

SÃO PAULO
2002

CONSULTA
FD-3197
V.1

v.1

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

**ESTUDO DO PROBLEMA DO TRANSPORTE DE
CALÇÁRIO UTILIZANDO UM SISTEMA DE
TRANSPORTE POR CAMINHÕES E
EMBARCAÇÕES NA HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ**

ELCIO SILVA RIBEIRO

OK

SÃO PAULO
2002

Orientador:
Prof. Dr. Marco Antonio Brinati

Área de Concentração: Engenharia Naval

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

**ESTUDO DO PROBLEMA DO TRANSPORTE DE
CALÇÁRIO UTILIZANDO UM SISTEMA DE
TRANSPORTE POR CAMINHÕES E
EMBARCAÇÕES NA HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ**

ELCIO SILVA RIBEIRO

À minha mãe Jacyra (in memoriam) e ao meu pai Ary
(in memoriam),

À minha querida esposa Regina, meu grande amor,

Aos meus filhos Camila e Elcio,

À minha irmã Daisa,

À minha tia Lourdes, minha segunda mãe.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Antonio Brinati pela paciência ao longo de todos esses anos,
A todos os amigos da Politécnica que me incentivaram a continuar no desenvolvimento desse trabalho,

RESUMO

O calcário é um importante elemento utilizado para a correção da acidez do solo. A Hidrovia Tietê-Paraná, cortando o Estado de São Paulo no sentido Leste-Oeste, possibilita a ligação das principais regiões produtoras de calcário com as principais regiões agrícolas do Estado de São Paulo.

Este estudo descreve a atual sistemática de comercialização do calcário no Estado de São Paulo e propõe uma nova abordagem para o transporte e distribuição do calcário. A adoção de pontos avançados de comercialização, possibilitando a operação praticamente contínua ao longo de todo o ano da indústria moageira e do transporte, proporcionando redução nos custos, faz com que o transporte multimodal seja altamente competitivo.

Ainda é feita uma descrição da concepção da hidrovia, seu estágio atual e algumas possibilidades futuras.

No sistema multimodal é feita uma análise do desempenho de dois tipos de embarcação: Comboio de Empurra e Automotor. A avaliação do desempenho do sistema multimodal é feita por meio da técnica de simulação utilizando o "software" ARENA.

Na avaliação econômico-financeira, são apresentadas metodologias de cálculo do custo operacional adotadas para o transporte rodoviário, hidroviário e para as operações de transbordo nos terminais. É feita uma análise do custo do sistema multimodal com a utilização de cada um dos dois tipos de embarcações e também uma comparação do custo do sistema multimodal com o custo do transporte rodoviário direto.

ABSTRACT

A Multimodal study of the limestone transportation problem using simulation to analyze the performance of a multimodal system combined by barges and trucks in the Tietê-Paraná Valley

Limestone is an important element in the correction of soil's pH. The Tietê-Paraná River waterway, in São Paulo State, starts in the region of Piracicaba, a large producer area of limestone, and goes across the state reaching the most important agricultural areas.

This work presents the current commercial system for limestone and proposes a new approach to it. With the introduction of advanced storage points near the consumption areas, the industrial production and transportation can occur during all the year, reducing the costs.

Comments about the waterway infrastructure, the current stage and some possible future changes are presented.

For the multimodal system a comparison is made between the performance of two kind of vessels: a river convoy and a "automotor" (small river vessel). The ARENA software is used to analyze the performance of the multimodal system.

On the economics calculations, methodologies are presented for the cost calculations for truck and barge transportation and for the transshipments. A cost comparison is made for the multimodal system when using a Convoy or an Automotor. Also, a comparison between the total cost of the multimodal system and the directly truck transportation is made.

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Resumo

Abstract

1 - Apresentação do Estudo.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 A Importância do Calcário.....	1
1.3 A Situação Geográfica.....	3
1.4 Delimitamento do Trabalho.....	6
2 - Descrição do Problema.....	7
2.1 Introdução.....	7
2.2 A Comercialização.....	7
2.3 O Sistema Atual.....	11
2.4 O Objetivo do Trabalho.....	12
3 - Descrição e Análise Crítica do Sistema.....	13
3.1 A Hidrovia.....	13
3.2 A Rodovia.....	22
3.3 Os Terminais.....	24

4 - Alguns trabalhos relacionados com o tema	26
5 - O Emprego de Simulação Probabilística para Estudos de	
Processos Estocásticos	30
5.1 Introdução	30
5.2 A Simulação e as Alternativas	31
5.3 As Vantagens e Desvantagens da Simulação	31
6 - O Sistema Intermodal para Transporte de Calcário	36
6.1 A Descrição do Sistema	36
6.2 O Bloco Rodoviário na Intermodalidade	39
6.3 O Bloco Hidroviário na Intermodalidade	42
6.4 A Simulação	46
6.4.1 A Aplicação em ARBNA	46
6.4.2 O Modelo	47
6.4.3 A Configuração Inicial	47
6.4.4 O Pré-Dimensionamento	49
6.5 Resultados Operacionais	61
7 - Os Custos	73
7.1 Os Custos Envolvidos	73
7.2 O Custo do Modal Rodoviário	73
7.3 O Custo do Modal Hidroviário	83
7.4 O Custo do Transbordo	90
7.5 O Custo do Sistema Intermodal	103
7.6 O Custo do Transporte Rodoviário Direto	104

8 - A Análise do Desempenho Econômico do Sistema e	107
Conclusões	107
8.1 Apresentação dos Resultados:	107
8.2 Análise de Sensibilidade.....	118
8.3 Análise dos Resultados e Conclusões	130
8.4 Considerações Finais:	131
Referências Bibliográficas.....	132
Anexo 1 - Dimensionamento das Embarcações.....	136
Anexo 2 – Telas do modelo em ARENA.....	148
Anexo 3 – Listagem do modelo em SIMAN.....	154
Anexo 4 – Resultados da Simulação.....	166
Anexo 5 - Cálculo do Custo do Transporte Rodoviário.....	230
Anexo 6 - Cálculo do Custo do Transporte Hidroviário.....	271
Anexo 7 - Cálculo do Custo do Sistema Intermodal.....	415
Anexo 8 - Cálculo do Custo do Transporte Rodoviário Direto.....	418

LISTA DE FIGURAS

5	Figura 1 - Região de influência da hidrovía
10	Figura 2 - Gráfico consumo anual calcário agrícola
10	Figura 3 - Gráfico distribuição mensal do consumo de calcário
14	Figura 4 - A Hidrovía e as eclusas
17	Figura 5 - Comboio 3 x 2
18	Figura 6 - Esquema de um Comboio
19	Figura 7 - Esquema de um Automotor
23	Figura 8 - Carreta Hopper
31	Figura 9 - Simulação e as alternativas
38	Figura 10 - Localização dos Terminais
41	Figura 11 - Fluxograma Modal Rodoviário
45	Figura 12 - Fluxograma Modal Hidroviário

LISTA DE TABELAS

9	Tabela 1 – Comercialização do Calcário
11	Tabela 2 – Distribuição de Vendas
51	Tabela 3 – Pré-Dimensionamento Modal Rodoviário
55	Tabela 4 – Pré-Dimensionamento Modal Hidroviário: Comboio
59	Tabela 5 – Pré-Dimensionamento Modal Hidroviário: Automotor
63	Tabela 6 – Resultados Operacionais
71	Tabela 7 – Comparação Resultados
87	Tabela 8 – Custos Operacionais – Transporte Hidroviário
101	Tabela 9 – Custos de Transbordo
104	Tabela 10 – Pedágios
110	Tabela 11 – Análise Alternativas
119	Tabela 12 – Análise de Sensibilidade – Preço das Embarcações
125	Tabela 13 – Análise de Sensibilidade – Preço dos Equipamentos

1 - Apresentação do Estudo

Neste capítulo é feita uma breve análise da importância do uso do calcário na agricultura, é apresentada a localização geográfica das jazidas, da hidrovía e dos terminais, além do delimitamento do trabalho.

1.1 Introdução

A hidrovía Tietê-Paraná como alternativa mais econômica para o escoamento de produtos, em função da sua situação geográfica, tem sido objeto de mais variados estudos.

O traçado da hidrovía, que liga importantes pólos de produção com a Grande São Paulo, principal pólo consumidor, passa a ser um elo fundamental na logística daqueles que pretendem se expandir ou mesmo permanecer nos respectivos mercados de atuação. Além de criar outras possibilidades, a ligação de terminais interiores diretamente com o exterior (por exemplo com armazéns e terminais alfandegados utilizando o Porto de Santos), permite a exportação direta de bens ou produtos produzidos nestes pólos.

Neste trabalho, será focado o problema do transporte do calcário, elemento fundamental para que haja um desenvolvimento maior dos pólos alicergados na agricultura.

1.2 A Importância do Calcário

O calcário é o elemento utilizado para a correção da acidez do solo, de forma generalizada através da operação chamada calagem. Esta operação consiste em adicionar novas quantidades de cálcio, juntamente com outros corretivos que auxiliem a recuperação dos solos.

De acordo com FERREIRA (1988), a maioria dos solos agricultáveis no Brasil apresentam um PH na faixa de 5,0 a 5,5 (solos ácidos). A principal causa pode ser atribuída à ação das águas e também das próprias culturas, que removem vários elementos nutritivos das terras, principalmente cálcio, magnésio e potássio. Como o cálcio representa cerca de 80% desses elementos, pouco vale a adubação feita nessas terras sem que seja feita a calagem.

A acidez do solo afeta a assimilação dos nutrientes pela planta, assim como o estabelecimento de condições adequadas para o seu desenvolvimento. Generalizando-se, para produção e crescimento da maioria das plantas, o PH adequado está na faixa de 6,0 a 6,5, embora cada cultura tenha sua faixa própria de tolerância à acidez.

Conforme FERREIRA (1988), o cálcio é considerado o quarto elemento nutritivo, além de nitrogênio, potássio e fósforo, e nenhum ser vivo pode tolerar sua ausência. Um solo adequado para o cultivo deve ter, no mínimo, 6 gramas de cálcio por quilograma de terra.

É altamente difundido e reconhecido que a prática da calagem eleva a produtividade do solo porque, entre vários efeitos, aumenta a disponibilidade de nitrogênio, fósforo e boro, reduz a concentração de alumínio e manganês, fornece cálcio e magnésio, essenciais para o desenvolvimento das plantas, e melhora as propriedades físicas do solo, facilitando o arejamento, o armazenamento e a circulação de água.

Segundo FERREIRA (1988), a despeito de sua importância, o calcário é dos menos lembrados e utilizados dentre os chamados “insunos modernos”, o que se explica, em parte, pelo desconhecimento da importância do seu uso e das consequências da normalização do PH das terras cultivadas. São inúmeros os trabalhos de pesquisa que mostram o aumento de produtividade agrícola em decorrência da correção da acidez do solo. Segundo QUAGGIO (1983), os resultados das culturas, quando da aplicação da técnica de calagem, dependem de fatores ligados à planta, ao solo e ao corretivo empregado, de forma que, quando corretamente considerados, é obtida a máxima eficiência com a referida prática.

A localização de muitas fazendas e moinhos de calcário no Estado de São Paulo ocorre na região Leste do Estado, o que faz com que existam grandes distâncias a serem percorridas para que o calcário chegue até o seu destino final.

A situação geográfica da hidrovia Tietê-Paraná pode ser considerada como privilegiada. Cortando o Estado de São Paulo, e abrangendo também os Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná, além do Paraguai, a hidrovia se coloca em uma posição estratégica no atendimento do transporte a muitas regiões eminentemente agrícolas.

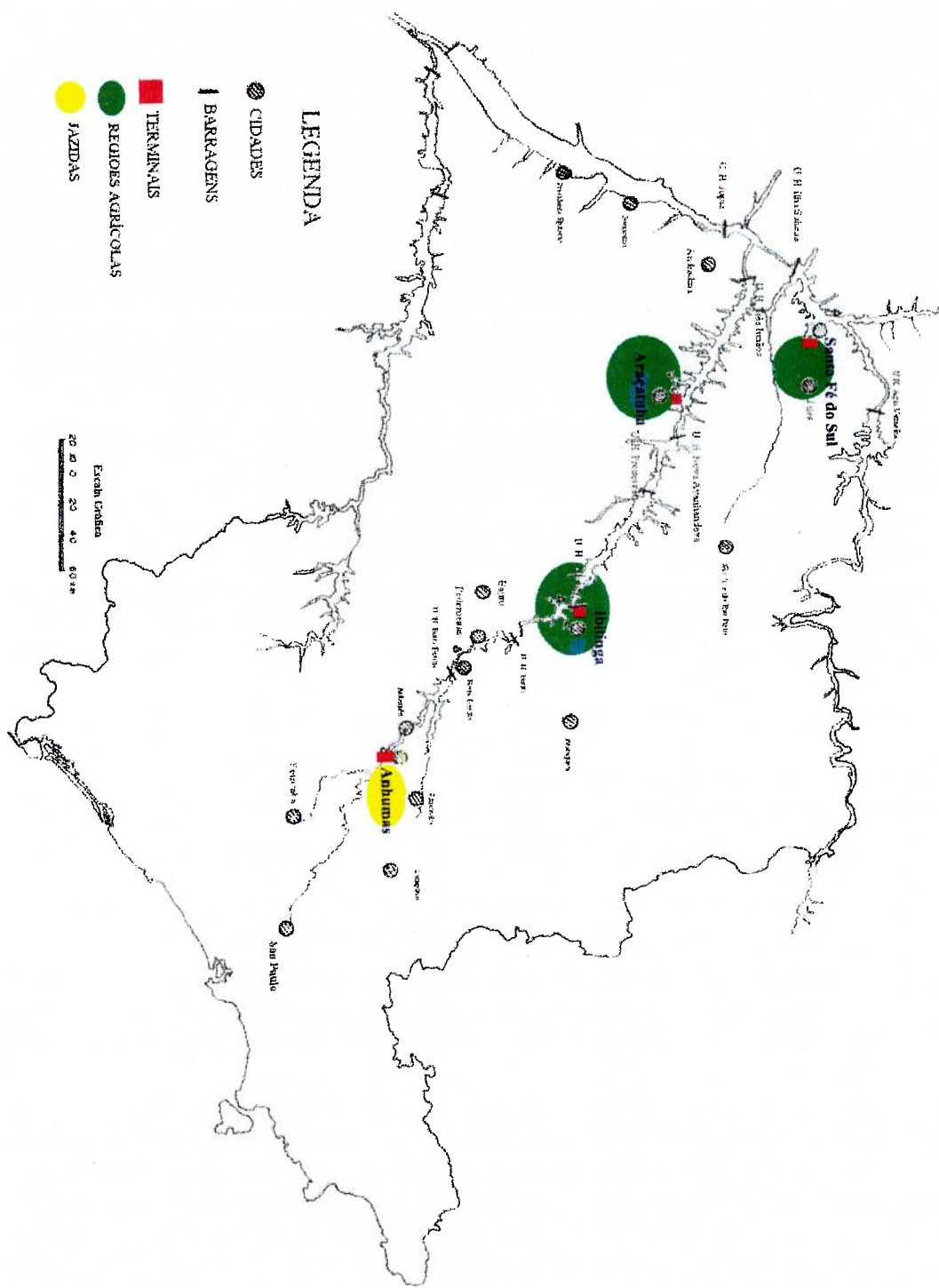
1.3 A Situação Geográfica

Conforme CARVALHO & FERREIRA (1988), entre as razões para esse baixo consumo podem ser citadas: ausência ou escassez de créditos, frequentes mudanças nas políticas de crédito rural, desativação do Programa Nacional de Calcário Agrícola (PROCAL), insuficiente divulgação dos benefícios da calagem junto aos produtores, não adoção de uma política agressiva de marketing do produto pelas indústrias do setor, isolada ou conjuntamente, e elevação do custo do transporte, importante componente do custo final do produto.

É reconhecido que a calagem potencializa a eficiência dos fertilizantes. No entanto, há indícios de que muitos agricultores têm feito a adubação de suas terras sem a prévia e adequada correção da acidez do solo. De acordo com a Associação dos Produtores de Calcário do Estado de São Paulo (ASPROCAL), o "Complexo Embracal", que participa com cerca de 60% da capacidade instalada no Estado, apresentou vendas de apenas 1.359.000 toneladas de calcário em 1984, o que representou um decréscimo de 10,40% em relação ao ano de 1979. Ainda segundo a ASPROCAL, a produção de calcário no Estado de São Paulo decresceu de 3,4 milhões de toneladas em 1980, para 2,6 milhões de toneladas em 1984. Esse decréscimo se torna preocupante, se se considerar a necessidade de 41,6 milhões de toneladas de calcário estimada para São Paulo por COBRA NETO (1983).

A Figura 1 apresenta um mapa da região de influência da hidrovía, que identifica os terminais hidroviaários, as regiões agrícolas e a região onde se encontram as jazidas de calcário. Pode-se notar que, ao viabilizar um transporte mais barato, é previsível um aumento de demanda do calcário, implicando comprovadamente o aumento da produção, que por sua vez, poderá refletir em volumes maiores de carga, os quais deverão ser escoados através da hidrovía, resultando em um melhor aproveitamento da infraestrutura, que provavelmente se traduzirá em um custo total menor do sistema.

Figura 1 – Terminais Hidroviários, Fazendas e Regiões Agrícolas



1.4 Delimitamento do Trabalho

No capítulo 2, é apresentado um relato sobre a comercialização do calcário, dados estatísticos de consumo e a formulação do problema a ser equacionado.

No capítulo 3, é feita uma descrição da hidrovía, das embarcações e seus custos de construção, dos caminhos e dos terminais.

No capítulo 4, é feito um breve relato sobre alguns dos estudos desenvolvidos, envolvendo esta temática.

No capítulo 5, é realizada uma pequena exposição sobre simulação, com algumas de suas vantagens e desvantagens.

No capítulo 6, é realizada uma descrição do sistema intermodal com todos os seus componentes, a modelagem e a aplicação em ARENA.

No capítulo 7, são apresentadas as metodologias de custos adotadas para o modal rodoviário, modal hidroviário e para os transbordos.

No capítulo 8, é apresentada a análise dos resultados com as conclusões obtidas.

O consumo de calcário tem sido bastante prejudicado pela política agrícola estabelecida pelo Governo Federal nos últimos anos; dano auxiliado também pelo desempenho da economia nacional.

2.2 A Comercialização

Para estimular a sua utilização, e consequentemente obter melhores resultados, a Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo já vem há alguns anos desenvolvendo um trabalho com o objetivo de conseguir opções de transportes, que permitam ao agricultor adquirir o calcário a preços favoráveis para a sua utilização na correção do solo. No decorrer desse desenvolvimento, o transporte multimodal com a utilização da hidrovia se mostrou francamente favorável, oferecendo valores de transporte bastante atrativos. Como a falta de infraestrutura foi apontada como um dos fatores inibidores do desenvolvimento do transporte pela hidrovia, a Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo instalou terminais hidroviários localizados em Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul.

O problema do transporte do calcário para fins agrícolas, como corretivo do solo, vem inibindo o crescimento do uso deste produto. Segundo MALAVOLTA (1983), o preço do calcário, muitas vezes inflacionado pelo custo do transporte, que pode aumentá-lo em 10 vezes, pode obrigar a parcelar a dose necessária para neutralizar a acidez dissociada e não dissociada, em dois anos ou mais. A não utilização do calcário, a aplicação em quantidades insuficientes ou a aplicação de modo errado em alguns casos é diretamente responsável pela baixa produtividade obtida em algumas regiões.

2.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados dados relativos à comercialização do calcário, uma descrição do sistema atual de transporte e a formulação do problema.

2 - Descrição do Problema

A necessidade estimada para as regiões de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul pode atingir números superiores às 500.000 toneladas anuais. O mercado, segundo informações obtidas nas cooperativas locais (COBRAC, CAFÉ ALTA, etc.), aponta para uma distribuição que segue a seguinte proporcão:

Ibitinga	36,4%
Aracatuba	45,5%
Santa Fé do Sul	18,1%

Neste trabalho serão considerados dados fornecidos pelo SINDICAL - Sindicato do Calçário.

Através das informações obtidas no SINDICAL, é possível observar o comportamento do mercado no período compreendido entre 1991 e 1998, conforme Tabela I apresentada a seguir:

Tabela 1 - Comercialização do Calcário (t x 10³)

ANO	JANEIRO	FEBREIRO	MARÇO	ABRIL
1991	90.90	54.80	110.00	98.20
1992	125.90	147.00	129.50	189.90
1993	148.60	134.80	141.80	215.80
1994	160.20	187.90	196.50	218.50
1995	224.00	80.90	258.70	217.00
1996	149.30	149.10	143.20	146.40
1997	129.40	150.30	147.50	171.70
1998	163.10	127.70	171.90	148.80
ANO	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
1991	134.80	273.50	338.20	334.30
1992	239.90	321.70	609.20	558.60
1993	328.20	329.10	430.90	597.30
1994	295.90	407.70	598.10	738.80
1995	193.30	273.10	350.80	539.00
1996	193.50	233.00	331.20	548.50
1997	238.90	285.20	488.80	609.20
1998	251.60	341.70	512.80	551.80
ANO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1991	306.70	221.30	155.90	81.40
1992	432.40	285.10	213.80	177.20
1993	490.70	374.40	226.50	191.60
1994	690.10	458.50	363.40	252.20
1995	464.70	374.80	253.00	134.50
1996	547.30	489.00	282.80	223.40
1997	635.90	511.50	229.50	126.50
1998	532.30	375.10	243.30	176.70

As figuras 2 e 3, construídas a partir dos dados da Tabela 1, mostram respectivamente a evolução do consumo anual e a distribuição mensal do calcário agrícola:

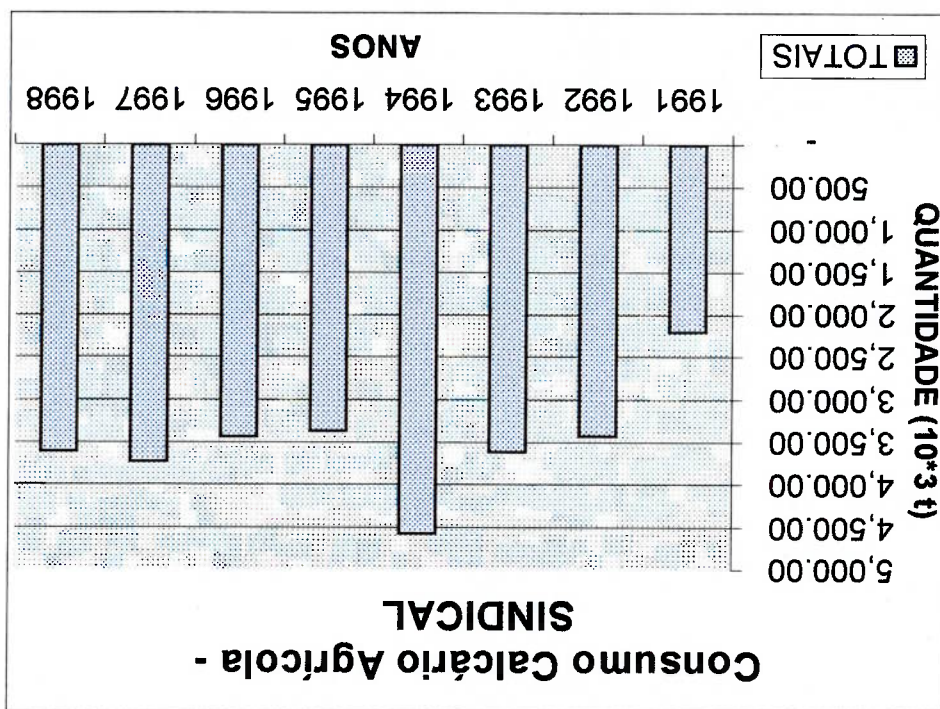


Figura 2-Consumo Anual Calcário Agrícola

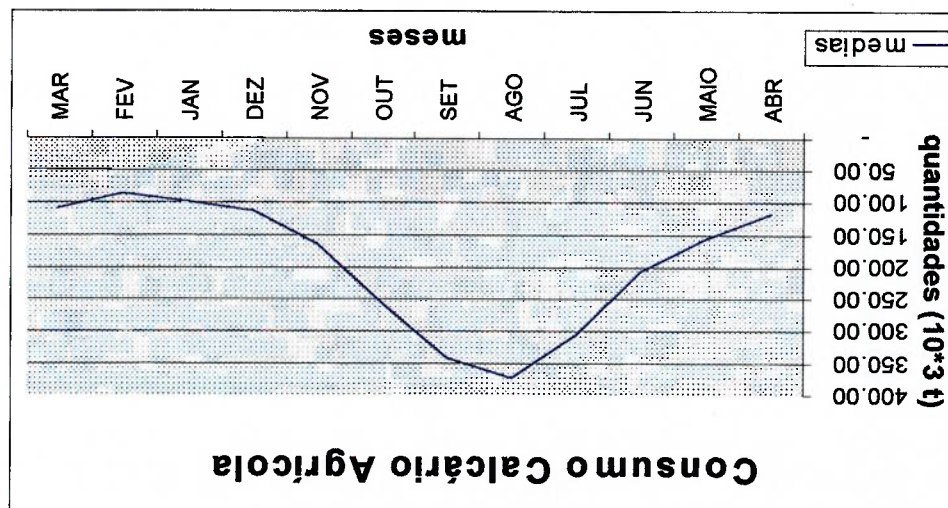


Figura 3 - Distribuição mensal do consumo de calcário

De modo a melhor analisar o comportamento dos volumes a serem movimentados nos terminais, o ano será dividido em 4 períodos, para mostrar que a

O transporte rodoviário, principal alternativa utilizada até hoje no transporte do calcário, não conseguiu satisfazer o mercado, já que não oferece um transporte econômico e de grande volume. Em contatos realizados com consumidores localizados no extremo oeste do Estado, pode ser verificada a precariedade dessa alternativa de transporte, pois muitas vezes, mesmo em se tratando de grandes quantidades, não se obtinha um custo de transporte compatível com o valor e período

compatíveis.

A adoção de um programa de incentivo ao consumo do calcário precisa ser acompanhada de um eficiente sistema de transporte, que possa garantir a disponibilidade do produto nas regiões onde exista sua necessidade, com custos

Agricultura do Estado de São Paulo.

Essa sistemática já vem ocorrendo há alguns anos e, mesmo assim, o consumo de calcário não tem acompanhado a necessidade de aplicação para a correção satisfatória do solo, conforme informações obtidas na Secretaria de

seu destino.

O calcário, via de regra, é transportado através do modal rodoviário, com caminhões que o utilizam como carga de retorno. Alguns caminhoneiros que retornam vazios, normalmente procuram levar o calcário para regiões próximas do

2.3 O Sistema Atual

DEZ - MAR:	17,50%
OCT - NOV:	18,11%
JUN - SET:	52,64%
ABR - MAI:	11,75%

Tabela 2 – Distribuição de Vendas

distribuição das vendas de calcário, ao longo de cada período, pode ser considerada de acordo com os valores mostrados na Tabela 2:

de aplicação do calcário (faltavam caminhões para efetuar o transporte a custo de retorno na época correta).

A utilização do transporte hidroviário vem exatamente permitir que se possa contar com um sistema confiável e estruturado para o transporte do calcário, atuando como carga principal e não como um retorno, muitas vezes não realizável.

Só será possível a aplicação de calcário em grande quantidade, se o sistema de transporte for capaz de movimentar grandes quantidades a custos compatíveis. A limitação do transporte rodoviário de retorno reside neste ponto, pois para movimentar grandes quantidades, o transporte não mais ocorre como retorno e sim como fluxo principal, fazendo com que o custo do transporte rodoviário possa aumentar consideravelmente.

2.4 O Objetivo do Trabalho

O problema que se apresenta é de analisar o desempenho do sistema multimodal rodo-hidroviário, comparando a utilização de dois tipos de embarcações fluviais, no atendimento da demanda dos terminais fluviais de Ibitinga, Aragatuba e Santa Fé do Sul; e também de comparar os custos totais de movimentação do sistema multimodal com os do transporte rodoviário direto para a análise de sua viabilidade.

No transporte rodoviário de ponta será considerada a utilização de um veículo do tipo "bi-trem" "hopper", com capacidade para 36,13 toneladas. Este tipo de veículo consiste em um cavalo trator trucado e um semi reboque constituído de dois conjuntos interligados por uma "quinta roda" com um total de 7 eixos. Os dois conjuntos do semi-reboque tem o fundo em "V", cada um com uma porta no fundo que, quando aberta, faz com que o produto caia totalmente por gravidade.

No transporte hidroviário, será feita uma análise comparativa do rendimento de dois tipos de embarcações: um comboio de empurra (composto por um empurrador e duas chatas) e um automotor.

3 - Descrição e Análise Crítica do Sistema

Neste capítulo é feita uma descrição do sistema hidroviário com uma análise sobre a hidrovia, as eclusas existentes e as embarcações utilizadas; uma descrição do comboio e do automotor utilizados e seus valores de aquisição; uma apresentação do equipamento rodoviário e seu valor de aquisição e uma apresentação dos terminais e valores considerados.

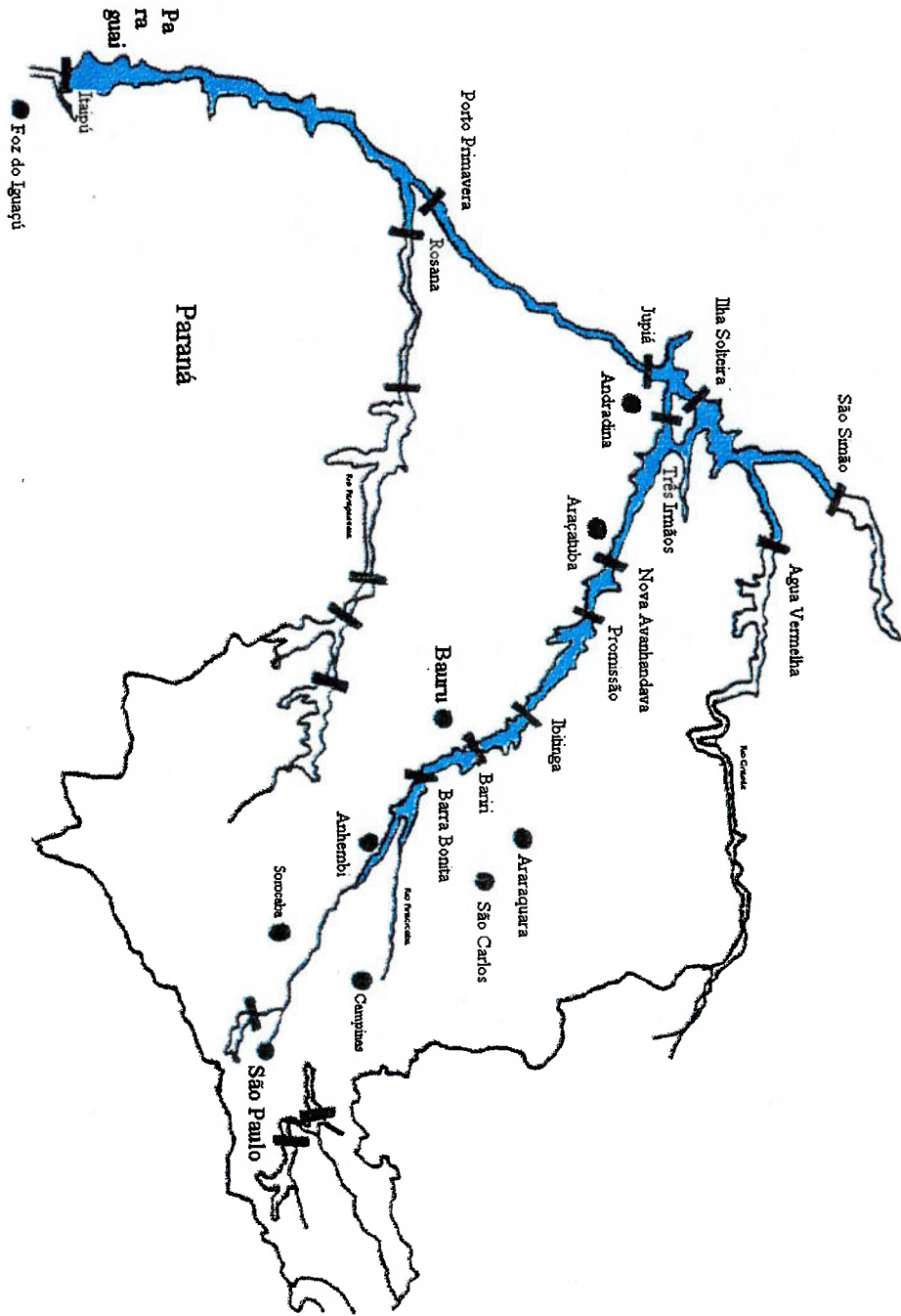
3.1 A Hidrovia

A hidrovia Tietê-Paraná é formada pelos rios Tietê, Paraná e seus afluentes. Possui aproximadamente 1.600 km de vias navegáveis (Figura 4) interligando Foz do Iguaçu (Itaipu) na divisa com o Paraguai, com São Simão no Estado de Goiás e Santa Maria da Serra e Anhumas no Estado de São Paulo. É um complexo composto de dez (10) barragens e dez (10) eclusas, sendo que em duas barragens (Três Irmãos e Avanhandava) existem 2 eclusas em série, e em duas não existem eclusas (o lago de Ilha Solteira é ligado com o lago de Três Irmãos através de um canal artificial - Canal de Pereira Barreto - e a de Itaipu, que é uma das extremidades da hidrovia).

No trecho compreendido entre a barragem de Porto Primavera e a cidade de Guaira (PR), o rio Paraná tem regime de corrente livre, uma vez que o projeto da barragem de Ilha Grande em Guaira foi cancelado. Isto pode vir a prejudicar o desempenho da hidrovia, pois neste trecho o calado será inferior ao projetado (3,0 m), fazendo com que os comboios não trafeguem com plena carga, implicando certamente no aumento de custo de frete.

As principais cargas atualmente na hidrovia são a soja e o farelo de soja produzidos no sul do Estado de Mato Grosso e no Estado de Goiás, com destino a São Paulo, no caso do mercado interno, e ao Porto de Santos, no caso de exportação. Também se inclui o mercado de soja produzida e exportada pelo Paraguai, que passa pelo Brasil, carregada diretamente em território paraguaio através de terminais localizados às margens do lago de Itaipu, com destino ao Porto de Santos. Existem outras cargas em potencial como o milho, trigo, fertilizantes, madeira, papel, carvão vegetal, álcool, derivados de petróleo (CESP - 1992).

Figura 4 – A Hidrovia e as Eclusas



Na fase de implantação da hidrovía, as eclusas possuem um horário de funcionamento de 16 horas por dia, 06:00 às 22:00 horas, sendo permitida a passagem de comboios fora deste horário, desde que previamente programada. Atualmente, o horário de funcionamento das eclusas é de 24 horas por dia. O calado operacional projetado é de 2,50 m., durante todo o ano para o rio Tietê e de 3,00 m. para o rio Paraná. As distâncias envolvendo os terminais estudados e as eclusas são as seguintes:

Anhumas - Barra Bonita	118	km
Barra Bonita - Bariri	60	km
Bariri - Ibitinga	72	km
Ibitinga - Promissão	106	km
Promissão - Nova Avanhandava	49	km
Nova Avanhandava - Aragatuba	34	km
Aragatuba - Santa Fé do Sul	174	km

A hidrovía é composta basicamente de dois grandes trechos: Tietê e Paraná. Estes dois trechos foram projetados isoladamente, com dois gabaritos independentes. Dessa maneira, no trecho do rio Tietê, as eclusas permitem o acesso de embarcações com calado até 2,50 m. e possuem as seguintes dimensões principais:

Comprimento: 140,00 m
Largura: 12,00 m

Com base nestas dimensões internas da eclusa, as dimensões máximas do comboio para passar pela eclusa são 137,00 m. de comprimento por 11,00 m. de boca. Tais medidas já estão considerando uma margem de segurança para a operação dentro da câmara, de modo a evitar que a embarcação venha a colidir coma as portas de juzante ou montante.

No trecho do rio Paraná, as eclusas permitem o acesso de embarcações com calado até 3,00 m. e possuem as seguintes dimensões principais:

Comprimento: 220,00 m.
Largura: 17,00 m.

A utilização de comboios com outras formações tais como 2x3 (duas linhas de tres chatas), 2x4, 3x2, 3x4, etc. (Figura 5), deve ser estudada, com o objetivo de se preservar a competitividade da hidrovia, de forma a se poder prever não só quais alterações serão necessárias, mas também como e quando realizá-las. Cabe ressaltar que as restrições, quanto ao limite de dimensão no comprimento e largura, são exclusivamente, durante a passagem por obras (eclusas ou pontes) ou alguma passagem específica, não se estendendo pelo trecho navegável como um todo. A responsabilidade pelo tamanho da composição do comboio, bem como pelo seu calado é exclusivamente do armador. A cada passagem onde as dimensões do comboio excederem as da obra ou do local de passagem, um procedimento padrão de desmembramento deve ser adotado: o empurrador deve desmanchar o comboio, amarrar as chatas que irão aguardar em um ponto pré-definido, seguir com as demais

estas obras de arte.

Além das restrições citadas anteriormente, ainda existem as restrições impostas pelos vãos livres e tirantes de ar, adotados quando da construção das pontes. Estas restrições adicionais, além de provocarem desmembramentos desnecessários, criam restrições às dimensões dos empurradores com relação à visada nos momentos mais críticos que são, exatamente, quando da passagem por

Em função das dimensões adotadas não serem múltiplas entre si, o comboio idealizado para navegar no trecho Tietê tem embarcações do tipo chata com boca de 11,00 m enquanto o comboio idealizado para navegar no trecho Parana tem embarcações do tipo chata com 8,00 m de boca (formação 2(lado) x 3 (linha)). O calado no trecho Tietê é de 2,50 m. e no Parana é de 3,00 m. Com todas estas diferentes restrições, a embarcação tipo chata que predominou na Hidrovia, como um todo, foi a que tem 11,00 m de boca e pontal variando entre 3,00 e 3,30 m. Esta, na realidade, é a embarcação tipo chata, que maior flexibilidade possui para enfrentar as diferentes restrições causadas especialmente por um planejamento errôneo.

por 16,00 m de boca.

As dimensões máximas do comboio para passagem nessas eclusas, já considerando as margens de segurança de operação, são 216,00 m. de comprimento

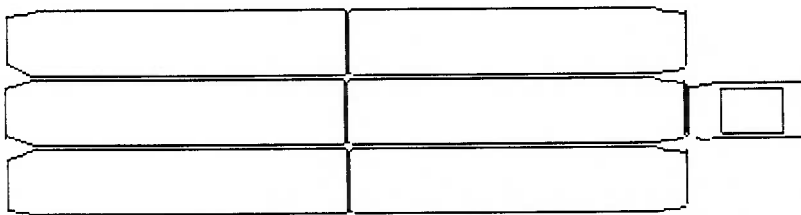
As limitações nas dimensões das embarcações, já anteriormente citadas, motivaram a análise e comparação dos rendimentos de um comboio de empurra e de um automotor realizadas neste trabalho. As embarcações, propostas a seguir, foram

Com a evolução tecnológica que vem ocorrendo nos modais ferroviário e rodoviário nos últimos anos, uma sugestão deste trabalho, para que a hidrovia não perca sua competitividade num futuro breve, é a mudança de gabarito do comboio tipo utilizado para o dimensionamento de obras e raios de curvatura, adotando um novo comboio tipo, com capacidade aproximada de 6.600 DWT e a partir de suas dimensões (aprox. 200,00 m de comprimento e 22,00 m de largura com 2,50 m de calado – formação: 2 linhas com 3 chatas cada), estabelecer vãos livres, tirantes de ar e raios de curvatura mínimos necessários para a sua passagem, sem desmembramento, sob as pontes e linhas de transmissão, continuando a ser desmembrado quando da passagem pelas eclusas. E a partir deste então novo gabarito, poder-se-á estabelecer um plano de adaptação e substituição das obras existentes.

região (ferroviário e rodoviário).

consequente baixa de competitividade com relação aos demais modais existentes na e o consumo adicional de combustível implicam aumento do custo de transporte e do trajeto. Portanto, pode-se notar que o tempo-extra requerido para essas manobras cada cruzamento de ponte, de eclusa ou algum ponto de passagem restrita ao longo novamente o comboio e então seguir viagem. Esta operação deve ser executada para trajeto até o ponto de amarração, onde se encontram as outras chatas, formar as chatas amarradas neste ponto, retornar para pegar as chatas restantes, fazer o chatas, cruzar pela ponte ou eclusa e seguir até o próximo ponto de amarração, deixar

Figura 5 - Comboio 3x2 - (3 linhas de 2 chatas)



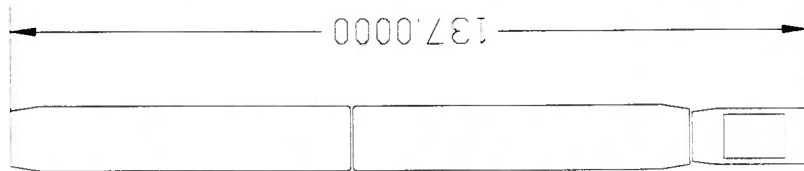
idealizadas e projetadas utilizando as regras do ABS (American Bureau of Shipping) para embarcações de navegação interior. A obtenção de suas características principais está detalhada no Anexo 1. Para o automotor, procurou-se otimizar o comprimento, observando as limitações impostas pelas dimensões das eclusas e os limites gerais estabelecidos pela regra.

1) Comboio: formado por um empurrador e duas chatas, com as seguintes características principais (figura 6):

empurrador: comprimento:	20,00 m
boca:	9,00 m
pontal:	2,30 m
potência:	2x550 CV
velocidade:	7,50 nós

chatas (2x):

comprimento:	58,10 m
boca:	11,00 m
pontal:	3,00 m
calado carregado:	2,50 m
desloc leve:	298 t
desloc carr:	1.467 t
DWT:	1.169 t



Comprimento total:	137,00 m
Boca:	11,00 m
Deadweight:	2.338 t
Potência:	2 x 550 C.V.

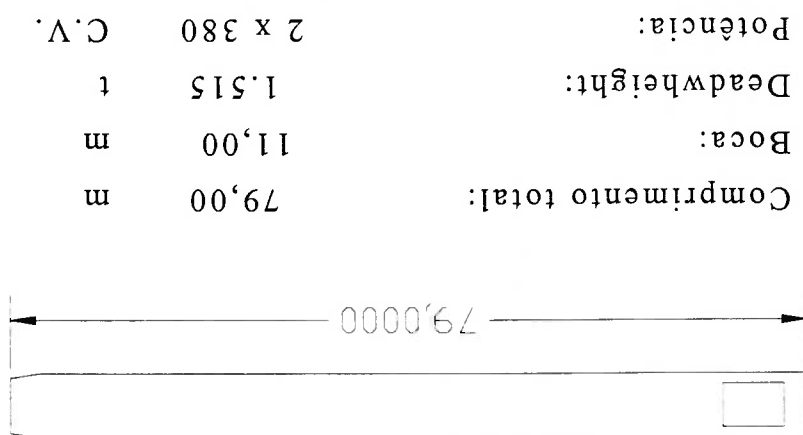
Figura 6- Esquema de um Comboio da Hidrovia Tietê (1x2)

Os custos de construção de cada tipo de embarcação relacionado acima, de acordo com levantamento de mercado realizado, pode ser estimado conforme se vê abaixo:

Embarcação	DWT	Velocidade
Comboio	2.338 t	7,50 nós
Automotor	1.515 t	9,00 nós

Dessa maneira, a capacidade de carga de cada conjunto pode ser resumidamente apresentada da seguinte forma:

Figura 7 – Esquema de um Automotor da Hidrovia Tietê



comprimento:	79,00 m
boca:	11,00 m
portal:	3,00 m
potência:	2x380 CV
velocidade:	9,00 nós
calado carregado:	2,50 m
desloc leve:	435 t
desloc carr:	1.950 t
DWT:	1.515 t

2) Automotor: com as seguintes características principais (figura 7):

Empurrador: Para a construção do empurrador são necessárias, aproximadamente, 83,800 toneladas de aço processado (ver anexo I). De acordo com estimativas de vários estaleiros da região, pode-se considerar por quilo de aço processado, para o tipo de casco considerado, o valor de US\$ 5,00. Além do valor do aço, neste caso, deve-se ainda considerar o valor dos MCP's completos (2 conjuntos com 1 motor SCANIA DSI 14 e 1 reversor ZF BW 191 cada) que atinge o valor aproximado de US\$ 120.000,00. Ter-se-á então para o empurrador (2x550 hp) um valor global aproximado de US\$ 539.000,00.

Chatas: Para as chatas são necessárias, aproximadamente, 283,960 toneladas de aço processado (ver Anexo I). De um modo geral, também de acordo com estimativas de vários estaleiros da região, pode-se considerar por quilo de aço processado para cascos de chatas, o valor de US\$ 1,80. Dessa maneira, ter-se-á para cada chata, um custo aproximado de US\$ 511.128,00.

Automotor: Para a construção do automotor são necessárias, aproximadamente, 403,449 toneladas de aço processado (ver Anexo I). De acordo com estimativas de vários estaleiros, pode-se considerar por quilo de aço processado, para este tipo de casco, o valor de US\$ 2,90. Além do valor do aço, neste caso, deve-se ainda considerar o valor dos MCP's completos (2 conjuntos com 1 motor SCANIA DSI 11 e 1 reversor BW 121 cada) que atinge o valor aproximado de US\$ 80.000,00. Ter-se-á então para o automotor (2x380 hp) um valor global aproximado de US\$ 1.250.002,10.

Para efeito destes cálculos de custos, adotou-se como moeda o dólar norte-americano por se tratar de uma moeda mais estável ao longo do tempo. Não obstante, algumas distorções poderão ser notadas dependendo da época da análise (mercado) e da situação da moeda brasileira em comparação com a norte-americana. Valor referência usado US\$ 1,00 = R\$ 1,85.

Pode-se notar uma diferença bastante expressiva entre os valores do MCP para o empurrador e para o automotor. Ela decorre das diferenças de potências requeridas para cada embarcação e, conseqüentemente, no reversor utilizado.

Também a expressiva diferença no valor unitário do aço processado esta relacionada ao volume de aço empregado em cada embarcação.

Comparando os valores acima estimados com a expressão proposta por GARCIA (2001) para o cálculo do preço de veículos hidrovários, ter-se-á o seguinte:

$$Pv = 3,84*Paço + 557,4*Pmcp + 912,1*Pmca + Pacabamento$$

Para o empurrador:

$$Pv = 3,84*83.800 + 557,4*550*2 = R\$ 934.932,00$$

Para a chata:

$$Pv = 3,84*283.960 = R\$ 1.090.406,40$$

Para o automotor:

$$Pv = 3,84*403.449 + 557,4*380*2 = R\$ 1.972.868,16$$

Os valores obtidos a partir da expressão proposta por GARCIA (2001) são 7,8738% maiores do que os estimados para o comboio e 17,2153% menores do que os estimados para o automotor. A diferença encontrada no valor do comboio não se mostra significativa em função das diferentes épocas consideradas. A diferença um pouco maior no valor do automotor, se explica não só pela época, como também pelas dimensões principais do automotor excederem as dimensões das embarcações consideradas nos estudos realizados por GARCIA (2001), gerando algumas discrepâncias.

Será considerado para cada embarcação um valor de aquisição de:

Comboio **US\$ 1.561.256,00**

Automotor **US\$ 1.250.002,10**

3.2 A Rodovia

O sistema rodoviário é bastante desenvolvido na região de influência da hidrovía Tietê-Paraná. As estradas são pavimentadas e em número bem expressivo, o que permite várias opções de rotas para o mesmo destino. Não suficiente, a versatilidade do caminho aliada à nossa cultura de transporte rodoviário é outro fator inibidor do desenvolvimento do transporte intermodal.

Não só em termos de infra-estrutura, mas também em termos de equipamento, o sistema rodoviário tem se desenvolvido a cada ano. Atualmente o transporte rodoviário de granel está utilizando um equipamento semi-reboque chamado "bi-trem", que consiste em dois semi-reboques acoplados através de uma quinta roda. Já existem várias unidades deste tipo de veículo na versão "hopper" (figura 8) em operação comercial. É um veículo próprio para o transporte de cargas a granel, que permite uma descarga rápida, eficiente e de baixo custo. As suas principais vantagens relacionadas ao transporte multimodal residem na descarga rápida e com baixo custo operacional, características importantes no transporte rodoviário de curta distância.

Este estudo utilizará como referência para o equipamento rodoviário básico, um cavalo-mecânico marca SCANIA, modelo "R" (potência de 360 CV) e um semi-reboque do tipo "bi-trem" "hopper", marca RANDON, com capacidade para transportar 36,13 toneladas e valor de aquisição aproximado de:

— cavalo mecânico SCANIA "R - 360 CV"	US\$ 62.500,00
— semi-reboque RANDON c/ pneus	US\$ 38.000,00

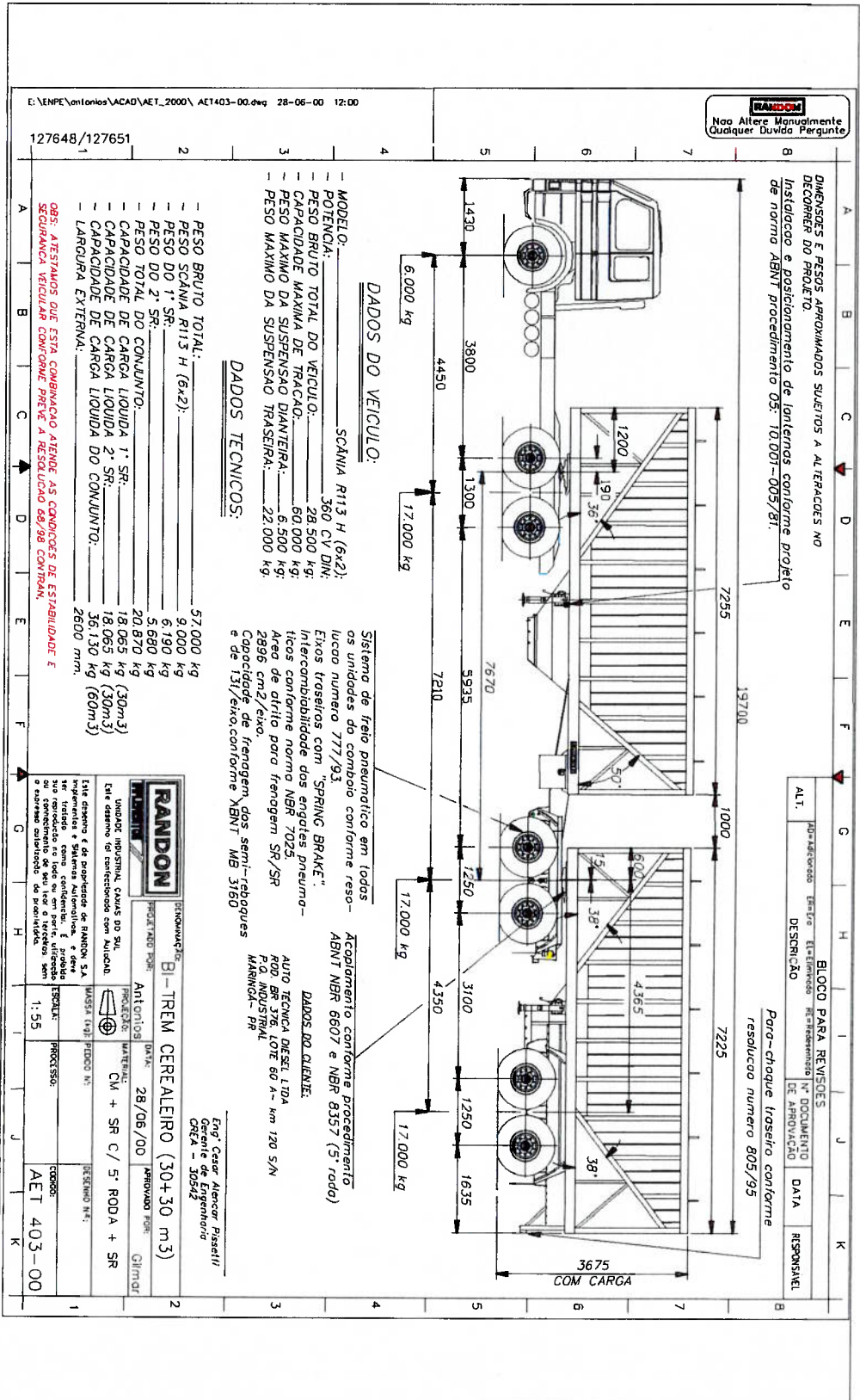


Fig 8 - Carreta Hopper

3.3 Os Terminais

Os terminais de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul, considerados neste trabalho, tiveram as obras de terraplanagem, acostagem de embarcações, instalação de balança rodoviária e do escritório administrativo executadas pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, como forma de estimular o transporte hidroviário de calcário. O terminal de Anhembi foi inicialmente implantado pela CESP – Companhia Energética de São Paulo e posteriormente privatizado.

Neste estudo, no caso dos terminais de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul, serão considerados apenas os valores relativos aos equipamentos adicionais necessários à operação dos terminais e os custos de operação. Para o terminal de Anhumas, não serão computados os valores correspondentes às obras de terraplanagem e acostagem de embarcações, que também já estão realizadas.

Em razão do calcário ser um produto cuja armazenagem a céu aberto é perfeitamente possível, não está previsto nenhum tipo de cobertura ou armazenagem em qualquer dos terminais.

3.3.1 Anhembi:

O terminal de Anhembi é onde ocorre a transferência do calcário do modal rodoviário para o hidroviário. É constituído por um escritório administrativo, uma balança rodoviária, um pátio para armazenagem do produto, uma moega para recepcionamento do calcário ligada à esteira rolante, que permite o direcionamento para a área de armazenagem ou para o carregamento direto das embarcações e uma pá carregadeira do tipo Michigan 55.

Os valores de investimento considerados são os seguintes:

US\$ 50.000,00	- terreno
US\$ 25.000,00	- balança
US\$ 13.000,00	- escritório
US\$ 45.000,00	- correia transportadora
US\$ 75.000,00	- pá carregadeira

3.3.2 Ibitinga, Arçatuba, Santa Fé do Sul:

Os terminais são equipados com um escritório administrativo, uma balança rodoviária, um pátio para armazenamento do produto, uma pá carregadeira modelo Michigan 55, uma área de acostagem de embarcações, uma esteira rolante para distribuição do produto e um guindaste do tipo "clam-shell" para a descarga das embarcações.

Os valores de investimento considerados são os seguintes:

US\$ 30.000,00	- correia transportadora
US\$ 250.000,00	- guindaste "clam-shell"
US\$ 75.000,00	- pá carregadeira

4 – Alguns trabalhos relacionados com o tema

Neste capítulo é feita uma pequena síntese de alguns trabalhos envolvendo a temática deste trabalho.

Estudos de sistemas de transporte, que envolvem não só a hidrovia Tietê-Paraná, mas também outras vias navegáveis têm se tornado um importante aliado ao desenvolvimento do modal de transporte hidroviário.

O estudo do Prof. Antônio G. Novaes “Demanda e Custos de Transporte de Calcário no Rio Tietê” (1970), realizado para o CENAT – Comissão Executiva da Navegação do Sistema Tietê-Paraná, faz uma análise criteriosa da área de influência da hidrovia, da ferrovia e da rodovia para o transporte de calcário. Analisando as distâncias rodoviárias entre 110 cidades do Estado de São Paulo, a malha ferroviária e o traçado da hidrovia, o estudo determinou equações de regressão que representam as distâncias do percurso efetivo, em cada modal, em relação à distância em linha reta entre os dois pontos.

A partir da análise direta dos custos de transporte (incluindo o custo de transbordos) para o usuário, foram compostos os custos de transporte para cada modal. Foram definidas as áreas de influência de cada um dos modais e, a partir de um custo total de transporte, determinou-se o lugar geométrico dos pontos que podem ser atendidos, a partir do pólo a esse custo (curvas de isocusto), utilizando-se para isso, a modalidade mais econômica.

Na avaliação do transporte hidroviário, a partir das relações de custo de transporte para cada modal e impondo-se também um valor máximo ao custo total de transporte, são determinadas as linhas de contorno (através de Programação Linear) da área de influência da hidrovia resultante de um custo menor do que o obtido com a utilização dos modais ferroviário e rodoviário. A partir da avaliação das áreas compreendidas pelas linhas de contorno através de um planímetro, que se interpola

graficamente para a obtenção de valores intermediários e que se extrapola também em ambos os extremos para completar as informações necessárias, estimou-se uma demanda potencial anual de calcário da ordem de 1,5 milhões de toneladas para o transporte hidroviário.

A dissertação de mestrado de GUALDA (1975) apresenta o mesmo problema do transporte de calcário, mas considera exclusivamente os modais rodoviário e hidroviário e adota um modelo constituído por um grafo, que representa a rede de transporte de interesse. Introduz ainda parâmetros de economia de escala no transporte hidroviário e nos custos de transbordo. A pesquisa de GUALDA procura, através do algoritmo "OUT-OF-KILLER", achar uma solução económica ótima para o transporte e considera uma rede de transporte com as possíveis origens e destinos, as intersecções entre rodovias e as intersecções entre rodovias e a hidrovia. Através do algoritmo "OUT-OF-KILLER", o estudo resolve o problema de distribuição, considerando, na primeira aplicação, o sistema rodoviário como único sistema de transporte e depois, em uma segunda aplicação, considera a combinação do sistema rodoviário com o rodoviário.

Em função dos resultados obtidos na aplicação dos sistemas combinados, GUALDA faz uma análise de sensibilidade, incrementando a capacidade dos pontos de transbordo (sistema combinado modificado). A comparação entre a utilização exclusiva do modal rodoviário e a utilização do sistema combinado rodoviário e rodoviário modificado, resulta em uma economia no custo de transporte da ordem de 3,2 milhões de cruzeiros.

O trabalho desenvolvido por TOLEDO (1982) apresenta um modelo com aplicação de Programação Linear pelo método simplex, que permite determinar o mínimo custo total do sistema de transporte do calcário através da hidrovia Tietê-Paraná, comparando com o custo rodoviário. O trabalho enfoca o transporte de calcário como um todo, isto é, considera todo o Estado de São Paulo, cuja economia é relativa ao transporte de todo o calcário consumido no Estado.

A dissertação de mestrado de BALAU (1981) apresenta um modelo para dimensionamento de um comboio fluvial para transporte de bauxita na região Amazônica, resolvido por meio de Programação Geométrica. O modelo procura dentro das características do produto a ser transportado e das características da hidrovia, apresentar uma sistemática que possa determinar o projeto ótimo do comboio, determinando suas características principais, velocidade ideal e número de chatas, que compõem o comboio, e levam a obter um custo mínimo anual de transporte.

A dissertação de mestrado de MACEDO (1976) apresenta um modelo para o dimensionamento de uma frota de navios graneleiros, utilizando Programação Linear. O modelo não procura apresentar uma sistemática para otimizar o projeto do navio (características ideais da embarcação para uma determinada rota tais como: velocidade, porte, dimensões básicas, etc.), mas sim apresentar uma sistemática que permita determinar quais navios serão os mais adequados a cada rota, dentre um conjunto de tipos de navios submetidos previamente à análise.

A dissertação de mestrado de BERGSTEN (1999) apresenta um modelo econômico-operacional para o dimensionamento do transporte intermodal de cargas pela hidrovia Tietê-Paraná. Dados uma origem e um destino, um tipo de carga, sua demanda mensal, os modais de transporte utilizados, busca-se dimensionar cada parte deste sistema intermodal, fornecendo como resposta a configuração de frota de caminhões e o número de viagens necessárias, o número de composições ferroviárias e a frequência de requisição das máquinas, a frota de embarcações fluviais e a capacidade dos terminais de carga. O modelo foi aplicado à Hidrovia Tietê-Paraná e aos modais a ela associados, e permitiu dimensionar um sistema intermodal com menor custo total do que o transporte de grãos exclusivamente rodoviário.

A tese de doutorado de GARCIA (2001) apresenta uma metodologia para o cálculo e determinação do preço do transporte hidroviário. A formulação é baseada em dados históricos, coletados junto a estaleiros que constroem e fazem manutenção, e empresas de transporte hidroviário que operam na Hidrovia Tietê-Paraná. Com a proposição de expressões que traduzem os modelos matemáticos para estimar os

diferentes custos de transporte e a sua integração final, faz aplicação com simulação de operação com comboio areeiro utilizados na Hidrovia.

O presente trabalho procura mostrar a viabilidade do transporte multimodal rodoviário, em comparação com o transporte rodoviário direto. A extensão do transporte que ocorre na época de aplicação do calçário para um longo período do ano, possível pela adoção do conceito de pólo avançado de comercialização nos terminais de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul, eliminou talvez o maior entrave para a viabilização do transporte multimodal rodoviário. A indústria produtora do calçário também pode se beneficiar com os conceitos aqui apresentados, uma vez que a produção considerada de forma linear e regular, permite a redução de gastos com a produção em horários fora dos normais.

Em função dos trabalhos examinados, e do objetivo deste estudo, a técnica de simulação probabilística foi a escolhida como ferramenta de auxílio para o dimensionamento da frota. Dentre os vários trabalhos existentes atualmente, um dos pioneiros na utilização da simulação como ferramenta auxiliar no dimensionamento de uma frota, foi o apresentado por BOTTER (1988) no 12º Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval.

Conforme BOBILLIER, KAHAN E PROBST (1976), simulação é usualmente descrita como uma arte, ou uma ciência “soft”, em função dos resultados

sistema. organizados de modo a expressar claramente as características do comportamento do durante um certo período de tempo de interesse, cujos resultados são armazenados e simulação, utiliza-se um computador para avaliar numericamente um sistema, simulação passa a ser a ferramenta utilizada no estudo desses sistemas. Em uma são quase impossíveis de serem avaliados matematicamente. Nestes casos, a Muitas vezes, pode-se deparar com sistemas demasiadamente complexos, que

existe. realizadas, ou por motivos econômicos, ou simplesmente porque o sistema real não sistema, pois experiências com o sistema real podem ser impossíveis de ser necessário lançar mão de um modelo para analisar a performance de um algo mais sobre o seu comportamento e desempenho. Entretanto, normalmente é Sempre é interessante estudar um sistema dinâmico real a fim de aprender

ou efeito de”, réplica, modelo, etc. em um dicionário, constata-se que sugere uma imitação ou mímica, “dando aparência pessoas já ouviu falar, pelo menos de uma maneira geral. Ao verificar sua definição Segundo SCHERIBER (1991), simulação é uma palavra a qual a maioria das

5.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados alguns comentários a respeito da simulação com algumas de suas vantagens e desvantagens.

5 - O Emprego de Simulação Probabilística para Estudos de Processos Estocásticos

dos estudos de simulação dependerem basicamente das habilidades da equipe de modelagem.

5.2 A Simulação e as Alternativas

A figura 9 mostra três possibilidades que podem ser enfocadas na busca de uma solução, ou mais especificamente na criação e análise de um sistema. Na extremidade esquerda da figura se encontra a experimentação com o sistema real. Na extremidade direita se encontra a modelagem matemática. Posicionado entre os dois extremos está a simulação:

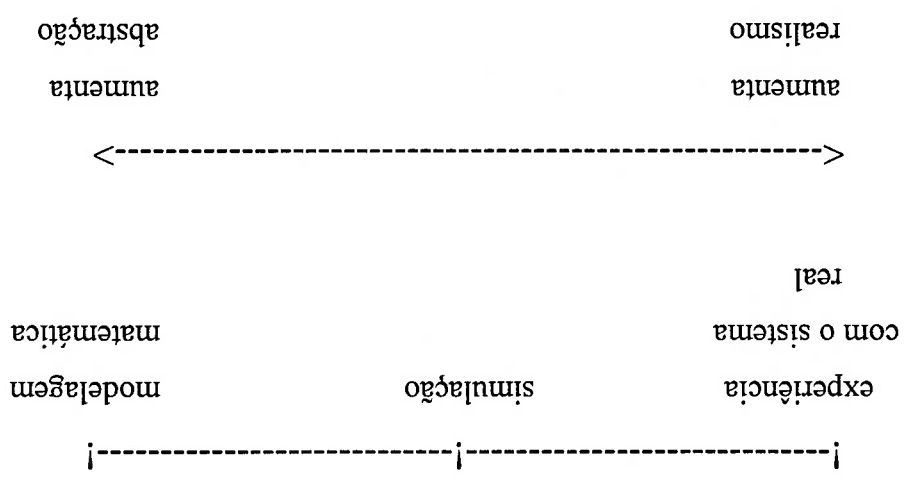


Figura 9 - Simulação e as Alternativas

5.3 As Vantagens e Desvantagens da Simulação

Abaixo estão resumidamente algumas das vantagens da simulação apresentadas por SCHRIEBER (1991):

1. **Realismo:** Modelos de simulação podem ser altamente realistas, na medida em que conseguem reproduzir as características do sistema real. O número de sistemas

complexos capazes de serem caracterizados através de modelos de simulação é muito maior do que o de serem caracterizados por modelagem matemática.

2. Inexistência do Sistema: Os sistemas, cujos comportamentos estão para serem estudados através de simulação, não precisam existir no mundo real. Eles só precisam existir na imaginação do criador do modelo.

3. Redução no Tempo: O tempo pode ser comprimido em modelos de simulação. O equivalente a dias, semanas e meses de um sistema real em operação, normalmente pode ser reduzido a segundos, minutos ou horas em um computador. Isto significa dizer que, experiências com operações de sistemas reais podem ser realizadas inúmeras vezes e seus resultados analisados de modo a poderem influenciar decisões importantes em tempo.

4. Objetivos diferenciados: Alguns tipos de modelagem matemática (programação linear e outros tipos de programação matemática), requerem um objetivo específico, modelam e formulam o sistema de modo a buscar um objetivo previamente estabelecido. Subseqüentes desenvolvimentos de modelos elaborados desta maneira estarão condicionados àquele objetivo. Em se tratando de simulação, nenhum objetivo necessita ser estabelecido previamente. Isto permite ao idealizador do sistema, bem como ao cliente, manter um leque maior de opções a fim de obter um sistema mais eficiente atendendo a vários critérios simultaneamente (veja desvantagens). Esta flexibilidade na determinação dos objetivos pode também ser uma vantagem em ocasiões em que algumas dúvidas sobre a melhor linha de ação ainda existam. Para ilustrar, pode-se pensar em um exemplo: é mais importante maximizar os lucros nos próximos 12 meses, ou evitar interrupções na produção, que podem resultar em compromissos assumidos que não poderão ser cumpridos em tempo?

5. Controle absoluto: Toda variável pode ser controlada de modo a somente se permitir variações nas variáveis cujas influências estão sendo estudadas em um modelo de simulação. Como resultado, o possível efeito causado por variáveis não

controláveis, no comportamento do sistema, não precisa ser levado em conta, como é comum acontecer quando a experiência é realizada com o sistema real.

6. Reprodução de condições aleatórias: Na simulação de sistemas compostos de elementos que apresentam comportamento aleatório, mas estatisticamente previsíveis, é possível reproduzir os eventos aleatórios de forma idêntica, via sequência de números pseudo-aleatórios que, embora perfeitamente previsíveis em função da pseudo-aleatoriedade, podem por outro lado apresentar as características reais de números aleatórios.

7. Preparo: Simulação não requer sofisticação nem preparação matemática, no mesmo nível que a modelagem matemática. Desse modo é mais fácil preparar elementos capazes de trabalhar com a simulação do que com modelagem matemática.

8. Convencimento do cliente: Devido à facilidade com que as pessoas apropriam-se da simulação, seus conceitos são intuitivos; normalmente os clientes são mais receptivos ao uso da simulação do que a modelagem matemática. Como resultado desta facilidade, os clientes também são mais receptivos às recomendações originadas de operações de simulação do que às originadas de modelos matemáticos, os quais geralmente não são entendidos pelos clientes, que podem não confiar em tais conceitos.

9. Baixo custo: Tem sido estimado que estudos completos de simulação, criados para avaliar as características de sistemas propostos pode custar 2% ou menos do capital gasto na implantação do sistema. Nesse sentido, a simulação poderia ser comparada a um seguro de performance, com baixo custo, para evitar a implantação de sistemas reais que podem estar subdimensionados e, portanto, terem desempenho inferiores aos especificados, ou podem estar superdimensionados e, conseqüentemente oferecerem uma capacidade maior do que a necessária.

Embora a simulação possua uma série de vantagens, ela também está submetida a inúmeras desvantagens. Abaixo constam algumas das mais importantes, também apresentadas por SCHRIJBER (1991):

1. Produção de resultados não exatos: Se se supuser um sistema composto de um ou mais elementos, sujeitos a um comportamento aleatório, em um hospital, por exemplo, o tempo de consulta de um médico com um paciente pode variar aleatoriamente. O tempo de duração da consulta influencia o tempo de espera dos demais pacientes que estão na sala de espera. Quando executamos uma simulação de um sistema deste tipo, os valores de variáveis do tipo "o tempo de espera de um paciente para ser atendido pelo médico" são arquivadas pelo modelo, e as médias desses valores são impressas em relatórios da simulação. Mas a média dos tempos observados somente fornece uma estimativa do tempo previsto (ou em um intervalo consideravelmente grande o provável tempo) que os pacientes terão que aguardar para serem examinados pelos médicos. Nesse sentido, a simulação fornece somente resultados estimativos, não exatos.

2. Impossibilidade de generalização de resultados: Os resultados de uma simulação somente podem ser aplicados para as condições nas quais a simulação foi realizada, não são válidos para outras situações.

3. Não-otimização: A simulação é utilizada para responder perguntas do tipo "o que acontece se" e não do tipo "o que é melhor". Simulação é utilizada para conhecer o comportamento de um determinado sistema, quando em funcionamento em determinadas condições. Não é possível determinar, através do uso de simulação, qual a solução ótima para um sistema. Ou seja, simulação não cria soluções, somente avalia aquelas que foram propostas. Por exemplo, se sete alternativas para uma linha de produção qualquer são avaliadas, então a alternativa dentre as sete avaliadas, que pode resultar na máxima produção, pode ser identificada, mas é possível que exista uma outra alternativa que não tenha sido avaliada por não estar entre as sete escolhidas, que pode resultar em uma produção ainda maior.

4. Longo período de duração: Um estudo de simulação não pode ser realizado em um fim de semana. É necessário um período longo que envolva a coleta de dados, construção, validação dos modelos e avaliação e interpretação dos resultados.

5. Custo para prover a subsistência das habilidades de simulação: Estabelecer e manter as habilidades necessárias para a simulação exige um grande e permanente compromisso com pessoal, "software", "hardware", treinamento, etc. Muitas pequenas organizações não podem manter essa estrutura. Algumas podem possuir uma ou duas pessoas que trabalham com projetos de simulação de vez em quando. Estas pessoas precisam do apoio de consultores externos para conduzir os estudos de simulação. Outras organizações podem simplesmente contratar os estudos de simulação com consultores externos ou firmas especializadas. Essas organizações pagarão um prêmio para que o estudo seja realizado e poderão ficar numa posição de dependência e relativa inflexibilidade, no caso de ser necessário o prosseguimento dos estudos de simulação.

6. Uso incorreto da simulação: Existem muitos aspectos envolvidos num estudo completo de simulação. Como resultado, para trabalhar com simulação é necessário um preparo prévio em várias áreas, tais como análise de dados, concepção de sistemas e análise de resultados. Algumas vezes estes questos são ignorados, resultando em situações em que funcionários os quais simplesmente sabem construir modelos de simulação e fazê-los funcionar, são considerados profissionais de simulação, mesmo que sua formação não tenha sido completa ou adequada para esta designação ou responsabilidade. Tais pessoas podem não estar aptas a conduzir estudos de simulação completos e abrangentes. Como resultado, os modelos podem estar incorretos ou incompletos, talvez resultando no fracasso dos estudos de simulação.

Concluindo, simulação é uma ferramenta bastante versátil, que pode oferecer, em inúmeros casos, uma condição de solução para o problema que outras ferramentas teriam muito mais dificuldade. Com o desenvolvimento dos equipamentos de computação e consequentemente custos mais acessíveis, a simulação tende a se difundir cada vez mais.

6 - O Sistema Intermodal para Transporte de Calcário

Neste capítulo é apresentada uma descrição de todas as etapas do transporte intermodal; uma descrição da simulação, a aplicação em ARENA e os resultados obtidos.

6.1 A Descrição do Sistema

O sistema a ser analisado é o do transporte rodo-hidroviário do calcário, utilizando a hidrovia Tietê-Paraná. O sistema conta com a presença de três terminais avançados para a comercialização. Conforme citado anteriormente, esses terminais estão localizados nos municípios de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul. O objetivo dos terminais avançados é permitir que o sistema possa ser utilizado durante todo o ano, evitando-se, desse modo, sua ociosidade. A presença dos pólos avançados cria a oportunidade para o pequeno agricultor de utilizar o calcário para corrigir a acidez da terra. Ele poderá transportar com seu próprio caminhão a quantidade necessária, tornando o chamado “custo do frete de ponta” extremamente baixo.

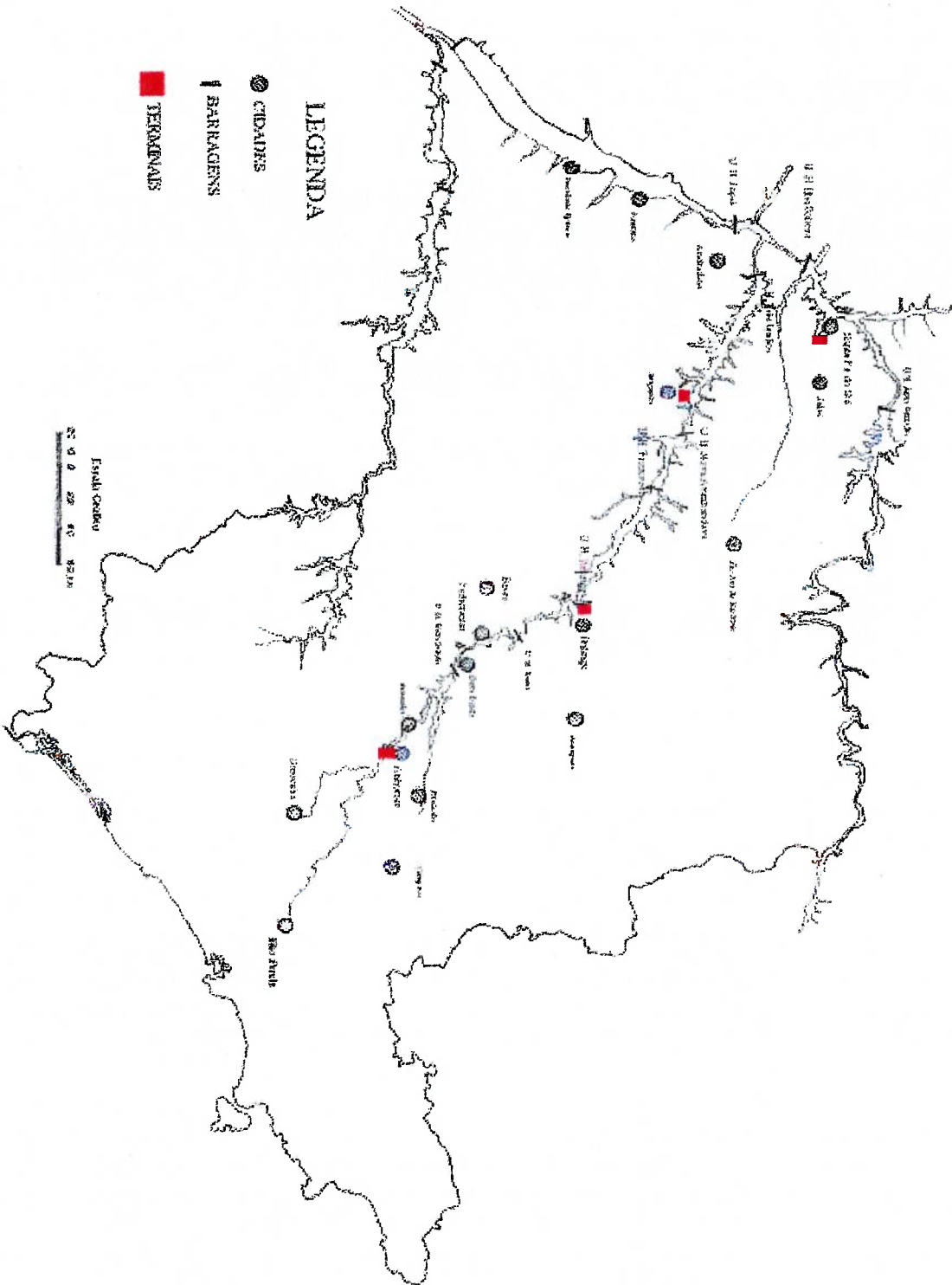
Em função disso, nesse estudo, quando da análise do custo do transporte do terminal até o local em que será aplicado o calcário, só será considerado o “custo variável”. Em algumas regiões as Prefeituras locais têm demonstrado interesse em realizar esse transporte de ponta a custo zero, para melhorar o rendimento do pequeno agricultor e com isso conseguir melhor nível de renda e, conseqüentemente, maiores arrecadações. Os terminais avançados têm o objetivo de atender a demanda da região de influência num raio de até 100 km do terminal.

O calcário considerado é o das jazidas próximas a Piracicaba, com distância de até 60 km do terminal de embarque situado em Anhumas. Das jazidas, o calcário é transportado, via rodoviária, até o terminal de Anhumas, onde é feito o transbordo para as embarcações (uma pequena área de armazenagem no terminal regulariza o

fluxo entre os dois modais). As embarcações, por sua vez, levam o calcário para os terminais avançados, onde serão comercializados (figura 10).

Pela abordagem deste estudo, o sistema é composto de dois subsistemas: um chamado rodoviário, que engloba, a operação nas jazidas - o transporte rodoviário e a operação em terra no terminal em Anhumas; e outro chamado de hidrovário, que engloba a operação de carregamento das embarcações no terminal de Anhumas - o transporte hidrovário e as operações de descarga nos terminais de Ibitinga, Arapatuba e Santa Fé do Sul.

Figura 10 – Localização dos Terminais



6.2 O Bloco Rodoviário na Intermodalidade

O sistema tem início nas jazidas de calcário, onde os caminhões serão carregados e seguirão para o terminal de Anhumas, percorrendo uma distância média de aproximadamente 50 km. As estradas a serem percorridas são inteiramente pavimentadas (SP 304 e SP 191), além de possuírem um volume de tráfego que pode ser considerado leve. As etapas a serem percorridas pelos caminhões são descritas a seguir.

A.1.- Após entrarem na jazida, dirigem-se para a balança, onde é feita a "pesagem vazia" (determinação da tara).

A.2.- Seguem para a posição de carregamento, em que tal operação é executada por equipamento do tipo pá-carregadeira.

A.3.- Retornam para a balança, onde nova pesagem é realizada (peso bruto), e determina-se então a quantidade (em peso) exata carregada.

A.4.- Dirigem-se para o local de espera, onde aguardarão a emissão da Nota Fiscal da mercadoria e do Conhecimento de Transporte necessários.

A.5.- De posse da documentação, os caminhões são liberados para prosseguirem viagem com destino ao terminal de Anhumas.

A.6.- Ao chegar ao terminal de Anhumas, cada caminhão se posiciona na fila e dá entrada na documentação da mercadoria.

A.7.- Após a conferência da documentação, é autorizada a entrada do caminhão, dirigindo-se para a balança, onde é feita a "pesagem carregada" (peso bruto).

A.8.- O caminhão é direcionado, então, para o berço onde será efetuada a operação de descarga do calcário. A descarga é realizada pelo próprio caminhão; existem duas possibilidades de descarga:

— a primeira é a descarga direta em uma caixa localizada abaixo do nível do solo (moega), que se afunila, permitindo que o calcário seja colocado na esteira rolante somente pela ação da força da gravidade. Esta operação só é possível de ser realizada se a embarcação estiver sendo carregada naquele instante.

— a segunda, que será utilizada caso a embarcação não esteja posicionada para o carregamento, consiste na descarga do produto na área de armazenamento a céu

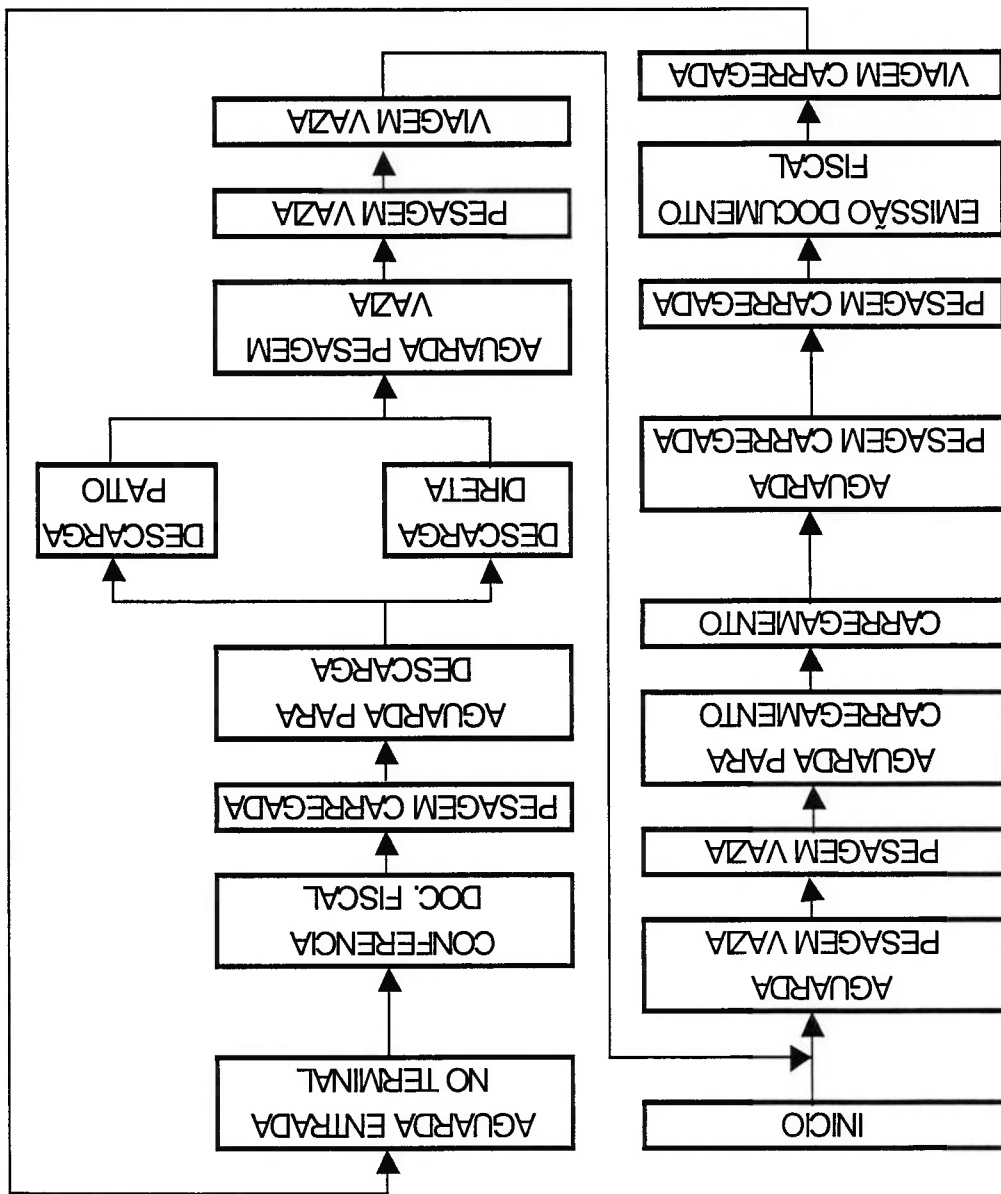
aberto para que, posteriormente, um equipamento do tipo pá-carregadeira possa transferi-lo para a esteira rolante.

A.9.- O caminhão retorna, então, para a balança onde fará nova pesagem (determinação da tara). Dessa maneira, determina-se exatamente a quantidade descarregada. Comparando-se a quantidade descarregada com a carregada na origem (jazida), pode-se determinar a perda ocorrida no transporte por caminhão.

A.10- O caminhão estará, então, liberado para a viagem de retorno à jazida.

A figura 11 mostra um fluxograma das etapas descritas.

Figura 11 – Fluxograma Modal Rodoviário



6.3 O Bloco Hidroviário na Intermodalidade

Este bloco tem início no terminal de Anhumas onde o calcário será transbordado para as embarcações. O berço no qual será realizada a operação do calcário dispõe de depósito para regularizar o fluxo entre os modais, pá-carregadeira e esteira rolante. O número de unidades de cada equipamento, bem como as capacidades de armazenamento e movimentação, serão determinados através da simulação do sistema. A seguir, são descritas as operações a serem realizadas neste bloco, desde o carregamento do comboio até a descarga nos terminais de destino.

B.1.- Como já descrito anteriormente, o carregamento das embarcações (chatas) é efetuado através da utilização de pá-carregadeira que alimenta a esteira rolante. Esta última distribui o calcário no interior das embarcações. No caso da descarga dos caminhões que chegam no momento em que esta ocorrendo o carregamento das chatas, da moega, o calcário já é colocado diretamente nas chatas.

B.2.- Após o carregamento da chata, o empurrador a retira, coloca em um local apropriado para a espera carregada (ponto de amarração de chatas carregadas), vai para o local onde estão as chatas vazias (ponto de amarração de achatas vazias), retira uma e a posiciona no berço para o carregamento.

B.3.- Quando é carregada a última chata, o empurrador se dirige ao local onde a chata carregada está amarrada, retira-a e executa a operação de alinhamento e formação do comboio.

B.4.- Tem início a etapa de navegação, em que o tráfego de embarcações se comporta de modo semelhante ao de uma rodovia.

B.5.- O primeiro trecho de navegação tem início no terminal de carga e termina com a chegada à primeira eclusa (Barra Bonita). Existem três alternativas possíveis:
- existe fila para a eclusagem, o que faz com que o comboio entre na fila (em um local de espera) e aguarde a sua vez de passagem;
- a eclusa está aberta (sinal verde - semelhante ao utilizado para veículos na cidade) e, portanto, o comboio pode entrar na câmara da eclusa;

- a eclusa está fechada (sinal vermelho) e o comboio é obrigado a atracar na garagem de barcos, um local especialmente previsto para essas ocasiões. Quando da abertura

da eclusa, caso haja alguma embarcação dentro da câmara, o sinal continuará vermelho. O comboio somente receberá sinal verde após a liberação da câmara, ocasião em que poderá se colocar em movimento.

B.6.- Logo após a entrada na câmara, é efetuada a operação de amarração do comboio junto às amarras guias flutuantes (dispositivos que não permitem a movimentação do comboio durante as operações de esvaziamento ou enchimento da câmara). Concomitantemente, ocorre o fechamento das portas. A operação - esvaziamento ou enchimento - só tem início após o operador da eclusa se certificar de que todas as amarrações foram concluídas. Após o esvaziamento da câmara (no caso, de montante para jusante), tem início a abertura da porta de jusante (simultaneamente o comboio é desamarrado das amarras guias flutuantes). Após o término da abertura da porta, tem início a operação de saída da câmara da eclusa.

B.7.- Na porta de jusante, após a saída, tem início o segundo trecho de navegação. O término deste trecho será no encontro com a segunda eclusa.

B.8.- Na segunda eclusa (Bariri), as sequências são as mesmas descritas nos itens B.5. e B.6..

B.9.- Após a saída da segunda eclusa tem início o terceiro trecho de navegação, com término no primeiro terminal de destino (Ibitinga). Caso o destino não seja o terminal de Ibitinga, passa-se para a etapa B.14.

B.10.- Chegando ao terminal, o comboio dá início à manobra de atracação. Esta manobra consiste, em colocar as chatas, uma a uma, no berço onde estará um guindaste do tipo "clam-shell", que efetuará a operação de descarga.

B.11.- Esta operação é efetuada chata por chata até o término da descarga do comboio.

B.12.- O comboio, após a descarga da última chata é liberado para o seu retorno ao terminal de Anhumas.

B.13.- O calcário descarregado é transportado pela correia transportadora para a área de armazenagem, a céu aberto, e aguarda até a época em que será consumido. O consumidor poderá retirá-lo utilizando meios próprios, pois a distância será significativamente menor.

B.14.- Como o terminal de Ibitinga fica localizado exatamente a montante da barragem, ao lado da eclusa; quando o comboio chega no terminal ele também chega à terceira eclusa.

B.15.- Continuando a descrição dos trechos de navegação, quando o comboio chega à eclusa de Ibitinga, repetem-se as sequências descritas em B.5. e B.6..

B.16.- Após a saída da terceira eclusa tem início o quarto trecho de navegação, com término na quarta eclusa (Promissão).

B.17.- Na quarta eclusa, repetem-se as sequências descritas em B.5. e B.6..

B.18.- Após a saída da quarta eclusa, tem início o quinto trecho de navegação, com término na quinta eclusa (Nova Avanhandava).

B.19.- A quinta eclusa possui duas câmaras em série sem que seja possível o cruzamento de embarcações no canal que as interliga. As sequências são as mesmas descritas em B.5. e B.6. com a diferença de que, quando é aberta a porta de juzante da primeira câmara, existe um canal e, após percorrê-lo, o comboio entra na segunda câmara, onde todas as operações são novamente executadas.

B.20.- Após a saída da quinta eclusa, tem início o sexto trecho de navegação com término no segundo terminal de destino.

B.21.- Chegando ao terminal de Aracatuba, repetem-se as operações descritas em B.10., B.11., B.12. e B.13..

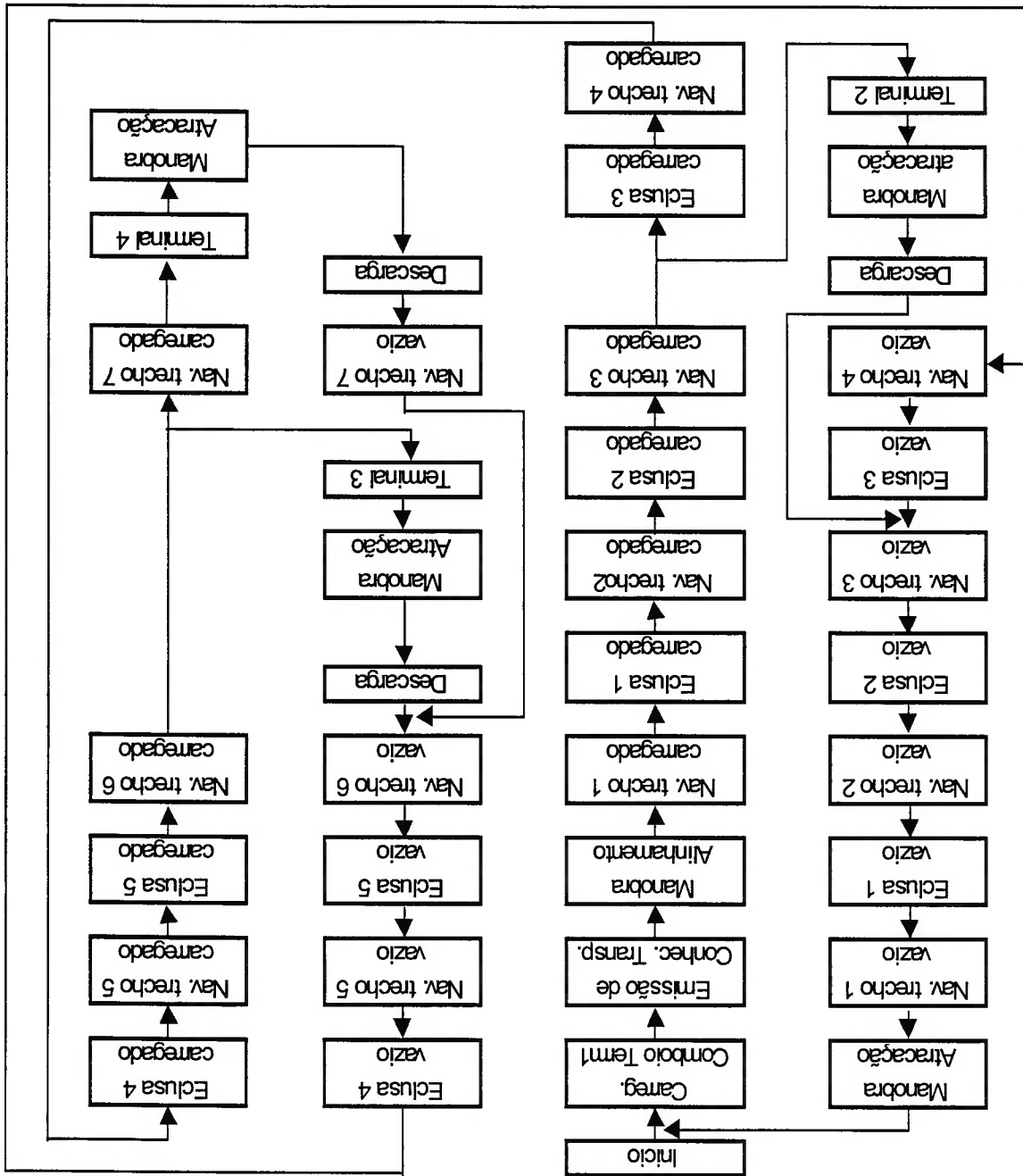
B.22.- Dando continuidade à descrição do processo de navegação, o sétimo trecho de navegação tem início no segundo terminal de descarga e término no terceiro terminal de destino.

B.23.- Chegando ao terminal de Santa Fé do Sul, repetem-se as operações descritas em B.10., B.11., B.12. e B.13..

B.24.- Após o término da descarga o comboio retorna, executando todas as operações descritas nas eclusagens.

A figura 12 mostra um fluxograma de todas as operações descritas anteriormente.

Figura 12 – Fluxograma Modal Hidroviário



— Como critério de decisão para o transporte hidroviário, foram analisadas duas estratégias: a primeira (indicada como “1”) é a de levar o produto primeiramente para o terminal mais próximo e, somente depois de atingida a sua capacidade (ou a demanda prevista para aquele ponto) é que a embarcação seguirá para o outro terminal. Essa estratégia visa ao transporte de uma quantidade maior no menor percurso com, conseqüentemente, menores gastos de movimentação, deixando-se as maiores distâncias (com conseqüentes maiores gastos de movimentação) para o período mais próximo da comercialização dos grandes volumes. A segunda (indicada como “2”) é de distribuir o calçário com uma viagem para cada terminal até o término das quantidades pré-estabelecidas, de modo a ter

com base nos valores da Tabela 2.

— As vendas no programa de simulação, para fins de análise do estoque em cada terminal, foram consideradas distribuídas de forma uniforme ao longo de cada período do ano, de acordo com os valores de demanda adotados para cada região,

considerada neste trabalho.

— Na jazida e no terminal em Anhumas, foram considerados dois pontos de carga/descarga simultâneos de caminhões para as demandas até 300.000 toneladas, e quatro pontos para as demandas superiores. Como a configuração com 3 pontos demonstrou-se restrita ao atendimento da demanda de 350.000 toneladas, ela não foi

estoque inicial no terminal de Anhumas: 3.000 t., 10.000 t., 25.000 t. e 50.000 t.

— Para cada demanda anual, foram consideradas as seguintes variações no

t., 250.000 t., 300.000 t., 350.000 t., 400.000 t. e 500.000 t.

— Cenários contemplando demandas anuais de: 100.000 t., 150.000 t., 200.000

condições:

No modelo desenvolvido em ARENA, foram consideradas as seguintes

6.4.1 A Aplicação em ARENA

6.4 A Simulação

uma distribuição mais equalizada, permitindo a disponibilidade e comercialização do produto em qualquer época do ano em todos os terminais.

6.4.2 O Modelo

O modelo foi desenvolvido no “software” de simulação ARENA. No Anexo 2, são mostradas as telas do modelo e no Anexo 3 a listagem do modelo em linguagem SIMAN.

6.4.3 A Configuração Inicial

Para que seja possível a aplicação da simulação, é preciso idealizar primeiramente um sistema inicial como ponto de partida. Dessa maneira, será realizado um pré-dimensionamento que permita atingir o objetivo de abastecer todos os terminais nas quantidades necessárias de um modo determinístico. Alguns parâmetros (intervalos de tempo) foram adotados segundo experiência acumulada pelo autor.

6.4.3.1 As Condições Iniciais

Serão consideradas como parâmetros gerais neste estudo de simulação, as seguintes condições:

1) Conforme exposto no Capítulo 2, o potencial do consumo de calcário nas regiões de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul ultrapassa as 500.000 toneladas anuais.

2) O ano operacional é considerado com 330 dias de duração (a hidrovía necessita de manutenção nas eclusas; são também necessários reparos nas embarcações, e desta

- maneira o sistema foi dimensionado para atender ao programa em um período que permita com que todas as manutenções necessárias possam ser feitas sem afetar o desempenho comercial dos terminais).
- 3) A Jazida de calcário e o recebimento de caminhões no terminal de Anhumas operam 6 dias na semana (26 dias no mês), das 07:00 às 17:00 hs.
- 4) Os terminais hidrovários não possuem restrição de operação com relação a horário ou dia, efetuando as operações de carga ou descarga sempre que houver embarcação posicionada para tal.
- 5) A navegação opera 24 horas por dia, todos os dias da semana.
- 6) As eclusas operam 24 horas por dia, todos os dias da semana.
- 7) Os caminhões são do tipo SCANIA "R", com carreta do tipo "bi-trem" "hopper" RANDON, capacidade para 36,13 t, velocidade média carregado de 48 km/h e velocidade média vazio de 55 km/h.
- 8) A esteira rolante no terminal de Anhumas tem capacidade nominal de 560 toneladas por hora.
- 9) Os equipamentos tipo "clam-shell" nos terminais de destino tem uma capacidade nominal estimada em 280 t por hora.
- 10) Para os equipamentos, será usado o coeficiente 1,4 para a relação nominal/real. Portanto a taxa real de carregamento das embarcações no terminal de Anhumas será de 400 t/h e as de descarregamento em Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul de 200 t/h.
- 11) A área para armazenagem, com o propósito de regular o fluxo entre os modais rodoviário e hidrovário no terminal de Anhumas, tem uma capacidade inicial ilimitada.

As Tabelas 3A e 3B mostram os principais elementos do predimensionamento do modal rodoviário, para os diferentes valores de demanda. Na primeira coluna encontra-se a demanda anual; na segunda encontra-se a quantidade transportada mensalmente para atender toda a demanda anual em 11 meses; na

- 5) Tempo de ciclo médio do caminho: $29+75+65+9=178$ minutos/viagem
- 4) Tempos médios (em minutos) gastos nas operações no terminal de Anhumas: balanço=2, descarga=5, balanço=2. A documentação é verificada enquanto o caminho descarrega. Tempo médio total gasto no porto: 9 minutos.
- 3) Tempo médio gasto na viagem de volta (vazio): 65 minutos.
- 2) Tempo médio gasto na viagem de ida (carregado): 75 minutos.
- 1) Tempos médios (em minutos) gastos nas operações na jazida: balanço=2, carregamento=2, balanço=2, documentação=3. Tempo médio total gasto na jazida: 29 minutos (tempos fornecidos por operadores, baseados em locais semelhantes).

6.4.4.1 O Modal Rodoviário

Como a simulação não é uma técnica direta de dimensionamento, mas sim um exame do desempenho das alternativas propostas, o pré-dimensionamento tem o objetivo de definir configurações iniciais do sistema que possam atender cada uma das demandas de transporte. As demais alternativas examinadas pelo modelo de simulação resultarão de modificações em torno de cada alternativa inicial.

6.4.4 O Pré-Dimensionamento

- 12) A área para armazenagem do calcário nos terminais de destino tem capacidade inicial ilimitada.

terceira encontra-se a capacidade de carga do caminhão; na quarta está o número de viagens necessárias no mês para atender a demanda mensal. Este valor é obtido através da divisão do valor da coluna (2) pelo da (3). Na quinta encontram-se os tempos de ciclo (mínimo, médio e máximo), tendo sido adotado, no cálculo dos tempos máximo e mínimo de ciclo, uma variação de 5% do tempo médio para mais e do para menos; na sexta, encontra-se o tempo de operação por dia da jazida e do terminal de Anhumas definido em 6.4.3.1; na sétima, encontra-se o número de viagens possíveis por dia, obtido por meio da divisão do valor da coluna (6) pelo da (5); na oitava, encontra-se o número de viagens possíveis por mês, obtido por meio da multiplicação do valor da coluna (7) pelo número de dias de operação definidos em 6.4.3.1; na nona, encontra-se o número de veículos necessários, obtido por meio da divisão do valor da coluna (2) pelo produto da (3) e (8).

Tabela 3A – Pré-Dimensionamento Modal Rodoviário

t/ano	t/mês	capacidade carga do caminhão	viagens necessárias	tempo ciclo total	tempo operação por dia	viagens possíveis de um caminhão	viagens possíveis de um caminhão	frota
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
100.000	9.091	36,13	252	178	600	3,37	74,16	4
	9.091	36,13	252	168	600	3,57	78,57	4
	9.091	36,13	252	187	600	3,21	70,59	4
150.000	13.636	36,13	377	178	600	3,37	74,16	6
	13.636	36,13	377	168	600	3,57	78,57	5
	13.636	36,13	377	187	600	3,21	70,59	6
200.000	18.182	36,13	503	178	600	3,37	74,16	7
	18.182	36,13	503	168	600	3,57	78,57	7
	18.182	36,13	503	187	600	3,21	70,59	8
250.000	22.727	36,13	629	178	600	3,37	74,16	9
	22.727	36,13	629	168	600	3,57	78,57	9
	22.727	36,13	629	187	600	3,21	70,59	9

Tabela 3B – Pré-Dimensionamento Modal Rodoviário

Vano	t/mês	capacidade carga do caminhão	viagens necessárias	tempo ciclo total	tempo operação por dia	viagens possíveis de um caminhão	viagens possíveis de um caminhão	frota
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
300.000	27.273	36,13	755	178	600	3,37	74,16	11
	27.273	36,13	755	168	600	3,57	78,57	10
	27.273	36,13	755	187	600	3,21	70,59	11
350.000	31.818	36,13	881	178	600	3,37	74,16	12
	31.818	36,13	881	168	600	3,57	78,57	12
	31.818	36,13	881	187	600	3,21	70,59	13
400.000	36.364	36,13	1006	178	600	3,37	74,16	14
	36.364	36,13	1006	168	600	3,57	78,57	13
	36.364	36,13	1006	187	600	3,21	70,59	15
500.000	45.455	36,13	1258	178	600	3,37	74,16	17
	45.455	36,13	1258	168	600	3,57	78,57	17
	45.455	36,13	1258	187	600	3,21	70,59	18

6.4.4.2 O Modal Hidroviário

No modal hidroviário, será analisado o comportamento do sistema quando da utilização das embarcações tipo Comboio e tipo Automotor, conforme descrição detalhada encontrada no capítulo 3.

O comboio:

- 1) Tempo de carregamento: $2.338/(400/60)*1,4 = 491$ minutos
- 2) Tempo de descarga: $2.338/(200/60)*1,4 = 982$ minutos

3) Tempos médios de viagem:

- trecho1 (Anhumas-Barra Bonita) = $((118/1,852)/7,5)*60 = 510$ minutos
- trecho2 (Barra Bonita-Bariri) = $((60/1,852)/7,5)*60 = 260$ minutos
- trecho 3 (Bariri-Ibitinga) = $((72/1,852)/7,5)*60 = 311$ minutos (eclusa e terminal são vizinhos)
- trecho 4 (Ibitinga-Promissão) = $((106/1,852)/7,5)*60 = 458$ minutos
- trecho 5 (Promissão-Nova Avanhandava) = $((49/1,852)/7,5)*60 = 212$ minutos
- trecho 6 (Nova Avanhandava-Aragatuba) = $((34/1,852)/7,5)*60 = 147$ minutos
- trecho 7 (Aragatuba-Santa Fé do Sul) = $((174/1,852)/7,5)*60 = 752$ minutos

- 4) Tempos médios de eclusagem = simples: 35 minutos
dupla: 55 minutos

5) Tempo médio de viagem redonda do comboio:

$$\text{Tempo viagem até Ibitinga: } (510+35+260+35+311)*2 = 2.302 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo viagem até Arapatuba: } 2.302+(35+458+35+212+55+147)*2 = 4.186 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo viagem até Santa Fé do Sul: } 4.186+(752)*2 = 5.690 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo médio de viagem: } (40.000*2.302+50.000*4.186+20.000*5.690)/ \\ (40.000+50.000+20.000) = 3.775+491+982 = 5.248 \text{ minutos}$$

As Tabelas 4A e 4B mostram os principais elementos do pré-dimensionamento do modal hidroviário com a utilização da embarcação tipo Comboio, para os diferentes valores de demanda. Na primeira coluna encontra-se a demanda anual; na segunda, encontra-se a capacidade do comboio; na terceira, encontram-se os tempos de ciclo (mínimo, médio e máximo), tendo sido adotado nos cálculos dos tempos máximo e mínimo de ciclo uma variação de 5% do tempo médio para mais e para menos; na quarta, encontra-se o tempo de operação da hidrovia definido em 6.4.3.1; na quinta, encontra-se o número de viagens possíveis por ano, obtido por meio da divisão do valor da coluna (4) pelo da (3); na sexta, encontra-se o número de comboios necessários, obtido por meio da divisão do valor da coluna (1) pelo produto da (2) e (5)

Tabela 4 A – Pré-Dimensionamento Modal Hidroviário: Comboio

t/ano	capacidade carga do comboio (t)	tempo médio viagem redonda (min)	tempo operação hidroviá no ano (min)	viagens possíveis de um comboio por ano	frota necessária
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
100.000	2.338	5.248	475.200	90,55	1
	2.338	4.980	475.200	95,42	1
	2.338	5.510	475.200	86,24	1
150.000	2.338	5.248	475.200	90,55	1
	2.338	4.980	475.200	95,42	1
	2.338	5.510	475.200	86,24	1
200.000	2.338	5.248	475.200	90,55	1
	2.338	4.980	475.200	95,42	1
	2.338	5.510	475.200	86,24	1
250.000	2.338	5.248	475.200	90,55	2
	2.338	4.980	475.200	95,42	2
	2.338	5.510	475.200	86,24	2
300.000	2.338	5.248	475.200	90,55	2
	2.338	4.980	475.200	95,42	2
	2.338	5.510	475.200	86,24	2

Tabela 4 B – Pré-Dimensionamento Modal Hidroviário: Comboio

t/ano	capacidade carga do comboio (t)	tempo médio viagem redonda (min)	tempo operação hidrovia no ano (min)	viagens possíveis de um comboio por ano	frota necessária
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
350.000	2.338	5.248	475.200	90,55	2
	2.338	4.980	475.200	95,42	2
	2.338	5.510	475.200	86,24	2
400.000	2.338	5.248	475.200	90,55	2
	2.338	4.980	475.200	95,42	2
	2.338	5.510	475.200	86,24	2
450.000	2.338	5.248	475.200	90,55	3
	2.338	4.980	475.200	95,42	3
	2.338	5.510	475.200	86,24	3
500.000	2.338	5.248	475.200	90,55	3
	2.338	4.980	475.200	95,42	3
	2.338	5.510	475.200	86,24	3

O Automotor:

1) Tempo de carregamento: $1.515/(400/60)*1,4 = 318$ minutos

2) Tempo de descarga: $1.515/(200/60)*1,4 = 636$ minutos

3) Tempos médios de viagem:

—trecho 1 (Anhumas-Barra Bonita) $= ((118/1,852)/9)*60 = 425$ minutos

—trecho 2 (Barra Bonita-Bariri) $= ((60/1,852)/9)*60 = 216$ minutos

—trecho 3 (Bariri-Ibitinga) $= ((72/1,852)/9)*60 =$

$= 260$ minutos (eclusa e terminal são vizinhos)

—trecho 4 (Ibitinga-Promissão) $= ((106/1,852)/9)*60 = 382$ minutos

—trecho 5 (Promissão-Nova Avanhandava) =

$= ((49/1,852)/9)*60 = 177$ minutos

—trecho 6 (Nova Avanhandava-Aragatuba) $= ((34/1,852)/9)*60 =$

$= 123$ minutos

—trecho 7 (Aragatuba-Santa Fé do Sul) $= ((174/1,852)/9)*60 =$

$= 627$ minutos

4) Tempos médios de eclusagem = simples: 35 minutos

dupla: 55 minutos.

5) Tempo médio de viagem redonda do automotor:

$$\text{Tempo viagem até Ibitinga: } (425+35+216+35+260)*2 = 1.942 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo viagem até Araçatuba: } 1.942+(35+382+35+177+55+123)*2 = 3.556 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo viagem até Santa Fé do Sul: } 3.556+(627)*2 = 4.810 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo médio de viagem: } (40.000*1.942+50.000*3.556+20.000*4.810) / (40.000+50.000+20.000) = 3.197+318+636 = 4.151 \text{ minutos}$$

As Tabelas 5A e 5B mostram os principais elementos do pré-dimensionamento do modal hidroviário, utilizando a embarcação do tipo Automotor, para os diferentes valores de demanda. Na primeira coluna, encontra-se a demanda anual; na segunda, encontra-se a capacidade do automotor; na terceira, encontram-se os tempos de ciclo (mínimo, médio e máximo), tendo sido adotado nos cálculos dos tempos máximo e mínimo de ciclo uma variação de 5% do tempo médio para mais e para menos; na quarta, encontra-se o tempo de operação da hidrovia definido em 6.4.3.1; na quinta, encontra-se o número de viagens possíveis por ano, obtido por meio da divisão do valor da coluna (4) pelo da (3); na sexta encontra-se o número de automotores necessários, obtido por meio da divisão do valor da coluna (1) pelo produto da (2) e (5).

Tabela 5 A – Pré-Dimensionamento Modal Hidroviário: Automotor

t/ano	capacidade carga do automotor (t)	tempo médio viagem redonda (min)	tempo operação hidrovia no ano (min)	viagens possíveis de um automotor por ano	frota necessária
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
100.000	1.515	4.151	475.200	114,48	1
	1.515	3.940	475.200	120,61	1
	1.515	4.360	475.200	108,99	1
150.000	1.515	4.151	475.200	114,48	1
	1.515	3.940	475.200	120,61	1
	1.515	4.360	475.200	108,99	1
200.000	1.515	4.151	475.200	114,48	2
	1.515	3.940	475.200	120,61	2
	1.515	4.360	475.200	108,99	2
250.000	1.515	4.151	475.200	114,48	2
	1.515	3.940	475.200	120,61	2
	1.515	4.360	475.200	108,99	2
300.000	1.515	4.151	475.200	114,48	2
	1.515	3.940	475.200	120,61	2
	1.515	4.360	475.200	108,99	2

Tabela 5 B – Pré-Dimensionamento Modal Hidroviário: Automotor

t/ano	capacidade carga do automotor (t)	tempo médio viagem redonda (min)	tempo operação hidrovia no ano (min)	viagens possíveis de um automotor por ano	frota necessária
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
350.000	1.515	4.151	475.200	114,48	3
	1.515	3.940	475.200	120,61	2
	1.515	4.360	475.200	108,99	3
400.000	1.515	4.151	475.200	114,48	3
	1.515	3.940	475.200	120,61	3
	1.515	4.360	475.200	108,99	3
450.000	1.515	4.151	475.200	114,48	3
	1.515	3.940	475.200	120,61	3
	1.515	4.360	475.200	108,99	3
500.000	1.515	4.151	475.200	114,48	3
	1.515	3.940	475.200	120,61	3
	1.515	4.360	475.200	108,99	4

6.5 Resultados Operacionais

Adotados os tamanhos das frotas rodoviária e hidroviária, conforme os valores constantes nas Tabelas 3A, 3B, 4A, 4B, 5A e 5B, simulou-se a operação do sistema, de modo a verificar se as frotas adotadas em cada modal de transporte se mostravam adequadas, atendendo plenamente as demandas específicas. Como isso não ocorreu, foram efetuadas alterações nas frotas rodoviárias e hidroviárias, até que o sistema viesse a satisfazer o atendimento das demandas requeridas. De todas as combinações de frotas rodoviárias e hidroviárias simuladas, são apresentados, no Anexo 4, os grupos de combinações, para cada demanda, que melhor desempenho apresentaram ao final da simulação. De modo a facilitar a identificação de cada combinação de frota rodoviária e hidroviária utilizada, denominada configuração, foi atribuída uma numeração a cada uma, para cada demanda e para cada estoque inicial em Anhumas. Dessa maneira temos a configuração 004 para a demanda de 100.000 t, e estoque inicial em Anhumas de 3.000 t, com uma frota de 7 caminhões e 1 comboio.

As Tabelas 6 A a H mostram a configuração que melhor se apresentou para cada demanda ao final do processo de simulação. Na primeira coluna, encontram-se os valores de estoque inicial no terminal de Anhumas considerados; na segunda, encontra-se cada configuração do sistema escolhido segundo o critério de menor número de caminhões e embarcações utilizados; na terceira, encontra-se o tipo da embarcação fluvial, sendo que o número "1" indica a embarcação do tipo Comboio e "2", a embarcação do tipo Automotor; na quarta, encontra-se o tipo de estratégia adotada como critério de decisão no transporte fluvial, sendo indicada como "1" a estratégia de levar o produto, primeiramente, para o terminal mais próximo e, somente depois de atingida a sua capacidade, (ou a demanda prevista para aquele ponto) é que a embarcação seguirá para o outro terminal, e como "2", a de distribuir o calçário com uma viagem para cada terminal até o término das quantidades pré-estabelecidas; na quinta, encontra-se o número de caminhões utilizados para o transporte; na sexta, encontra-se o número de embarcações utilizadas para o transporte; na sétima, o número de dias de utilização das

embarcações; na oitava, o tempo médio de ciclo das embarcações; na nona o número total de viagens de caminhada e na décima o tempo de ciclo dos caminhos.

Podese observar que os tempos médios de ciclo das embarcações para algumas configurações, apresentam valores elevados. Isso ocorre em função do tempo de espera das embarcações no terminal de Alhunas por motivo de fila para carregamento ou por estarem aguardando carga.

Tabela 6 A – Resultados Operacionais Demanda 100.000 t.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Estoque Inicial Anhumas	Configuração	Tipo Embarcação	Estratégia	Quant. Caminhões	Quant. Embarcações	Dias util. Embarcações	Tempo Medio das Embarcações (dias)	Ciclo total de viagens de caminhão	Tempo Ciclo Caminhões (horas)
3.000	004	1	1	7	1	212,35	5,7	3667,4	15,12
	008	1	2	6	1	301,22	6,9	3050,9	15,61
	013	2	1	6	1	295,87	4,4	3064,7	15,52
10.000	019	2	2	7	1	238,51	3,6	3717,1	14,96
	004	1	1	6	1	273,70	6,2	3157,8	15,05
	008	1	2	5	1	313,57	7,2	2700,4	14,67
25.000	014	2	1	6	1	269,25	4,0	3208,2	14,90
	019	2	2	6	1	261,77	3,9	3237,2	14,75
	003	1	1	5	1	277,94	6,3	2606,9	15,24
50.000	008	1	2	5	1	276,05	6,3	2641,7	15,09
	012	2	1	4	1	304,08	4,5	2316,9	13,67
	018	2	2	5	1	257,16	3,8	2696,4	14,72
50.000	004	1	1	4	1	219,75	5,0	2165,8	14,64
	008	1	2	3	1	294,85	6,7	1669,2	14,25
	013	2	1	3	1	275,16	4,1	1720,6	13,82
	018	2	2	3	1	268,90	4,0	1736,4	13,68

Tabela 6 B – Resultados Operacionais Demanda 150.000 t.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Estoque Inicial Anhumas	Configuração	Tipo Embarcação	Estratégia	Quant. Caminhões	Quant. Embarcações	Dias util. Embarcações	Tempo Médio das Embarcações (dias)	Ciclo total de viagens de caminhão	Tempo Ciclo Caminhões (horas)
3.000	004	1	1	10	1	292,72	4,4	4841,8	16,42
	009	1	2	10	1	281,57	4,3	4881,8	16,23
	014	2	1	10	1	311,90	3,1	4775,8	16,63
10.000	019	2	2	10	1	291,89	2,9	4866,3	16,32
	004	1	1	9	1	298,66	4,5	4486,6	15,93
	009	1	2	9	1	288,96	4,4	4611,3	15,51
25.000	014	2	1	9	1	313,87	3,1	4364,2	16,40
	020	2	2	10	1	285,91	2,9	4885,0	16,22
	004	1	1	9	1	281,60	4,3	4320,2	16,62
50.000	008	1	2	8	1	284,96	4,3	4177,0	15,19
	013	2	1	8	1	302,59	3,0	4055,8	15,63
	018	2	2	8	1	296,67	3,0	4005,1	15,84
50.000	004	1	1	7	1	275,91	4,2	3521,2	15,74
	008	1	2	6	1	306,89	4,7	3137,5	15,19
	013	2	1	6	1	313,21	3,1	3042,3	15,66
	018	2	2	6	1	302,11	3,0	3127,3	15,21

Tabela 6 C -- Resultados Operacionais Demanda 200.000 t.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Estoque Inicial Anhumas	Configuração	Tipo Embarcação	Estratégia	Quant. Caminhões	Quant. Embarcações	Dias util. Embarcações	Tempo Medio das Embarcações (dias)	Ciclo total de viagens de caminhão	Tempo Ciclo Caminhões (horas)
3.000	005	1	1	16	1	319,59	3,67	6641,17	19,10
	010	1	2	14	1	310,41	3,6	6454,1	17,31
	017	2	1	14	2	291,57	4,4	6262,5	17,80
10.000	027	2	2	15	2	281,41	4,2	6414,3	18,59
	007	1	1	15	1	310,41	3,6	6668,2	17,83
	012	1	2	13	1	313,15	3,6	6064,5	17,07
	019	2	1	13	2	297,55	4,5	5872,6	17,58
	027	2	2	14	2	263,55	4,0	6552,4	16,98
25.000	005	1	1	13	1	309,55	3,6	5860,0	17,63
	012	1	2	13	1	306,59	3,5	6027,9	17,17
	018	2	1	12	2	284,74	4,3	5647,6	16,91
	025	2	2	12	2	284,04	4,3	5721,0	16,67
	006	1	1	11	1	305,19	3,5	5092,5	17,12
50.000	010	1	2	10	1	311,11	3,6	4939,8	16,15
	017	2	1	10	2	286,68	4,3	4842,3	16,39
	024	2	2	10	2	295,29	4,4	4696,8	16,90

Tabela 6 D – Resultados Operacionais Demanda 250.000 t.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Estoque Inicial Anhumas	Configuração	Tipo Embarcação	Estratégia	Quant. Caminhões	Quant. Embarcações	Dias util. Embarcações	Tempo Medio das Embarcações (dias)	Tempo total de viagens de caminhão	Tempo Ciclo Caminhões (horas)
3.000	006	1	1	21	2	305,21	5,7	7524,6	22,14
	011	1	2	20	2	314,12	5,8	7263,1	21,81
	019	2	1	21	2	309,50	3,7	7370,8	22,54
	025	2	2	20	2	297,10	3,6	7649,6	20,71
	005	1	1	21	2	294,01	5,4	7575,6	21,97
10.000	010	1	2	19	2	294,55	5,5	7538,0	20,04
	019	2	1	21	2	298,35	3,6	7562,6	21,97
	026	2	2	21	2	287,68	3,5	7680,8	21,66
	003	1	1	17	2	313,58	5,8	6623,0	20,31
	012	1	2	16	2	298,04	5,5	6985,9	18,28
25.000	018	2	1	16	2	308,23	3,7	6815,9	18,68
	025	2	2	20	2	282,43	3,4	7458,8	21,46
	004	1	1	14	2	291,21	5,4	6415,8	17,40
	011	1	2	14	2	297,96	5,5	6253,7	17,76
	018	2	1	15	2	290,73	3,5	6406,7	18,58
50.000	024	2	2	15	2	297,92	3,6	6251,6	19,13

Tabela 6 E – Resultados Operacionais Demanda 300.000 t.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Estoque Inicial Anhumas	Configuração	Tipo Embarcação	Estratégia	Quant. Caminhões	Quant. Embarcações	Dias util. Embarcações	Tempo Ciclo das Embarcações (dias)	tempo total de viagens de caminhão	Tempo Ciclo Caminhões (horas)
3.000	007	1	1	30	2	304,18	4,7	9168,1	25,96
	012	1	2	28	2	313,38	4,8	8825,3	25,10
	020	2	1	31	2	323,37	3,3	8949,9	27,42
	026	2	2	30	2	308,36	3,1	8925,2	26,57
	005	1	1	28	2	311,52	4,8	8672,3	25,59
	011	1	2	27	2	320,48	5,0	8364,3	25,51
10.000	018	2	1	29	2	315,75	3,2	8921,6	25,72
	026	2	2	30	2	301,47	3,0	9015,5	26,38
	004	1	1	27	2	297,27	4,6	8683,8	24,65
	009	1	2	25	2	306,93	4,7	8352,0	23,70
25.000	018	2	1	26	2	313,59	3,2	8354,2	24,62
	025	2	2	26	2	296,47	3,0	8677,4	23,75
	005	1	1	21	2	315,62	4,9	7400,8	22,44
	011	1	2	20	2	300,27	4,6	7725,9	20,58
50.000	021	2	1	23	2	305,64	3,1	7781,3	23,53
	027	2	2	22	2	299,97	3,0	7777,2	22,43

Tabela 6 F – Resultados Operacionais Demanda 350.000 t.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Estoque Inicial Anhumas	Configuração	Tipo Embarcação	Estratégia	Quant. Caminhões	Quant. Embarcações	Dias util. Embarcações	Tempo Ciclo das Embarcações (dias)	Tempo total de viagens de caminhão	Tempo Ciclo Caminhões (horas)
3.000	007	1	1	27	2	291,70	3,9	11621,2	18,39
	011	1	2	24	2	286,60	3,8	11473,1	16,58
	019	2	1	24	3	294,76	3,8	11055,8	17,28
	025	2	2	25	3	286,28	3,7	11116,7	17,83
	005	1	1	25	2	294,27	3,9	11671,6	17,22
10.000	011	1	2	24	2	276,28	3,7	11775,6	16,23
	019	2	1	23	3	289,59	3,7	10967,1	16,70
	025	2	2	23	3	286,55	3,7	11023,5	16,60
	005	1	1	22	2	299,26	4,0	10389,1	16,76
	013	1	2	23	2	280,08	3,7	11008,4	16,63
25.000	018	2	1	22	3	292,67	3,8	10310,3	16,93
	026	2	2	26	2	329,70	2,8	11560,3	17,84
	004	1	1	20	2	303,55	4,0	9283,4	17,10
	012	1	2	21	2	289,22	3,8	9875,8	16,92
50.000	016	2	1	19	3	288,65	3,7	9619,3	15,84
	025	2	2	21	2	329,74	2,8	9960,6	16,77

Tabela 6 G -- Resultados Operacionais Demanda 400.000 t.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Estoque Inicial Anhumas	Configuração	Tipo Embarcação	Estratégia	Quant. Caminhões	Quant. Embarcações	Dias util. Embarcações	Tempo Ciclo das Embarcações (dias)	Tempo total de viagens de caminhão	Tempo Ciclo Caminhões (horas)
3.000	004	1	1	27	3	294,06	5,1	12713,4	16,90
	009	1	2	27	2	309,35	3,6	13010,3	16,48
	020	2	1	28	3	290,52	3,3	12982,8	17,08
	024	2	2	28	3	287,60	3,3	12898,1	17,30
10.000	005	1	1	28	3	291,33	5,1	12384,3	17,88
	011	1	2	29	2	307,64	3,6	12661,0	18,23
	019	2	1	29	3	279,66	3,2	13362,5	17,32
	025	2	2	26	3	300,86	3,4	11978,9	17,23
	006	1	1	29	2	313,16	3,6	12200,5	18,85
25.000	009	1	2	27	2	307,20	3,6	12561,2	17,07
	017	2	1	27	3	293,53	3,3	12383,4	17,44
	024	2	2	25	3	296,78	3,4	11691,4	17,05
	002	1	1	25	2	312,40	3,6	11168,3	17,79
50.000	009	1	2	23	2	314,08	3,6	10713,3	17,05
	016	2	1	24	3	294,65	3,3	11172,5	17,10
	024	2	2	23	3	285,15	3,2	11279,7	16,23

Tabela 6 H – Resultados Operacionais Demanda 500.000 t.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Estoque Inicial Anhumas	Configuração	Tipo Embarcação	Estratégia	Quant. Caminhões	Quant. Embarcações	Dias util. Embarcações	Tempo Ciclo das Embarcações (dias)	Tempo total de viagens de caminhão	Tempo Ciclo Caminhões (horas)
3.000	004	1	1	42	3	306,28	4,3	15490,7	21,53
	010	1	2	44	3	300,93	4,2	15229,4	22,89
	019	2	1	42	4	302,62	3,7	15256,8	21,83
	024	2	2	42	3	316,19	2,9	15548,9	21,44
10.000	005	1	1	41	3	311,53	4,4	14761,8	22,01
	009	1	2	40	3	297,75	4,2	15139,9	20,99
	017	2	1	39	4	304,27	3,7	14922,8	20,72
	024	2	2	39	3	318,11	2,9	15126,0	20,47
25.000	002	1	1	38	3	306,65	4,3	14465,1	20,79
	009	1	2	40	3	294,59	4,1	14709,9	21,54
	016	2	1	38	4	300,69	3,6	14719,2	20,46
	024	2	2	39	3	318,31	2,9	14781,9	20,96
50.000	003	1	1	38	3	294,06	4,1	14531,8	20,79
	009	1	2	38	3	283,04	3,9	14658,8	20,57
	018	2	1	35	4	294,11	3,6	14307,4	19,48
	024	2	2	37	3	316,05	2,9	14295,3	20,56

Nos resultados obtidos da simulação e detalhados no Anexo 4, é

possível notar que em alguns casos, configurações do sistema com frotas superiores às que primeiramente satisfizeram o atendimento da demanda, não conseguiram atender a demanda requerida. No entanto, o único caso em que a primeira configuração do sistema que atendeu a demanda, seguida de uma configuração que não a atendeu e não foi considerada, foi a configuração 017 para a demanda de 500.000 t e estoque inicial 3.000 t. A razão foi de a configuração seguinte não ter atendido a demanda com uma diferença entre a demanda no terminal de Santa Fé e o volume transportado de 6.305 t, que representa 6,88% da demanda, valor considerado alto. Nos demais casos em que situação semelhante ocorreu, e a primeira configuração foi validada, para as configurações posteriores que não atendiam a demanda, a diferença entre a demanda no terminal e o volume transportado para aquele terminal era inferior à 2,6% da demanda, valor considerado como aceitável.

Na Tabela 7 abaixo, podemos observar a comparação entre os valores obtidos no pré-dimensionamento e os obtidos na simulação.

Tabela 7 – Comparação resultados

Demanda (t)	Pré-Dimensionamento						Simulação					
	Rodoviário		Comboio		Automotor		Rodoviário		Comboio		Automotor	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
100,000	4	4	1	1	1	1	3	7	1	1	1	1
150,000	5	6	1	1	1	1	6	10	1	1	1	1
200,000	7	8	1	1	2	2	10	16	1	1	2	2
250,000	9	9	2	2	2	2	14	21	2	2	2	2
300,000	10	11	2	2	2	2	21	30	2	2	2	2
350,000	12	13	2	2	3	3	20	27	2	2	2	3
400,000	13	15	2	2	3	3	23	29	2	3	3	3
500,000	17	18	3	3	4	4	35	44	3	3	3	4

Como citado anteriormente, o pré-dimensionamento é um ponto de partida e não considera a aleatoriedade e variáveis que a simulação consegue considerar. Por esta razão o resultado final da simulação pode, dependendo do sistema, apresentar números bastante diferentes. Como exemplo, podemos citar os tempos de espera em fila e aguardando carga.

Na análise das Tabelas 6 A a H, pode-se notar que com a introdução de mais dois pontos de carga e descarga de caminhões (totalizando 4 pontos) para demandas superiores a 300.000 t., o tempo de ciclo dos caminhões diminuiu sensivelmente, ocasionando uma queda no número total de caminhões necessários para o transporte. A análise com 3 pontos de carga e descarga não foi considerada pelo motivo de só atender à demanda de 350.000 t.

Existem vários modelos de cálculo de custos de equipamentos rodoviários. A sistemática aqui apresentada é a utilizada pelo Sistema SCANIA de Simulação de Custos Operacionais (SISC versão 1.1) da SCANIA do Brasil Ltda,

O transporte rodoviário terá o seu custo focado do ponto de vista de uma empresa de transporte e não contará com a participação de caminhões autônomos.

7.2 O Custo do Modal Rodoviário

Neste capítulo, serão discutidos os custos de cada modal envolvido. No custo do transporte rodoviário da ponta final (do terminal hidrovitário até o consumidor final), será considerado somente o custo variável. Isto se deve ao fato de que o consumidor usualmente envia seu próprio veículo (que normalmente não enfrentaria distâncias muito longas) ou as preferências fazem este transporte final para os pequenos agricultores como um meio de incentivar a produção e, conseqüentemente, melhorar a renda, os níveis de emprego e também aumentar a arrecadação do município.

No chamado transporte rodoviário direto, entre a origem e o destino final, o único custo envolvido é o do frete rodoviário. O sistema intermodal analisado engloba outros custos adicionais além dos de transporte: os de transbordo, os da perda no manuseio do produto e os de armazenamento (que engloba o armazenamento em cada ponto de comercialização e também o armazenamento em trânsito até a chegada ao ponto de comercialização).

7.1 Os Custos Envolvidos

Neste capítulo são apresentadas os critérios adotados na formulação dos custos de cada tipo de transporte e os valores obtidos para cada etapa do transporte intermodal.

7 - Os Custos

que também segue a já tradicional e difundida divisão em custos variáveis e fixos, sendo ainda adicionado o item “custos administrativos” como um recurso adicional de trabalho.

A diferença na utilização desta sistemática é a incorporação de toda uma experiência acumulada pela montadora em relação ao gasto de combustível e aos gastos com peças e mão de obra, nas manutenções dos veículos. Como o SISC permite a introdução do consumo de combustível do veículo escolhido, no caso da escolha de um outro veículo qualquer que não um veículo SCANIA, será necessário a utilização de um fator de correção para os valores de peça de reposição e mão de obra de oficina. A escolha de um veículo SCANIA se deve em função de a montadora ser líder de mercado neste segmento, além de estar presente no mercado brasileiro há bastante tempo.

A) Custos variáveis (CV):

São os custos de ocorrência ligada à efetiva operação do veículo, expressos em unidades monetárias por quilômetro rodado. O critério de cálculo do SISC considera os seguintes itens como variáveis: combustível; óleo do motor; óleo da transmissão; lavagem e lubrificação; pneus, câmaras e recapagens; peças de reposição e mão de obra de oficina.

A.1) Custo de Combustível

O sistema fornece uma estimativa prática de rendimento de cada modelo SCANIA em condições ótimas de operação, ou seja, estradas boas (asfaltada plana), carga útil de 25 toneladas, transporte de líquidos e carga só na ida. Nessas condições é estimado um rendimento base para cada um dos veículos SCANIA já inserido no sistema SISC. Por exemplo, o T 112 HW 4x2 intercooler, sem redução no cubo, tem rendimento estimado em 2,50 km/l e para o mesmo veículo, mas sem intercooler, 2,30 km/l. Obviamente, na maioria das vezes as condições serão diferentes das estabelecidas para o rendimento base. São adotados os seguintes coeficientes de correção para as condições específicas informadas:

A.2) Custo do Óleo de motor

É o preço do litro de óleo do motor, multiplicado pela capacidade do "carter" em litros (quantidade de troca) mais a quantidade de óleo "remontada" (adicional) em litros, no intervalo de troca de óleo, tudo dividido pelo intervalo de troca em quilômetros, conforme especificado pela SCANIA.

$$(\$/\text{km}) \text{ óleo motor} = (\text{cap. carter} + \text{remonte}) \times (\$/\text{litro}) / (\text{intervalo troca})$$

– O percentual de consumo de óleo em relação a combustível é determinado em peso (kg óleo / kg de combustível).

– Os caminhões SCANIA possuem um "carter" com capacidade de 30 litros.

– O máximo consumo de óleo, admitido pela SCANIA como normal, é de 0,6 % do consumo de combustível em peso. A partir daí as condições do motor devem ser verificadas.

– O consumo adotado para efeito de cálculo do sistema é de 0,3 % do consumo de combustível, em litros, o que equivale a aproximadamente 0,35 % em peso.

– O intervalo de troca recomendado é a cada 10.000 km.

A.3) Custo do Óleo de transmissão

É o preço do litro de óleo da transmissão, multiplicado pela capacidade de óleo de transmissão (caixa de câmbio + eixo de tração) em litros, dividido pelo intervalo de troca recomendado pela SCANIA, em quilômetros.

$$(\$/\text{km}) \text{ transm.} = (\text{cap. caixa} + \text{cap. eixo tração}) \times (\$/\text{litro}) / (\text{interv. troca})$$

– O intervalo de troca recomendado é a cada 60.000 km

– Capacidade da caixa de câmbio é de 11,50 litros.

– Capacidade do eixo de tração, sem redução nos cubos, é de 11,50 litros.

É o custo de uma lavagem e lubrificação da composição, dividido pelo intervalo entre lavagens praticada pela empresa, em quilômetros.

Custo da Lavagem e Lubrificação

A.4)

$$(\$/\text{km}) \text{ lav. e lub.} = \$ (\text{lav e lub}) / (\text{intervalo entre lav})$$

— A informação de custo de lavagem e lubrificação, caso a empresa tenha sua própria estação de trabalho, (ou seja, não manda para lavagem em terceiros) deverá ser a soma dos custos diretos (mão-de-obra, material utilizado, água, etc.) por mês, rateado pelo número de lavagens efetuadas no mês por veículo.

— Adaptação: o sistema adota um intervalo entre lavagens de 3.000 km. Caso o real seja diferente, a correção poderá ser efetuada no custo da lavagem e lubrificação, multiplicando-se o valor a ser adotado pela razão entre o intervalo do sistema (3.000 km) e o intervalo real.

Custo de Pneus, câmaras e recapagens

A.5)

É o preço de um pneu novo completo, incluindo câmara e protetor, mais o custo de recapagem/reforma dos pneus, multiplicado pela quantidade média de recapagens praticadas pela empresa por pneu, multiplicado pelo número de pneus da composição e por um fator (1,10) de perdas não recuperáveis, tudo dividido pela vida total média por pneu, incluindo as recapagens consideradas no preço, em quilômetros.

$$(\$/\text{km}) \text{ pneus} = (\$/\text{pneu} + \text{n}^\circ \text{ recap.} \times \$/\text{recap.}) \times \text{n}^\circ \text{ pneus} \times 1,10$$

duração dos pneus (incluindo recap.)

— O número de pneus considera apenas a quantidade rodante, isto é, estes não são considerados.
 — Caso a composição tenha pneus especiais de tração ou direção, a vida média e o preço a serem considerados devem ser as médias ponderadas obtidas entre os diferentes valores, respectivamente.

É o produto de um fator prático, obtido por pesquisa realizada nos últimos anos – base 10.000 km/mês (padrão SCANIA) – igual a 0,00477, por um valor de referência (VR) indexado ao preço do combustível para cada uma das configurações disponíveis, tudo dividido por coeficientes de correção relativos às condições de operação e política de renovação de frota adotada pela empresa e também pela quilometragem mensal base da pesquisa prática (10.000 km/mês).

$$(\$/\text{km}) \text{ peças} = 0,00477 \times \$/\text{litro óleo diesel} \times \text{valor referência (VR)} \\ \frac{(K1) \times (K2) \times (K3) \times (K4) \times (K5) \times 10.000}{}$$

Coefficientes:

(K1) Estradas	Boa	1,00	0,86	0,77
	Media	0,86		
	Ruim	0,77		
(K2) Carga	menos 25 t	1,00	0,90	0,84
	de 25 a 30 t		0,90	
	mais de 30 t		0,84	
(K3) Manutenção	Boa	1,00	0,86	
	Media	0,86		
	Ruim	0,80		
(K4) Segmento	Carga Seca	0,96		
	Granel	0,93		
	Líquidos	1,00		
	Frigorificadores	0,97		
	Granel Mineral	0,88		
	Produtos Químicos	0,96		
	G.L.P.	0,95		
	Bebidas	0,88		

A.6)

Custo das Peças de reposição

(K5) Considera uma política de renovação de frota, com compra de veículos novos, de acordo com o gasto médio mensal durante o período de uso. Abaixo estão os coeficientes utilizados em função da idade média da frota considerada:

1 ano	1,79
2 anos	1,66
3 anos	1,52
4 anos	1,41
5 anos	1,29
6 anos	1,20
7 anos	1,09
8 anos	1,00
9 anos	0,92
10 anos	0,86
11 anos	0,79
12 anos	0,73

O valor de referência (VR) é o valor pesquisado, no qual se baseou a primeira determinação do fator 0,00477, sendo posteriormente indexado à variação do preço do litro de combustível, que foi a que se mostrou mais próxima da variação dos preços dos veículos, dentre os itens que compõem a planilha de custos.

Abaixo estão os valores de referência (VR) equivalentes em litros de combustível para cada configuração de unidade de tração da composição:

4x2 = 570.000 litros
 6x2 = 630.000 litros
 6x4 = 750.000 litros

A.7) Custo da Mão de obra de oficina

Refere-se à mão-de-obra direta que o veículo "necessita" durante o seu período de uso. Assim como peças de reposição, o custo da mão-de-obra de oficina é o produto de um fator prático, obtido por pesquisa realizada – (base 10.000 km – padrão SCANIA), igual a 0,00202, pelo valor de referência (VR) indexado ao preço do combustível, dividido ainda pelos mesmos coeficientes de correção relativos às condições de operação e política de renovação da frota adotada pela empresa, considerados no item peças de reposição.

O valor de referência (VR) será reavaliado pela SCANIA, quando da elaboração de novas versões do sistema, de acordo com as variações médias entre o preço de peças e o valor de mão-de-obra de mecânicos e auxiliares e indexador (preço de combustível), podendo tal indexação ser modificada, caso se mostre necessário

B) **Custos Fixos (CF):**

São os custos que ocorrem independentemente de o veículo estar operando, sendo expressos em unidades monetárias por mês. O critério de cálculo do SISC considera os seguintes itens como fixos:

B.1) Custo Mensal do Investimento - CI

É o equivalente mensal à amortização (valor de reposição) do veículo, incluindo uma remuneração mínima (ganho mínimo sobre o capital investido) sobre o investimento, sem a qual não se justificaria efetuar o trabalho de transporte (custo de oportunidade).

Os fatores envolvidos são:

P = Valor de compra do conjunto escolhido

n = Período estimado para a reposição do veículo (política de renovação)

É a soma dos valores gastos com licenciamento do veículo, durante os anos referentes a seu período de uso, do valor médio anual que se paga com seguros, sempre se tomando em conta o período estimado de uso do veículo, dividido por 12, para transformação em meses, e do valor médio anual que se prevê gastar, por veículo, com outras despesas diretas como: pedágios, "gratificação" para frentistas em postos de abastecimento,

B.3) Licenciamento, seguros e outros

(\$/mês) motorista = salário x n° motoristas x coef. encargos sociais

É o salário mensal pago ao motorista, multiplicado pelo número de motoristas por veículo e também por um fator que expressa a porcentagem dos encargos sociais.

B.2) Motorista

—Scania "R - 360 CV": US\$ 62.500,00
 —Semi-reboque RANDON "bi-trem hopper": US\$ 38.000,00

O valor de aquisição do conjunto rodoviário considerado é o seguinte:

Remuneração = CI - Amortização

$$\text{Amortização} = \frac{(P - Vr) \cdot i^n}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

$$CI = (P - Vr) \cdot \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \times \frac{1}{(1 + i)^n}$$

i = Taxa de juros

revenda)

Vr = Valor que se obtém pelo conjunto após o período de uso (valor de

refeições do motorista, também dividido por 12, para transformação em meses.

Para efeito deste trabalho foram considerados os seguintes gastos:

- Valor anual do licenciamento: US\$ 1.688,30
- Valor anual do seguro: US\$ 3.000,00

C) Custos Administrativos:

É a somatória das despesas mensais (médias) envolvidas na administração da empresa, como: mão-de-obra indireta, material de escritório, estoques, luz, telefone, água, etc., rateada pelo número de veículos necessários.

No Anexo 5 estão as planilhas com os cálculos do custo do transporte rodoviário; para cada demanda, são apresentados os custos de transporte por tonelada, para uma frota de caminhões cujo número de veículos é obtido no modelo de simulação.

7.3 O Custo do Modal Hidroviário

A composição do custo do transporte hidroviário será feita através da utilização da sistemática utilizada pela antiga SUNAMAM e DNTA - Ministério dos Transportes, modificada para atender às peculiaridades da navegação interior.

A escolha desta sistemática foi baseada pela sua ampla utilização e aceitação por parte do mercado. Aqui, como já mostrado no cálculo do custo do modal rodoviário, também é usado o tradicional critério de divisão em custos variáveis e fixos.

A) Custos Variáveis:

São os custos que ocorrem, quando da operação da embarcação. O critério de cálculo tem em conta os custos variáveis em função da distância, considerando os seguintes itens como variáveis: combustível e óleo lubrificante.

A.1) Custo de Combustível: o gasto de combustível é calculado considerando o consumo específico do motor, o peso específico do combustível e a potência do motor.

A.2) Custo de Óleo Lubrificante: o gasto de óleo lubrificante é calculado considerando o consumo específico do motor, o peso específico do óleo lubrificante e a potência do motor.

$$CLDHP = (((\text{consumo específico de combustível} / \text{peso específico de combustível}) \times \text{valor do combustível}) + ((\text{consumo específico de lubrificante} / \text{peso específico de lubrificante}) \times \text{preço do lubrificante})) \times 24 / \text{valor do dólar} \text{ US\$ / hp dia}$$

B) Custos Fixos:

São os custos que ocorrem independentemente de a embarcação estar operando. O critério de cálculo tem em conta os custos fixos por tonelada (efetua a divisão do total dos custos fixos pela tonelagem total movimentada), considerando os seguintes itens como fixos:

- Empurrador: US\$ 539.000,00
- Chatas (2): US\$ 1.022.256,00
- Automotor: US\$ 1.250.002,10

DR = $(1 - \text{rel. valor residual/custo aquisição}) / \text{vida útil embarcação} \times (\text{custo aquisição} \times \text{US\$/dia} \times \text{embarcação} / \text{tempo utilização anual})$

B.2) Custo de investimento - Remuneração do Capital: é calculado um fator que considera uma taxa pré-fixada anual de retorno do capital. Depois é calculada a remuneração do capital empregado, considerado como a diferença entre o valor de aquisição e o valor residual em função deste fator.

FPR = $\frac{((1 + \text{taxa retorno anual} / 100) \times (\text{vida útil embarcação}) - 1)}{(\text{taxa retorno anual} / 100) \times (1 + \text{taxa retorno anual} / 100)}$

REMK = $(\text{custo aquisição embarcação} - (\text{rel. valor residual} / \text{custo aquisição}) \times \text{custo aquisição} \times \text{US\$/dia} \times \text{embarcação} / (1 + \text{taxa retorno anual} / 100) \times (\text{vida útil embarcação}) \times \text{FPR}) / (\text{tempo utilização})$

B.3) Seguro: é calculado segundo uma taxa anual em função do valor de aquisição.

$$CSR = ((\text{taxa seguro anual} / 100) \times \text{custo aquisição embarcação}) / \text{tempo utilização} \text{ US\$/dia}$$

B.4) Manutenção, reparos e docagem: é calculado segundo uma taxa anual em função do valor de aquisição.

$$CMR = ((\% \text{ custo manutenção embarcação em relação ao custo de aquisição} / 100) \times \text{custo aquisição embarcação}) / \text{tempo utilização} \text{ US\$/ dia}$$

B.5) Alimentação da tripulação: é calculado segundo um custo unitário de alimentação por homem por dia.

$$CRR = (365 \times \text{número de tripulantes} \times \text{custo dia alimentação por homem}) / \text{tempo utilização} \text{ US\$/ dia}$$

B.6) Salários da tripulação: é calculado como o custo dos salários diretos acrescidos de uma taxa referente aos encargos sociais.

$$CTR = (365 \times (\text{soma salários tripulação} / 30) \times (1 + (\text{encargos sociais} / 100))) / \text{tempo utilização} \text{ US\$/ dia}$$

B.7) Custos diversos (taxas de vistas, etc.): a sistemática considera como sendo um valor arbitrado equivalente ao dobro do valor dos gastos com a alimentação da tripulação.

$$ODR = (2 \times CRR) \text{ US\$/ dia}$$

B.8) Custos Administrativos: é considerado um valor arbitrado equivalente a 10% da soma dos gastos com depreciação, seguro, manutenção, alimentação, salários, custos diversos e os custos referentes à operação da embarcação por dia.

$$CAD = 0.1 \times (DR + CSR + CMR + CRR + CTR + ODR + CVN) \quad \text{US\$/dia}$$

onde

$$CVN = ((\text{fator utilização potência motor da embarcação} / 100) \times \text{potência instalada motor embarcação}) \times \text{CLDHP} \quad \text{US\$/dia}$$

C) Custo Total:

É a somatória dos custo fixos acrescidos dos custos variáveis multiplicados pela distância.

$$CFN = (CSR + CMR + CRR + CTR + ODR + CAD) = CFN + ((R\text{EMK} / (1 - (\text{taxa imposto renda} / 100))) - (\text{taxa imposto renda} / 100) \times \text{DR} / (1 - (\text{taxa imposto renda} / 100))))$$

$$BB = ((CVN) \times VMED)$$

$$B = BB / \text{capacidade de carga da embarcação}$$

$$\begin{aligned} \text{Ibitinga} &= ((A \times (\text{Tempo Ibitinga} / \text{Tempo Total}) / \text{Carga para Ibitinga}) + (\text{distância Ibitinga (um sentido)} \times B)) \quad \text{US\$/t} \\ \text{Aragatuba} &= ((A \times (\text{Tempo Aragatuba} / \text{Tempo Total}) / \text{Carga para Aragatuba}) + (\text{distância Aragatuba (um sentido)} \times B)) \quad \text{US\$/t} \\ \text{Santa Fé} &= ((A \times (\text{Tempo Santa Fé} / \text{Tempo Total}) / \text{Carga para Santa Fé}) + (\text{distância Santa Fé (um sentido)} \times B)) \quad \text{US\$/t} \end{aligned}$$

A seguir encontra-se a Tabela 8 com o detalhamento da sistemática utilizada no cálculo dos custos do modal hidroviário:

**TABELA 8 – CUSTOS OPERACIONAIS – TRANSPORTE MODAL
HIDROVIÁRIO**

Variáveis utilizadas

REAJUSTA

US = Valor Dólar Comercial Venda

PC = Valor do Combustível (Real/litro)

PL = Valor do Lubrificante (Real/litro)

ENTRA

IHP = Pot. instalada motor embarcação, em hp

CUB = Capacidade de carga da embarcação, t

CE = Custo aquisição embarcação (Emp. ou Autom.), US\$

CCH = Custo aquisição chatas, US\$

ES = Encargos Sociais sobre salários, %

VEL = Velocidade média da embarcação, em nós

K = Rel. valor residual/custo aquisição

N1 = Vida útil embarcação (Emp. ou Autom.), anos

N2 = Vida útil chatas, anos

DIST1 = Distância percorrida em milhas náuticas (NM) até Ibitinga

DIST2 = Distância percorrida em milhas náuticas (NM) até Aracatuba

DIST3 = Distância percorrida em milhas náuticas (NM) até Santa Fé do Sul

TU = Tempo utilização total anual, dias de navegação no ano

T1 = Tempo utilização embarcação no ano para Ibitinga, dias

T2 = Tempo utilização embarcação no ano para Aracatuba, dias

T3 = Tempo utilização embarcação no ano para Santa Fé do Sul, dias

SE = Taxa seguro anual empurrador (automotor), % do valor de aquisição

SCH = Taxa seguro anual chatas, % do valor de aquisição

CEC = Consumo específico combustível, kg/hp/h

CEL = Consumo específico lubrificante, kg/hp/h

GC = Peso específico comb., kg/l

GL = Peso específico lubrificante, kg/l

FPP = Fator utilização por Motor embarcação (Emp. ou Autom.), %

ME = Perc. custo manut. Embarcação (Emp. ou Autom.), % do valor de aquisição

MCH = Perc. custo manut. Chatas, % do valor de aquisição

NT = Numero de tripulantes na embarcação

CDRH = Custo dia alimentação por homem, US\$

J = Taxa retorno anual Capital, %

SST = Soma salários tripulação, US\$

IPR = Imposto Renda considerado, %

DE = quantidade total transportada

QT = quantidade de carga transportada por embarcação

Conjunto de embarcações

Q1 = quantidade transportada para Ibitinga por embarcação, t

Q2 = quantidade transportada para Aracatuba por embarcação, t

Q3 = quantidade transportada para Santa Fé do Sul por embarcação, t

=DE/Conj Emb

CALCULO DO FRETE FLUVIAL

Calculo do tempo de navegação e custos com combustíveis

VMED $= (2/VEL)/24$
CLDHP $= (((CEC/GC)*PC) + ((CEL*1/GL)*PL)) * 24 / US$

Calculo do custo de navegação sem levar em conta o tempo

CVN $= (FPP/100 * IHP) * CLDHP$

Calculo dos custos fixos em geral
 Calculo da amortização da embarcação

DRI $= (1-K/N1) * (CE)$
DR2 $= (1-K/N2) * (CCH)$
DR $= (DRI + DR2)$

Calculo do seguro casco das embarcações

CSR1 $= (SE/100) * (CE)$
CSR2 $= (SCH/100) * (CCH)$
CSR $= (CSR1 + CSR2)$

Calculo do custo de manutenção, reparos e docagem

CMR1 $= (ME/100) * (CE)$
CMR2 $= ((MCH/100) * CCH)$
CMR $= (CMR1 + CMR2)$

Calculo do custo de alimentação com a tripulação

CRR $= (TU * NT * CDRH)$

Calculo do custo de salários com a tripulação

CTR $= (365 * (SST/30) * (1 + (ES/100)))$

Calculo dos custos diversos

ODR $= (2 * CRR)$

Calculo dos custos administrativos

CAD $= 0.1 * (DR + CSR + CMR + CRR + CTR + ODR + CVN)$

Calculo do custo de Capital

FPR1 $= ((J/100) * (1 + (J/100))^{N1}) / ((1 + J/100)^{N1} - 1)$
FPR2 $= ((J/100) * (1 + (J/100))^{N2}) / (((1 + J/100)^{N2} - 1)$
REMK1 $= ((CE - K * CE) / ((J/100)^{N1})) * FPR1$
REMK2 $= ((CCH - K * CCH) / ((J/100)^{N2})) * FPR2$
REMK $= (REMK1 + REMK2)$

US\$/ano

US\$/ano

US\$/ano

US\$/ano

US\$/ano

US\$/ano

US\$/ano

US\$/ano

US\$/dia

US\$/hp dia

dia/NM

Calculo do Custo Fixo a ser considerado na parte A

$$CFN = (CSR + CMR + CR + CTR + ODR + CAD) \\ A = CFN + ((R\text{EMK} / (1 - IPR / 100)) - ((IPR / 100) * DR / (1 - IPR / 100)))$$

Calculo do Custo Variavel a ser considerado na parte B

$$BB = ((CVN) * VMED) \\ B = (BB) / CUB$$

Calculo do frete, por t

D116	Ibitinga	$= ((A * (T1 / TU) / Q1) + (DIST1 * B))$	US\$/t
D118	Aragatuba	$= ((A * (T2 / TU) / Q2) + (DIST2 * B))$	US\$/t
D120	Santa Fé	$= ((A * (T3 / TU) / Q3) + (DIST3 * B))$	US\$/t
		$= D120 * \text{valor dólar comercial venda}$	R\$/t

O custo fixo anual foi dividido proporcionalmente ao tempo de utilização da embarcação no ano, para cada destino.

No Anexo 6, são encontradas as planilhas com os cálculos detalhados do custo do transporte hidroviário para cada demanda e frota definida nos resultados obtidos na simulação.

7.4 O Custo do Transbordo

No sistema aqui analisado, para cada destino final existem dois transbordos, um no carregamento e outro na descarga.

Na estrutura apresentada por LIMA JR (1988), modificada quanto ao critério da remuneração do Capital, os custos e investimentos podem ser caracterizados da seguinte forma:

A) Investimentos Iniciais: são os investimentos necessários para a construção e implantação do terminal de carga.

- a.1) Aquisição do terreno
- a.2) Movimentação de terra
- a.3) Infraestrutura Rodoviária
- a.4) Infraestrutura Ferroviária
- a.5) Atracadero
- a.6) Balanças
- a.7) Edifícios Administrativos
- a.8) Locais de Armazenagem
- a.9) Equipamentos de Movimentação

O valor do investimento inicial total corresponde à somatória de todos os itens apresentados acima, acrescido de uma margem de segurança. Neste estudo, em função das características já mencionadas no Capítulo 3, item 3.3, serão considerados para os terminais de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul apenas os valores correspondentes a Balanças e Equipamentos de Movimentação. Para o terminal de Anhumas, além dos itens mencionados para os outros terminais, serão considerados ainda os valores referentes a Aquisição do Terreno e Edifícios Administrativos.

Custos Operacionais:

b.1) Custos Fixos (CF): são aqueles que independem da carga de trabalho do terminal, ocorrendo, quer ela seja grande ou não. Nesta categoria estão incluídos a remuneração do capital investido, a amortização das instalações e equipamentos, as despesas gerais administrativas e de manutenção de instalações.

b.2) Custos Variáveis (CV): são aqueles que variam em função dos volumes movimentados e estão associados à mão-de-obra operacional, consumo de energia, combustíveis, lubrificantes e manutenção de equipamentos.

Neste trabalho, os valores de investimento e aquisição dos equipamentos utilizados nas operações de transbordo, são considerados os seguintes:

– "Clam-Shell"	US\$ 250.000,00
– Pa carregadeira	US\$ 75.000,00
– Esteira rolante:	US\$ 30.000,00
(capacidade de 200 t/h)	
– Balança rodoviária	US\$ 45.000,00
(capacidade de 400 t/h)	
– Escritório	US\$ 25.000,00
– Escritório	US\$ 13.000,00

A) Para o terminal de Anhumas:

A.1) Amortização das Instalações:

– Terreno	US\$ 50.000,00
– Escritório	US\$ 13.000,00
Total Invest. Instalações	US\$ 63.000,00

AI = \sum (invest. instalações) * (1 / prazo amortização das instalações)

$$AI = 63.000,00 / 10 = 6.300,00$$

(o critério de amortização adotado foi linear com prazo de 10 anos e valor residual nulo)

A.2) Amortização dos equipamentos:

Balança	US\$	25.000,00
- Esteira Rolante	US\$	45.000,00
- Pa carreg.	US\$	75.000,00
Total Aquisição Equipamentos	US\$	145.000,00

AE = \sum (valor aquisição equip.) * ((1 - relação valor residual / valor aquisição) / vida útil equip.)

$$AE = 145.000,00 ((1-0,1) / 5) = 26.100,00$$

(o critério de amortização adotado foi linear com vida útil de 5 anos e valor residual de 10%)

A.3) Remuneração das Instalações:

$$RI = \sum (invest. instalações) * \frac{1}{(1+i)^n} - 1$$

$$RI = 63.000,00 * \frac{0,12 (1+0,12)^{10}}{(1+0,12)^{10} - 1}$$

$$RI = 11.150,00$$

(taxa de rentabilidade de 12% a.a. e prazo de 10 anos)

A.4) Remuneração dos Equipamentos:

$$RB = \sum (invest. Equip. \cdot \frac{Vr}{(1+i)^n}) * \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$RB = (145.000,00 - \frac{14.500,00}{0,12(1+0,12)^5}) * \frac{(1+0,12)^5 - 1}{0,12}$$

$$RB = 37.942,00$$

(taxa de rentabilidade de 12% a.a., vida útil de 5 anos e valor residual (Vr) de 10%)

A.5) Manutenção dos Equipamentos:

$$ME = \text{valor de aquisição} * \text{índice de manutenção}$$

$$ME = 145.000 * 0,05 = 7.250,00$$

(adotado como índice o valor de 5%)

A.6) Manutenção das Instalações:

$$MI = \sum (invest. instalações) * (\text{índice de manutenção do setor})$$

$$MI = 63.000,00 * 0,03 = 1.890,00$$

(adotado como índice de manutenção o valor de 3%)

(custo da Mão de Obra médio no valor de US\$ 2,57 / hora, valores conforme indicado abaixo, obtidos nas empresas com operadores de equipamentos semelhantes e também no Sindicato dos Trabalhadores de Movimentação de Mercadorias em Geral, de Bauru e Pedernheiras; encargos sociais considerados de 100%; "H₁" = número de horas de operação disponíveis da MO no terminal por ano; adotado o valor de 22 dias com 8 horas úteis por mês).

$$MO = 2,57 * (1+1) * 7 * (H_1) = 36,03 * H_1$$

MO = 12 * (salário horário médio da mão-de-obra operacional) * (1 + índice de encargos sociais) * (número de empregados operacionais) * [(período de operação normal do terminal por mês) + ((número de horas de operação do terminal no mês – período de operação normal do terminal no mês) * (1 + adicional de salário, computando trabalho noturno e em dias não úteis)) * C] onde C = (coeficiente igual a 0 ou 1; sendo = 1 para número de horas de operação do terminal > período de operação normal do terminal e = 0 para o contrário)

A.8) Mão de Obra Operacional:

(adotada a forma simplificada de estimar as despesas gerais de administração como sendo 10% da soma de AI, AE, RI, RE, MO, ECL e ME).

$$DA = 0,10 (88.742 + 36,03 * H_1 + 10,67 * H_2)$$

$$+ 36,03 * H_1 + 10,67 * H_2 + 7.250)$$

$$DA = 0,10 (6.300 + 26.100 + 11.150 + 37.942 +$$

$$DA = 0,10 (AI + AE + RI + RE + MO + ECL + ME)$$

A.7) Despesas Gerais de Administração:

equipamentos)

médio região Bauru e Pederneras; "H₂" é o período de operação dos
0,34 /l; lubrificante US\$ 1,57 /l; kilowatt hora US\$ 0,09 /h – valor
Revista Manutenção & Tecnologia n°58 Abril/Maio 2000; diesel US\$
11,19 /h de diesel e 0,36 /h de lubrificante para a pá carregadeira –
(considerado consumo de 70 kWh/h para os equipamentos elétricos;
 $ECL = H_2 * (0,09 * 70 + 0,34 * 11,19 + 1,57 * 0,36) = 10,67 * H_2$

lubrificantes dos equipamentos}}

equipamentos + valor do lubrificante * consumo horário de
combustível * consumo horário de combustível dos
energia * consumo horário dos equipamentos + valor do
ECL= (horas de operação) * {(valor do kilowatt hora de

A.9) Energia, Combustíveis e Lubrificantes:

– 3 vigias

– 2 ajudantes gerais

– 1 operadores de máquina

– 1 encarregado

Pessoal necessário:

– ajudante geral

– encarregado:

– vigia:

– operador de máquina:

Salários sem encargos:

US\$ 229,00 / mês

US\$ 957,45 / mês

US\$ 319,15 / mês

US\$ 797,88 / mês

A.10) Custo Total Operacional:

$$CT = AI + AE + RI + RE + DA + MI + MO + ECL + ME$$

$$CT = 6.300 + 26.100 + 11.150 + 37.942 + 0,10 (88.742 + 36,03 * H_1 + 10,67 * H_2) + 1.890 + 36,03 * H_1 + 10,67 * H_2 + 7.250$$

$$CT = 99.506 + 39,63 * H_1 + 11,74 * H_2$$

B) Para os terminais de Ibitinga, Arapatuba e Santa Fé do Sul:

A.1) Amortização das Instalações:

Não foi considerado conforme Capítulo 3, item 3.3.

A.2)	Amortização dos equipamentos:		
	- Esteira Rolante	US\$	30.000,00
	- Pa carregadeira	US\$	75.000,00
	- "Clam-Shell"	US\$	250.000,00
	<u>Total Aquisição Equipamentos</u>	US\$	355.000,00

$$AE = \sum (\text{valor aquisição equip.}) * ((1 - \text{relação valor residual / valor aquisição}) / \text{vida útil equip.})$$

$$AE = 355.000,00 * ((1 - 0,1) / 5) = 63.900,00$$

(critério de amortização adotado foi o linear com vida útil de 5 anos e valor residual de 10%)

A.3) Remuneração das Instalações:

Não foi considerado conforme Capítulo 3, item 3.3.

A.4) Remuneração dos Equipamentos:

$$RF = \sum (invest. Equip. - Vr) \cdot \frac{(1+i)^n}{i(1+i)^n} - 1$$

$$RF = (355.000,00 - 35.500,00) \cdot \frac{(1+0,12)^5}{0,12(1+0,12)^5} - 1$$

$$RF = 92.892,00$$

(taxa de rentabilidade de 12% a.a., vida útil de 5 anos e valor residual (Vr) de 10%)

A.5) Manutenção dos Equipamentos

MF = valor de aquisição * índice de manutenção

$$MF = 355.000 * 0,05 = 17.750,00$$

(adotado como índice o valor de 5%)

A.6) Manutenção das Instalações:

MI = \sum (invest. instalações) * (índice de manutenção do setor)

$$MI = 1.890,00$$

(adotado o mesmo valor do terminal de Arhumas)

A.7) Despesas Gerais de Administração:

$$DA = 0,10 (DI+DE+RI+RE+MO+ECL+ME) \\ DA = 0,10 (0+63.900+0+92.892+45,12*H_1+ \\ +28,34*H_2+17.750) \\ DA = 0,10 (174.542+45,12*H_1+28,34*H_2)$$

(adotada a forma simplificada de estimar as despesas gerais de administração como sendo 10% da soma de DI, DE, RI, RE, MO, ECL e ME).

A.8) Mão de Obra Operacional:

$$MO = 12 * \{ \text{salário horário médio da mão-de-obra operacional} * (1 + \text{índice de encargos sociais}) * (\text{número de empregados operacionais}) * [(\text{período de operação normal do terminal por mês}) + (\text{número de horas de operação do terminal no mês} - \text{período de operação normal do terminal no mês}) * (1 + \text{adicional de salário, computando trabalho noturno e em dias não úteis}) * C] \}$$

onde C = (coeficiente igual a 0 ou 1; sendo = 1 para número de horas de operação do terminal > período de operação normal do terminal e = 0 para o contrário)

(custo da Mão de Obra médio no valor de US\$ 2,82 / hora, valores conforme indicado abaixo, obtidos nas empresas, com operadores de equipamentos semelhantes e também no Sindicato dos Trabalhadores de Movimentação de Mercadorias em Geral, de Bauru e Pedernheiras; encargos sociais considerados de 100%; "H₁" = número de horas de operação disponíveis da MO no terminal por ano; adotado o valor de 22 dias com 8 horas úteis por mês).

equipamentos).

médio região Bauru e Pedernheiras; "H₂" é o período de operação dos 0,34 l/; lubrificante US\$ 1,57 /l; kilowatt hora US\$ 0,09 /h – valor Revista Manutenção & Tecnologia n°58 Abril/Maio 2000; diesel US\$ 11,19 /h de diesel e 0,36 /h de lubrificante para a pá carregadeira – 48,24 /h de diesel e 1,67 /h de lubrificante para o "Clam-Shell" e (considerado consumo de 55 kWh/h para os equipamentos elétricos;

$$ECL = H_2 * (0,09 * 55 + 0,34 * 59,43 + 1,57 * 2,03) = 28,34 * H_2$$

lubrificantes dos equipamentos}}

ECL = (horas de operação) * {(valor do kilowatt hora de energia * consumo horário dos equipamentos + valor do combustível * consumo horário de lubrificante * consumo horário de equipamentos + valor do lubrificantes dos equipamentos)}

A.9) Energia, Combustíveis e Lubrificantes:

Pessoal necessário:	
– 1 encarregado	
– 2 operadores de máquina	
– 2 ajudantes gerais	
– 3 vigias	
Salários sem encargos:	
– operador de máquina:	US\$ 797,88 / mês
– vigia:	US\$ 319,15 / mês
– encarregado:	US\$ 957,45 / mês
– ajudante geral	US\$ 229,00 / mês

A.10) Custo Total Operacional:

$$CT = DI + DE + RI + RE + DA + MI + MO + ECL + ME$$

$$CT = 0 + 63.900 + 0 + 92.892 + 0,10 (174.542 + 45,12 * H_1 + 28,34 * H_2) + 1.890 + 45,12 * H_1 + 28,34 * H_2 + 17.750 =$$

$$CT = 193.886 + 49,63 * H_1 + 31,17 * H_2$$

C) Custos de Transbordo:

As Tabelas 9A, 9B, 9C e 9D mostram os principais elementos no custo do transbordo. Na primeira coluna, aparece o número de horas anual de mão-de-obra disponível baseado em 8 horas diárias, 22 dias úteis por mês e 11 meses por ano. Este número é utilizado no cálculo do custo da mão de obra (é considerado a utilização de "banco de horas" para compensação de jornadas). Na segunda coluna, esta a demanda anual do terminal; na terceira, a capacidade de produção horária do terminal; na quarta, o número de horas necessárias para a produção da demanda anual, obtido pela divisão da demanda anual pela produção horária do terminal; na quinta, o custo por tonelada do terminal, obtido através da equação do Custo Operacional Total – CT, nos itens A e B acima. O valor de "H₁", considerado no cálculo da mão-de-obra, é o da coluna 1 e de "H₂", no cálculo do equipamento, é o da coluna 4.

TABELA 9A - ANHEMBI

HORAS DISPONÍVEIS DE MÃO DE OBRAS / ANO	DEMANDA ANUAL (t)	CAPACIDADE	HORAS NECESSÁRIAS DE PRODUÇÃO (vh)	OPERACÃO / ANO	CUSTO (US\$ / t)
---	-------------------	------------	------------------------------------	----------------	------------------

1936	100,000	400	250	1,79	0,38
1936	150,000	400	375	1,20	0,91
1936	200,000	400	500	0,91	0,73
1936	250,000	400	625	0,73	0,62
1936	300,000	400	750	0,62	0,53
1936	350,000	400	875	0,53	0,47
1936	400,000	400	1,000	0,47	0,38
1936	500,000	400	1,250	0,38	

TABELA 9B - IBITINGA

HORAS DISPONÍVEIS DE MÃO DE OBRAS / ANO	DEMANDA ANUAL (t)	CAPACIDADE	HORAS NECESSÁRIAS DE PRODUÇÃO (vh)	OPERACÃO / ANO	CUSTO (US\$ / t)
---	-------------------	------------	------------------------------------	----------------	------------------

1936	36,400	200	182	8,12	
1936	54,600	200	273	5,47	
1936	72,800	200	364	4,14	
1936	91,000	200	455	3,34	
1936	109,200	200	546	2,81	
1936	127,400	200	637	2,43	
1936	145,600	200	728	2,15	
1936	182,000	200	910	1,75	

Estes valores serão adicionados aos custos de transporte do sistema intermodal. Os valores do custo do transbordo têm efeito significativo, quando da comparação com a modalidade de transporte rodoviário direto, porém, quando da comparação entre alternativas e equipamentos dentro do sistema intermodal, não exercem nenhuma influência, pois participam da composição de custo, igualmente, em todas as alternativas.

HORAS	DEMANDA ANUAL (t)	CAPACIDADE	HORAS	CUSTO
DISPONÍVEIS DE MO			NECESSÁRIAS DE	
/ ANO			OPERAÇÃO / ANO	(US\$ / t)
1936	18,100	200	91	16,18
1936	27,150	200	136	10,84
1936	36,200	200	181	8,17
1936	45,250	200	226	6,56
1936	54,300	200	272	5,50
1936	63,350	200	317	4,73
1936	72,400	200	362	4,16
1936	90,500	200	453	3,36

TABELA 9D - SANTA FÉ DO SUL

HORAS	DEMANDA ANUAL (t)	CAPACIDADE	HORAS	CUSTO
DISPONÍVEIS DE MO			NECESSÁRIAS DE	
/ ANO			OPERAÇÃO / ANO	(US\$ / t)
1936	45,500	200	228	6,53
1936	68,250	200	341	4,40
1936	91,000	200	455	3,34
1936	113,750	200	569	2,71
1936	136,500	200	683	2,28
1936	159,250	200	796	1,98
1936	182,000	200	910	1,75
1936	227,500	200	1,138	1,43

TABELA 9C - ARAÇATUBA

7.5 O Custo do Sistema Intermodal

O custo do sistema intermodal é dado através da somatória dos custos de transporte rodoviário, hidroviário, de transbordos, de manuseio e de armazenagem.

Como simplificação na abordagem do custo do manuseio e armazenagem, neste estudo, é considerada uma equivalência entre a somatória do valor das perdas ocasionadas pelo manuseio e do custo financeiro de armazenagem (fixa e em trânsito), e os ganhos obtidos na produção do calcário, na jazida, em função do ritmo constante aplicado na produção, possível graças a utilização do sistema intermodal.

O custo rodoviário possui duas componentes: a do transporte inicial (da jazida até o terminal de Anhumas) e a do transporte final (do terminal até o destino final).

Para efeito deste trabalho, conforme exposto no Capítulo 6, será considerada uma distância média do terminal até o destino final da ordem de 100 km e o custo, somente o da parcela referente aos custos variáveis.

Para o transporte rodoviário de ponta, será considerado um veículo marca Mercedes-Benz L-1620 6x2, caminhão usualmente chamado no mercado de "truck", com dois eixos trazeiros e capacidade de carga útil de 15 toneladas, muito utilizado por pequenos agricultores. Será adotado o valor do custo variável publicado pela revista Transporte Moderno, ANO 36, Nº 393 de MAIO de 2000 em sua seção de "Custos Operacionais de Veículos" para o veículo L-1620 que é igual a 0,3032 R\$/km ou 0,1613 US\$/km. Para uma aproximação do custo do terminal até o destino final, será adotada como distância média 2/3 da distância máxima, ou seja, 67 km. Assim teremos como custo rodoviário médio do terminal até o destino final, o valor global de US\$ 10,81 por viagem ou US\$ 0,72/t.

No anexo 7 são encontradas as planilhas com os cálculos do custo do sistema intermodal para cada demanda.

7.6 O Custo do Transporte Rodoviário Direto

Nas considerações para o cálculo do custo do transporte rodoviário direto, desde a jazida até a região de influência de cada terminal hidroviário considerado, foram adotadas as seguintes distâncias médias: região de Ibitinga 196 km, região de Aracatuba 423 km e região de Santa Fé do Sul 448 km.

Na Tabela 10, abaixo, estão relacionadas as rodovias consideradas, a cidade, bem como em que quilometragem da estrada está localizado cada um dos postos de pedágio, as concessionárias de cada trecho, a tarifa cobrada por eixo (base Março 2002) e o sentido de cobrança.

TABELA 10 - Pedágios

R\$ 2,34 = 1 US\$

Piracicaba p/ Ibitinga

Rodovia		Cidade	KM	Concessionária	Tarifa/eixo	Ida	Volta
SP-310 Rod. Washington Luiz	Rio Claro	181	Centrovias	2,48		X	
SP-310 Rod. Washington Luiz	Irapina	216	Centrovias	1,45	X		
SP-310 Rod. Washington Luiz	Aracatuba	282,4	Triângulo do Sol	2,31	X		
Total US\$				3,76			4,79

Sentido

Piracicaba p/ Aracatuba

Rodovia		Cidade	KM	Concessionária	Tarifa/eixo	Ida	Volta
SP-300 Marechal Rondon	Aréopolis	285	DER	2,01	X		
SP-300 Marechal Rondon	Avaí	367	DER	1,79	X		
SP-300 Marechal Rondon	Guaicara	455,5	DER	1,84	X		
Total US\$				5,64			0,00

Sentido

Piracicaba p/ Santa Fé do Sul

Rodovia		Cidade	KM	Concessionária	Tarifa/eixo	Ida	Volta
SP-310 Rod. Washington Luiz	Rio Claro	181	Centrovias	2,48		X	
SP-310 Rod. Washington Luiz	Irapina	216	Centrovias	1,45	X		
SP-310 Rod. Washington Luiz	Aracatuba	282,4	Triângulo do Sol	2,31	X		
SP-310 Rod. Washington Luiz	Aguilha	346,4	Triângulo do Sol	1,54	X		
SP-310 Rod. Washington Luiz	Catiguá	399,5	Triângulo do Sol	2,18	X		
Total US\$				7,48			8,50

Sentido

Para a determinação do custo anual do pedágio, tomou-se por base o número de viagens/mês para cada veículo (obtido quando do cálculo, utilizando-se a sistemática do SISC) e um período de 330 dias de operação, conforme cálculos abaixo:

Ibitinga:	11,49 viagens/mês	x 11 meses	= 126,39 viagens/ano, adotado: 126 viagens/ano
	\$ 8,55 / eixo	x 7 eixos	= \$ 59,85 / viagem
		x 126 viagens	= \$ 7.541,10 / ano
Aragatuba:	6,77 viagens/mês	x 11 meses	= 74,47 viagens/ano, adotado: 74 viagens/ano
	\$ 5,64 / eixo	x 7 eixos	= \$ 38,48 / viagem
		x 74 viagens	= \$ 2.921,52 / ano
Santa Fé do Sul:	6,48 viagens/mês	x 11 meses	= 71,28 viagens/ano, adotado: 71 viagens/ano
	\$ 15,98 / eixo	x 7 eixos	= \$ 111,86 / viagem
		x 71 viagens	= \$ 7.942,06 / ano

No Anexo 8, nas planilhas de custo do transporte rodoviário direto para cada região, está o cálculo detalhado dos valores apresentados abaixo:

- valor do transporte rodoviário até a região de Ibitinga
US\$ 14,92/t
- valor do transporte rodoviário até a região de Aracatuba
US\$ 25,84/t
- valor do transporte rodoviário até a região de Santa Fé do Sul
US\$ 28,91/t.

8 - A Análise do Desempenho Econômico do Sistema

e Conclusões

8.1 Apresentação dos Resultados:

A partir dos dados obtidos na simulação dos vários cenários observados, apresentados nas Tabelas 6 A a H, no Capítulo 6, e dos custos demonstrados no Capítulo 7, são apresentadas no Anexo 7 as tabelas detalhadas do custo do sistema intermodal para cada situação em cujas colunas são informadas: a estratégia adotada (“1” ou “2”); a demanda anual considerada (t/ano); o estoque inicial no terminal de Anhumas; o destino considerado; o tipo de embarcação; a quantidade de embarcações; a quantidade de caminhões; o custo do transporte hidroviário; o custo do transporte rodoviário da jazida até o terminal hidroviário; o custo unitário do transbordo de origem (Anhumas); o custo unitário do transbordo de destino (Ibitinga, Aracatuba ou Santa Fé do Sul); o custo rodoviário de ponta (do terminal até o consumidor final); e o custo total do sistema desde a origem (jazida) até o destino final (consumidor final).

Nas Tabelas 11, a seguir, são apresentados os valores totais gastos na movimentação do calcário, com a indicação da melhor alternativa de transporte para cada demanda. As Tabelas 11 foram elaboradas da seguinte maneira:

Colunas de (1) a (4): Dados gerais

- (1): demanda por ano em toneladas
- (2): valores considerados para o estoque inicial no terminal de Anhumas.
- (3): destino hidroviário considerado
- (4): tipo de embarcação

Colunas de (15) a (17): Comparação do custo entre as estratégias e as embarcações.
-(15): indicação do menor custo total de movimentação para o Comboio e para o Automotor.
-(16): indicação da estratégia referente ao custo e a embarcação da coluna
-(17): indicação da estratégia e embarcação com o menor custo total de movimentação.

Colunas de (10) a (14): Dados referentes à estratégia 2
-(10): estratégia considerada.
-(11): quantidade de carga movimentada por destino, em toneladas.
-(12): custo do sistema, por tonelada, conforme tabelas de custos do sistema encontradas no Anexo 7.
-(13): cálculo do custo de movimentação do calçário para cada destino e para cada tipo de embarcação, obtido através do produto do valor da coluna (11) pelo da (12).
-(14): cálculo do custo total de movimentação da estratégia 2, por tipo de embarcação, obtido pela soma do custo de movimentação para a região de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul.

Colunas de (5) a (8): Dados referentes a estratégia 1
-(5): estratégia considerada.
-(6): quantidade de carga movimentada por destino, em toneladas.
-(7): custo do sistema, por tonelada, conforme tabelas de custos do sistema encontradas no Anexo 7.
-(8): cálculo do custo de movimentação do calçário para cada destino e para cada tipo de embarcação, obtido através do produto do valor da coluna (6) pelo da (7).
-(9): cálculo do custo total de movimentação da estratégia 1, por tipo de embarcação, obtido pela soma do custo de movimentação para a região de Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul.

movimentação.
Coluna (21): Apresentação da alternativa que obteve o menor custo total de

Ibitinga, Aracatuba e Santa Fé do Sul.
direto, obtido pela soma do custo da movimentação para as regiões de

-(20): cálculo do custo total de movimentação do transporte rodoviário
coeficiente de distribuição de carga de cada região constante na página 15.

obtido através da multiplicação do custo unitário pela demanda anual e pelo
-(19): cálculo do custo de movimentação do transporte rodoviário direto,

-(18): custo unitário de transporte, conforme tabelas Anexo 8.

Colunas de (18) a (20): Dados referentes ao transporte rodoviário direto.

TABELA 11 – A

Demanda (Vano)	Estoque Inicial Anhumas	Destino	Tipo Embarca- ção	Estratégia	Carga		Custo Sistema (US\$/t)	Custo de movimentação por destino estratégia 1 (US\$)	Custo total de movimentação por tipo de embarcação estratégia 1 (US\$)	Estratégia	Carga		Custo Sistema (US\$/t)	Custo de Movimentação por destino Estratégia 2 (US\$)	Custo total de movimentação por tipo de embarcação estratégia 2 (US\$)	Menor custo de embarcação (US\$)	Estratégia mais econômica	Estratégia e tipo de embarcação mais econômica	Custo rodoviário direto (US\$/t)	Custo de movimentação rodoviária direta por destino (US\$)	Custo total de movimentação rodoviária direta (US\$)	Melhor Alternativa de Transporte
					movimentada	Sistema					movimentada	Sistema										
100 000	3 000	Ibilinga	Comboio Automotor	1	37 408	20 83	779 209	2 409 262	37 408	21 19	792 676	2 412 990	2 409 262	1	Estratégia 2	14 92	543 088	2 242 079	RODOVIÁRIO			
					36 360	20 38	741 017	2 347 735	36 360	19 94	725 018	2 334 585	2 334 585	2	Estratégia 1	25 84	1 175 720	2 242 079	RODOVIÁRIO			
					46 780	21,60	1 010 016	2 347 735	46 780	21,71	1 002 481	2 334 585	2 334 585	2	Estratégia 2	25 84	1 175 720	2 242 079	RODOVIÁRIO			
	10 000	Aragabalba	Comboio Automotor	1	18 704	33 15	620 038	2 347 735	18 704	33 03	617 793	2 332 297	2 333 297	2	Estratégia 2	28 91	523 271	2 242 079	RODOVIÁRIO			
					19 695	32 68	643 633	2 347 735	19 695	32 94	648 753	2 332 297	2 333 297	2	Estratégia 1	28 91	523 271	2 242 079	RODOVIÁRIO			
					37 408	20,95	783 699	2 410 478	37 408	21,14	790 805	2 395 144	2 395 144	2	Estratégia 2	14 92	543 088	2 242 079	RODOVIÁRIO			
	25 000	Ibilinga	Comboio Automotor	1	36 360	20 15	732 654	2 410 478	36 360	20 07	729 745	2 395 144	2 395 144	2	Estratégia 2	14 92	543 088	2 242 079	RODOVIÁRIO			
					46 780	21,57	1 008 613	2 336 069	46 780	21,60	998 978	2 333 297	2 333 297	2	Estratégia 1	25 84	1 175 720	2 242 079	RODOVIÁRIO			
					45 450	21,10	958 995	2 336 069	45 450	21,09	958 541	2 333 297	2 333 297	2	Estratégia 2	25 84	1 175 720	2 242 079	RODOVIÁRIO			
	50 000	Aragabalba	Comboio Automotor	1	18 704	33,05	618 167	2 318 790	18 704	32,90	615 362	2 318 844	2 318 844	1	Estratégia 2	28 91	523 271	2 242 079	RODOVIÁRIO			
					19 695	32,72	644 420	2 318 790	19 695	32,75	645 011	2 318 844	2 318 844	1	Estratégia 1	28 91	523 271	2 242 079	RODOVIÁRIO			
					37 408	21,00	785 568	2 414 219	37 408	20,97	784 446	2 411 881	2 411 881	2	Estratégia 2	14 92	543 088	2 242 079	RODOVIÁRIO			
100 000	Ibilinga	Comboio Automotor	1	36 360	20 18	733 745	2 414 219	36 360	20 05	729 018	2 411 881	2 411 881	2	Estratégia 2	14 92	543 088	2 242 079	RODOVIÁRIO				
				46 780	21,61	1 010 484	2 318 790	46 780	21,60	1 010 016	2 332 373	2 318 790	1	Estratégia 1	25 84	1 175 720	2 242 079	RODOVIÁRIO				
				45 450	20,92	950 814	2 318 790	45 450	21,09	958 541	2 332 373	2 318 790	1	Estratégia 2	25 84	1 175 720	2 242 079	RODOVIÁRIO				
50 000	Aragabalba	Comboio Automotor	1	18 704	33,05	618 167	2 318 790	18 704	33,01	617 419	2 318 844	2 318 844	1	Estratégia 2	28 91	523 271	2 242 079	RODOVIÁRIO				
				19 695	32,41	634 231	2 318 790	19 695	32,74	644 814	2 318 844	2 318 844	1	Estratégia 1	28 91	523 271	2 242 079	RODOVIÁRIO				
				37 408	20,56	789 108	2 399 256	37 408	20,95	783 698	2 398 340	2 398 340	2	Estratégia 2	14 92	543 088	2 242 079	RODOVIÁRIO				
100 000	Aragabalba	Comboio Automotor	1	36 360	20 01	727 564	2 399 256	36 360	19 97	726 109	2 398 340	2 398 340	2	Estratégia 2	14 92	543 088	2 242 079	RODOVIÁRIO				
				46 780	21,55	1 007 678	2 321 071	46 780	21,48	1 000 216	2 318 844	2 318 844	2	Estratégia 1	25 84	1 175 720	2 242 079	RODOVIÁRIO				
				45 450	20,96	952 632	2 321 071	45 450	20,93	951 269	2 318 844	2 318 844	2	Estratégia 2	25 84	1 175 720	2 242 079	RODOVIÁRIO				
100 000	Santa Fé	Comboio Automotor	1	18 704	33,28	622 469	2 321 071	18 704	32,95	614 426	2 318 844	2 318 844	1	Estratégia 2	28 91	523 271	2 242 079	RODOVIÁRIO				
				19 695	32,54	640 875	2 321 071	19 695	32,57	641 456	2 318 844	2 318 844	1	Estratégia 1	28 91	523 271	2 242 079	RODOVIÁRIO				
				37 408	20,56	789 108	2 399 256	37 408	20,95	783 698	2 398 340	2 398 340	2	Estratégia 2	14 92	543 088	2 242 079	RODOVIÁRIO				

TABELA 11-B

Demanda (t/ano)	Estoque Inicial Anútuas	Destino	Tipo Embarca ção	Estratégia	Carga		Custo Sistema (US\$/t)	Custo de movimentação por destino estratégia 1 (US\$)	Custo total de movimentação por tipo de embarcação estratégia 1 (US\$)	Estratégia	Carga		Custo Sistema (US\$/t)	Custo de Movimentação por destino Estratégia 2 (US\$)	Custo total de movimentação por tipo de embarcação estratégia 2 (US\$)	Menor custo de embarcação (US\$)	Estratégia mais econômica	Estratégia e tipo de embarcação mais econômicas	Custo rodoviário direto (US\$/t)	Custo de movimentação rodoviária direta por destino (US\$)	Custo total de movimentação rodoviária direta (US\$)	Melhor Alternativa de Transporte
					movimentada	por destino (t)					movimentada	por destino (t)										
3 000	Ibilinga	Comboto Automotor	1	1	56 112	15 78	885 447	Comboto 2 769 127	56 112	15 72	882 081	Comboto 2 765 620	Comboto 2 765 620	2	Estratégia 2	14 92	814 632	3 363 119	MULTIMODAL			
					54 540	15 32	835 533	Automotor 2 671 293	54 540	15 18	827 917	Automotor 2 668 218	Automotor 2 668 218	2	Estratégia 2	25 84	1 763 580					
					70 140	16 84	1 181 158	Automotor 2 671 293	70 140	16 83	1 180 456	Automotor 2 668 218	Automotor 2 668 218	2	Estratégia 2	28 91	784 907					
10 000	Ibilinga	Comboto Automotor	1	1	56 112	15 74	883 203	Comboto 2 755 428	56 112	15 65	878 153	Comboto 2 744 226	Comboto 2 744 226	2	Estratégia 1	14 92	814 632	3 363 119	MULTIMODAL			
					54 540	15 30	834 462	Automotor 2 664 330	54 540	15 12	824 645	Automotor 2 664 330	Automotor 2 664 330	1	Estratégia 1	25 84	1 763 580					
					70 140	16 79	1 177 651	Automotor 2 664 330	69 750	16 73	1 166 918	Automotor 2 664 552	Automotor 2 664 330	1	Estratégia 1	28 91	784 907					
25 000	Ibilinga	Comboto Automotor	1	1	27 861	24 93	894 575	Comboto 2 773 195	27 861	24 92	899 156	Comboto 2 742 614	Comboto 2 742 614	2	Estratégia 1	14 92	814 632	3 363 119	MULTIMODAL			
					28 405	24 77	703 617	Automotor 2 653 962	28 056	24 84	715 019	Automotor 2 653 962	Automotor 2 653 962	1	Estratégia 1	25 84	1 763 580					
					56 112	15 77	884 886	Comboto 2 773 195	56 112	15 58	874 225	Comboto 2 742 614	Comboto 2 742 614	2	Estratégia 1	28 91	784 907					
50 000	Ibilinga	Comboto Automotor	1	1	56 112	15 62	876 469	Comboto 2 753 556	56 112	15 69	880 397	Comboto 2 740 594	Comboto 2 740 594	2	Estratégia 2	14 92	814 632	3 363 119	MULTIMODAL			
					54 540	15 20	823 008	Automotor 2 652 176	54 540	15 07	821 918	Automotor 2 643 494	Automotor 2 643 494	2	Estratégia 2	25 84	1 763 580					
					70 140	16 77	1 176 248	Automotor 2 652 176	69 750	16 69	1 164 128	Automotor 2 643 494	Automotor 2 643 494	2	Estratégia 2	28 91	784 907					
150 000	Santa Fé	Comboto Automotor	1	1	28 056	24 98	700 839	Comboto 2 753 556	28 056	24 81	696 059	Comboto 2 740 594	Comboto 2 740 594	2	Estratégia 2	28 91	784 907	3 363 119	MULTIMODAL			
					28 533	24 64	703 053	Automotor 2 652 176	28 056	24 83	708 975	Automotor 2 643 494	Automotor 2 643 494	2	Estratégia 2	28 91	784 907					
					28 056	24 69	703 644	Automotor 2 652 176	28 056	24 74	712 141	Automotor 2 653 962	Automotor 2 653 962	1	Estratégia 1	28 91	784 907					

TABELA 11 – C

Demanda	Estoque Inicial	Destino	Tipo Embarcação	Estratégia	Carga movimentada	Custo Sistema (US\$)	Custo de movimento por destino estratégia 1 (US\$)	Custo total de movimento por tipo de embarcação estratégia 1 (US\$)	Estratégia	Carga movimentada	Custo Sistema (US\$)	Custo de movimento por destino estratégia 2 (US\$)	Custo total de movimento por tipo de embarcação estratégia 2 (US\$)	Menor custo de embarcação (US\$)	Estratégia 1 mais econômica	Estratégia 2 mais econômica	Custo rodoviário direto (US\$)	Custo de movimento rodoviário direta por destino (US\$)	Custo total de movimento rodoviário direto (US\$)	Melhor Alternativa de Transporte
200 000	3 000	Ibitinga	Comboto	1	74 816	13,59	1 016 749	Comboto	2	74 816	13,31	995 801	Comboto	3 107 201	2	Estratégia 2	14,92	1 086 176	4 484 158	MULTIMODAL
			Automotor		72 720	15,87	1 154 066	Automotor		72 720	15,93	1 158 430	Automotor							
		Aragulha	Comboto	1	91 182	14,81	1 350 405	Automotor	2	90 792	14,57	1 327 839	Automotor	3 681 459	1	Embarcação Comboto	25,84	2 351 440	4 484 158	
			Automotor		90 900	17,48	1 588 932	Automotor		90 900	17,61	1 600 749	Automotor							
		Serra Fê	Comboto	1	37 408	21,29	796 416	Automotor	2	37 408	21,08	788 561	Automotor	3 619 859	2	Estratégia 2	28,91	1 046 542	4 484 158	
			Automotor		37 876	24,19	916 220	Automotor		37 876	24,35	922 281	Automotor							
	25 000	Ibitinga	Comboto	1	74 816	13,37	1 000 290	Comboto	2	74 816	13,28	993 556	Comboto	3 103 461	2	Estratégia 2	14,92	1 086 176	4 484 158	MULTIMODAL
			Automotor		72 720	15,89	1 155 521	Automotor		72 720	15,60	1 134 432	Automotor							
		Aragulha	Comboto	1	91 182	14,63	1 333 993	Automotor	2	91 182	14,52	1 323 963	Automotor	3 632 009	2	Embarcação Comboto	25,84	2 351 440	4 484 158	
			Automotor		90 900	17,48	1 588 932	Automotor		90 900	17,38	1 579 842	Automotor							
		Serra Fê	Comboto	1	37 408	21,15	791 179	Automotor	2	37 408	21,01	785 942	Automotor	3 619 859	2	Estratégia 2	28,91	1 046 542	4 484 158	
			Automotor		37 244	24,15	899 443	Automotor		37 876	24,23	917 735	Automotor							
50 000	Ibitinga	Comboto	1	74 816	13,35	998 794	Comboto	2	74 816	13,27	992 808	Comboto	3 106 407	2	Estratégia 2	14,92	1 086 176	4 484 158	MULTIMODAL	
		Automotor		72 720	15,72	1 143 158	Automotor		72 720	15,68	1 140 250	Automotor								
	Aragulha	Comboto	1	91 182	14,60	1 331 257	Automotor	2	91 182	14,54	1 325 788	Automotor	3 626 843	2	Embarcação Comboto	25,84	2 351 440	4 484 158		
		Automotor		90 900	17,38	1 578 024	Automotor		90 900	17,33	1 575 297	Automotor								
	Serra Fê	Comboto	1	37 408	21,10	789 309	Automotor	2	37 408	21,06	787 812	Automotor	3 619 859	2	Estratégia 2	28,91	1 046 542	4 484 158		
		Automotor		37 876	24,10	912 812	Automotor		37 876	24,08	911 297	Automotor								
50 000	Ibitinga	Comboto	1	74 816	13,26	992 060	Comboto	2	74 816	13,13	982 334	Comboto	3 076 434	2	Estratégia 2	14,92	1 086 176	4 484 158	MULTIMODAL	
		Automotor		72 720	15,66	1 138 785	Automotor		72 720	15,77	1 146 794	Automotor								
Aragulha	Comboto	1	91 182	14,53	1 324 874	Automotor	2	91 182	14,40	1 313 021	Automotor	3 636 115	1	Embarcação Comboto	25,84	2 351 440	4 484 158			
	Automotor		90 800	17,29	1 571 661	Automotor		90 900	17,36	1 576 024	Automotor									
Serra Fê	Comboto	1	37 408	21,05	787 438	Automotor	2	37 408	20,88	781 079	Automotor	3 619 859	2	Estratégia 2	28,91	1 046 542	4 484 158			
	Automotor		37 876	24,01	909 403	Automotor		37 876	24,06	911 297	Automotor									

TABELA 11 - D

Demanda (Vano)	Etiqueta Inicial	Destino	Tipo Embarcação	Estratégia	Carga movimentada por destino (t)	Custo Sistema (US\$)	Custo de movimento por destino estratégia 1 (US\$)	Custo total de movimento por tipo de embarcação estratégia 1 (US\$)	Estratégia	Carga movimentada por destino (t)	Custo Sistema (US\$)	Custo de movimento por destino Estratégia 2 (US\$)	Custo total de movimento por tipo de embarcação estratégia 2 (US\$)	Menor custo total por tipo de embarcação (US\$)	Estratégia econômica	Estratégia e tipo de embarcação mais econômicas	Custo rodoviário direto (US\$)	Custo de movimentação rodoviária direta por destino (US\$)	Custo total de movimentação rodoviária direta (US\$)	Meio de Transporte						
250 000	3 000	Ibilinga	Comboto	1	91 182	15,02	1 369 554	Comboto	2	91 182	15,03	1 370 465	Comboto	4 261 512	Comboto	2	Estratégia 2	14,92	1 357 720	5 605 198	MULTIMODAL					
			Automotor			14,43	1 311 687	4 276 312		Automotor	4 089 750	Automotor	25,84	2 939 300	5 605 198											
		Araguaíba	Comboto			16,46	1 885 691	Automotor		113 994	16,44	1 664 197	Automotor	113 626	15,83	1 798 700	Automotor	4 089 750	Automotor	2		Embarcação Automotor	28,91	1 308 178		
			Automotor			16,11	1 830 515	4 139 004		113 626	15,83	1 798 700	4 089 750	Automotor	28,91	1 308 178										
		Serra Fª	Comboto			22,02	1 021 067	Comboto		46 370	21,96	1 026 850	Comboto	46 760	21,96	1 026 850	Comboto	4 205 357	Comboto	2		Estratégia 2	14,92	1 357 720	5 605 198	MULTIMODAL
			Automotor			21,75	996 803	4 274 646		46 966	21,53	1 011 178	4 205 357	Automotor	14,16	1 287 144	Automotor	4 120 247	Automotor	2		Embarcação Automotor	28,91	1 308 178		
	10 000	Ibilinga	Comboto	1	91 182	14,94	1 362 259	Comboto	2	91 182	14,69	1 339 464	Comboto	4 205 357	Comboto	2	Estratégia 2	14,92	1 357 720	5 605 198	MULTIMODAL					
			Automotor			14,26	1 296 234	4 274 646		90 900	14,16	1 287 144	4 205 357	Automotor	16,17	1 849 331	Automotor	4 120 247	Automotor	28,91		1 308 178				
	250 000	Araguaíba	Comboto	1	114 562	16,44	1 883 399	Automotor	2	114 562	15,96	1 813 471	Automotor	4 120 247	Automotor	4 008 033	Automotor	1	Embarcação Automotor	28,91	1 308 178					
			Automotor			16,01	1 819 152	4 134 548		113 626	15,96	1 813 471	4 120 247	Automotor	28,91	1 308 178										
		Serra Fª	Comboto	1	46 760	22,01	1 029 188	Comboto	2	46 760	21,74	1 016 562	Comboto	4 133 378	Comboto	2	Estratégia 1	14,92	1 357 720	5 605 198	MULTIMODAL					
			Automotor			21,70	1 019 162	4 212 006		46 966	21,71	1 019 632	4 133 378	Automotor	14,11	1 282 599	Automotor	4 008 033	Automotor	28,91		1 308 178				
25 000		Ibilinga	Comboto	1	91 182	14,81	1 350 405	Comboto	2	91 182	14,47	1 319 404	Comboto	4 133 378	Comboto	2	Estratégia 1	14,92	1 357 720	5 605 198	MULTIMODAL					
			Automotor			13,88	1 261 692	4 212 006		90 900	14,11	1 282 599	4 133 378	Automotor	15,95	1 808 634	Automotor	4 008 033	Automotor	28,91		1 308 178				
50 000	Araguaíba	Comboto	1	114 562	16,22	1 858 196	Automotor	2	113 994	15,94	1 811 198	Automotor	4 033 952	Automotor	4 015 029	Automotor	1	Embarcação Automotor	28,91	1 308 178						
		Automotor			15,36	1 768 021	4 008 033		113 626	15,94	1 811 198	4 033 952	Automotor	15,61	1 773 702	Automotor	4 015 029	Automotor	28,91	1 308 178						
Serra Fª	Comboto	1	46 176	21,73	1 003 404	21,50	1 005 340	Comboto	2	46 760	21,73	1 020 571	Comboto	4 112 799	1	Estratégia 1	14,92	1 357 720	5 605 198	MULTIMODAL						
																					Automotor	21,23	978 321	4 112 799	Automotor	13,86
50 000	Ibilinga	Comboto	1	91 182	14,29	1 302 991	Comboto	2	91 182	14,38	1 311 197	Comboto	4 120 955	Comboto	1	Estratégia 1	14,92	1 357 720	5 605 198	MULTIMODAL						
		Automotor			13,76	1 250 784	4 112 799		90 900	13,86	1 259 874	4 112 799	Automotor	15,86	1 807 691	4 033 952	Automotor	28,91	1 308 178							
Araguaíba	Comboto	1	114 562	15,80	1 810 080	15,86	1 807 691	Automotor	2	113 978	15,86	1 773 702	Automotor	4 015 029	1	Estratégia 1	28,91	1 308 178	5 605 198	MULTIMODAL						
																					Automotor	15,54	1 765 748	4 015 029	113 626	15,61
Serra Fª	Comboto	1	46 760	21,38	999 729	21,43	1 002 067	Comboto	2	46 966	21,30	1 000 378	Comboto	4 015 029	1	Estratégia 1	28,91	1 308 178	5 605 198	MULTIMODAL						
																					Automotor	21,26	998 497	4 015 029	46 966	21,30

TABELA 11 – E

Demanda	Estoque Inicial	Destino	Tipo Embarcação	Estratégia	Carga	Custo Sistema	Custo de movimentação por destino	Custo total de movimentação por tipo de embarcação	Estratégia	Carga	Custo Sistema	Custo de movimentação por destino	Custo total de movimentação por tipo de embarcação	Menor custo de embarcação	Estratégia e tipo de embarcação	Custo rodoviário direto	Custo de movimentação rodoviária direta por destino	Custo total de movimentação rodoviária direta	Melhor Alternativa de Transporte
(Item)	(t)		ção		(t)	(US\$/t)	(US\$)	(US\$)		(t)	(US\$/t)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	mais econômica	(US\$/t)	(US\$)	(US\$)	
300 000	3 000	Ibilunga	Comboto Automotor	1	109 886	14,00	1 538 404	Comboto 4 830 074	2	109 886	13,91	1 528 514	Comboto 4 795 215	Comboto 4 795 215	2	14,92	1 629 264	1 629 264	MULTIMODAL
		Aragabal	Comboto Automotor	1	137 942	15,54	2 143 619	Automotor 4 711 928	2	137 942	15,42	2 127 066	Automotor 4 685 991	Automotor 4 685 991	2	25,84	3 527 160	6 726 237	MULTIMODAL
		Santa Fé	Comboto Automotor		56 112	20,46	1 148 052			56 112	20,31	1 139 635				28,91	1 569 813		MULTIMODAL
	10 000	Ibilunga	Comboto Automotor		109 886	13,98	1 536 206	Comboto 4 802 527		109 886	14,02	1 540 602	Comboto 4 791 510	Comboto 4 791 510	2	14,92	1 629 264		MULTIMODAL
		Aragabal	Comboto Automotor	1	137 942	15,50	2 138 101	Automotor 4 650 421	2	135 994	15,50	2 107 907	Automotor 4 680 855	Automotor 4 650 421	1	25,84	3 527 160	6 726 237	MULTIMODAL
		Santa Fé	Comboto Automotor		55 332	20,39	1 128 219			56 112	20,37	1 143 001				28,91	1 569 813		MULTIMODAL
	25 000	Ibilunga	Comboto Automotor		109 886	13,78	1 514 229	Comboto 4 772 092		109 886	13,68	1 503 240	Comboto 4 734 193	Comboto 4 734 193	2	14,92	1 629 264		MULTIMODAL
		Aragabal	Comboto Automotor	1	137 942	15,36	2 118 789	Automotor 4 602 989	2	137 942	15,23	2 100 857	Automotor 4 569 078	Automotor 4 569 078	2	25,84	3 527 160	6 726 237	MULTIMODAL
		Santa Fé	Comboto Automotor		56 112	20,30	1 139 074			56 112	20,14	1 130 096				28,91	1 569 813		MULTIMODAL
	50 000	Ibilunga	Comboto Automotor		109 886	13,54	1 487 856	Comboto 4 678 329		109 886	13,23	1 453 792	Comboto 4 594 715	Comboto 4 594 715	2	14,92	1 629 264		MULTIMODAL
		Aragabal	Comboto Automotor	1	137 942	15,05	2 076 027	Automotor 4 547 262	2	137 552	14,79	2 034 394	Automotor 4 511 005	Automotor 4 511 005	2	25,84	3 527 160	6 726 237	MULTIMODAL
		Santa Fé	Comboto Automotor		55 045	19,92	1 096 516			56 112	19,75	1 106 529				28,91	1 569 813		MULTIMODAL

TABELA 11-F

Demanda (Vano)	Estoque Inicial Anhumas	Destino	Tipo Embarca- ção	Estratégia	Carga movimentada por destino (t)	Custo Sistema (US\$/t)	Custo de movimentação por destino estratégia 1 (US\$)	Custo total de movimentação por tipo de embarcação estratégia 1 (US\$)	Estratégia	Carga movimentada por destino (t)	Custo Sistema (US\$/t)	Custo de movimentação por destino estratégia 2 (US\$)	Custo total de movimentação por tipo de embarcação estratégia 2 (US\$)	Menor custo de embarcação (US\$)	Estratégia mais econômica	Estratégia e tipo de embarcação mais econômicas	Custo rodoviário direto (US\$/t)	Custo de movimentação rodoviária direta por destino (US\$)	Custo total de movimentação rodoviária direta (US\$)	Melhor Alternativa de Transporte	
																					1
350 000	3 000	Ibilinga	Comboio Automotor		128 590 127 260	12,35 13,42	1 588 087 1 707 829	Comboio 5 047 485		128 590 127 260	11,51 12,89	1 480 071 1 040 381	Comboio 4 743 171	Comboio 4 743 171	2	Estratégia 2	14,92	1 900 808	7 847 277	MULTIMODAL	
		Aracaju	Comboio Automotor	1	158 984 159 075	13,94 15,26	2 216 237 2 427 485	Automotor 5 452 713	2	158 984 159 075	13,22 14,87	2 101 788 2 365 445	Automotor 5 278 109	Automotor 5 278 109	2	Embarcação Comboio	25,84	4 115 020	7 847 277		
		Santa Fé	Comboio Automotor		65 464 64 389	18,99 20,46	1 243 161 1 317 399			65 464 64 389	17,74 19,53	1 161 331 1 272 282					28,91	1 831 449			
	25 000	10 000	Ibilinga	Comboio Automotor		128 590 127 260	12,18 13,29	1 566 226 1 691 285	Comboio 4 985 879		128 590 127 260	11,43 12,71	1 469 784 1 617 475	Comboio 4 726 805	Comboio 4 726 805	2	Estratégia 2	14,92	1 900 808	7 847 277	MULTIMODAL
			Aracaju	Comboio Automotor	1	158 984 159 075	13,76 15,17	2 187 620 2 413 168	Automotor 5 431 457	2	158 984 159 075	13,19 14,70	2 096 999 2 336 403	Automotor 5 217 736	Automotor 5 217 736	2	Embarcação Comboio	25,84	4 115 020	7 847 277	
			Santa Fé	Comboio Automotor		65 464 64 389	18,82 20,37	1 232 032 1 327 004			65 464 64 389	17,72 19,37	1 160 022 1 261 859					28,91	1 831 449		
50 000	50 000	Ibilinga	Comboio Automotor		128 590 127 260	12,13 13,34	1 559 797 1 697 648	Comboio 4 965 982		128 590 127 260	11,50 11,28	1 478 785 1 435 493	Comboio 4 746 374	Comboio 4 746 374	2	Estratégia 2	14,92	1 900 808	7 847 277	MULTIMODAL	
		Aracaju	Comboio Automotor	1	158 984 159 075	13,70 15,19	2 178 081 2 416 349	Automotor 5 443 607	2	158 984 158 696	13,24 13,04	2 104 948 2 069 396	Automotor 4 646 898	Automotor 4 646 898	2	Embarcação Automotor	25,84	4 115 020	7 847 277		
		Santa Fé	Comboio Automotor		65 464 64 389	18,76 20,41	1 228 105 1 329 609			65 464 64 389	17,76 17,53	1 162 641 1 142 009					28,91	1 831 449			
Aracaju	Aracaju	Ibilinga	Comboio Automotor		128 590 127 260	12,23 13,18	1 572 656 1 677 267	Comboio 4 989 040		128 590 127 260	11,57 11,13	1 487 788 1 416 404	Comboio 4 760 799	Comboio 4 760 799	2	Estratégia 2	14,92	1 900 808	7 847 277	MULTIMODAL	
		Aracaju	Comboio Automotor	1	158 984 159 075	13,76 15,05	2 187 620 2 394 079	Automotor 5 382 931	2	158 984 158 822	13,27 12,89	2 109 718 2 047 216	Automotor 4 595 205	Automotor 4 595 205	2	Embarcação Automotor	25,84	4 115 020	7 847 277		
		Santa Fé	Comboio Automotor		64 286 64 641	18,80 20,29	1 208 765 1 311 566			64 286 64 641	17,77 17,37	1 163 295 1 131 566					28,91	1 831 449			

TABELA 11-G

Demanda	Estrutura Inicial	Destino	Tipo Embarcação	Estratégia	Carga por destino (t)	Custo Sistema (US\$/t)	Custo de movimentação por destino estratégia 1 (US\$)	Custo total de movimentação por tipo de embarcação estratégia 1 (US\$)	Estratégia	Carga por destino (t)	Custo Sistema (US\$/t)	Custo de movimentação por destino estratégia 2 (US\$)	Custo total de movimentação por tipo de embarcação estratégia 2 (US\$)	Menor custo total por tipo de embarcação (US\$)	Estratégia econômica	Estratégia e tipo de embarcação mais econômica	Custo rodoviário direto (US\$/t)	Custo de movimentação rodoviária direta por destino (US\$)	Custo total de movimentação rodoviária direta (US\$)	Melhor Alternativa de Transporte
400 000	Arhumas	Ibilinga	Comboio	1	147 294	12,46	1 835 283	Comboio	2	147 294	10,77	1 586 356	Comboio	5 098 529	2	Estratégia 2	14,92	2 172 352	8 968 316	MULTIMODAL
			Automotor		145 440	11,79	1 714 738	5 781 135		Automotor	5 589 791	28,91	2 093 084							
			Automotor		182 364	14,18	2 585 922	Automotor		181 800	13,84	2 516 112	25,84	4 702 880						
		Comboio	1	181 800	13,81	2 510 658	5 569 791	Automotor	5 569 791	1	Estratégia 2	1	Estratégia 2	28,91	2 093 084	8 968 316	MULTIMODAL			
		Automotor		74 232	18,32	1 359 930	1 347 355	Automotor	5 569 791											
		Automotor		74 235	18,11	1 344 395	1 347 355	Automotor	5 569 791											
	Santia Fé	Ibilinga	Comboio	1	147 294	12,58	1 852 959	Comboio	2	147 294	11,01	1 621 707	Comboio	5 188 747	2	Estratégia 2	14,92	2 172 352	8 968 316	MULTIMODAL
			Automotor		145 440	11,78	1 713 283	5 844 785		Automotor	5 570 349	28,91	2 093 084							
			Automotor		182 364	14,32	2 611 452	Automotor		181 800	13,82	2 517 476	25,84	4 702 880						
		Comboio	1	181 800	13,86	2 519 748	5 570 349	Automotor	5 570 349	1	Estratégia 2	1	Estratégia 2	28,91	2 093 084	8 968 316	MULTIMODAL			
		Automotor		74 817	18,45	1 380 374	1 341 426	Automotor	5 570 349											
		Automotor		73 479	18,20	1 337 318	1 341 426	Automotor	5 570 349											
Santia Fé	Ibilinga	Comboio	1	147 294	11,11	1 638 436	Comboio	2	147 294	10,84	1 596 667	Comboio	5 119 238	2	Estratégia 2	14,92	2 172 352	8 968 316	MULTIMODAL	
		Automotor		145 440	11,86	1 724 918	5 221 058		Automotor	5 594 151	28,91	2 093 084								
		Automotor		182 364	12,76	2 326 965	Automotor		181 422	13,80	2 503 624	25,84	4 702 880							
	Comboio	1	181 800	13,86	2 519 748	5 590 547	Automotor	5 594 151	2	Estratégia 2	2	Estratégia 2	28,91	2 093 084	8 968 316	MULTIMODAL				
	Automotor		74 816	16,91	1 257 657	1 341 197	Automotor	5 594 151												
	Automotor		74 235	18,13	1 345 861	1 341 426	Automotor	5 594 151												
Santia Fé	Ibilinga	Comboio	1	147 294	10,96	1 614 342	Comboio	2	147 294	10,87	1 601 066	Comboio	5 118 660	2	Estratégia 2	14,92	2 172 352	8 968 316	MULTIMODAL	
		Automotor		145 440	11,81	1 717 646	5 156 824		Automotor	5 518 736	28,91	2 093 084								
		Automotor		182 364	12,60	2 297 766	Automotor		181 800	13,69	2 488 842	25,84	4 702 880							
	Comboio	1	181 800	13,81	2 510 658	5 570 473	Automotor	5 518 736	2	Estratégia 2	2	Estratégia 2	28,91	2 093 084	8 968 316	MULTIMODAL				
	Automotor		74 622	16,68	1 244 695	1 240 449	Automotor	5 518 736												
	Automotor		74 235	18,08	1 342 169	1 338 972	Automotor	5 518 736												

TABELA 11 – H

Demanda	Estoque	Destino	Tipo	Estratégia	Carga	Custo	Custo de	Custo total de	Estratégia	Carga	Custo	Custo de	Custo total de	Menor custo	Estratégia	Estratégia e	Custo	Custo de	Custo total de	Melhor	
(Item)	Inicial		Embarca		movimentada	Sistema	movimentação	movimentação	por destino	movimentada	Sistema	movimentação	movimentação	por tipo de	por destino	por tipo de	por tipo de	rodoviário	movimentação	movimentação	Alternativa de
	(U)		ção		(U)	(US\$)	por destino	por tipo de	por destino	(U)	(US\$)	por destino	por tipo de	de	econômica	tipo de	(US\$)	rodoviária	rodoviária	rodoviária	Transporte
							1	embarcação	1			2	embarcação	embarcação	mais	embarcação	direto	por destino	rodoviária		
500 000	3 000	Ibiringa	Comboio	1	182 364	11,67	2 128 188	Comboio	2	182 364	11,84	2 159 190	Comboio	2	1	Estratégia 2	14,92	2 715 440	2 715 440	11 210 395	MULTIMODAL
		Aracaju	Automotor		181 800	12,36	2 247 048	6 784 271		181 800	11,08	2 014 344	6 858 001				6 704 271	2	Estratégia 2		
	Aracaju	Comboio	1	226 785	13,42	3 043 455	Aracaju	2	226 785	13,61	3 098 544	Aracaju	2	2	Estratégia 2	Estratégia 2	28,91	2 616 355	2 616 355	11 210 395	MULTIMODAL
	Santa Fé	Automotor		227 252	14,38	3 267 884	7 178 488		227 250	13,04	2 953 340	6 524 711					6 524 711	2	Estratégia 2		
	Santa Fé	Comboio	1	93 519	17,03	1 592 629	Aracaju	2	93 519	17,24	1 612 268	Aracaju	2	2	Estratégia 2	Estratégia 2	28,91	2 616 355	2 616 355	11 210 395	MULTIMODAL
	Aracaju	Automotor		91 656	18,15	1 653 556	6 720 504		92 415	16,74	1 547 027	6 720 504					6 460 415	2	Estratégia 2		
	10 000	Ibiringa	Comboio	1	182 364	11,76	2 144 601	Comboio	2	182 364	11,55	2 106 304	Comboio	2	2	Estratégia 2	14,92	2 715 440	2 715 440	11 210 395	MULTIMODAL
	Aracaju	Automotor	181 800		12,20	2 217 980	6 782 226	181 800		10,96	1 992 528	6 720 504	6 704 504				2	Estratégia 2	25,84		
	Aracaju	Comboio	1	226 785	13,49	3 059 330	Aracaju	2	226 785	13,34	3 025 312	Aracaju	2	2	Estratégia 2	Estratégia 2	28,91	2 616 355	2 616 355	11 210 395	MULTIMODAL
	Santa Fé	Automotor		227 252	14,21	3 229 251	7 107 926		227 250	12,91	2 935 799	6 460 415					6 460 415	2	Estratégia 2		
	Santa Fé	Comboio	1	92 352	17,09	1 578 296	Santa Fé	2	92 352	16,99	1 568 888	Santa Fé	2	2	Estratégia 2	Estratégia 2	28,91	2 616 355	2 616 355	11 210 395	MULTIMODAL
	Aracaju	Automotor		92 416	17,97	1 660 716	6 705 578		92 415	16,60	1 534 089	6 705 578					6 489 899	2	Estratégia 2		
	25 000	Ibiringa	Comboio	1	182 364	11,56	2 108 128	Comboio	2	182 364	11,62	2 119 070	Comboio	2	1	Estratégia 2	14,92	2 715 440	2 715 440	11 210 395	MULTIMODAL
	Aracaju	Automotor	181 800		12,15	2 208 870	6 705 578	181 800		11,03	2 005 254	6 705 578	6 705 578				2	Estratégia 2	25,84		
	Aracaju	Comboio	1	226 785	13,32	3 020 776	Aracaju	2	226 785	13,43	3 045 723	Aracaju	2	2	Estratégia 2	Estratégia 2	28,91	2 616 355	2 616 355	11 210 395	MULTIMODAL
	Santa Fé	Automotor		227 252	14,18	3 222 433	7 092 019		226 746	12,98	2 945 163	6 489 899					6 489 899	2	Estratégia 2		
	Santa Fé	Comboio	1	93 129	16,93	1 576 674	Santa Fé	2	93 519	17,08	1 597 305	Santa Fé	2	2	Estratégia 2	Estratégia 2	28,91	2 616 355	2 616 355	11 210 395	MULTIMODAL
	Ibiringa	Automotor		92 416	17,97	1 660 716	6 704 535		92 415	16,89	1 541 482	6 687 281					6 461 894	2	Estratégia 2		
	50 000	Ibiringa	Comboio	1	182 364	11,51	2 099 010	Comboio	2	182 364	11,43	2 084 421	Comboio	2	2	Estratégia 2	14,92	2 715 440	2 715 440	11 210 395	MULTIMODAL
	Aracaju	Automotor	181 800		11,97	2 176 146	6 704 535	181 800		10,96	1 992 528	6 687 281	6 687 281				2	Estratégia 2	25,84		
	Aracaju	Comboio	1	226 785	13,31	3 018 508	Aracaju	2	226 785	13,29	3 013 973	Aracaju	2	2	Estratégia 2	Estratégia 2	28,91	2 616 355	2 616 355	11 210 395	MULTIMODAL
	Santa Fé	Automotor		227 252	14,05	3 192 891	7 018 662		226 974	12,92	2 932 504	6 461 894					6 461 894	2	Estratégia 2		
	Santa Fé	Comboio	1	93 519	16,97	1 587 017	Santa Fé	2	93 519	16,99	1 588 888	Santa Fé	2	2	Estratégia 2	Estratégia 2	28,91	2 616 355	2 616 355	11 210 395	MULTIMODAL
	Aracaju	Automotor		92 416	17,85	1 649 626	6 461 894		92 415	16,63	1 536 861	6 461 894					6 461 894	2	Estratégia 2		

8.2 Análise de Sensibilidade

Dos valores adotados nesse trabalho, os de aquisição das embarcações e equipamentos dos terminais certamente são os que maiores divergências podem ter.

Com o objetivo de se avaliar a influência desses itens nos valores finais do custo de movimentação do sistema multimodal, nas Tabelas 12 A, B, C e D abaixo são apresentados os resultados obtidos para o custo do sistema intermodal nas estratégias 1 e 2, ocorrendo variações de +10%, -10%, +20%, -20%, +30% e -30% nos valores de aquisição das embarcações, para as demandas de 200.000 t e 500.000 t.

Tabela 12A

Estratégia	Demanda	Estoque Inicial	Destino	Tipo Embarca	Custo total de movimentação por tipo de embarcação (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +10% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -10% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +20% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -20% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +30% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -30% (US\$)									
					gão	(US\$)	gão	(US\$)	gão	(US\$)	gão	(US\$)	gão	(US\$)	gão	(US\$)	gão	(US\$)	gão	(US\$)	gão	(US\$)				
1	200 000	3 000	Ibitinga	Comboio	3 163 571	3 195 532	3 129 577	3 228 404	3 096 704	3 262 398	3 054 574	3 224 663	3 017 212	3 163 571	3 195 532	3 129 577	3 228 404	3 096 704	3 262 398	3 054 574						
				Automotor	1,01%	1,01%	-1,07%	2,05%	-2,11%	3,12%	-3,45%	1,01%	1,01%	-1,07%	2,05%	-2,11%	3,12%	-3,45%	1,01%	1,01%	-1,07%	2,05%	-2,11%	3,12%	-3,45%	
				Arçaçaluba	Automotor	3 659 219	3 717 229	3 601 406	3 775 041	3 542 487	3 832 672	3 485 584	3 659 219	3 717 229	3 601 406	3 775 041	3 542 487	3 832 672	3 485 584	3 659 219	3 717 229	3 601 406	3 775 041	3 542 487	3 832 672	3 485 584
					Automotor	1,59%	1,59%	-1,59%	3,17%	-3,19%	4,74%	-4,75%	1,59%	1,59%	-1,59%	3,17%	-3,19%	4,74%	-4,75%	1,59%	1,59%	-1,59%	3,17%	-3,19%	4,74%	-4,75%
				Santia Fé	Comboio	3 643 895	3 702 208	3 585 211	3 758 884	3 528 534	3 817 569	3 470 222	3 643 895	3 702 208	3 585 211	3 758 884	3 528 534	3 817 569	3 470 222	3 643 895	3 702 208	3 585 211	3 758 884	3 528 534	3 817 569	3 470 222
					Automotor	1,60%	1,60%	-1,61%	3,16%	-3,17%	4,77%	-4,77%	1,60%	1,60%	-1,61%	3,16%	-3,17%	4,77%	-4,77%	1,60%	1,60%	-1,61%	3,16%	-3,17%	4,77%	-4,77%
1	200 000	25 000	Ibitinga	Comboio	3 119 360	3 152 232	3 086 277	3 185 478	3 053 405	3 217 439	3 011 110	3 119 360	3 152 232	3 086 277	3 185 478	3 053 405	3 217 439	3 011 110	3 119 360	3 152 232	3 086 277	3 185 478	3 053 405	3 217 439	3 011 110	
				Automotor	1,05%	1,05%	-1,06%	2,12%	-2,11%	3,14%	-3,47%	1,05%	1,05%	-1,06%	2,12%	-2,11%	3,14%	-3,47%	1,05%	1,05%	-1,06%	2,12%	-2,11%	3,14%	-3,47%	
				Arçaçaluba	Automotor	3 633 994	3 691 807	3 575 984	3 749 998	3 517 793	3 808 008	3 459 980	3 633 994	3 691 807	3 575 984	3 749 998	3 517 793	3 808 008	3 459 980	3 633 994	3 691 807	3 575 984	3 749 998	3 517 793	3 808 008	3 459 980
					Automotor	1,59%	1,59%	-1,60%	3,19%	-3,20%	4,79%	-4,79%	1,59%	1,59%	-1,60%	3,19%	-3,20%	4,79%	-4,79%	1,59%	1,59%	-1,60%	3,19%	-3,20%	4,79%	-4,79%
				Santia Fé	Comboio	3 104 373	3 137 619	3 072 038	3 170 492	3 038 418	3 202 826	2 996 124	3 104 373	3 137 619	3 072 038	3 170 492	3 038 418	3 202 826	2 996 124	3 104 373	3 137 619	3 072 038	3 170 492	3 038 418	3 202 826	2 996 124
					Automotor	1,07%	1,07%	-1,04%	2,13%	-2,12%	3,17%	-3,49%	1,07%	1,07%	-1,04%	2,13%	-2,12%	3,17%	-3,49%	1,07%	1,07%	-1,04%	2,13%	-2,12%	3,17%	-3,49%
Arçaçaluba	Automotor	3 619 859	3 678 050	3 561 949	3 736 590	3 504 036	3 793 873	3 446 754	3 619 859	3 678 050	3 561 949	3 736 590	3 504 036	3 793 873	3 446 754	3 619 859	3 678 050	3 561 949	3 736 590	3 504 036	3 793 873	3 446 754				
	Automotor	1,61%	1,61%	-1,60%	3,22%	-3,20%	4,81%	-4,79%	1,61%	1,61%	-1,60%	3,22%	-3,20%	4,81%	-4,79%	1,61%	1,61%	-1,60%	3,22%	-3,20%	4,81%	-4,79%				
Santia Fé	Comboio	3 619 859	3 678 050	3 561 949	3 736 590	3 504 036	3 793 873	3 446 754	3 619 859	3 678 050	3 561 949	3 736 590	3 504 036	3 793 873	3 446 754	3 619 859	3 678 050	3 561 949	3 736 590	3 504 036	3 793 873	3 446 754				
	Automotor	1,61%	1,61%	-1,60%	3,22%	-3,20%	4,81%	-4,79%	1,61%	1,61%	-1,60%	3,22%	-3,20%	4,81%	-4,79%	1,61%	1,61%	-1,60%	3,22%	-3,20%	4,81%	-4,79%				

Tabela 12 B

Estratégia	Demanda Inicial	Estoque Inicial	Destino	Tipo	Embarcações	Custo total de movimentação por tipo de embarcação		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +10%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -10%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +20%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -20%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +30%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -30%																															
						(US\$)	(%)	(US\$)	(%)	(US\$)	(%)	(US\$)	(%)	(US\$)	(%)	(US\$)	(%)	(US\$)	(%)	(US\$)	(%)																												
2	200 000	50 000	Ibitinga	Comboio	Automotor	3.107.201	3.140.003	3.073.277	3.172.271	3.040.101	3.205.448	2.998.804	3.107.201	3.140.003	3.073.277	3.172.271	3.040.101	3.205.448	2.998.804																														
						1,05%	1,08%	-1,09%	2,09%	-2,16%	3,16%	3,49%																																					
						2	200 000	25 000	Ibitinga	Comboio	Automotor	3.103.461	3.135.796	3.069.841	3.168.668	3.036.594	3.201.914	2.995.586	3.103.461	3.135.796	3.069.841	3.168.668	3.036.594	3.201.914	2.995.586																								
												1,04%	1,04%	-1,08%	2,10%	-2,15%	3,17%	3,48%																															
												2	200 000	50 000	Aragatuba	Comboio	Automotor	3.632.009	3.690.201	3.573.818	3.748.771	3.516.884	3.806.054	3.458.692	3.632.009	3.690.201	3.573.818	3.748.771	3.516.884	3.806.054	3.458.692																		
																		1,80%	1,80%	-1,80%	3,21%	-3,17%	4,79%	4,77%																									
																		2	200 000	50 000	Aragatuba	Comboio	Automotor	3.626.843	3.685.762	3.569.939	3.743.953	3.511.748	3.800.857	3.454.117	3.626.843	3.685.762	3.569.939	3.743.953	3.511.748	3.800.857	3.454.117												
																								1,52%	1,52%	-1,57%	3,23%	-3,17%	4,80%	4,78%																			
																								2	200 000	50 000	Ibitinga	Comboio	Automotor	3.076.434	3.109.517	3.043.562	3.142.389	3.010.315	3.175.635	2.968.933	3.076.434	3.109.517	3.043.562	3.142.389	3.010.315	3.175.635	2.968.933						
																														1,08%	1,08%	-1,07%	2,14%	-2,15%	3,22%	3,49%													
																														2	200 000	50 000	Aragatuba	Comboio	Automotor	3.636.115	3.693.746	3.577.196	3.751.937	3.520.292	3.809.568	3.461.753	3.636.115	3.693.746	3.577.196	3.751.937	3.520.292	3.809.568	3.461.753
																																				1,59%	1,59%	-1,62%	3,19%	-3,19%	4,77%	4,80%							
2	200 000	50 000	Santa Fé	Comboio	Automotor																															3.681.459	3.739.469	3.623.646	3.797.660	3.565.455	3.855.852	3.508.172	3.681.459	3.739.469	3.623.646	3.797.660	3.565.455	3.855.852	3.508.172
																																				1,59%	1,59%	-1,57%	3,16%	-3,15%	4,74%	4,71%							

Tabela 12 C

Estratégia	Demanda	Estoque	Destino	Tipo	Custo total de movimentação por tipo de embarcação		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +10%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -10%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +20%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -20%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +30%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -30%				
					(Ano)	Anhumas	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)
1	50000	3.000	Ibilinga	Comboio	2.733.823	Comboio	2.773.172	Comboio	2.693.727	Comboio	2.813.269	Comboio	2.654.378	Comboio	2.852.617	Comboio	2.603.199				
				Automotor		Automotor	1,44%	Automotor	-1,47%	Automotor	2,91%	Automotor	-2,91%	Automotor	4,35%	Automotor	-4,78%				
				Aragaluba	Comboio	2.893.411	Comboio	2.940.240	Comboio	2.846.233	Comboio	2.987.069	Comboio	2.799.404	Comboio	3.033.519	Comboio	2.752.575			
					Automotor		Automotor	1,62%	Automotor	-1,63%	Automotor	3,24%	Automotor	-3,25%	Automotor	4,84%	Automotor	-4,87%			
					Santa Fé	Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio			
				Automotor			Automotor		Automotor		Automotor		Automotor		Automotor		Automotor				
			Automotor			Automotor		Automotor		Automotor		Automotor		Automotor		Automotor					
			1	50000	10.000	Ibilinga	Comboio	2.749.184	Comboio	2.788.533	Comboio	2.709.087	Comboio	2.828.629	Comboio	2.668.991	Comboio	2.869.100	Comboio	2.618.560	
							Automotor		Automotor	1,43%	Automotor	-1,46%	Automotor	2,89%	Automotor	-2,92%	Automotor	4,36%	Automotor	-4,75%	
							Aragaluba	Comboio	2.848.148	Comboio	2.894.408	Comboio	2.800.787	Comboio	2.941.041	Comboio	2.754.527	Comboio	2.987.302	Comboio	2.707.894
								Automotor		Automotor	1,62%	Automotor	-1,63%	Automotor	3,26%	Automotor	-3,26%	Automotor	4,89%	Automotor	-4,92%
								Santa Fé	Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio
Automotor		Automotor							Automotor		Automotor		Automotor		Automotor		Automotor				
Automotor		Automotor					Automotor			Automotor		Automotor		Automotor		Automotor					
1	50000	25.000				Ibilinga	Comboio	2.712.735	Comboio	2.752.831	Comboio	2.671.726	Comboio	2.792.180	Comboio	2.632.378	Comboio	2.832.277	Comboio	2.580.825	
							Automotor		Automotor	1,48%	Automotor	-1,51%	Automotor	2,93%	Automotor	-2,96%	Automotor	4,41%	Automotor	-4,86%	
							Aragaluba	Comboio	2.853.142	Comboio	2.898.683	Comboio	2.806.313	Comboio	2.945.512	Comboio	2.759.484	Comboio	2.992.341	Comboio	2.713.034
								Automotor		Automotor	1,60%	Automotor	-1,64%	Automotor	3,24%	Automotor	-3,28%	Automotor	4,89%	Automotor	-4,91%
								Santa Fé	Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio
			Automotor		Automotor				Automotor		Automotor		Automotor		Automotor		Automotor				
			Automotor		Automotor		Automotor			Automotor		Automotor		Automotor		Automotor					
			1	50000	50.000	Ibilinga	Comboio	2.709.578	Comboio	2.748.927	Comboio	2.670.230	Comboio	2.790.309	Comboio	2.629.759	Comboio	2.829.658	Comboio	2.579.328	
							Automotor		Automotor	1,45%	Automotor	-1,45%	Automotor	2,98%	Automotor	-2,95%	Automotor	4,43%	Automotor	-4,81%	
							Aragaluba	Comboio	2.823.690	Comboio	2.870.519	Comboio	2.776.861	Comboio	2.916.969	Comboio	2.730.032	Comboio	2.962.889	Comboio	2.683.930
								Automotor		Automotor	1,65%	Automotor	-1,66%	Automotor	3,30%	Automotor	-3,32%	Automotor	4,93%	Automotor	-4,95%
								Santa Fé	Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio		Comboio
Automotor		Automotor							Automotor		Automotor		Automotor		Automotor		Automotor				
Automotor		Automotor					Automotor			Automotor		Automotor		Automotor		Automotor					

Tabela 12 D

Estratégia	Demanda	Estoque	Destino	Tipo	Embarca	Custo total de movimentação por tipo de embarcação		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +10%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -10%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +20%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -20%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +30%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -30%														
						(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)									
2	500 000	3 000	Ibilinga	Comboio	Automotor	2 766 414	2 805 681	2 726 400	2 846 070	2 687 133	2 886 245	2 635 685	2 716 055	2 758 315	2 676 332	2 796 412	2 636 235	2 835 760	2 585 805													
						1,42%	1,42%	-1,45%	2,88%	-2,87%	4,33%	-4,73%	1,46%	2,96%	-2,94%	4,41%	-4,81%	1,34%	1,46%	-1,38%	2,89%	-2,72%	4,04%	-4,07%								
						Aracaju	Comboio	Automotor	2 625 118	2 659 857	2 590 030	2 694 945	2 555 670	2 730 411	2 493 448	2 625 118	2 659 857	2 590 030	2 694 945	2 555 670	2 730 411	2 493 448	2 625 118	2 659 857	2 590 030	2 694 945	2 555 670	2 730 411	2 493 448			
									1,32%	1,32%	-1,34%	2,85%	-2,85%	4,01%	-4,03%	1,34%	1,34%	-1,38%	2,89%	-2,72%	4,04%	-4,07%	1,34%	1,34%	-1,38%	2,89%	-2,72%	4,04%	-4,07%			
									Santa Fé	Comboio	Automotor	2 613 755	2 649 222	2 578 668	2 683 582	2 543 928	2 718 670	2 493 448	2 613 755	2 649 222	2 578 668	2 683 582	2 543 928	2 718 670	2 493 448	2 613 755	2 649 222	2 578 668	2 683 582	2 543 928	2 718 670	2 493 448
												1,36%	1,36%	-1,34%	2,87%	-2,67%	4,01%	-4,01%	1,36%	1,36%	-1,38%	2,89%	-2,72%	4,04%	-4,07%	1,36%	1,36%	-1,38%	2,89%	-2,72%	4,04%	-4,07%
	Ibilinga	Comboio	Automotor	2 732 865	2 772 213							2 691 856	2 811 562	2 652 134	2 852 033	2 601 329	2 732 865	2 772 213	2 691 856	2 811 562	2 652 134	2 852 033	2 601 329	2 732 865	2 772 213	2 691 856	2 811 562	2 652 134	2 852 033	2 601 329		
				1,44%	1,44%							-1,50%	2,88%	-2,95%	4,35%	-4,81%	1,44%	1,44%	-1,50%	2,88%	-2,95%	4,35%	-4,81%	1,44%	1,44%	-1,50%	2,88%	-2,95%	4,35%	-4,81%		
				Aracaju	Comboio	Automotor	2 601 317	2 636 783				2 566 229	2 671 144	2 531 490	2 706 610	2 486 403	2 601 317	2 636 783	2 566 229	2 671 144	2 531 490	2 706 610	2 486 403	2 601 317	2 636 783	2 566 229	2 671 144	2 531 490	2 706 610	2 486 403		
							1,36%	1,36%				-1,35%	2,88%	-2,88%	4,05%	-4,05%	1,36%	1,36%	-1,35%	2,88%	-2,88%	4,05%	-4,05%	1,36%	1,36%	-1,35%	2,88%	-2,88%	4,05%	-4,05%		
							Santa Fé	Comboio	Automotor	2 741 866	2 782 501	2 702 223	2 822 223	2 670 982	2 870 982	2 620 982	2 741 866	2 782 501	2 702 223	2 822 223	2 670 982	2 870 982	2 620 982	2 741 866	2 782 501	2 702 223	2 822 223	2 670 982	2 870 982	2 620 982		
										1,48%	1,48%	-1,47%	2,95%	-2,95%	4,43%	-4,87%	1,48%	1,48%	-1,47%	2,95%	-2,95%	4,43%	-4,87%	1,48%	1,48%	-1,47%	2,95%	-2,95%	4,43%	-4,87%		

Nos quadros abaixo pode-se observar os limites máximos e mínimos das variações percentuais provocadas pelas variações analisadas nos valores de aquisição das embarcações no custo do sistema intermodal:

Para a demanda de 200.000 t:

Estratégia	Variação 10%		Variação 20%		Variação 30%		
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	
Comboio	1	-1,07%	1,07%	-2,12%	2,13%	-3,49%	3,17%
Automotor	1	-1,61%	1,61%	-3,20%	3,22%	-4,79%	4,81%
Comboio	2	-1,09%	1,08%	-2,16%	2,14%	-3,49%	3,22%
Automotor	2	-1,62%	1,62%	-3,19%	3,23%	-4,80%	4,80%

Para a demanda de 500.000 t:

Estratégia	Variação 10%		Variação 20%		Variação 30%		
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	
Comboio	1	-1,51%	1,48%	-2,96%	2,98%	-4,86%	4,43%
Automotor	1	-1,66%	1,66%	-3,32%	3,30%	-4,95%	4,93%
Comboio	2	-1,50%	1,48%	-2,95%	2,96%	-4,87%	4,43%
Automotor	2	-1,38%	1,36%	-2,72%	2,69%	-4,07%	4,05%

Nas Tabelas 13 A, B, C e D a seguir são apresentados os resultados obtidos para o custo do sistema intermodal nas estratégias 1 e 2, ocorrendo variações de +10%, -10%, +20%, -20%, +30% e -30% nos valores de aquisição dos equipamentos para os terminais, também para as demandas de 200.000 t e 500.000 t.

Tabela 13 A

Estratégia	Demanda	Estoque	Destino	Tipo	Custo total de movimentação por		Custo total de movimentação por		Custo total de movimentação por		Custo total de movimentação por	
					Embarca	tipo de embarcação	Embarca	tipo de embarcação	Embarca	tipo de embarcação	Embarca	tipo de embarcação
(Itano)	Anhumas				(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)
1	200.000	3.000	Ibitinga	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio
				Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor
				3.163.571	3.230.134	3.097.008	3.297.445	3.029.697	3.364.920	2.963.134		
				2,10%	-2,10%	4,23%	-4,23%	6,36%	-6,36%			
				Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor			
				3.659.219	3.725.349	3.593.089	3.792.207	3.526.231	3.859.246	3.460.101		
			1,81%	-1,81%	3,63%	-3,63%	5,47%	-5,44%				
			Santa Fé	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio		
			Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor			
			3.125.462	3.192.025	3.058.899	3.259.336	2.991.588	3.326.810	2.925.025			
			2,13%	-2,13%	4,26%	-4,26%	6,44%	-6,41%				
			Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor			
		3.643.895	3.709.665	3.578.125	3.776.163	3.511.628	3.842.842	3.445.858				
		1,80%	-1,80%	3,63%	-3,63%	5,46%	-5,43%					
		Santa Fé	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio			
		Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor				
		3.119.360	3.185.922	3.052.797	3.253.233	2.985.486	3.320.708	2.918.923				
		2,13%	-2,13%	4,29%	-4,29%	6,45%	-6,43%					
		Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor				
		3.633.994	3.700.124	3.567.864	3.766.982	3.501.006	3.834.021	3.434.876				
		1,82%	-1,82%	3,66%	-3,66%	5,50%	-5,48%					
		Santa Fé	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio			
		Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor				
		3.104.373	3.170.936	3.037.810	3.238.247	2.970.499	3.305.722	2.903.936				
		2,14%	-2,14%	4,31%	-4,31%	6,49%	-6,46%					
		Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor				
		3.619.659	3.685.989	3.553.729	3.752.847	3.486.871	3.819.886	3.420.741				
		1,83%	-1,83%	3,67%	-3,67%	5,53%	-5,50%					
		Santa Fé	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio	Comboio				
		Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor	Automotor				

Tabela 13 B

Estratégia	Demanda	Estoque	Destino	Tipo	Embarca- ção	Custo total de movimentação por tipo de embarcação		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +10%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -10%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +20%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -20%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +30%		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -30%																																																																																																																																		
						(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)																																																																																																																															
2	200.000	3.000	Ibitinga	Comboio	Automotor	3.107.201	3.173.666	2.14%	3.040.736	-2,14%	3.240.880	4,30%	2.973.522	-4,30%	3.308.253	6,47%	2.907.057	-6,44%	3.681.459	1,80%																																																																																																																																
																					Aragulha	Comboio	Automotor	3.681.459	3.747.590	1,80%	3.615.329	-1,80%	3.814.447	3,61%	3.548.471	-3,61%	3.881.486	5,43%	3.482.341	-5,41%																																																																																																																
																																					Santa Fé	Comboio	Automotor	3.632.009	3.698.140	1,82%	3.565.879	-1,82%	3.764.987	3,66%	3.499.022	-3,66%	3.832.037	5,51%	3.432.891	-5,48%																																																																																																
																																																					Ibitinga	Comboio	Automotor	3.103.461	3.170.024	2,14%	3.036.898	-2,14%	3.237.335	4,31%	2.969.587	-4,31%	3.304.810	6,49%	2.903.024	-6,46%																																																																																
																																																																					Aragulha	Comboio	Automotor	3.632.009	3.698.140	1,82%	3.565.879	-1,82%	3.764.987	3,66%	3.499.022	-3,66%	3.832.037	5,51%	3.432.891	-5,48%																																																																
																																																																																					Santa Fé	Comboio	Automotor	3.632.009	3.698.140	1,82%	3.565.879	-1,82%	3.764.987	3,66%	3.499.022	-3,66%	3.832.037	5,51%	3.432.891	-5,48%																																																
																																																																																																					Ibitinga	Comboio	Automotor	3.106.407	3.172.970	2,14%	3.039.844	-2,14%	3.240.281	4,31%	2.972.533	-4,31%	3.307.756	6,48%	2.905.970	-6,45%																																
																																																																																																																					Aragulha	Comboio	Automotor	3.626.843	3.692.973	1,82%	3.560.713	-1,82%	3.759.831	3,67%	3.493.855	-3,67%	3.826.870	5,52%	3.427.725	-5,49%																
																																																																																																																																					Santa Fé	Comboio	Automotor	3.626.843	3.692.973	1,82%	3.560.713	-1,82%	3.759.831	3,67%	3.493.855	-3,67%	3.826.870	5,52%	3.427.725	-5,49%
Aragulha	Comboio	Automotor	3.636.115	3.702.245	1,82%	3.569.985	-1,82%	3.769.103	3,66%	3.503.127	-3,66%	3.836.142	5,50%	3.436.997	-5,48%																																																																																																																																					
																Santa Fé	Comboio	Automotor	3.636.115	3.702.245	1,82%	3.569.985	-1,82%	3.769.103	3,66%	3.503.127	-3,66%	3.836.142	5,50%	3.436.997	-5,48%																																																																																																																					
																																Ibitinga	Comboio	Automotor	3.076.434	3.142.997	2,16%	3.009.871	-2,16%	3.210.308	4,35%	2.942.560	-4,35%	3.277.782	6,54%	2.875.997	-5,52%																																																																																																					
																																																Aragulha	Comboio	Automotor	3.636.115	3.702.245	1,82%	3.569.985	-1,82%	3.769.103	3,66%	3.503.127	-3,66%	3.836.142	5,50%	3.436.997	-5,48%																																																																																					
																																																																Santa Fé	Comboio	Automotor	3.636.115	3.702.245	1,82%	3.569.985	-1,82%	3.769.103	3,66%	3.503.127	-3,66%	3.836.142	5,50%	3.436.997	-5,48%																																																																					

Tabela 13 C

Estratégia	Demanda	Estoque	Destino	Tipo	Custo total de movimentação por tipo de embarcação		Custo total de movimentação por tipo de embarcação		Custo total de movimentação por tipo de embarcação		Custo total de movimentação por tipo de embarcação		Custo total de movimentação por tipo de embarcação	
					Inicial	Final	+10%	-10%	+20%	-20%	+30%	-30%		
(t/ano)	Anhumas	çã	ção	ção	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)
1	500.000	3.000	Ibilinga	Comboio	2.733.823	2.760.523	2.708.409	2.786.849	2.680.798	2.814.671	2.652.975			
				Automotor	0,98%	0,93%	1,94%	-1,94%	2,96%	-2,96%				
		Aracaju	Comboio	2.893.411	2.919.938	2.868.170	2.946.088	2.840.734	2.973.721	2.813.100				
			Automotor	0,92%	0,87%	1,82%	-1,82%	2,78%	-2,78%					
		Santa Fé	Comboio											
			Automotor											
	10.000	Ibilinga	Comboio	2.749.184	2.775.884	2.723.770	2.802.210	2.696.158	2.830.032	2.668.336				
			Automotor	0,97%	0,92%	1,93%	-1,93%	2,94%	-2,94%					
		Aracaju	Comboio	2.848.148	2.874.530	2.823.047	2.900.540	2.795.755	2.928.022	2.768.273				
			Automotor	0,93%	0,88%	1,84%	-1,84%	2,80%	-2,80%					
		Santa Fé	Comboio											
			Automotor											
1	500.000	25.000	Ibilinga	Comboio	2.712.735	2.739.435	2.687.321	2.765.760	2.659.709	2.793.583	2.631.887			
				Automotor	0,98%	0,94%	1,95%	-1,95%	2,98%	-2,98%				
		Aracaju	Comboio	2.853.142	2.879.670	2.827.902	2.905.819	2.800.465	2.933.453	2.772.831				
			Automotor	0,93%	0,88%	1,85%	-1,85%	2,81%	-2,81%					
		Santa Fé	Comboio											
			Automotor											
	500.000	50.000	Ibilinga	Comboio	2.709.578	2.736.278	2.684.164	2.762.604	2.656.553	2.790.426	2.628.730			
				Automotor	0,93%	0,94%	1,96%	-1,96%	2,98%	-2,98%				
		Aracaju	Comboio	2.823.690	2.850.218	2.798.450	2.876.367	2.771.013	2.904.001	2.743.379				
			Automotor	0,94%	0,89%	1,87%	-1,87%	2,84%	-2,84%					
		Santa Fé	Comboio											
			Automotor											

Estratégia	Demanda Inicial	Estoque Inicial	Destino	Tipo Embarcação	Custo total de movimentação por tipo de embarcação (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +10% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -10% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +20% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -20% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação +30% (US\$)		Custo total de movimentação por tipo de embarcação -30% (US\$)			
					(Vano)	Anhumas	(Vano)	Anhumas	(Vano)	Anhumas	(Vano)	Anhumas	(Vano)	Anhumas	(Vano)	Anhumas	(Vano)	Anhumas	(Vano)	Anhumas
2	500 000	3 000	Ibitinga	Comboio	Comboio	2.766.414	Comboio	2.793.075	Comboio	2.741.036	Comboio	2.819.362	Comboio	2.713.467	Comboio	2.847.146	Comboio	2.685.683		
				Automotor	Automotor	0,96%	0,96%	-0,92%	1,91%	-1,91%	2,92%	2,92%	-2,92%	3,06%	-3,06%					
				Aragaluba	Comboio	Automotor	2.625.118	Automotor	2.651.646	Automotor	2.599.878	Automotor	2.677.795	Automotor	2.572.441	Automotor	2.705.429	Automotor	2.544.807	
				Automotor	Automotor	1,01%	1,01%	-0,96%	2,01%	-2,01%	3,06%	-3,06%								
				Santa Fé	Comboio	Automotor														
				Automotor	Automotor															
2	500 000	10 000	Ibitinga	Comboio	Comboio	2.716.055	Comboio	2.742.755	Comboio	2.690.641	Comboio	2.769.080	Comboio	2.663.029	Comboio	2.796.903	Comboio	2.635.207		
				Automotor	Automotor	0,99%	0,99%	-0,94%	1,95%	-1,95%	2,98%	2,98%	-2,98%	3,09%	-3,09%					
				Aragaluba	Comboio	Automotor	2.599.272	Automotor	2.625.800	Automotor	2.574.032	Automotor	2.651.949	Automotor	2.546.595	Automotor	2.679.583	Automotor	2.518.961	
				Automotor	Automotor	1,02%	1,02%	-0,97%	2,03%	-2,03%	3,09%	-3,09%								
				Santa Fé	Comboio	Automotor														
				Automotor	Automotor															
2	500 000	25 000	Ibitinga	Comboio	Comboio	2.732.865	Comboio	2.759.565	Comboio	2.707.451	Comboio	2.785.891	Comboio	2.679.839	Comboio	2.813.713	Comboio	2.652.017		
				Automotor	Automotor	0,99%	0,99%	-0,93%	1,94%	-1,94%	2,96%	2,96%	-2,96%	3,07%	-3,07%					
				Aragaluba	Comboio	Automotor	2.613.755	Automotor	2.640.283	Automotor	2.588.515	Automotor	2.666.432	Automotor	2.561.078	Automotor	2.694.066	Automotor	2.533.444	
				Automotor	Automotor	1,01%	1,01%	-0,97%	2,02%	-2,02%	3,07%	-3,07%								
				Santa Fé	Comboio	Automotor														
				Automotor	Automotor															
2	500 000	50 000	Ibitinga	Comboio	Comboio	2.702.518	Comboio	2.729.218	Comboio	2.677.104	Comboio	2.755.543	Comboio	2.649.492	Comboio	2.783.366	Comboio	2.621.670		
				Automotor	Automotor	0,99%	0,99%	-0,94%	1,99%	-1,96%	2,99%	2,99%	-2,99%	3,09%	-3,09%					
				Aragaluba	Comboio	Automotor	2.601.317	Automotor	2.627.845	Automotor	2.576.077	Automotor	2.653.994	Automotor	2.548.640	Automotor	2.681.628	Automotor	2.521.006	
				Automotor	Automotor	1,02%	1,02%	-0,97%	2,03%	-2,03%	3,09%	-3,09%								
				Santa Fé	Comboio	Automotor														
				Automotor	Automotor															

Nos quadros abaixo pode-se observar os limites máximos e mínimos das variações percentuais provocadas pelas variações analisadas nos valores de aquisição dos equipamentos no custo do sistema intermodal:

Para a demanda de 200.000 t:

Estatégia	Variação 10%	Variação 20%	Variação 30%
	Min	Min	Min
	Máx	Máx	Máx
Comboio	-2,14%	-4,31%	-6,46%
Automotor	-1,83%	-3,67%	-5,50%
Automotor	1,83%	3,67%	5,53%
Comboio	-2,16%	-4,35%	-6,52%
Automotor	-1,82%	-3,67%	-5,49%
Automotor	1,82%	3,67%	5,52%

Para a demanda de 500.000 t:

Estatégia	Variação 10%	Variação 20%	Variação 30%
	Min	Min	Min
	Máx	Máx	Máx
Comboio	-0,94%	-1,96%	-2,98%
Automotor	-0,89%	-1,87%	-2,84%
Automotor	0,94%	1,87%	2,84%
Comboio	-0,94%	-1,96%	-2,99%
Automotor	-0,97%	-2,03%	-3,09%
Automotor	1,02%	2,03%	3,09%

8.3 Análise dos Resultados e Conclusões

Com relação aos estoques iniciais, teria sido mais apropriada a adoção de estoques iniciais proporcionais à demanda. Depois de examinados os resultados e perceber que havia pequena influência do estoque inicial sobre os custos, decidiu-se não fazer novos processamentos.

Os resultados apresentados nas Tabelas 11 A a H demonstram claramente a competitividade do transporte multimodal, quando da movimentação de calcário em quantidades superiores a 100.000 toneladas anuais. A quantidade total movimentada é um importante fator de viabilidade para o transporte multimodal, pois interfere diretamente nos custos fixos que são elevados.

Recomenda-se para continuação deste trabalho os seguintes itens:

— Estudo do impacto do aumento do tráfego na hidrovia com consequente congestionamento das eclusas.

— Estender a análise de sensibilidade para outros parâmetros como a capacidade de movimentação (carga e descarga) e armazenagem dos terminais, o número de pontos simultâneos de carga/descarga, o período de funcionamento dos terminais e jazidas, Custo da Mão de Obra, Custo de Combustíveis, etc.

— Estudo do comportamento dos estoques em cada terminal, visando ao dimensionamento da área para estocagem do produto.

— Estudo da diferença do custo financeiro quando da utilização de outras fontes de capital, que não próprio, tais como empréstimos, linhas de crédito especiais, leasing, etc.

8.4 Considerações Finais:

O transporte multimodal se mostra como uma excelente alternativa na busca de economia nas operações de transporte de produtos com baixo valor agregado. O volume do produto a ser transportado também é fundamental para a viabilização desta alternativa de transporte. Uma consideração importante, quando da análise da alternativa multimodal, é a perda e a manutenção dos padrões de qualidade do produto durante as operações de transbordo. Dependendo do produto a ser transportado e do seu valor unitário, esta perda (também chamada "quebra no transporte") ou a alteração nos padrões de qualidade do produto a ser movimentado, pode ser fundamental no processo decisório.

Referências Bibliográficas

1. **ABRAHÃO, I. O.** Rochas calcárias e sua ocorrência. Rio de Janeiro, FINEP/Piracicaba, ESALQ/FEALQ, 1983. (Estudo nacional do calcário agrícola, 1).
2. **AMERICAN BUREAU OF SHIPPING.** Rules for building and classing steel vessel for service on river and intracoastal waterways. New York, 1980.
3. **BALAU, J. A. C.** Otimização de comboio integrado e chatas para transporte de bauxita na Amazônia. São Paulo, 1981. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
4. **BOTTER, R. C. et al.** Dimensionamento de um sistema integrado de transporte de álcool e óleo diesel na região de influência da hidrovía Tietê-Paraná. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTE MARÍTIMO E CONSTRUÇÃO NAVAL, 12., Rio de Janeiro, 1988. /Anais./ Rio de Janeiro, SOBENA, 1988. v.1: Transporte, p.13-43.
5. **BUREAU COLOMBO.** Regras para construção e classificação /de/ embarcações de aço para navegação interior. Rio de Janeiro, 1986. v.1: Casco.
6. **CARSON, J. S.** Convincing users of model's validity is challenging aspect of modeler's job: simulation series, part 2. *Industrial Engineering*, v.18, n.6, p.74-85, June 1986.
7. **CARVALHO, F. C. de; FERREIRA, C. R. R. P. T.** Programas de financiamento à correção do solo paulista: 1985-1986. *Informações Econômicas*, São Paulo, dez. 1986.
8. **COBRA NETO, A.** Avaliação das necessidades de cal. Rio de Janeiro, FINEP/Piracicaba, ESALQ/FEALQ, 1983. (Estudo nacional do calcário agrícola, 3).

9. FERREIRA, C. R. R. P. T.; SANTOS, Z. A. P. de S. Ávaliação do emprego de calcário agrícola pela agricultura paulista. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, 1988. (Relatório de pesquisa, 08/88).
10. GUALDA, N. D. F. The out-of-kilter algorithm applied to the analysis of alternative limestone transport systems. Austin, 1975. Thesis (Master of Science) - University of Texas at Austin.
11. GPSS/PC reference manual: general purpose simulation. Stow, Mintertman Software, 1986.
12. GARCIA, Hilton Aparecido Análise dos Procedimentos de Projeto e Desenvolvimento de Método para Determinação de Custos de Construção e Operação de Embarcações Fluviais. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
13. GUMARÃES, J. E. P. Calcário no Estado de São Paulo. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, n.32, p.1 - , 1952.
14. GUMARÃES, J. E. P. Corretivos de acidez do solo: seus problemas e suas utilidades. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 1968.
15. HAIDER, S. W.; BANKS, J. Simulation software products for analyzing manufacturing systems. Industrial Engineering, v.18, n.7, p.98-103, July 1986; v.18, n.9, p., Sept. 1986.
16. HENRIKSEN, J. O. The integrated simulation environment: simulation software of the 1990s. Operations Research, v.31, n.6, p.1053-73, Nov./Dec. 1983.
17. Hidrovia Tietê-Paraná Integração e Desenvolvimento. CESP – Companhia Energética de São Paulo. São Paulo, CESP, Julho, 1992.

18. KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A. - Simulation with ARENA - WCB / McGraw-Hill, 1998.
19. KNOWLES, T. W. Management science: building and using models. Homewood, Richard D. Irwing, 1989.
20. LAW, A. M. Introduction to simulation: a powerful tool for analyzing complex manufacturing systems; simulation series, part 1. Industrial Engineering, v.18, n.5, p.46-63, May 1986.
21. LEWIS, E. V., ed. Principles of naval architecture. 2. rev. Jersey City, SNAME, 1988-89. 3v.
22. LIMA JR., O. F. Metodologia para concepção e dimensionamento de terminais multimodais de pequeno e médio porte. São Paulo, 1988. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
23. MACEDO, R. B. R. Dimensionamento de uma frota de graneleiros por meio de programação linear. São Paulo, 1976. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
24. MALAVOLTA, E. Técnicas de calagem. Rio de Janeiro, FINEP/Piracicaba, ESALQ/FEALQ, 1983. (Estudo nacional do calcário agrícola, 2).
25. MUCKLE, W.; TAYLOR, D. A. Muckle's naval architecture. 2. ed. London, Butterworths, 1987. (Marine engineering series).
26. NOVAES, A. G. Submodelo de transporte hidroviário. São Paulo, TRANSESP, 1978. (Boletim técnico, 1).
27. NOVAES, A. G. Métodos de otimização: aplicação aos transportes. São Paulo, Edgard Blucher, 1978.

28. BOILLIER, P. A.; KAHAN, B. C.; PROBST, A. R. Simulation with GPSS and GPSS V. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1976.
29. PEDGEN, CLAUDE DENNIS; ROBERT E. SHANNON; RANDALL P. SADOWSKI - Introduction to Simulation Using SIMAN - MacGraw-Hill, Inc, 1995.
30. QUAGGIO, J. A. Resposta das culturas à calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETTIVOS AGRÍCOLAS, 1., Piracicaba, 1983. Trabalhos apresentados. Piracicaba, Fundação Cargill, 1985. p.123-157.
31. RIVA, J. C. T. O calcário dolomítico já pode ser transportado pela hidrovia do Tietê. São Paulo, CESP, 1987. (Hidrovia Tietê-Paraná).
32. SCHRIEBER, T. J. Simulation using GPSS. New York, John Wiley, 1974.
33. SCHRIEBER, T. J. An introduction to simulation using GPSS/H. New York, John Wiley, 1991.
34. SISC 1.1: sistema Scania de simulação de custos operacionais. s.1, Scania, s.d.
35. TOLEDO, P. E. N. de. Transportes. Rio de Janeiro, FINEP/Piracicaba, ESALQ/FEALQ, 1983. (Estudo nacional do calcário agrícola, 5).
36. TOLEDO, P. E. N. de. Perspectivas do sistema hidroviário Tietê-Paraná no transporte do calcário agrícola no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1982. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
37. VOLPI, C. G. ARONAV 2.4. São Paulo, EPUSP, 1990. 7p.
38. WAGNER, H. M. Operations research: a global language for business strategy. Operations Research, v.36, n.5, p.797-803, Sept./Oct. 1988