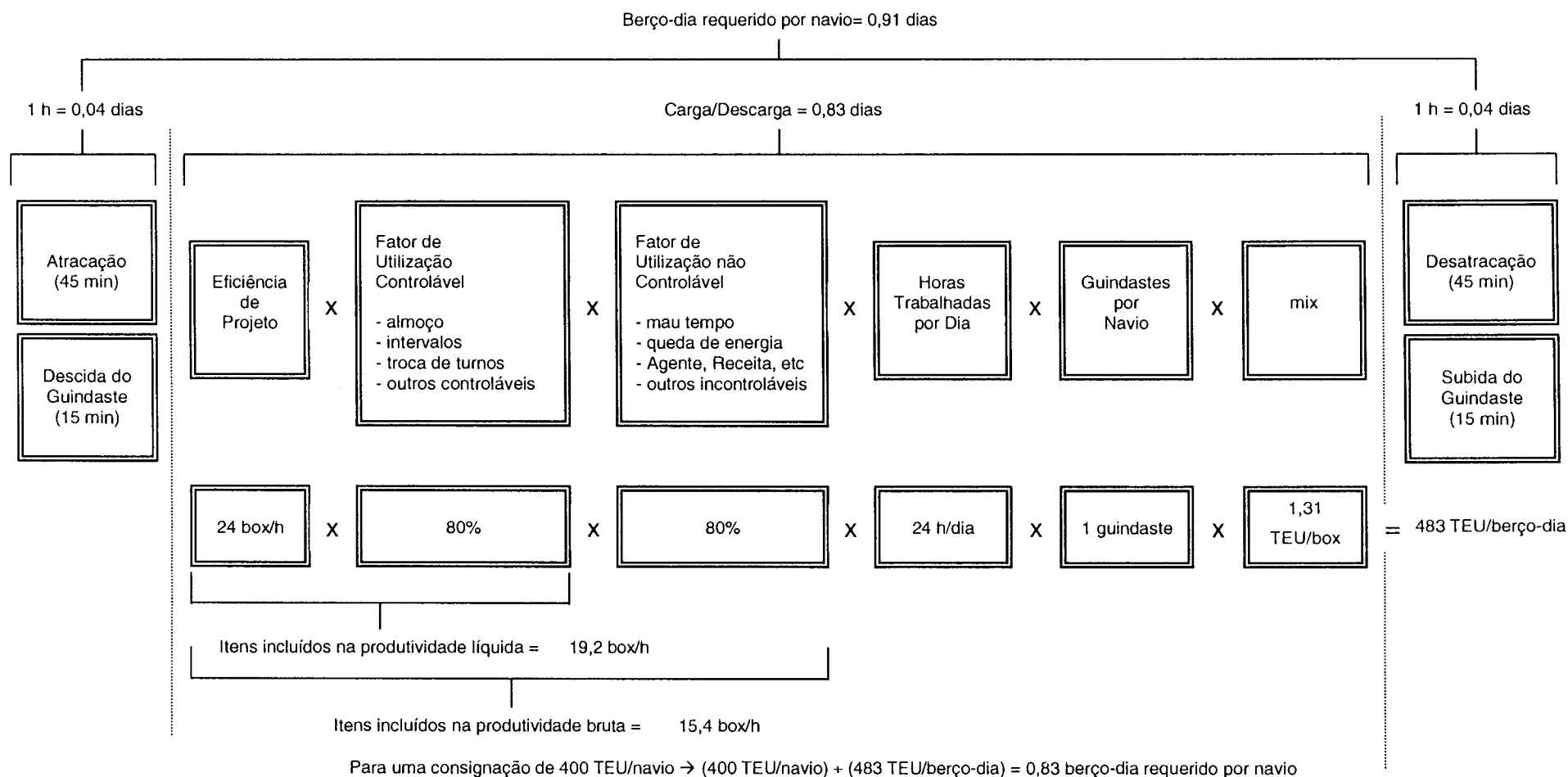
$$Berço\ dia\ requerido = Berço\ dia\ requerido\ por\ navio \times N^o\ navios$$

Berços disponíveis

A quantidade de berços disponíveis é o resultado do número de berços existentes mais os berços implantados de acordo o critério de tempo de espera máximo e/ou taxa de ocupação máxima.

A entrada de cada berço em operação é controlada pelo estoque *Construção* e o fluxo *Implementação*, de acordo com o valor atribuído ao *Tempo de Construção*.

Alternativamente o modelo pode rodar com um número de berços pré-determinado pelo cronograma de expansão previsto (*Berço projeto*), para avaliar as condições de operação do terminal.



Fonte: ESCAP (1993), p.15

Figura 19 – Cálculos de Produtividade dos Guindastes e Requerimento de Berço-dia por Navio

Dias Trabalhados por Ano

A variável *DTA* considera os dias trabalhados por semana, feriados e qualquer período de paralisação planejado. Em terminais de grande volume de movimentação é esperada uma operação de 7 dias/semana.

As hipóteses mostradas anteriormente podem ser vistas como valores de exemplo e podem ser alteradas para simular outras configurações de operação.

5.5. Setor Tempo de Espera

Berços especializados de terminais de contêineres podem atingir taxas de movimentação de carga numa faixa de cinco até dez vezes maiores que berços convencionais. A unitização da carga resulta numa considerável redução do número de escalas, com um aumento na consignação dos navios, e na produtividade por escala. Entretanto, a taxa de ocupação necessária à manutenção de um tempo de espera num nível aceitável, deve ser baixa.

O fato de a operação de navios porta-contêineres ser muito mais cara do que navios de carga geral, reforça a necessidade de se minimizar o tempo de espera. Num processo de planejamento, o efeito econômico do tempo de espera é, geralmente, o principal fator nas decisões de investimento.

Existe uma diferença na capacidade do terminal que vai atender aos dois critérios. Portanto, é necessário procurar obter um compromisso. Por um lado deve-se evitar a ociosidade das instalações portuárias e, por outro, é necessário garantir a satisfação dos usuários, por meio de um tempo de espera reduzido. “Não existe uma solução simples com uma justificativa econômica que ao mesmo tempo garanta um nível de serviço e satisfaça o consumidor” (UNCTAD, 1978).

No modelo, é possível realizar as simulações para cada um dos dois critérios separados, ou de forma combinada. O critério combinado é especialmente aplicável quando o número de berços é grande. Neste caso o tempo de espera pode diminuir, com o incremento do número de berços, ao mesmo tempo que a taxa de ocupação cresce.

Taxa de Ocupação dos Berços

É definida como a razão entre o somatório da variável *Berço-dia requerido* para as diversas classes de tamanho de navio e o valor de *Berço dia disponível*:

$$Taxa\ ocupação = \frac{\sum Berço\ dia\ requerido}{Berço\ dia\ disponível}$$

Razão Tempo de Espera / Tempo de Serviço

Como o tempo de espera e o tempo de serviço são variáveis aleatórias, a razão entre elas é, na realidade, a razão entre suas médias para uma determinada ocupação de berço, o modelo utiliza as tabelas da razão tempo de espera / tempo de serviço (*alfa*) apresentadas no Anexo “Elementos da Teoria das Filas”.

Quanto maior a capacidade de um terminal, menor a variabilidade causada por chegadas aleatórias¹¹. Os métodos mais usados para cálculo do tempo de espera são contemplados no modelo e descritos a seguir:

→ $E_2/E_2/n$ – aplicado para instalações onde as chegadas são programadas e os tempos de serviço são previsíveis.

A necessidade de se atingir um razoável nível de taxa de ocupação dos berços, sem aumento da probabilidade de o navio ter que esperar, reporta-se à questão do planejamento das chegadas. Uma maior utilização dos berços torna-se possível se o navio chega num horário programado (tendo garantida, em contrapartida, a atracação imediata).

Entretanto, existe o risco de o navio atrasar, devido ao mau tempo em alto mar, ou ao retardo no serviço numa escala anterior. Portanto, uma margem de segurança é, normalmente, utilizada.

→ $M/E_k/n$ – empregado para berços com chegadas aleatórias; o usuário pode entrar com valores de k iguais a 1 ($M/E_1/n$) ou 2 ($M/E_2/n$) conforme o melhor ajuste aos padrões de serviço. No caso de situações de fila $M/E_2/n$, o tempo de espera é obtido a partir do produto do fator W_{cv} pelo valor de $M/M/n$.

¹¹ O padrão de chegadas é um fator que contribui para a economia de escala dos portos. Se os navios chegam num fluxo uniforme, o terminal pode ser eficiente, mesmo em pequena escala, mas se o padrão é aleatório, então, as economias de escala pesam ainda mais. Um grande terminal conta com sua capacidade para amenizar o acúmulo de chegadas, enquanto que um pequeno terminal pode gerar grandes esperas.

O modelo utiliza gráficos da distribuição de alfa em função da taxa de ocupação (*tab log M M n* e *tab log E2 E2 n*) com valores expressos em logaritmos. Como as distribuições são do tipo exponencial, o logaritmo foi adotado, para se obter maior precisão para níveis intermediários de ocupação. Após a interpolação, as variáveis *alfa M Ek* e *alfa E2 E2* retomam os valores de *alfa* originais.

Tempo de Serviço Médio (dia)

Calculado como:

$$\text{Tempo serviço médio} = \frac{\sum \text{Berço dia requerido}}{\text{Navios contêiner}}$$

Tempo de Espera Médio (dia)

Calculado como:

$$\text{Tempo espera médio} = \text{Tempo serviço médio} \times \text{alfa}$$

6. Simulações Realizadas

Converter uma previsão de aumento na movimentação de contêineres numa medida precisa da oferta necessária de terminais para suprir este crescimento não é uma tarefa fácil. Em particular, a questão da medida de capacidade é bastante controversa e subjetiva, dependendo em muito da efetividade assumida de certos elementos chave, tais como o comprimento do cais, espaço de retroárea e utilização de guindastes de terra.

Ao se projetar valores para um período longo (até 2020), a probabilidade de acerto de qualquer método reduz-se significativamente. Um modelo dá a chance de comparar diferentes hipóteses e receber respostas detalhadas, na medida em que se testam várias configurações de projeção de carga, equipamentos e perfil dos navios.

O modelo possui diversas variáveis de entrada. Entretanto, nas simulações realizadas, alguns dados (parâmetros) foram assumidos constantes em todos os cenários testados. Tais parâmetros são:

- Horas trabalhadas por dia = 24 horas
- Dias trabalhados por ano = 360 dias
- Produtividade bruta dos guindastes de bordo = 12 movimentos/hora
- Fator de utilização controlável (guindaste de terra) = 0,80
- Fator de utilização não controlável (guindaste de terra) = 0,80
- Tempo de atracação/desatracação = 75 minutos
- Tempo de subida/descida do guindastes = 15 minutos

Portanto, supôs-se que cada navio gasta ao todo 3 horas (2 x 1h 30min) nos procedimentos de atracação e desatracação.

6.1. Cenário Otimista

No relatório Bechtel (1997) é apresentada uma análise preliminar de capacidade, realizada pela empresa de consultoria Jordan Woodman Dobson - JWD. Para avaliar a demanda por berços foram assumidas as seguintes hipóteses no modelo da JWD:

- o mix de contêineres consiste de 40% de contêineres de 20 pés e 60% de contêineres de 40 pés, resultando em 1,6 TEU por contêiner;
- inicialmente, navios Panamax (de aproximadamente 4.000 TEU) irão escalar no porto, e em cada navio serão realizados 700 movimentos (1.120 TEU);
- a produtividade bruta dos guindastes é de 25 movimentos por hora, e são atribuídos 2,1 guindastes por navio;

Esses parâmetros foram projetados para um nível de movimentação de 1,6 milhões TEU. O modelo da JWD considera incrementos na consignação (em função do aumento na movimentação) e no número de guindastes por navio (em função do aumento no número de escalas de navios) conforme algoritmo próprio que não é descrito no relatório Bechtel.

Os cálculos de berços requeridos em função da movimentação resultaram nos valores apresentados na Tabela 33.

Movimentação (TEU/ano)	Berços Requeridos
1.600.000	6
2.000.000	7
2.400.000	8
2.800.000	9
3.600.000	10
4.000.000	11
4.400.000	12

Fonte: Bechtel (1997)

Tabela 33 – Cálculo de berços requeridos pelo modelo JWD

Na simulação do cenário otimista, decidiu-se por empregar os parâmetros utilizados pela JWD, com a hipótese adicional de que não há utilização de equipamentos de bordo em nenhuma classe de navio.

Foi adotado como *Tempo de Construção* de cada berço 1 ano. Um período de construção maior leva à elevação exagerada no tempo de espera devido à pressão do crescimento na movimentação.

A escolha do critério para definição da demanda de berços

Como comentado no item 5.5, a utilização de cada um dos critérios, Tempo de Espera Máximo ($TE_{máx}$) ou Taxa de Ocupação Máxima ($TO_{máx}$), leva a diferentes demandas por berços. Para pesquisar o efeito do emprego de cada critério foram feitas três simulações, utilizando-se um modelo $M E_2 n$ para representação de filas.

Os resultados obtidos confirmam que o uso de cada critério separadamente, pode levar, em determinadas condições, à elevação demasiada do tempo de espera. Por essa razão, optou-se pela aplicação no modelo do critério combinado.

No primeiro caso (Tabela 34) foi escolhido, como critério, um tempo de espera máximo de 6 horas. Ocorreram situações em que a taxa de ocupação tornou-se bastante alta, sem que o tempo de espera ultrapassasse o limite de 6 horas (ex: 2010 e 2016), e portanto, sem demandar por novo berço. Isso levou, no instante seguinte, à grande incremento no tempo de espera.

Ano	Tempo de espera (h)	Taxa de Ocupação	Berços
2000	2,58	0,46	2
2001	4,36	0,56	2
2002	8,28	0,68	2
2003	2,21	0,56	3
2004	4,60	0,68	3
2005	12,81	0,83	3
2006	3,80	0,71	4
2007	8,34	0,82	4
2008	3,65	0,75	5
2009	9,64	0,86	5
2010	5,31	0,83	6
2011	14,66	0,92	6
2012	6,66	0,87	7
2013	4,17	0,84	8
2014	13,65	0,93	8
2015	9,21	0,92	9
2016	5,77	0,89	10
2017	26,27	0,97	10
2018	14,76	0,95	11
2019	11,39	0,94	12
2020	10,33	0,94	13

Tabela 34 – Critério $TE_{m\acute{a}x} = 6$ horas (modelo M E₂ n)

No segundo caso (Tabela 35) foi escolhida, como critério, uma taxa de ocupação máxima de 80%. Esse critério mostrou-se desfavorável quando existem poucos berços. No ano de 2002, com apenas 2 berços, o tempo de espera já estava elevado – quase o dobro do ano anterior – porém, com uma taxa de ocupação inferior à 80%, e por isso sem requisitar um novo berço.

Ano	Tempo de espera (h)	Taxa de Ocupação	Berços
2000	2,58	0,46	2
2001	4,36	0,56	2
2002	8,28	0,68	2
2003	21,51	0,83	2
2004	4,60	0,68	3
2005	12,81	0,83	3
2006	3,80	0,71	4
2007	8,34	0,82	4
2008	3,65	0,75	5
2009	9,64	0,86	5
2010	5,31	0,83	6
2011	2,93	0,79	7
2012	6,66	0,87	7
2013	4,17	0,84	8
2014	3,08	0,83	9
2015	2,57	0,82	10
2016	1,95	0,81	11
2017	1,61	0,81	12
2018	1,41	0,81	13
2019	1,32	0,81	14
2020	1,31	0,82	15

Tabela 35 – Critério $TO_{\max} = 80\%$ (modelo M E₂ n)

No terceiro caso (Tabela 36) foi escolhido o critério combinado. Nesse critério, se algum dos dois parâmetros for excedido, é implantado um novo berço. Mesmo com essas duas restrições, no ano de 2005, o tempo de espera alcançou 12,81 horas, apontando para a necessidade do quarto berço já naquele ano, que reduziria o tempo de espera para 2,05h.

O Gráfico 15 mostra a comparação entre os resultados do modelo JWD e SIMTECO, com relação à necessidade de berços.

Ano	Tempo de espera (h)	Taxa de Ocupação	Berços
2000	2,58	0,46	2
2001	4,36	0,56	2
2002	8,28	0,68	2
2003	2,21	0,56	3
2004	4,60	0,68	3
2005	12,81	0,83	3
2006	3,80	0,71	4
2007	8,34	0,82	4
2008	3,65	0,75	5
2009	9,64	0,86	5
2010	5,31	0,83	6
2011	2,93	0,79	7
2012	6,66	0,87	7
2013	4,17	0,84	8
2014	3,08	0,83	9
2015	2,57	0,82	10
2016	1,95	0,81	11
2017	1,61	0,81	12
2018	1,41	0,81	13
2019	1,32	0,81	14
2020	1,31	0,82	15

Tabela 36 – Critério combinado $TE_{máx} = 6h$ e $TO_{máx} = 80\%$ (modelo M E₂ n)

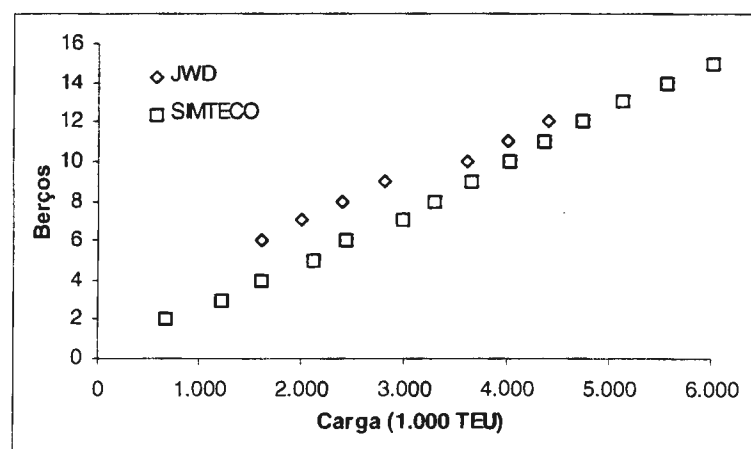


Gráfico 15 – Comparação entre os modelos JWD e SIMTECO

Comparação de modelos de filas

Em seguida, para avaliar as implicações do uso de um determinado modelo de filas, foram realizadas simulações com os três métodos (Tabela 37), utilizando-se o critério combinado ($TE_{máx} = 6h$ e $TO_{máx} = 80\%$). Neste cenário, no que diz respeito à quantidade de berços requeridos, não houve praticamente influência da seleção do modelo de filas. Como o sistema está sempre próximo ao congestionamento, a demanda é muito grande, em torno de 2 berços a cada 3 anos, independentemente do modelo de filas escolhido.

Apenas no caso do modelo $E2 E2 n$, o terceiro berço somente é implantado no ano 2004. Em todos os métodos, o porto irá requerer 13 berços adicionais para movimentar, no ano de 2020, os 6 milhões TEU.

Ano	Carga (TEU)	Tempo de Espera (h)			Berços			Navios
		M M n	M E ₂ n	E ₂ E ₂ n	M M n	M E ₂ n	E ₂ E ₂ n	
2000	448.000	3,29	2,58	1,09	2	2	2	640
2001	547.008	5,65	4,36	2,13	2	2	2	781
2002	667.897	10,86	8,28	4,61	2	2	2	954
2003	815.502	2,80	2,21	13,92	3	3	2	1.165
2004	995.728	5,95	4,60	2,42	3	3	3	1.422
2005	1.215.784	16,86	12,81	7,55	3	3	3	1.737
2006	1.395.963	4,89	3,80	2,01	4	4	4	1.994
2007	1.602.845	10,91	8,34	5,02	4	4	4	2.290
2008	1.840.386	4,69	3,65	1,92	5	5	5	2.629
2009	2.113.131	12,63	9,64	5,59	5	5	5	3.019
2010	2.426.297	6,89	5,31	3,19	6	6	6	3.466
2011	2.685.183	3,75	2,93	1,50	7	7	7	3.836
2012	2.971.692	8,68	6,66	3,81	7	7	7	4.245
2013	3.288.772	5,39	4,17	2,45	8	8	8	4.698
2014	3.639.684	3,96	3,08	1,58	9	9	9	5.200
2015	4.028.038	3,28	2,57	1,49	10	10	10	5.754
2016	4.362.043	2,48	1,95	1,28	11	11	11	6.231
2017	4.723.744	2,03	1,61	1,19	12	12	12	6.748
2018	5.115.437	1,78	1,41	1,19	13	13	13	7.308
2019	5.539.609	1,66	1,32	1,25	14	14	14	7.914
2020	5.998.953	1,65	1,31	1,39	15	15	15	8.570

Tabela 37 – Resultado do cenário otimista (Critério: $TE_{máx} = 6h$ e $TO_{máx} = 80\%$)

6.2. Cenário Conservador

O cenário conservador, proposto no Plano Diretor Integrado do Porto de Sepetiba, apesar de considerar uma movimentação inicial menor que o cenário otimista, atribui ao primeiro período (2000-2005) uma taxa de crescimento maior¹².

Nas simulações efetuadas no cenário conservador utilizou-se as mesmas variáveis do cenário otimista, modificando-se apenas a evolução do crescimento da carga e a utilização dos guindastes, considerando três condições (Tabela 38):

- A) produtividade bruta de 25 movimentos por hora, e 2,1 guindastes por navio;
- B) produtividade bruta de 25 movimentos por hora, e 1,5 guindastes por navio; e
- C) produtividade bruta de 20,5 movimentos por hora, e 2,1 guindastes por navio.

Ano	Carga (TEU)	Tempo de Espera (h)			Berços			Navios
		Condição A	Condição B	Condição C	Condição A	Condição B	Condição C	
2000	352.000	1,47	2,96	2,43	2	2	2	503
2001	438.497	2,44	5,25	4,21	2	2	2	626
2002	546.249	4,34	10,66	8,14	2	2	2	780
2003	680.479	8,88	3,03	2,35	2	3	3	972
2004	847.693	2,52	7,08	5,2	3	3	3	1.211
2005	1.055.996	5,94	3,43	16,3	3	4	3	1.509
2006	1.145.893	8,93	5,04	3,59	3	4	4	1.637
2007	1.243.443	2,25	7,88	5,36	4	4	4	1.776
2008	1.349.297	3,23	2,67	8,58	4	5	4	1.928
2009	1.464.163	4,85	4,10	2,83	4	5	5	2.092
2010	1.588.807	7,87	6,76	4,42	4	5	5	2.270
2011	1.724.062	2,56	2,80	7,49	5	6	5	2.463
2012	1.870.831	4,02	4,65	3,03	5	6	6	2.673
2013	2.030.095	6,93	8,68	5,15	5	6	6	2.900
2014	2.202.917	2,76	3,99	2,53	6	7	7	3.147
2015	2.390.452	4,75	7,80	4,48	6	7	7	3.415
2016	2.593.545	2,32	4,16	2,52	7	8	8	3.705
2017	2.813.892	4,14	2,64	4,76	7	9	8	4.020
2018	3.052.960	2,32	5,31	2,99	8	9	9	4.361
2019	3.312.340	4,44	3,68	2,11	8	10	10	4.732
2020	3.593.756	2,77	2,83	4,32	9	11	10	5.134

Tabela 38 – Resultado do cenário conservador (Critério: $TE_{máx} = 6h$ e $TO_{máx} = 80\%$)

¹² Ver Tabela “Cenários de Incremento do Fluxo de Contêineres no Porto de Sepetiba”, item 4.4.4.

As condições testadas dão idéia da importância das melhorias nos procedimentos operacionais do porto. Enquanto na condição A são requeridos 9 berços no ano de 2020, na condição B, onde o número de guindastes empregados por navio é 30% menor, foi apontada uma necessidade de 11 berços no final do período de análise. Do mesmo modo, na condição C, onde a produtividade bruta é 18% menor do que a condição A, foi estabelecida uma necessidade de 10 berços em 2020.

Deixou-se para explorar uma maior variação dos demais parâmetros de entrada no cenário alternativo, descrito no item a seguir.

6.3. Cenário Alternativo

Face às mudanças ocorridas entre 1997, quando foram feitas as projeções de movimentação para o terminal de contêineres do porto de Sepetiba, e os dias atuais, parece apropriado examinar um cenário alternativo aos expostos anteriormente.

Nas simulações apresentadas em seguida, empregou-se o modelo de filas $M/E/2/n$ e o critério combinado ($TE_{máx} = 6h$ e $TO_{máx} = 80\%$). Ao final deste item é discutida a influência da adoção de diferentes modelos de filas e critérios.

Projeção de Carga

Nesse cenário, considera-se uma movimentação inicial mais compatível com um terminal em princípio de operação. Sepetiba iniciou suas operações com contêineres no dia 2 de fevereiro de 2000, com uma previsão de movimentar, até dezembro, 65 mil contêineres. No modelo adotou-se para os cálculos o valor de 100 mil TEU como movimentação inicial.

Quanto às taxas de crescimento, foram utilizados dois conjuntos distintos:

- a) àquelas adotadas no cenário otimista (Concentrador); e
- b) semelhantes às previstas para a América Latina (Tradicional).

A razão para se simular essas duas possibilidades de crescimento tem motivação na discussão sobre a realização, ou não, da vocação do porto de Sepetiba como um *hubport*¹³.

¹³ São portos concentradores, que carregam e descarregam os contêineres destinados àquele porto, além dos provenientes e destinados aos portos de menor escala, de e para onde são transportados por navios

A primeira hipótese, mais otimista, está ligada ao fato de que os *hubports* experimentam altas taxas de crescimento beneficiando-se do transbordo. Em 1998, *hubs* do mediterrâneo tiveram aumentos extraordinários em sua movimentação, como por exemplo o porto italiano de Gioia Tauro (45%, ultrapassando 2 milhões TEU); Malta (61,7%, ultrapassando 1 milhão TEU); e Piraeus (36,4%). Dentre as histórias de sucesso em relação ao transbordo, cabe também mencionar o porto panamenho de Manzanillo, com um salto de 92% (Cargo Systems, 1999b).

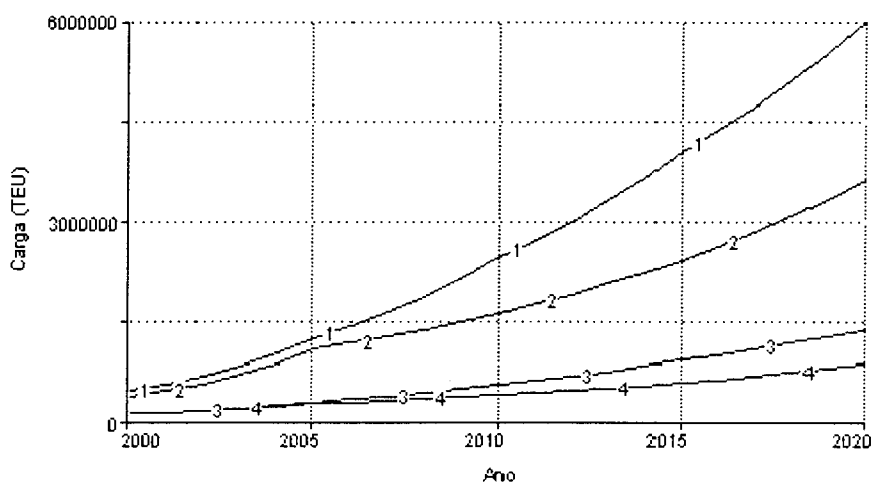
No Brasil, entre os portos de maior movimentação de contêineres, que operam sem atividades de transbordo, a maior taxa de crescimento (em TEU), registrada no período 1997-98, foi a do porto de Paranaguá com 16%.

Assim, são simuladas no SIMTECO, duas alternativas de crescimento, conforme as taxas mostradas na Tabela 39.

Ano	Cenário	
	Tradicional	Concentrador
2000 - 2005	20,0%	22,10%
2005 - 2010	8,5%	14,82%
2010 - 2015	8,5%	10,67%
2015 - 2020	8,5%	8,292%

Tabela 39 - Taxa anual por período

O Gráfico 16 mostra a evolução da movimentação de contêineres para os diversos cenários simulados.



1- Otimista 2- Conservador 3- Alternativo (Concentrador) 4- Alternativo (Tradicional)

Gráfico 16 – Cenários de crescimento da carga

Navios

No anexo “Análise dos Navios nos Terminais de Contêineres do Rio de Janeiro”, foram analisados os dados referentes à capacidade dos navios e a relação entre consignação e capacidade. Atualmente, freqüentam o porto do Rio de Janeiro, navios porta-contêineres de 2ª e 3ª gerações, com capacidades entre 600 e 2.800 TEU. Considerando as classes de navios adotadas no modelo SIMTECO, verificou-se que os navios com capacidade inferiores a 1.700 TEU (*Feeder*) movimentaram 60% da carga.

É importante observar que, no momento, “os navios *post-Panamax* somente são utilizados em duas rotas principais: (i) Transpacífica, entre a Costa Oeste dos Estados Unidos e a Ásia; e (ii) entre Europa e Extremo Oriente. Algumas vezes, esta última é parte de um serviço pendular que chega à Costa Leste dos Estados Unidos. Nenhum *liner operator* está escalando portos sul-americanos ou passando pelo Cabo Horn ou o Cabo da Boa Esperança com navios *post-Panamax*” (Hoffmann, 1998).

Admite-se como capacidade média¹⁴ para cada classe de navio os valores constantes da Tabela 40.

Classe	Capacidade Média (TEU)
<i>Feeder</i>	1.500
<i>Panamax</i>	2.300
<i>Post Panamax</i>	5.200

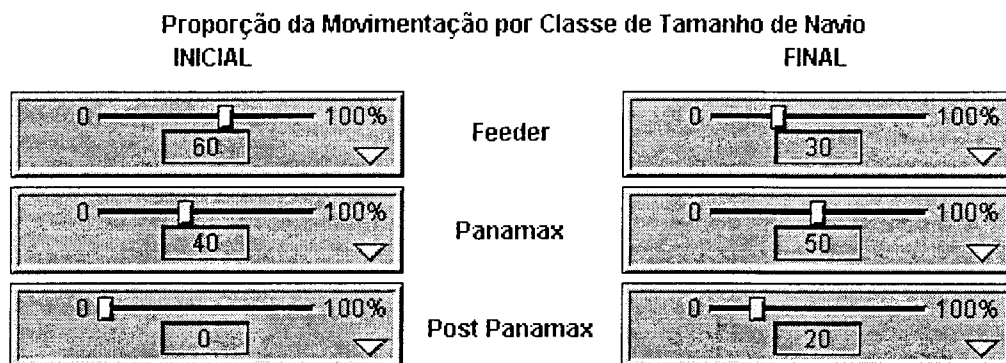
Tabela 40 – Capacidade média por classe de navio

• Perfil dos Navios

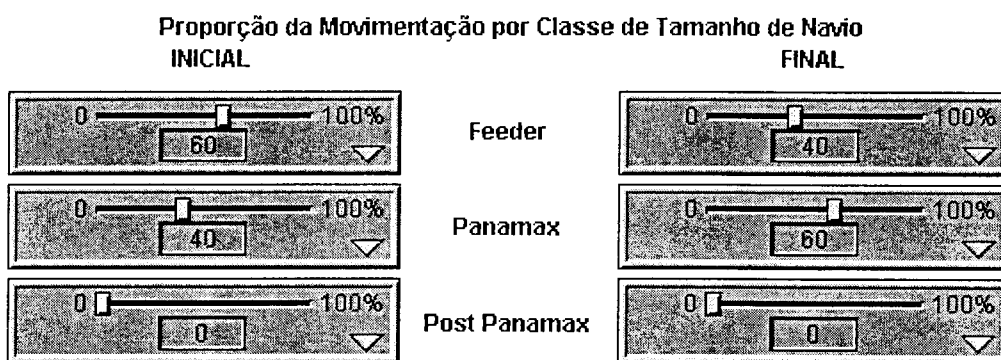
A modificação do perfil dos navios se dá de maneira distinta em cada uma das hipóteses de tipo de porto:

¹⁴ No modelo, a capacidade do navio não influencia nos cálculos. Apenas a variação da razão entre a consignação e a capacidade do navio modifica a produtividade dos guindastes.

a) Concentrador – Considera-se neste cenário que um maior volume de contêineres, oriundos do transbordo, atrairia navios da classe *Post Panamax* a escalar em Sepetiba.



b) Tradicional - Com o incremento do comércio, é possível que navios porta-contêineres de 4ª geração passem também a operar, aumentando a proporção de carga movimentada pela classe *Panamax*.



- Consignação

A consignação inicial nos dois cenários foi adotada em 300 TEU para a classe *Feeder* e 345 TEU para a classe *Panamax*, o que corresponde à 20% e 15%, respectivamente, da capacidade média dos navios dessas classes. Apesar de não se utilizar navios *Post Panamax* no cenário Tradicional, são atribuídos valores de consignação, inicial e final, diferente de zero para efeito de cálculo.

a) Concentrador – De modo a maximizar a produtividade dos porta-contêineres *post-Panamax*, esses grandes navios necessitam de uma alta troca de contêineres. Neste cenário, considera-se como consignação mínima inicial para este tipo de navio, um volume de 2.000 TEU. No final do horizonte de planejamento adotou-se as consignações de 750 TEU, 920 TEU e 2.500 TEU, respectivamente 50%, 40% e 48% da capacidade dos navios *Feeder*, *Panamax* e *Post Panamax* (Tabela 41).

Classe	Consignação Média (TEU)	
	2000	2020
<i>Feeder</i>	300	750
<i>Panamax</i>	345	920
<i>Post Panamax</i>	2.000	2.500

Tabela 41 – Consignação média (cenário Concentrador)

b) Tradicional – O porto irá servir um grande número de clientes com consignações relativamente pequenas que passarão a representar, em 2020, 40% e 35% da capacidade dos navios *Feeder* e *Panamax*, respectivamente (Tabela 42).

Classe	Consignação Média (TEU)	
	2000	2020
<i>Feeder</i>	300	600
<i>Panamax</i>	345	805
<i>Post Panamax</i>	-	-

Tabela 42 – Consignação média (cenário Tradicional)

A Tabela 43 apresenta o número de navios por classe resultante no modelo para os parâmetros aqui assumidos.

Ano	Concentrador			Tradicional		
	Feeder	Panamax	Post Panamax	Feeder	Panamax	Post Panamax
2000	200	116	0	200	116	-
2001	221	132	1	225	134	-
2002	246	152	1	253	155	-
2003	275	175	3	285	179	-
2004	308	203	4	323	209	-
2005	345	236	6	365	243	-
2006	365	259	9	374	257	-
2007	387	285	12	383	272	-
2008	411	314	15	394	288	-
2009	436	348	19	404	306	-
2010	464	385	24	416	325	-
2011	476	412	29	428	346	-
2012	489	442	35	440	369	-
2013	502	475	41	454	393	-
2014	515	511	48	468	420	-
2015	529	550	57	482	448	-
2016	531	581	65	497	479	-
2017	533	613	74	513	513	-
2018	534	649	84	530	549	-
2019	535	687	95	546	588	-
2020	536	728	107	564	631	-
Total	1.371			1.195		

Tabela 43 – Número de navios por classe

Guindastes

No cenário Concentrador, atribuiu-se aos guindastes de terra, uma eficiência de projeto de 39 contêineres/hora, enquanto que no cenário Tradicional, foi adotado um valor um pouco menor de 32 contêineres/hora. Devido aos fatores de utilização controláveis e não controláveis, as produtividades brutas, em cada cenário, são respectivamente de 24,96 e 20,48 contêineres/hora.

Conforme exposto no item 5.4, adotou-se, em ambos cenários, 2 guindastes por navio. No que diz respeito à proporção de navios que faz uso de equipamento de bordo (Tabela 44), foi assumido:

- Concentrador – apenas os navios da classe *Feeder* fazem uso de equipamento próprio na movimentação de contêineres, numa proporção de 15%.
- Tradicional – além dos navios da classe *Feeder*, uma pequena parcela (5%) dos navios da classe *Panamax* empregam equipamento de bordo.

Classe	Cenário	
	Concentrador	Tradicional
<i>Feeder</i>	15%	15%
<i>Panamax</i>	0%	5%
<i>Post Panamax</i>	0%	0%

Tabela 44 – Proporção de navios utilizando equipamento de bordo

Fator TEU/contêiner

No ano de 1998, o porto do Rio de Janeiro perdeu para Rio Grande o posto de 2º lugar no ranking de movimentação de contêineres no Brasil¹⁵ se for tomada como unidade o TEU. Porém, se a unidade considerada for o número de contêineres, o Rio de Janeiro manteve-se à frente de Rio Grande, com mais 10.000 contêineres movimentados.

Este fato curioso deveu-se ao *mix* de contêineres de cada porto¹⁶, que é uma característica da carga movimentada. Enquanto o porto de Rio Grande, movimentando fumo e calçado – cargas leves – alcançou um *mix* de 1,57, utilizando mais contêineres de 40 pés, o Rio de Janeiro, que tem entre suas principais cargas os produtos siderúrgicos, ficou com um baixo *mix* de 1,28.

Portanto, considerando as hipóteses de tipo de porto:

a) Concentrador - com a movimentação de cargas de diversas naturezas, o fator TEU/contêiner poderá alcançar 1,6.

b) Tradicional - Sepetiba terá entre suas principais cargas produtos siderúrgicos, mantendo o fator TEU/contêiner não muito elevado, numa faixa entre 1,3 e 1,4.

Infra-estrutura

Com o propósito de determinar como o *Tempo de Construção* afeta o planejamento da ampliação do número de berços, fez-se comparações, para ambos cenários, utilizando-se os períodos de 1, 2 e 3 anos. Nos dois cenários, há uma grande elevação no tempo de espera, quando se assume a hipótese de 2 e 3 anos de construção. Portanto, na medida em que o tempo de construção aumenta, torna-se necessário restringir os critérios.

¹⁵ Ver Tabela “Movimentação de Contêineres nos Principais Portos do Brasil”, item 4.4.

¹⁶ Ver Tabela “Fator TEU/contêiner nos Principais Portos do Brasil”, item 5.3.

Ano	Tempo de Espera (h)			Berços		
	Tc = 1	Tc = 2	Tc = 3	Tc = 1	Tc = 2	Tc = 3
2000	0,22	0,22	0,22	2	2	2
2001	0,31	0,31	0,31	2	2	2
2002	0,45	0,45	0,45	2	2	2
2003	0,65	0,65	0,65	2	2	2
2004	0,97	0,97	0,97	2	2	2
2005	1,46	1,46	1,46	2	2	2
2006	1,95	1,95	1,95	2	2	2
2007	2,64	2,64	2,64	2	2	2
2008	3,66	3,66	3,66	2	2	2
2009	5,24	5,24	5,24	2	2	2
2010	7,85	7,85	7,85	2	2	2
2011	1,48	10,90	10,90	3	2	2
2012	1,96	1,96	16,05	3	3	2
2013	2,63	2,63	2,63	3	3	3
2014	3,58	3,58	3,58	3	3	3
2015	5,00	5,00	5,00	3	3	3
2016	6,59	6,59	6,59	3	3	3
2017	1,71	8,94	8,94	4	3	3
2018	2,23	2,23	12,68	4	4	3
2019	2,94	2,94	2,94	4	4	4
2020	3,94	3,94	3,94	4	4	4

Tabela 45 – Comparação do Tempo de Construção no cenário Concentrador

Ano	Tempo de Espera (h)			Berços		
	Tc = 1	Tc = 2	Tc = 3	Tc = 1	Tc = 2	Tc = 3
2000	0,31	0,31	0,31	2	2	2
2001	0,44	0,44	0,44	2	2	2
2002	0,63	0,63	0,63	2	2	2
2003	0,92	0,92	0,92	2	2	2
2004	1,35	1,35	1,35	2	2	2
2005	2,03	2,03	2,03	2	2	2
2006	2,45	2,45	2,45	2	2	2
2007	2,98	2,98	2,98	2	2	2
2008	3,66	3,66	3,66	2	2	2
2009	4,53	4,53	4,53	2	2	2
2010	5,69	5,69	5,69	2	2	2
2011	7,25	7,25	7,25	2	2	2
2012	1,35	9,47	9,47	3	2	2
2013	1,71	1,71	12,78	3	3	2
2014	2,19	2,19	2,19	3	3	3
2015	2,83	2,83	2,83	3	3	3
2016	3,70	3,70	3,70	3	3	3
2017	4,93	4,93	4,93	3	3	3
2018	6,72	6,72	6,72	3	3	3
2019	1,83	9,52	9,52	4	3	3
2020	2,48	2,48	14,30	4	4	3

Tabela 46 – Comparação do Tempo de Construção no cenário Tradicional

A escolha do critério para demanda de berços

Para avaliar o efeito da adoção de diferentes critérios na simulação, foram feitas duas comparações, adotando-se o critério combinado no cenário Concentrador. Na primeira, manteve-se o tempo de espera máximo igual a 6 horas, e adotou-se as taxas de ocupação máxima de 50% e 80% (Gráfico 17). Na segunda, manteve-se a taxa de ocupação máxima de 80%, adotou-se os tempos de espera máximo de 4 horas e 6 horas (Gráfico 18).

Verificou-se uma maior redução nos tempos de espera para o critério $TE_{m\acute{a}x} = 6h$ e $TO_{m\acute{a}x} = 50\%$ às custas de uma necessidade maior de berços, totalizando 5 até o ano de 2020. Por outro lado, o critério $TE_{m\acute{a}x} = 4h$ e $TO_{m\acute{a}x} = 80\%$ não implicou num aumento no total de berços, somente antecipou em um ano a construção do terceiro e do quarto berço.

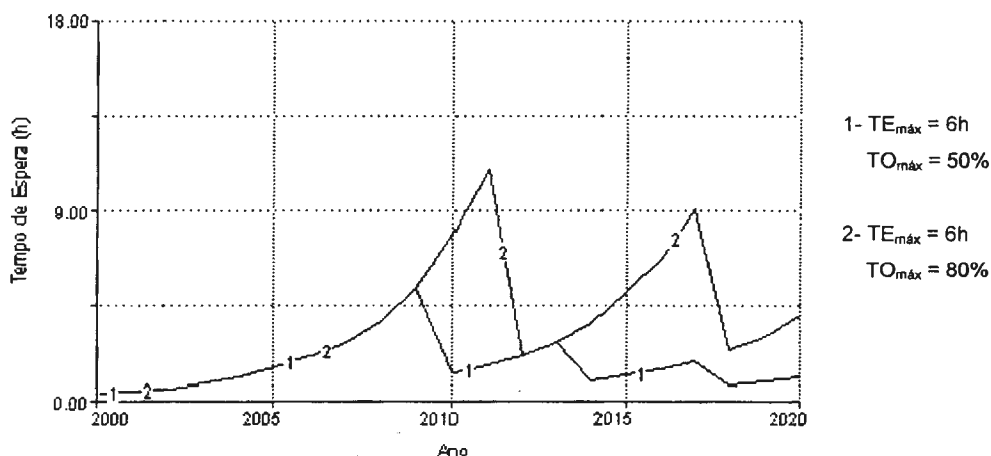


Gráfico 17 – Comparação entre tempos de espera (cenário Concentrador)

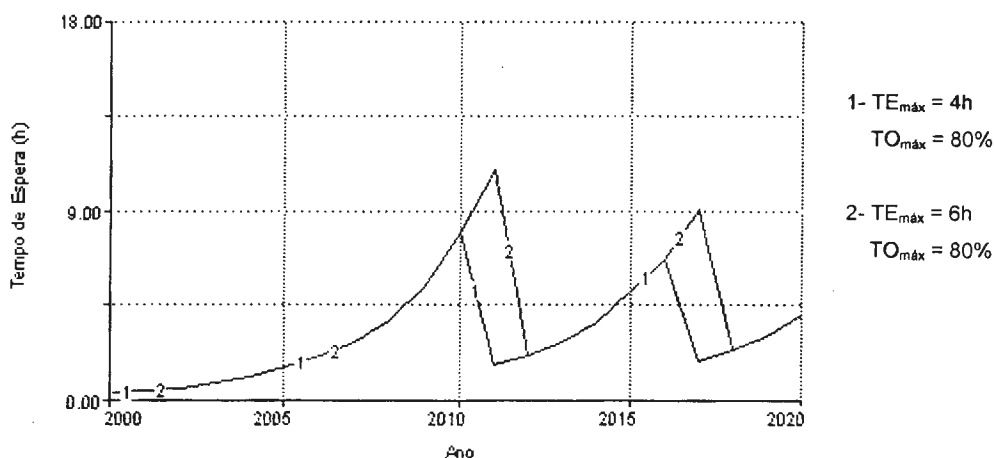


Gráfico 18 – Comparação entre tempos de espera (cenário Concentrador)

Comparação de modelos de filas

Sepetiba, como um terminal público, ao buscar em atender seus clientes, terá pouca ou nenhuma influência sobre a programação de chegadas dos navios. Por isso, é apropriado considerar o tempo entre chegadas de navios regido por uma distribuição exponencial (Poisson). Quanto aos tempos de atendimento, fica a escolha entre a distribuição exponencial ou Erlang, com $k=2$, de acordo com o melhor ajuste aos padrões de serviço.

O Gráfico 19 mostra os comportamentos do tempo de espera calculados, no cenário Concentrador, pelos três métodos disponíveis no modelo, considerando um *Tempo de Construção* igual a 2 anos. Nota-se, pela comparação dos métodos que todos levaram à implantação do quarto berço antes de 2020.

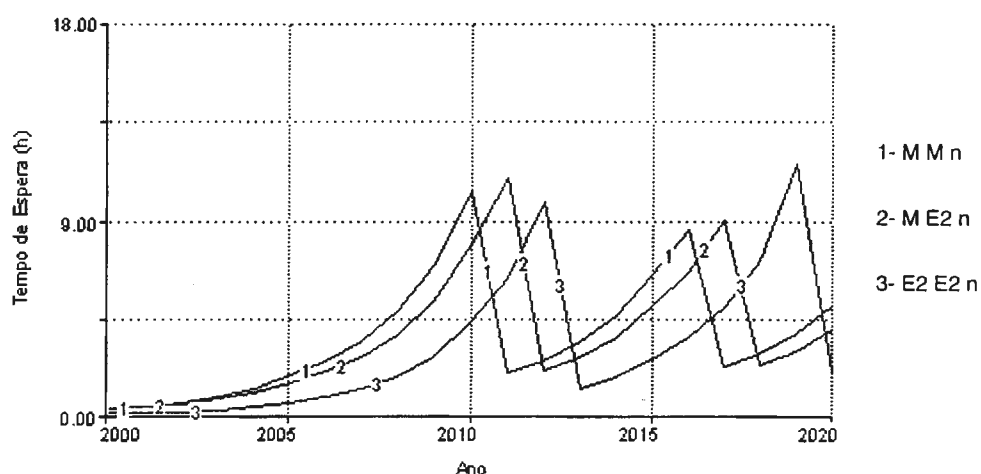


Gráfico 19 – Comparação entre os modelos de filas

7. Problemas Ambientais Causados por Atividades Portuárias

Embora a expansão das instalações portuárias possa trazer uma contribuição significativa ao crescimento econômico, pode também criar impactos adversos ao meio ambiente. O desenvolvimento portuário e a operação devem ser cuidadosamente planejados em relação aos seus impactos ambientais.

Entretanto, não é possível contemplar a evolução do meio ambiente futuro apenas pela ótica limitada ao desenvolvimento do porto. É essencial considerar impactos das atividades industriais e da melhoria das funções de transporte, que estão intimamente relacionadas com os portos, e nas áreas residenciais e comerciais vizinhas, onde a população tende a aumentar devido à expansão da economia local.

Atividades nos portos afetam o ambiente de várias maneiras e, freqüentemente, sobre uma ampla área geográfica. O impacto econômico se estende mais além da zona estritamente portuária, e pode ter uma importância nacional dependendo do tamanho do projeto proposto e sua natureza (tipo de instalações, atividades e funções).

As maiores fontes desses efeitos adversos podem ser classificadas em três grupos: (a) localização do porto; (b) construção; e (c) operação portuária. **Localização do porto** designa a existência de estruturas ou aterros, e a posição do local de desenvolvimento do porto. **Construção** implica nas atividades construtivas no mar e em terra: dragagem, disposição de material dragado, e transporte dos materiais de construção. **Operação portuária** inclui fatores relacionados aos navios, tais como: tráfego de navios, efluentes, emissões, derramamento e vazamento dos navios; e relacionados às cargas, tais como: manuseio e armazenagem; materiais perigosos; e transporte terrestre de e para o porto. Os impactos ambientais relacionados aos portos podem ser categorizados nos seguintes tipos (ESCAP, 1992):

- (a) qualidade d'água;
- (b) hidráulica marítima;
- (c) qualidade dos sedimentos de fundo;
- (d) ecologia marinha e costeira;
- (e) qualidade do ar;
- (f) ruído e vibrações;
- (g) resíduos sólidos;
- (h) qualidade visual; e
- (i) impactos sócio-culturais.

(a) Qualidade da água

Os principais indicadores de qualidade da água são a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio, Fósforo, Oxigênio Dissolvido (OD), Óleo, Sólidos em suspensão, Metais Pesados e Pesticidas.

Entre os usos benéficos das águas costeiras estão a recreação de contato primário e secundário, pesca comercial, navegação, abastecimento industrial, efeito estético e diluição de despejos. A classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional é estabelecida na Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986.

A contaminação da água na região portuária pode produzir-se, essencialmente, por duas causas: efluentes industriais ou de outro tipo (doméstico, agrícola, agropecuário, etc.) em rios e canais; e pelos efluentes dos navios. O aporte de efluentes numa bacia portuária é geralmente crítico, pelo fato de serem áreas abrigadas com baixa circulação d'água.

As descargas dos navios que podem ser fontes de poluição são: água de lavagem de porão (*bilge water*); água de lastro; esgoto; lixo; e outros resíduos, além do derramamento de óleo, lubrificantes e combustível.

Tais mecanismos de poluição da água impactam a integridade de manguezais; deprimem níveis de atividade pesqueira; afetam os usos turísticos e de residência secundária ao longo do litoral; e favorecem a disseminação de doenças de veiculação hídrica (Acsehrad, 1999).

(b) Hidráulica Marítima

Os parâmetros ambientais de interesse na investigação dos fenômenos marinhos são ondas, correntes, marés e transporte litorâneo. O exame desses parâmetros formam uma parte importante no desenvolvimento do projeto de um porto; na determinação da localização e no projeto das instalações.

As ondas diferem de uma região para outra, em particular, ondas próximas à costa refletem as variações da topografia do fundo pela mudança na altura e direção. Dragagens realizadas na área portuária, que causam mudanças na batimetria, ou a colocação de estruturas, como por exemplo um quebra-mar, alteram os padrões de refração, difração e reflexão das ondas.

Estruturas de abrigo e aterros provocam modificações no padrão de correntes na área e, usualmente, trazem perturbações na configuração da linha da costa por causar das alterações no transporte litorâneo.

O molhe impede a passagem dos sedimentos que são transportados pelas correntes geradas por ondas junto à costa. Esse impedimento acarreta “um assoreamento a barlamar, mas o escoamento a sotamar continua com a mesma capacidade de transporte, sem que haja a mesma disponibilidade de material para ser carregado, resultando consequentemente em erosão desse trecho” (Valentini, 1994).

A área de influência na direção perpendicular ao litoral (*offshore*) é aproximadamente a área dentro da profundidade limite de movimento do grão. Já ao longo da costa é mais difícil definir até onde esta influência pode ser percebida. A direção dominante do transporte litorâneo é regulada pela direção das ondas incidentes; assim é possível estabelecer uma relação de causa e efeito, entre os processos naturais e as intervenções feitas, mediante a análise das reações verificadas no meio.

Além do transporte longitudinal, devido às ondas, sobre o qual as obras interferiram, o transporte eólico tem importância no balanço sedimentológico da região, onde as dunas constituem fonte de sedimentos.

(c) Qualidade de sedimentos

A caracterização da qualidade de sedimentos de fundo é feita pela análise do teor de matéria orgânica e de contaminantes presentes nas amostras. O teor de matéria orgânica é usualmente determinado pelos índices de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Perda por Ignição. Os contaminantes incluem uma variedade de materiais, tais como metais pesados, pesticidas, óleos e graxas, etc.

O contínuo lançamento de efluentes industriais, despejados praticamente sem tratamento nas águas costeiras e dos rios, aliado aos processos erosivos acentuados pela degradação da cobertura vegetal nas encostas, desperta preocupação com a poluição por metais pesados, devido ao seu efeito acumulativo e extremamente tóxico ao organismo humano, quando em concentrações acima do nível normal.

Os metais pesados são geralmente provenientes dos rejeitos das operações de extração ou refino, da produção de metais ou de despejos de indústrias eletroquímicas.

No transporte através dos rios, os metais pesados podem estar na forma dissolvida ou adsorvidos à superfície do particulado em suspensão ou do próprio leito

do rio. A granulometria das partículas, aliada à velocidade do fluxo, determina a distância a ser percorrida: à medida em que a velocidade do fluxo diminui, as partículas mais grossas vão sedimentando-se. As partículas mais finas, com baixa velocidade de sedimentação, são transportadas a grandes distâncias terminando, em geral, por depositar-se nos ambientes aquáticos costeiros, e distantes da fonte geradora da poluição (Borma, 1995).

Essa contaminação rio acima encontra-se fora do âmbito do controle dos portos, ainda que tenha conseqüências importantes para o material dragado. É necessário coordenar esforços entre a Autoridade Portuária e as agências controladoras das águas na identificação das fontes, tanto pontuais como difusas, com o objetivo de prevenir ou minimizar futuras contaminações no sedimento. Os portos sustentam uma parte injusta da responsabilidade pela descontaminação e disposição dos sedimentos contaminados.

A Convenção de Londres 1972¹⁷, identificou que grandes porções de áreas marítimas estavam tornando-se severamente degradadas e que essa degradação resultava, em parte, da disposição não regulamentada de resíduos de dragagem. Em 1995, foi formulada uma Diretriz Internacional para Gerenciamento de Material Dragado em Áreas Costeiras (*Dredged Material Assessment Framework–DMAF*).

(d) Ecologia Marinha e Costeira

De modo a manter o canal de acesso e o porto (áreas de atracação e bacias de evolução) na profundidade correta, se faz necessário dragar. Existem vários tipos de equipamentos empregados na dragagem. O uso de cada tipo está associado a diferentes produtividades e também a diferentes impactos ambientais.

Além da preocupação envolvendo a contaminação do sedimento, a operação de dragagem, a exploração de jazida marinha para o aterro hidráulico do retroporto e a disposição dos rejeitos na área de bota-fora têm recebido uma crescente atenção em relação aos impactos na biota marinha.

Essas preocupações surgem, inicialmente, pela retirada de sedimentos, o que traz um efeito imediato sobre a biota, qual seja a remoção da fauna bêntica junto com o substrato. Essa retirada provoca também a remobilização dos sedimentos e conseqüente aumento no nível de sólidos em suspensão.

¹⁷ Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e outras Matérias.

Águas turbidas podem ser carregadas para longe do local de dragagem, bloqueando a luz dos organismos sobre uma ampla área. Na medida em que os sedimentos vão decantando, cobrem o fundo numa taxa maior do que a capacidade de os organismos se acomodarem. A turbidez na coluna d'água depende da velocidade de queda das partículas do sedimento, que é uma função do tamanho do grão, associada, neste caso, às velocidades locais de corrente.

Sedimentos finos (silte e argila) exigem exame minucioso porque eles produzem uma turbidez maior e mais duradoura, que impacta maiores áreas do fundo marinho, do que o material arenoso. A dragagem de areia encontra objeções menos severas, desde que tenha poucos finos misturados e que o local não tenha um histórico anterior de despejos tóxicos ou químicos (CERC, 1998). Entretanto, “fundos de lama e areia siltosa são os mais usualmente encontrados em bacias portuárias e baías fechadas onde há descarga de rios” (OECD, 1993).

(e) Qualidade do Ar

A concentração de atividades na área portuária tem conseqüências na qualidade do ar. Entre os principais indicadores estão os níveis de SO₂ e NO₂ e material particulado em suspensão. Os poluentes gerados pelos portos são poeira, gases e odores ofensivos. As fontes primárias de poeira são as obras, tráfego rodoviário e operações com granéis sólidos, tais como cereais, carvão ou minério, entre outros. Emissões de gás são produzidas pelos navios, equipamento de manuseio de carga, e indústrias *waterfront*. Fumaça, fuligem, vapor e odores são também gerados pelos navios, armazenagem e manuseio de carga, e indústrias *waterfront*.

A área de dispersão dos poluentes do ar varia com a direção e velocidade do vento e a dimensão das partículas emitidas. A área de estudo circunvizinha ao porto deve ser consideravelmente ampla no caso dos efeitos da poluição do ar.

A International Maritime Organization – IMO, reconhecendo a necessidade de estabelecer uma política de prevenção da poluição do ar, criou mais um anexo à MARPOL 73/78¹⁸. Além do novo Anexo VI, elaborado pelo Marine Environment Protection Committee, a IMO adotou o Protocolo de 1997, que inclui um “Código

¹⁸ Convenção Internacional para Prevenção da Poluição causada por Navios 1973 e Protocolo 1978.

Técnico de Controle de Emissões de Óxido de Nitrogênio de Motores Marítimos a Diesel”.

Odores usualmente se originam da movimentação de carga líquida, armazenagem e manuseio de grãos sólidos, locais de disposição de resíduos sólidos, depósito de material dragado, e/ou águas muito poluídas. Indústrias *waterfront* são também importante fonte de odores, particularmente fábricas de celulose, alimentos e processamento de pescado, petroquímicas e fundições.

Mesmo que não sejam perigosos, o mau cheiro e a poeira têm um impacto negativo na imagem do porto, principalmente se atingirem áreas residenciais ou com escolas e hospitais.

(f) Ruído e Vibrações

As fontes de ruído e vibrações são principalmente o tráfego nas rodovias, obras e equipamento de manuseio de carga. Por ocasião das obras de construção, o transporte de pedras necessárias à execução do enrocamento, e de terra para recobrimento do aterro hidráulico, traz um incremento no número de caminhões percorrendo as vias de acesso ao porto.

O ruído é um fator importante a ser monitorado, apesar de não ser comparável a outros tipos de contaminação que podem ter um efeito residual a longo prazo sobre o meio ambiente. Seu controle é componente vital para a integração da atividade portuária com a comunidade local.

(g) Resíduos Sólidos

Conforme a NBR-10.0004, de setembro de 1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, resíduos sólidos são “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”.

Para os efeitos dessa Norma, os resíduos são classificados quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública – em perigosos, não inertes e inertes – de modo que esses resíduos possam ter manuseio e destinação adequados¹⁹.

¹⁹ Os resíduos radioativos são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Uma extensa legislação federal, estadual e municipal, regulamenta as diversas questões envolvendo o armazenamento, transporte e tratamento dos resíduos sólidos. No caso de resíduos oriundos da atividade portuária, entre as principais normativas estão:

- Portaria Minter 053/79 (Projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos) que fundamentou as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente: CONAMA nº 006/91 (Incineração de resíduos sólidos de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos) e CONAMA nº 005/93.

- Resolução CONAMA nº 005, de 05/08/93, que define normas mínimas para o tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, bem como terminais ferroviários e rodoviários.

Essa Resolução classifica os resíduos sólidos em quatro grupos:

Grupo A: Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos.

Grupo B: Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas.

Grupo C: Rejeitos radioativos.

Grupo D: Resíduos comuns

- Decreto nº 2.508, de 04/03/98, que promulga a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição Causada por Navios. Esta Convenção, em seu Anexo V (Regras para Prevenção da Poluição por Lixo Proveniente de Navios) estabelece na Regra 7 (Instalações de Recebimento) que: “O Governo de cada Parte da Convenção compromete-se a assegurar a provisão de instalações de recebimento nos portos e terminais para recebimento de lixo, sem atrasar demasiadamente os navios, adequadas ao atendimento das necessidades dos navios que as utilizem”.

Embora o Anexo V da MARPOL permita a descarga de uma série de tipos de lixo no mar, recomenda-se que sempre que praticável o navio use, como meios principais, portos com instalações de recebimento.

No que diz respeito à operação no cais do porto, os resíduos são gerados quando da movimentação de carga, ou originados na avaria de carga ou, ainda, resíduos semelhantes aos resíduos domésticos produzidos na limpeza e na preparação de alimentos.

As taxas percentuais de geração de resíduos sólidos são geralmente proporcionais ao movimento de carga. Considera-se que a movimentação de carga e descarga de contêineres produz pouco ou nenhum resíduo sólido. Dessa forma, apenas a carga representada pela carga geral e pelos granéis sólidos produzem esses resíduos.

(h) Qualidade Visual

A estética visual da área costeira é essencial no turismo de uma região. O surgimento de uma instalação portuária pode ser prejudicial à paisagem natural. A qualidade visual é afetada e o litoral descaracterizado, tornando-se uma paisagem industrial.

Alguns dos impactos estão associados ao desmonte de encostas, terraplenos e impermeabilização do solo para originar novos espaços e abertura de vias de acesso (Muniz, 1996).

O comprometimento com valores de estética da paisagem e da não degradação da beleza cênica, deve estar presente na delimitação de áreas a serem protegidas com respeito a intervenções antrópicas, na implantação de projetos de controle erosivo e criação de zonas de “cinturão verde”, que possam bloquear a vista desagradável do porto.

(i) Impactos Sócio-Culturais

Construir ou expandir um porto frequentemente gera conflitos com a população local. A industrialização e a modernização trazem mudanças nas tradições culturais e estilo de vida da comunidade.

Diante da perspectiva de participar dos diversos empreendimentos que irão se instalar, há uma intensificação dos fluxos econômicos, de materiais e de pessoas em busca de novos empregos eventualmente gerados. Os avanços dos vetores de ocupação industrial conjugado com movimentos de expansão da instalação de moradias de baixa renda, muitas delas em áreas de risco, produzem uma ocupação desordenada do solo.

Esses problemas de habitação, agravado pelo desemprego com o fim das obras, pressionam os serviços, em geral deficientes, de coleta de lixo e as redes de esgoto e abastecimento d'água, geram carência de infra-estrutura hospitalar e a insuficiência de meios de transporte.

7.1. Aplicações do modelo SIMTECO

O modelo desenvolvido no capítulo 5 não pretendeu tratar das questões relacionadas ao meio ambiente. Entretanto os resultados obtidos pelo *SIMTECO* podem servir como entrada (“input”) de informações para subsidiar a utilização de modelos específicos. Tais modelos poderiam ser construídos versando sobre cada um dos tipos de impactos ambientais descritos anteriormente.

Diversas organizações já compilaram os efeitos adversos do desenvolvimento da atividade portuária, em forma de *checklists*, para a avaliação dos impactos ambientais, incluindo o Banco Mundial, o Banco de Desenvolvimento da Ásia e a Associação Internacional de Portos. A ESCAP propõe (Cf. Tabela 47) uma relação entre os fatores do desenvolvimento portuário e seus impactos no meio ambiente.

Aspecto Ambiental	Localização do porto	Construção e dragagem	Operação Portuária	
			Tráfego de navios e descargas	Operações com carga e indústrias <i>waterfront</i>
Qualidade d'água	*	*	*	*
Hidráulica marítima	*	*		
Qualidade dos sedimentos de fundo	*	*		*
Ecologia marinha e costeira	*	*	*	*
Qualidade do ar		*	*	*
Ruído e Vibrações		*		*
Resíduos Sólidos		*	*	*
Qualidade visual	*			*
Impactos sócio-culturais	*		*	*

Fonte: Escap (1992)

Tabela 47 - Impactos de um projeto de desenvolvimento portuário no meio ambiente

Tomando como ponto focal as atividades poluidoras relacionadas com o transporte marítimo, pode-se considerar que a alteração do tráfego de navios na baía de Sepetiba, irá gerar um impacto “adverso, direto e imediato, de característica local, por incidir apenas sobre a rota que liga o porto de Sepetiba ao mar aberto e, cíclico, por ocorrer a cada vez que um navio demandar ou deixar o porto” (Multiservice, 1992).

A descarga de óleo dos navios podem atingir praias próximas e prejudicar atividades recreativas, causando sérios danos ao turismo. O tráfego de navios pode perturbar a navegação de recreio e pesca. A possibilidade de acidentes se torna uma preocupação para a população local.

Para se ter uma idéia da intensificação do tráfego de navios que irá demandar o porto de Sepetiba, além dos navios porta-contêiner, cuja quantidade foi estimada no *SIMTECO*, variando entre 1.195 e 8.570, dependendo do cenário simulado, é necessário contabilizar os navios que escalarão nos terminais de carvão, alumina e de minério. Considerando as projeções do item 4.3.3 e cargas médias estimadas a partir do item 3.6.2, avaliou-se que em torno 157 navios atracarão nesses terminais no ano de 2020 (Cf. Tabela 48).

Para se chegar ao total de navios que transitarão no porto de Sepetiba, seria necessário considerar, ainda, outras cargas como produtos siderúrgicos, granéis, veículos, etc.

Carga	Projeção 2020 (t)	Carga Média (t/navio)	Navios/ano
Carvão / Coque	4.000.000	57.000 (*)	70
Alumina	446.550	14.000	32
Minério de Ferro	6.000.000	110.000	55
Total			157

Fonte: Elaboração própria

Nota: (*) média ponderada entre os navios que transportam essas duas cargas.

Tabela 48 – Projeção do tráfego anual de navios em 2020

Evidentemente, a construção de modelos para tratar dos aspectos comentados, necessitaria de um levantamento de dados quantitativos que em alguns casos, pode se revelar bastante difícil. Por outro lado, algumas relações importantes para descrever os impactos sobre o meio ambiente do porto não são passíveis de descrição quantitativa. Nessa situação, seria necessário buscar-se alternativas, como por exemplo, utilizando os recursos gráficos do STELLA para trabalhar com funções.

Conforme visto no item anterior, as Autoridades Portuárias são responsáveis por garantir as instalações para recebimento de lixo dos navios. No planejamento dessas instalações, deve-se levar em conta informações sobre as tendências futuras do tráfego marítimo e características dos navios. A partir do número de navios estabelecido pelo modelo *SIMTECO* pode-se, por exemplo, estimar este quantitativo de resíduos sólidos, levando-se em conta os aspectos tratados a seguir.

7.1.1. Gestão de Resíduos Sólidos

A metodologia para determinar a adequação de uma instalação de recebimento de resíduos sólidos deverá basear-se nas necessidades de cada navio, bem como no número e tipos de navio que utilizam o porto – que variam extraordinariamente em tamanho, missão, complemento e capacidade.

Convém mencionar que uma definição pertinente de “adequação” das instalações de recebimento, somente pode ser obtida mediante uma estreita colaboração entre as indústrias do transporte marítimo e portuária. Cada uma deve estar consciente das capacidades e limitações da outra (ESPO, 1994).

Para o cálculo das quantidades de lixo produzidas durante a operação normal do navio, que não são lançadas no mar, considera-se, entre outros, os seguintes fatores:

- tipo de lixo;
- tipo de navio e projeto;
- rota de operação do navio;
- número de pessoas a bordo;
- duração da viagem;
- tempo gasto em áreas onde a descarga para o mar seja proibida ou restrita; e
- tempo gasto no porto.

Dever-se-á notar que a possibilidade de procedimentos diferentes de recepção, relacionados com práticas e tecnologias que reduzem a quantidade de resíduos, poderá exigir a separação, a bordo, de:

- restos de alimentos (p.ex. carne crua, devido ao risco de doenças);
- lixo associado à carga; e
- lixo doméstico e de manutenção.

Conforme a Convenção MARPOL, os detritos são assim definidos:

- Detritos de alimento - substâncias víveres deterioradas ou não, tais como frutas, vegetais, laticínios, carnes, aves, sobras ou partículas de alimentos, ou todos os outros materiais contaminados por tais detritos, gerados a bordo do navio, principalmente nas áreas de cozinha e refeitório.

- Detrito doméstico - todos os tipos de detritos gerados nos espaços de circulação a bordo do navio.

- Detritos de carga - todos os materiais que tornaram-se detritos, como consequência da prática a bordo do navio do manuseio e estivação da carga. Detrito de carga inclui, mas não está restrito, aos materiais de estiva diversos, escoramento, paletes, materiais de revestimento e empacotamento, compensado, papel, papelão, arame e cinta de aço.

- Detrito de manutenção - materiais coletados pelo departamento de máquina e departamento do convés, enquanto mantém e opera a embarcação, tais como: fuligem, depósitos de maquinaria, tintas raspadas, varredura do convés e trapos.

- Resíduos de carga - restos de qualquer material de carga a bordo, oriundas da operação de carregamento (excesso de carga e derramamento), ou que permanece no porão de carga ou no convés após serem completados os procedimentos de descarregamento (descarregamento residual e derramamento).

Os resíduos de carga são tratados como lixo de acordo com o Anexo V da MARPOL, exceto quando esses resíduos são substâncias definidas ou relacionadas de acordo com outros anexos à Convenção.

7.2. Instrumental normativo

As responsabilidades em matéria de meio ambiente continuam desenvolvendo-se e, com o tempo, adquirindo maior importância. Além das Convenções Internacionais e outros instrumentos legislativos mencionados anteriormente, cabe expor alguns aspectos da Lei de Modernização dos Portos.

A lei 8.630/93, no artigo 4º, diz que: “Fica assegurado ao interessado o direito de construir, reformar, ampliar, melhorar, arrendar e explorar instalação portuária, dependendo:

§ 1º - (...) de aprovação do Relatório de Impacto sobre Meio Ambiente - RIMA”.

A preocupação dos legisladores é evidente e justificável, na medida em que portos, invariavelmente, estão localizados em áreas marítimas, baías, estuários, lagos ou foz de rios; e para suas implantações e desenvolvimentos requerem intervenções nesse ambiente pré-existente: dragagem para aumento das lâminas d'água, derrocagens, aterro, além das obras necessárias à logística terrestre.

A Lei dos Portos, além das exigências, também define competências:

- Ao Conselho de Autoridade Portuária – CAP no Art. 30, § 1º, XII “assegurar o cumprimento das normas de proteção ao meio ambiente”; e
- À Administração do Porto no Art. 33, § 1º, VII “fiscalizar as operações portuárias, zelando para que os serviços se realizem com regularidade, eficiência, segurança e respeito ao meio ambiente”.

Com a finalidade de fazer o acompanhamento sistemático das ações dos setores envolvidos na adequação do setor portuário aos parâmetros ambientais vigentes no País, a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar baixou a Resolução nº 006/98 aprovando a “Agenda Ambiental Portuária” que tem com objetivo geral:

- I – Promover o controle ambiental da atividade portuária;
- II – Inserir as atividades portuárias no âmbito do gerenciamento costeiro;
- III – Implementar unidades de gerenciamento ambiental nos portos organizados;
- IV – Implementar os setores de gerenciamento ambiental nas instalações portuárias fora do porto organizado;
- V – Regulamentar os procedimentos da operação portuária, adequando-os aos padrões ambientais; e
- VI – Capacitar recursos humanos para a gestão ambiental portuária.

7.2.1. Participação da Autoridade Portuária

As Autoridades Portuárias, no âmbito de sua competência, são responsáveis pela aplicação das normas e acordos internacionais, nacionais e locais sobre o meio ambiente. A aplicação dessas normas requer a determinação dos objetivos políticos e ações concretas.

Apesar de existirem controles legislativos a respeito do meio ambiente em muitas áreas da atividade portuária, é necessário que as Autoridades Portuárias formulem políticas que reconheçam as vantagens, a longo prazo, da exploração de um porto “saúdável” em termos ambientais. A aceitação das medidas ambientais é maior quando estas são rentáveis e se adaptam às necessidades de cada porto. Neste sentido, deve-se impulsionar a introdução de programas a longo prazo para que exista

flexibilidade de decisão de quais medidas devem ser aplicadas com prioridade. Essas medidas variam de porto para porto e dependem da capacidade financeira e de gestão dos mesmos.

A Autoridade Portuária, através de sua política, deve tomar a iniciativa na apresentação de novas propostas e promover o intercâmbio de idéias e informações entre os arrendatários. O calendário para a introdução de novas normas e procedimentos técnicos deve organizar-se de forma que permita a máxima cooperação dentro do porto (ESPO, 1994).

Neste sentido, torna-se fundamental que a Autoridade Portuária defina um plano de gestão ambiental que objetive, não só o cumprimento da legislação ambiental, mas também, a melhoria contínua de suas práticas ambientais. Tal plano deverá buscar a integração das ações dos diferentes arrendatários, estabelecendo estratégias de conscientização, formação e fomento de ações conjuntas.

8. Conclusões

Apesar da significativa propaganda para captar a atenção internacional, o terminal de contêineres de Sepetiba atraiu, durante o processo de privatização, apenas um licitante. Enquanto o governo se referia a Sepetiba como o futuro *hubport* da Costa Leste da América do Sul, muitas empresas o consideraram como um “elefante branco”. Uma companhia de siderurgia (CSN) – empresa sem experiência portuária – e uma empresa de mineração (CVRD), constituíram o consórcio comprador que pagou o preço mínimo fixado para o arrendamento.

É intenção da Administração Pública Federal que a permanência do Estado em atividades econômicas seja minimizada, reduzindo sua participação a apenas atividades reguladoras e de fiscalização. Portanto, inaugurada a parte de infra-estrutura portuária básica, o empreendimento foi considerado pelo Governo Federal como concluído, deixando os investimentos em superestrutura a cargo da iniciativa privada. Os elementos de decisão empresarial passaram, então, a ser controlados pelas ex-estatais federais, já privatizadas.

A configuração definitiva das instalações portuárias do terminal de contêineres, seja como *hubport*, terminal de uso múltiplo ou porto industrial, dependerá de vários fatores e traduzir-se-á em diferentes cenários de movimentação de carga. O consórcio Sepetiba-Tecon pagou, à vista, a quantia de R\$ 39 milhões pelo arrendamento e tem planos de investimentos da ordem de US\$ 70 milhões nos próximos quatro anos. Esses investimentos seriam utilizados para aquisição de equipamentos, tanto para movimentação de produtos siderúrgicos, quanto para contêineres, como portêineres e empilhadeiras do tipo *reach stackers*. Neste contexto, não parece que a CSN e a CVRD venham a fazer de Sepetiba um porto unicamente integrado à logística da cadeia industrial dos dois grupos.

Dividindo um mesmo *hinterland* com outros Estados e com o próprio Rio de Janeiro, Sepetiba terá que ser competitivo em custo, qualidade e serviços. Existe uma crença de que Sepetiba não será um rival de Santos como um *hubport*, não apenas porque Santos é mais bem localizado, mas também por suas melhores conexões. Em relação às instalações ferroviárias, por exemplo, serão necessários anos de esforços, de modo a expandir completamente a inadequada rede ferroviária existente e fazer Sepetiba atrativo para usuários potenciais e, conseqüentemente, torná-lo economicamente viável.

Alguns observadores como Richard Klien, vice presidente da Transroll Navegação S.A., acreditam que “Sepetiba vai se tornar interessante a médio e longo prazo, quando Rio e Santos eventualmente ficarem sem espaço” (Cargo Systems – suplemento março/1998).

A condição de projeto prioritário, no Programa Brasil em Ação, não se sucedeu no Plano Plurianual Avança Brasil (2000-2003). Algumas intervenções, principalmente na área de transporte ferroviário, consideradas de especial importância para o atendimento ao porto de Sepetiba, não foram contempladas. O porto de Sepetiba foi incluído no item “Infra-estrutura Econômica de Transportes (Oportunidades de Investimentos Públicos e Privados 2000-2007)” em dois projetos:

- Porto de Sepetiba - Terminal de contêineres, com construção de 8 berços adicionais.
- RJ-109 - Construção de uma nova rodovia, com 4 faixas e 100km de extensão do porto de Sepetiba às BR-116 e BR-040.

A intenção de tornar Sepetiba um centro de serviços e de transporte e distribuição de cargas, embora fundamentada no conjunto de vantagens e características que se atribui ao porto, por si só não implica em irradiação de um processo de desenvolvimento na área de influência direta. A implantação da rodovia RJ-109, por exemplo, não tem impacto estruturante: apenas amplia condições pré-existentes.

Carvalho (1930) chamava a atenção sobre o fato de que “não se consegue, impunemente, a *criação* artificial de todo o complexo organismo portuário por meio de decretos, que não sendo inspirados na realidade das *cousas*, são inexoravelmente vetados pelas leis econômicas. (...) Os nossos homens de governo, partindo da falsa *suposição* de que um porto pode formar um *hinterlande*, vêm abraçando a má política de multiplicar os portos marítimos”.

É necessário um entendimento do papel do porto na contribuição para o desenvolvimento econômico da região. É bastante evidente que a implantação do porto, pela própria circulação de cargas, repercute sobre as atividades do setor terciário local (comércio, seguros, serviços financeiros, transportes, tecnologia de comunicação etc.). Já com respeito aos demais aspectos relacionados ao segmento industrial os prognósticos são mais indefinidos.

Toda a argumentação acerca da privilegiada situação locacional e logística do porto de Sepetiba – águas abrigadas e profundas, e disponibilidade de ampla área contígua para retroporto e desenvolvimento industrial no município de Itaguaí e adjacências – tornou a região objeto de propostas; tais como o Pólo Petroquímico, a Zona de Processamento de Exportações, o Centro Industrial Portuário de Sepetiba, e a CSN II dentre outros projetos que acabaram por não se concretizar.

Independentemente da implantação de complexos industriais ou da implementação de um *hubport*, o porto já existe, tem suas dimensões definidas e possibilidades competitivas, e é um eixo potencial de desenvolvimento. Trata-se, portanto, de conduzir o desenvolvimento do porto de Sepetiba vinculado ao meio ambiente social, econômico, institucional e ecológico no qual o porto se insere.

Os impactos e efeitos locais ainda não são possíveis de serem medidos com precisão, uma vez que o porto está em início de funcionamento. Como exigência do edital de arrendamento do TECON 1, a arrendatária deverá obter o Certificado ISO 14.000 das operações, no prazo máximo de 2 anos a contar do início do arrendamento. Entretanto, esta exigência não se deve limitar ao cumprimento das regulamentações de um Sistema de Gestão Ambiental ou de diretrizes da MARPOL 73/78. Deve comportar, também, um amplo senso de responsabilidade social e garantir cuidados ambientais, em todos os níveis, considerando a população local e a despoluição da baía de Sepetiba.

O modelo de Simulação de Terminal de Contêineres (SIMTECO) procurou entender as relações do “Sistema Porto de Sepetiba”, a partir da simulação de diferentes cenários de movimentação de carga, de modo a analisar o efeito de diversos parâmetros relacionados à expansão.

O modelo de simulação, desenvolvido de acordo com os métodos da chamada “dinâmica de sistemas”, utilizou a interface gráfica do *software* STELLA. Essa interface permite que inter-relações entre diferentes componentes sejam observadas visualmente, não requerendo do usuário grande conhecimento de programação. Ademais, proporciona uma fácil compreensão da lógica do modelo e permite, quando for o caso, a alteração de sua estrutura de acordo com uma necessidade específica.

A partir da estrutura original do modelo podem ser feitas modificações (ou adequações) para atender a determinados objetivos como, por exemplo, a definição de um índice de congestionamento do tipo “dias congestionados por ano”, em vez da taxa de ocupação do berços adotado no modelo. Para tal, se faz necessário a adoção de um intervalo de tempo (dt) de um dia.

No SIMTECO, considerou-se, para controle das decisões, o período de um ano. Na verdade, a política de expansão de um porto, determinada pelo comportamento da economia, é estabelecida para um prazo bem mais longo. Dentro dos cálculos que o modelo se propõe a executar, está a determinação da demanda por berços em função do aumento na movimentação. Esse critério de planejamento, procurou enfatizar a necessidade de antecipação da decisão de construção de novos berços, para evitar congestionamentos no porto. Essa antecipação deve ser de 1 a 2 anos, dependendo do ritmo de crescimento da movimentação e do tempo de construção previsto para conclusão e entrada em operação do berço.

À medida em que o tempo passa, decisões são tomadas, não apenas a partir de dados medidos na operação portuária mas, também, em função dos conhecimentos existentes, fruto da experiência das pessoas envolvidas.

Nessa combinação de informações, se situa a análise de procedimentos operacionais que, em princípio, só pode ser realizada em casos onde dados estatísticos adequados são disponíveis. Como consequência, uma parte importante da pesquisa futura, deverá estar relacionada ao desenvolvimento da estatística portuária, de modo a permitir a aplicação de modelos analíticos. Nesse sentido, é fundamental levantar dados detalhados sobre a operação do porto. Dentre esses cabe destacar:

- padrão de chegadas de navios, verificando-se se os navios chegam aleatoriamente, ou dentro de um ordem pré-programada;
- planos de estiva dos navios, para auxiliar na determinação do número de guindastes que podem ser empregados;
- desempenho da Receita Federal na liberação de contêineres do pátio;
- razões para variação na produtividade dos guindastes; e
- checagem de tempo entre a chegada do navio e início do trabalho.

O modelo de simulação, como o que foi construído no âmbito desta dissertação, objetiva proporcionar uma ferramenta, simples e prática, para a abordagem dos problemas complexos relacionados ao gerenciamento da expansão do terminal de contêineres. Baseado nos dados e informações existentes, o modelo visa, também, servir de subsídio para a modelagem ambiental de diferentes ações ligadas ao porto de Sepetiba. Na realidade, essa modelagem poderia constituir-se numa outra vertente de futuras investigações.

Referências Bibliográficas

- ABAL. *Anuário Estatístico ABAL*. Associação Brasileira do Alumínio, São Paulo, Brasil, [Pesquisados de 1989 a 1997].
- ACSELRAD, H., HOLLANDA, T.B., BREDARIOL, C. “Problemáticas Sócioambientais do Projeto de Ampliação e Modernização do Porto de Sepetiba”. In: Silva, G. e Cocco, G. (eds), *Cidades e Portos: Os Espaços da Globalização*, 1 ed., Capítulo 12, Rio de Janeiro, Brasil, DP&A, 1999.
- ALBIN, S. *Building a System Dynamic Model. Part 1: Conceptualization*. System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 36 p., USA, 1997. [Disponível na Internet via <http://sysdyn.mit.edu/road-maps/rm-toc.html>. Arquivo consultado em 1998].
- ALÉM, A.C.D., GIAMBIAGI, F. e PASTORIZA, F. *Cenário Macroeconômico: 1997-2002*. BNDES/Depec (Texto para Discussão nº 56). Rio de Janeiro, Brasil, 1997.
- BECHTEL. *Brazil's Global Logistic Network for the 21st Century*. Bechtel International Inc., 1997.
- BORMA, L.S. *Pesquisa sobre a Deposição de Metais Pesados na Baía de Guanabara – Rio de Janeiro*. 1º Seminário para Exame de Qualificação Acadêmica para Candidatura ao Doutorado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.
- BRASIL. *Lei Nº 8.630*. de 25 de fevereiro de 1993 – Dispõe sobre o Regime Jurídico da Exploração dos Portos Organizados e das Instalações Portuárias e dá outras providências.
- BRASIL. *Decreto Nº 2.508*. de 4 de março de 1998 – Promulga a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição Causada por Navios, concluída em Londres, em 2 de novembro de 1973, seu Protocolo, concluído em Londres, em 17 de fevereiro de 1978, suas Emendas de 1984 e Anexos Opcionais III, IV e V.
- CARGO SYSTEMS. *Shining example?*. IIR Publications Ltd., London, pp. 41, 1991.
- _____. *Brazil grasps the nettle*. Latin America Supplement. March 1998. IIR Publications Ltd., London, pp. 15 - 18, 1998.
- _____. *Thinking long-term*. Latin America Supplement. March 1999. IIR Publications Ltd., London, pp. 13 - 16, 1999a.

- CARGO SYSTEMS. *Top 100 Container Ports 1998 Supplement*. 1999b. [Disponível na Internet via <http://www.containershipping.com>, Arquivo consultado em 1999].
- CARVALHO, F.V.M. *Estudos de Portos do Brasil*. Ed. Rodrigues & C. Escola Polytechnica. pp. 389-390, Rio de Janeiro, Brasil, 1930.
- CDRJ. *Porto de Sepetiba: Plano Estratégico de Desenvolvimento do Complexo Portuário de Sepetiba*. Companhia Docas do Rio de Janeiro, 76p., Rio de Janeiro, Brasil, 1998.
- _____. *Portos do Rio: Um Olhar para o Futuro – Plano Diretor Integrado do Porto de Sepetiba*. Companhia Docas do Rio de Janeiro, 41p., Rio de Janeiro, Brasil, 1999.
- CERC. *Coastal Engineering Manual*. Part III, Chapter 1, pp. III-1-2 a III-1-3. Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC, USA, 1998.
- CNIO. *O Brasil e o Mar no Século XXI: Relatório aos Tomadores de Decisão do País*. Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos. Rio de Janeiro, pp. 158-160, 1998.
- CONTAINERISATION INTERNATIONAL. *Mercosur Regional Review*. Emap Business Communications, London, December, 1998.
- COSMETATOS, G.P. *Some Approximate Equilibrium Results for the Multi-Server Queue (M/G/r)*. Operations Research Quaterly, vol.27, nº 3, pp. 615-620, 1976.
- CONSULPORT. *Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Porto de Barra do Riacho*. CONSULPORT - Consultoria em Transportes Ltda., 53p., 1998.
- DNPN. *Portos e Navegação do Brasil*. Departamento Nacional de Portos e Navegação. Rio de Janeiro, Brasil, 1940.
- DREWRY Shipping Consultants Ltd. *Post-Panamax Containerships*. London, UK, p.4, 1996.
- _____. *World Container Terminals: Global Growth and Private Profit*. London, UK, 1998.
- DRI/McGraw Hill and Mercer Management Consultants. *World Sea Trade Service Review*. Lexington, 1997.
- ESCAP. *Assessment of the Environmental Impact of Port Development: A Guidebook for EIA of Port Development*. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. United Nations Publications, New York, USA, 1992.

- _____. *Transport Financial / Economic Planning Model*. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. 2 ed., United Nations Publications, New York, USA, 1993.
- ESPO. *Environmental Code of Practice*. European Sea Ports Organization. 1994. [Disponível na Internet via: <http://www.espo.be/enviro.html>].
- FIRJAN et alii, SILVA, Eliezer Batista da, coord. *Infra-estrutura de Longo Alcance para o Desenvolvimento Sustentado: Rio Século XXI*. 53p., Rio de Janeiro, Brasil, 1997.
- FORRESTER, J.W. *Industrial Dynamics*. Portland, Oregon, USA, Productivity Press, 464p., 1961.
- _____. *The beginning of System Dynamics*. Banquet Talk at International Meeting of the System Dynamics Society, 15 p., Stuttgart, Alemanha, 1989. [Disponível na Internet via <http://sysdyn.mit.edu/people/jay-forrester.html>. Arquivo consultado em 1998].
- _____. "System Dynamics and the Lessons of 35 years". In: De Grene, K.B. (ed.), *The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s*. 35p., 1991. [Disponível na Internet via <http://sysdyn.mit.edu/people/jay-forrester.html>. Arquivo consultado em 1998].
- GAZETA MERCANTIL. *Valesul quer duplicar a produção em cinco anos*. 04/06/1998, p. C-5, 1998.
- GEIPOT. *Corredores de Transporte: Proposta de Ações para Adequação da Infra-estrutura e para Racionalização do Transporte de Granéis Agrícolas*. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, pp. 157-169, 1995.
- GIAMBIAGI, F. e PASTORIZA, F. *Modelo de Consistência Macroeconômica*. BNDES/Depec (Texto para Discussão nº 52). Rio de Janeiro, Brasil, 1997.
- GÓES FILHO, H.A. *Fluxo de Cargas do Porto de Sepetiba*. COPPETEC, 1997.
- GONZALEZ, J.A. *Gate Requirements for Container Terminals: A Network of Queues Approach*. Tese de M.Sc., University of Wales. UK, 1987.
- GROSS, D. e HARRIS, C.M. *Fundamentals of Queueing Theory*. John Wiley & Sons. New York, USA, 1974.
- HIGH PERFORMANCE SYSTEMS. *STELLA Technical Documentation*. High Performance Systems Inc., Hanover, New Hampshire, USA, 1997.

- HOFFMANN, J. *Concentration in Liner Shipping: Its Causes and Impacts for Ports and Shipping Services in Developing Regions* (LC/G.2027). CEPAL. Santiago, Chile. United Nations Publications, 97p., 1998.
- INTERNET <http://www.abal.org.br>, <http://www.csn.com.br>; <http://www.ferteco.com.br>; <http://www.transportes.gov.br>, <http://www.maritimedata.com>
- JORNAL DO BRASIL. *Em busca de uma revolução no estado*. 08/11/1998, p.26, 1998.
- MEADOWS, D.H., MEADOWS, D.L., RANDERS, J. *Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future*. Post Mills, Vermont, USA. Chelsea Green Publishing Co., 320p., 1992.
- MORGAN, M.G., HENRION, M. *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. Cambridge University Press, pp. 30-31, 1990.
- MULTISERVICE. *Relatório de Impacto Ambiental – Ampliação do Terminal de Minério, Ferro Gusa e Produtos Siderúrgicos do Porto de Sepetiba, RJ*. Multiservice, Rio de Janeiro, pp. 51-71, 1992.
- MUNIZ. *Relatório de Impacto Ambiental do Projeto de Implantação do Porto do Pecém*. Muniz Arquitetura-Urbanismo-Consultoria. pp. 4.37 - 4.41, 1996.
- NOVAES, A.G.N. *Pesquisa Operacional e Transportes: Modelos Probabilísticos*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, 1975.
- OECD. *Environmental Assessment Handbook for Port Development Projects*. The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. Japão, 1993.
- OLIVEIRA, J.G.C. *Modelo Dinâmico para Sistemas de Educação*. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1976.
- PAGE, E. *Queueing Theory in OR*. London Butterworths. London, UK, 1972.
- PORTOS E NAVIOS. *Disputa Esquenta*. Editora Síntese Ltda., p. 24, Junho, 1997.
- _____. *Mercado Reage*. Editora Síntese Ltda., pp. 38-41, Maio, 1999.
- RANDERS, J. *Elements of the System Dynamic Methods*, pp. 117-139, Portland, Oregon, USA, Productivity Press, 344p., 1980.
- RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. *Caracterização e Diagnóstico das Comunidades Bióticas Marinhas da baía de Sepetiba*. In: Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba. Relatório R-5, Tomo I, Volume III. Rio de Janeiro: SEMA, p.6, 1997a.

- _____. *Estudos Sócio-Econômicos e Projeções Demográficas*. In: Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba. Relatório R-3. Rio de Janeiro: SEMA, pp. 8.1-8.13, 1997b.
- SOUZA, R.A. e PRATES, H.F. *O processo de desestatização da RFFSA: Principais Aspectos e Primeiros Resultados*. BNDES, Rio de Janeiro, Brasil, 1997.
- UNCTAD. *Development of Ports: Improvement of Port Operations and Connected Facilities* (TD/B/C.4/42/Rev.1). United Nations Conference on Trade and Development, United Nations Publications, New York, USA, 1969.
- _____. *Port Development: A handbook for planners in developing countries*. (TD/B/C.4/175). United Nations Conference on Trade and Development, United Nations Publications, New York, USA, pp. 127-141, 1978.
- _____. *Port Marketing and the Challenge of the Third Generation Port* (TD/B/C.4/AC.7/14). United Nations Conference on Trade and Development, United Nations Publications, New York, USA, pp. 2-19, 1992.
- VALE, M.A. *Portos Abertura e Modernização*. [Edição própria], 1995.
- VALENTINI, E. M. S. *Avaliação de Processos Litorâneos e Conseqüências para o Gerenciamento Costeiro no Ceará*, Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, pp. 6-16, 1994.
- ZHU, H. *Mental Simulation of Simple Negative Feedback*. System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 23p., USA, 1996. [Disponível na Internet via <http://sysdyn.mit.edu/road-maps/rm-toc.html>. Arquivo consultado em 1998].

Anexo 1 - Tabelas de Movimentação de Contêineres

	Porto	Movimentação (TEU)		Variação %	Transbordo	
		1997	1998		1997	1998
1	Singapore	14.100.000	15.100.000	7,1		
2	Hong Kong	14.386.000	14.582.000	1,4		
3	Kaohsiung	5.693.339	6.271.053	10,1		
4	Rotterdam	5.494.000	6.010.000	9,4	1.373.500	1.502.500
5	Pusan	5.233.880	5.752.955	9,0	1.104.827	1.213.864
6	Long Beach	3.505.000	4.100.000	16,9		
7	Hamburg	3.337.477	3.546.940	6,3	1.220.000	1.284.000
8	Los Angeles	2.959.715	3.378.218	14,1		
9	Antwerp	2.969.189	3.265.000	10,0	302.000	374.000
10	Shanghai	2.527.000	3.000.000	15,8		
11	Dubai	2.600.085	2.804.104	7,7	1.400.042	1.439.347
12	Tokyo	2.383.000	2.495.000	4,7		
13	New York/New Jersey	2.456.886	2.465.993	0,4		
14	Felixstowe	2.251.379	2.461.823	9,3	682.692	765.341
15	Gioia Tauro	1.448.531	2.100.000	45,0		
16	Kobe	1.944.208	2.100.000	8,0		
17	Yokohama	2.347.635	2.091.420	-10,9		
18	San Juan	1.730.312	1.990.272	15,0		
19	Manila	2.121.073	1.856.372	-12,5	1.079	1.722
20	Algeciras	1.537.627	1.825.614	18,7	1.294.611	1.541.638
21	Klang	1.684.508	1.820.018	8,0	227.120	460.809
22	Bremerhaven	1.703.200	1.812.000	6,4	750.000	810.000
23	Colombo	1.687.183	1.714.077	1,6	1.270.386	1.235.379
24	Keelung	1.981.175	1.621.222	-18,2		
25	Tanjung Priok	1.670.744	1.609.340	-3,7		
26	Oakland	1.531.188	1.575.406	2,9		
27	Seattle	1.476.000	1.544.000	4,6		
28	Nagoya	1.498.137	1.458.076	-2,7		
29	Laem Chabang	1.035.000	1.425.000	37,7	12.000	16.000
30	Le Havre	1.180.000	1.320.000	11,9		
31	Qingdao	1.033.000	1.213.000	17,4		
32	Buenos Aires	1.023.958	1.139.730	11,3		
33	Charleston	1.217.544	1.277.514	4,9		
34	Genoa	1.179.954	1.265.593	7,3	140.000	193.000
35	Hampton Roads	1.232.725	1.251.891	1,6		
36	Osaka	1.204.262	1.155.974	-4,0	78.737	82.071
37	Tacoma	1.158.700	1.156.500	-0,2	1.725	227
38	Manzanillo	581.775	1.117.035	92,0		
39	Bangkok	1.099.005	1.113.756	1,3		
40	Barcelona	971.921	1.095.113	12,7	202.280	180.375
41	Hawaii	1.066.646	1.082.346	1,5		
42	Tianjin	935.000	1.065.900	14,0		
43	Melbourne	1.029.194	1.044.000	1,4		
44	Yantian	638.000	1.038.000	62,7		
45	Valencia	831.510	1.005.397	20,9	97.714	138.418
46	Malta	662.648	1.071.669	61,7		
47	Jeddah	920.861	967.931	5,1	184.438	205.375
48	Houston	933.522	968.169	3,7		
49	Durban	944.678	955.450	1,1	245.458	229.905
50	Piraeus	683.969	933.096	36,4	170.189	366.142

Fonte: Cargo Systems - Top 100 Container Port Supplement (www.containershipping.com)

Tabela 49 – 100 Maiores Portos de Contêineres

	Porto	Movimentação (TEU)		Variação %	Transbordo	
		1997	1998		1997	1998
51	Montreal	870.368	932.701	7,2		
52	Taichung	841.972	880.240	4,5		
53	Miami	761.183	860.000	13,0		
54	Santos	829.486	859.500	3,6		
55	Southampton	861.401	846.257	-1,8	64.928	48.903
56	Guangzhou	687.000	846.000	23,1		
57	Haifa	668.700	833.500	24,6	83.700	117.900
58	Sydney	730.446	801.081	9,7	2.154	4.457
59	Vancouver	724.000	800.000	10,5		
60	Khorfakkan	749.667	783.352	4,5		
61	Zeebrugge	648.148	776.357			850.000
62	Jacksonville	675.196	753.823	11,6		
63	La Spezia	615.604	731.882	18,9	67.000	80.000
64	Port Everglades	719.326	704.390	-2,1		
65	Kingston	654.523	670.858	2,5		
66	Marseilles	621.580	660.232	6,2	36.000	50.000
67	Xiamen	517.000	654.000	26,5		
68	Naples	529.000	620.000	17,2		
69	Livorno	501.146	540.000	7,8		
70	Dalian	453.433	525.745	15,9		7.280
71	Goteborg	530.529	519.642	-2,1		
72	Penang	506.863	510.307	0,7	964	1.138
73	Nhava Sheva	423.148	504.149	19,1		
74	Mumbai	601.289	503.310	-16,3		
75	Auckland	464.056	499.285	7,6		
76	Las Palmas	380.635	490.577	28,9		114.570
77	Liverpool	460.000	487.000	5,9		
78	Baltimore	476.078	486.861	2,3		
79	Cabello	360.213	486.774	35,1		
80	Savannah	504.740	485.011	3,9		
81	Fujairah	550.000	480.000	-12,7		
82	Tilbury	398.000	464.806	16,8		
83	Shekou	213.364	463.000	117,0		
84	Johor	429.448	460.000	7,1		
85	Puerto Limon	431.152	452.076	4,9		
86	Halifax	459.176	435.425	-5,2		
87	Dublin	381.500	424.500	11,3		
88	San Antonio	318.640	415.001	30,2		
89	Guayaquil	375.878	407.434	8,4		
90	Izmir	388.172	399.755	3,0		
91	Dammam	358.935	386.862	7,8		
92	Callao	321.567	378.013	17,6		
93	Bilbao	340.059	367.841	8,2		
94	Lisbon	333.028	340.786	2,3	9.980	9.641
95	Ashdod	397.700	364.000	-8,5	27.300	2.300
96	Hakata	342.550	362.992	6,0		
97	Puerto Cortes	309.114	362.064	17,1		
98	Thamesport	260.000	360.000	38,5		
99	Ningbo	257.000	353.000	37,4		
100	Veracruz	287.600	339.312	18,0		

Fonte: Cargo Systems - Top 100 Container Port Supplement (www.containershipping.com)

Tabela 49 (continuação) – 100 Maiores Portos de Contêineres

PORTO	1997			1998		
	Unidades	TEU	Peso (t)	Unidades	TEU	Peso (t)
Macapá(AP)	1.185	1.860	10.167	880	1.518	6.788
Porto Velho(RO)	17.536	17.618	202.922	21.776	21.776	229.466
Santarém(PA)	18	18	177	56	56	114
Manaus(AM)	35.845	60.783	371.163	28.986	44.076	340.160
Vila do Conde(PA)	11	12	185	32	32	369
Belém(PA)	17.748	26.982	237.958	19.025	29.843	278.902
Fortaleza(CE)	30.674	42.148	438.971	36.412	50.163	517.112
Natal(RN)	142	281	676	308	613	1.439
Cabedelo(PB)	7.650	10.496	90.907	5.454	6.404	76.220
Recife(PE)	18.614	23.784	208.846	15.902	19.675	217.220
Suape(PE)	23.792	30.642	285.712	36.799	48.953	463.727
Maceió(AL)	3.777	3.968	62.001	3.175	3.325	40.222
Salvador(BA)	44.414	52.496	654.264	39.120	51.375	596.589
Ilhéus(BA)	1.844	2.784	22.762	6.121	6.384	95.866
Barra do Riacho(ES)	17	34	198	–	–	–
Praia Mole(ES)	242	263	3.412	–	–	–
Tubarão(ES)	–	–	–	24.028	31.177	356.788
Vitória(ES)	49.400	62.472	610.578	58.825	76.196	779.036
Rio de Janeiro(RJ)	154.144	202.763	1.936.531	154.551	198.197	2.127.490
São Sebastião(SP)	236	249	4.813	2.074	2.080	25.260
Santos(SP)	580.592	829.486	8.284.892	564.948	799.476	8.262.889
Paranaguá(PR)	88.448	139.141	1.388.585	99.801	161.569	1.239.021
São Francisco do Sul(SC)	64.888	95.394	982.249	78.348	116.707	1.197.083
Itajaí(SC)	79.877	118.822	1.160.457	85.202	129.563	1.266.296
Imbituba(SC)	4.839	6.303	81.415	350	428	6.583
Estrela(RS)	–	–	–	251	449	3.066
Porto Alegre(RS)	1.802	2.208	32.186	3.353	4.759	39.101
Rio Grande(RS)	128.893	194.963	1.751.565	142.940	224.577	1.841.480
TOTAL	1.356.628	1.925.970	18.823.592	1.428.717	2.029.371	20.008.287

Fonte: DP/MT.

Tabela 50 – Movimentação de Contêineres no Brasil, por porto 1997-98

	Porto	País	1997	1998	Variação %
1	Buenos Aires (inclui Exolgan)	Argentina	1.023.958	1.305.119	27,5
2	Colón (MIT, Evergreen, Panamá Port)	Panamá	581.775	1.117.035	92,0
3	Santos (inclui Rio Cubatão)	Brasil	829.486	888.332	7,1
4	Kingston	Jamaica	483.319	670.858	38,8
5	Puerto Limón-Moin	Costa Rica	431.152	452.076	4,9
6	San Antonio	Chile	371.285	415.001	11,8
7	Puerto Cabello	Venezuela	300.000	410.000	36,7
8	Guayaquil	Equador	375.878	407.434	8,4
9	Callao	Peru	321.567	378.013	17,6
10	Puerto Cortes	Honduras	309.114	362.064	17,1
11	Veracruz	México	364.259	340.000	-6,7
12	Cartagena	Colômbia	231.549	277.686	19,9
13	Manzanillo	México	256.425	276.542	7,8
14	Montevideu	Uruguai	201.964	265.892	31,7
15	Valparaiso	Chile	271.739	255.673	-5,9
16	Port of Spain	Trinidad & Tobago	-	234.986	-
17	Rio Grande	Brasil	194.963	224.577	15,2
18	Rio de Janeiro	Brasil	202.763	198.197	-2,3
19	Paranaguá	Brasil	139.141	161.569	16,1
20	Puerto Barrios	Guatemala	124.705	160.770	28,9
21	Santo Tomas de Castilla	Guatemala	147.000	145.294	-1,2
22	Buenaventura	Colômbia	171.414	143.420	-16,3
23	Itajaí	Brasil	118.822	129.563	9,0
24	São Francisco do Sul	Brasil	95.394	116.707	22,3
25	La Havana	Cuba	25.000	113.000	352,0
26	Altamira	México	141.902	111.912	-21,1
27	Iquique	Chile	99.047	107.903	8,9
28	Puerto Quetzal	Guatemala	57.142	97.920	71,4
29	Lirquen	Chile	61.093	85.542	40,0
30	Arica	Chile	71.761	75.268	4,9

Fonte: Perfil Marítimo de América Latina e Elaboração Própria

(<http://www.eclac.cl/espanol/investigacion/transporte/perfil/permar.htm>)

Tabela 51 - Tráfego de contêineres na América Latina e Caribe (TEU)

	Porto	País	1997	1998	Variação %
31	Vitória	Brasil	62.472	72.875	16,7
32	Bridgetown	Barbados	53.834	71.333	32,5
33	Tampico	México	69.445	67.477	-2,8
34	Santa Marta	Colômbia	42.075	59.670	41,8
35	Puerto Castilla	Honduras	71.860	54.690	-23,9
36	San Vicente	Chile	48.212	53.210	10,4
37	Salvador	Brasil	52.496	51.375	-2,1
38	Fortaleza	Brasil	42.148	50.163	19,0
39	Suape	Brasil	30.642	48.953	59,8
40	Manaus	Brasil	60.738	44.076	-27,4
41	Antofagasta	Chile	41.994	38.779	-7,7
42	Balboa	Panamá	49.900	33.733	-32,4
43	Paita	Peru	34.694	30.577	-11,9
44	Muelle El Bosque	Colômbia	32.240	30.112	-6,6
45	Belém	Brasil	26.983	29.843	10,6
46	Progreso	México	19.753	28.077	42,1
47	Porto Velho	Brasil	17.818	21.776	22,2
48	Punta Arenas	Chile	21.054	21.468	2,0
49	St John's	Antigua y Barbuda	-	19.787	-
50	Recife	Brasil	23.784	19.675	-17,3
51	Ensenada	México	14.796	14.274	-3,5
52	Acajutla	El Salvador	12.508	14.117	12,9
53	Manta	Equador	-	13.230	-
54	Talcahuano	Chile	29.680	12.951	-56,4
55	Salina Cruz	México	14.549	11.461	-21,2
56	Cayman Brac	Ilhas Caiman	9.907	10.937	10,4
57	Mazatlan	México	8.932	10.253	14,8
58	Terminal Contenedores, Contecar	Colômbia	-	8.732	-
59	Ilo	Peru	12.783	8.037	-37,1
60	Lazaro Cardenas	México	8.111	7.167	-11,6

Fonte: Perfil Marítimo de América Latina e Elaboração Própria

(<http://www.eclac.cl/espanol/investigacion/transporte/perfil/permar.htm>)

Tabela 51 (continuação) - Tráfego de contêineres na América Latina e Caribe (TEU)

	Porto	País	1997	1998	Variação %
61	Corinto	Nicarágua	6.840	7.017	2,6
62	Matarani	Peru	3.307	6.954	110,3
63	Puerto Bolivar	Equador	-	6.457	-
64	Cabedelo	Brasil	10.496	6.404	-39,0
65	Ilhéus	Brasil	2.784	6.384	129,3
66	Porto Alegre	Brasil	2.208	4.759	115,5
67	Chacabuco	Chile	4.454	4.507	1,2
68	Maceió	Brasil	30.642	3.325	-89,1
69	San Lorenzo	Honduras	1.952	3.081	57,8
70	Puerto Montt	Chile	514	2.533	392,8
71	Esmeraldas	Equador	-	2.490	-
72	Coquimbo	Chile	5.972	2.215	-62,9
73	São Sebastião	Brasil	249	2.080	735,3
74	Macapá	Brasil	1.880	1.518	-19,3
75	Arlen Siu	Nicarágua	6.205	1.037	-83,3
76	Imbituba	Brasil	6.303	428	-93,2
77	Bahia las Minas	Panamá	6.150	159	-97,4
78	Pointe-a-Pitre	Guadeloupe	99.643	-	-
79	Curacao	Netherlands Antilles	66.603	-	-
80	Oranjestad	Aruba	57.826	-	-
81	Philipsburg	St. Maarten	34.733	-	-
82	Castries	St. Lucia	26.115	-	-
83	Contecar	Colômbia	25.088	-	-
84	Caldera	Costa Rica	18.242	-	-
85	Vieux Fort	St. Lucia	16.212	-	-
86	Madryn	Argentina	14.914	-	-
87	St George's	Grenada	8.147	-	-
88	Port Au Prince	Haití	4.916	-	-
89	Basseterre	St Kitts & Nevis	1.630	-	-

Fonte: Perfil Marítimo de América Latina e Elaboração Própria

(<http://www.eclac.cl/espanol/investigacion/transporte/perfil/permar.htm>)

Tabela 51 (continuação) - Tráfego de contêineres na América Latina e Caribe (TEU)

Anexo 2 - Elementos da Teoria das Filas

A teoria das filas aplica e trata os tempos como variáveis aleatórias que não tem valores individualmente previsíveis, mas mostram regularidade estatística²⁰. Em particular, uma variável aleatória X é descrita por uma função de distribuição de probabilidade $F(t) = \text{Prob} \{X_t\}$ ou pela correspondente densidade de probabilidade $f(t) = dF/dt$. Esta última está associada a frequências relativas e pode ter vários formatos possíveis dependendo dos detalhes do sistema de filas. Entretanto, as observações mostram que, de modo geral, a distribuição dos tempos da fila e de serviço são dominadas por formas exponenciais; ou combinações de exponenciais (Hiperexponencial, Erlang, etc).

Os modelos de filas podem ser descrito pelo seguinte esquema de classificação, conhecido como notação de Kendall: $A/B/m/C/P/Q$, onde:

A = intervalo entre chegadas

- M : distribuição exponencial (chegadas aleatórias, processo de Poisson)
- D : determinístico (constante)
- GI : geral independente
- G : geral

B = tempo de serviço

- M : distribuição exponencial
- D : determinístico
- G : geral
- E_k : distribuição de Erlang- k
- H_k : distribuição Hiperexponencial de grau k

m = número de postos de atendimento

C = capacidade máxima (padrão = infinito)

P = número de consumidores (padrão = infinito)

Q = disciplina da fila (padrão = FIFO)

- FIFO : First-In-First-Out
- LIFO : Last-In-First-Out
- SIRO : Service-In-Random-Order
- PRF : Priority

²⁰ Um dos primeiros problemas estudados foi o do congestionamento de sistemas telefônicos na Copenhagen Telephone Company, pelo matemático dinamarquês A. K. Erlang, que em 1909, publicou *The Theory of Probabilities and Telephone Conversations*.

Principais distribuições

Na teoria de filas, algumas distribuições recebem especial atenção. Aqui serão apresentadas as principais propriedades da distribuição de variável discreta de Poisson e das de variável contínua Exponencial e Erlang.

a) Distribuição de Poisson

A distribuição de Poisson é uma distribuição de eventos discretos, associada ao processo de Poisson. Para que este processo exista, é preciso que as chegadas sejam independentes e as características probabilísticas do sistema não devem se alterar com o tempo, em particular, o parâmetro λ da distribuição deve permanecer constante (Novaes, 1975). A função de probabilidade é dada por:

$$P_n = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}$$

Esta distribuição tem a característica de ter a média igual a variância, dada por:

$$E[n] = \text{var}[n] = \lambda$$

O coeficiente de variação é dado por

$$C_v = \frac{\sigma_n}{E[n]} = \frac{\sqrt{\lambda}}{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}}$$

Os intervalos de tempo entre chegadas sucessivas num processo de Poisson são regidos por uma distribuição Exponencial.

b) Distribuição exponencial

É uma distribuição de variável aleatória contínua com função de densidade de probabilidade dada por:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \text{com } \lambda > 0 \quad \text{e} \quad t \geq 0$$

Na distribuição Exponencial a média e a variância, são dadas por:

$$E[t] = 1/\lambda$$

$$\text{var}[t] = 1/\lambda^2$$

O coeficiente de variação é igual a unidade, é dado por:

$$C_v = \frac{\sigma_t}{E[t]} = \frac{\sqrt{\text{var}(t)}}{E[t]} = 1$$

c) Distribuição de Erlang

A distribuição de Erlang é uma classe especial de distribuição Gamma, onde k (parâmetro de forma) é um inteiro positivo e μ uma constante positiva.

Sua função densidade de probabilidade é dada por:

$$f(t) = \frac{(k\mu)^k}{(k-1)!} t^{k-1} e^{-k\mu} \quad (0 < t < \infty)$$

Na distribuição Erlang a média e a variância, são dadas por:

$$E[t] = 1/\mu$$

$$\text{Var}[t] = 1/k\mu^2$$

O coeficiente de variação, que mede a dispersão relativa, dado por:

$$C_v = \frac{\sigma_t}{E[t]} = \frac{1/\mu\sqrt{k}}{1/\mu} = \frac{1}{\sqrt{k}}$$

varia desde $C_v = 1$ para a distribuição Exponencial ($k = 1$) até $C_v = 0$, correspondendo ao caso determinístico ($k \rightarrow \infty$) de intervalos constantes entre chegadas sucessivas.

Modelos de Filas

Após a breve descrição das três distribuições de probabilidade mais empregadas, passa-se a analisar os tipos de modelo de filas usados para fornecer medidas de desempenho (tempo de espera e de atendimento) necessários para estabelecer as taxas de ocupação dos berços.

a) Filas com canais paralelos (M/M/c)

É um modelo multiservidor no qual cada servidor tem uma distribuição de tempo de serviço exponencial independente e identicamente distribuída, e o processo de chegada é regido por uma distribuição de Poisson (Gross e Harris, 1974).

A probabilidade de não haver nenhum consumidor no sistema é dada pela seguinte expressão (nesse caso, o número de posições de atendimento não influi):

$$P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^k}{k!} + \frac{(c\rho)^c}{c!(1-\rho)}}$$

O índice de congestionamento do sistema é definido como:

$$\rho = \frac{\text{média de chegadas num intervalo } t}{\text{capacidade média de atendimento em } t}$$

Considerando-se um intervalo de tempo unitário, como existem c posições de atendimento em paralelo, a capacidade média de atendimento é igual a $c\mu$, onde μ é o tempo médio de atendimento de um servidor. Nesse caso chega-se à seguinte relação:

$$\rho = \lambda c \mu$$

A expectância do número de elementos na fila é dada por:

$$L_q = \frac{\rho(\rho c)^c}{(1-\rho)^2 c!} \times P_o$$

A expectância do tempo de espera na fila é dada por:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1}{\mu} \times \frac{(\rho c)^c}{(1-\rho)^2 c! c} \times P_o$$

O tempo de espera na fila pode não significar muito quando considerado em termos absolutos. Portanto, é conveniente considerar a relação α entre o tempo médio de espera na fila e o tempo médio de atendimento. Este índice adimensional é determinado como:

$$\alpha = \frac{\rho}{1-\rho} \quad \text{para } c = 1$$

$$\alpha = \frac{(\rho c)^c}{(1-\rho)^2 c! c} \times P_o \quad \text{para } c > 1$$

Na Tabela 52 são apresentados valores de α em função de ρ e c .

ρ	$c = 1$	$c = 2$	$c = 3$	$c = 4$	$c = 5$	$c = 6$	$c = 7$	$c = 8$	$c = 9$	$c = 10$
0.025	0.0256	0.0006	0	0	0	0	0	0	0	0
0.050	0.0526	0.0025	0.0002	0	0	0	0	0	0	0
0.075	0.0811	0.0057	0.0006	0.0001	0	0	0	0	0	0
0.100	0.1111	0.0101	0.0014	0.0002	0	0	0	0	0	0
0.125	0.1429	0.0159	0.0026	0.0005	0.0001	0	0	0	0	0
0.150	0.1765	0.0230	0.0045	0.0010	0.0003	0.0001	0	0	0	0
0.175	0.2121	0.0316	0.0070	0.0018	0.0005	0.0002	0.0001	0	0	0
0.200	0.2500	0.0417	0.0103	0.0030	0.001	0.0003	0.0001	0	0	0
0.225	0.2903	0.0533	0.0144	0.0046	0.0016	0.0006	0.0002	0.0001	0	0
0.250	0.3333	0.0667	0.0196	0.0068	0.0026	0.0010	0.0004	0.0002	0.0001	0
0.275	0.3793	0.0818	0.0259	0.0096	0.0039	0.0017	0.0008	0.0004	0.0002	0.0001
0.300	0.4286	0.0989	0.0333	0.0132	0.0058	0.0027	0.0013	0.0006	0.0003	0.0002
0.325	0.4815	0.1181	0.0422	0.0177	0.0081	0.0040	0.0020	0.0011	0.0006	0.0003
0.350	0.5385	0.1396	0.0525	0.0232	0.0112	0.0057	0.0031	0.0017	0.0009	0.0005
0.375	0.6000	0.1636	0.0645	0.0298	0.0151	0.0081	0.0045	0.0026	0.0015	0.0009
0.400	0.6667	0.1905	0.0784	0.0378	0.0199	0.0111	0.0064	0.0039	0.0024	0.0015
0.425	0.7391	0.2204	0.0944	0.0473	0.0258	0.0149	0.0090	0.0056	0.0035	0.0023
0.450	0.8182	0.2539	0.1128	0.0584	0.0330	0.0197	0.0123	0.0079	0.0052	0.0034
0.475	0.9048	0.2914	0.1338	0.0716	0.0417	0.0257	0.0165	0.0109	0.0073	0.0050
0.500	1.0000	0.3333	0.1579	0.0870	0.0521	0.0330	0.0218	0.0148	0.0102	0.0072
0.525	1.1053	0.3805	0.1855	0.1050	0.0646	0.0420	0.0284	0.0197	0.0140	0.0101
0.550	1.2222	0.4337	0.2172	0.1260	0.0794	0.0529	0.0365	0.0260	0.0189	0.0140
0.575	1.3529	0.4939	0.2536	0.1506	0.0971	0.0660	0.0466	0.0338	0.0251	0.0189
0.600	1.5000	0.5625	0.2956	0.1794	0.1181	0.0819	0.0589	0.0436	0.0330	0.0253
0.625	1.6667	0.6410	0.3444	0.2132	0.1431	0.1011	0.0741	0.0558	0.0429	0.0335
0.650	1.8571	0.7316	0.4012	0.2532	0.1729	0.1243	0.0926	0.0708	0.0553	0.0439
0.675	2.0769	0.8370	0.4679	0.3005	0.2087	0.1524	0.1153	0.0895	0.0709	0.0571
0.700	2.3333	0.9608	0.5470	0.3572	0.2519	0.1867	0.1432	0.1128	0.0906	0.0739
0.725	2.6364	1.1080	0.6419	0.4257	0.3045	0.2288	0.1779	0.1418	0.1153	0.0953
0.750	3.0000	1.2857	0.7570	0.5094	0.3694	0.2811	0.2212	0.1785	0.1468	0.1226
0.775	3.4444	1.5039	0.8992	0.6135	0.4506	0.3470	0.2762	0.2253	0.1873	0.1581
0.800	4.0000	1.7778	1.0787	0.7455	0.5541	0.4315	0.3471	0.2860	0.2401	0.2046
0.825	4.7143	2.1311	1.3111	0.9174	0.6895	0.5425	0.4408	0.3667	0.3106	0.2670
0.850	5.6667	2.6036	1.6231	1.1489	0.8726	0.6934	0.5686	0.4771	0.4076	0.3532
0.875	7.0000	3.2667	2.0621	1.4757	1.1321	0.9079	0.7509	0.6353	0.5470	0.4776
0.900	9.0000	4.2632	2.7235	1.9694	1.5250	1.2335	1.0285	0.8769	0.7606	0.6687
0.925	12.3333	5.9264	3.8295	2.7965	2.1847	1.7816	1.4967	1.2853	1.1224	0.9932
0.950	19.0000	9.2564	6.0467	4.4571	3.5112	2.8853	2.4413	2.1104	1.8546	1.6512
0.975	39.0000	19.2532	12.7085	9.4512	7.5045	6.2114	5.2907	4.6023	4.0685	3.6425

Fonte: Elaboração própria

Tabela 52 – Valores de α em função de ρ e c (M/M/c)

ρ	c = 11	c = 12	c = 13	c = 14	c = 15	c = 16	c = 17	c = 18	c = 19	c = 20
0.025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.300	0.0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.325	0.0002	0.0001	0.0001	0	0	0	0	0	0	0
0.350	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0	0	0	0	0	0
0.375	0.0006	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0	0
0.400	0.0009	0.0006	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0	0	0
0.425	0.0015	0.001	0.0007	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0
0.450	0.0023	0.0016	0.0011	0.0008	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001
0.475	0.0035	0.0025	0.0018	0.0013	0.0009	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002
0.500	0.0052	0.0037	0.0027	0.0020	0.0015	0.0011	0.0008	0.0006	0.0005	0.0004
0.525	0.0074	0.0055	0.0041	0.0031	0.0024	0.0018	0.0014	0.0011	0.0009	0.0007
0.550	0.0105	0.0079	0.0061	0.0047	0.0037	0.0029	0.0023	0.0018	0.0014	0.0011
0.575	0.0145	0.0112	0.0088	0.0069	0.0055	0.0044	0.0035	0.0028	0.0023	0.0019
0.600	0.0197	0.0156	0.0124	0.0099	0.0080	0.0065	0.0054	0.0044	0.0036	0.0030
0.625	0.0266	0.0213	0.0172	0.0141	0.0116	0.0096	0.0079	0.0066	0.0056	0.0047
0.650	0.0353	0.0288	0.0236	0.0196	0.0163	0.0137	0.0116	0.0098	0.0084	0.0072
0.675	0.0466	0.0385	0.0321	0.0269	0.0228	0.0194	0.0166	0.0142	0.0123	0.0107
0.700	0.0611	0.0511	0.0431	0.0366	0.0314	0.0270	0.0234	0.0204	0.0178	0.0156
0.725	0.0797	0.0674	0.0575	0.0495	0.0428	0.0373	0.0327	0.0287	0.0254	0.0225
0.750	0.1037	0.0887	0.0765	0.0665	0.0581	0.0511	0.0452	0.0402	0.0358	0.0321
0.775	0.1351	0.1166	0.1015	0.0891	0.0786	0.0698	0.0623	0.0559	0.0503	0.0454
0.800	0.1764	0.1537	0.1350	0.1195	0.1064	0.0953	0.0857	0.0775	0.0703	0.0640
0.825	0.2322	0.2040	0.1806	0.1611	0.1446	0.1305	0.1183	0.1077	0.0985	0.0903
0.850	0.3097	0.2741	0.2446	0.2197	0.1986	0.1805	0.1648	0.1511	0.1390	0.1284
0.875	0.4218	0.3759	0.3378	0.3055	0.2780	0.2542	0.2336	0.2155	0.1995	0.1853
0.900	0.5945	0.5334	0.4822	0.4389	0.4018	0.3696	0.3415	0.3168	0.2949	0.2754
0.925	0.8885	0.8020	0.7293	0.6675	0.6144	0.5682	0.5278	0.4921	0.4604	0.4321
0.950	1.4856	1.3484	1.2328	1.1343	1.0493	0.9752	0.9102	0.8526	0.8014	0.7554
0.975	3.2949	3.0060	2.7621	2.5535	2.3731	2.2156	2.0769	1.9539	1.8440	1.7454

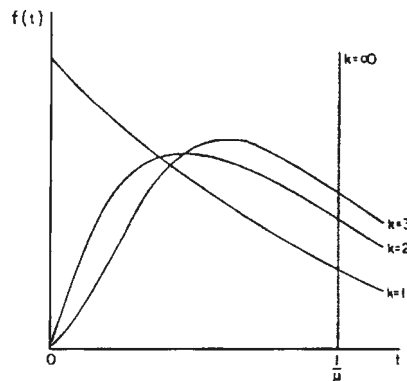
Fonte: Elaboração própria

Tabela 52 (continuação) – Valores de α em função de ρ e c (M/M/c)

b) Filas não-Poisson ($M/E_k/c$ e $E_k/E_k/c$)

Em algumas situações práticas, a hipótese de Poisson pode não ser apropriada, particularmente no que diz respeito aos tempos de atendimento serem exponencialmente distribuídos. Quando isto ocorre, é necessário utilizar, para descrever os processos, uma distribuição de probabilidade mais geral.

A família de distribuições de probabilidade Erlang dão mais flexibilidade do que a Exponencial, tendo a vantagem de representar um grande número de situações, incorporando desde a distribuição Exponencial até o caso determinístico. A distribuição Exponencial coincide com Erlang para $k = 1$. Nesse caso a solução é idêntica à do modelo $M/M/c$. A medida que k aumenta, a dispersão relativa da distribuição diminui, tornando-se mais simétrica, e quando se aproxima de infinito ($k \rightarrow \infty$) obtém-se o caso determinístico com o valor do tempo entre chegadas igual a $1/\mu$. A Figura 20 ilustra o efeito de k na distribuição de Erlang.



Fonte: Gross D. e Harris C.M., Fundamentals of Queueing Theory (John Wiley & Sons, 1974), p. 162.

Figura 20 - Família de distribuições Erlang com média $1/\mu$

Esses modelos, em geral, não apresentam soluções matemáticas simples. Algumas exceções existem, normalmente quando o número de servidores é igual a um. Pesquisadores têm desenvolvido fórmulas simplificadas para aproximar certos modelos complexos mais frequentemente utilizados (Gonzalez, 1987).

No caso de situações de fila $M/E_k/c$ em que o processo de chegadas é Poisson, e o processo de atendimento é regido por uma distribuição Erlang, a solução proposta por Cosmetatos (1976) permite a obtenção do tempo de espera pela seguinte fórmula:

$$W(c, v) = \left[\frac{1 + v^2}{2} + \frac{(1 - v^2)(1 - \rho)(c - 1)(\sqrt{4 + 5c} - 2)}{16\rho c} \right] \times W(c, 1)$$

onde v é igual ao coeficiente de variação (C_v) da distribuição de Erlang e $W(c, 1)$ representa o tempo de espera obtido por um modelo de fila M/M/c.

Outras soluções para filas não-Poisson são encontradas na literatura da Teoria das Filas, por exemplo, Page (1972) apresenta um conjunto de equações que podem ser resolvidas numericamente para algumas filas. A solução das equações para a fila $E_2/E_2/c$ foi obtida por um processo iterativo para valores de ρ até 0,7. E, por simulação, para valores de ρ superiores. A Tabela 53 mostra o tempo médio de espera em unidades de tempo de serviço.

ρ	$c = 1$	$c = 2$	$c = 3$	$c = 4$	$c = 5$	$c = 6$	$c = 7$	$c = 8$	$c = 9$	$c = 10$
0.1	0,0166	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0.2	0,0604	0,0065	0,0011	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0.3	0,1310	0,0235	0,0062	0,0019	0,0007	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
0.4	0,2355	0,0576	0,0205	0,0085	0,0039	0,0019	0,0009	0,0005	0,0003	0,0001
0.5	0,3904	0,1181	0,0512	0,0253	0,0142	0,0082	0,0050	0,0031	0,0020	0,0013
0.6	0,6306	0,2222	0,1103	0,0639	0,0400	0,0265	0,0182	0,0128	0,0093	0,0069
0.7	1,0391	0,4125	0,2275	0,1441	0,0988	0,0712	0,0532	0,0407	0,0319	0,0258
0.8	1,8653	0,83	0,46	0,33	0,23	0,19	0,14	0,12	0,09	0,09
0.9	4,3590	2,00	1,20	0,92	0,65	0,57	0,44	0,40	0,32	0,30

Fonte: Page E., Queueing Theory in OR (London Butterworths, 1972), p. 76 e 155.

Tabela 53 – Valores de α em função de ρ e c ($E_2/E_2/c$)

Anexo 3 – Análise dos Navios nos Terminais de Contêineres do Rio de Janeiro

CAPACIDADE DOS NAVIOS

Inicialmente, para determinar o perfil dos navios, em termos de capacidade, que escalaram nos terminais de contêineres do porto do Rio de Janeiro, examinou-se os dados dos Relatórios de Atracação, no período de janeiro à outubro de 1999. A listagem contava com um total de 373 atracações no terminal Rio-1, da Libra, e 449 atracações no terminal da Multi-Rio. Foram selecionados da listagem, as atracações de navios *full* contêiner, ou seja, sem movimentação de carga geral. Obteve-se, então, 303 atracações no terminal da Libra e 324 atracações no terminal da Multi-Rio, conforme as Tabela 54 e Tabela 55.

MÊS	NAVIOS				
	Contêiner			Outras Cargas	Total
	Full Contêiner	Misto	Sub-total		
Janeiro	38	2	40	5	45
Fevereiro	28	2	30	4	34
Março	29	1	30	6	36
Abril	28	1	29	6	35
Maio	30	2	32	5	37
Junho	29	2	31	4	35
Julho	28	4	32	5	37
Agosto	30	0	30	4	34
Setembro	32	3	35	4	39
Outubro	31	5	36	5	41
TOTAL	303	22	325	48	373

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da CDRJ

Tabela 54 - Navios no Terminal da Libra (1999)

MÊS	NAVIOS				
	Contêiner			Outras Cargas	Total
	Full Contêiner	Misto	Sub-total		
Janeiro	34	9	43	2	45
Fevereiro	38	8	46	3	49
Março	44	5	49	5	54
Abril	28	10	38	2	40
Maio	34	7	41	3	44
Junho	28	8	36	4	40
Julho	33	10	43	4	47
Agosto	33	10	43	7	50
Setembro	25	9	34	4	38
Outubro	27	9	36	6	42
TOTAL	324	85	409	40	449

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da CDRJ

Tabela 55 - Navios no Terminal Multi-Rio (1999)

Dessa lista de atracções de navios *full* contêiner, foram verificados os nomes dos navios que constavam no cadastro da MaritimeData²¹, reduzindo-se para 198 atracções no terminal da Libra e 221 atracções no terminal da Multi-Rio, a partir da qual foi realizada a análise. O motivo dessa redução do número de navios deveu-se à limitação da abrangência do cadastro. A Tabela 56 mostra a distribuição de frequência de classes de capacidade dos navios, ilustrada no Gráfico 20.

Capacidade (TEU)	Número de Navios		
	Multi-Rio	Libra	Total
600 □ 700	4	0	4
700 □ 800	0	0	0
800 □ 900	9	0	9
900 □ 1000	3	0	3
1000 □ 1100	0	0	0
1100 □ 1200	33	1	34
1200 □ 1300	0	2	2
1300 □ 1400	0	4	4
1400 □ 1500	33	8	41
1500 □ 1600	26	26	52
1600 □ 1700	56	42	98
1700 □ 1800	13	15	28
1800 □ 1900	0	5	5
1900 □ 2000	14	4	18
2000 □ 2100	0	1	1
2100 □ 2200	19	27	46
2200 □ 2300	2	0	2
2300 □ 2400	0	6	6
2400 □ 2500	2	57	59
2500 □ 2600	3	0	3
2600 □ 2700	0	0	0
2700 □ 2800	4	0	4
Total	221	198	419

Fonte: Elaboração própria

Tabela 56 - Distribuição de Frequência de Navios por Classe de Capacidade (TEU)

Notou-se uma grande concentração no terminal da Libra da classe de capacidade de 2.400 a 2.500 TEU, e isto deveu-se, principalmente, aos navios *Sea Leopard*, *Sea Panther* e *Sea Puma*. No terminal da Multi-Rio, a maior proporção foi na classe de 1.600 a 1.700 TEU, com os navios *Hansa Caledonia* e *Hansa Commodore*; e *CSAV Hong Kong*, *CSAV Santos* e *CSAV Singapore*.

²¹ A análise foi feita a partir de um cadastro de 2.533 navios porta-contêiner, obtido via Internet (www.maritimedata.com). Os dados de busca no cadastro foram: Nome do navio e Capacidade (TEU).

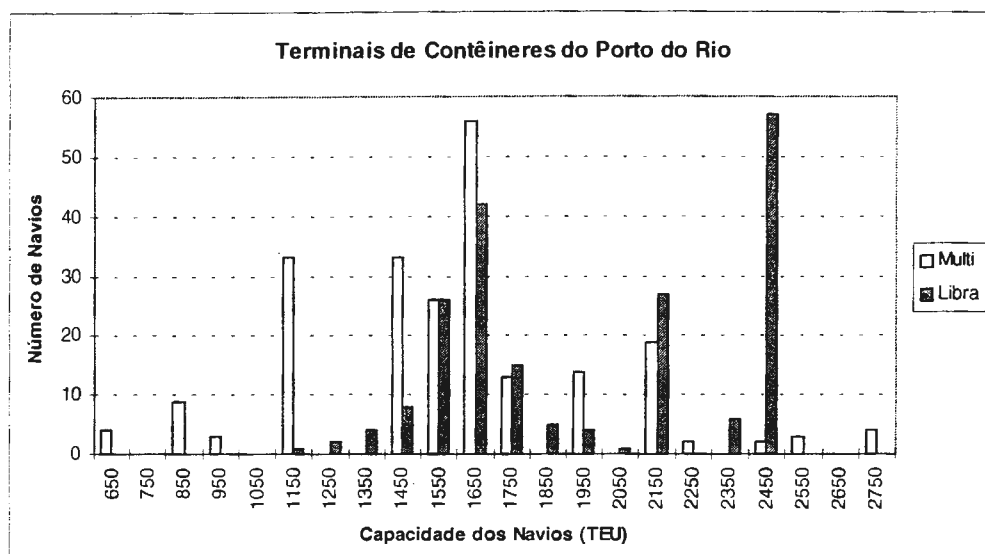


Gráfico 20 – Número de navios por classe de capacidade (por Terminal)

A Tabela 57 separa a movimentação de contêineres pelas classes de capacidade de navio.

Capacidade (TEU)	Carga (contêiner)		
	Multi-Rio	Libra	Total
600 □ 700	592	0	592
700 □ 800	0	0	0
800 □ 900	692	0	692
900 □ 1000	698	0	698
1000 □ 1100	0	0	0
1100 □ 1200	2.110	98	2.208
1200 □ 1300	0	783	783
1300 □ 1400	0	751	751
1400 □ 1500	9.979	1414	11.393
1500 □ 1600	5.679	4.765	10.444
1600 □ 1700	9.999	8.357	18.356
1700 □ 1800	3.560	3.092	6.652
1800 □ 1900	0	637	637
1900 □ 2000	3.500	710	4.210
2000 □ 2100	0	270	270
2100 □ 2200	2.096	4.002	6.098
2200 □ 2300	677	0	677
2300 □ 2400	0	1.297	1.297
2400 □ 2500	442	8.687	9.129
2500 □ 2600	1.021	0	1.021
2600 □ 2700	0	0	0
2700 □ 2800	963	0	963
Total	42.008	34.863	76.871

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 57 – Contêineres por classe de capacidade de navio

Numa análise conjunta dos dois terminais verifica-se que a faixa de capacidade de 1.400 a 1.800 TEU concentra 52,3% dos navios e 60,9% dos contêineres movimentados. Um intervalo identificado como relevante foi o de 2.400 a 2.500 TEU com 14,1% dos navios e 11,9% da carga. Os Gráfico 21 e Gráfico 22 ilustram os dados apresentados na Tabela 58.

Capacidade (TEU)	Navios	Carga (contêiner)
600 □ 700	1,0%	0,8%
700 □ 800	0,0%	0,0%
800 □ 900	2,1%	0,9%
900 □ 1000	0,7%	0,9%
1000 □ 1100	0,0%	0,0%
1100 □ 1200	8,1%	2,9%
1200 □ 1300	0,5%	1,0%
1300 □ 1400	1,0%	1,0%
1400 □ 1500	9,8%	14,8%
1500 □ 1600	12,4%	13,6%
1600 □ 1700	23,4%	23,9%
1700 □ 1800	6,7%	8,7%
1800 □ 1900	1,2%	0,8%
1900 □ 2000	4,3%	5,5%
2000 □ 2100	0,2%	0,4%
2100 □ 2200	11,0%	7,9%
2200 □ 2300	0,5%	0,9%
2300 □ 2400	1,4%	1,7%
2400 □ 2500	14,1%	11,9%
2500 □ 2600	0,7%	1,3%
2600 □ 2700	0,0%	0,0%
2700 □ 2800	1,0%	1,3%
Total	100,0%	100,0%

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 58 – Percentuais de navios e carga por classe de capacidade de navios

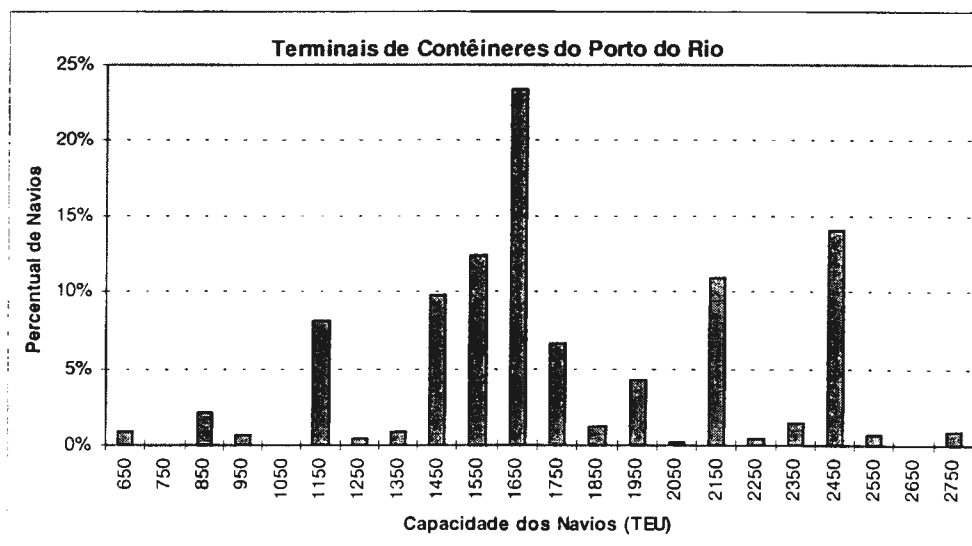


Gráfico 21 – Percentual de navios por classe de capacidade

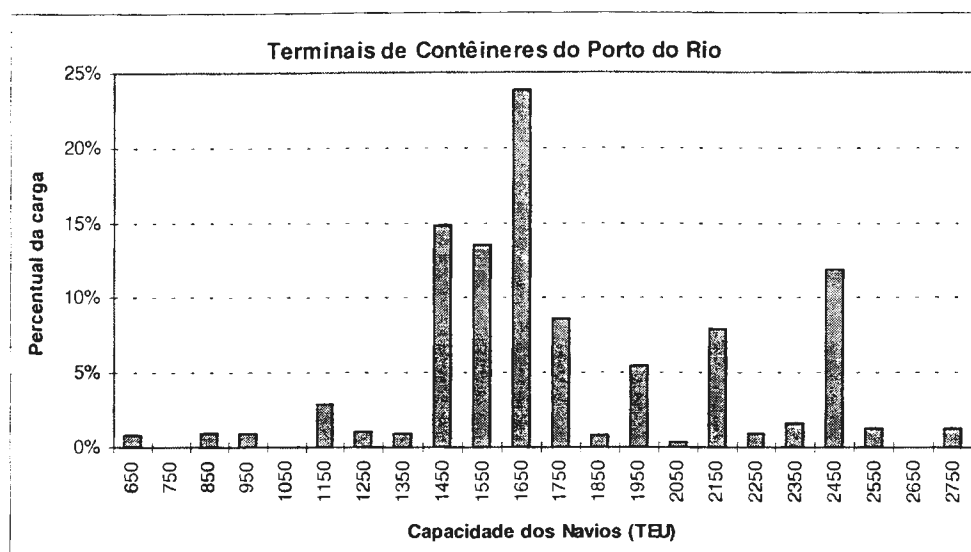


Gráfico 22 – Percentual de carga por classe de capacidade dos navios

PERCENTUAL MOVIMENTADO DA CAPACIDADE DO NAVIO

O objetivo foi obter o percentual da capacidade dos navios movimentado, em cada escala, nos terminais do Rio de Janeiro. Foi levantado, do Relatório de Atracação, o valor do campo “SOMA”, que considera o total de contêineres movimentados em cada atracação: cheios (importação e exportação), vazios (importação e exportação) e mais safamento.

Em relação a capacidade média dos navios a movimentação média representou um percentual²² de 11,8% para o terminal da Libra, e 15,7% para o terminal da Multi-Rio (Tabela 59). As Tabela 60 e Tabela 61 mostram os percentuais máximo e mínimo movimentados em cada terminal e os dados referentes aos navios.

Terminal	Capacidade Média dos Navios (TEU)	Movimentação média (Contêiner)	Percentual
Libra	1.947	176	11,8%
Multi-Rio	1.572	190	15,7%

Nota: Fator TEU/contêiner = 1,3

Tabela 59 – Percentual Médio da Capacidade dos Navios

Percentual Médio		Navio		Contêineres Movimentados
		Nome	Capacidade (TEU)	
Máximo	60,9%	<i>Ise</i>	1.500	703
Mínimo	2,0%	<i>Sea Land Uruguay</i>	2.446	38

Nota: Fator TEU/contêiner = 1,3

Tabela 60 – Percentuais máximo e mínimo (Terminal da Libra)

²² O valor da movimentação foi multiplicado por 1,3 para converter contêiner em TEU.

Percentual Médio		Navio		Contêineres Movimentados
		Nome	Capacidade (TEU)	
Máximo	52,2%	MSC Jessica	998	397
Mínimo	1,9%	Marcon	1.160	17

Nota: Fator TEU/contêiner = 1,3

Tabela 61 – Percentuais máximo e mínimo (Terminal Multi-Rio)

A distribuição de classes de percentual da capacidade dos navios é mostrada na Tabela 62 e no Gráfico 23 para cada um dos terminais.

Percentual da Capacidade (%)	Número de Navios		
	Multi-Rio	Libra	Total
0% - 5%	23	19	42
5% - 10%	55	83	138
10% - 15%	41	46	87
15% - 20%	30	25	55
20% - 25%	27	12	39
25% - 30%	21	3	24
30% - 35%	15	1	16
35% - 40%	5	6	11
40% - 45%	3	1	4
45% - 50%	0	0	0
50% - 55%	1	0	1
55% - 60%	0	1	1
60% - 65%	0	1	1
Total	221	198	419

Fonte: Elaboração própria

Nota: Fator TEU/contêiner = 1,3

Tabela 62 - Distribuição de Frequência de Classes de Percentual da Capacidade

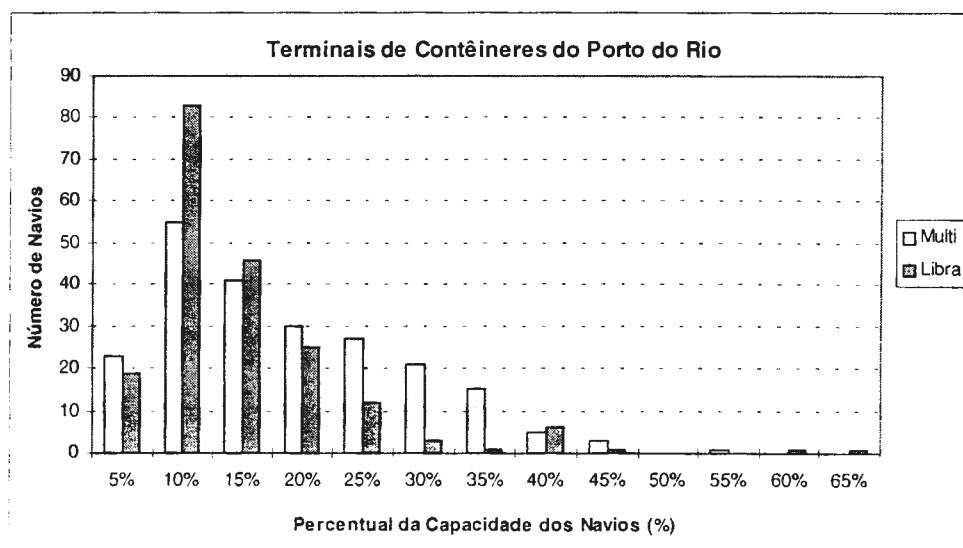


Gráfico 23 – Número de navios por percentual movimentado da capacidade

Na análise conjunta dos dois terminais (Gráfico 24) verifica-se que 76,8% dos navios operaram com uma consignação na faixa de 0% a 20% de sua capacidade.

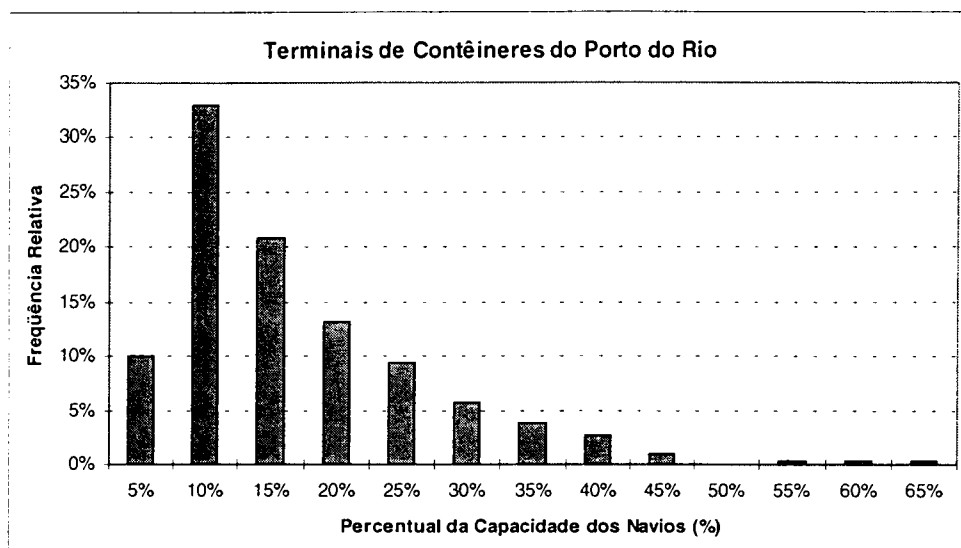


Gráfico 24 – Frequência relativa de navios por percentual movimentado da capacidade

De modo a investigar a distribuição da consignação em cada classe de capacidade (Tabela 63), tomou-se os dados de contêineres e navios, respectivamente das Tabela 57 e Tabela 56, para calcular a média de contêineres por navio para cada classe, e determinou-se, então, o percentual médio por classe pela seguinte razão:

$$\frac{(\text{contêiner} / \text{navio}) \times 1,3}{\text{ponto médio da classe de capacidade}}$$

O Gráfico 25 ilustra os resultados obtidos que mostram uma grande variação do percentual movimentado dependendo da classe. Verifica-se que os navios da classe de 1.200 a 1.300 TEU são os que operam de modo mais eficiente, enquanto que navios maiores como os das faixas de 2.100 a 2.200 TEU e 2.400 a 2.500 TEU movimentam pequenas parcelas de sua capacidade, em torno de 8%.

Capacidade (TEU)	Contêiner/Navio	Percentual Movimentado Médio
600 □ 700	148	29,6%
700 □ 800	-	-
800 □ 900	77	11,8%
900 □ 1000	233	31,8%
1000 □ 1100	-	-
1100 □ 1200	65	7,3%
1200 □ 1300	392	40,7%
1300 □ 1400	188	18,1%
1400 □ 1500	278	24,9%
1500 □ 1600	201	16,8%
1600 □ 1700	187	14,8%
1700 □ 1800	238	17,6%
1800 □ 1900	127	9,0%
1900 □ 2000	234	15,6%
2000 □ 2100	270	17,1%
2100 □ 2200	133	8,0%
2200 □ 2300	339	19,6%
2300 □ 2400	216	12,0%
2400 □ 2500	155	8,2%
2500 □ 2600	340	17,4%
2600 □ 2700	-	-
2700 □ 2800	241	11,4%

Fonte: Elaboração Própria

Nota: Fator TEU/contêiner = 1,3

Tabela 63 – Consignação média e percentual movimentado por classe de capacidade

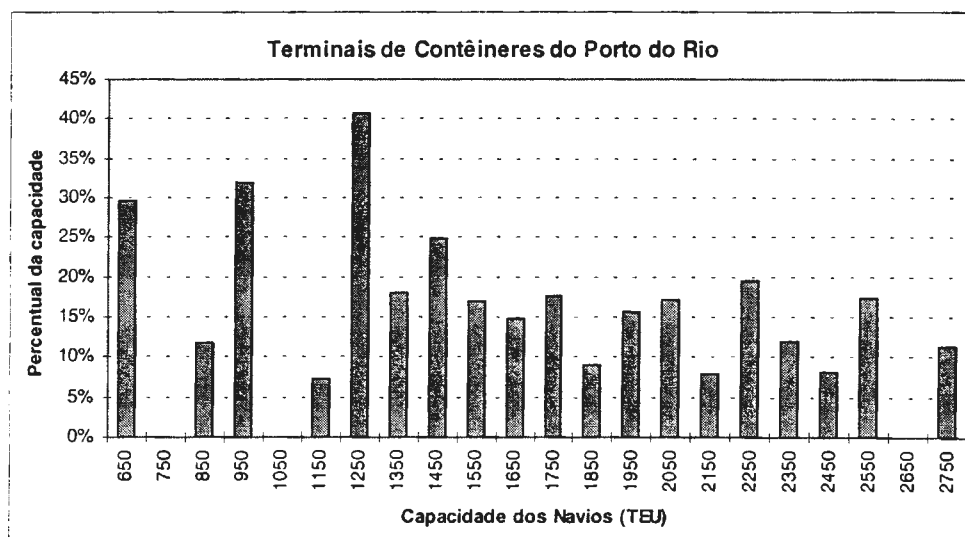


Gráfico 25 – Percentual movimentado da capacidade por classe de capacidade

Anexo 4 – Equações do Modelo SIMTECO

Projeção de Carga

- ☐ $Carga_TEU(t) = Carga_TEU(t - dt) + (Crescimento) * dt$
 INIT Carga_TEU = Movimentação_Inicial * 1000

INFLOWS:

$\text{Crescimento} = Carga_TEU * Taxa / 100$

- ☐ Cenário_Carga[Cenario] = [1,1,1]
- ☐ Cenário_Taxa[Cenario] = [1,1,1]
- ☐ $Movimentação_Inicial = Cenário_Carga[Otimista] * Mov_otimista + Cenário_Carga[Conservador] * Mov_conservador +$
 $Cenário_Carga[Alternativo] * Mov_alternativo$
- ☐ Mov_alternativo = 100
- ☐ Mov_conservador = 352
- ☐ Mov_otimista = 448
- ☐ Opção = 1
- ☐ $Taxa = Cenário_Taxa[Otimista] * Taxa_otimista + Cenário_Taxa[Conservador] * Taxa_conservador + Cenário_Taxa[Alternativo] * Taxa_alternativo$
- ☐ $Taxa_alternativo = \text{if}(Opção = 1) \text{ then } Taxa_Gráfica \text{ else } Taxa_média$
- ☐ $Perc_Troca[TamNav] = Consignação[TamNav] / (2 * Capacidade_Navios[TamNav])$
- ☐ $Produtividade_bruta = Eficiência_de_projeto * Fator_de_utilização_controlável * Fator_de_utilização_não_controlável$
- ☐ $Prod_guind_terra[TamNav] = (Eficiência_de_projeto * Fator_de_utilização_controlável * Fator_de_utilização_não_controlável) * (1 + Fator_Troca[TamNav] * 0.2)$
- ☐ Tempo_atracação_desatracação = 75
- ☐ Tempo_descida_subida = 15
- ☐ $TEU_dia_guind_bordo = Prod_guind_bordo * HTD * mix$
- ☐ $TEU_dia_guind_terra[TamNav] = Prod_guind_terra[TamNav] * HTD * mix$
- ☐ $T_adsd = 2 * (Tempo_atracação_desatracação + Tempo_descida_subida)$

Perfil dos Navios

- ☐ Capacidade_Navios[TamNav] = [1500,2300,5200]
- ☐ Consignação[TamNav] = Consignação_inicial[TamNav] + (TIME-STARTTIME) * ((Consignação_final[TamNav] - Consignação_inicial[TamNav]) / (STOPTIME - STARTTIME))
- ☐ Consignação_final[TamNav] = [600,805,2500]
- ☐ Consignação_inicial[TamNav] = [300,345,2000]
- ☐ Consignação_média = Carga_TEU/Navios
- ☐ Navios = ARRAYSUM(Nº_navios[*])
- ☐ Nº_navios[TamNav] = if (Consignação[TamNav] = 0) then 0 else (Carga_TEU * (Prop_TEU_TamNav[TamNav]/100) /Consignação[TamNav])
- ☐ Prod_guind_bordo = 12
- ☐ Prop_final[TamNav] = [40,60,0]
- ☐ Prop_inicial[TamNav] = [60,40,0]
- ☐ Prop_TEU_TamNav[TamNav] = Prop_inicial[TamNav] + (TIME-STARTTIME) * ((Prop_final[TamNav] - Prop_inicial[TamNav]) / (STOPTIME - STARTTIME))

Produtividade dos Guindastes

☐ $\text{Fator_Troca}[\text{TamNav}](t) = \text{Fator_Troca}[\text{TamNav}](t - dt) + (\text{Var_Perc}[\text{TamNav}]) * dt$
INIT Fator_Troca[TamNav] = 0

INFLOWS:

 $\text{Var_Perc}[\text{TamNav}] = \text{Perc_Troca}[\text{TamNav}] - \text{delay}(\text{Perc_Troca}[\text{TamNav}], 1)$

☐ Eficiência_de_projeto = 32

☐ Fator_de_utilização_controlável = 0.8

☐ Fator_de_utilização_não_controlável = 0.8

☐ HTD = 24

☐ $\text{mix} = \text{mix_inicial} + (\text{TIME} - \text{STARTTIME}) * ((\text{mix_final} - \text{mix_inicial}) / (\text{STOPTIME} - \text{STARTTIME}))$

☐ mix_final = 1.4

☐ mix_inicial = 1.3

☐ Taxa_média = 8

☒ Taxa_conservador = GRAPH(time)
(2000, 24.6), (2005, 8.51), (2010, 8.51), (2015, 8.50), (2020, 8.50)

☒ Taxa_Gráfica = GRAPH(time)
(2000, 20.0), (2005, 8.50), (2010, 8.50), (2015, 8.50), (2020, 8.50)

☒ Taxa_otimista = GRAPH(time)
(2000, 22.1), (2005, 14.8), (2010, 10.7), (2015, 8.29), (2020, 8.29)

Infra-estrutura

☐ $\text{Berços}(t) = \text{Berços}(t - dt) + (\text{Ampliação_I} + \text{Implementação}) * dt$
INIT Berços = 2

INFLOWS:

☞ $\text{Ampliação_I} = \text{if}(\text{Tempo_de_Construção} = 1) \text{ then Controle else } 0$

☞ $\text{Implementação} = \text{CONVEYOR OUTFLOW}$

TRANSIT TIME = Tempo_de_Construção - 1

☐ $\text{Construção}(t) = \text{Construção}(t - dt) + (\text{Ampliação_II} - \text{Implementação}) * dt$

INIT Construção = 0

TRANSIT TIME = varies

INFLOW LIMIT = INF

CAPACITY = INF

INFLOWS:

☞ $\text{Ampliação_II} = \text{if}(\text{Tempo_de_Construção} > 1) \text{ then Controle else } 0$

OUTFLOWS:

☞ $\text{Implementação} = \text{CONVEYOR OUTFLOW}$

TRANSIT TIME = Tempo_de_Construção - 1

☐ $\text{Berço_dia_disponível} = \text{Berço_disponível} * \text{DTPA}$

☐ $\text{Berço_dia_requerido}[\text{TamNav}] = \text{Berço_dia_requerido_por_navio}[\text{TamNav}] * \text{Nº_navios}[\text{TamNav}]$

☐ $\text{Berço_dia_requerido_por_navio}[\text{TamNav}] = T_{\text{adsd}}/1440 + ((1 - (\text{Prop_Navio_eq_bordo}[\text{TamNav}]/100)) * \text{Consignação}[\text{TamNav}]) /$
 $(\text{Guindastes_efetivos} * \text{TEU_dia_guind_terra}[\text{TamNav}]) + (\text{Prop_Navio_eq_bordo}[\text{TamNav}]/100 * \text{Consignação}[\text{TamNav}]) / (\text{Guindastes_efetivo}:$
 $\text{TEU_dia_guind_bordo})$

☐ $\text{Berço_disponível} = \text{if}(\text{Seleção}=1) \text{ then Berços else Berço_projeto}$

- ☐ Controle = if (Construção <> 0) then 0 else if (Critério[Espera] = 1) then (if (Tempo_espera_médio > Tempo_de_espera_máximo) then 1 else 0) e if (Critério[Ocupação] = 1) then (if (Taxa_ocupação > Taxa_de_ocupação_máxima) then 1 else 0) else if (Tempo_espera_médio > Tempo_de_espera_máximo) or (Taxa_ocupação > Taxa_de_ocupação_máxima) then 1 else 0
- ☐ Critério[Criterio] = [0,0,0]
- ☐ DTPA = 360
- ☐ Guindastes_efetivos = Guindastes_por_navio * Fator_Efetividade
- ☐ Guindastes_por_navio = 2
- ☐ Produtividade_média = Prod_TamNav[Feeder] * (Prop_TEU_TamNav[Feeder]/100) + Prod_TamNav[Panamax] * (Prop_TEU_TamNav[Panamax]/100) + Prod_TamNav[PostPanamax] * (Prop_TEU_TamNav[PostPanamax]/100)
- ☐ Prod_TamNav[TamNav] = Prod_guind_terra[TamNav] * (1 - (Prop_Navio_eq_bordo[TamNav]/100)) + Prod_guind_bordo * (Prop_Navio_eq_bordo[TamNav]/100)
- ☐ Prop_Navio_eq_bordo[TamNav] = [15,5,0]
- ☐ Seleção = 1
- ☐ Taxa_de_ocupação_máxima = 0.80
- ☐ Tempo_de_Construção = 2
- ☐ Tempo_de_espera_máximo = 6
- ☒ Berço_projeto = GRAPH(time)
(2000, 2.00), (2001, 2.00), (2002, 2.00), (2003, 3.00), (2004, 3.00), (2005, 4.00), (2006, 4.00), (2007, 4.00), (2008, 5.00), (2009, 5.00), (2010, 6.00), (2011, 7.00), (2012, 7.00), (2013, 8.00), (2014, 9.00), (2015, 10.0), (2016, 11.0), (2017, 12.0), (2018, 13.0), (2019, 14.0), (2020, 15.0)
- ☒ Fator_Efetividade = GRAPH(Guindastes_por_navio)
(1.00, 1.00), (2.00, 0.9), (3.00, 0.8)

Tempo de Espera

- ☐ $\alpha = \text{if} (E2_E2_n = 1) \text{ then EXP}(\alpha_{\log_E2_E2}) \text{ else } \alpha_{M_Ek}$
- ☐ $\alpha_{\log_E2_E2} = \text{if} (\text{Berço_disponível} = 1) \text{ then } \text{tab_log_E2_E2_n}[1] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 2) \text{ then } \text{tab_log_E2_E2_n}[2] \text{ else if}$
 $(\text{Berço_disponível} = 3) \text{ then } \text{tab_log_E2_E2_n}[3] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 4) \text{ then } \text{tab_log_E2_E2_n}[4] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 5) \text{ then}$
 $\text{tab_log_E2_E2_n}[5] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 6) \text{ then } \text{tab_log_E2_E2_n}[6] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 7) \text{ then } \text{tab_log_E2_E2_n}[7] \text{ else if}$
 $(\text{Berço_disponível} = 8) \text{ then } \text{tab_log_E2_E2_n}[8] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 9) \text{ then } \text{tab_log_E2_E2_n}[9] \text{ else } \text{tab_log_E2_E2_n}[10]$
- ☐ $\alpha_{\log_M_M} = \text{if} (\text{Berço_disponível} = 1) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[1] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 2) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[2] \text{ else if}$
 $(\text{Berço_disponível} = 3) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[3] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 4) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[4] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 5) \text{ then}$
 $\text{tab_log_M_M_n}[5] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 6) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[6] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 7) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[7] \text{ else if}$
 $(\text{Berço_disponível} = 8) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[8] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 9) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[9] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 10) \text{ then}$
 $\text{tab_log_M_M_n}[10] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 11) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[11] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 12) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[12] \text{ else if}$
 $(\text{Berço_disponível} = 13) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[13] \text{ else if} (\text{Berço_disponível} = 14) \text{ then } \text{tab_log_M_M_n}[14] \text{ else } \text{tab_log_M_M_n}[15]$
- ☐ $\alpha_{M_Ek} = \text{EXP}(\alpha_{\log_M_M}) * W_{cv}$
- ☐ $E2_E2_n = 1$
- ☐ $k = 1 + 1 * M_E2_n$
- ☐ $M_E2_n = 1$
- ☐ $M_M_n = 1$
- ☒ $\text{tab_log_E2_E2_n}[\text{NumBer}] = \text{Taxa_ocupação}$
- ☒ $\text{tab_log_M_M_n}[\text{NumBer}] = \text{Taxa_ocupação}$
- ☐ $\text{Taxa_ocupação} = \text{if} ((\text{ARRAYSUM}(\text{Berço_dia_requerido}[*]) / \text{Berço_dia_disponível}) > 1) \text{ then } 1 \text{ else } \text{ARRAYSUM}(\text{Berço_dia_requerido}[*]) /$
 $\text{Berço_dia_disponível}$
- ☐ $\text{Tempo_espera_médio} = \text{Tempo_serviço_médio} * \alpha$
- ☐ $\text{Tempo_serviço_médio} = 24 * (\text{ARRAYSUM}(\text{Berço_dia_requerido}[*]) / \text{Navios})$
- ☐ $W_{cv} = (1 + (1/k)) / 2 + ((1 - 1/k) * (1 - \text{Taxa_ocupação}) * (\text{Berço_disponível} - 1) * ((4 + 5 * \text{Berço_disponível})^{0.5} - 2) / (16 * \text{Taxa_ocupação} * \text{Berço_disponível}))$
- ☒ $\text{tab_log_E2_E2_n}[\text{NumBer}] = \text{Taxa_ocupação}$
- ☒ $\text{tab_log_M_M_n}[\text{NumBer}] = \text{Taxa_ocupação}$