Campus de São Carlos

Contribuição à Análise de Decisão sobre os
Sistemas de Distribuição Física do Saco de
Taraçá Brasileiro de Exportação

KLEBER CARLOS RIBEIRO PINTO

Orientador: Prof. Dr. João Alexandre Widmer

1996

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

KLEBER CARLOS RIBEIRO PINTO

**CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DE DECISÃO SOBRE OS SISTEMAS DE
DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DO SUCO DE LARANJA BRASILEIRO DE
EXPORTAÇÃO**

DEDALUS - Acervo - EESC

31100016728

**Tese apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos da USP para a obtenção do título
de doutor em Engenharia de Transportes.**

Área de Concentração: Planejamento

Orientador: Prof. Dr. João Alexandre Widmer

Class.	TESE EESC
Curr.	4468
Tombo	T076/97

Area: Transportes

st 0747517

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

P659c Pinto, Kleber Carlos Ribeiro
Contribuição à análise de decisão sobre os
sistemas de distribuição física do suco de laranja
brasileiro de exportação / Kleber Carlos Ribeiro
Pinto. -- São Carlos, 1996.

Tese (Doutorado). -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1996.
Orientador: Prof. Dr. João Alexandre Widmer.

1. Custos - distribuição física. 2. Suco de
laranja brasileiro de exportação. 3. Análise de
decisão. I. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

Tese defendida e aprovada em 03-3-1997
pela Comissão Julgadora:

Prof. Tit. **JOÃO ALEXANDRE WIDMER (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade São Paulo)

Prof. Dr. **REINALDO MORÁBITO NETO**
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)

Prof. Assoc. **JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO**
(Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo)

Prof. Assoc. **NICOLAU DIONÍSIO FARES GUALDA**
(Escola Politécnica - Universidade de São Paulo)

Prof. Dr. **HOSTÍLIO XAVIER RATTON NETO**
(COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ)

Prof. Doutor **ALEXANDRE BENETTI PARREIRA**
Coordenadora da Área de Transportes

JOSE CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

"...A ciência, na sua forma ideal, consiste numa série de proposições arranjadas hierarquicamente, de tal modo que o grau inferior dessa hierarquia se refere a fatos particulares, enquanto que o topo se refere a algumas leis gerais que governam tudo no universo."

Bertrand Russel

"Características do Método Científico"
[citado em HÜHNE (1992)]

*"O difícil para o camponês não é o plantar, mas o não colher. Há maior prova de fé do que ter a terra, ter a semente, ter a força de trabalhar e não ter o fruto e ainda dizer: **"Se Deus quiser o ano que vem dará!"**?*

Kleber, Novembro de 1985

"Do alto da montanha, num olhar distante, o homem distingue a gramínia do arbusto e o coqueiro da figueira, mas somente ao pé de cada um destes, num olhar próximo, consegue contar as sementes sadias que darão a vida".

Kleber, Setembro de 1996

AGRADECIMENTOS

A Deus, por dar-me força para enfrentar os desafios, particularmente o de realizar este trabalho.

Aos meus pais, Bento e Maria, pela formação que me ofereceram.

À minha esposa, Sônia e aos meus filhos, Frederico e Hugo, pelos fins de semana que passaram sem a minha presença nas horas de lazer.

Ao professor Dr. João A. Widmer, que com paciência, soube administrar as minhas dificuldades e limitações.

Aos contribuintes brasileiros e em particular aos paulistas, por garantirem as verbas que sustentaram o aprendizado que conquistei e agora é coroado com este trabalho.

Dezembro de 1996

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1	Apresentação	01
1.2	O contexto das decisões logísticas	03
1.3	O objeto do estudo	04
1.4	Objetivo e Justificativa	05
1.5	O Método	07

CAPÍTULO II - CONTEXTO ECONÔMICO DA INDÚSTRIA DE SUCO DE LARANJA

2.1	A Indústria do suco de laranja brasileiro e o mercado internacional	09
2.2	O comércio do suco entre o Brasil e os Estados Unidos	12
2.3	A expansão da oferta do suco brasileiro e a crise do setor	15
2.4	Considerações sobre o sistema de distribuição a granel	18
2.5	Tendências do mercado e vantagens competitivas do suco brasileiro	21

CAPÍTULO III - PROCESSOS DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DO SUCO DE LARANJA

3.1	Necessidade de uma visão sistêmica para a tomada de decisões	25
3.2	Especificidades do suco de laranja	26
3.3	O processamento da laranja e seus subprodutos	29
3.4	Processos de distribuição do suco para a exportação	32
3.5	Representação do fluxo de suco entre a produção e o destino	34

CAPÍTULO IV - CONCEITOS E CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA

4.1	Distribuição Física: um problema de filas e de estoques	38
4.2	Definição e classificação de custos de estoque	40
4.3	Custos de Distribuição: Fixos, Variáveis e Financeiros	43

CAPÍTULO V - CUSTO DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DO SUCO ATÉ O PORTO DE DESTINO

5.1	Custo devido à estrutura de armazenamento e sua operação	47
5.2	Custo financeiro ou do capital em estoques no depósito	48
5.3	Custos ocorridos durante o transporte	52

CAPÍTULO VI - O MODELO DO PROBLEMA E A LINGUAGEM DE MODELAGEM

6.1	Problemas de planejamento da distribuição	59
6.2	Métodos de resolução para o problema de custo fixo	62
6.3	Formulação genérica de um problema de custo fixo	66
6.4	Formulação do problema	69
6.5	O modelo: um problema linear de programação inteira misto	75
6.6	Cálculo dos coeficientes da função objetivo	85
6.7	Cálculo dos limites das restrições	91
6.8	Equacionamento das medidas de desempenho	92
6.9	Escolha da linguagem de modelagem GAMS	95

CAPÍTULO VII - APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO AO CASO DA INDÚSTRIA DO SUCO

7.1	Obtenção dos dados	99
7.2	Dados de entrada	101
7.3	Processamento dos dados	116
7.4	Análise dos resultados	126
7.5	Cuidados no uso do solucionador GAMS/ZOOM	136

CAPÍTULO VIII - CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1	Conclusões	138
8.2	Recomendações e extensões	140
8.3	Considerações finais	142
ANEXO A		145
ANEXO B		163
ANEXO C		166
ANEXO D		176
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		179
APÊNDICE 1		10 páginas
APÊNDICE 2		03 páginas

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 - Participação dos países nas exportações mundiais de suco de laranja concentrado gelado - 1991	09
FIGURA 2.2 - Comparativo das exportações do suco brasileiro de 1988 a 1995	17
FIGURA 3.1 - Processos de fabricação do suco	28
FIGURA 3.2 - Representação do sistema de distribuição do suco	35
FIGURA 5.1 - Representação de um sistema de estoque	50
FIGURA 6.1 - Função de custo não linear	67
FIGURA 6.2 - Função de custo linear	67
FIGURA 6.3 - Distribuição física em tambores	70
FIGURA 6.4 - Distribuição física a granel	71
FIGURA 6.5 - Fronteiras do caso estudado	71
FIGURA 7.1 - Fluxo acumulado do suco	111
FIGURA 7.2 - Comparativo dos custos unitários do suco a granel para os E.U.A.	134
FIGURA 7.3 - Comparativo dos custos unitários do suco a granel para a C.E.E.	134
FIGURA 7.4 - Comparativo dos custos unitários do suco a granel para o Japão.	135
FIGURA 7.5 - Comparativo dos custos unitários do suco a granel para a Austrália	135
FIGURA D.1 - Participação de cada componente do custo unitário total - suco em tambores	177
FIGURA D.2 - Participação de cada componente do custo unitário total - suco a granel	178

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 - Exportações do FCOJ pelo porto de Santos 1988 - 1989 para a América do Norte, Comunidade Econômica Européia e outros países	10
TABELA 2.2 - Exportações do suco brasileiro para os principais países - 1994 e 1995	11
TABELA 2.3 - Evolução da participação dos principais países nas exportações brasileiras de FCOJ - 1984 a 1986	12
TABELA 2.4 - Produção estimada dos pomares da Flórida	13
TABELA 2.5 - Exportações brasileiras do suco de laranja - FOB - 1988 a 1995	16
TABELA 2.6 - Preços do suco (FCOJ) - exportações brasileiras - 1991 a 1993	17
TABELA 2.7 - Exportações brasileiras para alguns países - 1992-94	22
TABELA 3.1 - Época de colheita da laranja no Estado de S. Paulo	28
TABELA 7.1 - Proporções mensais de produção do suco	102
TABELA 7.2 - Custos fixos em solo brasileiro	103
TABELA 7.3 - Custos diários do transporte marítimo	106
TABELA 7.4 - Capacidades dos armazens e tank-farms	107
TABELA 7.5 - Proporções do despacho por mês - suco em tambores	110
TABELA 7.6 - Proporções acumuladas de entradas e saídas - tambor	111
TABELA 7.7 - Dados específicos para a empresa Acitrus	113
TABELA 7.8 - Dados específicos para a empresa Bcitrus	113
TABELA 7.9 - Dados específicos para a empresa Ccitrus	114
TABELA 7.10 - Dados específicos para a empresa Dcitrus	114
TABELA 7.11 - Dados específicos para a empresa Ecitrus	115
TABELA 7.12 - Dados específicos para a empresa Fcitrus	115
TABELA 7.13 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Acitrus	117
TABELA 7.14 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Bcitrus	118
TABELA 7.15 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Ccitrus	119

TABELA 7.16 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Dcitrus	120
TABELA 7.17 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Ecitrus	121
TABELA 7.18 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Fcitrus	122
TABELA 7.19 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Acitrus sem restrição de demanda mínima por tipo de suco	123
TABELA 7.20 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Bcitrus sem restrição de demanda mínima por tipo de suco	124
TABELA 7.21 - Custos e indicadores de distribuição física - resultados da empresa Ccitrus sem restrição de demanda mínima por tipo de suco	125
TABELA 7.22 - Custo unitário de distribuição do suco a granel para os E.U.A.	134
TABELA 7.23 - Custo unitário de distribuição do suco a granel para a C.E.E.	134
TABELA 7.24 - Custo unitário de distribuição do suco a granel para o Japão	135
TABELA 7.25 - Custo unitário de distribuição do suco a granel para a Austrália	135
TABELA 7.26 - Custos e indicadores de utilização dos tank-farm	136
TABELA B.1 - Custos e capacidades dos armazéns da fábrica e plataformas rodoviárias	164
TABELA B.2 - Custos e capacidades dos tank-farm (fábrica e porto) e plataformas	164
TABELA B.3 - Investimento em navio: valor atual e rateio por tonelada estática	164
TABELA D.1 - Participação de cada componente do custo unitário total - Bcitrus -CEE Tambor	177
TABELA D.2 - Participação de cada componente do custo unitário total - Bcitrus -CEE Granel	178

Esta tese foi realizada com o apoio financeiro da Universidade Federal de Uberlândia - U.F.U., através da manutenção dos vencimentos de docente, do CNPq, através da bolsa de estudos de demanda social, administrada pela EESC/USP/S.Carlos, no início dos estudos e da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação, através da bolsa de estudos PICD, administrada pela U.F.U., no período da pesquisa e da redação deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho propõe-se um procedimento para a análise de sistemas de distribuição física do suco de laranja de exportação. São apresentados o contexto econômico da indústria do suco e os processos de fabricação e distribuição física do produto. Conceituam-se e formulam-se os custos de distribuição segundo a lógica das atividades operacionais. Modela-se um problema de tomada de decisão por estruturas de distribuição física para o suco de laranja e programa-se o problema na linguagem de modelagem GAMS (General Algebraic Modeling System). Faz-se a aplicação a seis empresas hipotéticas e conclui-se que o procedimento proposto é um instrumento eficaz para a análise dos custos e pode ser usado em estudos que dão apoio à decisão gerencial.

ABSTRACT

This thesis proposes a procedure of analyzing physical distribution systems for exporting orange juice. The economic context of the orange juice industry, the production process and physical distribution process are presented. The distribution costs according to the logic of operational activities are formulated. A problem of decision make about physical distribution structures of frozen concentrated orange juice is modeled. Using model written in the GAMS (General Algebraic Modeling System) modeling language, an application to six hypothetical companies is shown. His concluded that the proposed procedure is an effective instrument for cost analysis and can be useful to support management decisions.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O presente trabalho consta de 8 capítulos. No primeiro faz-se referências à interpretação sistêmica dos problemas logísticos e à classificação destes quanto ao nível de abrangência (estratégico, tático ou operacional). São definidos o objeto de estudo e o objetivo, bem como é colocada a sua justificativa.

No capítulo II é apresentado o contexto econômico da indústria do suco de laranja, que consta de um breve histórico do mercado internacional, das relações entre o Brasil e os Estados Unidos e da ampliação das vendas brasileiras para novas fronteiras. São colocadas as influências da distribuição a granel e a crise de preços no biênio 1993/94. Ainda são citadas as tendências do mercado e as vantagens competitivas do suco brasileiro.

No capítulo III, a abordagem sistêmica para analisar os processos de produção e de distribuição do suco é sugerida e as especificidades do suco de laranja são apresentadas. Faz-se a exposição dos processos de fabricação e de distribuição física, onde são citadas as influências da produção da fruta sobre a produção do suco e representadas graficamente as etapas de distribuição.

No capítulo IV admite-se que o sistema de distribuição física pode envolver os problemas de filas e de estoques, os custos de estoque são identificados e os custos de distribuição física são

classificados em fixos e variáveis, destacando dentre os últimos, o custo financeiro. No capítulo V trata-se da formulação dos custos ao longo do fluxo de distribuição do suco de exportação, compreendido desde o término da fabricação até o porto de destino.

Os custos de distribuição formulados no capítulo V alicerçam o capítulo VI. Neste, diferentes problemas de planejamento da distribuição e seus respectivos modelos matemáticos de Pesquisa Operacional são citados e a formulação genérica de um problema de custo fixo é colocada. Além disto, no capítulo VI está modelado o problema de minimização do custo anual total, que integra a escolha das alternativas de estruturas de distribuição física do suco de laranja e a alocação de quantidades de cada tipo de suco (em tambores ou a granel) para os diferentes destinos, que encontra-se escrito na linguagem de modelagem GAMS, visando a programação matemática do problema.

O capítulo VII refere-se à aplicação prática do procedimento proposto ao problema de decisão a respeito das alternativas de estruturas de distribuição física para seis empresas hipotéticas, sendo três destas simuladas em duas situações, resultando em nove conjuntos de dados que são rodados e que têm as soluções analisadas. São citadas as dificuldades ocorridas na obtenção dos dados de entrada, as adaptações necessárias para encerra-los, bem como o processamento do programa computacional e os cuidados no uso do solucionador escolhido para resolvê-lo, o GAMS/ZOOM.

Por último, no capítulo VIII são apresentadas as conclusões e recomendações.

1.2 O contexto das decisões logísticas

A logística desperta o interesse de estudiosos de diferentes campos, tais como: Transportes, Produção e Marketing. As funções desta área são de profunda relação orgânica, mas devem ser tratadas de maneira sistêmica para evitar interesses conflituosos entre os responsáveis, (KOLB, 1975).

Nos processos de tomada de decisão, os dirigentes estão aderindo à concepção de que os problemas logísticos devem ser tratados de maneira sistêmica, envolvendo as funções de produção, transporte, manuseio e armazenagem.

Do ponto de vista didático, os problemas logísticos podem ser categorizados em: estratégicos, táticos e operacionais.

Os problemas de localização industrial ou de instalações de armazenagem são exemplos de problemas estratégicos, uma vez que a solução dos mesmos passa pela análise das questões vitais para a organização e tem efeitos de longo prazo associados a fontes de fornecimento e ao potencial de mercado consumidor.

Na categoria dos problemas táticos, tem-se como exemplos o dimensionamento da frota de veículos e a instrumentalização dos armazéns já instalados, com efeitos de médio prazo.

Dentre os problemas operacionais, com efeitos de curto prazo, aparecem os problemas de roteirização, que pressupõem conhecidos: as origens das mercadorias, os pontos de atendimento e a frota de veículos e que têm como objetivo a otimização dos roteiros visando a minimização do custo operacional de transporte.

As fronteiras entre as três categorias de problemas logísticos não são bem definidas. A solução de problemas operacionais interfere

nos problemas táticos, por conseguinte estes afetam os problemas estratégicos e vice-versa. Como exemplo, a evolução tecnológica dos equipamentos para terminais de transportes pode ser citada. Para o caso de produtos líquidos ou em grãos, o desempenho operacional de um terminal (marítimo, rodoviário ou outro), estruturado em um sistema de distribuição com dispositivos de unitização de cargas (paletes, lingas, contêineres), tem sua vantagem para um determinado intervalo de volume do produto. Uma vez que o teto deste intervalo seja superado, torna-se conveniente a construção de um sistema de distribuição física específico para o produto, incluindo mudanças nos armazéns, nas plataformas de transferência, nos equipamentos de movimentação e nos veículos de transporte.

1.3 O objeto do estudo

O objeto deste trabalho é o processo de decisão do dirigente de uma organização ao optar por estruturas de distribuição física entre duas tecnologias distintas para produtos fluidos de exportação. O caso escolhido para a aplicação foi a empresa processadora do suco de laranja.

A distribuição do suco concentrado de laranja para a exportação incorre em várias operações de transporte, transbordo e armazenagem. O fluxo de distribuição possui uma origem, um ponto de transbordo e vários destinos. Desde o instante de término de fabricação até o desembarque no navio, o suco pode ter duas alternativas de distribuição: em tambores e a granel. Quando a comercialização é a granel, ele é estocado na fábrica (sob refrigeração), transportado por via rodoviária em caminhões-tanque até o porto, onde é armazenado em um tanque refrigerado (*tank-farm*) para

posterior bombeamento até o navio graneleiro. Quando o suco é vendido em tambores, ele é estocado na fábrica (sob refrigeração), transportado por via rodoviária para um armazém refrigerado e de unitização de cargas (geralmente localizado mais próximo do porto), e posteriormente transferido para a área de carregamento do navio. O transporte marítimo até o porto de destino e o descarregamento concluem a distribuição do produto.

1.4 Objetivo e Justificativa

O objetivo deste trabalho é apresentar um procedimento de apoio à decisão gerencial, que além indicar o melhor investimento para o sistema de distribuição física de uma empresa exportadora com acessibilidade a duas alternativas tecnológicas de distribuição, permite avaliar os efeitos das atividades operacionais no custo anual total. Nele são considerados os custos operacionais, os custos administrativos, o valor do tempo dos bens em estoque e/ou em trânsito e os custos de investimento.

Este procedimento vai além dos métodos de avaliação financeira de projetos, pois permite encontrar a combinação de diferentes dimensões dentre duas alternativas tecnológicas que minimize o custo anual total de distribuição e obedeça determinadas restrições.

Em uma decisão de investimentos deve-se dar atenção a todos os custos, incluindo aqueles envolvidos na operação do sistema de distribuição física. Custos relevantes na distribuição, relacionados à ociosidade de equipamentos, à manutenção de estoques e à espera de grande volume do produto para iniciar uma operação de transbordo ou transporte, podem ser reduzidos desde o momento da decisão por um determinado sistema de distribuição.

A indústria do suco de exportação (FCOJ - Frozen Concentrated Orange Juice) tem um papel importante na economia brasileira. A citricultura do Estado de São Paulo, que na safra 1993/94 destinou mais de 82% da sua produção à indústria do suco, gerou cerca de 100 milhões de dólares em ICMS (imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços) e 600 mil empregos diretos.

Desde o início da industrialização, em 1963, o Brasil teve sua participação crescente no mercado internacional do suco, colocando-se a partir de 1982 como o maior exportador mundial.

O desenvolvimento da citricultura e da industrialização da laranja deve-se aos recursos naturais apropriados, à elevação da produtividade e da qualidade proporcionada pela tecnologia moderna de produção e esmagamento do fruto e ao crescimento do mercado.

A indústria brasileira do suco, nos últimos anos, vem enfrentando obstáculos na colocação do produto nos Estados Unidos, o maior país importador do planeta, o que a faz orientar esforços na conquista de novos mercados, tal como o Japão. Com estes esforços, a malha de distribuição de uma empresa tende a ser mais pulverizada, aumentando a distância global a ser percorrida para a entrega de uma mesma quantidade de suco. Esta mudança, em andamento, no quadro do mercado internacional do suco, exige avaliações cuidadosas das empresas no momento de decisão pela expansão dos seus sistemas de distribuição.

No Brasil não há trabalhos acadêmicos dedicados à análise dos custos de distribuição do suco para a exportação. CAIXETA FILHO (1993), preocupado com a racionalização na área do suprimento da fábrica, apresentou uma estrutura de modelagem para a otimização da

colheita e do transporte da laranja entre os talhões de laranjeiras e a fábrica, considerando as diferentes variedades da laranja e o período de maturação.

Esforços de pesquisa que cooperem para decisões racionais na armazenagem, transbordo e transporte do suco podem contribuir para melhorar as vantagens da comercialização.

O procedimento de análise proposto contribui para o estudo integrado de alternativas de investimento e de alocação de quantidades de dois produtos (sendo que cada um requer uma tecnologia distinta de distribuição).

1.5 O Método

A identificação dos aspectos mercadológicos e o conhecimento dos processos de fabricação e de distribuição são requisitos iniciais para a análise sistêmica de um problema de decisão. A classificação dos custos de distribuição física é necessária para a compreensão do procedimento de apoio à análise de decisão.

A partir da seqüência de operações da distribuição física do suco, é elaborada uma função de custo total de distribuição que considera os custos fixos, operacionais e de estoques ocorridos desde o instante de término de fabricação até o momento de descarregamento no porto de destino.

A formulação de um problema de programação linear misto, representativo do problema real é feita a partir dos parâmetros de custos e das características técnicas referentes às alternativas de investimento.

Para resolver o problema linear misto é adotada a linguagem de modelagem GAMS - General Algebraic Modeling System [BROOKE (1992)]. Nesta linguagem também são escritas as medidas de mérito necessárias para a avaliação das soluções oferecidas pelo solucionador GAMS/ZOOM, pertencente ao *software* GAMS. O exemplo da distribuição física do suco de laranja é utilizado para testar o procedimento e finalmente as soluções obtidas são analisadas.

A solução do problema de programação inteira zero/um objetiva o menor custo total de distribuição anual e indica a escolha da melhor combinação de investimentos em armazéns, ou *tank farm* e navios, alocando as quantidades de suco em tambores ou suco a granel para cada um dos destinos, respeitando as restrições de capacidade produtiva da fábrica, capacidade de escoamento das plataformas, capacidade dos armazéns a serem implantados, capacidade de produção de "toneladas × milhas" dos navios, limites mínimos de comercialização do suco em tambores e suco a granel para cada destino e o orçamento disponível de recursos financeiros para investimentos.

O modelo de análise é determinístico e pode ser associado à classificação de DASKIN (1985), que em seu artigo sobre as oportunidades de pesquisa em logística, denomina o enfoque a ser utilizado neste estudo como associado a modelos "integrados" de logística.

CAPÍTULO II

CONTEXTO ECONÔMICO DA INDÚSTRIA DE SUCO DE LARANJA

2.1 A Indústria do suco de laranja brasileiro e o mercado internacional

A indústria do suco de laranja concentrado (FCOJ) e a citricultura brasileiras são regidas pelo mercado de exportação. Sendo o maior exportador do suco de laranja do mundo, o Brasil deteve 73% do mercado de exportação em 1991 (Figura 2.1) e 78% em 1992, (BNDES, 1993).

Em 1992, o suco do Brasil representou cerca 3% das exportações brasileiras, sendo que 98% da produção total foi exportada (BNDES, 1993).

FIGURA 2.1 - Participação dos países nas exportações mundiais de suco de laranja concentrado gelado 1991.

Fonte: EEC - Eurostat/National Statistics - June 1992

A produção brasileira de suco representou cerca de 51% da produção mundial em 90, (SIFFERT FILHO, 1992), sendo o maior produtor, enquanto a segunda colocação é dos E.U.A., que representou cerca de 39%.

NEVES (1991), citando a F.A.O. (Food and Agriculture Organization of the United Nations), afirma que em quantidade de caixas de laranjas esmagadas na safra de 1988/89, o Brasil participou com 53,3% do total processado no planeta, enquanto os E.U.A. participaram com 31,8 %.

O Brasil possuía em 1993 uma capacidade instalada capaz de produzir cerca de 1.400.000 t anuais, enquanto o consumo mundial está em torno de 1.800.000 t anuais (BNDES, 1993).

As exportações brasileiras do suco têm como seus principais mercados, a América do Norte (E.U.A. e Canadá), e a Comunidade Econômica Européia (C.E.E.). Através do Porto de Santos, as exportações para estas regiões totalizaram respectivamente 45% e 47,9%, no biênio 1988/89 (vide tabela 2.1).

TABELA 2.1 - Exportações do FCOJ pelo Porto de Santos 1988-89 para a América do Norte, Comunidade Econômica Européia e outros países (em toneladas)

DESTINO	1988	1989	total do biênio	participação.(%)
América do Norte	303.116	314.981	618.097	45,0
C.C.E.	326.886	331.000	657.886	47,9
Outros	33.598	64.133	97.731	7,1
TOTAL	663.600	710.114	1.373.714	100

FONTE: ABRASSUCOS.

Considerando que as exportações totais de suco de laranja em 1989 somaram 724.174 toneladas (IBGE, 1989), tem-se que cerca de 98% das exportações ocorreram através do porto de Santos e que as realizadas para os E.U.A. (próximo de 269 mil toneladas) representaram aproximadamente 37% das exportações brasileiras.

O mercado consumidor do FCOJ brasileiro atinge mais de 40 países. Em 1988, 1989 e 1990, os E.U.A., a Holanda (Países Baixos) e a Bélgica responderam por cerca de 82% das exportações brasileiras.

Em 1994 e 1995 estes países conjuntamente continuam representando uma participação equivalente (Tabela 2.2), mas percebe-se uma drástica redução das exportações para os E.U.A. e um aumento para os outros dois países. Além disto, o Japão teve uma participação significativa em 1994, que foi reduzida em 1995.

TABELA 2.2 - Exportações do suco brasileiro para os principais países - 1994 e 1995 (toneladas).

PAISES	1994	1995
PAISES BAIXOS	392.615	395.608
BÉLGICA	214.068	284.856
ESTADOS UNIDOS	328.360	111.668
JAPÃO	103.932	67.969
CORÉIA SUL	34.514	43.214
AUSTRÁLIA	14.392	15.650
OUTROS PAÍSES	58.976	41.940
Total	1.146.857	960.905

Fonte: DTIC - Relatório de 15.01.96

2.2 O comércio do suco entre o Brasil e os Estados Unidos

Como primeiro consumidor do mundo e maior importador, os E.U.A. representaram no início dos anos 90, 65% da demanda do planeta e foi isoladamente, o maior importador do suco brasileiro. Por outro lado este país é segundo maior produtor do suco (perdeu a primeira posição para o Brasil em 1983).

A ocorrência de geadas nos Estados Unidos provocou instabilidades na produção da fruta em seus pomares e por isto a participação dos E.U.A. nas exportações brasileiras oscilou bastante.

Em 1984, as exportações do Brasil para este país atingiram as cifras de 568 mil toneladas (62,8% das exportações brasileiras), em 1985 286 mil e em 1986 414 mil toneladas (Tabela 2.3). Estes números mostram o impacto das fortes geadas ocorridas nos pomares americanos em 1983 e 1985. Isto foi motivo de euforia para o complexo citrícola brasileiro na década de 80.

TABELA 2.3 - Evolução da participação dos principais países nas exportações brasileiras de FCOJ. 1984 a 1986.

ANO	1984			1985			1986		
país	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Bélgica	85.049	9,4	9,2	42.446	8,8	9,6	111.844	13,9	14,0
Canadá	47.483	5,2	5,4	21.935	4,5	4,6	41.487	5,2	5,2
E.U.A.	568092	62,8	63,7	286556	59,1	58,3	414492	51,6	51,7
JAPÃO	3619	0,2	0,4	12509	2,6	2,8	11211	2,2	2,4
Holanda	114631	12,7	12,4	78884	16,3	15,8	162325	20,2	20,0
outros	85930	9,7	8,9	42452	8,7	8,9	61709	6,9	6,7
Total	904.804 t US\$ 1.414.500			484.782 t US\$ 748.925			803.068 t US\$ 678.083		

Legenda: (1) em toneladas; (2) participação do país em % das toneladas exportadas; e (3) participação do país na receita brasileira em dólares americanos (US\$).

Fonte: CACEX - Ministério da Fazenda - Secretaria da Receita Federal - Banco do Brasil - 1984 A 1986.

Desde 1984 a participação dos E.U.A. nas exportações brasileiras de suco, apesar de ainda ser expressiva, vem diminuindo, a ponto de em 1995 significar apenas 111.668 toneladas, ou 11,6% do suco brasileiro exportado (vide tabela 2.2), ao passo que a participação de outros países do planeta vem crescendo. Isto não é por acaso, uma vez que a busca da auto-suficiência dos E.U.A. inclui várias ações dos agentes econômicos da área e do governo americano.

Está ocorrendo o deslocamento dos pomares no sentido do norte para o sul da Flórida, sendo esta última região menos propensa a ocorrências de geadas, o que reduz as perdas. Além disto, os americanos estão evoluindo com as técnicas de produção da laranja, inclusive com intenso uso da irrigação, aumentando a produtividade. Por isto, os pomares da Flórida têm previsões de produção crescente nos próximos anos (vide tabela 2.4).

TABELA 2.4 - Produção estimada dos pomares da Flórida em milhões de caixas (de 40,8 kg cada)

safr	ano	96/97	97/98	98/99	99/2000
previsão	pessimista	233	241	248	254
previsão	otimista	248	262	274	283

FONTE: Depto. de Citrus da Flórida, citado por GARCIA (1991)

Ações de governo também protegem os produtores americanos. O imposto de importação, que foi de US\$ 492/t, segundo COUTINHO et al. (1993), é atualmente de US\$ 479/t (Jornal "O Estado de São Paulo" de 25.02/96), bem como uma sobretaxa de US\$ 35 por tonelada para a Flórida são barreiras conquistadas pelo setor citrícola daquele país. Em épocas de preços baixos, o peso destas taxas, que são fixas, passam a representar um grande empecilho ao ingresso do suco brasileiro nos E.U.A.

A importação, que os E.U.A. estão fazendo, do suco de regiões mais próximas, como o México, também é um entrave às exportações do Brasil.

Em 1985, cerca de 97% do total de toneladas de suco importadas pelos E.U.A. (F.A.O., 1989), foi do Brasil. Em 1990 estas se reduziram para 85%, enquanto a participação do México passou de 2% em 1985 para 11% em 1990. Segundo MENESES (1993), o México, que atendia 7,6 % do mercado americano em 1987, passou a atender 14 % em 1991.

Na coluna "Sua Safra, Seu Dinheiro", o Suplemento Agrícola (edição nº2101) do jornal "O Estado de São Paulo" (14/02/96), apresenta uma previsão pessimista para as exportações do suco brasileiro para os E.U.A.: 40 mil toneladas para a safra 96/97 e apenas 20 mil na safra 97/98. A coluna do semanário atribui esta previsão à elevação da produção dos E.U.A. e ao ingresso crescente do suco mexicano naquele mercado. O Jornal Gazeta Mercantil de 13/12/95, na sua coluna *Agribusiness* na matéria "O suco despenca", informa sobre a produção anual americana de 272,5 milhões de caixas de laranja e a conseqüente queda do preço do suco no mercado internacional.

Quanto às previsões do comércio futuro entre o Brasil e os Estados Unidos, apresenta-se atualmente a questão do NAFTA¹ (Acordo Norte-Americano de Livre Comércio). SILVA (1993), analisando os efeitos do acordo no mercado internacional do suco (FCOJ), chegou à conclusão que o México será beneficiado com a progressiva redução das tarifas para a exportação aos Estados Unidos.

¹NAFTA - North American Free Trade Agreement

Porém isto não se transforma em uma ameaça às exportações do suco brasileiro, uma vez que toda a capacidade produtiva do México não atinge 7% da exportação brasileira. Por outro lado, este autor indica que a recuperação da produção da Flórida é um fator preocupante para os exportadores brasileiros.

As estimativas de redução de tarifas de importação pelos Estados Unidos (E.U.A.) e pela Comunidade Econômica Européia (C.E.E.), de 20% e 15%, respectivamente, abrem a possibilidade de incremento das exportações do Brasil para estas regiões. SILVA (1994), em um estudo que analisa os preços internacionais do suco, simula as hipóteses de novas geadas nos E.U.A., apesar da redução das chances destas ocorrerem, e as reduções tarifárias propostas pelo GATT². O autor conclui que as reduções tarifárias provocam maiores modificações no mercado do que as possíveis geadas.

2.3 A expansão da oferta do suco brasileiro e a crise do setor

As exportações para a Holanda (Países Baixos), que em 1984 cercavam os 12% das exportações brasileiras, sucederam os anos seguintes com volumes crescentes, atingindo em 1990 quase 30% e em 1993 aproximadamente 39%.

A Bélgica, que em 1991 importou 112.695 toneladas do Brasil, em 1993 atingiu 196.326 toneladas (Secretaria de Comércio Exterior). Dados do Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo (FURTADO, 1994), indicam que as exportações do período 1992/93 para a Europa atingiram 607.600 toneladas, significando 55,8% das exportações totais do Brasil.

²GATT - General Agreement on Tariffs and Trade

A Coréia do Sul, que importava 386 toneladas do Brasil em 1985, atingiu 14.689 em 1989 e 35.982 em 1992, enquanto o Japão que importava 45.574 toneladas em 1992 alcançou 103.932 em 1994, ocupando 9,1% das exportações brasileiras.

Apesar dos esforços já realizados pelo setor citrícola brasileiro para a expansão do mercado total (vide tabela 2.5), estes não foram suficientes para evitar uma crise no biênio 1993/94 (vide figura 2.2). A procura da auto-suficiência dos E.U.A. e o crescimento da produção brasileira afetaram os preços do suco no mercado de exportação em geral, refletindo negativamente nas exportações brasileiras. A tabela 2.6 mostra as oscilações de preços ocorridas de 1991 até o terceiro trimestre de 1993.

TABELA 2.5 - Exportações brasileiras de suco de laranja - F.O.B. - 1988 A 1995

ANO	toneladas	mil US\$	US\$/kg
1988	663.600	1.144.332	1,724
1989	724.174	1.018.954	1,407
1990	954.888	1.468.494	1,537
1991	919.451	898.249	0,977
1992	968.627	1.052.775	1,087
1993	1.175.043	826.738	0,704
1994	1.146.857	985.476	0,850
1995	960.905	1.105.080	1,150

Fontes: 1988 a 1992 - IBGE- Anuário Estatístico do Brasil. * Dados de 93, 94 e 95 Depto. Técnico de Intercâmbio Comercial - Secretaria de Comercio Exterior.

FIGURA 2.2 - Comparativo das exportações do suco brasileiro de 1988 a 1995

Fontes: 1988 a 1992 - IBGE- Anuário Estatístico do Brasil. * Dados de 93, 94 e 95 Depto. Técnico de Intercâmbio Comercial - Secretaria de Comercio Exterior.

TABELA 2.6 - Preços dos suco (FCOJ) nas exportações brasileiras (US\$/t)

trimestre/ano	1°	2°	3°	4°
1991	911	929	949	1487
1992	1.358	1.270	955	690
1993	368	664	920	---

Fonte: Committee on Commodity Problems, 1993, (F.A.O.- United Nations).

Segundo GARCIA (1993), a produção de suco no Brasil cresceu 11% de 1991/92 para 1992/93, quando alcançou 1.045 mil toneladas. Somando à segunda maior safra da história da Flórida, o suco ofertado ao mercado resultou em um adicional de 350 mil toneladas, o que fez com que o preço FOB - Santos caísse para US\$ 245,00/t entre fevereiro e março de 1993, ou cerca de US\$ 368,00/t no primeiro trimestre de 1993, fechando na média em US\$ 670,00 para o período 1992/93 contra US\$ 1.197/t do período 1991/92.

Esforços no sentido de expandir e consolidar os demais mercados nos quais já atuam, além de conquistar outros novos, continuam sendo empreendidos pelas empresas processadoras brasileiras, tais como a construção de um "sucoduto" com uma empresa italiana, visando ampliar a oferta do produto para a Comunidade Econômica Européia, conforme cita SIFFERT FILHO (1992), e a aliança entre as empresas líderes instaladas no Brasil para a construção de um terminal específico no Japão e a formação de uma *Joint Venture* na Rússia realizada por Cutrale, Citrosuco e a sueca Tetra Pak, do ramo de embalagens, conforme cita MENEZES (1993).

2.4 Considerações sobre o sistema de distribuição a granel

O fluxo de suco deve ser realizado dentro das limitações de oferta e demanda. Devido às discrepâncias entre os ritmos de produção e de consumo e à necessidade de recuperação de baixas temperaturas para preservar a qualidade do produto, o Sistema de Distribuição do suco de laranja depende de armazéns refrigerados junto à fábrica e junto ao porto do país de origem.

Quando tem-se a comercialização do suco em tambores, é conveniente possuir uma frota mínima de veículos rodoviários para suprir os clientes mais tradicionais e/ou com maior volume de suco comercializado, complementando os serviços através da contratação de fretes de terceiros. Porém para o caso do suco a granel, devido à necessidade de investimentos de maior porte e à inflexibilidade de utilização do veículo em outras atividades, reduz-se a disponibilidade de veículos de terceiros para a contratação, e tem-se a tendência da frota ser propriedade do grupo empresarial responsável pela produção.

Dado o grande volume de recursos financeiros necessário para o investimento inicial, a adoção do sistema de distribuição a granel com transporte rodoviário tem a sua vantagem para veículos de grande capacidade, sendo conveniente para escalas de produção acima de 40 mil toneladas anuais. Quando inclui-se o transporte marítimo a granel, torna-se necessária a aquisição de um ou mais navios graneleiros e terminais específicos, indicando uma escala mínima de 80 mil toneladas anuais para haver uma redução de cerca de 15% no custo logístico (SIFFERT FILHO, 1992).

A análise dos custos de distribuição de um produtor de sucos, proprietário de um sistema de transporte ou de armazenagem, pode levar a direção da empresa à conclusão de que o consórcio ou a venda de fretes e/ou serviços de armazenagem para outros produtores é uma alternativa para diminuir a ociosidade, reduzindo os custos de distribuição e viabilizando a opção por uma estrutura de distribuição a granel.

A redução desta ociosidade pode se dar com o cultivo de outras variedades de laranja ou de limão, que tenham a produção no primeiro semestre e possam ser processadas pelas mesmas instalações fabris e sistemas de distribuição. Para isto, as questões envolvidas com o mercado do suco de limão devem ser analisadas, e o período de manutenção preventiva das instalações fabris deve ser garantido.

A utilização da estrutura logística e de produção para o suprimento, esmagamento e distribuição do suco de limão é uma alternativa para as empresas alcançarem economias de escopo, porém o suco desta fruta é muito pouco difundido no mercado consumidor interno e externo. NEVES (1994), descreve sobre as vantagens comparativas que a indústria nacional de sucos teria em firmar associações com outras empresas e indústrias para a colocação do suco de limão no mercado.

Esforços para o cultivo de variedades de laranja que possibilitem a produção da fruta em períodos hoje considerados de entressafras podem levar à redução da ociosidade da estrutura de produção e de distribuição, oferecendo maiores economias de escala. No entanto, as atuais dificuldades de colocação do adicional de suco no mercado inibem as pesquisas neste sentido. A recente crise do setor tem atingido também as instituições de pesquisa dedicadas à citricultura, (COUTINHO et al. 1993).

Ainda que sejam interessantes as propostas de esmagamento do limão e de desenvolvimento de variedades de laranja que venham a produzir frutos no período atualmente considerado de entressafra, tais alternativas não são objeto de estudo neste trabalho.

Recorrendo aos trabalhos que comparam custos de distribuição a granel e custos de distribuição em tambores - SIFFERT FILHO (1993) e MENEZES (1993) - tem-se que os custos de distribuição a granel são menores que em tambores para quantidade acima de 40 mil toneladas. Entretanto, a nível da produção da fábrica, em média, obtém-se os menores custos de produção quando a escala encontra-se entre 20 mil e 35 mil toneladas anuais.

Esta diferença de escalas para alcançar menores custos unitários pode exigir negociações entre dois ou mais produtores para viabilizar a distribuição a granel, uma vez que a maioria das empresas brasileiras têm capacidade de produção inferior à escala exigida para alcançar vantagem com a distribuição a granel.

2.5 Tendências do mercado e as vantagens competitivas do suco brasileiro

Apesar da crise de 1993 (vide figura 2.2), as perspectivas não são desanimadoras. Há possibilidades de expansão do consumo per capita em países da Europa Ocidental, do Leste Europeu, do Oriente e da Oceania. Prevê-se que o mercado europeu incremente o consumo de suco de laranja a taxas de 3% ao ano (COUTINHO et al. 1993). Estes autores também fizeram uma estimativa de que o Japão chegaria a consumir 150.000 toneladas nos anos 90. Dados do DTIC - Departamento Técnico de Intercâmbio Comercial, de 1995, indicam uma elevação nas exportações brasileiras para a Finlândia, Hungria, Japão e Austrália no ano de 1994 (vide tabela 2.7).

TABELA 2.7 - Exportações brasileiras para alguns países de 1992 a 1994 (toneladas)

ANO/PAÍS	FINLÂNDIA	HUNGRIA	JAPÃO	AUSTRÁLIA
1994	10.571	1.257	103.931	14.392
1993	7.527	18	64.067	6.146
1992	4.769	0	45.574	3.262

Fonte: DTIC 1995.

Do lado da matéria prima, o setor citrícola brasileiro dedica mais de 2/3 da produção de laranjas à indústria do suco. O clima é adequado para o cultivo da laranja, há disponibilidade de terras a preços acessíveis e a mão de obra é de baixo custo.

A competitividade da produção brasileira frente à concorrência, segundo SIFFERT FILHO (1992), está na conjugação dos seguintes fatores:

- i) *condições climáticas adequadas ao plantio de citros, especialmente na região situada entre o paralelo 20 e 25 graus;*
- ii) *baixos custos de produção, não apenas em termos operacionais, mas também em função do menor valor relativo às inversões³, principalmente dos gastos com mão de obra (intensivamente empregada no cultivo), operação com máquinas e valor da terra;*
- iii) *parque industrial tecnologicamente moderno;*
- iv) *desenvolvimento de conhecimentos técnico-agronômicos;*
- v) *Estruturação de uma cadeia produtiva, envolvendo produtores rurais, indústrias, transportes e comercialização, capaz de maximizar o ciclo produtivo e comercial.*

³Os investimentos de capital na produção da fruta são relativamente menores no Brasil do que em outros países grandes produtores de laranja.

Por serem de grande importância para a competitividade, as vantagens de custo de produção e de transportes e armazenagem são comentadas a seguir.

Custos de produção da fruta⁴

Tomando-se como parâmetro o Estado de São Paulo no Brasil, o Estado de Vera Cruz no México e a Flórida nos E.U.A., o estudo de MURARO (1993) sobre o custo operacional⁵ para a manutenção de um pomar para o período 1990/91 obteve, respectivamente, os valores de US\$ 1,17/cx, US\$ 1,55/cx e US\$ 2,17/cx.

NEVES et al. (1993), comparando os custos operacionais para o período 1991/92 para duas regiões da Flórida e três regiões do Estado de São Paulo, obtiveram os valores de US\$ 2,29/caixa indistintamente para o norte ou o sul da Flórida e os valores de US\$ 0,87/cx para Ribeirão Preto, US\$ 0,99 para a região de Campinas e US\$ 1,06 para a região de São José do Rio Preto.

Em 1994, a competitividade em termos de custo da fruta amplia-se para o Estado do Paraná. A região de Paranavaí dispõe atualmente de cerca de 6.000 hectares em pomares de laranja, com um custo médio de US\$ 1,064/cx (NEVES et al. 1994).

A partir destes estudos, conclui-se que o Brasil possui vantagens significativas sobre os E.U.A., conseguindo obter uma caixa de laranja a um custo operacional de aproximadamente 42% do custo dos E.U.A., durante a primeira metade da década de 90.

⁴Para a produção de uma tonelada de suco a 65° Brix são necessárias 270 caixas de 40,8 kg em média, de laranja, (DI GIORGI, 1991).

⁵Sobre os conceitos de Custos de Produção para a cultura da laranja, veja ARRUDA(1994).

Transporte e Armazenagem

A distribuição do suco concentrado gelado, com a armazenagem em *tank farm* e o transporte rodoviário e marítimo a granel, provocou uma transformação na estrutura de custos de distribuição. Enquanto o custo de transporte de um tambor é praticamente estável para qualquer que seja a escala de suco transportado, o custo de transporte para o suco a granel proporciona grandes economias de escala para volumes elevados (para as empresas brasileiras, as vantagens são estimadas para volumes superiores a 35.000 toneladas anuais, segundo projetos apresentados junto ao BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).

O pioneirismo no uso desta tecnologia cabe à empresa Cargill, em 1981. Graças ao grande volume de suco exportado anualmente, as empresas líderes (Cargill, Citrosuco e Cutrale) adotaram este sistema de distribuição desde a década de 80, reduzindo o custo de transporte para cerca da metade do que incorre o suco em tambores, conforme indica SIFFERT FILHO (1992).

A Citrosuco e a Cutrale dispõem de *tank-farm*, na Bélgica e na Holanda e de um terminal portuário específico em Nagoya, Japão [MAIA e AMARO (1994)].

Atualmente, as oportunidades para a formação de *joint venture*, segundo COUTINHO e FERRAZ (1994), tornam convenientes as associações entre empresas produtoras e importadoras do suco para a construção de terminais próprios também no exterior.

CAPÍTULO III

PROCESSOS DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DO SUCO DE LARANJA

3.1 Necessidade de uma visão sistêmica para a tomada de decisões

A decisão por um sistema de distribuição física de uma determinada empresa produtora e distribuidora interage com a decisão pelo projeto de instalação industrial, quando tem-se a definição da localização da fábrica e das centrais de distribuição.

A decisão pelo local da fábrica e das centrais de distribuição merece a consideração de fatores do ambiente econômico, tais como potencial das fontes fornecedoras de matéria prima, mapeamento da demanda, disponibilidade de infra-estrutura de serviços públicos e permissibilidade da legislação.

As características do produto afetam o projeto de instalação industrial. Quando tem-se produtos com risco de perecibilidade, o tempo de viagem para o uso de uma frota de veículos sem sistema de refrigeração é um fator crítico para a decisão entre construir os depósitos refrigerados em diferentes locais ao longo da cadeia de distribuição e adotar veículos com sistemas de refrigeração.

As distâncias rodoviárias entre as fábricas brasileiras do suco de laranja e o porto não exigem a alocação de depósitos entre os dois pontos, mas demandam depósitos refrigerados na fábrica e junto ao porto.

No caso da indústria de suco de laranja para a exportação, o volume de produção e comercialização pode ser o elemento decisivo para a escolha entre um sistema de distribuição em tambores ou a granel. O montante de investimentos necessários para a adoção do sistema de distribuição a granel reduz a acessibilidade das empresas a esta tecnologia, mas pode estimular parcerias entre grupos empresariais para adotá-lo, uma vez que para grandes escalas consegue-se significativas reduções no custo unitário, conforme citado nos itens 2.4 e 2.5.

3.2 Especificidades do suco de laranja

A produção do suco está intimamente relacionada ao ciclo de produção da laranja (de maio a dezembro). A fruta tem um reduzido período para ser utilizada, devido à sua perecibilidade.

O período de produção do suco é inferior ao período de solicitação de demanda (que ocorre todos os meses do ano), por isto, o ritmo de produção do suco, que pode variar mensalmente, deve ser suficiente para acumular estoques até o seu término, possibilitando o atendimento à demanda enquanto o processamento estiver interrompido.

O momento adequado para a colheita, denominado ponto de colheita é definido pelo ponto ótimo de maturação do fruto, o que depende da variedade da laranja, segundo HALPERN e ZUR (1988). A produtividade dos pomares em termos de suco concentrado, depende também das características e do tratamento da terra e das condições ambientais.

A determinação do ponto de colheita é realizada através do acompanhamento de índices que indicam o estado de maturação da

fruta, que, segundo LOTT (1945), está associada ao aumento da concentração de açúcares e à diminuição da quantidade dos ácidos presentes no fruto. A temperatura e a intensidade da luz influenciam na intensidade do processo fotossintético, o que faz com que aumente os açúcares em toda a fase de crescimento do fruto, conforme cita MARCHI (1993).

Dois índices são amplamente utilizados para explicar o estado de maturação do fruto: o índice Brix, que mede o percentual de sólidos solúveis no fruto e o índice *Ratio*, que é a relação entre o Brix e o percentual de acidez titulável no suco de laranja (VIEGAS, 1991).

Estudando as laranjas comerciais produzidas no estado de São Paulo, FIGUEIREDO (1991) afirma que os pomares da região podem ter frutos colhidos desde março até dezembro, conforme a variedade de laranja (vide tabela 3.1).

Como as laranjas lima e peralima não são produzidas em escala industrial, o período de processamento da laranja situa-se, na maioria dos casos, entre maio e dezembro, período em que a programação da colheita e do transporte de frutas para o suprimento da fábrica é fundamental para o aproveitamento adequado da fruta, conforme tratado por CAIXETA FILHO (1993). Quando o esmagamento da fruta está no final do período de produção, os depósitos alcançam as maiores taxas de ocupação.

A produção do suco depende da safra da laranja, o que provoca uma grande ociosidade da fábrica na entressafra, sendo que parte deste período é usado para a manutenção preventiva dos equipamentos.

TABELA 3.1 - Época de colheita da laranja no estado de São Paulo.

mes variedades	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
lima e peralima	-----	-----	-----	-----						
Hamlin		-----	-----	---						
Baia e Baianinha		-----	-----	-----	-----					
Barão Westin/Rub			-----	-----	-----	---				
Pêra					-----	-----	-----	-----	-----	
Lima Tardia					-----	-----	-----	-----		
Valência e Natal							-----	-----	-----	-----

Fonte: Figueiredo(1991)

FIGURA 3.1 - Processos de fabricação do suco de laranja

3.3 O processamento da laranja e seus subprodutos

O processo de produção do suco mais utilizado é composto de diversas operações, representadas pela figura 3.1 e descritas detalhadamente abaixo. O termo *blendagem*, utilizado neste texto, segue o linguajar do meio empresarial e tem o significado de uma operação de mistura de sucos de diferentes índices Brix.

Recepção

A recepção (1) das laranjas é realizada através de plataformas com acionamento pneumático que possibilita a inclinação dos caminhões carregados de laranja a granel, oriundos dos pomares fornecedores. Ao serem recebidas, as frutas são transportadas por um sistema de esteiras transportadoras até o local da operação denominada "escolha".

Escolha

Nesta operação (2) são eliminadas as impurezas mais evidentes e as frutas estragadas são enviadas para a produção de ração cítrica. Após esta escolha a laranja pode ser direcionada para os depósitos de laranjas denominados "bins", visando atingir um melhor grau de maturação, ou simplesmente aguardando a vez de ser processada, ou enviada diretamente para a unidade de extração. Durante a escolha, são obtidas amostras para testes de laboratório com a finalidade de identificar o índice Brix e o grau de acidez.

Lavação e Seleção

Oriundas dos "bins" ou da operação de escolha, e dependendo do índice *Ratio*, as frutas vão para a unidade de extração,

onde são direcionadas para uma determinada linha de processamento para a extração, sendo submetidas à operação de lavação e seleção (3), sendo os seus últimos resíduos indesejáveis eliminados e as frutas de dimensões inadequadas recusadas. A partir daí, aquelas selecionadas são classificadas automaticamente pelas esteiras transportadoras, segundo o diâmetro das frutas, e transportadas até às máquinas extratoras.

Extração

A extração (4) é realizada nas máquinas extratoras, sendo que nesta operação obtém-se simultaneamente, a emulsão para a extração de óleo essencial, o bagaço e o suco.

Filtragem, Centrifugação e Decantação da Emulsão

A emulsão segue sucessivamente para as operações de filtragem (5), centrifugação (9) e decantação (10). Nesta última operação obtém-se o óleo essencial, um dos subprodutos da laranja, que armazenado em tambores, compõe a gama de produtos para a comercialização, sendo importante insumo para a indústria de cosméticos.

Prensagem, Secagem e Pelletização do bagaço

O bagaço resultante da operação de extração segue consecutivamente as operações de prensagem (6), secagem (11) e Pelletização (12), donde obtém-se o pellet, outro subproduto, destinado à alimentação animal, armazenado em silos para a comercialização. Da operação de prensagem, aproveita-se também o líquido obtido, que segue para a operação de vaporização.

Vaporização do líquido obtido da prensagem do bagaço

Através desta operação (7) obtém-se o d'limonene (um ácido) e o melaço concentrado. O primeiro é mais um subproduto de comercialização, usado para a limpeza de componentes eletrônicos ou como insumo para a indústria de verniz, enquanto o segundo segue para o processo de destilação.

Destilação do Melaço Concentrado

O melaço concentrado, após a destilação (8), oferece como subproduto o álcool, que armazenado em tanques, também é destinado à comercialização.

Filtragem, Centrifugação e Vaporização do suco

Da operação de extração o suco segue sucessivamente as operações de Filtragem (13), Centrifugação (14) e Vaporização (15). Nesta última obtém-se o suco concentrado, e a mistura de óleo destilado e essência. O suco concentrado é destinado à operação de blendagem, enquanto a mistura segue para o processo de decantação.

Decantação da mistura de óleo destilado e essência

Através da operação de decantação (17), obtém-se os produtos óleo destilado e essência, que em seguida são armazenados em tambores para a comercialização. Parte da essência pode também ser usada na operação de blendagem do suco.

Blendagem do suco

A operação de blendagem (16) permite a obtenção do suco de laranja concentrado para a exportação, pois é aí que o suco é finalizado para os padrões exigidos pelos clientes internacionais,

podendo obter-se sucos de diferentes índices *Ratio* e diferentes proporções de essência. Este suco de laranja concentrado pode ser armazenado em tambores (que necessitam 18 dias de câmara de armazenamento para completar o resfriamento) ou em um sistema de armazenagem a granel denominado *tank-farm*, mantido a temperaturas inferiores a dez graus Celsius negativos (-10°C), o que garante a qualidade do produto em igualdade de condições para a distribuição em granel ou em tambores. O suco concentrado gelado pode durar 08 anos, segundo MENEZES (1993).

O processamento da laranja, tal como aqui exposto, serve para ilustrar o grau de aproveitamento da matéria prima e o leque de subprodutos que podem ser obtidos.

Apesar da extensa gama de produtos obtidos deste sistema de fabricação, em termos de receita para os cofres de uma empresa, o suco de laranja concentrado representa de 90 % a 95% do total.

3.4 Processos da distribuição do suco para a exportação

Considera-se aqui dois sistemas de distribuição: um para o suco concentrado gelado a granel e outro para o suco em tambores:

Para fins deste trabalho, o sistema de distribuição do suco a granel (SG) inicia-se no instante em que o suco está pronto para a exportação, o que pressupõe que tenha-se atingido a temperatura adequada para o despacho, e termina no instante em que é concluído o descarregamento do navio no porto de destino.

Analogamente, o sistema de distribuição do suco em tambores (ST) inicia-se no instante em que este alcança a temperatura adequada

para o despacho e termina no instante em que o descarregamento no porto de destino é concluído.

Estão incluídos nestes sistemas, os seguintes subsistemas:

(1) Subsistema de Estocagem I:

SG: Armazenagem do suco no *tank-farm* da fábrica

ST: Armazenagem do suco em tambores no depósito refrigerado da fábrica

(2) Subsistema de Transferência I:

SG: Carregamento do caminhão-tanque na fábrica.

ST: Carregamento do caminhão de tambores na fábrica.

(3) Subsistema de Transporte I:

SG: Transporte entre a plataforma de carregamento (na fábrica) e a plataforma de descarregamento do caminhão-tanque junto ao *tank farm* do porto.

ST: Transporte entre a plataforma de carregamento da fábrica e a plataforma de descarregamento de tambores do depósito refrigerado junto ao porto.

(4) Subsistema de Transferência II:

SG: Descarregamento do caminhão-tanque na plataforma do *tank farm* do porto.

ST: Descarregamento do caminhão de tambores na plataforma do depósito junto ao porto.

(5) Subsistema de Estocagem II

SG: Armazenamento no *tank farm* do porto.

ST: Armazenamento no depósito junto ao porto.

(6) Subsistema de transferência III

SG: carregamento do navio graneleiro e desatracação.

ST: Transferência entre o depósito do porto e o navio (carregamento).

(7) Subsistema de Transporte II

SG e ST: Transporte marítimo entre o cais do porto nacional e o cais do porto de destino.

8) Subsistema de transferência IV:

SG: Descarregamento do navio graneleiro no porto de destino.

ST: Descarregamento do navio cargueiro no porto de destino.

3.5 Representação do fluxo do suco entre a produção e o destino

Conceituação de cliente (ou destino)

Para o objetivo deste trabalho, conceitua-se como *cliente* a entidade ou o responsável encarregado de recepcionar um determinado tipo de produto (suco a granel ou suco em tambores) em um determinado porto de destino (um ponto de mercado de exportação), que receberá a encomenda despachada pelo fabricante ou grupo de fabricantes brasileiros. Assim, para cada porto de destino, considera-se um só cliente para um determinado tipo de produto.

Representação do fluxo de suco

De forma genérica, admita que o gráfico de fluxo acumulado de produtos por tempo (figura 3.2.), represente o Sistema de Distribuição de um tipo de produto (ou suco a granel ou o suco em tambores) ao longo do ciclo de produção e de distribuição para um determinado destino, tendo-se uma só plataforma de embarque e uma de desembarque para o transporte marítimo.

Transferência I, do item 3.4. Ela mostra que sucessivas partidas de caminhões ocorrem imediatamente após concluída a lotação (assemelhando-se a um fluxo em um "sucoduto"); que o tempo de carregamento do caminhão (t_c) corresponde à distância horizontal entre o instante de liberação do suco e o instante de partida do caminhão.

A área entre as linhas do ritmo de partidas de caminhões (linha B) e do ritmo de chegadas dos caminhões no depósito do porto (linha C), representa o subsistema de Transportes I (rodoviário), do item 3.4. A distância horizontal indica o intervalo de tempo equivalente ao deslocamento do veículo rodoviário da plataforma de carregamento junto à fábrica até a plataforma de descarregamento junto ao depósito do porto. Aqui também considera-se que as sucessivas partidas de caminhões são de ordem tal que o problema possa ser tratado como de fluxo contínuo.

A área entre as linhas do ritmo de chegadas dos caminhões no depósito do porto (linha C) e do ritmo de desocupação dos caminhões (linha D) representa o subsistema de Transferência II, do item 3.4., O intervalo horizontal entre o instante de chegada e o instante em que é terminado o esvaziamento do caminhão representa o tempo de descarregamento do caminhão.

A área entre a linha do ritmo de desocupação dos caminhões no depósito do porto (linha D) e a linha de fluxo acumulado de suco liberado deste mesmo depósito (linha E), representa o subsistema de Estocagem II, do item 3.4. Esta área mostra que a formação do estoque no depósito junto ao porto (distância vertical entre as duas linhas) é função do ritmo dos sucessivos descarregamentos dos

caminhões (aqui considerado como fluxo contínuo), do ritmo de liberação do suco a partir deste depósito (que é feito quando o navio está presente e é interrompido quando o navio está ausente), e do intervalo entre a partida de um navio e a chegada do navio subsequente.

Durante o tempo em que o navio está parado no porto de origem (distância horizontal "b"), ocorrem as operações para a liberação do suco a partir do depósito, intervalo entre as linhas E e F (distância "a") e as operações de encerramento da recepção do suco pelo navio e de preparação para cumprir a ordem de zarpar, ou desatracação. Este intervalo representa o subsistema de Transferência III, do item 3.4. Mostra o tempo necessário para ocorrer a transferência entre o instante em que se inicia a liberação do suco a partir do depósito junto ao porto e o instante em que ocorre a partida do navio (segmento vertical da linha G).

A área entre as linhas "G" e "H" representa o subsistema de transporte II (marítimo). A distância horizontal mostra o tempo que o navio demora para se deslocar desde o porto de origem até o porto de destino. O estoque em trânsito é o somatório das cargas despachadas nos diversos navios durante o tempo de viagem exigido entre origem e destino e é representado pela distância vertical entre as duas linhas.

A área entre as linhas "H" e "I" representa a transferência do suco para os depósitos nos destinos.

CAPÍTULO IV

CONCEITOS E CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA

4.1 Distribuição Física: um problema de filas e de estoques

O modelo integrado de decisão e de análise de sistemas de distribuição, apresentado neste trabalho, considera os custos que ocorrem durante o fluxo do suco entre a produção e o destino, tais como: esperas dos veículos, estoques e execução do transporte.

Os sistemas de distribuição de produtos, como qualquer sistema logístico, estão sujeitos a problemas de filas e de estoques. As filas, motivadas pela variação da intensidade de chegada de usuários e ou pela variação no ritmo de atendimento, ou simplesmente pela incapacidade do número de atendentes em responder ao volume de usuários que demandam o serviço, podem ser analisadas através de modelos probabilísticos ou de modelos determinísticos.

Tratando do planejamento operacional de sistemas de distribuição, DAGANZO e NEWELL (1985), analisaram as relações de compensação (*trade-offs*) existentes entre os custos envolvidos na distribuição diária de produtos a partir de um armazém para clientes geograficamente espalhados. Os autores consideraram diversos fatores pertinentes à distribuição física, tais como: o manuseio e o tempo do produto em estoque, a capacidade do veículo de transporte, a densidade de clientes na área de distribuição de um veículo, a velocidade do veículo, a distância até os clientes e os tempos de carregamento e de descarregamento. Quanto aos custos, identificaram

dois importantes *trade-offs*: (1) Eficiência no percurso de distribuição versus Acúmulo nos estoques e (2) Custo de transporte versus Custo de estoque em trânsito.

WIDMER (1989) argumenta que os modelos para a análise de filas e de estoques diferem-se essencialmente na forma de estimar os custos advindos dos acúmulos e nas formas de controle que o administrador do sistema tem sobre as variáveis que afetam o fluxo de entrada e de saída de usuários do sistema. Pode-se também distinguir um modelo de fila de um modelo de estoques, quanto ao objetivo pretendido. O modelo de fila pode ter o objetivo de manter a fila média em um determinado tamanho, garantir um certo tempo médio de espera, limitar a máxima fila permitida, ou limitar o tempo de espera máximo para um usuário, enquanto os modelos de análise de estoques visam garantir um determinado estoque mínimo (fila) para atender pedidos do produto pelos clientes.

Nas operações de uma empresa produtora e exportadora de suco há a necessidade de manter estoques para possibilitar o despacho do produto ao longo do ano, inclusive durante o período de paralisação da fábrica, mas também há a necessidade de evitar filas de espera para o atendimento dos veículos, com vistas a reduzir os custos de paradas desnecessárias dos mesmos.

Em um processo de distribuição, alguns imprevistos podem acontecer, tais como: defeitos em veículos, intempéries em alto mar, congestionamentos em vias rodoviárias ou marítimas, desvio no cumprimento das ordens, etc. Estas ocorrências levam a variações estocásticas nos tempos de viagem e nos tempos de processamento dos portos. No entanto, considera-se, para os efeitos deste trabalho

que o administrador do fluxo de distribuição tem o controle das operações, podendo programá-las de maneira determinística.

4.2 Definição e classificação de custos de estoque

Diferentes abordagens existem para a classificação dos custos. Para o efeito deste trabalho, parte-se da seguinte definição de estoques:

"um estoque consiste de recursos passíveis de serem usados mas que se encontram, momentaneamente, sem aplicação".

ACKOFF e SASIENI (1979, p. 200)

De acordo com a orientação destes autores, os custos de estoques podem ser classificados da seguinte maneira:

Custo de posse

Está associado aos custos que aumentam em proporção direta ao crescimento dos estoques (variável) e no tempo em que estes são retidos nos depósitos. Quando o espaço de armazenamento é alugado, seus componentes são: (a) custo do capital em estoques (proporcional à quantidade e ao tempo); (b) custo administrativo (controle dos estoques); (c) custo de movimentação (deslocamento do estoque); (d) custo de armazenagem (taxa ou aluguel); (e) custo de seguros e impostos; (f) custo de deterioração e obsolescência.

Quando as instalações são próprias, tem-se custos fixos para os custos de armazenagem e administrativos.

O custo de capital em estoques corresponde a uma taxa de juros, e sua determinação depende da alternativa ao estoque que a

empresa poderia dispor para aplicar o capital. O custo administrativo refere-se às despesas de registro e de controle dos estoques. O custo de movimentação considera o custo da mão-de-obra para a movimentação do estoque e dos equipamentos para este fim. O custo de armazenagem refere-se ao aluguel pago pelo espaço ocupado ou à depreciação e juros associados à aquisição de prédios próprios. O custo de impostos e seguros refere-se aos impostos e às apólices de seguro dos edifícios, dos estoques ou à provisão para a cobertura de danos previstos para os mesmos. O custo de deterioração e obsolescência deve-se às possíveis perdas que ocorram durante a armazenagem e não será considerado neste trabalho, pois parte-se do princípio de que as condições de segurança à qualidade garantem a preservação do produto.

Custo de falta ou penalidades

Corresponde aos custos que surgem quando a empresa não dispõe do produto para atender aos pedidos dos clientes no lugar e no momento adequado. Dentre estes, tem-se: (a) despesas extraordinárias para atender o cliente, tais como os custos adicionais de transporte (transporte de emergência ou substituição do transporte aéreo em lugar do rodoviário ou marítimo) e as despesas com horas extras na produção e (b) o custo de não atender aos pedidos (perda de clientes e de reputação da empresa).

Segundo SIFFERT FILHO (1993), o universo de fornecedores de suco para um determinado segmento do mercado consumidor possui características de um oligopólio. Para evitar as perdas de vendas e o

custo de faltas ou penalidade, recomenda-se a formação de estoques do produto.

Custo de produção dos itens

Refere-se aos custos de materiais e de processamento necessários para a produção do item. No caso do suco de laranja, o custo de produção conta com os custos envolvidos desde a obtenção da matéria prima, a laranja, até o término do processamento do mesmo, inclusive o período de resfriamento necessário para atingir a temperatura adequada para a exportação. O custo unitário de produção varia de acordo com a escala de produção, alcançando economias de escala quando o volume de produção aproxima da capacidade instalada da fábrica.

Nas indústrias do suco para a exportação (FCOJ), utiliza-se a operação denominada blendagem (mistura de sucos de diferentes índices Brix), que pode ser realizada no momento que o suco termina de ser processado, formando-se em seguida o suco blendado para o estoque dedicado a um determinado cliente. Pode-se também fazer a blendagem programada para o despacho, evitando o estoque parado do suco já blendado.

A fronteira para as operações de distribuição física pressupõe que o produto esteja pronto, o que faz que o suco estocado, antes da blendagem final, seja considerado um produto em processamento e o custo de estoque deste seja incluído no custo de produção. O custo de preparação da fábrica para iniciar a produção ou blendagem, também deve estar aí embutido, contemplando assim, todos os custos necessários para conseguir o suco pronto ao final do processo de

fabricação para o despacho ao cliente. O custo de produção é elemento básico para o cálculo do custo de distribuição.

4.3 Custos de Distribuição: Fixos, Variáveis e Financeiros¹

Dentre as referências bibliográficas sobre custos de distribuição, destacam-se: (a) NOVAES e ALVARENGA (1994), que explicam como apropriar os custos e como calcular custos de transporte rodoviário; (b) NOVAES (1989), que descrevendo o problema macro-logístico, chega ao equacionamento do custo total de transferência de mercadoria entre dois pontos, considerando o custo de estoque e o custo de transporte e; (c) BLUMENFELD et al. (1985), que tratam dos custos de transportes, estoque e de preparação para a produção.

A reflexão sobre problema da definição de uma estrutura de custos de distribuição do suco conduz a seguinte lógica: O sistema de distribuição consta dos subsistemas de Estocagem, de Transferência e de Transporte, que exigem investimentos de capital nas instalações de armazenagem, plataformas de embarque e desembarque, equipamentos de movimentação interna e veículos. Para cada instalação de armazenagem, conjunto de equipamentos ou frota de veículos, exigem-se gastos com pessoal e material permanente ligados às funções administrativas ou de manutenção.

Aos investimentos de capital e a estes gastos, dá-se o nome de Custos Fixos, uma vez que são incorridos anualmente, independentemente do volume processado.

¹Para o objetivo deste trabalho não se distinguiu o termo "custo" do termo "despesa", o que seria preocupação da Contabilidade de Custos.

A necessidade de processar o produto através destas instalações, equipamentos, e veículos, acarreta gastos relacionados à operação dos mesmos, seja pelo uso de fontes energéticas, material de consumo nas operações ou de pessoal. Estes gastos constituem-se em Custos Variáveis, uma vez que são efetuados de maneira diretamente proporcional ao volume processado.

As sazonalidades da produção e do consumo exigem a manutenção de estoques capazes de garantir o atendimento aos clientes. O período em que os estoques são armazenados impõe uma perda de oportunidade de aplicação do capital correspondente a estes *estoques*, que poderia estar em outras alternativas de investimentos, e por isto a manutenção de estoques incorre em Custos Financeiros que devem ser considerados na estrutura de custos e são proporcionais ao montante empatado em estoques e ao tempo em que estes estoques são submetidos ao processo de armazenagem e ou transporte.

Em síntese, durante o prazo em que o suco se encontra no Sistema de Distribuição, tem-se: (1) custo devido às instalações, equipamentos e veículos, aqui considerado um custo fixo (custo de investimento), que corresponde a uma reserva ou provisão para a reposição dos equipamentos no final do horizonte de planejamento mais o custo financeiro referente ao capital investido; (2) custos devidos ao funcionamento das instalações, que podem ser fixos (manutenção da estrutura administrativa ou de equipamentos) ou variáveis (Operação); e (3) o custo financeiro referente ao capital empatado com o estoque operacional durante o tempo em que o produto encontra-se em poder do produtor - exportador, tratado como um custo variável.

Considera-se para os efeitos deste trabalho que o estoque operacional é aquele formado para atender à demanda anual, devido às condições de sazonalidade da demanda e da produção do suco ao longo do ano.

Custos fixos do Sistema de distribuição

Quando as instalações de armazenagem e a frota de veículos de distribuição da indústria de suco são bens próprios, os custos correspondentes são fixos.

Estes custos são referentes à constituição dos subsistemas de Estocagem, Transferência e Transporte, e são calculados através das expressões usuais de matemática financeira, utilizando o Método do Custo Anual Uniforme, (OLIVEIRA, 1982). Para isto, pressupõe-se seguintes dados: (1) a vida econômica das instalações fixas (armazens e plataformas), dos equipamentos de movimentação e dos veículos; (2) a taxa que representa o custo de oportunidade do capital (taxa mínima de atratividade); (3) o valor presente das instalações, equipamentos e veículos; e (4) o valor residual do projeto.

Custos Variáveis do Sistema de distribuição

Os gastos relacionados às operações, são *variáveis* (aqueles diretamente proporcionais ao volume processado), e somente existem quando o produto passa por um determinado processo (armazenamento ou transportes). Entre os custos operacionais de armazenagem e de transportes tem-se: movimentação interna, combustível, lubrificantes, manutenção e mão-de-obra direta.

Custo Financeiro de manter os estoques

A ponderação do custo financeiro, equivalente ao capital empatado em estoques depende: (a) do custo do produto no instante em que este entra no sistema de distribuição; (b) do tempo total das quantidades em estoque (quantidade $\times$ tempo), correspondente à área entre os fluxos de entrada e saída do produto no subsistema de armazenagem; e (c) da taxa que representa o custo de oportunidade do capital (taxa mínima de atratividade ou taxa de captação de recursos financeiros no mercado). Por ser dependente da quantidade do produto, o custo financeiro de manter os estoques é considerado neste trabalho como um custo variável.

Acompanhando a seqüência das operações, os custos podem ser vistos como: custos devido à estrutura de armazenamento e sua operação, custo do capital empatado em estoques nos depósitos e custos ocorridos durante o transporte, conforme está descrito no próximo capítulo.

CAPÍTULO V

CUSTO DE DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DO SUCO ATÉ O PORTO DE DESTINO

5.1 Custo devido à estrutura de armazenamento e sua operação

Neste item é apresentada a identificação dos componentes do custo devido à estrutura de armazenamento e à sua operação, incluindo aí as estruturas e operações portuárias, classificando-os em custos fixos e custos variáveis.

Considera-se o custo administrativo (CAAD) e o custo de armazenagem (CAAG) como custos fixos, isto é, independentemente do volume total movimentado ao longo do ano, estes custos estão presentes. O custo de armazenagem (CAAG), compõe-se dos custos de investimento nas instalações de armazenagem, tais como edifícios, equipamentos de refrigeração e dispositivos de segurança.

O custo fixo anual para a estrutura de armazenamento e sua operação (CAZ), na fábrica e ou no porto (inclusive a instalação de terminais específicos, quando for o caso), pode ser escrito como:

$$CAZ = CAAD + CAAG \quad (5.1)$$

Para o caso das empresas produtoras e exportadoras do suco, que necessitam de armazéns na fábrica e no porto de exportação, é conveniente manter um estoque técnico nos depósitos, que corresponde ao mínimo necessário para garantir o carregamento do veículo, de maneira a não interromper o fluxo de transporte. Para o caso do armazém do porto, cuja função principal é evitar excesso de

espera do navio, é importante dispor permanentemente de uma quantidade de suco para abastecer um navio. O custo financeiro relativo a este estoque também é permanente, podendo ser compreendido como um custo fixo. Como tal, é incluído no custo de armazenagem (CAAG).

O custo de movimentação (CMT) e o custo de seguro do estoque (CSE) são considerados como custos unitários. O custo anual total para movimentar e segurar os estoques depende da quantidade de produto movimentada ao longo do ano, sendo um custo variável.

Desta forma, o custo anual devido à estrutura de armazenamento e sua operação (CZ), fica:

$$CZ = (CAAD + CAAG) + (CMT + CSE) \times QP \quad (5.2)$$

onde QP = Quantidade a ser processada ao longo do ano.

5.2 Custo financeiro ou do capital em estoques no depósito

Cálculo do estoque médio mensal

A produção do suco é interrompida por um determinado período, que corresponde à interrupção do fornecimento de matéria prima e à manutenção geral da fábrica, quando tem-se taxa nula de produção. A necessidade de suprir a demanda durante este período de interrupção da produção impõe perdas financeiras devido ao estoque que deve ser acumulado progressivamente nos meses de produção. Estas perdas são considerados como custos financeiros.

Para o cálculo do custo de capital, admite-se que o período anual é subdividido em doze meses, $i = 1, 2, \dots, 12$, conforme ilustra a

figura 5.1, e os ritmos de saída (λs_i) e de produção (λp_i) diária são constantes ao longo do mês.

Para uma condição de estoque muito maior que o volume transportado em um dia de produção, pode-se utilizar os conceitos de filas determinísticas apresentados por NEWELL (1982):

Considerando,

Qp_i = Quantidade a ser processada no mês (t);

Qs_i = demanda do mês i ;

λp_i = taxa de produção no mês i (t/dia);

λs_i = taxa de saída no mês i (t/dia);

I_k = estoque no dia k (t);

I_i = estoque médio no mês i para a reserva dedicada aos despachos;

k = indicador do instante da medida;

i = indicador do mês ($i = 1, \dots, 12$).

Pode-se representar o acúmulo na forma proposta na figura 5.1.

Tendo-se uma medida do estoque no início do primeiro dia e uma medida do estoque no fechamento de todos os dias do mês,

$k = 0, 1, 2, \dots, 30$, se $\begin{cases} k=0, \text{ então } I_0 = \text{estoque inicial do primeiro dia} \\ k=1, 2, \dots, 30, \text{ então } I_k = \text{estoque de fechamento diário} \end{cases}$

FIGURA 5.1
Representação de um sistema de estoque

O cálculo do estoque médio mensal é escrito:

$$I_i = [1/(30+1)] \cdot \sum_{k=0}^{30} I_k \quad (5.3)$$

Como os ritmos de produção e de saída são constantes ao longo do mês, na equação acima $\sum_{k=0}^{30} I_k$ é a soma de uma série aritmética com

(30+1) termos, diferença $(\lambda p_i - \lambda s_i)$ e termo inicial I_0 :

$$\sum_{k=0}^{30} I_k = (30 + 1) [2 I_0 + 30 (\lambda p_i - \lambda s_i)] \cdot \frac{1}{2} \quad (5.4)$$

O estoque médio no mês i , I_i , fica:

$$I_i = \frac{\sum_{k=0}^{30} I_k}{(30+1)}, \quad \text{ou} \quad I_i = [2 I_0 + 30 (\lambda p_i - \lambda s_i)] \cdot \frac{1}{2}$$

$$I_i = I_0 + 15 (\lambda p_i - \lambda s_i)$$

onde:

$$\lambda p_i = Q p_i / 30$$

$$\lambda s_i = Q s_i / 30$$

$$I_i = I_0 + \frac{1}{2} (Q p_i - Q s_i) \quad (5.5)$$

Custo anual de capital do estoque na fábrica

Segundo BLUMENFELD et al. (1985), o custo unitário de estoque é função do tempo médio de espera, do valor unitário do produto e de uma taxa que representa a razão entre custo de estoque e o valor do produto. Analogamente, considera-se neste trabalho que custo anual de capital em estoques é função do tempo total de espera para todo o volume estocado (ton×dias), do custo unitário de produção e da taxa de juros mensal.

Sejam:

R = taxa de juros mensal

CP = Custo unitário do produto antes da embalagem

CEMB = Custo da embalagem para uma unidade.

Assim, o custo de capital anual no depósito da fábrica (CCF) é:

$$CCF = (R/30) \cdot (CP+CEMB) \cdot TTE \quad (5.6)$$

onde:

TTE= área entre os fluxos de entrada e saída no período anual (ton × dias)

$$TTE = 30 \cdot \sum_{i=1}^{12} I_i \quad (5.7)$$

$$CCF = R \cdot (CP+CEMB) \cdot \sum_{i=1}^{12} I_i \quad (5.8)$$

Para o presente trabalho são previamente conhecidos: os limites mínimo e máximo dos volumes totais de suco a serem fornecidos para os diferentes destinos no período anual, as proporções da produção bem como as do despacho anual do total de suco, distribuídas mês a mês. São incógnitas, as partes de granel e de tambores a serem alocadas a cada destino e as opções de investimentos a serem indicadas para a instalação das estruturas de distribuição física. As

diferenças entre as proporções de produção e de despacho, além do estoque residual do período anterior permitem determinar o custo financeiro anual dos estoques, definido como um custo variável e escrito em função das quantidades de suco acumuladas.

Custo anual de capital do estoque no porto

Admitindo que o estoque do armazém do porto justifica-se em função de manter um volume de suco para garantir o carregamento do navio (estoque independentes das flutuações de produção e de demanda do suco), considera-se que o seu custo financeiro seja incluído no custo fixo administrativo anual do porto.

5.3 Custos ocorridos durante o transporte

Considerando que o processo de transportes de uma unidade do produto inicia ao ingressar no veículo enquanto este ainda está parado para o carregamento das demais unidades e termina quando ela é descarregada na plataforma de destino, pode-se adotar o conceito de BLUMENFELD et al. (1985) para determinar o custo unitário de transporte (CT) para um certo trecho:

$$CT = (CP + CEMB) \times R \times [T_t + (V_t / 2 \lambda_{t_a}) + (V_t / 2 \lambda_{t_b})] + (F_t / V_t) \quad (5.9)$$

onde:

R = Taxa de juros mensal

T_t = Tempo em deslocamento do veículo t

F_t = Custo do transporte de uma viagem redonda para o veículo t

V_t = Tamanho da carga para o veículo do veículo t (lotação completa),

e:

$$(CP + CEMB) \times R \times [T_t + (V_t / 2 \lambda_{t_a}) + (V_t / 2 \lambda_{t_b})]$$

é o custo financeiro de uma unidade durante o trânsito no trecho e (F_t/V_t) é custo unitário de transporte, no caso de fretamento é equivalente ao valor do frete de uma unidade (tonelada de suco no exemplo deste trabalho).

O valor de F_t tem a seguinte formulação:

$$F_t = CTVA_t \times (DTA_t / VTA_t) + CTVP_t \times [(\tau_{t_a} + \tau_{t_b}) + (V_t / \lambda_{t_a}) + (V_t / \lambda_{t_b})] + CTVB_t \times (DTB_t / VTB_t) \quad (5.10)$$

Na equação (5.10), o primeiro e o terceiro termo referem-se ao custo do veículo rodoviário em trânsito (ida e volta), enquanto o segundo refere-se ao custo do veículo parado.

DTA_t = Distância de deslocamento para o veículo t no sentido de ida (carregado).

DTB_t = Distância de deslocamento para o veículo t no sentido de volta (vazio).

$CTVA_t$ = Custo por unidade de tempo do veículo t viajando no sentido da ida (carregado).

$CTVB_t$ = Custo por unidade de tempo do veículo t viajando no sentido da volta (vazio).

$CTVP_t$ = Custo por unidade de tempo do veículo t parado.

VTA_t = Velocidade média do veículo t viajando no sentido de ida (carregado).

VTB_t = Velocidade média do veículo t viajando no sentido de volta (vazio).

τ_{t_a} = Tempo médio de espera do veículo t na plataforma de origem para iniciar o carregamento.

τ_{t_b} = Tempo médio de espera do veículo t na plataforma de destino para iniciar o descarregamento.

λ_{t_a} = Ritmo de carregamento do veículo t na plataforma de origem.

λ_{t_b} = Ritmo de descarregamento do veículo t na plataforma de destino.

Custos anuais ocorridos durante o transporte rodoviário (CR)

$$CR = [(CP+CEMB) \times QP] \times R \times [Tr + (Vr / 2\lambda r_a) + (Vr / 2\lambda r_b)] + (Fr / Vr) \times QP \quad (5.11)$$

onde:

$$Tr = DRA/VRA \quad (5.12)$$

DRA é a distância de ida.

VRA é a velocidade de ida.

$[(CP+CEMB) \times QP] \times R \times [Tr + (Vr / 2\lambda r_a) + (Vr / 2\lambda r_b)]$ é o custo financeiro anual do volume de produto que transita no modo rodoviário.

$[Tr + (Vr / 2\lambda r_a) + (Vr / 2\lambda r_b)]$ é tempo médio (em dias) do produto no veículo rodoviário.

$(Fr / Vr) \times QP$ é o custo variável anual relativo ao trânsito rodoviário (custo de produção das viagens rodoviárias do ano). Quando o transporte rodoviário é fretado, Fr é valor do frete por viagem.

Fr é o custo de produção de uma viagem rodoviária redonda (ida e volta).

Vr é a lotação do veículo rodoviário.

QP é o fluxo anual de produto no trecho.

Para a frota própria, tem-se:

$$Fr = CRVA \times (DRA/VRA) + CRVP [(tr_a + tr_b) + (Vr / \lambda r_a) + (Vr / \lambda r_b)] + CRVB \times (DRB/VRB)$$

1° termo

2° termo

3° termo

(5.13)

Sendo:

τr_a = Tempo médio de espera do veículo *rodoviário* na plataforma de origem para iniciar o carregamento.

τr_b = Tempo médio de espera do veículo *rodoviário* na plataforma de destino para iniciar o descarregamento.

λr_a = Ritmo de carregamento do veículo *rodoviário* na plataforma de origem.

λr_b = Ritmo de carregamento do veículo *rodoviário* na plataforma de destino.

Na equação (5.13), o primeiro e o terceiro termo referem-se ao custo do veículo rodoviário em trânsito, enquanto o segundo refere-se ao custo do veículo parado.

Os custos por unidade de tempo no veículo rodoviário CRVA, CRVB e CRVP incluem uma parcela da amortização anual do investimento em caminhões definida por custeio¹. Apesar disto, o custo do transporte rodoviário de uma carga [equação (5.13)], é considerado variável em relação à quantidade a ser transportada porque a unidade de comercialização do suco (na ordem de milhares de toneladas) é bastante superior à capacidade de um caminhão, que sempre está lotado ao ser despachado, ainda que trabalhe o ano inteiro. Quanto mais suco for comercializado, mais viagens podem ser contratadas ou mais veículos podem ser adquiridos e vice versa, de maneira a evitar a sub-utilização dos mesmos. No programa escrito em linguagem GAMS, em anexo, esta consideração proporciona maior facilidade na modelagem do problema, reduzindo o número de variáveis discretas no

¹Quanto aos sistemas de custeio, o interessado deve consultar: (1) NAKAGAWA, Masayuki. ABC-custeio baseado em atividades. Atlas, S. Paulo, 1994; (2) MARTINS, Eliseu. Contabilidade de Custos. Atlas, S. Paulo, 1995.

modelo de otimização. Quando o volume de comercialização da empresa é pouco expressivo, esta consideração merece cuidados.

Os custos por unidade de tempo ocorridos enquanto o veículo está em movimento (CRVA e CRVB) são: (1) salário do motorista, (2) obrigações sociais, (3) diária do motorista, (4) combustível, (5) lubrificante, (6) manutenção corretiva e pequenos reparos, (7) manutenção preventiva e (8) amortização do investimento no caminhão.

Os custos por unidade de tempo com o caminhão parado (CRVP) são: (1) salário do motorista, (2) obrigações sociais, (3) diária do motorista e (4) amortização do investimento no caminhão.

Custos anuais ocorridos durante o transporte marítimo (CM)

$$CM = [(CP + CEMB) \times QP] \cdot R \cdot [T_m + (V_m / \lambda m_a) + (V_m / \lambda m_b)] + (F_m / V_m) \times QP \quad (5.14)$$

$$T_m = DM / VMA \quad (5.15)$$

DM é a distância de ida

VMA é a velocidade de ida

$[(CP + CEMB) \times QP] \times R \times [T_m + (V_m / 2\lambda m_a) + (V_m / 2\lambda m_b)]$ é o custo financeiro anual do volume de produto que transita no modo marítimo.

$[T_m + (V_m / 2\lambda m_a) + (V_m / 2\lambda m_b)]$ é o tempo do produto no veículo marítimo

$(F_m / V_m) \times QP$ é um custo variável anual durante o trânsito marítimo, ou custo de produção das viagens marítimas do ano.

Para o caso de navio próprio, tem-se:

$$F_m = CMVA \times (DMA/VMA) + CMVP \times [(\tau m_a + \tau m_b) + (Vm/\lambda m_a) + (Vm/\lambda m_b)] + CMVB \times (DMB/VMB) \quad (5.16)$$

Sendo:

τm_a = Tempo médio de espera (em dias) do veículo *marítimo* na plataforma de origem para iniciar o carregamento.

τm_b = Tempo médio de espera (em dias) do veículo *marítimo* na plataforma de destino para iniciar o descarregamento.

λm_a = Ritmo de carregamento (em ton/dia) do veículo *marítimo* na plataforma de origem.

λm_b = Ritmo de carregamento (em ton/dia) do veículo *marítimo* na plataforma de destino.

O primeiro e o terceiro termos da equação (5.16) correspondem ao navio viajando, enquanto o segundo termo corresponde ao navio parado

Quando o transporte marítimo é feito por navio próprio, os custos diários CMVA, CMVB e CMVP não contemplam a parcela de amortização anual relativa à aquisição do navio, pois esta é uma incógnita do problema de decisão devido à escolha do tamanho do navio a ser adquirido, sendo um custo de investimento classificado como custo fixo.

Os custos diários envolvidos com a viagem (CMVA e CMVB) são: (1) salários da tripulação, (2) obrigações sociais, (3) alimentação da tripulação, (4) combustível consumido em deslocamento no mar, (5) lubrificante consumido em deslocamento no mar, (6) material de bordo, (7) manutenção corretiva e pequenos reparos, (8) manutenção programada anual (docagem anual) e (9) manutenção programada plurianual (docagem plurianual).

Os custos envolvidos com o navio parado, na proporção do tempo no porto, CMVP são: (1) salários da tripulação, (2) obrigações sociais, (3) alimentação da tripulação, (4) combustível consumido no porto, (5) lubrificante consumido no porto, (6) material de bordo enquanto parado, (7) manutenção corretiva e pequenos reparos, (8) manutenção programada anual (docagem anual) e (9) manutenção programada plurianual (docagem plurianual) .

Quando o transporte marítimo é obtido por fretamento do navio, duas alternativas são possíveis:

(a) Fretamento anual: uma parte do valor do frete é bancada pela contratante, independente do número de viagens, com o objetivo de garantir um mínimo de fornecimento de serviços pela empresa contratada; outra parte é de acordo com o número de viagens que superar o mínimo vinculado às viagens fixadas pelo mínimo referido. Neste caso, considera-se a primeira parte como custo fixo, separado da equação (5.16).

(b) Fretamento por viagens: Todo o valor do frete é considerado um custo variável e neste caso não há interesse da empresa contratante em decidir a respeito do tamanho do navio a ser contratado (caso considerado neste trabalho para o navio que transporta o suco em tambores).

A aquisição de navios ou de fretamentos anuais envolvem custos relevantes, havendo riscos de sub-utilização da capacidade da nau. Por isto, é conveniente considerar o custo de amortização do investimento no navio graneleiro como um custo fixo, portanto, fora da equação (5.16).

CAPÍTULO VI

O MODELO DO PROBLEMA E A LINGUAGEM DE MODELAGEM

6.1 Problemas de planejamento da distribuição

Diferentes problemas de planejamento da distribuição podem ser resolvidos por métodos determinísticos da Pesquisa Operacional. Abaixo são apresentados alguns problemas de logística e seus respectivos métodos de resolução.

MEHREZ, A. et al. (1995), analisaram um problema de distribuição de vários produtos a partir de um porto para múltiplos destinos, considerando duas hipóteses para a otimização do sistema de distribuição: a primeira maximizando os lucros até os grupos de clientes finais e a segunda maximizando os lucros até os armazéns dos portos de destino. O modelo de otimização formulado refere-se a um problema de programação inteira misto para vários períodos. A função objetivo tem como variáveis contínuas as quantidades de cada tipo de produto a serem destinadas por período a cada cliente, especificando o tipo de navio para cada uma das viagens. As variáveis binárias são tratadas em dois conjuntos: um associado aos tipos de navios a serem utilizados em diferentes períodos, outro associado aos portos de destino possíveis de serem visitados em cada viagem. Tratado como um problema de custo fixo, o problema teve sua resolução realizada pelo *software* "O.S.L." (*Subroutine Library*) da IBM, um solucionador que tem suas bases na técnica *branch-and-bound*.

Tratando do problema de fluxo de redes de transportes em três estágios (Fábricas, Depósito Central e Depósitos Regionais), FLEISCHMANN (1993) abordou os casos da indústria de alimentos, da indústria de eletrodomésticos e da indústria de aparelhos eletrônicos. Para um problema com várias fábricas e vários clientes, ele descreveu um modelo de planejamento de distribuição para múltiplos produtos. A função objetivo de custos de armazenagem e de transportes é não-linear e o método contempla as técnicas de decomposição e de linearização por partes. O problema original (não-linear) é transformado em problemas lineares de transporte de um só produto. A partir de um ponto do conjunto de soluções factíveis, o método busca o melhor resultado através de um processo iterativo, sendo necessárias, segundo as experiências dos autores, de 5 a 10 iterações.

Para a solução do problema de transportes com a função objetivo de custos côncava, NOURIE e GÜDER (1994) estudaram um caso particular de programação linear por partes e propuseram um método heurístico, representando a função côncava por segmentos lineares. O método apresentado constitui-se em uma modificação do método Simplex para solucionar problemas de minimização. A solução final é alcançada através da obtenção de sucessivas soluções ótimas locais, cada uma melhor do que a anterior. Segundo os autores, a vantagem do método está na rapidez em conseguir resultados ótimos ou quase ótimos com o uso de micro-computadores comuns.

Para o planejamento do sistema de distribuição de múltiplos produtos a partir de várias fábricas com destino a vários clientes e com a capacidade de processamento limitada, GEOFFRION e GRAVES (1974) modelaram o problema considerando-o como de programação

linear inteira mista e apresentaram um método de solução com base na técnica de decomposição de Benders [BENDERS (1962)]. O método consiste em decompor o problema original em dois outros problemas, um de programação inteira, restrito às condições de integridade e aos limites de processamento e outro de programação linear contínua, submetido às restrições de suprimento e de demanda. O método utilizado para solucionar o problema de programação inteira é híbrido, emprega a técnica de *branch-and-bound* e o algoritmo de corte proposto por GOMORY (1960). O método utilizado para solucionar o problema de programação linear contínua tem bases no primal simplex de DANTZIG (1963). O modelo corresponde a um exemplo prático de uma empresa de alimentação com 17 tipos de mercadorias, 14 fábricas e 45 pontos possíveis para localizar os centros de distribuição e comprovaram que o método é eficiente.

Novas estratégias de suprimento e de distribuição da divisão de fluidos de uma companhia processadora do leite em Ontario foram definidas por POOLEY (1994). Utilizando a metodologia de GEOFFRION and GRAVES (1974), o autor analisou as consequências das mudanças na localização das fábricas (um problema de várias origens) sobre: o mix de produção de cada fábrica, a alocação de produtos a cada depósito e a atribuição de clientes por depósito.

Para solucionar o problema da programação de múltiplos projetos que têm como objetivo a maximização do Valor Presente Líquido (*NPV - Net Present Value*), VERCELLIS (1994) apresentou um modelo apropriado para o planejamento tático (gerenciamento de projetos). Recorrendo à técnica da decomposição lagrangeana e decompondo o problema original em tantos subproblemas quantos

sejam os projetos, respeitadas as restrições de recursos e tempos necessários para a execução das diferentes atividades pertinentes a cada projeto, o modelo do autor permitiu otimizar a alocação dos recursos financeiros.

6.2 Métodos de resolução do problema de custo fixo

Determinados problemas referentes à expansão de redes de transportes, à localização de plantas fabris e à decisão de investimentos envolvem custos fixos na função objetivo e podem ser escritos na forma de um problema de programação linear inteira misto em que as variáveis inteiras (ou discretas) são binárias (zero/um). Neste caso, são denominados de problemas de custo fixo.

O primeiro método para resolver o problema de custo fixo, proposto por BALINSKI (1961), considerava apenas a relaxação das condições de integridade. Posteriormente outros autores [KUHN e BAUMOL (1962), COOPER e DREBES (1967), HIRSCH e DANTZIG (1968), STEINBERG (1970) e WALKER (1976)] propuseram novas heurísticas para solucionar este tipo de problema. O desenvolvimento destas é preocupação até os anos mais recentes [PALEKAR et al. (1990)].

O primeiro algoritmo de otimização publicado especificamente para problemas de custo fixo, desenvolvido por MURTY (1968), incorporou um procedimento (relaxação) que ordena os vértices do conjunto de soluções factíveis. Seu método tem melhor desempenho no caso dos custos fixos serem pequenos quando comparados aos custos variáveis. Outros métodos exatos foram propostos por STEINBERG (1970) e GRAY (1971).

Outras maneiras passam pela redução do problema de programação inteira a um problema de programação linear ordinário, recorrendo à relaxação das restrições de integridade e em seguida utilizando um procedimento de busca da melhor solução (com variáveis inteiras) na vizinhança da solução do problema linear contínuo, respeitando as restrições do problema original. Os métodos que contemplam este procedimento são denominados *branch-and-bound* (bifurcação e limite), desenvolvido inicialmente por LAND et al. (1960) e melhorado por KHUMAWALA (1972). Estes métodos têm como princípio a bifurcação do problema original em vários subproblemas. O procedimento *branch-and-bound* supõe fornecidos os limitantes superior e inferior de cada variável de valor inteiro. A idéia básica deste procedimento é subdividir o conjunto de soluções viáveis em diversos subconjuntos, obtendo para cada um destes os limitantes para as variáveis inteiras [HILLIER e LIBERMAN (1990)].

O desenvolvimento dos algoritmos de resolução do problema de custo fixo tem se dado através de melhorias em métodos que consideram a técnica *branch-and-bound*. Três passos básicos estão presentes nesta técnica: bifurcação, determinação de limitantes e seleção da melhor alternativa.

A determinação de bons limitantes é considerada a chave para a melhoria do desempenho dos algoritmos tipo *branch-and-bound* e vem despertando a atenção dos pesquisadores nos últimos anos. Estes, com o objetivo de reduzir o número de iterações para alcançar o valor inteiro ótimo, vêm desenvolvendo formas mais eficientes de determinação dos limitantes, através do uso de penalidades associadas ao valor fracionário de uma determinada variável

condicionada a um inteiro. Um recurso para a determinação de bons limitantes para a função objetivo é a relaxação lagrangeana [CABOT and ERENGUC (1986)].

Para a resolução do problema de custo fixo, KENNINGTON and UNGER (1976) propuseram um método que utiliza-se do procedimento *branch-and-bound* e requer a relaxação do problema original, através do uso das Penalidades de Driebeek [DRIEBEEK (1966)], transformando-o em um problema de programação linear contínuo que, uma vez resolvido, oferece os limitantes superior e inferior para as variáveis inteiras.

Com a mesma preocupação, BARR et al. (1981) apresentaram um método melhorado (*Generalized Predecessor*), que utiliza as Penalidades de Driebeek e o *branch-and-bound*, mas recorre ao uso de uma estrutura de dados indexada, denominada *augmented-predecessor thread*. O uso dessa estrutura de dados facilita uma rápida solução do problema linear contínuo, que surge em cada nó da árvore *branch-and-bound*.

As Penalidades de Driebeek usadas por KENNINGTON and UNGER (1976) e por BARR et al (1981) modificam a função objetivo após a primeira iteração do dual simplex (algoritmo de otimização para dar solução ao problema de programação linear contínuo).

CABOT e ERENGUC (1986) propuseram a relaxação lagrangeana do problema, com o uso das penalidades condicionais (Penalidades de Cabot-Erenguc), conseguindo melhorar a qualidade dos limites e reduzindo o tempo de computação para obter a solução.

PALEKAR et al. (1990) também apresentaram um método que utiliza-se do procedimento *branch-and-bound*. Estes desenvolveram

novas penalidades condicionais, chamadas de Penalidades Modificadas, e mostraram que estas melhoram o desempenho do procedimento *branch-and-bound* para solucionar os problemas de transporte com custos fixos.

Comparando a eficiência dos métodos do tipo *branch-and-bound*, PALEKAR et al. (1990) realizaram experiências usando cada um dos três tipos de penalidades: Driebeek, Cabot-Erenguc e as Penalidades Modificadas e chegaram à conclusão de que estas requerem o mesmo esforço computacional que as Penalidades de Cabot-Erenguc. No entanto, para problemas difíceis (a dificuldade cresce exponencialmente com o tamanho do problema), o uso das Penalidades Modificadas soluciona o problema de maneira mais rápida.

BARCELÓ e CASANOVAS (1984), ainda considerando a abordagem *branch-and-bound*, analisaram a técnica de Lagrange para aplicá-la a um problema de custo fixo relacionado à alocação de plantas fabris e sugeriram uma heurística para ser aplicada após o uso da relaxação lagrangeana. O problema original (de programação inteira zero/um) é decomposto em múltiplos problemas da mochila (que trata da escolha de itens para alocá-los em um espaço limitado) e a heurística é adotada para a busca da melhor solução. Os autores afirmam que a otimização pelo método do subgradiente pode conseguir melhores resultados, porém a heurística sugerida alcança bons resultados a um custo de processamento computacional mais baixo.

Observa-se que os métodos de resolução do problema de custo fixo ou passam por uma enumeração exaustiva de todas as

combinações possíveis (2^n), o que é impraticável em muitos casos, ou contemplam a redução do problema original em vários subproblemas de programação linear ordinário, impõem novos limitantes para a função objetivo e em seguida escolhem a melhor solução.

6.3 Formulação genérica de um problema de "custo fixo"

Um estudo que envolve os custos fixos pode ser desenvolvido a partir do custo médio unitário ou a partir do custo anual total. Através do primeiro caminho, a função de custos é não linear (figura 6.1), resultado do efeito da economia de escala ao se utilizar mais intensamente os recursos correspondentes aos investimentos fixos. A segunda alternativa permite que a função de custos seja linear para cada composição de recursos que exigem os investimentos fixos (figura 6.2). Neste trabalho optou-se pelo segundo caminho porque a função linear permite a utilização das consagradas técnicas de programação linear como instrumento de análise dos problemas de distribuição física.

Genericamente, a formulação do problema linear de custo fixo exige a inserção de uma ou mais variáveis indicadoras da contemplação ou não (binárias, 1 ou 0) de um determinado projeto (trecho de redes de transportes, local para plantas fabris, opção de investimentos).

A função objetivo do problema de minimização do custo fixo é:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n F_j(X_j), \quad (6.1)$$

FIGURA 6.1 - Função de custo não linear

FIGURA 6.2 - Função de custo linear

onde:

$$F_j(X_j) = \begin{cases} 0 & \text{se } X_j = 0 \\ K_j + C_j \cdot X_j & \text{se } X_j > 0 \end{cases}$$

(6.2)

No problema de decisão que envolve a escolha de um número limitado de instalações a partir de várias alternativas possíveis, a variável de decisão X_j representa a quantidade de produto que poderá ser processada através da j -ésima alternativa de investimento, caso esta venha a ser adotada. O custo variável por unidade processada é indicado por C_j e o custo fixo (para a alternativa escolhida) por K_j , sendo a função objetivo (Z) dada por:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n (K_j \cdot Y_j + C_j \cdot X_j) \quad (6.3)$$

onde:

$$Y_j \in \{0,1\}$$

$Y_j = 1$ se a alternativa j for escolhida

$Y_j = 0$ em caso contrário

Z deve ser minimizado.

O problema de custo fixo, segundo CABOT e ERENGUC (1986), pode ser modelado como um problema de programação inteira misto (MIP) ou, segundo PALEKAR et al. (1990), como um problema de programação inteiro binário (BIP). Este problema caracteriza-se por possuir dois gêneros de custos: um contínuo, com crescimento linear diretamente proporcional ao volume transportado entre a fonte e o destino, que é um custo variável; e o custo incorrido no investimento em uma ou mais das potenciais instalações, que é um custo fixo.

Para a conversão do problema de custo fixo em um problema de programação inteira mista (MIP) deve-se acrescentar a restrição $X_j - M \times Y_j \leq 0$, onde M é um valor positivo que exceda o máximo possível para X_j .

Esta restrição oferece as seguintes interpretações:

- (1) Se $X_j = 0$, Y_j pode ser 0 ou 1, mas como o algoritmo é de minimização e $K > 0$, naturalmente opta-se por $Y_j = 0$, não havendo investimento no j -ésimo projeto.
- (2) Se $X_j > 0$, o valor de X_j não pode superar o produto $M \times Y_j$, logo Y_j não pode ser nulo, então Y_j será um, havendo investimento no j -ésimo projeto, o que inclui o custo fixo na função objetivo.

Reescrevendo o problema, tem-se:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n (K_j \times Y_j + C_j \times X_j) \quad (6.4)$$

sujeito a:

$$X_j - M \times Y_j \leq 0 \quad (6.5)$$

$$Y_j \in \{0,1\}$$

$$X_j > 0$$

Se X_j , qualquer que seja j , tiver solução restrita a um inteiro, o problema será de programação inteira pura.

6.4 Formulação do problema

O problema estudado neste trabalho pode ser comparado ao de localização de armazéns de distribuição, quando os custos fixos e os custos variáveis estão presentes. Enquanto o problema em questão consiste em escolher as alternativas mais econômicas para a estrutura de distribuição (armazéns e navios) e indicar o fluxo adequado de produto para cada destino, respeitadas determinadas restrições, o de localização consiste em escolher os locais adequados para os armazéns e indicar o fluxo entre a origem e estes, levando ao custo mínimo da rede de distribuição para o atendimento aos consumidores, obedecendo às restrições impostas.

Para os efeitos deste trabalho, supõe-se que estão definidos: os locais da fábrica, do porto no país de origem, dos portos de destino e a capacidade de produção da fábrica.

A localização da fábrica não é instrumento de investigação neste trabalho, mas alguns fatores importantes para isto são: a localização da citricultura, a disponibilidade de mão-de-obra e as condições de infra-estrutura de transportes.

Para o sistema de distribuição, que pressupõe o uso de transporte rodoviário no trecho terrestre, é necessário instalar armazéns de refrigeração ou *tank-farm* na fábrica e no porto (incluindo as plataformas de carga e descarga), possuir veículos rodoviários para este trecho, instalar plataformas marítimas para o caso de exportação

a granel, fretar navios para o transporte de tambores e adquirir navios para o transporte do suco a granel.

O problema em estudo é de caráter tático-estratégico, refere-se à decisão pela estrutura de distribuição física do suco de exportação a partir de duas alternativas tecnológicas (tambor e granel), com diferentes dimensões para as instalações em solo brasileiro (vide figuras 6.3 e 6.4) e a partir de variados tamanhos de navios graneleiros (vide figura 6.4). Além da escolha da melhor combinação de armazéns e navios, objetiva-se definir as quantidades anuais de suco em tambores e suco a granel a serem dedicadas a cada destino (vide figuras 6.3 e 6.4).

FIGURA 6.3 - Distribuição física em tambores

FIGURA 6.4 - Distribuição física a granel

FIGURA 6.5 - Fronteiras do caso estudado

De toda a cadeia de distribuição, o intervalo de interesse inicia no instante em que o suco de laranja acaba de ser processado (na fábrica) e termina no instante em que o suco é entregue (descarregado) no solo do porto de destino (vide figura 6.5).

Os sistemas de distribuição do suco a granel e em tambores são totalmente distintos, não havendo possibilidade de utilização de uma estrutura de distribuição para efetuar o fluxo do outro tipo de suco. Assim, são necessários duas bases de dados distintas.

Devido às condições climáticas e à variação da época de maturação da fruta, segundo a variedade, o fluxo de suprimento varia mensalmente, sendo que uma série de dados históricos oferece condições de fixar as proporções mensais da produção anual. As distribuições mensais da quantidade anual despachada de suco também podem ser fixadas a partir de uma série de dados históricos.

Com referência ao subsistema de distribuição no solo brasileiro, considera-se que são conhecidos: o custo fixo anual para cada uma das quatro dimensões (muito pequena, pequena, média e grande) referentes às duas alternativas tecnológicas (tambor e granel) para a estrutura de armazenamento (inclusive plataformas) da fábrica e porto; os custos variáveis de movimentação e de seguro nos armazéns da fábrica e do porto; os custos variáveis de transporte rodoviário; as capacidades estáticas destes armazéns; as capacidades de escoamento das plataformas rodoviárias e marítimas brasileiras; as características técnicas e os fatores de utilização dos caminhões; os tempos médios de espera para iniciar as operações de embarque e desembarque do transporte rodoviário; os ritmos de carregamento e descarregamento das plataformas brasileiras; a distância entre a

fábrica (única origem) e o porto brasileiro; as taxas portuárias e as despesas com o despachante e aduaneiras para as duas alternativas (tambor e granel).

Com referência ao subsistema de distribuição após o porto brasileiro, considera-se que são conhecidos: os tempos médios de espera para iniciar as operações de embarque e desembarque dos navios nos portos de destino; as distâncias marítimas entre o porto brasileiro e os portos de destino (quatro para o exemplo do trabalho); o custo fixo anual para cada um dos três tamanhos de navio graneleiro (pequeno, médio e grande); os custos variáveis de transporte marítimo; referentes às duas alternativas tecnológicas (tambor e granel); as características técnicas e os fatores de utilização dos navios graneleiros, que indicam a proporção do tempo que o veículo estaria disponível para a operação (o ano inteiro é dedicado à operação e à manutenção do veículo) e os ritmos de desembarque nas plataformas marítimas dos portos de destino.

Outras informações conhecidas são: a taxa mensal de juros, o custo de produção de uma tonelada de suco, o custo de embalagem para o suco em tambores, o custo do frete marítimo por tonelada por milha do suco em tambores, o volume total anual de suco que cada destino requer; a demanda mínima anual para cada tipo de suco (granel e tambores) por destino e a capacidade de produção anual da fábrica limitada pela disponibilidade de frutas do mercado de suprimento.

Ao resolver o problema, que é de minimização do custo anual total, pretende-se: (1) Escolher uma opção de estrutura de armazéns em solo brasileiro para cada alternativa tecnológica (granel e

tambores) e o tamanho do navio graneleiro (variáveis binárias) que respeitem: a capacidade de produção da fábrica (1ª restrição), as capacidades de processamento do fluxo dos componentes do sistemas de distribuição (2ª, 3ª e 4ª restrições: plataformas, depósitos e navios), os limites mínimos de demanda por destino (5ª restrição), o limite de orçamento anual (6ª restrição) e a demanda estabelecida por destino (7ª restrição); (2) Determinar o quanto alocar do suco em tambores e do suco a granel a cada destino (variáveis contínuas de decisão), de maneira a alcançar o menor custo total de distribuição anual (minimização da função objetivo).

Em síntese, o problema em questão consta de uma função objetivo e sete restrições.

A função objetivo

Composta de custos variáveis e custos fixos, com variáveis de decisão contínuas, que indicam as quantidades de suco por tipo a serem dedicadas a cada destino, e variáveis binárias, que indicam a escolha ou não de um determinado tamanho de estrutura de armazéns e de navios.

As restrições correspondem a:

- (1) Capacidade de produção da fábrica (t anuais),
- (2) Capacidade de escoamento das plataformas (t anuais),
- (3) Capacidade do depósito a ser escolhido (toneladas estáticas),
- (4) Capacidade de produção do transporte marítimo ($t \times$ milhas),
- (5) Atendimento mínimo por tipo de suco para cada cliente (t),
- (6) Restrição de orçamento (em dólares americanos) e
- (7) Restrições de atendimento a cada cliente de ambos os sucos.

6.5 O modelo: um problema de programação inteira misto

Este problema é de programação inteira mista, onde as variáveis discretas são binárias. Trata-se de dois produtos (suco em tambores e suco a granel) em dois estágios (o primeiro, da fábrica até o porto do país de origem e o segundo a partir deste até os portos dos países de destino).

Com vistas a descrever o problema, a seguir são apresentados: as variáveis discretas, as variáveis contínuas, os indicadores e as variáveis correspondentes ao volume e ao tempo em estoque, que são linearmente dependentes das variáveis contínuas e devem ser associadas ao custo financeiro.

Variáveis discretas binárias

$YRTAMBOR_I$, que indica a opção ou não pelo sistema de armazéns para o suco em tambor no Brasil do tamanho " I ";

$YRGRANEL_I$ que indica a opção ou não pelo sistema de armazéns para o suco a granel no Brasil do tamanho " I ";

$YMARG_t$ que indica a opção ou não pelo navio graneleiro do tamanho " t ".

Variáveis contínuas

$QTAMB_j$, que é a quantidade de suco em tambores por destino " j ";

$QGRAN_{j,t}$, que é a quantidade de suco a granel por destino " j ", transportado no navio de tamanho " t ";

$GAMA_j$, que é a proporção de suco a granel para do destino " j ", variando entre 0 e 1.

Indicadores

i é o indicador do mês, com $i=1, \dots, 12$ correspondendo aos meses de julho a junho do ano seguinte, usado para o cálculo dos estoques com base nas proporções de produção e despacho do suco.

j é o indicador do destino. No exemplo do protótipo são considerados quatro destinos (portos): Estados Unidos (E.U.A.), Comunidade Econômica Europeia (C.E.E.), Japão e Austrália.

l é o indicador da dimensão escolhida para o armazém, que no caso do programa em anexo diz respeito a quatro opções: muito pequena (MPQ), pequena (PEQ), média (MED) e grande (GDE).

t é o indicador da dimensão escolhida para o navio graneleiro, que no caso do programa em anexo corresponde a três opções: pequena (NPEQ), média (NMED) e grande (NGDE).

Variáveis correspondentes às ton×meses em estoque

O custo financeiro depende dos estoques médios mensais (nos armazéns ou tank-farmers) dos respectivos tipos de suco, os quais podem ser escritos como funções lineares das variáveis contínuas. Para isto, os coeficientes são as proporções mensais da produção anual e as distribuições mensais da quantidade anual despachada de suco.

Seguindo uma analogia às "toneladas × dias" tratadas no item 5.2, as "toneladas × meses" nos armazéns do Brasil são representadas

pela soma dos produtos entre o estoque médio mensal e o período de um mês. Como ponto de partida para os cálculos dos estoques médios mensais, considera-se para o problema proposto que o estoques iniciais (antes de começar o período de produção da fábrica) para os respectivos tipos de suco ($STOKT_0$ para tambores e $STOKG_0$ para granel) correspondam a 10% da demanda anual; assim:

$$STOKT_0 = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \quad (6.6)$$

$$STOKG_0 = 0,1 \cdot \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \quad (6.7)$$

As posições finais de estoque em cada mês podem ser escritas em função das diferenças mensais entre o ingresso (produção) e o despacho (saída) do suco, $DPST_i$ e $DPSG_i$, respectivamente:

$$STOKT_i = STOKT_{i-1} + DPST_i \quad (6.8)$$

$$STOKG_i = STOKG_{i-1} + DPSG_i \quad (6.9)$$

$$DPST_i = (PFABRI_i - PSAL_i) \cdot \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \quad (6.10)$$

$$DPSG_i = (PFABRI_i - PSAIG_i) \cdot \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \quad (6.11)$$

$PFABRI_i$, $PSAL_i$ e $PSAIG_i$ são respectivamente a proporção mensal da produção anual e as distribuições mensais da quantidade anual despachada de suco em tambores e de suco a granel. São parâmetros definidos a partir da análise de dados históricos.

Por conseguinte, as variáveis correspondentes às "toneladas × meses" em estoque podem ser escritas:

α_T é uma variável (dependente de $QTAMB_j$) correspondente às "toneladas × meses" das posições mensais do suco em armazéns tipo tambor, ($1 \times STOKT_{i-1}$), durante o período em que ocorrem a produção e o despacho:

$$\alpha_T = 1 \times \sum_{i=1}^6 STOKT_{i-1} \quad (6.12)$$

β_T é uma variável (dependente de $QTAMB_j$) correspondente às "toneladas × meses" das posições mensais ($1 \times STOKT_{i-1}$) do suco em armazéns tipo tambor durante o período em que ocorre apenas o despacho:

$$\beta_T = 1 \times \sum_{i=7}^{12} STOKT_{i-1} \quad (6.13)$$

γ_T é uma variável (dependente de $QTAMB_j$) correspondente às "toneladas × meses" das diferenças mensais entre o ingresso (produção) e o despacho (saída) do suco ($1 \times DPST_i$) no mês i , referente ao subsistema de estoques nos armazéns tipo tambor.

$$\gamma_T = 1 \times \sum_{i=1}^{12} DPST_i \quad (6.14)$$

α_G é uma variável (dependente de $QGRAN_{j,t}$) correspondente às "toneladas × meses" das posições mensais ($1 \times STOKG_{i-1}$) do suco em armazéns tipo granel durante o período em que ocorrem a produção e o despacho:

$$\alpha_G = 1 \times \sum_{i=1}^6 STOKG_{i-1} \quad (6.15)$$

β_G é uma variável (dependente de $QGRAN_{j,t}$) correspondente às "toneladas × meses" das posições mensais ($1 \times STOKG_{i-1}$) do

suco em armazéns tipo granel durante o período em que ocorre apenas o despacho:

$$\beta_G = 1 \times \sum_{i=7}^{12} STOKG_{i-1} \quad (6.16)$$

γ_G é uma variável correspondente às ton×meses das diferenças mensais entre a ingresso (produção) e o despacho do suco nos armazéns tipo granel ($1 \times DPSG_i$).

$$\gamma_G = 1 \times \sum_{i=1}^{12} DPSG_i \quad (6.17)$$

A seguir, está escrito o problema de programação matemática, discriminando a função objetivo, as restrições e seus respectivos componentes.

Função Objetivo

Min Z =

$$\begin{aligned} & \sum_{l=1}^4 CFARMT_l \cdot YRTAMBOR_l + \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot CVBRAT + \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot CVMART_j + \\ & R \cdot (CP + CEMBT) \cdot [(\alpha_T + \beta_T + 0,5 \cdot \gamma_T) + (TSRT / 30) \cdot \sum_{j=1}^4 QTAMB_j] + \\ & R \cdot (CP + CEMBT) \cdot \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot TSMT_j / 30 + \sum_{l=1}^4 CFARMG_l \cdot YRGRANEL_l + \\ & \sum_{t=1}^3 CFMARG_t \cdot YMARG_t + \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot CVBRAG + \\ & \sum_{t=1}^3 \left(\sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot CVMARG_j \right) + \\ & R \cdot (CP + CEMBG) \cdot [(\alpha_G + \beta_G + 0,5 \cdot \gamma_G) + (TSRG / 30) \cdot \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t}] + \\ & R \cdot (CP + CEMBG) \cdot \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot TSMG_{j,t} / 30 \end{aligned} \quad (6.18)$$

onde:

$$\sum_{l=1}^4 CFARMT_l \cdot YRTAMBOR_l \quad (6.19)$$

é o custo fixo anual nos subsistemas de armazenagem no Brasil (investimentos na estrutura de armazéns da fábrica e do porto, plataformas para caminhões e os custos fixos administrativos, CFIXOT no programa em anexo).

$$\sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot CVBRAT \quad (6.20)$$

é o custo variável anual até o porto do Brasil para o fluxo de produtos em tambor (CVBT no programa em anexo).

$$\sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot CVMART_j \quad (6.21)$$

é previsão para o custo variável anual nos navios a tambor (CMART no programa em anexo).

O custo financeiro anual total (ou de capital dos estoques, CTCT, no programa em anexo) refere-se aos tempos de: armazenamento (primeiro termo na equação abaixo), esperas em plataformas e tempos durante as operações de transporte do sistema em tambores no trajeto brasileiro (segundo termo na equação abaixo) e no trânsito em navios (terceiro termo abaixo):

$$\begin{aligned} & R \cdot (CP + CEMBT) \cdot [(\alpha_T + \beta_T + 0,5 \cdot \gamma_T)] + \\ & R(CP + CEMBT) \cdot (TSRT / 30) \cdot \sum_{j=1}^4 QTAMB_j + \\ & R \cdot (CP + CEMBT) \cdot \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot TSMT_j / 30 = CTCT \end{aligned} \quad (6.22)$$

onde CP e $CEMBT$ são respectivamente os custos unitários do produto e da embalagem (vide item 6.6).

O custo fixo anual nos subsistemas de armazenagem a granel no Brasil (investimentos na estrutura de armazéns da fábrica e do porto, nas plataformas para caminhões e nos terminais específicos) e o valor anual relativo à aquisição do navio graneleiro (CFIXOG no programa em anexo) é escrito como:

$$\sum_{l=1}^4 CFARMG_l \cdot YRGRANEL_l + \sum_{t=1}^3 CFMARG_t \cdot YMARG_t \quad (6.23)$$

O custo variável anual até o porto do Brasil para o fluxo de produtos a granel (CVBG no programa em anexo) é:

$$\sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot CVBRAG \quad (6.24)$$

e a previsão para o custo variável anual nos navios graneleiros (CMARG no programa em anexo) é:

$$\sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot CVMARG_j \quad (6.25)$$

O custo financeiro anual (ou de capital dos estoques, CTCG), refere-se aos tempos de: armazenamento, esperas em plataformas, tempo durante as operações de transporte do sistema a granel no trajeto brasileiro e no trânsito em navios e é escrito como:

$$\begin{aligned} & R \cdot (CP + CEMBG) \cdot [(\alpha_G + \beta_G + 0,5 \cdot \gamma_G)] + \\ & R \cdot (CP + CEMBG) \cdot (TSRG / 30) \cdot \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} + \\ & R \cdot (CP + CEMBG) \cdot \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot TSMG_{j,t} / 30 = CTCG \end{aligned} \quad (6.26)$$

Restrições:

(1) Capacidade de produção da fábrica

$$\sum_{j=1}^4 Q_{TAMB_j} + \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 Q_{GRAN_{j,t}} \leq PR, \quad (6.27)$$

onde PR é a capacidade de produção da fábrica em toneladas anuais

(2) Capacidade de escoamento das plataformas (em toneladas anuais)

$$\sum_{j=1}^4 Q_{TAMB_j} \leq CAPLART \quad (\text{rodoviária tambor}) \quad (6.28)$$

$$\sum_{j=1}^4 Q_{TAMB_j} \leq CAPLAMT \quad (\text{marítima tambor}) \quad (6.29)$$

$$\sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 Q_{GRAN_{j,t}} \leq CAPLARG \quad (\text{rodoviária granel}) \quad (6.30)$$

$$\sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 Q_{GRAN_{j,t}} \leq CAPLAMG \quad (\text{marítima granel}) \quad (6.31)$$

onde:

$CAPLART$ é a capacidade anual de fluxo da plataforma rodoviária tambor

$CAPLAMT$ é a capacidade anual de fluxo da plataforma marítima tambor

$CAPLARG$ é a capacidade anual de fluxo da plataforma rodoviária granel

$CAPLAMG$ é a capacidade anual de fluxo da plataforma marítima granel

(3) Capacidade do depósito escolhido em toneladas estáticas

sejam:

$STOKT_6$ o estoque máximo (dezembro) no depósito do sistema tambor ($STOKT12$ no programa em anexo),

$STOKG_6$ o estoque máximo (dezembro) no depósito do sistema granel ($STOKG12$ no programa em anexo),

$$STOKT_6 \leq \sum_{l=1}^4 CAPARMT_l \cdot YRTAMBOR_l \quad (6.32)$$

$$STOKG_6 \leq \sum_{l=1}^4 CAPARMG_l \cdot YRGRANEL_l \quad (6.33)$$

$CAPARMT_l$ capacidades dos armazéns tambor

$CAPARMG_l$ capacidades dos *tank-farm* (granel)

As estruturas de armazenagem para cada um dos tipos de suco são completamente independentes, não havendo condições de armazenar um tipo de suco em armazéns do outro tipo.

(4) Restrição da produção do transporte marítimo (em toneladas × milhas)

a) Para o navio tambores supõe-se que o mercado de fretes é amplo. Por isto não há restrições para o fechamento de contratos de fretamento para os diversos destinos.

b) Para o navio graneleiro, sejam:

$FARG_{j,t}$ o fator de aproveitamento do navio granel de dimensão t no itinerário para o destino j . Indica a proporção do tempo de ciclo em que o navio encontra-se em movimento (cálculo no item 6.7).

$FUNG$ a razão entre o tempo para a utilização e os 365 dias do ano

VMG_t a lotação do navio granel tamanho t

$VMAG_t$ a velocidade do navio granel tamanho t carregado

$VMBG_t$ a velocidade do navio granel tamanho t vazio

Então, tem-se a restrição em toneladas × milhas por ano para cada tamanho de navio:

$$\sum_{j=1}^4 (QGRAN_{j,t} / FARG_{j,t}) \cdot DM_j \leq (365 / 2) \cdot FUNG \cdot YMARG_t \cdot VMG_t \cdot (VMAG_t + VMBG_t) / 2 \quad (6.34)$$

(5) Restrição de atendimento mínimo por tipo de produto e cliente j

$$QTAMB_j \geq TAMBOR_j \quad (6.35)$$

$$\sum_{t=1}^3 QGRAN_{j,t} \geq GRANEL_j \quad (6.36)$$

$TAMBOR_j$ e $GRANEL_j$ são as quantidades mínimas em toneladas de suco para os respectivos tipos, estabelecidas de acordo com as imposições do mercado consumidor.

(6) Restrição de Orçamento para os investimentos anuais em estruturas de armazéns e navios em dólares (US\$)

$$\sum_{l=1}^4 CFARMT_l \cdot YRTAMBOR_l + \sum_{l=1}^4 CFARMG_l \cdot YRGRANEL_l + \sum_{t=1}^3 CFMARG_t \cdot YMARG_t \leq ORC \quad (6.37)$$

onde o investimento no sistema tambores e o investimento no sistema granel são o primeiro e o segundo termos, respectivamente e

ORC é o orçamento disponível para os investimentos

(7) Restrições de atendimento a cada cliente de ambos os sucos em toneladas anuais

As variáveis de decisão Q_{TAMB_j} e $Q_{GRAN_{i,j}}$ podem ser associadas entre si da seguinte maneira;

$$Q_{TAMB_j} = (1 - GAMA_j) \cdot Q_{MAR_j} \quad (6.38)$$

$$\sum_{t=1}^3 Q_{GRAN_{j,t}} = GAMA_j \cdot Q_{MAR_j} \quad (6.39)$$

onde:

$GAMA_j$ é um coeficiente entre zero e um e indica a proporção de suco a granel que deve ser oferecida ao destino (ou cliente) j

$$(0 \leq GAMA_j \leq 1) \quad (6.40)$$

Q_{MAR_j} é a quantidade de suco a ser destinada ao cliente j , incluindo granel e tambores (é um parâmetro conhecido).

6.6 Cálculo dos coeficientes da função objetivo

Custos Fixos previamente conhecidos:

CF_{ARMT_l} é o custo fixo do conjunto de armazéns tambor e plataformas rodoviárias do tamanho l ,

CF_{MARG_t} é o custo fixo do navio granel de tamanho t

CF_{ARMG_l} é o custo fixo do conjunto de armazéns granel (tank-farm) e plataformas marítimas do tamanho l ,

Custos unitários do produto e da embalagem

Admitidos como dados, CP é o custo de produção de uma tonelada de suco no término da fabricação e $CEMBT$ e $CEMBG$ são os

custos de embalagem, respectivamente para o suco em tambores e suco a granel em dólares por tonelada.

Outros custos variáveis unitários em solo brasileiro

O custo variável no Brasil, em US\$/t para o suco em tambores, $CVBRAT$, e o custo variável no Brasil em US\$/t para o suco a granel, $CVBRAG$, são calculados em função das várias operações de distribuição em solo brasileiro: movimentação, seguro, embalagem e transporte (excetuando-se o custo financeiro do estoque nos respectivos armazéns e veículos). As despesas aduaneiras e os serviços de despachante estão incluídos nos custos de movimentação. Assim, os custos variáveis no Brasil para as alternativas em tambor e a granel são respectivamente:

$$CVBRAT = CMTFT + CMTPT + CSEFT + CSEPT + CEMBT + (FRT / VRT) \quad (6.41)$$

Movimentação Seguro Embalagem Transporte

$$CVBRAG = CMTFG + CMTPG + CSEFG + CSEPG + CEMBG + (FRG / VRG) \quad (6.42)$$

FRT e FRG são os respectivos custos de uma viagem completa para os subsistemas rodoviários em tambores e a granel. Os custos de investimentos nos caminhões estão incluídos no custo do veículo parado e no custo do veículo em viagem, vazio ou carregado, correspondentes à equação (5.9) do capítulo 5 e VRT e VRG são as respectivas lotações dos veículos rodoviários tambor e granel (em toneladas). FRT , em US\$/viagem, é escrito como:

$$FRT = CRVAT \times (DRA / VRAT) + CRPT \times (ETARAT + ETARBT + 2 \times (VRT / LAMBRT)) + CRVBT \times (DRB / VRBT); \quad (6.43)$$

CRVAT é o custo horário do caminhão viajando carregado com tambores

CRVBT é o custo horário do caminhão viajando vazio

CRPT é o custo horário do caminhão parado

VRAT é a velocidade do transporte rodoviário na ida km/dia tambor

VRBT é a velocidade do transporte rodoviário na volta km/dia tambor

ETARAT e *ETARBT* são os respectivos tempos de espera antes das operações de carregamento e de descarregamento do veículo rodoviário para o suco em tambores

LAMBRT é o ritmo de embarque e desembarque do veículo rodoviário para o suco em tambores

DRA e *DRB* são respectivamente as distâncias de ida e de volta no trecho rodoviário

FRG, em US\$/viagem, é escrito como:

$$FRG = CRVAG \times (DRA/VRAG) + CRPG(ETARAG + ETARBG + 2 \times (VRG/LAMBRG)) + CRVBG \times (DRB/VRBG);$$

(6.44)

CRVAG é o custo rodoviário do veículo a granel viajando carregado com o suco a granel

CRVBG o custo rodoviário do veículo a granel viajando vazio

CRPG é o custo rodoviário do veículo a granel parado

ETARAG e *ETARBG* são os respectivos tempos de espera antes das operações de carregamento e de descarregamento do veículo rodoviário para o suco a granel

LAMBRG é o ritmo de embarque e desembarque do veículo para o suco a granel

$VRAG$ é a velocidade do transporte rodoviário na ida km/dia granel

$VRBG$ é a velocidade do veículo rodoviário na volta km/dia granel

Custos variáveis no mar para os respectivos tipos de suco e destinos

O custo variável marítimo em dólares por tonelada (US\$/t) do suco em tambores, $CVMART_j$ é o valor do frete contratado para o respectivo destino. Para este estudo adotou-se um valor constante para o frete de uma tonelada de suco em tambores por milha transportada, parâmetro denominado "FRETE" no programa do Anexo A. O custo envolvido com o frete para cada destino variou com a distância e foi definido como $CVMART(J)=FRETE \times DM(J)$. O custo variável marítimo em US\$/t do suco a granel, $CVMARG_j$, é dado por:

$$CVMARG_j = \frac{\sum_{t=1}^3 FMG_{j,t}}{\sum_{t=1}^3 VMG_t} \quad (6.45)$$

Sendo $CVMARG_j$ a média dos custos de viagem por unidade para os diferentes tamanhos de navio graneleiro.

$FMG_{j,t}$ corresponde à equação (5.16) do capítulo 5. O custo de investimento em navios graneleiros é considerado um custo fixo a ser decidido entre as diferentes alternativas, não pertencendo ao cálculo destes.

A utilização desta média de custos de viagens por unidade pode levantar o seguinte questionamento: os custos de viagens por unidade e por tamanho de navio existem, por que não utilizá-los? A resposta a esta questão é pertinente.

Ao utilizar diretamente os custos de viagens por unidade, que seriam dados por $\frac{FMG_{j,t}}{VMG_t}$, haveria a necessidade de incluir nos termos (da função objetivo), as correspondentes variáveis binárias, referentes aos custos anuais variáveis marítimos do sistema granel, o que significaria adotar ou não o custo variável referente a uma determinada dimensão de navio à rota. Isto levaria à multiplicação de duas variáveis de decisão no mesmo termo, $QGRAN_{j,t}$ e $YMARG$, o que não permitiria a linearidade da função objetivo.

Vários testes com o modelo de programação inteira mista foram realizados, adotando dois procedimentos: primeiro, pré-fixando uma das opções de dimensão, trabalhando com os custos variáveis e obtendo uma solução para cada opção de dimensão do navio graneleiro pré-fixada, escolhendo a seguir, através da observação dos resultados dos vários testes, a melhor alternativa; segundo, trabalhando com a média e deixando que a solução do problema de programação inteira mista indicasse a melhor escolha de dimensão do navio. Em seguida, no equacionamento das medidas de desempenho, agregou-se ao programa, através da própria linguagem GAMS, o ajuste no cálculo do custo final, considerando o custo variável da opção escolhida na solução do problema de programação inteira mista. Comparando os resultados dos testes, a solução através do primeiro procedimento sempre coincidiu com a solução do segundo. A conclusão foi que o desvio que a utilização da média possa provocar no coeficiente angular da função objetivo é praticamente desprezível. Por isto, adotou-se a utilização desta média, pois a mesma agiliza a resolução.

Continuando a explicação dos coeficientes, tem-se que:

$FMG_{j,t}$ é o custo de uma viagem em US\$/viagem no mar de ida e volta no navio graneleiro. Para a frota própria, tem-se:

$$FMG_{j,t} = CMVAG_t \times (DM_j / VMAG_t) + CMVPG_t \times TNPG_{j,t} + CMVBG_t \times (DM_j / VMBG_t); \quad (6.46)$$

No cálculo de $FMG_{j,t}$, o tempo de navio parado por trajeto, $TNPG_{j,t}$, dado em dias é:

$$TNPG_{j,t} = (ETAMAG + ETAMBG_j) + (VMG_t / LAMBNAG) + (VMG_t / LAMBNBG_j) \quad (6.47)$$

Tempos do suco em trânsito rodoviário e em trânsito marítimo em dias

Os tempos do suco em trânsito, $TSRT$ e $TRSG$ correspondem ao tempo médio (em dias) do produto no veículo rodoviário e o tempo $TSMG_{j,t}$ corresponde ao tempo do produto (em dias) no veículo marítimo granel, conforme explicado no item 5.3.

$$TSRT = (VRT / LAMBRT) + DRA / VRAT; \quad (6.48)$$

$$TRSG = (VRG / LAMBRG) + DRA / VRAG; \quad (6.49)$$

$$TSMG_{j,t} = (VMT_t / LAMBNAG) / 2 + DM_j / VMAG_t + (VMG_t / LAMBNBG_j) / 2 \quad (6.50)$$

O tempo do suco em tambores durante o transporte marítimo depende do tempo dos serviços de carregamento no porto de origem ($TCARRT/2$) e de descarregamento no porto de destino ($TDESCT_j$), da distância e da velocidade dos navios contratados, podendo ser escrito como:

$$TSMT_j = TCARRT/2 + DM_j / VMAT + TDESCT_j \quad (6.51)$$

6.7 Cálculo dos limites das restrições

Seguindo a ordem das restrições tem-se na (1) o parâmetro PR, que é um dado. Na restrição (2), as respectivas capacidades anuais de plataformas de operação dependem dos ritmos de carregamento e de descarregamento diários, que são dados por:

$$CAPLART = 365 \times LAMBRT; \quad (6.52)$$

$$CAPLARG = 365 \times LAMBRG; \quad (6.53)$$

$$CAPLAMG = 365 \times LAMBNAG; \quad (6.54)$$

Quanto à capacidade das plataformas marítimas de carga geral, supõe-se que não há restrições para o despacho do suco em tambores.

As capacidades dos depósitos para as diferentes alternativas, $CAPARMT_l$ e $CAPARMG_l$, da restrição (3), são previamente definidas, enquanto a restrição (4) depende dos fatores de aproveitamento impostos pelas rotas:

$FARG_{j,t}$ é o fator de aproveitamento do navio graneleiro de dimensão t na rota j

$$FARG_{j,t} = (TCMG_{j,t} - TNPG_{j,t}) / TCMG_{j,t}; \quad (6.55)$$

O tempo de ciclo do transporte marítimo para o suco a granel, segundo as rotas e dimensões dos navios, é:

$$TCMG_{j,t} = (DM_j / VMAG_t) + TNPG_{j,t} + (DM_j / VMBG_t); \quad (6.56)$$

Da restrição (5), as quantidades mínimas em toneladas de suco de cada tipo, $TAMBOR_j$ e $GRANEL_j$ são previamente quantificadas e da restrição (6), o orçamento disponível é previamente estabelecido.

6.8 Equacionamento das medidas de desempenho

Após a resolução do problema de programação inteira mista (item 7.2), pelo solucionador GAMS/ZOOM (item 7.6), obtém-se os resultados ótimos ou os melhores possíveis para as variáveis de decisão discretas ($YRTAMBOR_t$, $YRGRANEL_t$, e $YMARG_t$) e contínuas ($QTAMB_j$, $QGRAN_{j,t}$, $GAMA_j$). Estes permitem o cálculo de medidas de desempenho que oferecem parâmetros para a tomada de decisão. A seguir são apresentadas as medidas de desempenho pertinentes ao problema de decisão pelas estruturas de distribuição física para os produtos fluidos de exportação:

Frota rodoviária

Para o dimensionamento da frota rodoviária:

$NVEIT$ é o número de veículos rodoviários para o suco a tambor

$$NVEIT = \sum_{j=1}^4 QTAMB_j / VRT \cdot TCRT / (365 \cdot FURT) \quad (6.57)$$

$NVEIG$ é o número de veículos rodoviários para o suco a granel

$$NVEIG = \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} / VRG \cdot TCRG / (365 \cdot FURG) \quad (6.58)$$

$TCRT$ é o tempo de ciclo do transporte rodoviários para o suco a tambor

$$TCRT = (DRA/VRAT) + ETARAT + ETARBT + 2(VRT/LAMBRT) + (DRB/VRBT) \quad (6.59)$$

$TCRG$ é o tempo de ciclo da viagem rodoviária do suco a granel

$$TCRG = (DRA/VRAG) + ETARAG + ETARBG + 2(VRG/LAMBRG) + (DRB/VRBG) \quad (6.60)$$

Investimento anual

O investimento a realizar em armazéns, plataformas e navios no período (*INVAAN*) é escrito como:

$$INVAAN = CFIXOT + CFIXOG \quad (6.61)$$

Custo variável anual

O custo variável anual para todo o sistema (*VANUAL*) é:

$$VANUAL = AJCTOTOT - INVAAN \quad (6.62)$$

AJCTOTOT é o custo anual total ajustado, inclui todos os custos de distribuição exceto *CP*. Resulta-se do ajuste da função objetivo (*CTOTOT* no programa do Anexo A) ao levar-se em conta os diferentes custos unitários variáveis nos navios graneleiros, $FMG_{j,t} / VMG_t$, os quais ao substituírem os custos variáveis médios por rota usados no modelo de otimização, corrigem as distorções provocadas pelos valores médios.

Custo logístico unitário final no destino *j*

O custo final associado ao uso do navio tambor fretado CUT_j , é

$$CUT_j = (CFIXOT / \sum_{j=1}^4 QTAMB_j) + CVBRAT + FMT_{j,t} / VMT_t \quad (6.63)$$

O custo final quando em navio granel tamanho *t*, $CUG_{j,t}$, é:

$$CUG_{j,t} = (CFIXOG / \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t}) + CVBRAG + FMG_{j,t} / VMG_t \quad (6.64)$$

$FMT_{j,t} / VMT_t$ e $FMG_{j,t} / VMG_t$ correspondem a *CVDESTT(J,T)* e

CVDESTG(J,T) do programa em anexo.

Número de viagens marítimas por tipo de navio t e por destino j

O número de viagens do navio tambor de dimensão t para o destino, $NVTAMB_{j,t}$, é:

$$NVTAMB_{j,t} = QTAMB_{j,t} / VMT_t \quad (6.65)$$

O número de viagens do navio granel de dimensão t para o destino j $NVGRAN_{j,t}$ é:

$$NVGRAN_{j,t} = QGRAN_{j,t} / VMG_t \quad (6.66)$$

Custos logísticos por tipo de suco

Os custos logísticos totais (não inclui o custo do produto ao término da fabricação CP) para o sistemas tambor, $CLST$, e granel, $CLSG$, são respectivamente:

$$CLST = CFIXOT + CTCT + CVBT + \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot CVMART_j \quad (6.67)$$

$$CLSG = CFIXOG + CTCG + CVBG + \sum_{j=1}^4 \sum_{t=1}^3 FMG_{j,t} \cdot NVGRAN_{j,t} \quad (6.68)$$

Custos fixos no solo brasileiro

Os custos fixos em solo brasileiro do suco em tambores $CFSBT$ e do suco a granel, $CFSBG$, são respectivamente:

$$CFSBT = \sum_{l=1}^4 CFARMT_l \cdot YRTAMBOR_l \quad (6.69)$$

$$CFSBG = \sum_{l=1}^4 CFARMG_l \cdot YRGRANEL_l \quad (6.70)$$

Custo fixo em navios a granel

$$CFNAVG = \sum_{t=1}^3 CFMARG_t \cdot YMARG_t \quad (6.71)$$

6.9 Escolha da linguagem de modelagem GAMS

A resolução dos problemas de programação linear, não-linear e inteira vem sendo facilitada nos últimos quinze anos, graças ao desenvolvimento das linguagens de modelagem, tais como a LINGO, desenvolvida por LINDO Systems Inc. e a GAMS (General Algebraic Modeling System), desenvolvida por pesquisadores do Banco Mundial (*World Bank*). Acessíveis aos micro-computadores, estas linguagens permitem que problemas reais relativamente complexos, tenham solução rápida e a baixo custo.

Como exemplos de aplicação da linguagem de programação GAMS a problemas do mundo real, têm-se os estudos realizados pelos pesquisadores do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do Banco Mundial: A.M. Choksi, A. Meeraus e A. J. Stoutjesdijk, que estão registrados no livro *The planning of investment programs in the fertilizer industry*, editado pela Johns Hopkins University Press, London, 1980. BISSCHOP e MEERAUS (1982), escrevendo sobre o importante papel dos modelos matemáticos para o planejamento estratégico, citam os modelos escritos pelos pesquisadores do *World Bank* (como o que permite avaliar a estrutura da indústria de fertilizantes egípcia) e argumentam que a linguagem GAMS possui a qualidade de permitir tratar informações estruturais e conjunturais, presentes nos problemas reais. Outro exemplo de sucesso na aplicação da linguagem de modelagem GAMS, foi o sistema de suporte à decisões relacionadas às operações de mistura da gasolina da Texaco, desenvolvido por LASDON et al. (1995).

O solucionador GAMS/ZOOM, presente no conjunto de solucionadores da linguagem GAMS [BROOKE A. et al. (1992)],

permite que problemas de programação linear, programação inteira mista e de relaxação da programação inteira mista sejam resolvidos com base na linguagem Fortran. O solucionador é destinado a resolver problemas de tamanho médio, de até 200 variáveis binárias.

O GAMS/ZOOM inicia a resolução do problema de programação inteira a partir da solução de um problema de programação linear contínuo. Após a obtenção de uma solução possível, mas não necessariamente inteira, a procura de uma solução inteira, mas não necessariamente a melhor, dá-se através da heurística Pivot & Complement (P & C) de BALAS e MARTIN (1980). Para alcançar sucessivas soluções inteiras melhoradas, além da heurística P & C, o GAMS/ZOOM pode recorrer à técnica de bifurcação e limite, *Branch-and Bound*.

No primeiro passo, obtenção do problema de programação linear contínuo (*LP-relaxation*), faz-se a relaxação da condição de inteireza das variáveis inteiras do problema original. Para solucionar o *LP-relaxation*, o GAMS/ZOOM recorre ao conjunto de algoritmos denominado XMP. Se o problema *LP-relaxation* não tem solução, então o problema original também será impossível e a resolução está terminada. Se o problema *LP-relaxation* tem solução inteira, esta também será solução do problema original e será a ótima, resultado final.

Se a resolução do problema *LP-relaxation* tem resultados diferentes dos dois citados, torna-se necessário recorrer à heurística Pivot & Complement (segundo passo). Para isto, deverá ser estabelecido um limite para o valor da função objetivo. No caso do problema de maximização, o valor limite para a função objetivo do

problema de programação inteira não pode ser superior ao valor obtido da resolução do problema *LP-relaxation*.

O terceiro passo é a verificação da existência de soluções inteiras melhores que aquela obtida pela heurística P&C, através da técnica de *Branch-and-Bound*. No seu último passo, o solucionador indica a melhor solução inteira possível e a diferença entre esta solução e a solução ideal (que pode não ser inteira). Esta diferença é expressa em valores absoluto e relativo.

O conjunto de algoritmos denominado XMP é uma biblioteca de subrotinas de programação linear com base na linguagem Fortran, desenvolvido por pesquisadores da *University of Arizona* com o apoio da *National Science Foundation*.

MARSTEN (1981), recomenda o uso da *biblioteca* aos pesquisadores ligados à Pesquisa Operacional, explicando que o propósito da XMP não é competir com os *software* comerciais de programação linear (que têm capacidade de resolver grandes problemas encontrados na área da produção), mas é instrumentalizar os pesquisadores que estejam aptos ao uso de sistemas complexos (oferecendo para isto, alto grau de liberdade e de flexibilidade).

O autor classifica os usuários da XMP em três grupos: os que procuram experimentos que utilizam do método Simplex, os que usam o método Simplex como uma subrotina de algum algoritmo mais complexo (como por exemplo, métodos que contam com a técnica *branch-and-bound* e a técnica de decomposição), e aqueles que utilizam parcialmente o método Simplex como um componente de algoritmos mais complexos (tais como, o método do gradiente reduzido e o método de multicritérios).

O sistema GAMS, em resumo, é uma linguagem de modelagem que combina os métodos otimizantes, heurísticos e a técnica de *branch-and-bound*. Ele permite que problemas de programação linear e de programação inteira mista sejam resolvidos por uma série de solucionadores, inclusive o ZOOM.

Outro "pacote computacional" que também pode dar solução a um problema de programação inteira mista é o OMP¹, que admite até 5.000 variáveis e 15.000 restrições (ASHAYERI, J et al. 1994).

Para aplicar ao problema em estudo, a linguagem GAMS foi escolhida devido à sua flexibilidade quanto à forma de entrada dos dados e por ser de fácil compreensão, o que permite ao usuário a utilização de nomenclaturas para a programação bastante próximas à linguagem matemática, constituindo em um poderoso ferramental para a resolução do problema. Destaca-se o fato desta linguagem de programação permitir a concatenação de três etapas importantes na elaboração de um modelo de programação linear, não linear ou de programação inteira mista: (1) a programação dos cálculos dos coeficientes da função objetivo e dos limites das restrições; (2) a programação do modelo e; (3) a programação dos cálculos das medidas de desempenho após a obtenção dos resultados do problema modelado.

¹OMP, 1991. OMP Optimization, Linear and Mixed Integer Programming with OMP, Version 4. Beyer & Partners, Brasschat, Belgium.

CAPÍTULO VII

APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO AO CASO DA INDÚSTRIA DO SUÇO

7.1. Obtenção dos dados

A base de dados descrita no item 6.4 pode ser construída a partir de quatro fontes de informações: empresas processadoras, portos, fornecedores de veículos de transporte e fornecedores de sistemas de armazenagem.

Referentes à empresa processadora do suco, tem-se: a localização da empresa, a capacidade produtiva, os históricos da produção e da demanda, os destinos do suco, os custos de produção e da embalagem. As informações dos portos são: as características técnicas, os custos de movimentação e os custos de investimentos no caso de terminais específicos para o suco a granel. Quanto aos meios de transporte e aos sistemas de armazenagem, tem-se: as características técnicas, os custos operacionais e os custos de investimento.

Para a aplicação do procedimento proposto, procurou-se obter os dados de algumas empresas processadoras e exportadoras do suco. Com esta finalidade foram contactadas as empresas: Cargill, da cidade de Bebedouro, Cutrale, sediada em Araraquara, Citrosuco e Cambuhi, localizadas em Matão, todas no interior do estado de São Paulo.

Apenas a Citrosuco e a Cambuhi autorizaram o autor deste trabalho a fazer uma visita às suas instalações fabris, o que permitiu a

descrição das etapas do processo de produção (item 3.3). Para a obtenção dos dados quantitativos de custos foram confeccionados formulários próprios (Apêndice 1) e enviados a todas estas empresas, mas não foram respondidos, pois estas alegaram que os dados eram sigilosos.

Apesar das dificuldades em obter os dados para o teste do procedimento, conversas informais com funcionários de diferentes empresas do setor citrícola e informações colhidas dos trabalhos de SIFFERT FILHO (1992) e NOVAES (1976) permitiram o estabelecimento de padrões hipotéticos de custos e das características técnicas dos portos, dos veículos e dos armazéns.

Tendo-se como referência as dimensões e localizações das empresas produtoras e exportadoras do suco no Estado de São Paulo, contidas nos trabalhos de PINHEIRO e CHAHON (1993), MENEZES (1993) e COUTINHO (1993), estabeleceu-se seis tamanhos de empresas hipotéticas e as respectivas distâncias destas ao porto de Santos.

A partir dos registros das exportações mundiais, DTIC (1995), estabeleceu-se para as empresas hipotéticas, quatro mercados de destino: E.U.A., Comunidade Econômica Européia, Japão e Austrália.

No que tange aos investimentos em solo brasileiro considerou-se quatro alternativas para o suco a granel e quatro para o suco em tambores (oito variáveis inteiras), donde seria escolhida a melhor combinação de estruturas de distribuição física. Quanto aos investimentos em navios graneleiros, admitiu-se três alternativas de tamanhos (três variáveis inteiras).

Os dados de entrada apresentados a seguir foram distribuídos em três conjuntos: o primeiro apresenta os dados comuns a todas as empresas, o segundo indica as proporções médias de despacho do suco em tambores e o terceiro apresenta os dados específicos para as empresas hipotéticas.

7.2 Dados de entrada

7.2.1 Dados comuns a todas as empresas hipotéticas

Neste item são definidos os nomes dos parâmetros e variáveis adotados para o programa escrito na linguagem de modelagem GAMS, bem como os respectivos dados. As informações contêm as proporções mensais da produção do suco, a utilização dos meios de transportes, os custos fixos anuais, os custos variáveis unitários e as características técnicas das alternativas de investimento.

A taxa mensal de juros para o capital investido na manutenção dos estoques é fixada em 0,01 (1% ao mês).

Supõe-se que os portos de destino estão aptos a receber tanto o suco em tambores quanto o suco a granel e que os custos após o desembarque no porto de destino são de responsabilidade dos clientes

Proporções mensais da produção do suco

As proporções médias mensais da produção anual do suco em tambores ou a granel, PFABRI(M), são admitidas, sem diferenciação, de acordo com a tabela 7.1.

TABELA 7.1 - Proporções mensais de produção do suco

meses	PFABRI(M)	meses	PFABRI(M)
janeiro	0,0	julho	0,03
fevereiro	0,0	agosto	0,17
março	0,0	setembro	0,20
abril	0,0	outubro	0,20
maio	0,0	novembro	0,20
junho	0,0	dezembro	0,20

Fatores de utilização dos meios de transporte

Supõe-se que cerca de dois dias por semana são dedicados à manutenção dos caminhões e cerca de 72 dias por ano à manutenção dos navios. Admite-se que os veículos possam trabalhar dia e noite. Em razão destas paralisações para a manutenção, tem-se:

- Fator de utilização temporal do veículo rodoviário granel - FURG=0,72
- Fator de utilização temporal do veículo rodoviário tambor - FURT=0,72
- Fator de utilização temporal do navio granel - FUNG=0,8

Custos Fixos

Os custos fixos anuais (US\$), classificados em custos em solo brasileiro e custos em navios graneleiros, foram calculados segundo os conceitos de análise de investimentos, com a utilização da planilha eletrônica Excel¹, considerando uma vida de 25 anos para o projeto, o valor residual desprezível e taxa de juros de 12% ao ano (Anexo B).

¹Microsoft Excel - Versão 5.0 - Microsoft Corporation, 1993-1994.

Custos fixos em solo brasileiro

Para a formulação dos custos fixos admitiu-se quatro dimensões de estruturas a instalar no Brasil para cada tipo de suco: muito pequena (MPQ), pequena (PEQ), média (MED) e grande (GDE).

Os custos fixos anuais são denominados CFARMT(L) para sistema em tambores e CFARMG(L) para sistema granel e seus valores encontram-se na tabela 7.2. As variáveis CFARMT(L) e CFARMG(L) correspondem à equação (5.1) do capítulo 5. No programa computacional, "L" é o indicador da opção.

O custo CFARMT(L) conta com o armazém da fábrica e do porto, inclusive as plataformas rodoviárias, mas desconsidera as plataformas marítimas, pois estas não são propriedade do grupo empresarial produtor e exportador, pertencendo ao conjunto de custos variáveis. O custo CFARMG(L) conta com os *tank-farm* da fábrica e do porto, com as plataformas rodoviárias e terminais marítimos específicos para o sistema a granel.

TABELA 7.2 - Custos fixos em solo brasileiro*

TAMANHO (L)	CFARMT(L) (US\$/ano)	CFARMG(L) (US\$/ano)
MPQ	1.657.500	2.677.499
PEQ	2.422.499	3.697.499
MED	3.569.999	4.589.999
GDE	4.207.499	8.414.998

*Dados do Anexo B

Custos fixos em navios

Devido à ampla oferta de navios para o transporte dos tambores, supõe-se que o produtor-exportador firme contratos de fretamento com as companhias de navegação, isentando-se do custo fixo em navios para este tipo de suco.

Para o navio graneleiro, de propriedade do mesmo grupo empresarial ao qual pertence o produtor-exportador, considera-se a presença do custo fixo.

Ao definir o custo fixo como CFMARG(T), onde T é o indicador da dimensão dos navios, adotou-se três opções: pequeno (NPEQ), com US\$ 3.569.99/ano, médio (NMED), com US\$ 4.334.999/ano e grande (NGDE), com US\$ 6.374.998/ano, valores estes obtidos a partir do Anexo B.

Custos variáveis

Produção e embalagem em US\$/t

- Custo de produção mais impostos - CP = 830
- Custo da embalagem tambor - CEMBT = 130,8

Custos variáveis operacionais durante a armazenagem (US\$/t):

- Custo unitário de movimentação no depósito da fábrica, do suco a granel - CMTFG = 3,00
- Custo unitário de movimentação no depósito da fábrica, do suco em tambores - CMTFT = 4,00
- Custo unitário de movimentação no depósito junto ao porto para o suco a granel - CMTPG = 10,50
- Custo unitário de movimentação no depósito junto ao porto para o suco em tambores - CMTPT = 39,20

- Custo unitário de seguro do estoque na fábrica para o suco a granel - CSEFG = 2,10
- Custo unitário de seguro do estoque na fábrica para o suco em tambores - CSEFT = 2,40
- Custo unitário de seguro do estoque no porto para o suco a granel - CSEPG = 2,10
- Custo unitário de seguro do estoque no porto para o suco em tambores - CSEPT = 2,40

Obs.: CMTFT, CMTFG, CMTPT, CMTPG e CSEFT, CSEFG, CSEPG, CSEPT correspondem respectivamente a Cmt Cse do capítulo 5.

Custos dos caminhões em (US\$/dia)

Aqui os "custos-dia" incluem todos os custos pertinentes ao transporte rodoviário, inclusive o custo anual de investimento, incorporado por rateio:

- Custo dia do caminhão parado granel - CRPG = 260,00
- Custo dia do caminhão parado tambor - CRPT = 156,00
- Custo dia do caminhão para tambores viajando vazio entre o porto e a fábrica - CRVBG = 350,00
- Custo dia do caminhão viajando vazio entre o porto e a fábrica - CRVBT = 210,00
- Custo dia do caminhão graneleiro viajando carregado - CRVAG = 385,00
- Custo dia do caminhão para tambores viajando carregado - CRVAT = 231,00

Custo do transporte marítimo em (US\$/dia)

Identificando as variáveis associadas ao custo diário, tem-se: o custo operacional dia do navio graneleiro viajando carregado - CMVAG(T), o custo operacional dia do navio graneleiro parado - CMPG(T) e o custo operacional dia do navio graneleiro viajando vazio CMVBG(T). Os valores estão na tabela 7.3 e todos os custos pertinentes ao transporte marítimo, exceto o custo de investimento em navios, estão incluídos.

TABELA 7.3 - Custos diários do transporte marítimo (US\$/dia)

DIMENSÃO (T)t	CMVAG(T)	CMPG(T)	CMVBG(T)
NPEQ	32.290,00	7.900,00	28.390,00
NMED	30.180,00	8.700,00	29.280,00
NGDE	34.370,00	9.000,00	30.270,00

O frete por tonelada por milha do navio fretado para o suco em tambores é considerado o mesmo para qualquer destino. Identificado como FRETE, estabeleceu-se o valor US\$ 0,02/t/milha.

Características técnicas - sistemas de transporte e transferência

Veículos e vias rodoviárias:

- lotação do veículo rodoviário granel em toneladas - VRG=35
- lotação do veículo rodoviário tambor em toneladas - VRT=24
- Velocidade do caminhão graneleiro na volta km/dia - VRBG=1.100
- Velocidade do caminhão para tambores na volta km/dia - VRBT=950
- Velocidade do caminhão graneleiro na ida km/dia- VRAG=1.000

- Velocidade do caminhão para tambores na volta km/dia- VRAT=940

Armazéns:

As capacidades dos armazéns para tambores e dos *tank-farm* em toneladas estáticas, CAPARMT(L) e CAPARMG(L), são mostradas na tabela 7.4:

TABELA 7.4 - Capacidades dos armazéns e *tank-farm* (em toneladas)

TAMANHO(L)	CAPARMT(L)	CAPARMG(L)
MPQ	20.000	35.000
PEQ	30.000	55.000
MED	45.000	70.000
GDE	55.000	130.000

Sistemas de transferência no trecho rodoviário:

- Ritmo de embarque e desembarque de uma plataforma rodoviária granel em toneladas por dia - LAMBRG=750
- Ritmo de embarque e desembarque de uma plataforma rodoviária tambor em toneladas por dia - LAMBRT=600
- Tempo de espera por viagem rodoviária granel na fábrica em dias - ETARAG =0,014
- Tempo de espera por viagem rodoviária tambor na fábrica em dias - ETARAT =0,021
- Tempo de espera por viagem rodoviária granel no porto em dias- ETARBG =0,015
- Tempo de espera por viagem rodoviária tambor no porto - ETARBT =0,022

Sistemas de transferência marítimos

Plataformas no Brasil:

- Ritmo de carregamento de uma plataforma brasileira para o navio graneleiro em toneladas por dia - LAMBNAG = 7.500
- Tempo de carregamento do lote de tambores para a exportação no Brasil em dias TCARRT = 2,5
- Tempo de espera em dias no porto brasileiro antes do carregamento do navio granel - ETAMAG = 0,4
- Tempo de espera em dias no porto brasileiro antes do carregamento do navio tambor - ETAMAT = 0,6

Plataformas no Exterior:

As características técnicas referentes às plataformas no exterior variam em função das opções de mercado para a exportação (cujo indicador é J): Estados Unidos (EUA), Comunidade Econômica Européia (CEE), Japão (JAP) e Austrália (AUS).

- Tempo de descarregamento de um lote de tambores no exterior em dias - TDESCT(J): EUA=2,0, CEE=1,5, JAP=1,5, AUS=1,5.
- Ritmo de descarregamento de uma plataforma no exterior para o navio graneleiro em toneladas por dia - LAMBNBG(J): EUA=7.500, CEE=7.500, JAP=7.500, AUS=7.500.
- Tempo de espera em dias no porto de destino antes do descarregamento do navio graneleiro- ETAMBG(J): EUA=1, CEE=1, JAP=1, AUS=2.

- Tempo de espera em dias no porto de destino antes do descarregamento do navio tambor - ETAMBT(J): EUA=1,5, CEE=1,5, JAP=1,5, AUS=2,5.

Veículos e vias marítimas

Veículos:

- Lotação do navio granel em toneladas- VMG(T): NPEQ=8.000, NMED=10.000, NGDE=16.000.
- Velocidade do navio granel carregado em milhas por dia - VMAG(T): NPEQ=658, NMED=628, NGDE=588.
- Velocidade média do navio tambor em milhas por dia - VMAT=638
- Velocidade do navio granel vazio em milhas por dia - VMBG(T): NPEQ=688, NMED=668, NGDE=600.

O navio granel tem repartições para alocar os sucos quanto ao índice Brix. Como os custos no navio são os mesmos para os sucos de diferentes índices Brix, as diferenças entre as repartições não serão consideradas para os efeitos deste trabalho. O navio de carga geral transporta contêineres que carregam 70 tambores de 260 kg de suco e possuem 16 kg de casco cada um.

Distâncias entre Brasil e Exterior:

- Distância marítima em milhas para o destino J - DM(J): EUA=4.750, CEE=5.470, JAP=9.600, AUS=7.700.

7.2.2 Proporções médias mensais do despacho do suco em tambores

As proporções médias mensais do despacho anual do suco em tambores, identificadas pela variável $PSAI(M)$, mostradas na tabela 7.5, são válidas para todas as empresas que venham a operar com este tipo de suco.

Pressupõe-se que exista a possibilidade de contratação de navios para o despacho dos tambores de maneira contínua ao longo do ano, não havendo a necessidade de acumular grandes quantidades para um despacho. Para o caso dos despachos do suco a granel, a tendência é acumular o equivalente à capacidade do navio, por isto a variável $PSAIG(M)$, correspondente às proporções de despachos mensais deste suco, será tratada por empresa no próximo item.

TABELA 7.5 - Proporções do despacho por mês suco em tambores

meses	$PSAI(M)$	meses	$PSAI(M)$
janeiro	0.04	julho	0.13
fevereiro	0.05	agosto	0.12
março	0.08	setembro	0.09
abril	0.08	outubro	0.08
maio	0.09	novembro	0.08
junho	0.12	dezembro	0.04

A tabela 7.6 e a figura 7.1 mostram o fluxo acumulado de suco em tambores por mês, donde é possível deduzir os estoques acumulados, mês a mês, ao longo de todo o ano, representados pelas distâncias verticais entre as linhas de entradas e saídas acumuladas.

TABELA 7.6 - Proporções mensais acumuladas das entradas e saídas anuais do suco de laranja em tambores.

MESES	ENTRADAS ACUMULADAS	SAIDAS ACUMULADAS
JULHO*	13	13
AGOSTO	30	25
SETEMBRO	50	34
OUTUBRO	70	42
NOVEMBRO	90	50
DEZEMBRO	110	54
JANEIRO	110	58
FEVEREIRO	110	63
MARÇO	110	71
ABRIL	110	79
MAIO	110	88
JUNHO	110	100

*o estoque de reserva está incluído

FIGURA 7.1- Fluxo acumulado de entradas e saídas de suco de laranja ao longo do ano

Imediatamente antes do período de produção da fábrica, o volume do suco mantido em estoques, compreendido como uma reserva, é fixado em 10% da quantidade a ser comercializada anualmente. Este número foi estimado a partir de informações verbais com profissionais do setor e neste estudo equivale à defasagem entre os ritmos de produção e de saída no mês de julho.

7.2.3 Dados específicos para as empresas hipotéticas

Os orçamentos para investimentos (ORC), as distâncias rodoviárias de ida ou de volta entre o porto brasileiro e a fábrica (DRA e DRB), as capacidades de produção das fábricas (PR), as demandas totais por destino para cada uma das seis empresas [QMAR(J)], as demandas mínimas por tipo de suco, em tambores ou a granel [TAMBOR(J) e GRANEL(J)], bem como as proporções de despacho do suco a granel [PSAIG(M)], são apresentadas nas tabelas 7.7 a 7.12.

A capacidade de produção da fábrica (PR) encontra-se incluída no programa do Anexo A, para servir de alerta ao usuário no caso da demanda total anual ser maior que a capacidade da fábrica, situação em que será impossível a solução do problema.

Ao definir a capacidade de produção anual deve-se observar a oferta da laranja no período. Caso esta não seja capaz de atender a capacidade fabril, o fator limitante será o volume anual da fruta para o suprimento da fábrica.

As tabelas 7.7 a 7.9 mostram as empresas com restrições de demanda por tipo de suco e as tabelas 7.10 a 7.12 mostram as empresas sem restrições de demanda por tipo de suco.

Em alguns meses as empresas de menor porte podem não realizar despachos, pois necessitariam esperar o acúmulo de uma quantidade suficiente para não despachar navios com ociosidade.

Tabela 7.7 - Dados específicos para a empresa Acitrus

ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTOS US\$		11.000.000/ano	
DISTÂNCIA DA FÁBRICA AO PORTO km		390	
CAPACIDADE PRODUTIVA DA FÁBRICA		77.000 t	
RESTRIÇÕES PORTO DE DESTINO	MÍNIMO GRANEL (toneladas)	MÍNIMO TAMBOR (t)	TOTAL POR DESTINO (t)
E.U.A.	6.000	0	15.000
C.E.E	15.000	0	33.000
JAPÃO	0	8.000	15.000
AUSTRÁLIA	0	0	00
TOTAIS	21.000	8.000	63.000
PROPORÇÕES DE DESPACHO GRANEL			
janeiro	0,1	julho	0,1
fevereiro	0,1	agosto	0,1
março	0,1	setembro	0,1
abril	0,1	outubro	0,1
maio	0,1	novembro	0,0
junho	0,1	dezembro	0,0

Tabela 7.8 - Dados específicos para a empresa Bcitrus

ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTOS US\$		18.000.000/ano	
DISTÂNCIA DA FÁBRICA AO PORTO km		390	
CAPACIDADE PRODUTIVA DA FÁBRICA		300.000 t	
RESTRIÇÕES PORTO DE DESTINO	MÍNIMO GRANEL (toneladas)	MÍNIMO TAMBOR (t)	TOTAL POR DESTINO (t)
E.U.A.	30.000	6.000	70.000
C.E.E	30.000	8.000	142.000
JAPÃO	0	20.000	32.000
AUSTRÁLIA	0	0	8.000
TOTAIS	60.000	34.000	252.000
PROPORÇÕES DE DESPACHO GRANEL			
janeiro	0,04	julho	0,13
fevereiro	0,05	agosto	0,12
março	0,08	setembro	0,09
abril	0,08	outubro	0,08
maio	0,09	novembro	0,08
junho	0,12	dezembro	0,04

Tabela 7.9 - Dados específicos para a empresa Ccitrus

ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTOS US\$		12.000.000/ano	
DISTÂNCIA DA FÁBRICA AO PORTO km		460	
CAPACIDADE PRODUTIVA DA FÁBRICA		112.000 t	
RESTRIÇÕES PORTO DE DESTINO	MÍNIMO GRANEL (toneladas)	MÍNIMO TAMBOR (t)	TOTAL POR DESTINO (t)
E.U.A.	10.000	6.000	28.000
C.E.E	10.000	0	56.000
JAPÃO	0	13.000	13.000
AUSTRÁLIA	0	0	3.000
TOTAIS	20.000	19.000	100.000
PROPORÇÕES DE DESPACHO GRANEL			
janeiro	0,00	julho	0,13
fevereiro	0,09	agosto	0,12
março	0,08	setembro	0,09
abril	0,08	outubro	0,08
maio	0,09	novembro	0,12
junho	0,12	dezembro	0,00

Tabela 7.10 - Dados específicos para a empresa Dcitrus

ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTOS US\$		9.000.000/ano	
DISTÂNCIA DA FÁBRICA AO PORTO km		390	
CAPACIDADE PRODUTIVA DA FÁBRICA		55.000 t	
RESTRIÇÕES PORTO DE DESTINO	MÍNIMO GRANEL (toneladas)	MÍNIMO TAMBOR (t)	TOTAL POR DESTINO (t)
E.U.A.	0	0	13.000
C.E.E	0	0	28.000
JAPÃO	0	0	11.000
AUSTRÁLIA	0	0	0
TOTAIS	0	0	52.000
PROPORÇÕES DE DESPACHO GRANEL			
janeiro	0,10	julho	0,15
fevereiro	0,00	agosto	0,15
março	0,00	setembro	0,15
abril	0,00	outubro	0,15
maio	0,00	novembro	0,15
junho	0,00	dezembro	0,15

Tabela 7.11 - Dados específicos para a empresa Ecitrus

ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTOS US\$		8.000.000/ano	
DISTÂNCIA DA FÁBRICA AO PORTO km		390	
CAPACIDADE PRODUTIVA DA FÁBRICA		35.000 t	
RESTRIÇÕES PORTO DE DESTINO	MÍNIMO GRANEL (toneladas)	MÍNIMO TAMBOR (t)	TOTAL POR DESTINO (t)
E.U.A.	0	0	21.000
C.E.E	0	0	10.000
JAPÃO	0	0	0
AUSTRÁLIA	0	0	0
TOTAIS	0	0	31.000
PROPORÇÕES DE DESPACHO GRANEL			
janeiro	0	julho	0,00
fevereiro	0	agosto	0,20
março	0	setembro	0,20
abril	0	outubro	0,20
maio	0	novembro	0,20
junho	0	dezembro	0,20

Tabela 7.12 - Dados específicos para a empresa Fcitrus

ORÇAMENTO PARA INVESTIMENTOS US\$		8.000.000/ano	
DISTÂNCIA DA FÁBRICA AO PORTO km		228	
CAPACIDADE PRODUTIVA DA FÁBRICA		22.500 t	
RESTRIÇÕES PORTO DE DESTINO	MÍNIMO GRANEL (toneladas)	MÍNIMO TAMBOR (t)	TOTAL POR DESTINO (t)
E.U.A.	0	0	10.000
C.E.E	0	0	12.500
JAPÃO	0	0	0
AUSTRÁLIA	0	0	0
TOTAIS	0	0	22.500
PROPORÇÕES DE DESPACHO GRANEL			
janeiro	0	julho	0,0
fevereiro	0	agosto	0,2
março	0	setembro	0,2
abril	0	outubro	0,2
maio	0	novembro	0,2
junho	0	dezembro	0,2

7.3 Processamento dos dados

O modelo escrito nos itens 6.5 a 6.8 foi programado em linguagem GAMS (Anexo A), cujo *software* encontrava-se disponível para o uso acadêmico na Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, em São Carlos - SP.

Utilizando os dados de entrada, empresa por empresa, o programa foi rodado em um micro computador 486 (50 Mhz) e ofereceu os resultados para as empresas hipotéticas, de ACITRUS a FCITRUS.

Para as três primeiras empresas (vide tabelas 7.7 a 7.9), foram simuladas duas situações: a primeira considerando as restrições de demanda por tipo de suco e a segunda desconsiderando as mesmas.

Os resultados para todas as empresas foram obtidos a partir dos relatórios de saída do Solucionador GAMS/ZOOM. No anexo C, como exemplo, encontra-se o relatório para a empresa ACITRUS.

As tabelas 7.13 a 7.21 apresentam o custo anual total, especificando os investimentos. O custo fixo anual é distribuído em investimentos em solo brasileiro por tipo de suco e em investimento em navios graneleiros. O custo variável anual é subdividido em variável no Brasil e em navios por tipo de suco, excluídos os custos financeiros na fábrica, que são apresentados à parte. São apresentados também os custos unitários por destino, o número teórico de caminhões por tipo de suco e as quantidades alocadas por destino e navio.

TABELA 7.13 - Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano)
resultados da empresa ACITRUS (fábrica para 77.000 t/ano)

ITEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		19.502.763		
1. CUSTO FIXO ANUAL (INVESTIMENTOS IVAAN)		7.904.998		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		4.344.999		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:	MPQ, 20.000 t	1.657.500	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:	MPQ, 35.000 t	2.677.499	CFSBG	
1.2. EM NAVIOS GRANELEIROS (CFNAVG) (NPEQ)		3.569.999		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		11.597.765		
2.1.Variável no Brasil Tambor**	US\$	2.435.298	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	2.070.202	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	1.328.251	CLSGVB	
2.4.Variável no navio Granel	US\$	3.646.906	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	444.658	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	1.672.450	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	447,14	244,38	-	-
CEE	-	252,82	-	-
JAP	546,50	301,19	-	-
AUS	-	-	-	-
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		2,0		
GRANEL		4,7		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	5.000	10.000	-	-
CEE	-	33.000	-	-
JAP	8.000	7.000	-	-
AUS	-	-	-	-
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	1,3	-	-	
CEE	4,1	-	-	
JAP	0,9	-	-	
AUS	-	-	-	

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

TABELA 7.14 - Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano) resultados da empresa BCITRUS (fábrica para 300.000 t/ano)

ITEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		56.507.863		
1. CUSTO FIXO ANUAL (INVESTIMENTOS IVAAN)		17.849.996		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		9.944.998		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:	MPQ, 20.000 t	1.657.500	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:	PEQ+MED, 125.000 t	8.287.498	CFSBG	
1.2. EM NAVIOS GRANELEIROS (CFNAVG) (NPEQ+NMED)		7.904.998		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		38.657.867		
2.1.Variável no Brasil Tambor**	US\$	6.369.242	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	5.440.113	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	5.791.176	CLSGVB	
2.4.Variável no navio Granel	US\$	13.452.920	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	1.162.952	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	6.441.464	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	368,39	189,81	-	-
CEE	383,07	198,24	186,97	-
JAP	467,75	-	226,74	-
AUS	-	-	209,32	-
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		5,1		
GRANEL		20,6		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	6.000	64.000	-	-
CEE	8.000	24.904	109.096	-
JAP	20.000	-	12.000	-
AUS	-	-	8.000	-
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	8,0	-	-	
CEE	3,1	10,9	-	
JAP	-	1,2	-	
AUS	-	0,8	-	

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

TABELA 7.15 - Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano)
resultados da empresa CCITRUS (fábrica para 112.000 t/ano)

ITEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		26.226.768		
1. CUSTO FIXO ANUAL (INVESTIMENTOS IVAAN)		8.924.998		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		5.354.999		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:	MPQ, 20.000 t	1.657.500	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:	PEQ, 55.000 t	3.697.499	CFSBG	
1.2. EM NAVIO GRANELEIRO (CFNAVG) (NPEQ)		3.569.999		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		17.301.760		
2.1.Variável no Brasil Tambor**	US\$	3.559.282	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	3.155.605	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	2.151.767	CLSGVB	
2.4.Variável no navio Granel	US\$	5.391.843	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	649.885	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	2.393.388	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	406,87	205,25	-	-
CEE	-	213,68	-	-
JAP	506,23	-	-	-
AUS	-	240,79	-	-
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		2,9		
GRANEL		7,6		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	6.000	22.000	-	-
CEE	-	56.000	-	-
JAP	13.000	-	-	-
AUS	-	3.000	-	-
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO A GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	2,8	-		
CEE	7,0	-		
JAP	-	-		
AUS	0,4	-		

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

TABELA 7.16 - Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano) resultados da empresa DCITRUS (fábrica para 55.000 t/ano)

ITEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		12.088.971		
1. CUSTO FIXO ANUAL (INVESTIMENTOS IVAAN)		6.247.498		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		2.677.499		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:		-	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:	MPQ, 35.000 t	2.677.499	CFSBG	
1.2. EM NAVIOS GRANELEIROS (CFNAVG) (NPEQ)		3.569.999		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		5.841.473		
2.1.Variável no Brasil Tambor**	US\$	-	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	-	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	1.381.381	CLSGVB	
2.4.Variável no navio Granel	US\$	3.950.804	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	-	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	509.288	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	-	215,92	-	-
CEE	-	224,36	-	-
JAP	-	272,73	-	-
AUS	-	-	-	-
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		0		
GRANEL		4,9		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	-	13.000	-	-
CEE	-	28.000	-	-
JAP	-	11.000	-	-
AUS	-	-	-	-
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	1,6	-	-	
CEE	3,5	-	-	
JAP	1,4	-	-	
AUS	-	-	-	

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

TABELA 7.17 Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano)
resultados da empresa ECITRUS (fábrica para 35.000 t/ano)

ITEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		9.339.555		
1. CUSTO FIXO ANUAL (INVESTIMENTOS IVAAN)		6.247.498		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		2.677.499		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:		-	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:	MPQ, 35.000 t	2.677.499	CFSBG	
1.2. EM NAVIOS GRANELEIROS (CFNAVG) (NPEQ)		3.569.999		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		3.092.067		
2.1.Variável no Brasil Tambor**	US\$	-	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	-	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	823.516	CLSGVB	
2.4.Variável no navio Granel	US\$	1.926.332	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	-	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	342.209	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	-	298,56	-	-
CEE	-	306,99	-	-
JAP	-	-	-	-
AUS	-	-	-	-
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		0		
GRANEL		2,9		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	-	21.000	-	-
CEE	-	10.000	-	-
JAP	-	-	-	-
AUS	-	-	-	-
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO A GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	2,6	-	-	
CEE	1,3	-	-	
JAP	-	-	-	
AUS	-	-	-	

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

TABELA 7.18 - Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano)
resultados da empresa FCITRUS (fábrica para 22.500 t/ano)

ITEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		9.032.921		
1. CUSTO FIXO ANUAL (INVESTIMENTOS IVAAN)		1.657.500		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		1.657.500		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:	MPQ, 20.000 t	1.657.500	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:		-	CFSBG	
1.2. EM NAVIOS GRANELEIROS (CFNAVG)		-		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		7.375.421		
2.1.Variável no Brasil Tambor**	US\$	4.214.940	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	2.390.880	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	-	CLSGVB	
2.4.Variável no navio Granel	US\$	-	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	769.601	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	-	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	393,31	-	-	
CEE	407,99	-	-	
JAP	-	-	-	
AUS	-	-	-	
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		3,4		
GRANEL		0		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	10.000	-	-	
CEE	12.500	-	-	
JAP	-	-	-	
AUS	-	-	-	
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	-	-		
CEE	-	-		
JAP	-	-		
AUS	-	-		

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

TABELA 7.19 - Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano) resultados da empresa ACITRUS sem as restrições de demanda mínima por tipo de suco (fábrica para 77.000 t/ano)

ITEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		15.922.189		
1. CUSTO FIXO ANUAL (IVAAN)		7.267.498		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		3.697.499		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:		0	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:	PEQ, 55.000 t	3.697.499	CFSBG	
1.2. EM NAVIOS GRANELEIROS (CFNAVG) (NPEQ)		3.569.999		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		8.654.692		
2.1. Variável no Brasil Tambor**	US\$	-	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	-	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	1.673.596	CLSGVB	
2.4. Variável no navio Granel	US\$	4.873.808	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	-	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	2.107.287	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	-	234,79	-	-
CEE	-	243,22	-	-
JAP	-	291,60	-	-
AUS	-	-	-	-
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		-		
GRANEL		5,9		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	-	15.000	-	-
CEE	-	33.000	-	-
JAP	-	15.000	-	-
AUS	-	-	-	-
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO A GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	1,9	-	-	
CEE	4,1	-	-	
JAP	1,9	-	-	
AUS	-	-	-	

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

TABELA 7.20 - Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano) resultados da empresa BCITRUS sem as restrições de demanda mínima por tipo de suco (fábrica para 300.000 t/ano)

ÍTEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		54.507.773		
1. CUSTO FIXO ANUAL (IVAAN)		17.849.996		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		9.944.998		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:	MPQ, 20.000 t	1.657.500	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:	PEQ+MED, 125.000 t	8.287.498	CFSBG	
1.2. EM NAVIOS GRANELEIROS (CFNAVG)(NPEQ+NMED)		7.904.998		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		36.657.777		
2.1.Variável no Brasil Tambor**	US\$	5.392.446	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	2.824.023	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	5.929,693	CLSGVB	
2.4.Variável no navio Granel	US\$	14.931.480	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	984.600	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	6.595.535	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	377,22	188,08	-	-
CEE	-	196,51	185,24	-
JAP	-	-	225,01	-
AUS	-	-	207,58	-
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		4,3		
GRANEL		21		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	28.786	41.214	-	-
CEE	-	65.075	76.924	-
JAP	-	-	32.000	-
AUS	-	-	8.000	-
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO A GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	5,2	-	-	
CEE	8,1	7,7	-	
JAP	-	3,2	-	
AUS	-	0,8	-	

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

TABELA 7.21 - Custos e indicadores de distribuição física (US\$/ano) resultados da empresa CCITRUS sem as restrições de demanda mínima por tipo de suco (fábrica para 112.000 t/ano)

ITEM		Valores e Parâmetros*		
CUSTO ANUAL TOTAL		22.815.597		
1. CUSTO FIXO ANUAL (IVAAN)		9.944.997		
1.1. EM SOLO BRASILEIRO (CFSBT+CFSBG)		6.374998		
(a) SUCO TIPO TAMBOR:		-	CFSBT	
(b) SUCO TIPO GRANEL:	(MPQ+PEQ), 90.000 t	6.374998	CFSBG	
1.2. EM NAVIOS GRANELEIROS (CFNAVG) (NPEQ)		3.569.999		
2. CUSTO VARIÁVEL ANUAL TOTAL (VANUAL)		12.870.600		
2.1.Variável no Brasil Tambor**	US\$	-	CLSTVB	
2.2 Variável no navio Tambor	US\$	-	CVSTN	
2.3 Variável no Brasil Granel**	US\$	2.656.502	CLSGVB	
2.4.Variável no navio Granel	US\$	7.259.293	CVSGN	
2.5 Financeiro em armazém da fábrica	US\$	-	CFINART	
2.6 Financeiro em <i>tank-farm</i> da fábrica	US\$	2.954.800	CFINARG	
3. CUSTOS UNITÁRIOS POR DESTINO E POR TIPO E TAMANHO DE NAVIO*				
Destino	Tambor	Granel peq	Granel médio	Granel gde
EUA	-	214,99	-	-
CEE	-	223,41	-	-
JAP	-	271,79	-	-
AUS	-	250,52	-	-
4. NÚMERO TEÓRICO DE CAMINHÕES				
TAMBOR		-		
GRANEL		9,4		
5. QUANTIDADES ALOCADAS POR DESTINO EM CADA TAMANHO DE NAVIO				
Destino	Tambor (t)	Granel peq (t)	Granel médio (t)	Granel gde (t)
EUA	-	28.000	-	-
CEE	-	56.000	-	-
JAP	-	13.000	-	-
AUS	-	3.000	-	-
6. NÚMERO DE VIAGENS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO A GRANEL				
Destino	Pequeno (8.000 t)	Médio (10.000 t)	Grande (16.000 t)	
EUA	3,5	-	-	
CEE	7,0	-	-	
JAP	1,6	-	-	
AUS	0,4	-	-	

*Valores e parâmetros do Anexo A

**Somente não inclui o custo financeiro no armazém da fábrica

7.4 Análise dos resultados

7.4.1. Custos anuais por empresa

Empresa ACITRUS

Segundo os resultados indicados para a empresa ACITRUS (sintetizados na tabela 7.13), com uma demanda anual de 63.000 t, deve-se despachar 13.000 toneladas em tambores e 50.000 toneladas em granel a um custo anual de US\$ 6,6 milhões (soma dos itens 1.1-a, 2.1, 2.2 e 2.5 da tabela 7.13) no sistema em tambores (33,9%) e de US\$ 12,8 milhões (soma dos itens 1.1.-b, 1.2, 2.3, 2.4 e 2.6 da tabela 7.13) no sistema a granel (66,1%).

Os investimentos sugeridos são de US\$ 7,9 milhões/ano nas estruturas de distribuição física, que incluem a parte em solo brasileiro, com a opção pelo tamanho muito pequeno (MPQ) para ambos os tipos de suco (20.000 t e 35.000 t de capacidade, respectivamente para os sistemas de armazenagens de tambores e de granel) e a parte em navio graneleiro com a opção pelo tamanho pequeno (NPEQ), de 8.000 toneladas de capacidade.

Considerando a hipótese de eliminação das restrições de demanda mínima por tipo de suco constantes na tabela 7.7, conseguiu-se uma alteração no custo anual total, que de US\$ 19,5 milhões (tabela 7.13) passou para US\$ 15,9 milhões (tabela 7.19). Isto significa uma economia de 18,4% devido à não necessidade de adotar a alternativa de distribuição em tambores.

As alterações em número de caminhões, quantidades alocadas por tipo de suco e destino e número de viagens indicam que para o

segundo caso seria necessário um menor número de caminhões e o mesmo navio realizaria mais viagens.

Estes números mostram que a empresa deve desenvolver esforços para negociar somente o suco a granel e neste caso deve adquirir um navio graneleiro do tamanho pequeno (NPEQ), de 8.000 toneladas e uma estrutura de distribuição física em solo brasileiro também pequena (PEQ), de 55.000 toneladas.

Empresa BCITRUS

A empresa BCITRUS (tabela 7.14), com uma demanda anual de 252.000 toneladas deve despachar 34.000 toneladas em tambores e 218.000 toneladas em granel para ter o custo anual de US\$ 56,5 milhões, sendo que US\$ 14,6 milhões (25,9% do total) serão devidos ao sistema em tambores e US\$ 41,8 milhões serão (74,1% do total) devidos ao sistema a granel.

Os investimentos indicados são de US\$ 17,8 milhões/ano. Deve-se adquirir duas estruturas para a distribuição em solo brasileiro do suco a granel, uma pequena (PEQ), de 55.000 toneladas, e uma média (MED), de 70.000 toneladas, dois navios graneleiros, um pequeno (NPEQ) e um médio (NMED), de 8.000 e 10.000 toneladas respectivamente, e uma estrutura do tamanho muito pequeno (MPQ) para a distribuição do suco em tambores no solo brasileiro.

Eliminando as restrições de demanda mínima por tipo de suco da tabela 7.8, os resultados indicam uma alteração no custo anual de US\$ 56,5 milhões (tabela 7.14) para US\$ 54,5 milhões (tabela 7.20).

Observa-se que a eliminação de tais restrições contribuiu para uma redução de 3,5% no custo anual, correspondente apenas aos custos variáveis, uma vez que os investimentos sugeridos foram os

mesmos da tabela 7.14. Isto indica que a economia conseguida com a eliminação das restrições de demanda mínima oferece uma vantagem à empresa BCITRUS relativamente baixa se comparada à empresa ACITRUS. A manutenção da alternativa de distribuição em tambores deve-se ao esgotamento da capacidade de distribuição a granel, o que significa que o excedente de demanda não justificaria a aquisição de um sistema a granel maior (devido aos altos custos fixos).

Observando os dados dos itens 5 e 6 das tabelas 7.14 e 7.20, percebe-se as alterações na quantidade de suco e no número de viagens em navios graneleiros para cada destino, havendo uma melhor utilização do navio pequeno no caso da empresa não ter restrições de demanda mínima por tipo de suco, uma vez que este passa a absorver parte do suco que seria distribuído pelo sistema em tambores e parte do que seria distribuído pelo navio de tamanho médio.

Os resultados para esta empresa mostram a importância das previsões de expansão da demanda, pois caso exista a expectativa de haver um crescimento rápido desta, a aquisição de um sistema de distribuição a granel de maior dimensão poderá tornar-se viável.

Empresa CCITRUS

Esta empresa, com uma demanda de 100.000 toneladas (despacho de 19.000 t/ano de suco em tambores) teve um resultado que indica um custo anual no sistema tambores de US\$ 9,0 milhões (34,4% do custo anual total, considerando o fixo mais o variável da tabela 7.15) e um custo anual de US\$ 17,2 milhões no sistema a granel (65,6%).

Os investimentos anuais são de US\$ 8,9 milhões com as seguintes alternativas: para o solo brasileiro, uma estrutura de

distribuição em tambores muito pequena (MPQ), de capacidade estática para 20.000 t de suco e uma estrutura pequena (PEQ) para o suco a granel, de capacidade estática para 55.000 t (despacho de 81.000 t/ano). Para o transporte marítimo, os resultados indicam a aquisição de um navio graneleiro tamanho pequeno (NPEQ), de capacidade estática para 8.000 t.

Eliminando as restrições de demanda mínima por tipo de suco da tabela 7.9, há uma alteração no custo anual de US\$ 26,2 milhões (tabela 7.15) para US\$ 22,8 milhões (tabela 7.21), significando uma redução de 13%. O transporte marítimo continua sendo feito pelo navio pequeno (8.000 t) e o transporte rodoviário passa a ter no total, um caminhão a menos. São alteradas as opções de investimento: deixa de existir a distribuição do suco em tambores e a distribuição do suco a granel passa a ser feita em solo brasileiro por duas dimensões de estrutura, uma muito pequena (MPQ) e uma pequena (PEQ), com capacidades estáticas de 35.000 e 55.000 toneladas respectivamente.

Nota-se que a redução do custo anual obtida baseia-se em maiores investimentos (US\$ 9,9 milhões contra US\$ 8,9 milhões) e menores custos variáveis (US\$ 12,8 milhões contra US\$ 17,3 milhões), ou seja, os custos fixos mais altos são compensados pela economia de escala, uma vez que nesta situação as 100.000 toneladas de demanda são atendidas pelo sistema a granel e não apenas 81.000 toneladas da situação anterior.

Empresas DCITRUS e ECITRUS

Os resultados para estas empresas, com demandas de 52.000 e 31.000 t/ano e sem restrições de demanda mínima por tipo de suco e

destino (tabelas 7.10 e 7.11), indicaram a conveniência de adotar somente o suco a granel para a comercialização.

A estrutura de distribuição escolhida para o solo brasileiro é a de tamanho muito pequeno (MPQ), ou seja *tank-farm* de 35.000 toneladas. Para o transporte marítimo sugere-se um navio pequeno (NPEQ), de 8.000 toneladas, resultando em um custo anual de US\$ 12,0 milhões e US\$ 9,3 milhões, respectivamente (tabelas 7.16 e 7.17), sendo a diferença entre estes atribuída totalmente aos custos variáveis.

Empresa FCITRUS

A dimensão da empresa FCITRUS, que corresponde à ordem de tamanho das menores processadoras do Estado de São Paulo, foi escolhida com o interesse de verificar qual o volume de comercialização do suco que indicaria apenas a distribuição em tambores como o ideal. Este objetivo foi alcançado para uma comercialização de até 22.500 toneladas.

Supondo que toda a demanda seja direcionada a dois destinos, os resultados (tabela 7.18) indicaram um custo anual total de US\$ 9,0 milhões com investimentos em uma estrutura de distribuição para tambores do tamanho muito pequeno (MPQ), de 20.000 toneladas.

O custo anual total é mais vantajoso para esse sistema do que para o sistema a granel, apesar dos altos custos unitários de distribuição no sistema em tambores (US\$ 393,31 para os EUA e US\$ 407,99 para a C.E.E.), o que indica que os altos investimentos em *tank-farm* e navios não seriam compensados pelo volume comercializado.

Conclusão sobre a análise dos custos anuais por empresa

Cada empresa tem suas particularidades de mercado, tais como a localização dos portos de destino, o volume total de suco, a demanda mínima por tipo de suco e as proporções mensais de despacho do suco a granel. Estas particularidades podem afetar diferentemente a decisão pelos investimentos em estruturas de distribuição física.

A negociação com os clientes no sentido de converter a comercialização de ambos os tipos de suco para somente o suco a granel é um ponto importante para a redução do custo anual total de distribuição física das empresas ACITRUS e CCITRUS, com vantagens de 18,4% e 13%, respectivamente. Para a empresa BCITRUS, este tipo de negociação se traduziria em uma vantagem bem menor, apenas 3,5%.

As empresas DCITRUS e ECITRUS, apesar de possuírem demandas bastante diferentes, 52.000 t e 31.000 t anuais, teriam o mesmo custo de investimento no sistema de distribuição a granel, porém os custos unitários para os E.U.A. e para a C.E.E. são bem menores para a empresa que possui maior demanda. Isto resulta na conveniência das pequenas empresas procurarem associações entre si no sentido de aproveitar melhor a capacidade do sistema de distribuição a granel.

7.4.2. Custos Unitários por destino

O custo unitário de distribuição física varia em função das distâncias a serem percorridas pelos meios de transporte, dos tempos de operação de cada etapa da distribuição e dos investimentos realizados no sistema de distribuição física.

A exportação de um determinado tipo de suco para qualquer um dos mercados passa pelo sistema de distribuição comum a todos os destinos, assim o custo unitário para um destino é afetado pela demanda do destino específico e pela demanda dos outros destinos.

Custos unitários para o suco em tambores

O estudo realizado indicou a opção pelo sistema de distribuição em tambores somente em três casos: quando há uma exigência mínima da demanda por este tipo de suco (resultados indicados pelas tabelas 7.13 a 7.15); quando a demanda total do suco supera a capacidade de distribuição de um determinado sistema a granel e os investimentos adicionais em um sistema complementar de distribuição em tambores produzem um custo anual mais vantajoso que a instalação de uma sistema de distribuição a granel adicional (segunda situação para a empresa BCITRUS, tabela 7.20) e; quando a capacidade de produção e comercialização da empresa não supera as 22.500 toneladas anuais (caso da empresa FCITRUS).

Os custos para os destinos E.U.A, C.E.E e Japão estão contidos respectivamente nos intervalos de US\$ 368,39 (tabela 7.14) a US\$ 447,14 (tabela 7.13), US\$ 383,07 (tabela 7.14) a US\$ 407,99 (tabela 7.18) e de US\$ 467,75 (tabela 7.14) a US\$ 546,50 (tabela 7.13).

As variações entre estes resultados indicam que apesar do custo marítimo por milha/tonelada ser o mesmo para todas as empresas e destinos, o custo final para cada destino é influenciado pela taxa de utilização das instalações em solo brasileiro.

Custos unitários para o suco a granel

Tomando como referência os resultados das cinco empresas que indicam a existência de estruturas de distribuição para o suco a granel, quando as restrições de demanda mínima por tipo de suco são eliminadas, obteve-se os custos unitários mostrados nas tabelas 7.22 a 7.25 e figuras 7.2 a 7.5, com valores mais baixos para a empresa BCITRUS² (252.000 t/ano de demanda), seguido pelos custos da empresa CCITRUS (100.000 t/ano), com vantagens dos primeiros sobre os últimos variando de 12,5% a 17,2%, devido às economias de escala.

Efeitos da utilização das instalações fixas

A tabela 7.26 mostra o custo fixo anual em *tank-farm* atribuído a cada empresa assim como os respectivos indicadores de utilização (demanda/capacidade estática). BCITRUS tem a maior utilização, apresenta-se com o menor custo de *tank-farm* por tonelada de suco e a empresa ECITRUS, que tem a menor utilização, apresenta-se com o maior custo de *tank-farm* por tonelada.

²Como ilustração o Anexo D mostra a distribuição do custo unitário da empresa BCITRUS para a CEE em seis componentes.

TABELA 7.22 - Custos unitários de distribuição a granel para os E.U.A.

Empresa	Demanda t/ano	Custo unit US\$/t
ECITRUS	31000	298,56
DCITRUS	52000	215,92
ACITRUS	63000	234,79
CCITRUS	100000	214,99
BCITRUS	252000	188,08

FIGURA 7.2 - Comparativo dos custos unitários para os E.U.A.

TABELA 7.23 - Custos unitários do suco a granel para a C.E.E.

Empresa	Demanda t/ano	Custo unit US\$/t
ECITRUS	31000	306,99
DCITRUS	52000	224,36
ACITRUS	63000	243,22
CCITRUS	100000	223,41
BCITRUS	252000	190,40

FIGURA 7.3 - Comparativo dos custos unitários do suco para a C.E.E.

TABELA 7.24 - Custos unitários do suco a granel para o Japão

Empresa	Demanda t/ano	Custo unit US\$/t
DCITRUS	52000	272,73
ACITRUS	63000	291,60
CCITRUS	100000	271,79
BCITRUS	252000	225,01

FIGURA 7.4 - Comparativo de custos unitários para o Japão

TABELA 7.25 - Custos unitários do suco a granel para a Austrália

Empresa	Demanda t/ano	Custo unit US\$/t
CCITRUS	100000	250,52
BCITRUS	252000	207,58

FIGURA 7.5 - Comparativo de custos unitários do suco para a Austrália

Os custos de investimento em *tank-farm* representam uma importante parcela do custo fixo anual. Particularmente para as empresas DCITRUS e ACITRUS, estas parcelas são de 42,85% e 50,87%, respectivamente (tabelas 7.16 e 7.19).

A maior participação do custo de investimento em *tank-farm* da empresa ACITRUS no custo fixo anual e o menor indicador de utilização dos seus *tank-farm* (1,145 contra 1,486 da empresa DCITRUS) explicam o porquê da empresa ACITRUS ter custos unitários por destino mais altos do que a empresa DCITRUS, ainda que aquela possua maior demanda que esta (tabelas 7.22 a 7.24 e figuras 7.2 a 7.4).

TABELA 7.26 - Custos e indicadores de utilização dos *tank-farm*

Custos/Indicadores	C. anual	Capacidade	Demanda	C. unitário	utilização
Empresas	[a] (US\$)	[b] (t)	[c] (t)	[c]/[a]	[c]/[b]
ACITRUS	3.697.499	55.000	63.000	58,69	1,145
BCITRUS	8.287.498	125.000	252.000	32,88	2,106
CCITRUS	6.374.998	90.000	100.000	63,75	1,111
DCITRUS	2.677.499	35.000	52.000	51,49	1,486
ECITRUS	2.677.499	35.000	31.000	86,37	0,885

7.5 Cuidados no uso do solucionador GAMS/ZOOM

O solucionador GAMS/ZOOM resolve os problemas de programação inteira mista através da incorporação de uma heurística (P & C) após a solução do problema com as variáveis inteiras ou binárias relaxadas (recorrendo ao método Simplex). Caso o resultado atingido com o uso da heurística esteja fora de uma tolerância admitida (o "default" é 0,1), o solucionador requisita o método *Branch-and-Bound* para alcançar a solução final. O uso desta tolerância é

conveniente quando o problema possui um número muito grande de variáveis inteiras.

A incorporação da tolerância na heurística permite que o solucionador indique, rapidamente, uma boa solução, mas não necessariamente a melhor. Em busca desta, o usuário do GAMS/ZOOM deve impor limitantes às variáveis inteiras (ou binárias), o que força a obtenção de soluções melhoradas, até alcançar a melhor de todas. Para isto, estabelece-se um limitante a partir da observação da primeira solução, impondo-se a nulidade a alguma variável binária na simulação consecutiva. Compara-se o resultado desta com a anterior e sendo melhor, repete-se o processo, impondo um novo limitante, até que não se consiga obter uma solução melhor que a anterior, quando conclui-se que ela é a melhor de todas.

Caso o modelo de programação inteira mista não tenha um grande número de variáveis inteiras, pode-se adotar outra alternativa para alcançar a solução ótima, que é a alteração da tolerância permitida no software GAMS/ZOOM de **0,1** para **0**.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 Conclusões

Resolveu-se, neste trabalho, um problema conjunto de investimentos em instalações de distribuição física e de alocação de produtos por destino.

As conclusões quantitativas apresentadas estão limitadas aos dados das empresas hipotéticas, que tiveram seus respectivos portes definidos em função de empresas existentes no Estado de São Paulo.

Durante o desenvolvimento do estudo conclui-se que os custos fixos do transporte rodoviário são pouco relevantes na composição do custo unitário total de distribuição para ambos os tipos de suco de laranja brasileiro de exportação (em tambores e a granel). Por isto, no modelo de otimização para escolher a melhor combinação de estruturas de distribuição física, não foi considerada a possibilidade de escolha de diferentes veículos rodoviários para um determinado tipo de suco.

O modelo matemático de minimização dos custos permitiu que as estruturas de distribuição física para cada uma das empresas hipotéticas fossem escolhidas, além de indicadas as quantidades de suco a granel ou em tambores a serem comercializadas e distribuídas para cada um dos portos de destino, respeitadas as restrições

mercadológicas, orçamentárias e de desempenho operacional dos armazéns, plataformas e navios graneleiros sugeridos.

Os resultados apontaram que para uma empresa de até 22.500 toneladas de demanda anual deve-se adotar somente o sistema de distribuição em tambores. Os principais argumentos para a não adoção do sistema a granel para as demais dimensões de empresa são: a inexistência de plataformas específicas nos portos de destino; o montante elevado de recursos financeiros envolvido no investimento em *tank-farm*, plataformas específicas no porto de origem [BRGRAN(L) do anexo B] e navios [PNGRAN(T) do anexo B] e as exigências do mercado em demandar o suco em tambores.

A análise de sensibilidade do modelo indicou que as restrições de demanda mínima por tipo de suco para cada porto de destino são altamente relevantes e que a negociação entre a empresa exportadora e os clientes visando transferir a demanda do suco em tambores para o suco a granel é desejável, pois melhora a utilização do sistema de distribuição graneleiro e reduz o custo unitário de distribuição.

Os resultados indicaram que, ao decidir pela implantação de sistemas de distribuição a granel, deve-se buscar associações entre duas ou mais empresas exportadoras que têm os mesmos portos de origem e destino. Estas podem favorecer a decisão pela implantação de sistemas de distribuição a granel de mais alta capacidade, permitindo menores custos unitários finais através do aproveitamento das economias de escala.

Com relação à linguagem de modelagem utilizada, GAMS, esta ofereceu a flexibilidade necessária. Além de resolver o problema de programação inteira mista, ela permitiu programar os cálculos de outras medidas de desempenho, especificadas por tipo de suco, que dependiam dos resultados do modelo de otimização, tais como o tamanho da frota de veículos rodoviários e o custo logístico unitário final por destino.

8.2 Recomendações e extensões

O exemplo utilizado é de minimização do custo anual, mas sugere-se para trabalhos futuros o estudo de um problema de maximização do lucro. Para isto, basta dispor do preço de comercialização para o produto posto em cada destino (P_{tambj} e P_{granj}) e multiplicá-lo pela variável de decisão correspondente à quantidade anual do produto, formando a receita anual. Conseqüentemente, o lucro anual (equação 8.1) é definido pela diferença entre a receita e o custo anual (Z):

$$Lucro = \sum_{j=1}^4 P_{tambj} \cdot QTAMB_j + \sum_{j=1}^4 P_{granj} \cdot \sum_{t=1}^3 QGRAN_{j,t} - Z \quad (8.1)$$

As barreiras tarifárias impostas pelos países importadores e não consideradas neste trabalho, quando são atribuídas por tonelada de suco, podem ser incluídas na função objetivo através do incremento correspondente ao custo variável marítimo para cada destino (veja o Apêndice 2).

O procedimento proposto pode ser utilizado para analisar os problemas de decisão integrada que envolvem a construção de berços específicos de atracação para os navios graneleiros de suco de laranja no exterior. Estudos neste sentido, certamente serão difíceis de realizar no ambiente acadêmico devido ao impedimento do acesso aos dados sobre os custos posto pelas empresas ligadas ao setor. Entretanto, podem ser desenvolvidos no interior das empresas, quando estas tiverem interesse em analisar os seus próprios custos para efeito de expansão da capacidade de distribuição.

Sugere-se a utilização deste procedimento para analisar uma exportadora de suco de laranja quando esta processar também o limão ou outras variedades de laranja futuramente desenvolvidas, pois o produto pode ser transportado e armazenado no mesmo sistema de distribuição. A possibilidade de dispor de matéria prima no período que atualmente é de entressafra deverá provocar um menor custo de produção, devido à melhor utilização da capacidade da fábrica. Também é possível conseguir uma redução nas oscilações de estoques e tornar mais intensivo o uso do sistema de distribuição, o que se traduzirá em uma melhoria no aproveitamento da capacidade de armazenagem e de transporte, reduzindo, conseqüentemente, o custo unitário final de distribuição.

Apesar do procedimento ter sido aplicado à empresa processadora e exportadora do suco, problemas de distribuição de produtos de outros tipos de empresas podem ser analisados através deste instrumento, tais como aqueles relacionados às exportadoras de

granéis. Para isto, basta que o custo anual de distribuição física possa ser escrito em função de duas maneiras de despachar o produto.

8.3 Considerações Finais

A solução de um problema logístico, seja ele do nível operacional, tático ou estratégico exige o conhecimento de todo o sistema de suprimento, produção e distribuição.

Um problema deve ter as suas fronteiras definidas conforme os propósitos do tomador de decisão e um importante fator a ser considerado em qualquer estudo de alocação de produtos no mercado é a previsão da demanda.

Qualquer decisão estratégica não pode prescindir de estudos detalhados dos custos de investimentos e custos operacionais. Estudos neste sentido devem considerar os diferentes níveis de previsão da demanda para o longo prazo: otimista, conservadora e pessimista. Assim, para indicar uma alternativa viável, torna-se indispensável rodar o modelo representativo do problema por várias vezes e fazer uma análise de sensibilidade do mesmo para observar as conseqüências nos resultados em função das alterações no conjunto de dados de entrada.

Um sistema de apoio à decisão precisa permitir a avaliação de diferentes variáveis que interessam ao tomador de decisões. O procedimento desenvolvido é um instrumento útil para a análise de custos de distribuição física em qualquer nível de decisão.

A nível estratégico, ele integra o estudo de investimentos em instalações ao de alocação de produtos por destino, permite a avaliação das alterações de custo como consequência de mudanças tecnológicas ou administrativas e dá condições de comparar os custos por destino, por tipo de navio e por tamanho de empresa.

Aos níveis tático e operacional, o procedimento desenvolvido pode ser utilizado para realizar estudos sobre os custos de distribuição física de uma empresa já instalada. Para isto, basta alimentar o programa computacional com os parâmetros do sistema em operação e fixar o valor nulo para as variáveis binárias correspondentes às outras alternativas de investimento.

A base de dados para a aplicação do procedimento proposto deve conter informações da demanda, dados técnicos e de custos de todo o sistema de distribuição. A estrutura de custos necessita ser detalhada de acordo com cada operação do processo de armazenamento e distribuição. Quando a empresa ainda não dispõe desta, torna-se necessário desenvolver a tarefa de obtê-la.

Supondo a existência de uma base de dados adequada, o desenvolvimento de um modelo similar pode demandar aproximadamente dois meses de trabalho de um analista de Pesquisa Operacional, tendo em vista a necessidade deste conhecer o sistema de distribuição física para identificar corretamente o problema e as restrições à sua solução.

O tempo para resolver o problema, processado em um microcomputador 486-50 Mhz foi rápido. Com 65 equações endógenas

ao modelo de programação inteira mista, 11 variáveis discretas e 111 variáveis contínuas (das quais 16 são independentes) foram necessários cerca de 30 segundos.

ANEXO A

PROGRAMA EM LINGUAGEM GAMS

EMPRESA ACITRUS COM RESTRIÇÕES DE DEMANDA MÍNIMA POR DESTINO

GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 1
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

3 SETS

4 M MES /JA, FE, MR, AB, MA, JU, JL, AG, ST, OT, NV, DZ/
 5 L DIMENSAO DA ESTUTURA BRASIL /MPQ, PEQ, MED, GDE/
 6 T TAMANHO DO NAVIO GRANEL /NPEQ, NMED, NGDE/
 7 J ARCO PORTO AO DESTINO /EUA, CEE, JAP, AUS/;

8 *****

9 *KLEBER CARLOS RIBEIRO PINTO - CENARIO PADRAO

10 *ESTE PROGRAMA ESTA ESCRITO EM LINGUAGEM GAMS

11 *GENERAL ALGEBRAIC MODELING SYSTEM

12 *REFERENCIA - GAMS A USER'S GUIDE - BROOKE, ANTHONY END AL

13 *THE SCIENTIFIC PRESS

14 *****

15 *****DADOS DE ENTRADA ACITRU.GMS*****

16 *****

17 PARAMETER PSAIG(M) PROPORCAO MEDIA MENSAL DESPACHO DO TOTAL DO SUCO A
 GRANEL

18	/JA	0.10
19	FE	0.10
20	MR	0.10
21	AB	0.10
22	MA	0.10
23	JU	0.10
24	JL	0.10
25	AG	0.10
26	ST	0.10
27	OT	0.10
28	NV	0.00
29	DZ	0.00/

30

31 PARAMETER PSAI(M) PROPORCAO MEDIA MENSAL DE DESPACHO DO TOTAL DO SUCO
 EM TAMB

32	/JA	0.04
33	FE	0.05
34	MR	0.08
35	AB	0.08
36	MA	0.09
37	JU	0.12
38	JL	0.13
39	AG	0.12
40	ST	0.09
41	OT	0.08
42	NV	0.08
43	DZ	0.04/

44

45 PARAMETER PFABRI(M) PROPORCAO MEDIA MENSAL DA PRODUCAO TOTAL DO SUCO

46	/JA	0
47	FE	0
48	MR	0
49	AB	0
50	MA	0
51	JU	0
52	JL	0.03
53	AG	0.17
54	ST	0.20
55	OT	0.20
56	NV	0.20
57	DZ	0.20/;

58 *****

59 *CAPACIDADE DE PRODUCAO

60 SCALAR PR PRODUCAO ANUAL DA FABRICA TON /77000/;

61 *DISPONIBILIDADE DE RECURSOS PARA INVESTIMENTOS
 GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 2
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

62 SCALAR ORC ORCAMENTO ANUAL PARA INVESTIMENTOS USS /11000000/;
 63 *****
 64 *****FATORES DE UTILIZACAO DOS MEIOS DE TRANSPORTE
 65 *****HIPOTHESES
 66 *CERCA DE DOIS DIAS POR SEMANA PARA MANUTENCAO DOS CAMINHOES
 67 *CERCA DE 72 DIAS POR ANO PARA MANUTENCAO DOS NAVIOS
 68 *CIRCULACAO DO VEICULO DIA E NOITE
 69 *****
 70 SCALARS
 71 FURG FATOR DE UTILIZACAO TEMPORAL DO VEICULO RODOV GRANEL /0.72/
 72 FURT FATOR DE UTILIZACAO TEMPORAL DO VEICULO RODOV TAMBOR /0.72/
 73 FUNG FATOR DE UTILIZACAO TEMPORAL DO NAVIO GRANEL /0.8/;
 74 *****CUSTOS FIXOS*****
 75 *CFARMT(L) e CFARMG(L) correspondem a equacao (5.1) do
 76 *item 5.1 de capitulo 5 do texto da tese
 77 *****
 78 *ESTRUTURAS MUITO PEQUENA PEQUENA MEDIA E GRANDE
 79 PARAMETERS
 80
 81 CFARMT(L) CUSTO FIXO ANUAL PARA ARMAZEM TAMBOR
 82 /MPQ 1657500
 83 PEQ 2422499
 84 MED 3569999
 85 GDE 4207499/;
 86 *****
 87 ***SAO DISPONIVEIS QUATRO ALTERNATIVAS PARA O ARMAZEM TAMBOR
 88 *****
 89 *O CUSTO CFARMT(L) CONTA COM O ARMAZEM DA FABRICA E DO PORTO
 INCLUSIVE
 AS PLATAFORMAS RODOVIARIAS MAS DESCONSIDERA AS PLATAFORMAS
 MARITIMAS POIS ESTAS NAO PERTENCEM AO GRUPO EMPRESARIAL PRODUTOR E
 EXPORTADOR
 90 *OS CUSTOS CORRESPONDENTES SAO VARIAVEIS*****
 91
 92 PARAMETERS
 93 CFARMG(L) CUSTO FIXO ANUAL TANK-FARM GRANEL INCLUI TERMINAIS MARIT
 94 /MPQ 2677499
 95 PEQ 3697499
 96 MED 4589999
 97 GDE 8414998/;
 98 *****
 99 *SAO DISPONIVEIS QUATRO ALTERNATIVAS PARA O TANK-FARM
 100 *****
 101 *O CUSTO CFARMG(L) CONTA COM O ARMAZEM DA FABRICA E DO PORTO
 INCLUSIVE AS PLATAFORMAS RODOVIARIAS E MARITIMAS POIS ESTAS SAO
 CONSIDERADAS OBRAS ESPECIFICAS PARA O FLUXO DO SUCO A GRANEL
 102 *SAO CONSTRUIDAS EXCLUSIVAMENTE PELOS GRUPOS EMPRESARIAIS PRODUTORES
 E EXPORTADORES DO SUCO
 103 *CONFORME O CASO PODEM CONSIDERAR PLATAFORMAS NA ORIGEM E NO DESTINO
 104 *****
 105
 106 PARAMETER CFMARG(T) CUSTO FIXO ANUAL PARA NAVIO GRANEL
 107 /NPEQ 3569999
 108 NMED 4334999
 109 NGDE 6374998/;
 110 *****
 111 ***SAO CONSIDERADAS TRES OPCOES DE NAVIO PARA CADA TIPO DE SUCO*****
 112 *****
 113 *DEMANDA DOS DESTINOS QUATRO PARA ESTE EXEMPLO

114 *ESTADOS UNIDOS DA AMERICA
 115 *COMUNIDADE EUROPEIA
 116 *JAPAO

GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 3
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

117 *AUSTRALIA
 118 *****
 119 PARAMETERS
 120 QMAR(J) QUANTIDADE DE SUCO ANUAL PARA CADA DESTINO TON
 121 /EUA 15000
 122 CEE 33000
 123 JAP 15000
 124 AUS 0/
 125
 126 TAMBOR(J) MINIMO ACEITAVEL DE TAMBOR PARA J EM TON
 127 /EUA 0
 128 CEE 0
 129 JAP 8000
 130 AUS 0/
 131
 132 GRANEL(J) MINIMO ACEITAVEL DE GRANEL PARA J EM TON
 133 /EUA 6000
 134 CEE 15000
 135 JAP 0
 136 AUS 0/;

137 *****

138 *CAPACIDADES DOS ARMAZENS

139

140 PARAMETERS

141 CAPARMT(L) CAPACIDADE ARMAZEM TAMBOR TON ESTATICAS
 142 /MPQ 20000
 143 PEQ 30000
 144 MED 45000
 145 GDE 55000/

146

147 CAPARMG(L) CAPACIDADE TANK-FARMS GRANEL TON ESTATICAS

148 /MPQ 35000
 149 PEQ 55000
 150 MED 70000
 151 GDE 130000/;

152 *****CUSTOS VARIAVEIS NO BRASIL*****

153 *CMTFT, CMTFG, CMTPT, CMTPG e CSEFT, CSEFG, SCEPT, CSEPT correspondem

154 *respectivamente a cmt cse do item 5.1 do texto da tese

155 *****

156 ***PRODUCAO - RESPONSVEL - AREA DE FABRICACAO

157

158 SCALAR CP CUSTO DE PRODUCAO + IMPOSTOS BRASIL / 830/;

159 SCALARS

160 CEMBG CUSTO DE EMBALAGEM POR TON GRANEL /0.0/

161 CEMBT CUSTO DE EMBALAGEM POR TON TAMBOR /130.8/;

162

163 ***ARMAZEM - CUSTOS VARIAVES OPERACIONAIS DURANTE O PROCESSO DE
 ARMAZENAGEM

164 SCALARS

165 CMTFG CUSTO UNITARIO DE MOVIMENTACAO NO DEP FABRICA SUCO
 GRANEL/03/

166 CMTFT CUSTO UNITARIO DE MOVIMENTACAO NO DEP FABRICA SUCO
 TAMBOR/04/

167 CMTPG CUSTO UNITARIO DE MOVIMENTACAO NO DEP DO PORTO GRANEL /10.5/

168 CMTPT CUSTO UNITARIO DE MOVIMENTACAO NO DEP DO PORTO TAMBOR /39.2/

169 CSEFG CUSTO UNITARIO DE SEGURO DO ESTOQUE FABR GRANEL /2.1/

170 CSEFT CUSTO UNITARIO DE SEGURO DO ESTOQUE FABR TAMBOR /2.4/

171 CSEPG CUSTO UNITARIO DE SEGURO DO ESTOQUE NO PORTO GRANEL /2.1/
 GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 4
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

172 CSEPT CUSTO UNITARIO DE SEGURO DO ESTOQUE NO PORTO TAMBOR /2.4/;
 173 *****
 174 *** CAMINHOS TRANSPORTE RODOVIARIO
 175 *****
 176 *** AQUI OS CUSTOS-DIA INCLUEM TODOS OS CUSTOS PERTINENTES AO
 TRANSPORTE RODOVIARIO INCLUSIVE O CUSTO ANUAL DE INVESTIMENTO INCORPORADO
 POR
 RATEIO
 177 *****
 178 SCALARS
 179 CRPG CUSTO DIA DO CAMIN PARADO GRANEL /260/
 180 CRPT CUSTO DIA DO CAMIN PARADO TAMBOR /156/
 181 CRVBG CUSTO DIA DO CAMIN VIAJANDO VAZIO PORT FABR REAIS GRANEL /350/
 182 CRVBT CUSTO DIA DO CAMIN VIAJANDO VAZIO PORT FABR REAIS TAMBOR /210/
 183 CRVAG CUSTO DIA DO CAMINHAO VIAJANDO CARREGADO GRANEL /385/
 184 CRVAT CUSTO DIA DO CAMINHAO VIAJANDO CARREGADO TAMBOR /231/;
 185 *****
 186 *** TRANSPORTE MARITIMO
 187 *****
 188 *** AQUI OS CUSTOS-DIA INCLUEM TODOS OS CUSTOS PERTINENTES AO
 TRANSPORTE MARITIMO EXCETO O CUSTO DE INVESTIMENTO
 189 *****
 190 PARAMETERS
 191 CMVAG(T) CUSTO OPERACIONAL DIA DO NAVIO VIAJANDO CARREGADO
 GRANEL
 192 /NPEQ 32290
 193 NMED 30180
 194 NGDE 34370/
 195 CMPG(T) CUSTO OPERACIONAL DIA TRANSP MARIT NAVIO PARADO
 GRANEL
 196 /NPEQ 7900
 197 NMED 8700
 198 NGDE 9000/
 199 CMVBG(T) CUSTO OPERACIONAL DIA DO NAVIO VIAJANDO VAZIO GRANEL
 200 /NPEQ 28390
 201 NMED 29280
 202 NGDE 30270/
 203 *****CARACTERISTICAS TECNICAS*****
 204
 205 *DO SISTEMA DE TRANSPORTE E TRANSFERENCIA
 206
 207 ***RODOVIARIO
 208
 209 SCALARS
 210 LAMBRG RITMO DE EMB E DESEMB DE UMA PLATAF TON POR DIA GRANEL /750/
 211 LAMBRG RITMO DE EMB E DESEMB DE UMA PLATAF TON POR DIA TAMBOR /600/
 212 VRG LOTACAO DO VEICULO RODOV EM TON GRANEL /35/
 213 VRT LOTACAO DO VEICULO RODOV EM TON TAMBOR /24/
 214 DRA DIST RODOV IDA TRANSP KM /390/
 215 DRB DIST RODOV VOLTA TRANSP KM /390/
 216 VRBG VELOCIDADE DE TRANSP RODOV VOLTA KM POR DIA GRANEL /1100/
 217 VRBT VELOCIDADE DE TRANSP RODOV VOLTA KM POR DIA TAMBOR /950/
 218 VRAG VELOCIDADE EM TRANS DE TRANSP RODOV IDA KM POR DIA
 GRANEL /1000/
 219 VRAT VELOCIDADE EM TRANS DE TRANSP RODOV IDA KM POR DIA
 TAMBOR /940/
 220 *****
 221 *TEMPOS DE ESPERA POR VIAGEM
 222 ETARAG TEMPO ESPERA DO CAMI NA FABR FRACAO DO DIA GRANEL /0.014/

223 ETARAT TEMPO ESPERA DO CAMI NA FABR FRACAO DO DIA TAMBOR /0.021/
 224 ETARBG TEMPO ESP DO CAMINHAO PORTO EM FRACAO DO DIA GRANEL
 GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 5
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

/0.015/

225 ETARBT TEMPO ESP DO CAMINHAO PORTO EM FRACAO DO DIA TAMBOR /0.022/;
 GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 6
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

227 ***MARITIMO

228 SCALARS

229 LAMBNAG RITMO DE CARR UMA PLAT TON POR DIA BRASIL GRANEL /7500/
 230 TCARRT TEMPO DE CARREGAMENTO DO LOTE DE TAMBORES EM DIAS /2.5/;
 231

232 PARAMETERS

233 TDESCT(J) DE DESCARR DE UMA LOTE DE TAMBORES NO EXTERIOR EM
 DIAS

234
 235 /EUA 2.0
 236 CEE 1.5
 237 JAP 1.5
 238 AUS 1.5/

239
 240 LAMBNBG(J) RITMO DE DESCARR DE UMA PLAT TON POR DIA NO EXTERIOR

GRAN

241 /EUA 7500
 242 CEE 7500
 243 JAP 7500
 244 AUS 7500/

245
 246 ETAMBG(J) TEMPO ESPERA PORTO DEST ANTES DO DESCARREG GRANEL

247 /EUA 1
 248 CEE 1
 249 JAP 1
 250 AUS 2/

251
 252 ETAMBT(J) TEMPO ESPERA PORTO DESTI ANTES DO DESCARREG TAMBOR

253 /EUA 1.5
 254 CEE 1.5
 255 JAP 1.5
 256 AUS 2.5/;

257

258 SCALARS

259 ETAMAG TEMPO DE ESPERA PORTO BRASIL ANTES DO CARR GRANEL /0.4/
 260 ETAMAT TEMPO DE ESPERA PORTO BRASIL ANTES DO CARR TAMBOR /0.6/;

261

262 PARAMETER DM(J) DISTANCIA MARITIMA PARA O ARCO J

263
 264 /EUA 4750
 265 CEE 5470
 266 JAP 9600
 267 AUS 7700/;

268 *****

269 ****O NAVIO GRANEL TEM REPARTICOES PARA DISTINGUIR OS TIPOS DE SUÇO
 QUANTO AO INDICE BRIX TAIS DIRERENCAS NAO SERAO CONSIDERADAS NESTE
 TRABALHO

270 ****

271 *****

272 PARAMETER VMG(T) LOTACAO DO NAVIO EM TON GRANEL

273 /NPEQ 8000

274 NMED 10000
 275 NGDE 16000/
 276 *****
 277 ***O NAVIO QUE TRANSPORTA O TAMBOR TEM LOTACAO REAL SUPERIOR A VMT(T)
 PORQUE A ALTERNATIVA DE DISTRIBUICAO TEM AS "EMBALAGENS" TAMBOR E CONTAINER
 278 ***
 279 ***UM CONTAINER CARREGA 70 TAMBORES E CADA TAMBOR PESA 16 KG
 280 *****
 281
 282 PARAMETER
 283 VMAG(T) VELOCIDADE MARITIMA CARREGADO EM MILHAS POR DIA
 GRANEL
 GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 7
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

284 /NPEQ 658
 285 NMED 628
 286 NGDE 588/;
 287
 288 SCALAR VMAT VELOCIDADE MEDIA MARITIMA DOS FRETADOS EM MILHAS POR
 DIA /638/;
 289
 290 PARAMETERS VMBG(T) VELOCIDADE MARITIMA VAZIO MILHAS POR IDA
 GRANEL
 291 /NPEQ 688
 292 NMED 668
 293 NGDE 600/;
 294
 295 *****
 296 *TAXA DE ATRATIVIDADE
 297
 298 SCALAR R TAXA MENSAL DE JUROS /0.01/;
 299 *****
 300 SCALAR FRETE MARITIMO US\$ POR TONELADA DO SUCO TAMBORADO POR
 MILHA /0.02/;
 301
 302 *****
 303 *EQUACOES EXOGENAS A FORMULACAO DO PROBLEMA DE PROG INTEIRA ZERO
 UM
 304 *****
 305 *RODOVIARIO
 306 *CUSTO DE INVEST NO CAMINHAO INCLUIDO NO CUSTO DO VEICULO PARADO E
 NO CUSTO DO VEICULO EM VIAGEM VAZIO OU CARREGADO
 307 *****
 308 *FRT e FRG correspondem a equacao (5.13) do item 5.3 do texto da tese
 309 *****
 310 PARAMETERS
 311 FRG CUSTO DE UMA VIAGEM GRANEL RODOV COMPLETA DOLAR
 312 FRT CUSTO DE UMA VIAGEM TAMBOR RODOV COMPLETA DOLAR
 313 CAPLARG CAPACIDADE PLATAF GRANEL 365 DIAS OPERACAO TON
 314 CAPLART CAPACIDADE PLATAF TAMBOR 365 DIAS OPERACAO TON;
 315
 316

$$FRG = CRVAG * (DRA / VRAG) + CRPG * (ETARAG + ETARBG + 2 * (VRG / LAMBRG)) + CRVBG * (DRB / VRBG);$$
 317

$$FRT = CRVAT * (DRA / VRAT) + CRPT * (ETARAT + ETARBT + 2 * (VRT / LAMBR)) + CRVBT * (DRB / VRBT);$$
 318 CAPLARG = 365 * LAMBRG;
 319 CAPLART = 365 * LAMBR;
 320
 321 PARAMETERS
 322 CAPLAMG CAP PLAT MARITIMA NO PORTO BRASIL 365 DIAS GRANEL;


```

323
324 CAPLAMG = 365 * LAMBNAG;
325 *****
326 PARAMETERS
327     CVBRAT CUSTO VARIÁVEL EM TERRA POR TONELADA TAMBOR DOLAR
328     CVBRAG CUSTO VARIÁVEL EM TERRA POR TONELADA GRANEL DOLAR;
329     CVBRAT = CMTFT + CMTPT + CSEFT + CSEPT + CEMBT+ (FRT/VRT);
330     CVBRAG = CMTFG + CMTPG + CSEFG + CSEPG + CEMBG+ (FRG/VRG);
331
332 PARAMETER TNPT(J) TEMPO MEDIO PARADO DOS FRETADOS INCLUSIVE
DESCARGA NO ITINERARIO J DIAS;
333 TNPT(J)=(ETAMAT+ETAMBT(J))+(TCARRT)+TDESCT(J);
334 *****
335 *FMG(J,T) corresponde a Fm da equacao (5.16) do item 5.3 do texto da tese
336 *****
337 PARAMETER TNPG(J,T) TEMPO NAVIO GRANEL PARADO NO ITINERARIO J DIAS;
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 8
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
SET DEFINITONS

338 TNPG(J,T)=(ETAMAG+ETAMBG(J))+(VMG(T)/LAMBNAG)+(VMG(T)/LAMBNBG(J));
339
340 PARAMETER FMG(J,T) CUSTO UMA VIAGEM MAR DE IDA VOLTA DEST J GRANEL
US$;
341 FMG(J,T)=CMVAG(T)*(DM(J)/VMAG(T))+CMPG(T)*TNPG(J,T)+CMVBG(T)*(DM(J)/VMBG(T));
342
343
344 PARAMETER CVMART(J) FRETE POR TONELADA DO SUCO EM TAMBORES AO
DEST J DOLAR;
345     CVMART(J)=FRETE*DM(J);
346
347 PARAMETER CVMARG(J,T) CUSTO VAR MARITIMO POR TON GRANEL AO DEST J
NAV T DOLAR;
348 CVMARG(J,T)= FMG(J,T)/VMG(T);
349
350 PARAMETER DMXA(J,T) PARAMETRO ARTIFICIAL A;
351 DMXA(J,T)*(VMBG(T) NE 0)=DM(J)/VMBG(T);
352 PARAMETER TCMG(J,T) TEMPO DE CICLO UMA VIAG MAR AO DEST J GRANEL
DIAS;
353 TCMG(J,T)*(VMAG(T) NE 0)=(DM(J)/VMAG(T))+TNPG(J,T)+DMXA(J,T);
354
355 *****
356 *TEMPO DO SUCO NO TRANSITO RODOVIARIO
357 *****
358 *TSRT e TRSG correspondem ao tempo medio do produto no veiculo
359 *rodoviario tratado no item 5.3 do texto da tese (vide eq. 5.11)
360 *****
361 PARAMETER TSRT TEMPO DO SUCO TAMBOR TRAN ROD;
362 TSRT=(VRT/LAMBRV)+DRA/VRAT;
363 PARAMETER TSRG TEMPO DO SUCO GRANEL TRAN ROD;
364 TSRG=(VRG/LAMBRG)+DRA/VRAG;
365 *****
366 *TEMPO DO SUCO NO MAR
367 *****
368 *TSMT(J) e TSMT(J,T) correspondem ao tempo do produto no veiculo
369 *maritimo tratado no item 5.3 do texto da tese (vide eq. 5.14)
370 *****
371 PARAMETER TSMT(J) TEMPO DO SUCO NO MAR TAMBOR AO DESTINO J;
372 TSMT(J)=(TCARRT/2)+DM(J)/VMAT+(TDESCT(J)/2);
373 PARAMETER TSMG(J,T) TEMPO DO SUCO NO MAR GRANEL AO DESTINO J;
374 TSMG(J,T)=(VMG(T)/LAMBNAG)/2+DM(J)/VMAG(T)+(VMG(T)/LAMBNBG(J))/2;
375 PARAMETER FARG(J,T) FATOR DE APROVEIT DO NAV GRAN DIMENSAO T NA
ROTA J;
376 FARG(J,T)=(TCMG(J,T)-TNPG(J,T))/TCMG(J,T);

```

```

377
378 *****CUSTOS UNITARIOS VARIAVEIS POR DESTINO E POR TAMANHO DE NAVIO
GRANEL
379 PARAMETER CVDESTG(J,T) CUSTO UNIT VARIABEL AO DESTINO J NO NAVIO GR
TAMANHO T;
380 CVDESTG(J,T)=FMG(J,T)/VMG(T);
381 *****
382 *MODELO DE OTIMIZACAO PROGRAMACAO INTEIRA ZERO UM
383 *****
384 *IDENTIFICACAO DAS VARIAVEIS
385 *****
386 *VARIAVEIS DE DECISAO BINARIAS ZERO OU UM
387 *****
388 BINARY VARIABLE YRTAMBOR(L) BINARIA ZERO OU UM ESTRUTURA ARM
TAMBOR;
389 BINARY VARIABLE YRGRANEL(L) BINARIA ZERO OU UM ESTRUTURA ARM
GRANEL;
390 BINARY VARIABLE YMARG(T) PARA O NAVIO GRANEL;
391 *****
392 POSITIVE VARIABLE GAMA(J) PARTICIP DO SIST GRANEL NO UNIVERSO DA
DISTRIBUICAO;
393 * A VARIABEL *GAMA* PODE VARIAR DE ZERO A UM
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 9
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
SET DEFINITONS

```

```

394 *****
395 VARIABLES
396 *****
397 *CFINART E CFINARG correspondem a Ccf da eq (5.8) do item 5.2 do cap 5
398 *do texto da tese
399 *TVIAT e TVIAG (vide linha 677) correspondem ao custo financeiro anual do volume de produto
400 *que transita no modo rodoviario. E a multiplicacao da quantidade pelo custo
401 *tratado no item 5.3 do texto da tese (vide eq. 5.11)
402 *****
403 TVIMT CUSTO FINANCEIRO EM VIAGEM TAMBOR MARITIMA
404 TVIMG CUSTO FINANCEIRO EM VIAGEM GRANEL MARITIMA
405 TVIAT CUSTO FINANCEIRO EM VIAGEM TAMBOR RODOVIARIA
406 TVIAG CUSTO FINANCEIRO EM VIAGEM GRANEL RODOVIARIA
407 CFINART CUSTO FINANCEIRO EM ARMAZEM TAMBOR FABRICA
408 CFINARG CUSTO FINANCEIRO EM TANK-FARM GRANEL FABRICA
409 *****
410 *****VARIAVEIS DE DECISAO QTAMB(J) E QGRAN(J,T) PARA O DESTINO J
411 *****
412 *QTAMB(J) E QGRAN(J,T) correspondem a variavel QP tratada no cap 5
413 *da tese e sao as variaveis de decisao continuas (nao binarias) do problema
414 *****
415 QTAMB(J) QUANTIDADE DE SUCO EM TAMBOR PARA DESTINAR A J TON
416 QGRAN(J,T) QUANTIDADE DE SUCO EM GRANEL PARA DESTINAR A J TON PELO
NAVIO T
417 *****
418 *****CUSTO DE CADA SISTEMA EM DOLARES ANUAIS
419 *****
420 CFIXOT CUSTO FIXO TAMBOR
421 CFIXOG CUSTO FIXO GRANEL
422 CVBT CUSTO VARIABEL BRASIL TAMBOR
423 CVBG CUSTO VARIABEL BRASIL GRANEL
424 CTOTOT CUSTO TOTAL A MINIMIZAR
425 *****
426 *****QUANTIDADES A SEREM PROCESSADAS DE CADA SISTEMA
427 *****
428 QTAMBOR QUANTIDADE ANUAL A PROCESSAR EM TAMBOR
429 QGRANEL QUANTIDADE ANUAL A PROCESSAR EM GRANEL
430 *****

```



```

431 *****RECURSOS A SEREM UTILIZADOS EM CADA SISTEMA
432 *****
433 ORCT VALOR ANUAL A SER ALOCADO EM INVEST NO SIST TAMBOR EXCETO
CAMINHOES
434 ORCG VALOR ANUAL A SER ALOCADO EM INVEST NO SIST GRANEL EXCETO
CAMINHOES
435 *****
436 *****CALCULO DOS ESTOQUES
437 *****
438 STOKINT ESTOQUE INICIAL TAMBOR
439 STOKING ESTOQUE INICIAL GRANEL
440 STOKT07 POSICAO DE ESTOQUE FINAL JULHO
441 STOKT08 POSICAO DE ESTOQUE FINAL AGOSTO
442 STOKT09 POSICAO DE ESTOQUE FINAL SETEMBRO
443 STOKT10 POSICAO DE ESTOQUE FINAL OUTUBRO
444 STOKT11 POSICAO DE ESTOQUE FINAL NOVEMBRO
445 STOKT12 POSICAO DE ESTOQUE FINAL DEZEMBRO
446 STOKT01 POSICAO DE ESTOQUE FINAL JANEIRO
447 STOKT02 POSICAO DE ESTOQUE FINAL FEVEREIRO
448 STOKT03 POSICAO DE ESTOQUE FINAL MARCO
449 STOKT04 POSICAO DE ESTOQUE FINAL ABRIL
450 STOKT05 POSICAO DE ESTOQUE FINAL MAIO
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 10
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
SET DEFINITONS

451 STOKT06 POSICAO DE ESTOQUE FINAL JUNHO
452 STOKG07 POSICAO DE ESTOQUE FINAL JULHO
453 STOKG08 POSICAO DE ESTOQUE FINAL AGOSTO
454 STOKG09 POSICAO DE ESTOQUE FINAL SETEMBRO
455 STOKG10 POSICAO DE ESTOQUE FINAL OUTUBRO
456 STOKG11 POSICAO DE ESTOQUE FINAL NOVEMBRO
457 STOKG12 POSICAO DE ESTOQUE FINAL DEZEMBRO
458 STOKG01 POSICAO DE ESTOQUE FINAL JANEIRO
459 STOKG02 POSICAO DE ESTOQUE FINAL FEVEREIRO
460 STOKG03 POSICAO DE ESTOQUE FINAL MARCO
461 STOKG04 POSICAO DE ESTOQUE FINAL ABRIL
462 STOKG05 POSICAO DE ESTOQUE FINAL MAIO
463 STOKG06 POSICAO DE ESTOQUE FINAL JUNHO
464 SEFMT1 TAMBOR SOMA POSICAO DE ESTOQUE DOS SEIS PRIMEIROS MESES
465 SEFMT2 TAMBOR SOMA POSICAO DE ESTOQUE DO ANO
466 SEFMG1 GRANEL SOMA POSICAO DE ESTOQUE DOS SEIS PRIMEIROS MESES
467 SEFMG2 GRANEL SOMA POSICAO ESTOQUE DO ANO
468 SEMMT SOMA ESTOQUES MEDIOS MENSAIS TAMBOR TON X MES
469 SEMMG SOMA ESTOQUES MEDIOS MENSAIS GRANEL TON X MES
470 CTCT CUSTO FINANCEIRO ESTOQUE TAMBOR EQ (6) DO TEXTO
471 CTCG CUSTO FINANCEIRO ESTOQUE GRANEL EQ (6) DO TEXTO
472 DPST(M) DIFERENCA ENTRADA E SAIDA MES M TAMBOR NO ARM BRASIL
473 DPSG(M) DIFERENCA ENTRADA E SAIDA MES M GRANEL NO ARM BRASIL
474 CTOTMART(J) CUSTO ANUAL MAR AO DESTINO J TAMBOR
475 CTOTMARG(J) CUSTO ANUAL MAR AO DESTINO J GRANEL
476 CMART CUSTO ANUAL MAR TAMBOR ANTES DO AJUSTE FINAL
477 CMARG CUSTO ANUAL MAR GRANEL ANTES DO AJUSTE FINAL:
478 *****
479 *IDENTIFICACAO DAS EQUACOES
480 *****
481 *****
482 EQUATIONS
483 *****OBJETIVO
484 ECTOTOT CUSTO TOTAL ANUAL DOLARES USS
485 *****AUXILIARES DE VINCULO ENTRE SISTEMAS GRANEL E TAMBOR
486 EQTAMB(J) QUANTIDADE DE SUCO EM TON TAMBOR PARA DESTINAR A J
487 EQGRAN(J) QUANTIDADE DE SUCO EM TON GRANEL PARA DESTINAR A J
488 *****RESTRICOES

```


489 EPR RESTRICAO DE PRODUCAO FABRIL
 490 EPLRT RESTRICAO DE CAPACIDADE DE ESCOAMENTO PLATAFORMA ROD
 TAMBOR
 491 EPLRG RESTRICAO DE CAPACIDADE DE ESCOAMENTO PLATAFORMA ROD
 GRANEL
 492 EPLMG RESTRICAO DE CAPACIDADE DE ESCOAMENTO PLATAFORMA MAR
 GRANEL
 493 BUFT LIMITE CAPACIDADE ARM TAMBOR
 494 BUFG LIMITE CAPACIDADE ARM GRANEL
 495 RGTMT(T) RESTRICAO PRODUCAO TONELADA MILHA GRANEL
 496 EMINT(J) MINIMO DE TAMBOR PARA J
 497 EMING(J) MINIMO DE GRANEL PARA J
 498 EORC LIMITE DE ORCAMENTO ANUAL US\$
 499 *****AUXILIARES DE QUANTIDADE
 500 EQTAMBOR TOTAL EM TAMBOR TON
 501 EQGRANEL TOTAL EM GRANEL TON
 502
 503 *****EQUACOES PARA O CUSTO FIXO
 504 ECFIXOT EQUACAO CUSTO FIXO TAMBOR
 505 ECFIXOG EQUACAO CUSTO FIXO GRANEL
 506
 507 *****AUXILIAR ESTOQUE INICIAL
 508 ESTOKINT ESTOQUE INICIAL TAMBOR
 509 ESTOKING ESTOQUE INICIAL GRANEL
 510
 511 ****DIFERENCA ENTRADA SAIDA NO MES M
 GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 11
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

512 EDPST(M) DIF ENTRADA SAIDA TAMBOR
 513 EDPSG(M) DIF ENTRADA SAIDA GRANEL
 514
 515 *****AUXILIAR POSICAO DE ESTOQUE TAMBOR
 516 ESTOKT07 JULHO
 517 ESTOKT08 AGOSTO
 518 ESTOKT09 SETEMBRO
 519 ESTOKT10 OUTUBRO
 520 ESTOKT11 NOVEMBRO
 521 ESTOKT12 DEZEMBRO
 522 ESTOKT01 JANEIRO
 523 ESTOKT02 FEVEREIRO
 524 ESTOKT03 MARCO
 525 ESTOKT04 ABRIL
 526 ESTOKT05 MAIO
 527 ESTOKT06 JUNHO
 528
 529 *****AUXILIAR POSICAO DE ESTOQUE GRANEL
 530 ESTOKG07 JULHO
 531 ESTOKG08 AGOSTO
 532 ESTOKG09 SETEMBRO
 533 ESTOKG10 OUTUBRO
 534 ESTOKG11 NOVEMBRO
 535 ESTOKG12 DEZEMBRO
 536 ESTOKG01 JANEIRO
 537 ESTOKG02 FEVEREIRO
 538 ESTOKG03 MARCO
 539 ESTOKG04 ABRIL
 540 ESTOKG05 MAIO
 541 ESTOKG06 JUNHO
 542
 543 *****ESTOQUES SEMESTRAL E ANUAL
 544 ESEFMT1 TAMBOR PRIMEIROS SEIS MESES - PRODUCAO E DESPACHO
 545 ESEFMT2 TAMBOR ANUAL

```

546 ESEFMG1  GRANEL PRIMEIROS SEIS MESES - PRODUCAO E DESPACHO
547 ESEFMG2  GRANEL ANUAL
548
549 *****ESTOQUES MEDIOS MENSAIS
550 ESEMMT    MEDIO MENSAIS TAMBOR
551 ESEMMG    MEDIO MENSAIS GRANEL
552
553 *****OUTRAS EQUACOES PARA O CUSTO
554
555 ETVIAT EQ CUSTO FINANC DO ESTOQUE DURANTE O TEMPO EM VIAGEM
TAMBOR DIAS
556 ETVIAG EQ CUSTO FINANC DO ESTOQUE DURANTE O TEMPO EM VIAGEM
GRANEL DIAS
557 VIMT EQ CUSTO NO NAVIO DO ESTOQUE EM VIAGEM TAMBOR
558 VIMG EQ CUSTO NO NAVIO DO ESTOQUE EM VIAGEM GRANEL
559 FIARMT EQ CUSTO FINANCEIRO NO ARMAZEM TAMBOR
560 FIARMG EQ CUSTO FINANCEIRO NO ARMAZEM GRANEL
561 ECTCT CUSTO TOTAL CAPITAL TAMBOR
562 ECTCG CUSTO TOTAL CAPITAL GRANEL
563 ECTMART(J) EQ CUSTO MAR TAMBOR AO DESTINO J
564 ECTMARG(J) EQ CUSTO MAR GRANEL AO DESTINO J
565
566 *****CUSTO ANUAL TRAJETO MAR TODOS OS DESTINOS
567 MART     EQUACAO DE CMART
568 MARG     EQUACAO DE CMARG
569
570 *****CUSTO BRASIL
571 ECVBT CUSTO VARIAVEL BRASIL TAMBOR
572 ECVBG CUSTO VARIAVEL BRASIL GRANEL;
GAMS 2.25 386/486 DOS          96/07/24 18:55:11 PAGE 12
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
SET DEFINITONS

573
574 *****
575 *ABAIXO ESTAO AS EQUACOES DO MODELO QUE MINIMIZA O CUSTO TOTAL
ANUAL
576 *CADA DESTINO DEVE RECEBER UMA QUANTIDADE CONTRATADA DE SUCO
577 *O PROBLEMA E DECIDIR QUANTO DEVE MANDAR PARA CADA DESTINO DE
TAMBORES
578 *E QUANTO DEVE MANDAR DE GRANEL
579 *DEVE SER RESPEITADA A CAPACIDADE DOS DEPOSITOS
580 *****
581 *****
582 *EQ QUE RELACIONAM VARIABEIS DE DECISAO QTAMB(J) E QGRAN(J,T) A
GAMA(J)
583 *****
584 *****
585 *CUSTO ANUAL TOTAL
586 *FUNCAO OBJETIVO A MINIMIZAR
587 ECTOTOT...CTOTOT =E= CFIXOT+CFIXOG + CVBT+CVBG + CTCT+CTCG +
CMART+CMARG ;
588 EQTAMB(J) .. QTAMB(J) =E=(1-GAMA(J))*QMAR(J);
589 EQGRAN(J) .. SUM(T, QGRAN(J,T))=E=GAMA(J) * QMAR(J);
590
591 *****RESTRICAO DE PRODUCAO DA FABRICA - RESTR (1) DO TEXTO
592 EPR .. SUM(J, QTAMB(J)) + SUM((J,T), QGRAN(J,T))=L=PR;
593
594 *****RESTR CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DAS PLATAFORMAS-RESTR (2) DO
TEXTO
595 ***RODOVIARIA TAMBOR
596 EPLRT .. SUM(J, QTAMB(J))=L=CAPLART;
597 ***RODOVIARIA GRANEL
598 EPLRG .. SUM((J,T), QGRAN(J,T))=L=CAPLARG;

```



```

599 ***MARITIMA GRANEL
600 EPLMG .. SUM((J,T), QGRAN(J,T))=L=CAPLAMG;
601
602 **RESTR CAPACIDADE DO DEPOSITO ESCOLHIDO EM TON - RESTR (3) DO TEXTO
603 *PREVISAO FINAL DO MES DE DEZEMBRO E PICO MAXIMO DOS ESTOQUES
604 BUFT .. STOKT12 =L= SUM(L, CAPARMT(L)*YRTAMBOR(L));
605 BUFG .. STOKG12 =L= SUM(L, CAPARMG(L)*YRGRANEL(L));
606
607 **RESTR PRODUCAO DO TRANSPORTE MARITIMO GRANEL EM TON MILHA-
RESTR (4) DO TEXTO
608 RGTM(T) .. SUM(J, (QGRAN(J,T)/FARG(J,T))*DM(J))=L=
(365/2)*FUNG*YMARG(T)*VMG(T)*(VMAG(T)+VMBG(T))/2;
609
610 *****
611 *RESTRICAO DE ATENDIMENTO MINIMO - RESTR (5) DO TEXTO
612 EMINT(J) .. QTAMB(J)=G=TAMBOR(J);
613 EMING(J) .. SUM(T, QGRAN(J,T))=G=GRANEL(J);
614 *****
615 *RESTRICAO DE ORCAMENTO - RESTR (6) DO TEXTO
616 EORC .. CFIXOT+CFIXOG=L=ORC;
617 *****
618 *TOTAL DE SUCO A PROCESSAR RESPECTIVAMENTE TAMBOR E GRANEL
619 EQTAMBOR .. QTAMBOR=E=SUM(J, QTAMB(J));
620 EQGRANEL .. QGRANEL=E=SUM((J,T), QGRAN(J,T));
621 *****
622 *CUSTO FIXO NO SISTEMA TAMBOR
623 ECFIXOT .. CFIXOT=E=SUM(L, CFARMT(L)*YRTAMBOR(L));
624
625 *CUSTO FIXO NO SISTEMA GRANEL INCLUSIVE NAVIO
626 ECFIXOG .. CFIXOG=E=SUM(L, CFARMG(L)*YRGRANEL(L))+ SUM(T,
CFMARG(T)*YMARG(T));
627 *****
628 *****ESTOQUE INICIAL EM JULHO
629 ESTOKINT .. STOKINT=E=0.1*QTAMBOR;
630 ESTOKING .. STOKING=E=0.1*QGRANEL;
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 13
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
SET DEFINITONS

```

```

631 *****EQUACOES REFERENTE AO ESTOQUE NO DEPOSITO DA FABRICA
632 EDPST(M) .. DPST(M)=E=QTAMBOR*(PFABRI(M)-PSAI(M));
633 EDPSTG(M) .. DPSTG(M)=E=QGRANEL*(PFABRI(M)-PSAIG(M));
634 ESTOKT07 .. STOKT07=E=STOKINT+DPST("JL");
635 ESTOKT08 .. STOKT08=E=STOKT07+DPST("AG");
636 ESTOKT09 .. STOKT09=E=STOKT08+DPST("ST");
637 ESTOKT10 .. STOKT10=E=STOKT09+DPST("OT");
638 ESTOKT11 .. STOKT11=E=STOKT10+DPST("NV");
639 ESTOKT12 .. STOKT12=E=STOKT11+DPST("DZ");
640 ESTOKT01 .. STOKT01=E=STOKT12+DPST("JA");
641 ESTOKT02 .. STOKT02=E=STOKT01+DPST("FE");
642 ESTOKT03 .. STOKT03=E=STOKT02+DPST("MR");
643 ESTOKT04 .. STOKT04=E=STOKT03+DPST("AB");
644 ESTOKT05 .. STOKT05=E=STOKT04+DPST("MA");
645 ESTOKT06 .. STOKT06=E=STOKT05+DPST("JU");
646 ESTOKG07 .. STOKG07=E=STOKING+DPSTG("JL");
647 ESTOKG08 .. STOKG08=E=STOKG07+DPSTG("AG");
648 ESTOKG09 .. STOKG09=E=STOKG08+DPSTG("ST");
649 ESTOKG10 .. STOKG10=E=STOKG09+DPSTG("OT");
650 ESTOKG11 .. STOKG11=E=STOKG10+DPSTG("NV");
651 ESTOKG12 .. STOKG12=E=STOKG11+DPSTG("DZ");
652 ESTOKG01 .. STOKG01=E=STOKG12+DPSTG("JA");
653 ESTOKG02 .. STOKG02=E=STOKG01+DPSTG("FE");
654 ESTOKG03 .. STOKG03=E=STOKG02+DPSTG("MR");
655 ESTOKG04 .. STOKG04=E=STOKG03+DPSTG("AB");

```



```

656 ESTOKG05 .. STOKG05=E=STOKG04+DPSG("MA");
657 ESTOKG06 .. STOKG06=E=STOKG05+DPSG("JU");
658 *****
659 ***Na equacao abaixo SEFMT1 equivale aas toneladas X meses das posicoes
660 ***mensais do suco em armazens tipo tambor durante o periodo em queocorrem
661 ***a producao e o despacho (no texto ee transcrito pela letra alfa do
662 ***alfabeto grego).Em seguida, em SEFMT2, tem-se a soma de SEFMT1 e as
663 ***toneladas X meses do periodo em que ocorre apenas o despacho (letra beta
664 ***do alfabeto grego). Finalmente na equacao SEMMT, multiplicado por meio
665 ***tem-se as toneladas X meses das diferencas mensais entre o ingresso e o
666 ***despacho do suco (no texto, item 6.5, letra gama do alfabeto grego).
667 ***Raciocinio analogo para as equacoes correspondentes ao sistema granel.
668 *****
669 ESEFMT1 ..
SEFMT1=E=STOKINT+STOKT07+STOKT08+STOKT09+STOKT10+STOKT11+STOKT12;
670 ESEFMT2 .. SEFMT2=E=SEFMT1
+STOKT01+STOKT02+STOKT03+STOKT04+STOKT05+STOKT06;
671 ESEFMG1 ..
SEFMG1=E=STOKING+STOKG07+STOKG08+STOKG09+STOKG10+STOKG11+STOKG12;
672 ESEFMG2 .. SEFMG2=E=SEFMG1
+STOKG01+STOKG02+STOKG03+STOKG04+STOKG05+STOKG06;
673 ESEMMT .. SEMMT=E= SEFMT2+0.5*SUM(M, DPST(M));
674 ESEMMG .. SEMMG=E= SEFMG2+0.5*SUM(M, DPSG(M));
675 *****
676 *CUSTO FINANCEIRO REFERENTE AO TRANSITO RODOVIARIO E MARITIMO EM
DOLAR
677 ETVIAT .. TVIAT=E=R*(CP+CEMBT)*(TSRT/30)*SUM(J, QTAMB(J));
678 VIMT .. TVIMT=E=R*(CP+CEMBT)*SUM(J, QTAMB(J)*(TSMT(J)/30));
679 ETVIAG .. TVIAG=E=R*(CP+CEMBG)*(TSRG/30)*SUM((J,T), QGRAN(J,T));
680 VIMG .. TVIMG=E=R*(CP+CEMBG)*SUM((J,T), QGRAN(J,T)*(TSMG(J,T)/30));
681 *****CUSTO FINANCEIRO EM ESTOQUES NOS ARMAZENS
682 FIARMT .. CFINART=E= R*(CP+CEMBT)*SEMMT;
683 FIARMG .. CFINARG=E= R*(CP+CEMBG)*SEMMG;
684 *****CUSTO FINANCEIRO DA ORIGEM ATE O DESTINO
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 14
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
SET DEFINITONS

```

```

685 ECTCT .. CTCT =E= CFINART+ TVIAT + TVIMT;
686 ECTCG .. CTCG =E= CFINARG+ TVIAG + TVIMG;
687 *****
688 *CUSTO TOTAL MARITIMO VARIABEL AO DESTINO J
689 ECTMART(J) .. CTOTMART(J)=E= CVMART(J)*QTAMB(J);
690 ECTMARG(J) .. CTOTMARG(J)=E= SUM(T, CVMARG(J,T)*QGRAN(J,T));
691 *****
692 *CUSTO TOTAL MARITIMO VARIABEL PARA TODOS OS DESTINOS
693 MART .. CMART =E= SUM(J, CTOTMART(J));
694 MARG .. CMARG =E= SUM(J, CTOTMARG(J));
695 *****
696 *CUSTO VARIABEL BRASIL E CUSTO TOTAL POR TIPO SUCO
697 ECVBT .. CVBT=E=SUM(J, QTAMB(J)) * CVBRAT;
698 ECVBG .. CVBG=E=SUM((J,T), QGRAN(J,T)) * CVBRAG;
699 *****
700 ***CONDICOES DE NAO NEGATIVIDADE
701 YRTAMBOR.LO(L)=0;
702 YRGRANEL.LO(L)=0;
703 YMARG.LO(T)=0;
704 YMARG.UP("NGDE")=0;
705 YMARG.UP("NMED")=0;
706 QTAMB.LO(J)=0;
707 QGRAN.LO(J,T)=0;
708 ***LIMITANTES SUPERIOR E INFERIOR
709 CTOTMART.LO(J)=0;
710 CTOTOT.LO=0;

```

```

711 CTOTOT.UP=60000000;
712 ****VARIAVEL DE PARTICIPACAO DO SISTEMA GRANEL
713 GAMA.LO(J)=0;
714 GAMA.UP(J)=1;
715 MODEL tesekleb/ALL;
716 SOLVE tesekleb MINIMIZING CTOTOT USING MIP;
717 *****
718 ****DIMENSIONAMENTO DA FROTA RODOVIARIA
719 PARAMETERS
720     TCRG TEMPO DE CICLO DA VIAGEM GRANEL RODOVIARIA DIAS
721     TCRT TEMPO DE CICLO DA VIAGEM TAMBOR RODOVIARIA DIAS;
722
723 TCRG=(DRA/VRAG)+ETARAG+ETARBG+2*(VRG/LAMBRG)+(DRB/VRBG);
724 TCRT=(DRA/VRAT)+ETARAT+ETARBT+2*(VRT/LAMBRG)+(DRB/VRBT);
725
726 PARAMETERS
727     NVEIT NUMERO DE VEICULOS ROD TAMBOR
728     NVEIG NUMERO DE VEICULOS ROD GRANEL;
729     NVEIT=(QTAMBOR.L/VRT)*TCRT/(365*FURT);
730     NVEIG=(QGRANEL.L/VRG)*TCRG/(365*FURG);
731 *****
732 ****NUMERO DE VIAGENS MARITIMAS POR TIPO DE NAVIO GRANEL E DESTINO
733 PARAMETERS
734     NVGRAN(J,T) NUMERO DE VIAGENS AO DESTINO J NAVIO GRANEL
TAMANHO T;
735     NVGRAN(J,T)=(QGRAN.L(J,T)/VMG(T));
736 *****
737 ****CUSTOS LOGISTICOS POR TIPO DE SUCO (NAO INCLUI O CUSTO DE
PRODUCAO)
738 ****CUSTOS ANUAIS
739 ****CUSTOS LOGISTICOS ANUAIS POR SISTEMA
740 PARAMETER
741 CLST CUSTO LOGISTICO ANUAL DO SISTEMA TAMBOR AJUSTADO;
742 CLST=CFIXOT.L+CTCT.L+CVBT.L+SUM(J, QTAMB.L(J)*CVMART(J));
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 15
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
SET DEFINITONS

743 PARAMETER
744 CLSG CUSTO LOGISTICO ANUAL DO SISTEMA GRANEL AJUSTADO;
745 CLSG=CFIXOG.L+CTCG.L+CVBG.L+SUM(J, SUM(T, FMG(J,T)*NVGRAN(J,T)));
746 *****
747 ****CHECAR VALOR DA FUNCAO OBJETIVO
748 PARAMETER
749 AJCTOTOT CUSTO LOGISTICO ANUAL TOTAL AJUSTADO;
750 AJCTOTOT =CLST+CLSG ;
751 *****
752 ****INVESTIMENTO ANUAL E CUSTO VARIABEL ANUAL
753 PARAMETERS
754     INVAAN INVENSTIMENTO ANUAL A REALIZAR EM ARMAZENS E NAVIOS
755     VANUAL CUSTO VARIABEL ANUAL TOTAL AJUSTADO;
756     INVAAN= CFIXOT.L+CFIXOG.L;
757     VANUAL= AJCTOTOT - INVAAN;
758 ****CUSTO LOGISTICO ANUAL FIXO NO SOLO BRASILEIRO
759 PARAMETER
760 CFSBT CUSTO FIXO ANUAL EM SOLO BR TAMBOR;
761 CFSBT=SUM(L, CFARMT(L)*YRTAMBOR.L(L));
762
763 PARAMETER
764 CFSBG CUSTO FIXO ANUAL EM SOLO BR GRANEL;
765 CFSBG=SUM(L, CFARMG(L)*YRGRANEL.L(L));
766
767 ****CUSTO LOGISTICO ANUAL FIXO EM NAVIOS
768

```



```

769 PARAMETER
770 CFNAVG CUSTO FIXO ANUAL EM NAVIOS GRANEL;
771 CFNAVG=SUM(T, CFMARG(T)*YMARG.L(T));
772
773 *****
774 *****CUSTO VARIABEL ANUAL NO SISTEMA TAMBOR
775 PARAMETER CCAST CUSTO VARIABEL ANUAL NO SIST TAMBOR AJUSTADO;
776 CCAST=CLST-CFSBT;
777 *****
778 *****CUSTO VARIABEL ANUAL NO SISTEMA GRANEL
779 PARAMETER CCAST CUSTO VARIABEL ANUAL NO SIST GRANEL AJUSTADO;
780 CCAST=CLSG-CFSBG-CFNAVG;
781 *****
782 *****
783 *****CUSTO VARIABEL LOGISTICO ANUAL REPARTIDO EM BRASIL E NAVIOS
784 *****
785 *****CUSTO LOGISTICO ANUAL VARIABEL BRASIL
786 PARAMETER
787 CLSTVB CUSTO VARIABEL ANUAL DO SIST TAMBOR BRASIL EXCETO FINANC
ARMAZEM;
788 CLSTVB=TVIAT.L+CVBT.L;
789 PARAMETER
790 CLSGVB CUSTO VARIABEL ANUAL DO SIST GRANEL BRASIL EXCETO FINANC
TANK FARM;
791 CLSGVB=TVIAG.L+CVBG.L;
792
793 *****CUSTO LOGISTICO ANUAL VARIABEL EM NAVIOS
794 PARAMETER
795 CLSTBN(J) VARIABEL POR DEST DO CUSTO LOGIST ANUAL DO SIST TAMBOR
NAVIO AJUST;
796 CLSTBN(J)=R*(CP+CEMBT)*(QTAMB.L(J)*(TSMT(J)/30))+QTAMB.L(J)*CVMART(J);
797 PARAMETER
798 CLSGRN(J) VARIABEL POR DEST DO CUSTO LOGIST ANUAL DO SIST GRANEL
NAVIO AJUST;
799 CLSGRN(J)=R*(CP+CEMBG)*SUM(T, QGRAN.L(J,T)*(TSMG(J,T)/30))+SUM(T,
QGRAN.L(J,T)*CVDESTG(J,T));
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 16
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
SET DEFINITONS

```

```

800 PARAMETER
801 CVSTN VARIABEL ANUAL SISTEMA TAMBOR NAVIO
802 CVSGN VARIABEL ANUAL SISTEMA GRANEL NAVIO;
803 CVSTN=SUM(J, CLSTBN(J));
804 CVSGN=SUM(J, CLSGRN(J));
805
806
807 *****
808 *INDICADORES DE CUSTOS UNITARIOS (NAO INCLUI O CUSTO PRODUCAO
(US$830))
809 *****
810 PARAMETERS
811 CVBRATA CUSTO UNIT VAR BRASIL TAMBOR INCLUSIVE FINANCEIRO
812 CVBRAGA CUSTO UNIT VAR BRASIL GRANEL INCLUSIVE FINANCEIRO;
813 CVBRATA$(QTAMBOR.L NE 0)= CVBRAT+(TVIAT.L+CFINART.L)/QTAMBOR.L;
814 CVBRAGA$(QGRANEL.L NE 0)= CVBRAG+(TVIAG.L+CFINARG.L)/QGRANEL.L;
815
816 PARAMETERS
817 CVNAVTA(J) CUSTO UNITARIO VARIABEL NO NAVIO TAMBOR INCLUSIVE
FINANCEIRO
818 CVNAVGA(J,T) CUSTO UNITARIO VARIABEL NO NAVIO GRANEL INCLUSIVE
FINANCEIRO;
819 CVNAVTA(J)=CVMART(J)+R*(CP+CEMBT)*(TSMT(J)/30);
820 CVNAVGA(J,T)=CVDESTG(J,T)+R*(CP+CEMBG)*(TSMG(J,T)/30);

```


821
 822 *****CUSTO UNITARIO FINAL NO DESTINO
 823 *****INCLUI O CUSTO FINANCEIRO EM ARMAZEM E NO TRANSPORTE
 RODOVIARIO
 824 PARAMETERS
 825 CUT(J) CUSTO FINAL AJUSTADO QUANDO EM NAVIO TAMBOR FRETADO ATE O
 PORTO J
 826 CUG(J,T) CUSTO FINAL AJUSTADO QUANDO EM NAVIO GRANEL TAMANHO T ATE
 O PORTO J;
 827 CUT(J)\$ (QTAMB.L(J) NE 0)=(CFIXOT.L/QTAMBOR.L)+CVBRATA+CVNAVTA(J);
 828 CUG(J,T)\$ (QGRAN.L(J,T) NE
 0)=(CFIXOG.L/QGRANEL.L)+CVBRAGA+CVNAVGA(J,T);
 829
 830 PARAMETERS
 831 CUFTB CUSTO UNITARIO FIXO TAMBOR BRASIL
 832 CUFGB CUSTO UNITARIO FIXO GRANEL BRASIL
 833 CUFGN CUSTO UNITARIO FIXO GRANEL NAVIOS
 834 CVFTA CUSTO FINANCEIRO UNIT ARMAZEM TAMBOR AJUSTADO
 835 CVFGA CUSTO FINANCEIRO UNIT ARMAZEM GRANEL AJUSTADO
 836 CUFVT CUSTO UNIT FINANCEIRO EM VIAGEM TAMBOR AJUSTADO
 837 CUFVG CUSTO UNIT FINANCEIRO EM VIAGEM GRANEL AJUSTADO
 838 CVNT(J) CUSTO VARIAVEL TAMBOR NAVIO AJUSTADO AO DESTINO J
 839 CVNG(J,T) CUSTO VARIAVEL GRANEL NAVIO TAM T AJUSTADO AO DESTINO J;
 840 CUFTB\$ (QTAMBOR.L NE 0)=CFSBT/QTAMBOR.L;
 841 CUFGB\$ (QGRANEL.L NE 0)=CFSBG/QGRANEL.L;
 842 CUFGN\$ (QGRANEL.L NE 0)=CFNAVG/QGRANEL.L;
 843 CVFTA\$ (QTAMBOR.L NE 0)=CFINART.L/QTAMBOR.L;
 844 CVFGA\$ (QGRANEL.L NE 0)=CFINARG.L/QGRANEL.L;
 845 CUFVT\$ (QTAMBOR.L NE 0)=(TVIAT.L+TVIMT.L)/QTAMBOR.L;
 846 CUFVG\$ (QGRANEL.L NE 0)=(TVIAG.L+TVIMG.L)/QGRANEL.L;
 847 CVNT(J)\$ (QTAMB.L(J) NE 0)=CUT(J)-CUFTB-CVBRATA;
 848 CVNG(J,T)\$ (QGRAN.L(J,T) NE 0)=CUG(J,T)-CUFGB-CUFGN-CVBRAGA;
 849 *****
 850 DISPLAY TCRG, TCRT, TCMG;
 851 DISPLAY CAPLARG, CAPLART, CAPLAMG;
 852 DISPLAY GAMA.L;
 853 DISPLAY STOKT12.L, STOKG12.L;
 854 DISPLAY QTAMBOR.L, QGRANEL.L;
 855 DISPLAY NVGRAN;
 856 DISPLAY CTOTOT.L;
 857 DISPLAY CFIXOT.L, CFIXOG.L;
 858 DISPLAY CTCT.L, CTCG.L;
 GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 17
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 SET DEFINITONS

859 DISPLAY CMART.L, CMARG.L;
 860 DISPLAY TVIAT.L, TVIMT.L, TVIAG.L, TVIMG.L;
 861 DISPLAY CTOTMART.L, CTOTMARG.L;
 862 DISPLAY NVEIT, NVEIG;
 863 DISPLAY FRG, FRT, FMG;
 864 DISPLAY CUFTB, CUFGB;
 865 DISPLAY CUFGN;
 866 DISPLAY CVDESTG;
 867 DISPLAY CVBRAT, CVBRAG;
 868 DISPLAY CVMART, CVMARG;
 869 DISPLAY CVBT.L, CVBG.L;
 870 DISPLAY CUFVT, CUFVG;
 871 DISPLAY CVBRATA, CVBRAGA;
 872 DISPLAY CVNT, CVNG;
 873 DISPLAY CVAST, CVASG;
 874 DISPLAY CVFTA, CVFGA;
 875 DISPLAY CVNAVTA, CVNAVGA;
 876 DISPLAY CLSTBN, CLSGRN;

```
877 DISPLAY CLST, CLSG;  
878 DISPLAY QGRAN.L, QTAMB.L;  
879 DISPLAY CUT, CUG;  
880 DISPLAY YRTAMBOR.L, YRGRANEL.L, YMARG.L;  
881 DISPLAY AJCTOTOT;  
882 DISPLAY INVAAAN;  
883 DISPLAY CFSBT;  
884 DISPLAY CFSBG;  
885 DISPLAY CFNAVG;  
886 DISPLAY VANUAL;  
887 DISPLAY CLSTVB;  
888 DISPLAY CVSTN;  
889 DISPLAY CLSGVB;  
890 DISPLAY CVSGN;  
891 DISPLAY CFINART.L;  
892 DISPLAY CFINARG.L;
```

ANEXO B

CÁLCULOS DOS CUSTOS FIXOS ANUAIS

ALTERNATIVAS PARA AS INSTALAÇÕES EM SOLO BRASILEIRO
E PARA OS NAVIOS (GRANELEIROS)

MÉTODO DO CUSTO ANUAL UNIFORME

CUSTO ANUAL PARA AS ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTO

Cálculos do custo anual, considerando um horizonte de 25 anos a juros de 12% a.a. com o valor residual desprezível e cálculos do custo por tonelada estática de capacidade das instalações e do navio graneleiro (tabelas B1, B2 e B3):

(a) Sistema Tambores

TABELA B.1 - Custos e capacidades dos armazéns da fábrica e plataformas rodoviárias

Tamanho (L)	investimento valor atual (US\$) do conjunto	custo anual n=25, i=12 (US\$)	Capacidade dos armazéns (toneladas)	custo de Implantação por tonelada estática (US\$/t)
	BRTAMB(L)	CFARMT(L)	CAPARMT(L)	CIPTEG(L)
MPQ	13000000	1657500	20000	650,00
PEQ	19000000	2422499	30000	633,33
MED	28000000	3569999	45000	622,22
GDE	33000000	4207499	55000	600,00

(b) Sistema granel

TABELA B.1 - Custos (US\$) e capacidades (t) dos *tank-farm* (fábrica e porto) e plataformas rodoviárias e marítimas

tamanho (L) ou (T)	investimento valor atual do conjunto	custo anual n=25, i=12 fixo até porto	valor atual do navio granel	custo anual n=25, i=12 fixo navios	Capacidade tank-farm granel	custo de Im plantação por ton estát
	BRGRAN(L)	CFARMG(L)	PNGRAN(T)	CFMARG(T)	CAPARMG(L)	CIPTEG(L)
mpq	21000000	2677499			35000	600,00
peq/NPEQ	29000000	3697499	28000000	3569999	55000	527,27
med/NMED	36000000	4589999	34000000	4334999	70000	514,29
gde/NGDE	66000000	8414998	50000000	6374998	130000	507,69

TABELA B.3 - Investimento em navio: valor atual e rateio por tonelada estática (US\$/t)

TAMANHO DO NAVIO	valor atual um navio granel (US\$)	LOTAÇÃO NAVIO GRANEL (t)	US\$/t estática NAVIO GRANEL
(T)	PNGRAN(T)	VMG(T)	CINPTEG(T)
NPEQ	28000000	8000	3500
NMED	34000000	10000	3400
NGDE	50000000	16000	3125

OBSERVAÇÕES:

1. Os tamanhos das instalações e navios foram estabelecidos com base nas dimensões de empresas existentes no Estado de São Paulo. Devido à recusa das direções superiores das empresas, os investimentos e outros custos foram estimados a partir de conversas informais com profissionais, pertencentes a empresas do setor, que solicitaram o anonimato.
2. O transporte marítimo em tambores, no anos 1993, 1994 e 1995, de Santos para os E.U.A, fretado viagem por viagem, foi em média de 192,31 US\$/t.
3. Um container, que leva 70 tambores de 260 kg, comporta 18,2 t de suco. O frete deste para os E.U.A. foi de US\$ 3.500 em média.
4. Cada tambor tem 16 kg de tara, o que significa 61,54 kg/t em tara.
5. As informações de custo foram ajustadas à estrutura de custos definida neste trabalho.

ANEXO C
RESULTADOS DO
PROGRAMA EM LINGUAGEM GAMS
OFERECIDOS PELO SOLUCIONADOR GAMS/ZOOM

EMPRESA ACITRUS COM RESTRIÇÕES DE DEMANDA MÍNIMA
POR DESTINO E POR TIPO DE SUCO

SOLVE SUMMARY

MODEL TESEKLEB OBJECTIVE CTOTOT
 TYPE MIP DIRECTION MINIMIZE
 SOLVER ZOOM FROM LINE 716

**** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION
 **** MODEL STATUS 1 OPTIMAL
 **** OBJECTIVE VALUE 19502763.6069

RESOURCE USAGE, LIMIT 10.930 1000.000
 ITERATION COUNT, LIMIT 1056 1000

Z O O M / X M P --- 386 Version 2.2 Nov 1990

XMP Optimization Software Inc.

Work space allocated -- 0.09 Mb

The branch and bound tree contained 16 nodes (max. 454 nodes).

	Iterations	Time
Initial LP	103	0.88
Heuristic	815	8.40
Branch and bound	36	0.50
Final LP	102	0.93

```

**** REPORT SUMMARY:      0  NONOPT
                          0  INFEASIBLE
                          0  UNBOUNDED

```

GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 66
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
Execution

---- 850 PARAMETER TCRG = 0.867 TEMPO DE CICLO DA
VIAGEM GRANEL
RODOVIARIA DIAS
PARAMETER TCRT = 0.948 TEMPO DE CICLO DA
VIAGEM TAMBOR
RODOVIARIA DIAS

---- 850 PARAMETER TCMG TEMPO DE CICLO UMA VIAG MAR AO DEST J
 GRANEL DIAS

	NPEQ	NMED	NGDE
EUA	17.656	18.741	21.662
CEE	19.797	20.965	24.086
JAP	32.076	33.725	37.993
AUS	27.427	28.855	32.595

----	851	PARAMETER	CAPLARG	=	273750.000	CAPACIDADE	PLATAF
						GRANEL	365 DIAS
						OPERACAO	TON
		PARAMETER	CAPLART	=	219000.000	CAPACIDADE	PLATAF
						TAMBOR	365 DIAS
						OPERACAO	TON
		PARAMETER	CAPLAMG	=	2737500.000	CAP	PLAT MARITIMA NO
						PORTO BRASIL	365
						DIAS	GRANEL

---- 852 VARIABLE GAMA.L PARTICIP DO SIST GRANEL NO UNIVERSO DA
DISTRIBUICAO

EUA 0.667, CEE 1.000, JAP 0.467

```

---- 853 VARIABLE STOKT12.L          = 7280.000 POSICAO DE ESTOQUE
      VARIABLE STOKG12.L              = 35000.000 POSICAO DE ESTOQUE

```

```

---- 854 VARIABLE QTAMBOR.L      = 13000.000 QUANTIDADE ANUAL A
      PROCESSAR EM TAMBOR
      VARIABLE QGRANEL.L        = 50000.000 QUANTIDADE ANUAL A
      PROCESSAR EM GRANEL

```

---- 855 PARAMETER NVGRAN NUMERO DE VIAGENS AO DESTINO J NAVIO
GRANEL TAMANHO T

NPEQ

EUA 1.250
CEE 4.125
JAP 0.875

---- 856 VARIABLE CTOTOT.L = 1.950276E+7 CUSTO TOTAL A
MINIMIZAR

GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 67
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
Execution

---- 857 VARIABLE CFIXOT.L = 1657500.000 CUSTO FIXO TAMBOR
VARIABLE CFIXOG.L = 6247498.000 CUSTO FIXO GRANEL

---- 858 VARIABLE CTCT.L = 505754.070 CUSTO FINANCEIRO
ESTOQUE TAMBOR EQ
VARIABLE CTCG.L (6) DO TEXTO
= 1817371.896 CUSTO FINANCEIRO
ESTOQUE GRANEL EQ
(6) DO TEXTO

---- 859 VARIABLE CMART.L = 2011000.000 CUSTO ANUAL MAR
TAMBOR ANTES DO
AJUSTE FINAL
VARIABLE CMARG.L = 3508024.386 CUSTO ANUAL MAR
GRANEL ANTES DO
AJUSTE FINAL

---- 860 VARIABLE TVIAT.L = 1893.934 CUSTO FINANCEIRO EM
VIAGEM TAMBOR
RODOVIARIA
VARIABLE TVIMT.L = 59201.896 CUSTO FINANCEIRO EM
VIAGEM TAMBOR
MARITIMA
VARIABLE TVIAG.L = 6040.556 CUSTO FINANCEIRO EM
VIAGEM GRANEL
RODOVIARIA
VARIABLE TVIMG.L = 138881.341 CUSTO FINANCEIRO EM
VIAGEM GRANEL
MARITIMA

---- 861 VARIABLE CTOTMART.L CUSTO ANUAL MAR AO DESTINO J TAMBOR
EUA 475000.000, JAP 1536000.000

---- 861 VARIABLE CTOTMARG.L CUSTO ANUAL MAR AO DESTINO J GRANEL
EUA 571270.473, CEE 2153494.887, JAP 783259.026

---- 862 PARAMETER NVEIT = 1.955 NUMERO DE VEICULOS

PARAMETER NVEIG ROD TAMBOR
 = 4.712 NUMERO DE VEICULOS
 ROD GRANEL

---- 863 PARAMETER FRG = 306.048 CUSTO DE UMA VIAGEM
 GRANEL RODOV
 COMPLETA DOLAR
 = 201.239 CUSTO DE UMA VIAGEM
 TAMBOR RODOV
 COMPLETA DOLAR

GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 68
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 Execution

---- 863 PARAMETER FMG CUSTO UMA VIAGEM MAR DE IDA VOLTA DEST J
 GRANEL US\$

 NPEQ NMED NGDE

EUA 457016.379 471855.886 568286.310
 CEE 522059.367 538016.441 646696.024
 JAP 895153.172 917520.738 1096462.857
 AUS 731411.954 751630.383 898548.333

---- 864 PARAMETER CUFTB = 127.500 CUSTO UNITARIO FIXO
 TAMBOR BRASIL
 = 53.550 CUSTO UNITARIO FIXO
 GRANEL BRASIL

---- 865 PARAMETER CUFGN = 71.400 CUSTO UNITARIO FIXO
 GRANEL NAVIOS

---- 866 PARAMETER CVDESTG CUSTO UNIT VARIABEL AO DESTINO J NO
 NAVIO

 GR TAMANHO T

 NPEQ NMED NGDE

EUA 57.127 47.186 35.518
 CEE 65.257 53.802 40.419
 JAP 111.894 91.752 68.529
 AUS 91.426 75.163 56.159

---- 867 PARAMETER CVBRAT = 187.185 CUSTO VARIABEL EM
 TERRA POR TONELADA
 TAMBOR DOLAR
 = 26.444 CUSTO VARIABEL EM
 TERRA POR TONELADA
 GRANEL DOLAR

---- 868 PARAMETER CVMART FRETE POR TONELADA DO SUCO EM
 TAMBORES

AO

DEST J DOLAR

EUA 95.000, CEE 109.400, JAP 192.000, AUS 154.000

---- 868 PARAMETER CVMARG CUSTO VAR MARITIMO POR TON GRANEL AO
DEST

J NAV T DOLAR

	NPEQ	NMED	NGDE
EUA	57.127	47.186	35.518
CEE	65.257	53.802	40.419
JAP	111.894	91.752	68.529
AUS	91.426	75.163	56.159

---- 869 VARIABLE CVBT.L = 2433404.432 CUSTO VARIABEL
BRASIL TAMBOR
VARIABLE CVBG.L = 1322210.823 CUSTO VARIABEL
BRASIL GRANEL
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 69
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
Execution

---- 870 PARAMETER CUFVT = 4.700 CUSTO UNIT
FINANCEIRO EM VIAGEM
TAMBOR AJUSTADO
PARAMETER CUFVG = 2.898 CUSTO UNIT
FINANCEIRO EM VIAGEM
GRANEL AJUSTADO

---- 871 PARAMETER CVBRATA = 221.535 CUSTO UNIT VAR
BRASIL TAMBOR
INCLUSIVE FINANCEIRO
PARAMETER CVBRAGA = 60.014 CUSTO UNIT VAR
BRASIL GRANEL
INCLUSIVE FINANCEIRO

---- 872 PARAMETER CVNT CUSTO VARIABEL TAMBOR NAVIO AJUSTADO AO
DESTINO J

EUA 98.105, JAP 197.460

---- 872 PARAMETER CVNG CUSTO VARIABEL GRANEL NAVIO TAM T
AJUSTADO
AO DESTINO J

	NPEQ
EUA	59.419
CEE	67.852
JAP	116.226

---- 873 PARAMETER CVAST = 4950158.502 CUSTO VARIAVEL ANUAL
NO SIST TAMBOR
AJUSTADO
PARAMETER CVASG = 6647607.105 CUSTO VARIAVEL ANUAL
NO SIST GRANEL
AJUSTADO

---- 874 PARAMETER CVFTA = 34.204 CUSTO FINANCEIRO
UNIT ARMAZEM TAMBOR
AJUSTADO
PARAMETER CVFGA = 33.449 CUSTO FINANCEIRO
UNIT ARMAZEM GRANEL
AJUSTADO

---- 875 PARAMETER CVNAVTA CUSTO UNITARIO VARIAVEL NO NAVIO
TAMBOR
INCLUSIVE FINANCEIRO

EUA 98.105, CEE 112.786, JAP 197.460, AUS 158.506
GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 70
TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
Execution

---- 875 PARAMETER CVNAVGA CUSTO UNITARIO VARIAVEL NO NAVIO
GRANEL
INCLUSIVE FINANCEIRO

	NPEQ	NMED	NGDE
EUA	59.419	49.647	38.343
CEE	67.852	56.580	43.582
JAP	116.226	96.350	73.636
AUS	94.959	78.924	60.373

---- 876 PARAMETER CLSTBN VARIAVEL POR DEST DO CUSTO LOGIST ANUAL
DO
SIST TAMBOR NAVIO AJUST

EUA 490525.153, JAP 1579676.743

---- 876 PARAMETER CLSGRN VARIAVEL POR DEST DO CUSTO LOGIST ANUAL
DO
SIST GRANEL NAVIO AJUST

EUA 594193.722, CEE 2239131.882, JAP 813580.123

---- 877 PARAMETER CLST = 6607658.502 CUSTO LOGISTICO
ANUAL DO SISTEMA
TAMBOR AJUSTADO
PARAMETER CLSG = 1.289511E+7 CUSTO LOGISTICO
ANUAL DO SISTEMA
GRANEL AJUSTADO

---- 878 VARIABLE QGRAN.L QUANTIDADE DE SUCO EM GRANEL PARA
DESTINAR

A J TON PELO NAVIO T

NPEQ

EUA 10000.000
CEE 33000.000
JAP 7000.000

---- 878 VARIABLE QTAMB.L QUANTIDADE DE SUCO EM TAMBOR PARA
DESTINAR

A J TON

EUA 5000.000, JAP 8000.000

---- 879 PARAMETER CUT CUSTO FINAL AJUSTADO QUANDO EM NAVIO
TAMBOR FRETADO ATE O PORTO J

EUA 447.140, JAP 546.495

GAMS 2.25 386/486 DOS

96/07/24 18:55:11 PAGE 71

TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)

Execution

---- 879 PARAMETER CUG CUSTO FINAL AJUSTADO QUANDO EM NAVIO
GRANEL TAMANHO T ATE O PORTO J

NPEQ

EUA 244.383
CEE 252.816
JAP 301.190

---- 880 VARIABLE YRTAMBOR.L BINARIA ZERO OU UM ESTRUTURA ARM
TAMBOR

MPQ 1.000

---- 880 VARIABLE YRGRANEL.L BINARIA ZERO OU UM ESTRUTURA ARM
GRANEL

MPQ 1.000

---- 880 VARIABLE YMARG.L PARA O NAVIO GRANEL

NPEQ 1.000

---- 881 PARAMETER AJCTOTOT = 1.950276E+7 CUSTO LOGISTICO
ANUAL TOTAL AJUSTADO

---- 882 PARAMETER INVAAN = 7904998.000 INVENSTIMENTO ANUAL
 A REALIZAR EM
 ARMAZENS E NAVIOS

---- 883 PARAMETER CFSBT = 1657500.000 CUSTO FIXO ANUAL EM
 SOLO BR TAMBOR

---- 884 PARAMETER CFSBG = 2677499.000 CUSTO FIXO ANUAL EM
 SOLO BR GRANEL

---- 885 PARAMETER CFNAVG = 3569999.000 CUSTO FIXO ANUAL EM
 NAVIOS GRANEL

---- 886 PARAMETER VANUAL = 1.159777E+7 CUSTO VARIAVEL ANUAL
 TOTAL AJUSTADO

---- 887 PARAMETER CLSTVB = 2435298.367 CUSTO VARIAVEL ANUAL
 DO SIST TAMBOR
 BRASIL EXCETO FINANC
 ARMAZEM

---- 888 PARAMETER CVSTN = 2070201.896 VARIAVEL ANUAL
 SISTEMA TAMBOR NAVIO
 GAMS 2.25 386/486 DOS 96/07/24 18:55:11 PAGE 72
 TESE KLEBER C. RIBEIRO PINTO (tese, SEQ=11)
 Execution

---- 889 PARAMETER CLSGVB = 1328251.378 CUSTO VARIAVEL ANUAL
 DO SIST GRANEL
 BRASIL EXCETO FINANC
 TANK FARM

---- 890 PARAMETER CVSGN = 3646905.726 VARIAVEL ANUAL
 SISTEMA GRANEL NAVIO

---- 891 VARIABLE CFINART.L = 444658.240 CUSTO FINANCEIRO EM
 ARMAZEM TAMBOR
 FABRICA

---- 892 VARIABLE CFINARG.L = 1672450.000 CUSTO FINANCEIRO EM
 TANK-FARM GRANEL
 FABRICA

EXECUTION TIME = 1.320 SECONDS VERID MW2-00-035

**** FILE SUMMARY

INPUT C:\GAMSVACITRU.GMS
OUTPUT C:\GAMSVACITRU.LST

STEP SUMMARY: 0.328 STARTUP
0.000 COMPILATION
1.320 EXECUTION
0.000 CLOSEDOWN
1.648 TOTAL SECONDS

ANEXO D

PARTICIPAÇÃO DOS COMPONENTES DO CUSTO UNITÁRIO DE
DISTRIBUIÇÃO DA EMPRESA BCITRUS PARA O DESTINO C.E.E.

CUSTO UNITÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO - DETALHAMENTO PARA EMPRESA BCITRUS E DESTINO C.E.E.

As tabelas D.1 e D.2 e as figuras D.1 e D.2 apresentam a participação de cada componente do custo unitário total antes de considerar o custo de barreiras tarifárias.

TABELA D.1 - Participação de cada componente do custo unitário total
BCITRUS para a CEE - Tambor

Ítems	US\$/ton	Índice de participação	observações
FixArmBr	48,75	13%	Fixo em solo brasileiro
Embgem	130,8	34%	Embalagem
VarBr	56,53	15%	Variáveis em solo brasileiro
VarNav	112,78	29%	Variáveis em navegação
FinArmBr	34,21	9%	Financeiro armazém da fábrica
C.unit Total	383,07	100%

FIGURA D.1 -Participação de cada componente do custo unitário total
Suco em tambores para a C.E.E.

TABELA D.2 - Participação de cada componente do custo unitário total BCITRUS para a CEE - Navio Granel Pequeno

Ítems	US\$/ton	Índice de Participação	Observações
FixArmBr	38,02	19%	Fixo em solo brasileiro
FixoNav	36,22	18%	Investimentos em navios
VarBr	35,78	18%	Variáveis em solo brasileiro
VarNav	58,67	30%	Variáveis em navegação
FinArmBr	29,55	15%	Financeiro no armazém da fábrica
C.Unitário	198,24	100%

FIGURA D.2 -Participação de cada componente do custo unitário total Suco a granel da empresa BCITRUS para o destino C.E.E.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKOFF, R.; SASIENI, M. W., 1979. *Pesquisa Operacional*. Livros Técnicos e Científicos Editora, S. Paulo. ✱
- ANDERSON, Carl R., 1984. *Management: Skills, Functions, and Organizations Performance*. Wm.C.Brown Publishers, Dubuque, Iowa, E. U.A.
- ARRUDA, Silvia Toledo, 1994. Evolução dos Custos de Produção para a Cultura da Laranja no Estado de São Paulo: 1986/87-1993/94. *Laranja - Revista Técnico Científica de Citricultura*. Instituto Agrônômico - Estação Experimental Sylvio Moreira - Cordeirópolis - S.P., v.15, pp 95-115.
- ASHAYERI, J. et al. (1994). Application of mixed integer programming ✱ to a large-scale logistics problem. *International Journal of Production Economics*, v. 36, pp 133-152.
- ATKINS, Derek R., 1991. The inventory joint replenishment problem with a general class of joint costs. *European Journal of Operational Research*, v.51, pp 310-312.
- BALAS, E ; MARTIN, C. H., 1980 . Pivot and Complement - A heuristic for 0-1 programming. *Management Science*, v.26, pp 86-96, january.
- BALINSKI, M.L., 1961. Fixed Cost Transportation Problems. *Naval Res. Logist. Quart*, v.15, pp 41-54.
- BALLOU, Ronald H., 1987. *Basic Business Logistics*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. - EUA.
- BARCELÓ, J ; CASANOVAS, J., 1984. A Heuristic lagrangean algorithm for the capacitated plant location problem. *European Journal of Operational Research*, v.15, pp 212-226.
- BARR, R., F. G.; KLINGMAN D., 1981 . A New Optimization Method for Fixed Charge Transportation Problems. *Operations Research*, v.29, pp 448-463.

- BENDERS, J. F., 1962 Partitioning Procedures for Solving Mixed - Variables Programming Problems. *Numerische Mathematik*, v.4, pp 239-252.
- BISSCHOP, J.; MEERAUS A., 1982. On the development of a General Algebraic Modeling System in a strategic planning environment. *Mathematical Programming Study*, v.20, pp 1-29. GAMS
- BLUMENFELD, E. D. et al, 1985. Analyzing Trade-offs Between Transportation, Inventory and Production Costs on Freight Networks. *Transportation Research B*, v.19 n° 5 pp 361-380.
- BLUMENFELD., 1985 ^{et al} Distribution Strategies the Minimize Transportation and Inventory Costs. *Operations Research*, v. 33, n°3, may-june, pp 469-490, june. enada
- BNDES, Complexo Citrícola Brasileiro, 1993. *Relato Setorial*. Responsáveis: Arciley Alves Pinheiro e José Alberto Chahon, BNDES/UNICAMP.
- BORNSTEIN, Claudio Thomas, 1990. Warehouse Location in a Developing Country: Problems in Formulating the Problem. *European Journal of Operational Research*, v.49, North-Holland.
- BROOKE, A. et al, 1992. *GAMS: A User's Guide*, Release 2.25. The Scientific Press.
- BUFFA, Elwood S., 1979 *Administração da Produção*. LTC Editora SA., Rio de Janeiro.
- BURNS, L. D; HALL, R. W.; BLUMENFELD D. E.; DAGANZO, F., 1985 Distribution Strategies that Minimize Transportation and Inventory Costs. *Operations Research*, v.33 n° 3, pp.469-490, may-june.
- CABOT, A. V.; ERENGUC S. S., 1986. Improved Penalties for fixed Cost Linear Programs Using Lagrangean Relaxation. *Management Science*, v.32, n°7, pp.856-869, july.
- CACEX - Ministério da Fazenda, 1984 - Secretaria da Receita Federal - Banco do Brasil - Carteira de Comercio Exterior. *Comércio Exterior - Exportações*.

- CACEX - Ministério da Fazenda, 1985 - Secretaria da Receita Federal - Banco do Brasil - Carteira de Comercio Exterior. *Comércio Exterior - Exportações*.
- CACEX - Ministério da Fazenda, 1986- Secretaria da Receita Federal - Banco do Brasil - Carteira de Comercio Exterior. *Comércio Exterior - Exportações*.
- CAIXETA FILHO, José Vicente, 1993. *Estrutura de Modelagem para Programação de Colheita de Laranja*. Tese de Doutorado. Poli/USP. S.Paulo.
- COOPER, L.; C. DREBES, 1967. An Approximate Solution Method for the Fixed Charge Problem. *Naval Res. Logist. Quart*, v.14, pp.101-113.
- COUTINHO, Luciano G. et al, 1993. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira - Competitividade da indústria de sucos de frutas*. Campinas.(Ministério da Ciência e Tecnologia/I.E.I.-UFRJ/UNICAMP - Nota Técnica Setorial do Complexo Agroindustrial).
- COUTINHO, L.; FERRAZ J. C.,1994 *Estudo da Competitividade da indústria brasileira*. 2ª ed Papirus: Ed UNICAMP, Campinas.
- DAGANZO, Carlos et al., 1985 Fundamental Research on Logistic Systems: *Transpn. Res. A*.Workshop Report, v.19-A, n°5/6, pp 381-382.
- DAGANZO, C. F.; NEWELL G. F., 1993 Handling Operations and The Lot Size Trade-off. *Transpn. Res*, v.27-B. n°3, pp 167-183.
- DAGANZO, C. F.; NEWELL G. F., 1985. Physical Distribution From a Warehouse: Vehicle coverage and inventory levels. *Transpn.Res*, v.19-B, n°5 pp 397-407.
- DANTZIG, G.B.,1963. *Linear Programminhg and Extensions*. Princeton * University Press, New Jersey.
- DASKIN, Mark S. Logistics, 1985: An Overview of the State of The Art * and Perspecives on Future Research. *Transpn. Res. A*, v.19-A N°5/6, pp 383-389.

- DEJAX, P. J.; CRAINIC T. G. , 1987. A Review of Empty Flows and Fleet Management Models in Freight Transportation. *Transportation Science*, v.21, nº4, pp 227-243, november.
- DI GIORGI, Fábio, 1991. Exaustão do Modelo de Remuneração na Citricultura. *Laranja - Revista Técnico Científica de Citricultura*. Instituto Agrônomo - Estação Experimental Sylvio Moreira - Cordeirópolis - S.P., v.12, pp 95-115.
- DRIEBEEK, N.J., 1966. An Algorithm for the Solution of Mixed Integer * Programming Problems. *Management Science*, v. 12, pp 576-587.
- DTIC , 1995- Departamento Técnico de Intercâmbio Comercial -. *Sistema Alice - Exportações*. Relatório - Secretaria do Comercio Exterior - Ministério da Indústria e Comércio, Rio de Janeiro, janeiro.
- FAIRBANKS, Marcelo, 1992. Laranja pesquisa nova rota de concentração. *Química e derivados*, pp. 8-14, jan/fev.
- FEDERGRUEN, A.; ZIPKIN P., 1984. A Combined Vehicle Routing and * Inventory Allocation Problem. *Operations Research*, v.32, nº5, september-october, pp. 1019-1037.
- FIGUEIREDO, J. O., 1991. Variedades Comerciais. In RODRIGUEZ, O. VIEGAS, F. POMPEU JR, J: AMARO, A. A. *Citricultura Brasileira*, 2a ed. Campinas - Fundação Cargill, pp. 228-64.
- FLEISCHMANN, Bernhard, 1993. Designing distribution systems with * transport economies of scale. *European Journal of Operational Research* 70, pp 31-42.
- F.A.O., 1989 - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. - *Zumos cítricos: Tendencias y perspectivas de la producción mundial y del mercado internacional*. Relatório anual Roma, Itália.
- F.A.O., 1993 - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. - *Report of The Tenth Session of The Intergovernmental Group on Citrus Fruit*. Albufeira, Portugal, 11-15 October.

FURTADO, Rogério, 1994. Receita para o suco. *Globo Rural* - Caderno de Economia, ano 9 n°106. Editora Globo, Rio de Janeiro, agosto.

GARCIA, Ademerval, 1991. Barreiras Comerciais a Exportação do Suco Cítrico. *Laranja*, v.12, fascículo 1, Cordeirópolis-sp, pp 01-20.

GARCIA, Ademerval, 1993. Nova Análise da Citricultura Brasileira nos Anos Noventa. *Laranja*, v.14, n°1, Cordeirópolis-SP, pp.01-30.

Gazeta Mercantil, 1995. O suco despenca. 13.12.95.

↘ GEOFFRION, M. A ; GRAVES, G.W., 1974. Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition. *Management Science*. v.20, n°5, January, pp. 822-844.

GOSWAMI, A.; CHAUDHURI, K., 1991. E.O.Q. model for an inventory with a linear trend in demand and finite rate of replenishment considering shortages. *Int. J. Systems Sci*. v. 22, n°1, pp.181-187.

GOMORY, R.E., 1960. *An Algorithm for the Mixed Integer Problem*. * RAND Corp. Santa Mônica, California.

GRAY, P., 1971. Exact Solution of the Fixed Charge Transportation Problem. *Operations Research*, v.19, pp. 1529-1538.

GUELZO, Carl M., 1986. *Introduction to Logistics Management*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J..

HALL, Randolph W., 1985 Research Opportunities in Logistics. *Transpn. Res. A*. v.19.A, n°5/6, pp. 399-402.

HALPERN, D; ZUR, A., 1988. *A Total Soluble Solids in Citrus Varieties Harvested at Various Stages of Ripening*. In Sixth International Citrus Congress, Tel Aviv, March 6-11, 1988. Proceedings. Balaban Publishers, pp. 1777-1793.

HENDRICKSON, Chris, 1985. Logistics and Transportation Research. *Transpn.Res B*. v.19-B. N°5, pp. 359-360.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G.J., 1990. *Introduction to Operations Research*. 3ª Ed., McGraw-Hill Publishing Company, New York.

- HIRAKI, Shusaku et al, 1990. Trade-off Analysis of Buffer Stock Versus Emergency Delivery in the Knockdown Production Systems. *Engineering Costs and Production Economics*, v.20, pp. 129-138.
- HIRSCH, W.; DANTZIG, G. B. , 1968. The Fixed Charge Problem. *Naval Res. Logist. Quart.* v.15, pp. 413-424.
- HÜNE, Leda Miranda, 1992. *Metodologia Científica: Caderno de textos e técnicas*. 5ª edição. Agir, Rio de Janeiro, R.J.
- IBGE - Anuário Estatístico do Brasil, 1988- *Exportações de Suco de Laranja - FOB*.
- _____ - Anuário Estatístico do Brasil, 1989 - *Exportações de Suco de Laranja - FOB*.
- _____ - Anuário Estatístico do Brasil, 1990 - *Exportações de Suco de Laranja - FOB*.
- _____ - Anuário Estatístico do Brasil, 1991 - *Exportações de Suco de Laranja - FOB*.
- _____ - Anuário Estatístico do Brasil, 1992 - *Exportações de Suco de Laranja - FOB*.
- KENNINGTON, J.; UNGER, E., 1976. A New Branch-and-Bound Algorithm for the Fixed Charge Transportation Problem. *Management Science*. v.22, pp. 1116-1126.
- KOLB, François, 1975. *La Logística: Aprovisionamiento, Producción y Distribución*. Ediciones Deusto S.A. Bilbao.
- KUHN, J.; BAUMOL, W., 1962. An Approximate Algorithm for the Fixed Charge Transportation Problem. *Naval Res. Logist. Quart.* v.9, pp. 1-15.
- KHUMAWALA, Baxheer M., 1972. An Efficient Branch and Bound Algorithm for the Warehouse Location Problem. *Management Science*. v.18, nº 12, pp.B718-B731, August.
- LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R., 1982. *Strategic Physical Distribution Management*. Richard D Irwin, Inc. Homewood, Illinois.
- LAND, A.H.; DOIG, A.G. , 1960. A automatic method for solving discrete programming problems. *Econometrica*. v.28, pp. 497-520.

- LARSON, Paul D., 1991. Inter-organizational quality and Logistics Costs. In: ASQC QUALITY CONGRESS TRANSACTIONS, Milwaukee, 1991. *Anais*. Milwaukee, Wi, USA, pp.488-492.
- LASDON, Leon S et al. 1995. The Evolution of Texaco's Blending Systems: From OMEGA to StarBlend. *Interfaces*. v.25, n°5, September-October, pp.64-83.
- LEE, Choog Y., 1991. An Optimal Algorithm for the Multiproduct Capacitated Facility Location Problem With a Choice of Facility Type. *Computers Ops. Res.* v.18, n°2, pp.167-182.
- LI, Lode, 1992. The Role of Inventory in Delivery-time Competition. *Management Science*. v.38, n°2, February, pp.182-197.
- LOTT, R.V., 1945. The terminology of fruit maturation and ripening. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. v.46, pp 166-73.
- MAIA. M. L.; AMARO, A. A., 1994. Estrutura do Mercado Cítrico no Brasil. *Laranja - Revista Técnico-científica*. Instituto Agrônômico - Estação Silvio Moreira - Cordeirópolis, n° 1, pp 55-68.
- MARCHI, R. J., 1993. *Determinação das curvas de maturação da laranja "pera" na região de Bebedouro*, SP. Jaboticabal, FCAV, 129 p. Dissertação de Mestrado.
- MARKLAND, R. E.; NEWETT, R. J. , 1976. Production-Distribution *
Planning in a Large Scale Commodity Processing Network -
Decision Sciences Special Section-Operations Management - ,
v.7, pp 579-593.
- MARSTEN, Roy E., 1981. The Design of the XMP Linear Programming *
Library . *ACM Transactions on Mathematical Software*. v.7, n° 4,
pp 481-497, December.
- MEHREZ, A.; HUNG, M.S.; AHN, B.H., 1995. An Industrial Ocean-Cargo Shipping Problem - *Decision Sciences*. v.26, n°3, pp.396-423.
- MENEZES, Wladson Bahia, 1993. *A Indústria da Laranja: Competitividade e tendências*. Fundação Centro de Projetos e

Estudos. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia do Estado da Bahia, Salvador.

MERCER, Alan, 1993. The Consequences for Manufacturers of Changes in Retail Distribution. *European Journal of Operational Research*, v.64, pp. 457-461.

MURARO, R.P., 1993. Break-even Cost Comparisons of Key Citrus - Producing Areas: Flórida, Brasil and Mexico. *Citrus Industry*, Tampa, v.74, nº3, pp. 15-21.

MURTY, K. G., 1968. Solving the Fixed Charge Transportation Problem by Extreme Point Ranking. *Operational Research*. v.16, pp 268-279.

NEVES E .M. et al, 1993. Análises comparativas de Custos de laranja para a Indústria: São Paulo (Brasil) e Flórida (EUA). *Laranja* v.14, nº1, pp31-43.

NEVES E.M. et al, 1994. Citricultura: Análise de investimento nas regiões novas. *Laranja - Revista Técnico Científica*. Instituto Agrônomo - Estação Silvio Moreira. Cordeirópolis, v.15, nº2, pp 01-12.

NEVES, E.M. et al, 1991. Perspectivas Econômicas da Citricultura Brasileira. *Laranja*, v.12, (1), pp 49-79.

NEVES, Marcos Fava, 1994. Limão: Produtos derivados e estratégias de mercado. *Rascunho*. UNESP/IGCE/Rio Claro-SP.

NEWELL, G. F., 1982. *Applications of Queueing Theory*. Chapman and Hall, New York, NY.

NOURIE, F. J.; GÜDER F, 1994. A restricted-entry method for a transportation problem with piecewise-linear concave cost. *Computers Ops Res*. Vol. 21 nº 7 pp 723-733.

NOVAES, Antônio G., 1976. *Economia e Tecnologia do Transporte Marítimo*. Almeida Neves Editores, Rio de Janeiro.

NOVAES, A. G.; ALVARENGA, C.A., 1994. *Logística Aplicada: Suprimento e Distribuição Física*. Biblioteca Pioneira de Administração. Livraria Pioneira Editora - S. Paulo.

- NOVAES, Antônio Galvão, 1989. *Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos*. Editora Edgard Blücher Ltda, S.Paulo.
- OLIVEIRA, José Alberto Nascimento de, 1982. *Engenharia Econômica. Uma abordagem às decisões de investimento*. McGraw-Hill, S. Paulo.
- O Estado de São Paulo, 1996. Suplemento agrícola, 14.02.96.
- PALEKAR, U. S.; KARWAN M. H.; ZIONTS S., 1990. A Branch-and-Bound Method for the Fixed Charge Transportation Problem. *Management Science*. Vol. 36, nº9, september, pp.1092-1105.
- PERL, Jossef; DASKIN, Mark S, 1985. A Warehouse Location - Routing Problem. *Transpn. Res. B*. v.19-B, nº5.
- PINHEIRO, A. A.; CHAHON, J. A., 1993. *Complexo Citrícola Brasileiro*. Rio de Janeiro. (Relato Setorial do Sistema BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).
- POOLEY, Jonh, 1994. Integrated Production and Distribution Facility Planning at Aut Foods. *Interfaces*, v.24, nº4, pp. 113-121, july-august.
- PORTER, Michael E., 1986. *Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. Campus, Rio de Janeiro.
- POSSAS, Mário Luiz. *Sobre o Conceito de Concorrência*. Campinas, UNICAMP - s/d. /mimeografado.
- PYKE, D. F.; COHEN, M. A., 1993. Performance Characteristics of stochastic Integrated Production - Distribution Systems. *European Journal of Operational Research*, v.68, pp. 23-48.
- QUINN, F.J. et al, 1988. A boxcar full savings. *Traffic Management*, v.27, pp 49-53.
- RIGBY, B.; LASDON, L.S.; WARREN, A.D., 1995. The Evolution of Texaco's Bleding System: From OMEGA to StarBlend. *Interfaces*, 25, v.5, pp.64-83.
- SIFFERT FILHO, Nelson Fontes, 1992. Citricultura e Indústria: Organizações e Mercados. *Rascunho*. v.22 UNESP/Araraquara - S.P. dezembro.

- SILVA, Orlando Monteiro, 1994. Choques e conseqüências no mercado internacional de suco de laranja. *Laranja - Revista Técnico-científica*. Instituto Agrônômico - Centro de Citricultura Silvio Moreira. Cordeirópolis, v. 15, n°2, pp 13-34.
- SILVA, Orlando Monteiro, 1993. O Acordo Norte-Americano de Livre Comércio e seu efeito no mercado internacional de suco de Laranja. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. v.31, n.04, pp.331-348, out/dez Brasília.
- STEINBERG, D. I., 1970. The Fixed Charge Problem. *Naval Res. Logist. Quart.* V. 17, pp 217-236.
- TONDO, Caio Marcelo, 1993. *Um modelo Matemático para a Localização Estratégica de Terminais de Containeres no Interior - Aplicação ao Estado de São Paulo*. Tese POLI/USP. S. Paulo.
- UDO, Godwin J., 1993. The Impacto of Telecommunications on Inventory Management. *Production an Inventory Management Journal* - Second Quarter, pp 32-37.
- VERCELLIS, Carlo, 1994. Constrained multi-project planning problems: A Lagrangean decomposition approach. *European Journal of Operational Research*, 78, pp 267-275.
- VIEGAS, F. A., 1991. Industrialização dos Produtos Cítricos, In Rodriguez, O. Viegas, F., Pompeu Jr, J; Amaro, A. A., *Citricultura Brasileira*, 2ª ed, Campinas, Fundação Cargill, pp 898-921.
- WAGNER, Harvey M., 1986. *Pesquisa Operacional*, Prentice Hall, Brasil.
- WALKER, W. E., 1976. An Adjacente Extreme Point Algorithm for the Fixed Charge Problem. *Management Science*, v.22, pp 587-596.
- WIDMER, João A., 1989. *Contribuição à Análise de Problemas de Filas e Estoques nos Transportes*. Tese de livre-docência. E.E.S.C./USP, São Carlos.
- WILSON, Robert. Integer Programming via Modular Representations. *Management Science*, v.10, n°5, pp. 289-294, January, 1970.

XU, HAIPING ; WANG, Hsu-pin, 1990. An Economic ordering policy model for deteriorating items with time proportional demand. *European Journal of Operational Research*, v.46, pp 21-27.

APÊNDICE 1

FORMULÁRIO PARA A OBTENÇÃO DOS DADOS

DADOS DA EMPRESA

(1) SOBRE O COMPORTAMENTO DA DEMANDA

Discrimine mensalmente na tabela A.1.1, a demanda (pedidos realizados em 1994 ou previsão de pedidos para 1995) do suco de exportação (em ton liberadas do porto de Santos) de cada um dos sistemas (granel ou tambores). Na tabela A.1.2 informe a distribuição da demanda por destino:

(a) Comportamento atual

TABELA A.1.1 - Previsão de pedidos

MES	SIST. GRANEL	SIST. TAMBORES
JANEIRO		
FEVEREIRO		
MARÇO		
ABRIL		
MAIO		
JUNHO		
JULHO		
AGOSTO		
SETEMBRO		
OUTUBRO		
NOVEMBRO		
DEZEMBRO		
TOTAL		

(b) distribuição percentual de suco por destino

TABELA A.1.2 - Distribuição percentual por destino

Suco	destino (1)	destino (2)	destino (3)	destino (4)	destino (5)
granel					
tambores					

(c) Previsões

Admitindo que exista para um futuro próximo (1996 - 2000) previsões de demanda anual que possam ser classificadas conforme discriminado nas tabelas A.1.3 e A.1.4, preenche-as:

TABELA A.1.3 - Demanda prevista anual 1996 - 2000 (MIL TON)

CLASSE DE CLIENTES/ANO	1996	1997	1998	1999	2000
suco a granel					
suco em tambores					
Previsão total no ano					

TABELA A.1.4 - Previsão de distribuição percentual do suco a granel

ANO	destino (1)	destino (2)	destino (3)	destino (4)	destino (5)
1996					
1997					
1998					
1999					
2000					

TABELA A.1.5 - PREVISÃO DE DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO SUCO EM TAMBORES

ANO	destino (1)	destino (2)	destino (3)	destino (4)	destino (5)
1996					
1997					
1998					
1999					
2000					

(2) SOBRE O COMPORTAMENTO DA PRODUÇÃO

Discrimine abaixo a distribuição mensal da produção de 1994 (específica para a exportação), respeitando cada sistema (granel e tambores) em mil toneladas.

TABELA A.1.6 - Distribuição mensal da produção

MES	GRANEL	TAMBORES
JANEIRO		
FEVEREIRO		
MARÇO		
ABRIL		
MAIO		
JUNHO		
JULHO		
AGOSTO		
SETEMBRO		
OUTUBRO		
NOVEMBRO		
DEZEMBRO		
TOTAL		

(3) SOBRE O CUSTO DE INVESTIMENTO NA ESTRUTURA DE ARMAZÉNS

Duas opções estão disponíveis para esta informação: uma para o caso dos dados estarem em forma de Custo Anual e outra para o caso dos dados estarem em Valor Atual. Escolha uma das duas e faça a distinção entre armazéns da fábrica e do porto. Em caso de aluguel, veja item (4).

Escolha a sua opção:

(a) Dispondo de estudos de Engenharia Econômica (projeto de investimento), preencha as tabelas a seguir com o Custo Anual de investimento em armazéns (em US\$), segundo as configurações oferecidas pelos fornecedores. As tabelas A.1.7 e A.1.8 sugerem quatro projetos de investimento. Nos custos do armazém granel do porto do país de origem (tank-farm) inclua o custo anual de

investimento em terminal marítimo. Nos custos dos armazéns de tambores inclua o custo anual de investimento em equipamentos de transbordo, tal como a empilhadeira.

TABELA A.1.7 - Para a fábrica

TIPO	PROJETOS/VALORES/CAPACIDADES			
GRANEL	(1).....ton	(2).....ton	(3).....ton	(4).....ton
C. Anual				
TAMBOR	(1).....ton	(2).....ton	(3).....ton	(4).....ton
C. Anual				

TABELA A.1.8 - Para porto, inclusive o custo do terminal específico)

TIPO	PROJETOS/VALORES/CAPACIDADES			
GRANEL	(1).....ton	(2).....ton	(3).....ton	(4).....ton
C. Anual				
TAMBOR	(1).....ton	(2).....ton	(3).....ton	(4).....ton
C. Anual				

(b) Dispondo apenas do valor presente (a vista) , preencha: a vida econômica do projeto, o valor residual do mesmo e a taxa mínima de atratividade da empresa: taxa mín atrat.=% a.a.

TABELA A.1.9 - Para a fábrica

TIPO	PROJETOS/VALORES/CAPACIDADES			
GRANEL	(1).....ton	(2).....ton	(3)...ton	(4).....ton
Vida (anos)				
V. Residual				
V. Atual				
TAMBOR	(1).....ton	(2).....ton	(3)...ton	(4).....ton
vida (anos)				
V. Residual				
V. Atual				

TABELA A.1.10 - Para o porto

TIPO	PROJETOS/VALORES/CAPACIDADES			
GRANEL	(1).....ton	(2).....ton	(3).....ton	(4).....ton
Vida (anos)				
V. Residual				
V. Atual				
TAMBOR	(1).....ton	(2).....ton	(3).....ton	(4).....ton
vida (anos)				
V. Residual				
V. Atual				

(4) ALUGUEIS E TAXAS PORTUÁRIAS

Aluguel no armazém do porto Brasil

.....US\$/ton/mes para o suco em tambores

.....US\$/ton/mes para o suco a granel

TABELA A.1.11 - Taxas nos portos (G-granel, T-tambores)

US\$/ton	Brasil	dest1	dest2	dest3	dest4	dest5
alfândega G						
alfândega T						
impostos G						
impostos T						
operacionaisG						
operacionaisT						

(5) DESEMPENHO DAS PLATAFORMAS DE EMBARQUE E DE DESEMBARQUE

Preencha as tabelas A.1.12 a A.1.14 com a capacidade de vazão diária (ton/dia) de cada plataformas (projetos de investimento ou sistemas já implantados).

TABELA A.1.12 - Plataforma de transporte rodoviário (desempenho de uma plataforma)

PROJETO	(1).....ton	(2).....on	(3).ton	(4)....ton
GRANEL				
TAMBORES				

TABELA A.1.13 - Plataforma de transporte marítimo (porto Brasil)

opção	(1)....ton	(2)....ton	(3)...ton	(4)....ton
GRANEL				
TAMBORES				

TABELA A.1.14 - Desempenho das plataformas de destino (ritmo de desembarque em ton/dia)

destinos	dest 1	dest 2	dest 3	dest 4	dest 5
ton/dia					

(6) CUSTOS DE INVESTIMENTOS EM NAVIOS E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caso a empresa possua frota própria para a distribuição, preencha as tabelas abaixo. Em caso de *contratação de fretes*, geralmente quando o suco é em tambores, envie, por favor, uma *cópia das respectivas tabelas de preço* do mercado de fretes.

Em "lotação", informe a capacidade máxima de transporte do veículo (ton), em "velocidade", a velocidade média que o veículo desenvolve nas vias em que viaja (km/h ou milhas/dia), em "vida econ", informe o período (anos) que a empresa projeta para o uso do veículo, em "c. aquisição" o custo a vista de aquisição (em US\$) e em "valor residual", o quanto a empresa prevê para a revenda do veículo ao fim da vida econômica (em percentual do "c. aquisição").

TABELA A.1.15 - Navio tipo A

ÍTEM	lotação	velocidade	vida	c. aquis	v. residual
Granel					
Tambor					

TABELA A.1.16 - Navio tipo B

ÍTEM	lotação	velocidade	vida	c. aquisi	v. residual
Granel					
Tambor					

TABELA A.1.17 - Navio tipo C

ÍTEM	lotação	velocidade	vida	c. aquisi	v. residual
Granel					
Tambor					

(7) CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE TRANSPORTES

Em caso de contratação de serviços de transporte, dispensa-se o preenchimento das tabelas a seguir, pois são substituídas com as tabelas de preço de frete do mercado.

Para a classe dos custos referentes à mão de obra (US\$/mês) inclua as diárias (ou alimentação) e o salário do pessoal de transporte e as obrigações sociais para com estes.

Para a classe dos custos referentes ao veículo rodoviário (US\$/km), considere combustível, lubrificantes, manutenção corretiva e manutenção preventiva.

Para o transporte marítimo o custo com o navio em viagem (US\$/milha) inclui combustível e lubrificante consumidos em deslocamento no mar, material de bordo, manutenção corretiva e pequenos reparos, manutenção programada anual e plurianual (docagem).

O custo com o navio parado (US\$/DIA) inclui o combustível e o lubrificante consumidos enquanto o navio espera nos portos

TABELA A.1.18 - Transporte rodoviário

	MÃO DE OBRA (US\$/MES)	VEÍCULO (US\$/km)
GRANEL		
TAMBORES		

TABELA A.1.19 - Navio tipo A

(US\$)	M.OBRA (US\$/MES)	VIAGEM US\$/milha	PARADO US\$/DIA
GRANEL			
TAMBORES			

TABELA A.1.20 Navio tipo B

(US\$)	M.OBRA (US\$/MES)	VIAGEM- US\$/milha	PARADO- US\$/DIA
GRANEL			
TAMBORES			

TABELA A.1.21 Navio tipo C

(US\$)	M.OBRA (US\$/MES)	VIAGEM- US\$/milha	PARADO- US\$/DIA
GRANEL			
TAMBORES			

(8) INFORMAÇÕES SOBRE AS VIAS DE TRANSPORTE

Complete as informações a seguir:

Distância rodoviária da fábrica ao porto do país de origem: _____Km

TABELA A.1.22 - Distâncias marítimas

milhas	destino (1)	destino (2)	destino (3)	destino (4)	destino (5)
porto					

Obs.: Este formulário permite preenchimento de até cinco destinos. Caso a empresa atenda a um número de destinos maior, envie as informações de demanda, distâncias, esperas de navio e desempenho das plataformas de destino em um relatório a parte.

(09) CUSTO OPERACIONAL DE MOVIMENTAÇÃO NOS ARMAZÉNS

Para os custos da tabela A.1.23, considere a mão de obra direta, seus encargos trabalhistas e o consumo de fontes energéticas para a movimentação das empilhadeiras ou equipamentos de bombeamento que têm o objetivo de deslocar o suco nos armazéns da fábrica e do porto. Identifique o custo para cada uma das alternativas de investimento.

TABELA A.1.23 - Custo operacional de movimentação nos armazens

Tamanho da alternativa	GRANEL	TAMBORES
Muito pequeno (1)		
Pequeno(2)		
Médio (3)		
Grande (4)		

(10) CUSTO UNITÁRIO DE SEGURO DO ESTOQUE

Caso a empresa tenha custos de seguro distintos entre o armazém da fábrica e do porto, especifique (US\$/TON/ANO):

TABELA A.1.24 - Custo unitário de seguro

US\$/TON/ANO	FABRICA OU TOTAL	PORTO
GRANEL		
TAMBORES		

(11) ESPERAS DE NAVIOS PARA ATENDIMENTO NOS PORTOS DE DESTINO

Liste os diversos portos que recebem o suco a granel e use uma média de tempos que o navio espera antes de iniciar o carregamento ou descarregamento em cada porto (adote múltiplos de meio dia).

Informe também o tempo médio de espera no porto de origem.

APÊNDICE 2

INCLUSÃO DAS TARIFAS DE BARREIRAS À IMPORTAÇÃO POR DESTINO NA FUNÇÃO OBJETIVO

Função Objetivo

Min Z =

$$\begin{aligned}
 & \sum_{l=1}^4 CFARMT_l \cdot YRTAMBOR_l + \\
 & \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot CVBRAT + \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot CVMART_j + \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot BTARIF_j + \\
 & R \cdot (CP + CEMBT) \cdot [(\alpha_T + \beta_T + 0,5 \cdot \gamma_T) + (TSRT / 30) \cdot \sum_{j=1}^4 QTAMB_j] + \\
 & R \cdot (CP + CEMBT) \cdot \sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot TSMT_j / 30 + \sum_{l=1}^4 CFARMG_l \cdot YRGRANEL_l + \\
 & \sum_{t=1}^3 CFMARG_t \cdot YMARG_t + \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot CVBRAG + \sum_{t=1}^3 \left(\sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot CVMARG_j \right) + \\
 & R \cdot (CP + CEMBG) \cdot [(\alpha_G + \beta_G + 0,5 \cdot \gamma_G) + (TSRG / 30) \cdot \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t}] + \\
 & R \cdot (CP + CEMBG) \cdot \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot TSMG_{j,t} / 30 + \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot BTARIF_j
 \end{aligned}$$

onde:

$$\sum_{j=1}^4 QTAMB_j \cdot BTARIF_j \text{ e } \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^4 QGRAN_{j,t} \cdot BTARIF_j$$

são respectivamente os custos de barreiras tarifárias para os sistemas em tambores e a granel.

Segundo GARCIA (1993)¹, em 1993 as tarifas estavam em US\$ 492,00/t para os Estados Unidos da América. Para a C.E.E. e o Japão estas correspondem a 19% e 30% sobre o preço FOB-Santos. Admitindo um preço de US\$1.200,00/t, estas tarifas seriam de US\$ 218,00/t para a C.E.E. e de US\$ 360,00/t para o Japão.

Como ilustração, as tabelas A.2.1 e A.2.2 e as figuras A.2.1 e A.2.2 mostram o peso das barreiras tarifárias no custo unitário logístico total para o suco da empresa hipotética BCITRUS entregue no porto da Comunidade Econômica Européia (C.E.E.)

¹Garcia, A. Nova análise da citricultura brasileira nos anos noventa. Laranja: Revista Técnico-científica de citricultura. Instituto Agrônomo - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do governo do Estado de São Paulo, Cordeirópolis, 1993.

TABELAS A.2.1 e A.2.2

Participação dos componentes no custo unitário total para a C.E.E.

Tabela A.2.1 - Suco em tambores

Ítems	tambor custo (US\$)	CEE
FixArmBr	48,75	3%
Embgem	130,80	9%
VarBr	56,53	4%
VarNav	112,78	8%
FinArmBr	34,20	2%
Barreiras	218,00	15%
C.Prod	830,00	58%
cust unit tot	1431,06	100%
Cust-Santos	1100,28	

Tabela A.2.2 - Suco a granel

Ítems	granel Custo (US\$)	CEE
FixArmBr	38,02	3%
fixoNav	36,22	3%
VarBr	35,78	3%
VarNav	58,67	5%
FinArmBr	29,55	2%
Barreiras	218,00	17%
C.Prod	830,00	67%
cust unit tot	1246,24	100%
Cust-Santos	969,57

FIGURA A.2.1 - Participação de cada componente no custo logístico unitário Sistema em tambores

FIGURA A.2.2 - Participação de cada componente no custo logístico unitário Sistema a granel