IRINEU DE BRITO JUNIOR

**ANÁLISE DO IMPACTO LOGÍSTICO DE DIFERENTES
REGIMES ADUANEIROS NO ABASTECIMENTO DE ITENS
AERONÁUTICOS EMPREGANDO MODELO DE TRANSBORDO
MULTIPRODUTO COM CUSTOS FIXOS**

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

São Paulo

2004

IRINEU DE BRITO JUNIOR

**ANÁLISE DO IMPACTO LOGÍSTICO DE DIFERENTES
REGIMES ADUANEIROS NO ABASTECIMENTO DE ITENS
AERONÁUTICOS EMPREGANDO MODELO DE
TRANSBORDO MULTIPRODUTO COM CUSTOS FIXOS**

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

Área de Concentração:
Engenharia de Sistemas Logísticos

Orientador:
Prof. Dr. Hugo T. Y. Yoshizaki

São Paulo

2004

FICHA CATALOGRÁFICA

Brito Junior, Irineu de

Análise do impacto logístico de diferentes regimes aduaneiros no abastecimento de itens aeronáuticos empregando modelo de transbordo multiproduto com custos fixos. São Paulo, 2004. 123 p.

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

1. Logística 2. Pesquisa Operacional 3. Aeronáutica 4. Tributos
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II.t

À

Vó Tereza

A mais doce lembrança.

AGRADECIMENTOS

A meu orientador Hugo Yoshizaki pela sabedoria, pelo incentivo e pela importante experiência que me passou durante o tempo que trabalhamos juntos, através de sua orientação acadêmica, em todos os momentos demonstrando admirável dedicação profissional. Ao professor Nicolau Gualda pela precisão dos detalhes e ao professor Celso Grisi por mostrar pontos de vista não observados sobre o assunto.

Aos meus companheiros da 1ª turma do mestrado em Logística: Daniel, Del Nero, Fabiano e Zé Renato pelas alegrias e dificuldades que passamos juntos.

A Embraer pelo apoio na realização neste trabalho e por acreditar na pesquisa brasileira.

Ao Manoel, Washington, Portugal, Omar Rached e Ana Cristina pelas dicas e discussões.

Ao Celso Hino, “mago” do GAMS, pela presteza no apoio computacional, sem o qual este trabalho não teria sido possível.

A meus pais pelas palavras de apoio nos momentos de maior dificuldade.

A “Neida” e a “Nice” pela revisão ortográfica e pela melhoria do linguajar deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para esta realização.

A Helenice, que incansavelmente sempre me apoiou, não cabe agradecer e sim compartilhar este feito.

RESUMO

O presente trabalho objetiva projetar uma rede logística, por meio da elaboração de um modelo de transbordo multiproduto, com o intuito de verificar, através dos custos logísticos, quais produtos seguirão diretamente dos fornecedores para a unidade consumidora e quais produtos sofrerão uma etapa de transbordo. Nesta análise serão comparados também cenários tributários que podem impactar os custos de operação.

A aplicação do modelo é realizada em empresa com atividades internacionais sendo implementadas em Harbin, norte da China. Paralelamente, um novo regime aduaneiro, denominado RECOF Aeronáutico, está substituindo o atual regime especial de Drawback, o que é avaliado neste trabalho.

Os resultados permitem concluir que os regimes aduaneiros influenciam fortemente os custos logísticos e a consolidação dos materiais. Assim, o adequado conhecimento dos impactos destes regimes no projeto logístico é de grande importância, sob pena de desenvolver uma rede logística sub-otimizada.

ABSTRACT

This research intends to propose a logistics network by designing a multi-product transshipment model. The purpose is to examine, through logistics costs, which products will be sent directly from suppliers to the consumer unit and which will be transhipped once. This research also includes the comparison between tributary scenes and their impacts on operation costs.

The application of the proposed model has been put into practice by a company undertaking international activities in Harbin, northern China. In parallel to those operations, a new tax regime, named Aeronautical RECOF (Industrial Bonded Warehouse), is under implementation in order to substitute the current customs system regime of Drawback.

The results show that the tax regime significantly affects logistics costs and goods consolidation. Thus, it is crucial understanding the referred tax regimes, to avoid severe logistics network system sub-optimization.

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas e Siglas

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos e escopo da Dissertação	1
1.2	Delimitação e relevância do problema	2
1.3	Organização do trabalho	3
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1	Estratégia competitiva	5
2.1.1	Estratégia competitiva em um setor	5
2.1.2	Análise estrutural e estratégia competitiva	8
2.2	Planejamento logístico	8
2.2.1	Níveis de planejamento	8
2.2.2	O modelo de estoque	10
2.3	Modelos de localização	13
2.4	Custos logísticos	18
2.4.1	Conceitos de custos	18
2.4.2	Custos financeiros da manutenção de estoques	20
2.4.3	Custos de armazenagem	21
2.4.4	Custos existentes na decisão de localização.....	22
2.4.5	Custos e restrições de capacidade de um Centro de Distribuição	23
2.5	Logística Internacional e regimes aduaneiros	24
2.5.1	Logística Internacional	24
2.5.2	Regime aduaneiro especial de <i>Drawback</i>	27
2.5.3	Regime RECOF	32
2.5.4	Comparação entre os regimes	35
3	A INDÚSTRIA DA AVIAÇÃO CIVIL.....	37
3.1	O transporte aéreo e a indústria aeronáutica	37
3.1.1	Caracterização	37
3.1.2	Distribuição das aeronaves.....	38
3.1.3	Indicadores de nível de atividades do transporte aéreo.....	39

3.1.4	Histórico e ciclos de crescimento.....	39
3.1.5	Características da indústria aeronáutica e as estratégias governamentais.....	42
3.1.6	O mercado de jatos regionais	44
3.1.7	Tendências da indústria aeronáutica	47
3.2	A Cadeia de Suprimentos na indústria aeronáutica.....	49
3.2.1	Características da Cadeia de Suprimentos	50
3.2.2	A Cadeia de Suprimentos na indústria aeronáutica brasileira.....	51
3.3	Os materiais em análise.....	52
4	O MODELO	53
4.1	O problema.....	53
4.2	O modelo	56
4.3	Custos logísticos considerados na operação	60
4.3.1	Custos de transbordo	62
4.3.2	Custos de transporte	70
4.3.3	Cálculo do custo financeiro de manutenção dos estoques	74
4.3.4	Considerações gerais sobre custos	76
5	RESULTADOS E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	78
5.1	Cenários em estudo	78
5.2	Resultados obtidos	80
5.2.1	Validação do modelo.....	80
5.2.2	Resultados	82
5.3	Análise de sensibilidade.....	93
5.3.1	Variação do fator de peso das embalagens.....	94
5.3.2	Alterações no plano de produção	96
5.3.3	Variação do frete Brasil-China.....	99
6	CONCLUSÕES FINAIS E FECHAMENTO	101
6.1	Comentários sobre os resultados obtidos	101
6.2	Limitações do trabalho.....	104
6.3	Propostas para estudos futuros	104
	ANEXOS	106
	Anexo 1 – Exemplo de cálculo dos custos	106
	Anexo 2 – Código do modelo em GAMS	113
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Fluxo de envio dos materiais	3
Figura 2.1: Forças que governam a competição num setor.....	6
Figura 2.2: Exemplo do comportamento do estoque de material.....	12
Figura 2.3: Fluxo do modelo	16
Figura 2.4: Crescimento do custo de operação de um Centro de Distribuição (curva S “achatada”).....	24
Figura 2.5: Pontos onde cessam os riscos do vendedor (<i>Incoterms</i>).....	27
Figura 3.1: Distribuição mundial da frota de aeronaves	38
Figura 3.2: Taxas de crescimento do PIB, RPK mundial e vegetativo	40
Figura 3.3: Ciclos do transporte aéreo	40
Figura 3.4: Comportamento do lucro das companhias aéreas.....	42
Figura 3.5: Presença de jatos regionais - EUA	45
Figura 3.6: Presença de jatos regionais - Europa	46
Figura 3.7: Horários e aeronaves	47
Figura 3.8: Localização das unidades fabris e fornecedores.....	51
Figura 4.1: Localização de fornecedores e pólos consolidadores nos EUA.	55
Figura 4.2: Localização de fornecedores e pólo consolidador na Europa.....	55
Figura 4.3: Fluxo dos materiais e locais de ocorrência dos custos.	61
Figura 4.4: Comportamento do estoque, com consolidação em Harbin ou Pólo Consolidador.	75
Figura 4.5: Comportamento do estoque, com consolidação em SJK.....	76
Figura 5.1: Fluxo de materiais: cenário inicial (envio direto).....	83
Figura 5.2: Composição dos custos no cenário inicial (envio direto).	83
Figura 5.3: Fluxo de materiais: cenário Recof, modal aéreo.	84
Figura 5.4: Composição dos custos em ambiente Recof, modal aéreo.....	85
Figura 5.5: Fluxo de materiais: cenário <i>Drawback</i> , modal aéreo.	86
Figura 5.6: Composição dos custos em ambiente <i>Drawback</i> , modal aéreo.....	86
Figura 5.7: Fluxo de materiais: cenário Recof, modais aéreo e marítimo.	87
Figura 5.8: Composição dos custos em ambiente Recof, modais aéreo e marítimo..	88
Figura 5.9: Fluxo de materiais: cenário <i>Drawback</i> , modais aéreo e marítimo	89

Figura 5.10: Composição dos custos em ambiente <i>Drawback</i> , modais aéreo e marítimo.	90
Figura 5.11: Fluxo de materiais: cenário Recof, modais aéreo e marítimo e estoques consignados.	91
Figura 5.12: Composição dos custos em ambiente Recof, modais aéreo e marítimo e estoques consignados.	92
Figura 5.13: Resumo da composição dos custos em cada um dos cenários.	93
Figura 5.14: Comparativo de custos: Capacidade Atual x Capacidade Ampliada. ...	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Níveis de planejamento das decisões logísticas	9
Tabela 4.1: Apuração dos custos e seus locais de ocorrência.....	62
Tabela 4.2: Valores médios de desembaraço aduaneiro	65
Tabela 4.3: Tarifa aeroportuária de armazenagem de carga importada	67
Tabela 4.4: Tarifas aeroportuárias na exportação de produtos.	67
Tabela 4.5: Tabela de Frete Aéreo	71
Tabela 4.6: Tabela de Frete Marítimo.....	72
Tabela 4.7: Tempos de trânsito	74
Tabela 5.1: Cenários.	79
Tabela 5.2: Impactos da variação do fator de peso das embalagens – regime Recof. 96	
Tabela 5.3: Impactos da variação do fator de peso das embalagens – regime <i>Drawback</i>	96
Tabela 5.4: Impactos da variação da quantidade de aeronaves, mantidas a restrição da capacidade.....	97
Tabela 5.5: Impactos da variação da quantidade de aeronaves, elevando-se proporcionalmente a restrição da capacidade.	98
Tabela 5.6: Impactos da variação do valor do frete Brasil - China.....	99
Tabela 6.1: Resumo dos resultados.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFRMM	- Adicional de Frete para Renovação da Marinha Mercante
CFR	- <i>Cost and Freight</i> - Custo e Frete (<i>Incoterm</i>)
CIF	- <i>Cost, Insurance and Freight</i> - Custo, Seguro e Frete (<i>Incoterm</i>)
CIP	- <i>Carriage and Insurance Paid to</i> - Transporte e Seguro Pagos Até (<i>Incoterm</i>)
Confaz	- Conselho Nacional de Política Fazendária
CPT	- <i>Carriage Paid To</i> - Transporte Pago Até (<i>Incoterm</i>)
DAF	- <i>Delivered At Frontier</i> - Entregue na Fronteira (<i>Incoterm</i>)
DDP	- <i>Delivered Duty Paid</i> - Entregue com Direitos Pagos (<i>Incoterm</i>)
DDU	- <i>Delivered Duty Unpaid</i> - Entregue com Direitos Não-Pagos (<i>Incoterm</i>)
DEQ	- <i>Delivered Ex Quay</i> - Entregue no Cais (<i>Incoterm</i>)
DES	- <i>Delivered Ex Ship</i> - Entregue no Navio (<i>Incoterm</i>)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EXW	- <i>Ex Works</i> - Na Origem (<i>Incoterm</i>)
FAS	- <i>Free Alongside Ship</i> - Livre ao Lado do Navio (<i>Incoterm</i>)
FCA	- <i>Free Carrier</i> - Livre no Transportador (<i>Incoterm</i>)
FMI	- Fundo Monetário Internacional
FOB	- <i>Free On Board</i> - Livre a Bordo (<i>Incoterm</i>)
IATA	- <i>International Air Transportation Association</i>
ICAO	- <i>International Civil Aviation Organization</i>
ICMS	- Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
II	- Imposto de Importação
<i>Incoterm</i>	- <i>International Commercial Term</i>
IPI	- Imposto sobre Produtos Industrializados
NCM	- Nomenclatura Comum do Mercosul
OMC	- Organização Mundial do Comércio
SECEX	- Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
SRF	- Secretaria da Receita Federal

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos e escopo da Dissertação

Este trabalho desenvolve uma análise do impacto dos regimes aduaneiros na logística de abastecimento de materiais em unidades fabris instaladas no Brasil e no exterior, para uma empresa fabricante de aviões comerciais e militares. A descentralização das operações industriais da empresa vem tornando complexo o abastecimento de produtos para fabricação de aeronaves, principalmente com o início da operação de unidades fabris no exterior. Estas unidades recebem materiais oriundos dos Estados Unidos da América, Europa e Brasil.

Considerando os custos variáveis de estoques, transporte e distribuição, e custos fixos para instalação de unidades, esta dissertação tem por objetivos:

- ➔ Avaliar o impacto de regimes aduaneiros nos custos logísticos de uma cadeia de suprimentos e seus efeitos na rede logística;
- ➔ Projetar uma rede logística e, através da utilização de programação linear, elaborar um modelo matemático de transbordo, com o intuito de verificar, minimizando os custos logísticos, quais produtos seguirão diretamente dos fornecedores para a unidade consumidora e quais produtos sofrerão uma etapa de transbordo em um centro de consolidação de materiais.

A complexidade destas redes logísticas, composta de fornecedores, unidades fabris e depósitos, alguns deles com restrições de capacidade, justifica o uso de programação matemática para apoio à decisão.

Como citado, será analisado o impacto dos regimes aduaneiros. Mudanças realizadas nos processos de importação e exportação por entidades governamentais alteraram a composição dos custos logísticos totais, principalmente de materiais importados destinados à exportação. Estas alterações comporão os cenários que serão analisados.

Embora o processo de modelagem tenha aplicação prática direta no caso, para preservação da empresa, os fornecedores e os dados utilizados nesta dissertação não refletem informações ou valores verídicos.

1.2 Delimitação e relevância do problema

Esta dissertação se aplica aos materiais que são enviados para abastecimento da linha de produção localizada em Harbin, norte da China. Estes materiais caracterizam-se por serem de pequeno porte e possuírem restrições de lote mínimo para aquisição, que são maiores que seus lotes econômicos de compra.

Por outro lado, devido à característica destes materiais serem fornecidos mediante a aquisição de, pelo menos, um lote mínimo que excede às necessidades de consumo, o *trade off* em avaliação é o custo de manutenção de estoques na unidade de consumo ou o abastecimento desta unidade, na quantidade exata de sua necessidade a partir de outro local, onde ocorrem custos de transporte, manuseio e custos fixos para instalação e operação de uma unidade.

Sob o aspecto tributário a análise em questão é a alteração dos custos logísticos a partir da implementação de um novo regime fiscal, denominado RECOF Aeronáutico, que está substituindo o atual regime de *Drawback*.

A seguir, figura ilustrando o problema, mostrando os fluxos e locais de envios dos materiais.

Figura 1.1: Fluxo de envio dos materiais

A relevância do problema reside na apresentação de um cenário e uma aplicação definida para uma situação da empresa. É apresentada uma análise de um novo cenário logístico submetido ao impacto de novos regimes aduaneiros, no suprimento de materiais (*inbound logistics*). Este novo regime, denominado RECOF Aeronáutico, pouco foi abordado na literatura acadêmica.

1.3 Organização do trabalho

A dissertação é composta por seis capítulos e foi estruturada de forma a mostrar, além da aplicação de modelo de programação linear, o conceito do processo de modelagem e de custos logísticos. A aplicação do modelo ocorre em uma indústria aeronáutica. Para compreensão das características e de toda cadeia de suprimentos, alguns conceitos do mercado aeronáutico serão apresentados.

Neste trabalho, o primeiro capítulo delinea o escopo do estudo mostrando o objetivo e onde o problema em questão se encaixa.

O segundo capítulo aborda a literatura pertinente ao projeto da rede de suprimentos, ao processo de modelagem e modelos de localização, aos custos logísticos, a logística internacional e aos regimes aduaneiros.

O terceiro aborda o panorama da indústria aeronáutica mundial, suas características de mercado, os desafios logísticos que estão por advir e as características dos materiais estudados nesta dissertação.

O quarto capítulo descreve a metodologia empregada e a modelagem do problema, o levantamento dos custos logísticos e a determinação dos parâmetros utilizados na modelagem do problema.

No quinto capítulo são mostrados os resultados obtidos e a análise de sensibilidade dos mesmos, bem como uma discussão destes resultados, conclusões e propostas de pesquisas futuras sobre o assunto.

No sexto capítulo é concluído o trabalho, e há a apresentação de propostas para evolução e comentados os resultados e os cenários abordados.

Nos demais capítulos são apresentados a bibliografia consultada para elaboração desta dissertação e os anexos que descrevem atividades relacionadas a este trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Projetar uma rede logística significa saber onde instalar, quantas unidades instalar e qual o porte destas unidades. Neste trabalho discutiremos não somente o modelo adotado neste projeto, mas também logística internacional, regimes aduaneiros, os custos logísticos e sua metodologia de apuração.

A cadeia de suprimentos e as características específicas da indústria aeronáutica têm sua bibliografia abordada em capítulo específico.

A sequência adotada neste capítulo é:

- ➔ Estratégia competitiva;
- ➔ Planejamento logístico;
- ➔ O modelo de localização adotado;
- ➔ Custos logísticos;
- ➔ Logística Internacional e regimes aduaneiros.

2.1 Estratégia competitiva

2.1.1 Estratégia competitiva em um setor

Segundo Porter (1999), formular uma estratégia competitiva é relacionar uma companhia ao seu meio ambiente. Embora o meio ambiente relevante seja muito amplo, abrangendo tanto as forças sociais como econômicas, o aspecto principal do meio ambiente da empresa é o setor em que ela compete.

A concorrência em um setor tem raízes na estrutura econômica e depende de cinco forças competitivas básicas (apresentadas na figura a seguir) – ameaça de entrada;

ameaça de substituição; poder de negociação dos compradores; poder de negociação dos fornecedores; e as manobras pelo posicionamento entre os atuais concorrentes – refletem o fato que a concorrência em um setor não está limitada aos participantes estabelecidos. Clientes, fornecedores, substitutos e os entrantes potenciais são todos “concorrentes” para a empresa, podendo ter maior ou menor importância, dependendo das circunstâncias. A potência coletiva dessas forças determina, em última instância, as perspectivas de lucro do setor.

Figura 2.1: Forças que governam a competição num setor
Fonte: Porter (1999).

Essas forças podem ser assim resumidas:

Ameaça de entrada: Novas empresas que entram para um setor trazem nova capacidade, o desejo de ganhar parcela de mercado e recursos, podendo provocar a queda nos preços e, conseqüentemente na rentabilidade. Essa ameaça depende das barreiras de entrada existentes, em conjunto com a reação que o novo concorrente pode esperar por parte dos concorrentes já existentes. Na indústria aeronáutica destacam-se as barreiras de entrada tecnológicas; necessidade de capital; e a curva de experiência.

Manobras pelo posicionamento: A rivalidade entre os concorrentes existentes assume a forma de disputa por posição, com o uso de táticas como concorrência de preços, batalhas de publicidade, introdução de produtos e aumento dos serviços ou garantia. A rivalidade ocorre porque um ou mais concorrentes sentem-se pressionados ou percebem a oportunidade de melhorar sua posição. A indústria aeronáutica possui a característica destas manobras pelo posicionamento, muitas vezes, envolver também questões diplomáticas e disputas internacionais.

Pressão dos produtos substitutos: Todas as empresas em um setor estão competindo com os produtos substitutos. Os substitutos reduzem os retornos potenciais de um setor, colocando um teto nos preços que as empresas podem fixar com o lucro. Na indústria aeronáutica a crescente elevação de velocidade no transporte ferroviário de passageiros na Europa e no Japão é uma ameaça ao transporte aéreo de curta e média distância.

Poder de negociação dos compradores: Os compradores (clientes) competem com o setor forçando os preços para baixo, barganhando por melhor qualidade ou mais serviços e jogando os concorrentes uns contra os outros. O poder de um comprador depende de certas características em função de sua situação no mercado e da importância relativa de suas compras do setor em comparação com os negócios totais. Atualmente, companhias aéreas estão se associando para aquisição conjunta de aeronaves, aumentando assim seu poder de negociação.

Poder de negociação dos fornecedores: Os fornecedores podem exercer poder de negociação sobre os participantes de um setor ameaçando elevar os preços ou reduzir a qualidade dos bens ou serviços fornecidos. Fornecedores poderosos podem sugar a rentabilidade aumentando seus preços para um setor incapaz de repassar estes aumentos. Da mesma forma que o poder de negociação dos compradores, o poder de negociação do fornecedor depende de sua situação no mercado. Na indústria aeronáutica, esta força pode ser visualizada na propulsão das aeronaves (motores e turbinas), devido à importância tecnológica, valor agregado ao produto e base reduzida de fornecedores.

Forças externas são significativas principalmente em sentido relativo, uma vez que afetam todas as empresas do setor. A questão, então, são as habilidades para as empresas lidarem com estas forças. A chave para o desenvolvimento de uma estratégia é pesquisar em maior profundidade e analisar as fontes de cada força.

2.1.2 Análise estrutural e estratégia competitiva

Diagnosticadas as forças que afetam a concorrência em um setor e suas causas básicas, a empresa está em posição para identificar seus pontos fracos e fortes em relação à concorrência. Do ponto de vista estratégico, as condições cruciais são o posicionamento da empresa quanto às causas básicas de cada força competitiva. Uma estratégia competitiva efetiva assume a postura ofensiva ou defensiva de modo a criar uma posição defensável contra as cinco forças competitivas. De modo amplo, isto compreende uma série de abordagens possíveis:

- ➔ Posicionar a empresa de modo que suas capacidades proporcionem a melhor defesa contra o conjunto existente de forças competitivas;
- ➔ Influenciar o equilíbrio de forças através de movimentos estratégicos e, assim, melhorar a posição relativa da empresa; ou
- ➔ Antecipar as mudanças nos fatores básicos das forças e responder a elas, explorando, assim, a mudança através da escolha de uma estratégia apropriada ao novo equilíbrio competitivo antes que os rivais a identifiquem.

2.2 Planejamento logístico

2.2.1 Níveis de planejamento

A estrutura proposta por Anthony, *apud* Hax; Candea (1984), classificou as decisões em planejamento estratégico, controle gerencial (planejamento tático) e controles

operacionais. Resumidamente, podemos considerar o planejamento estratégico como sendo de longo alcance, no qual o horizonte de tempo é maior que um ano, com um nível alto de flexibilidade para modificações e um baixo nível de detalhamento das operações. O planejamento tático envolve um horizonte de tempo intermediário, geralmente menos de um ano, flexibilidade intermediária para modificações e médio nível de detalhamento das operações. O planejamento operacional é a tomada de decisões de curto prazo, freqüentemente feita em base horária ou diária, com uma baixa flexibilidade para alterações e elevado nível de detalhamento. Exemplos de problemas típicos de logística e cadeia de suprimentos estão relacionados na tabela a seguir:

Tipo de decisão	Nível de decisão		
	Estratégico	Tático	Operacional
Localização	Número de locais, tamanho e localização	Posicionamento dos estoques	Determinação de carga
Transporte	Seleção de modais	Sazonalidade do <i>mix</i> de serviço	Roteirização, agendamento e despacho
Processamento de pedidos	Seleção e projeto de sistema de colocação de pedidos	Regras de prioridades para pedidos de clientes	Atendimento do pedido
Nível de serviço ao cliente	Estabelecimento de padrões		
Armazenagem	Leiaute, seleção de local	Escolha sazonal de espaço	Coleta e arrumação
Compras	Políticas de relacionamento	Contratação, seleção de fornecedores	Liberação de pedidos

Tabela 2.1: Níveis de planejamento das decisões logísticas
 Fonte: Adaptado de Ballou (1999) e Yoshizaki (2002).

O planejamento logístico, em cada um de seus níveis, busca a resposta dos seguintes questionamentos (Ballou, 1999):

- O quê?
- Quando?
- Como?

Para as seguintes atividades:

- Produzir.
- Transportar.
- Armazenar.

O objetivo desta dissertação está direcionado para o planejamento estratégico logístico, discutindo principalmente a localização de estoques, em um cenário de variação dos regimes aduaneiros.

2.2.2 O modelo de estoque

Modelos de estoques definem qual a melhor forma para aquisição de cada item. Segundo Santoro (2001), a operação de um sistema de estocagem dificilmente funcionaria bem com um só modelo de estoque, mesmo com uma parametrização diferenciada para cada item. Podem ser considerados modelos que se utilizam ou não de previsão de demanda na gestão dos estoques. Neste estudo, são enfocados somente itens que se utilizam desta previsão de demanda, não sendo considerados os itens adquiridos sob encomenda.

Os modelos de estoque são também classificados como periódicos ou contínuos. Os modelos periódicos possuem a análise dos estoques e, conseqüente aquisição ou não de materiais, em períodos definidos, enquanto nos modelos contínuos esta análise é realizada continuamente, normalmente através de sistemas informatizados.

Segundo Elsayed; Boucher (1985), o modelo de estoque define quanto e quando adquirir. Esses modelos, com base na previsão de demanda, são divididos entre:

Ativos: que utilizam as previsões de demanda para a tomada de decisões. Estas previsões poderão utilizar um ou mais métodos de previsão combinados e deverão ser realizadas em todos os momentos de decisão. Dentro deste contexto destacam-se os seguintes modelos (periódicos):

- MRP (*Material Requirements Planning*): com base no plano de produção, nos *Lead Times*, nas políticas de materiais e na estrutura de produto (*BOM – Bill of Material*), é feita a projeção de compras e produção item a item, período a período.
- Cálculo da necessidade de consumo (histórico): realizado através de métodos quantitativos ou qualitativos de previsão (por exemplo, suavização exponencial) que permitirá prever a demanda para determinado material.

Reativos: não utilizam diretamente previsão de demanda para tomada de decisões. A tomada de decisões é função do nível dos estoques no momento desta decisão comparado com parâmetros ou informações do sistema como nível de pedido e/ou estoque máximo. A seguir, uma breve descrição destes modelos, separados em periódicos e contínuos:

Periódicos:

- Revisão periódica: o nível de estoque é observado em intervalos de tempo definidos. Ao chegar no final do período de revisão, compara-se o estoque disponível com o valor do ponto de pedido. Se o primeiro for igual ou inferior ao segundo, é solicitada uma quantidade que iguale o estoque disponível ao estoque máximo.
Observação: O estoque máximo só será atingido se o consumo for nulo durante o *Lead Time*.
- Reposição pelo máximo: trata-se de um caso especial de revisão periódica. Ao chegar no final do período de revisão, é solicitada a quantidade necessária para

atingir o estoque máximo, independentemente do atingimento ou não do ponto de pedido.

- Lote fixo periódico: é usada a mesma lógica da revisão periódica. Caso se verifique que a quantidade chegou ao ponto de pedido, é solicitado uma quantidade de um lote fixo e não o valor para reposição do estoque máximo.

Contínuos:

- Revisão contínua: nesta política o estoque é continuamente monitorado e toda vez que o nível de estoque atinge o ponto de pedido é solicitada a quantidade necessária para repor o nível de estoque máximo. A diferença entre a revisão periódica e a revisão contínua é que na revisão contínua o estoque é repostado toda vez que atinge o nível mínimo, enquanto na revisão periódica o pedido é feito na revisão imediatamente após o atingimento do ponto de pedido.
- Lote fixo contínuo: é usada a mesma lógica da revisão contínua. Caso seja verificado que a quantidade chegou ao ponto de pedido, é solicitado uma quantidade de um lote fixo e não o valor para reposição do estoque máximo.
- Estoque base: a cada saída de material é solicitada a reposição pelo estoque máximo.

Os materiais em análise, que serão ou não consolidados, possuem lote de compra igual ao lote mínimo de fornecimento e modelo de estoque reativo (lote fixo periódico). O comportamento do estoque obedece ao gráfico a seguir:

Figura 2.2: Exemplo do comportamento do estoque de material

2.3 Modelos de localização

Ballou (1999) classifica os métodos de resolução do problema de localização conforme cinco critérios:

- Força direcionadora: o fator mais crítico para o problema terá maior influência no modelo. Por exemplo, os fatores econômicos são importantes quando na análise de localização de fábricas e depósitos. No caso do varejo o principal fator é a receita, enquanto em serviços de emergência (ambulâncias, bombeiros) a acessibilidade deve ser prioritária.
- Número de instalações: existem problemas que envolvem a localização de uma única instalação enquanto outros envolvem a escolha de múltiplas instalações simultaneamente.
- Escolhas contínuas ou discretas: os métodos contínuos são aqueles que procuram todas as possíveis localizações ao longo de um espaço contínuo. Alternativamente, nos modelos discretos pode-se escolher a melhor alternativa dentre locais pré-selecionados por suas características potenciais e são os mais usados na prática para a localização de instalações múltiplas.
- Agregação de dados: problemas de localização normalmente envolvem um grande número de configurações para serem avaliadas. Para controlar o tamanho do problema e obter uma solução, geralmente é necessário agregar dados relacionados para resolver o problema de forma prática. Quanto menor o nível de agregação, melhor a precisão do resultado.
- Horizonte de tempo: os problemas que abordam apenas um período de tempo, por exemplo: um ano, são chamados de estáticos. Aqueles que tratam múltiplos períodos de tempo são conhecidos como dinâmicos.

Além disso, Brandeau; Chiu (1989) também classificam os métodos conforme a técnica empregada para a solução dos modelos. Conforme Martos (2000), pode-se agrupar os métodos em:

- Otimizadores ou exatos: avaliam todas as alternativas e selecionam a melhor; é possível demonstrar matematicamente que a solução encontrada é ótima nas condições definidas pela modelagem.

- Heurísticos: ao invés de garantir uma solução ótima, utiliza-se uma heurística que reduz o processo de busca de soluções para encontrar uma solução satisfatória do problema, economizando-se o tempo de processamento.
- Simulação: com um modelo matemático que apresente os principais fatores que compõem a rede é possível avaliar o desempenho das alternativas em estudo. O modelo, frequentemente, é de natureza estocástica e através de sucessivas simulações é possível obter diversas estatísticas para a tomada de decisão.

Conforme Yoshizaki (2002), para o projeto de redes de distribuição física no nível estratégico, Geoffrion (1976) e Geoffrion; Powers (1995) defendem o uso de otimizadores, pois são tecnicamente viáveis, as empresas possuem dados disponíveis em seus bancos de dados e consegue-se avaliar simultaneamente todos os *trade offs* logísticos em problemas de grande porte.

Ballou (1999) considera a Programação Linear Inteira Mista a metodologia mais popular utilizada nos modelos de localização, pois ao contrário de outros métodos, consegue lidar com custos fixos de maneira ótima e com a alocação da demanda através da rede.

O problema de localização de depósitos é apresentado com diversas variações. Geoffrion; Graves (1974) utilizando a Programação Linear Inteira Mista descreveram, simplificada, um típico problema de localização de depósitos:

“Existem diversos produtos fabricados em diversas plantas com capacidade de produção conhecidas. Existe uma demanda conhecida para cada produto nas regiões de consumo. A demanda deve ser satisfeita pelo envio através dos centros de distribuição, onde cada região de consumo deve ser atendida exclusivamente por um único depósito. Existem limites superior e inferior de capacidade movimentada para os depósitos. As possíveis localizações dos depósitos são informadas. Os custos dos centros de distribuição são expressos através de custos fixos mais um custo variável linear.”

De uma maneira descritiva, o modelo de localização, segundo Ballou (1999), pode ser assim definido:

“Encontre o número, o tamanho e as localizações de armazéns em uma rede logística que minimizarão os custos fixos e variáveis que movimentarão todos os produtos através da rede selecionada sujeito às seguintes condições:

1. O suprimento disponível da planta não pode ser excedido para cada produto.
2. A demanda de todos os produtos deve ser satisfeita.
3. O processamento de cada armazém não pode exceder sua capacidade.
4. Um processamento mínimo de um armazém deve ser alcançado antes que ele possa ser aberto.
5. Todos os produtos para o mesmo cliente devem ser atendidos por um mesmo armazém.”

O modelo em questão tem por base o modelo multiproduto citado por Geoffrion; Graves (1974), com as diferenciações abaixo relacionadas:

- O modelo de Geoffrion; Graves considera todos os produtos passando pelo Centro de Distribuição, não citando a alternativa de alguns produtos saírem diretamente do fabricante para o ponto de demanda.
- O modelo de Geoffrion; Graves considera duas variáveis binárias, uma para garantir atendimento por somente um Centro de Distribuição e outra do tipo abre/fecha Centro de Distribuição. Nesta modelagem não é necessário assegurar que o produto tenha origem em somente um Centro de Distribuição.
- O modelo de Geoffrion; Graves “rastreia” a origem dos produtos, enquanto neste processo de modelagem não é necessário conhecer esta origem.
- O modelo de Geoffrion; Graves tem por base o modelo de transporte.

Adaptando-se o modelo de Geoffrion; Graves (1974) ao caso em estudo, tem-se:

Figura 2.3: Fluxo do modelo

Índices

i	fornecedores
j	pólo consolidador
k	fábrica
p	produtos

Parâmetros

$CapF_{i,p}$ capacidade do fornecedor i produzir o produto p em kg/ciclo.

$DemM_{p,k}$ demanda do produto p na fábrica k em kg/ciclo.

$CapD_j$ capacidade máxima do pólo consolidador j em kg/ciclo.

$MinD_j$ quantidade mínima para abertura do pólo consolidador j em kg/ciclo.

$FixD_j$ custo fixo para abertura do depósito j , em US\$/ciclo.

$CusP_j$ custo variável de transbordo no pólo consolidador j , em US\$/ciclo.

$CusT_{p,i,j,k}$ custo transferência produto p do fornecedor i para o pólo j , em US\$/ciclo.

Variáveis

$TrnT_{p,i,j,k}$ quantidade (em kg/ciclo) transferida do produto p do fornecedor i através do pólo consolidador j para a fábrica (região de demanda) k .

$Y_{j,k}$ variável binária que assume valor um, caso o centro de consolidação atenda o mercado e zero em caso contrário

Z_j variável binária que assume valor um caso o pólo j opere e zero em caso contrário.

O modelo do projeto é dado por:

$$\begin{aligned} & \underset{TrnT, Y, Z}{\text{minimizar}} \sum_i \sum_j \sum_k \sum_p (CusT_{pjk} \times TrnT_{pjk}) + \\ & + \sum_j \left(FixD_j \times Z_j + CusP_j \sum_k \sum_p DemM_{kp} \times Y_{jk} \right) \end{aligned}$$

Restrições:

Capacidade de fabricação do produto p no fornecedor j .

$$CapF_{jp} \geq \sum_j \sum_k TrnT_{pjk}$$

Atendimento da demanda do produto p na fábrica k .

$$DemM_{pk} = \sum_j TrnT_{pjk}$$

Uso de somente um depósito para atender a demanda de uma fábrica.

$$\sum_j Y_{jk} = 1$$

Capacidade e quantidade mínima de operação do pólo consolidador j .

$$Z_j \times MinDj \geq \sum_k \sum_p DemM_{kp} \times Y_{jk} \geq Z_j \times CapDj$$

Não negatividade.

$$TrnT_{pjk} \geq 0 \quad \forall p, \forall i, \forall j, \forall k$$

Variáveis binárias.

$$Z_j \begin{cases} 1, \text{ se o depósito } j \text{ for aberto} \\ 0, \text{ em caso contrário} \end{cases} \quad \forall j$$

$$Y_{jk} \begin{cases} 1, \text{ se o depósito } j \text{ for aberto} \\ 0, \text{ em caso contrário} \end{cases} \quad \forall j, \forall k$$

Restrições lineares de configuração.

Conforme Geoffrion; Graves (1974), restrições lineares de configuração podem ser utilizadas como dispositivo técnico para selecionar projetos de expansão ou redução de capacidade dos centros de distribuição existentes, assegurando que ao menos um Centro de Distribuição será aberto para um determinado local com um determinado nível de atendimento. Um exemplo deste tipo de restrição para um dado de nível de serviço seria:

$$\frac{\left(\sum_k \sum_p Med_{pj,k} DemM_{kp} \times Y_{jk} \right)}{\sum_k DemM_{kp}} \leq T_p$$

onde:

$Med_{p,j,k}$ é o tempo médio de entrega de um pedido do produto p para a região de demanda k através de um Centro de Distribuição j .

T_p é o limite superior para o tempo médio de entrega para um produto.

2.4 Custos logísticos

2.4.1 Conceitos de custos

Neste estudo, são chamados de custos logísticos o que a teoria da contabilidade segregava em custos e despesas, onde os custos são gastos relacionados aos sacrifícios ocorridos nos processos produtivos e as despesas são gastos incorridos no esforço de obter receitas.

Os custos logísticos, segundo o *Institute of Management Accountants* - IMA (1992), *apud* Faria (2003), são definidos como “os custos de planejar, implementar e controlar todo o inventário de entrada (*inbound*), em processo e de saída (*outbound*), desde o ponto de origem até o ponto de consumo”.

Quanto ao relacionamento com o objeto (cliente, produto, regiões ou canais de distribuição), segundo Faria (2003), os custos podem ser classificados em:

- Custos Diretos – aqueles que podem ser diretamente apropriados a cada tipo de objeto, no momento de sua ocorrência, tal como os custos de transportes de processos de entrega, para determinado cliente.
- Custos Indiretos - são os que não se podem apropriar diretamente a cada tipo de objeto no momento de sua ocorrência, tal como os custos com a tecnologia de informação utilizada em um processo logístico que atenda diversos clientes.

Outra análise relevante aos custos da atividade de Logística ocorre em função de seu comportamento diante do volume de atividade:

- Custos Fixos – representam uma grandeza monetária que independe da variação da quantidade no período de tempo. Na Logística, podem ser citados os custos com armazenagem própria, contemplando a depreciação dos ativos logísticos, os gastos com a mão-de-obra mensalista e outros gastos gerais.
- Custos Variáveis - estes custos encontram estreita relação com o volume da atividade, no período de tempo selecionado como objeto de análise. Conhecer os custos variáveis auxilia em muitas decisões de curto prazo, tal como o ajuste do composto de produtos em face das condições operacionais e de mercado existentes.

Em Logística, volume é um fator preponderante, pois se trabalha muito com volumes produzidos, movimentados, transportados, vendidos, distribuídos, etc. A flexibilidade requerida nos sistemas logísticos é enorme. Muitas vezes os volumes oscilam

acentuadamente, sendo este um dos elementos impulsionadores da terceirização por empresas preocupadas em tornar variáveis seus custos fixos.

Para Ballou (1999), além do problema de decidir se um custo é fixo ou variável, determinar o que são custos reais para um embarque particular exige a designação arbitrária de custos, mesmo que os custos totais da operação não sejam conhecidos. A razão é que muitos custos de transporte são indivisíveis. Muitas cargas de tamanhos e pesos diferentes movimentam-se no mesmo transporte. Quanto do custo deveria ser atribuído? Os custos deveriam ser atribuídos com base no peso de cada carga até o total, na proporção de metros cúbicos totais ou em outra base? Não há fórmula simples para a alocação de custos, e os custos de produção em uma base por carregamento permanecem uma questão de julgamento.

2.4.2 Custos financeiros da manutenção de estoques

Um outro tipo de custo, essencial à gestão da Logística, sobretudo, no que tange à questão da manutenção de inventários ou incidentes sobre outros ativos logísticos, é o custo de capital que equivale aos retornos exigidos pelos acionistas da empresa do capital investido.

O custo imputado ou custo de oportunidade é um custo de capital que não é registrado contabilmente, e não implica desembolsos de caixa, pois tem natureza econômica. O custo de oportunidade, de acordo com Martins (2003, p.234), representa o quanto a empresa sacrificou em termos de remuneração por ter aplicado seus recursos numa alternativa ao invés de em outra.

Os custos de capital referem-se ao custo do dinheiro investido no estoque (Ballou, 1999). Podem representar mais de 80% do custo total do estoque, contudo é o mais intangível e subjetivo de todos os custos de manutenção. Primeiramente, o estoque representa uma combinação de recursos a curto e longo prazo, porque alguns estoques podem ser mantidos para satisfazer padrões de demanda de prazo mais

longo. Em segundo, o custo do capital pode variar da taxa de juros principal ao custo da oportunidade do capital.

Segundo Lambert *et al.* (1998), os custos de manter estoques ou custos associados à quantidade estocada, incluem inúmeros componentes de custo e geralmente representam uma das principais parcelas do custo logístico. A magnitude destes custos e o fato dos níveis de estoque estarem sob influência do modelo logístico demonstram a necessidade real de obtenção de dados precisos sobre custos de manutenção de estoques.

2.4.3 Custos de armazenagem

Define-se armazenagem como sendo o conjunto de atividades para manter fisicamente estoques. Requer que sejam solucionadas questões referentes à localização, dimensionamento da área, arranjo físico, alocação dos estoques, projeto de docas e configuração dos armazéns, tecnologia de movimentação interna, estocagem e sistemas.

Uma empresa, segundo Ballou (1999), usa o espaço de armazenagem por quatro razões básicas: (1) para reduzir custos de transportes e de produção; (2) para coordenar oferta e demanda; (3) para auxiliar no processo de produção; e (4) para ajudar no processo de marketing.

Alvarenga; Novaes (1994) ressaltam que os materiais chegam, muitas vezes, aos armazéns, em pequenas quantidades, vindos de pontos geográficos variados. Uma vez no depósito, torna-se necessário preparar carregamentos completos para outros pontos da rede logística. O processo de juntar cargas parciais provenientes de origens diversas, para formar carregamentos maiores, é chamado de consolidação. A desconsolidação é o processo inverso da consolidação, em que carregamentos maiores são desmembrados em pequenos lotes para serem encaminhados a destinos diferentes.

Uma análise logística deve encontrar o *trade off* ótimo entre custos de armazenagem e distribuição, o que leva algumas empresas a adotarem o conceito de Centro de Distribuição. Gurgel (2000) define que os Centros de Distribuição são armazéns que devem ficar em áreas de fácil acesso, tanto para transportes provenientes das fábricas como para caminhões de distribuição urbana.

A armazenagem pode ser geral (ou pública), própria ou terceirizada. Os benefícios que podem ser alcançados por uma empresa que utiliza armazenagem geral em vez da própria, de acordo com Lambert *et al.* (1998, p.271), são: (1) conservação do capital; (2) capacidade de aumentar o espaço do armazém para acomodar exigências de pico; (3) risco menor; (4) economias de escala; (5) flexibilidade; (6) vantagens fiscais; (7) conhecimento dos custos de armazenagem e movimentação; e (8) minimização de causas trabalhistas. Os autores complementam que, quando um fabricante usa um armazém público, sabe com precisão seus custos de armazenagem, já que recebe uma conta mensalmente. O fabricante pode, também, prever custos para níveis diferentes de atividade, pois eles são conhecidos de antemão.

2.4.4 Custos existentes na decisão de localização

Para Ballou (1999), encontrar instalações fixas ao longo da rede logística, dá formato, estrutura e forma ao sistema logístico inteiro (abastecimento, planta e distribuição). A decisão de localização é de significativa importância à empresa, pois representa a estratégia básica de acesso aos clientes que repercute em vendas, custos e nível de serviço ao cliente, devendo ser determinada pela otimização dos custos de produção, tributos, custos de distribuição, restrições de produção, custos de transporte, armazenagem, etc.

Lambert *et al.* (1998) afirmam que, seja em instalações próprias ou alugadas, a localização de fábricas e ou armazéns (instalações de armazenagem) é de grande importância, e essa localização estratégica perto dos mercados das empresas pode

melhorar o nível de serviço ao cliente e permitir custos menores de transporte entre a fábrica e o armazém, entre as plantas ou entre o armazém e o cliente.

Bowersox; Closs (2001), por sua vez, acreditam que o transporte oferece o potencial de unir localizações de produção, armazenagem e venda, geograficamente dispersas, criando um sistema integrado. Em sentido mais amplo, as instalações incluídas no sistema logístico compreendem todas as localizações, nas quais os materiais, estoques de produtos em processo ou de produtos acabados são armazenados.

O problema de planejamento da localização consiste em minimizar o montante dos custos relevantes (custos de obtenção, custos fixos, de manuseio, de estocagem em armazéns, custos de manutenção de inventário, impostos e seguros), sujeitos às restrições de serviço ao cliente e da qualidade das instalações. Se a relação entre as receitas e o serviço ao cliente pode ser estimada, o objetivo de otimizar o resultado econômico pode ser apropriado.

2.4.5 Custos e restrições de capacidade de um Centro de Distribuição

No processo de modelagem foram estabelecidos limites superior e inferior para a capacidade de operação dos Centros de Distribuição. O gráfico a seguir mostra o crescimento do custo de operação de um depósito ou armazém. Observa-se uma linearidade da curva entre os limites inferior e superior da capacidade. Acima do limite superior, o custo operacional sofre um acréscimo bastante elevado a cada incremento no volume movimentado. Abaixo do limite inferior, o custo operacional decresce de forma não linear, porém, a operação não se justifica economicamente.

Estes limites podem ser utilizados no processo de modelagem como restrições de capacidade, onde o limite inferior pode ser utilizado para impedir que uma instalação opere sem um nível aceitável de atividades e o limite superior para garantir uma operação dentro de padrões de normalidade (Love *et al.*, 1988). Na prática, facilmente se observa esta curva, principalmente o limite superior. Quando um

depósito atinge este ponto, não significa o atingimento do limite físico da capacidade, porém a operação passa a ficar conturbada, com dificuldades nos aspectos de arrumação e na movimentação dos materiais e uma das conseqüências, por exemplo, é o aumento do número de avarias e extravios.

Figura 2.4: Crescimento do custo de operação de um Centro de Distribuição (curva S “achatada”)

Fonte: Geoffrion; Graves, 1974.

2.5 Logística Internacional e regimes aduaneiros

2.5.1 Logística Internacional

Legislação:

Para o desenvolvimento deste trabalho, fez-se necessário o estudo da legislação brasileira aplicada ao comércio internacional. Destacam-se:

- Decreto nº 4.543 que regulamenta a administração das atividades aduaneiras, e a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior de 26 de dezembro de 2002. Substituiu o antigo Decreto nº 91.030, Regulamento Aduaneiro.

- Comunicado DECEX nº 21/97 referente a Consolidação das normas do regime de *Drawback* de 11 de junho de 1997.
- Comunicado DECEX nº 02/00 que altera os títulos 3, 5, 6, 19, 20, 21, 25, 26 e 27 do Comunicado DECEX no 21, de 11 de julho de 1997, 21 de janeiro de 2000.
- Decreto Lei nº 2.404 que aborda Adicional ao Frete para a Renovação da Marinha Mercante de 23 de dezembro de 1987.
- Instrução Normativa SRF nº 189 que trata do RECOF, Regime Aduaneiro Especial de Entrepósito Industrial sob Controle Informatizado para a Indústria Aeronáutica de 9 de agosto de 2002.
- Portaria nº 219/GC-5 onde são fixadas as Tarifas Aeroportuárias de Armazenagem e de Capatazia emitida pelo Comando da Aeronáutica em 27 de março de 2001.
- Lei nº 7.920 que cria o Adicional de Tarifa Aeroportuária, emitida pela Presidência da República em 12 de dezembro de 1989.
- Decreto nº 48.115 (do Estado de São Paulo) que introduz alterações no Regulamento do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestações de Serviços – RICMS emitido em 26 de setembro de 2003.

Em capítulo específico são especificados os impactos de cada documento sobre os custos logísticos de importação e exportação.

Convém ressaltar que algumas alíquotas de impostos (Imposto de Importação II) encontram-se especificadas na Tarifa Externa Comum que se apóia na Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), elaborada com base em sistema harmonizado e detalha as mercadorias e respectivas classificações fiscais, satisfazendo os interesses dos países que compõem o Mercosul.

Câmbio

Segundo Bizelli; Barbosa (1997), a compra e venda de moedas estrangeiras no Brasil não é livre. O mercado cambial é monopolizado pelo Banco Central do Brasil e

operado somente por estabelecimentos autorizados pelo órgão. Essas operações de compra e venda de moedas estrangeiras realizada entre uma pessoa ou empresa e um estabelecimento autorizado são formalizadas através de um contrato de câmbio.

No que concerne às importações brasileiras, estas podem ser com ou sem cobertura cambial. Deve-se entender como cobertura cambial o pagamento ao exterior do preço da mercadoria, mediante a contratação de câmbio. Inversamente, nas operações conduzidas sem cobertura cambial, não há pagamento da mercadoria ao exterior, ou, se houver, é feito em moeda nacional, quando autorizado.

Incoterms:

No caso dos materiais importados, a cadeia envolve todas as atividades logísticas, do fornecedor no exterior até a fábrica no país importador. Os fornecedores em seu país de origem, dependendo dos termos de negociação (*Incoterms*), podem ou não “embutir” em seus preços, além dos materiais, os custos logísticos, os custos de transportes e desembarços, até a chegada do material à empresa compradora e, posterior, agregação no valor dos materiais no estoque.

Segundo Reis (2001):

“A transferência de mercadorias entre países é uma atividade de risco, exigindo conhecimento abrangente das fases envolvidas no processo e cuidados especiais na sua realização. Uma das dificuldades encontra-se na fixação das bases dos contratos internacionais de venda de mercadorias, principalmente no tocante à divisão de responsabilidades, quanto a riscos e custos logísticos, entre o vendedor (exportador) e o comprador (importador)”.

Como se observa no comentário anterior sobre a fixação das bases dos contratos internacionais, a definição do *Incoterm* – termo de comércio internacional negociado, impacta os custos logísticos. Uma empresa pode comprar, globalmente, sob várias condições, observadas a seguir.

Figura 2.5: Pontos onde cessam os riscos do vendedor (*Incoterms*)

Fonte: Reis (2001).

Obs.: As siglas acima encontram-se descritas na lista de abreviaturas e siglas.

2.5.2 Regime aduaneiro especial de *Drawback*

O benefício de *Drawback* pode ser definido como um incentivo à exportação e compreende a suspensão, isenção, ou restituição de tributos incidentes na importação de mercadoria utilizada na industrialização de produto exportado ou a exportar. Esses impostos compreendem o Imposto de Importação (II); o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI); o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre a Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), conforme definido pelos Estados e Distrito Federal, incluindo no âmbito do Confaz; o Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM). As importações amparadas no regime não estão sujeitas ao exame de similaridade nem à obrigatoriedade de transporte em navio de bandeira brasileira.

Entende-se por industrialização qualquer operação que modifique a natureza, o funcionamento, o acabamento, a apresentação ou a finalidade do produto, ou o aperfeiçoamento para consumo, tais como a transformação, ou seja, a obtenção de espécie

nova; o beneficiamento que modifica o acabamento do produto; a montagem, reunião de produtos que resulta em um novo produto; a renovação ou recondicionamento de produto para utilização; e o acondicionamento ou recondicionamento que altere a apresentação do produto.

O regime de *Drawback* engloba a modalidade de isenção de tributos incidentes na importação de mercadoria destinada à reposição de mercadoria anteriormente importada utilizada na industrialização de produto exportado, sendo concedida a quantidade e qualidade equivalentes, ou ainda para importação de mercadoria equivalente, desde que devidamente justificada e tendo obedecido aos respectivos coeficientes técnicos de utilização.

A legislação prevê três modalidades de aplicação de *Drawback*:

- Suspensão;
- Isenção;
- Restituição.

Na modalidade de suspensão, o benefício é aplicado sob a forma de suspensão do pagamento de tributos devidos sobre importação de mercadoria a ser exportada após beneficiamento ou destinada a fabricação, complementação ou acondicionamento de outra a ser exportada.

Nesta modalidade, o regime compreende a suspensão do:

- Imposto de Importação (II);
- Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI);
- Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS);
- Adicional de Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM).

O benefício é concedido pela Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, mediante Ato Concessório.

O Ato Concessório é para a importação de mercadoria destinada à industrialização de bem de capital de longo ciclo de produção e o prazo de validade do Ato Concessório de *Drawback* deverá ser compatível com a industrialização e exportação do produto, prorrogável, até o limite de 5 (cinco) anos.

Na modalidade de isenção, a empresa terá direito a importar a mesma quantidade e qualidade de insumos empregados na produção de um produto comprovadamente já exportado. Trata-se de uma reposição de estoque. Se essa nova mercadoria importada for utilizada em produto exportado, a empresa poderá fazer nova importação com o benefício de isenção e assim sucessivamente.

Nesta modalidade, o regime compreende a isenção do:

- Imposto de Importação (II);
- Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI);
- Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM).

O benefício é concedido pela SECEX mediante Ato Concessório, e, no processo de habilitação, somente poderá ser utilizada Declaração de Importação com data de registro não anterior a 2 (dois) anos da data de apresentação do respectivo pedido de *Drawback*.

O embarque da mercadoria para o exterior deve ser efetuado no prazo máximo de um ano, contado da data de emissão do Ato Concessório de *Drawback*. Poderá ser solicitada prorrogação do prazo de validade do Ato Concessório, desde que devidamente justificado e examinadas as peculiaridades de cada caso, respeitado o limite de 2 (dois) anos da data de sua emissão.

A modalidade de restituição refere-se à devolução total ou parcial de tributos que incidiram sobre a importação anterior de mercadoria que venha a ser exportada após beneficiamento ou que seja utilizada na fabricação, complementação ou acondicionamento de outra mercadoria exportada.

O regime compreende a restituição do:

- Imposto de Importação (II);
- Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI).

Deve-se ressaltar que a devolução dos tributos é concedida sob a forma de crédito fiscal à importação no valor recolhido por meio da Declaração de Importação, a ser utilizado em qualquer importação posterior.

O texto da legislação pertinente também tece as seguintes considerações gerais:

1. O Regime de *Drawback* poderá ser concedido a empresas industriais, agroindustriais ou comerciais. Devem ser observadas as seguintes proporções:
 - Relação Importação x Exportação: 40% importado e 60% nacional;
 - Perda: máximo 5%.
2. Em operações especiais, a isenção poderá ser concedida nos seguintes casos:
 - *Drawback* genérico, exclusivo na modalidade suspensão, que se caracteriza pela discriminação genérica da mercadoria a importar e o seu respectivo valor.
 - *Drawback* sem cobertura cambial, também exclusivo na modalidade suspensão e que se caracteriza pela não cobertura cambial, parcial ou total, da importação.
 - *Drawback* solidário, exclusivo na modalidade suspensão e que é caracterizado pela participação solidária de uma ou mais empresas industriais.
 - *Drawback* intermediário, concedido para suspensão e isenção e é definido pela importação de mercadorias destinada a processo de industrialização de produto intermediário a ser fornecido a empresas industriais exportadoras, para emprego na industrialização de produto final destinado à exportação.

- *Drawback* para embarcação, concedido para suspensão e isenção que se caracteriza pela importação de mercadoria destinada a processo de industrialização de embarcação para fins de venda no mercado interno.
- *Drawback* para fornecimento no mercado interno, para a modalidade suspensão e é caracterizado pela importação de matéria-prima, produto intermediário e componente destinados a processo de industrialização, no país, de máquinas e equipamentos a serem fornecidos no mercado interno, em decorrência de licitação internacional.
- *Drawback* para reposição de matéria-prima nacional, exclusivo na modalidade isenção e que se define pela importação de mercadoria para reposição de matéria-prima nacional utilizada em processo de industrialização de produto exportado.

O benefício poderá ser concedido à operação que se caracterize como industrialização. Entretanto, não assegura a obtenção de cota de importação ou de exportação para produtos sujeitos a contingenciamento, bem como não exige a importação e a exportação da anuência prévia de outros órgãos, quando necessário.

Para operar no regime de *Drawback*, as empresas deverão estar habilitadas a operar em comércio exterior nos termos, limites e condições estabelecidos na legislação pertinente. Este poderá ser concedido a empresas industriais ou comerciais.

O Ato Concessório do mesmo será emitido em nome da empresa comercial que enviará a respectiva mercadoria, por sua conta e ordem, a um estabelecimento para industrialização, devendo a exportação do produto ser realizada pela detentora da concessão de Regime.

As mercadorias importadas amparadas pelo regime de *Drawback* englobam as utilizadas no processo de industrialização de produto a exportar ou exportado; as partes, peças, aparelhos e máquinas quando complementares de aparelhos ou equipamentos a exportar ou exportados; as destinadas a embalagem desde que não se caracterizem como embalagem para transporte; os animais destinados ao abate e a

posterior exportação; a matéria-prima que seja consumida no processo industrial; as utilizadas no processo de industrialização de embarcação para o mercado interno; as matérias-primas destinadas a processo de industrialização de máquinas a serem fornecidas no mercado interno, em razão de licitação internacional; e as destinadas a reposição de matéria-prima nacional utilizada no processo de industrialização de produto exportado.

2.5.3 Regime RECOF

O regime RECOF (Regime Aduaneiro de Entrepasto Industrial sob Controle Informatizado) foi instituído pela Secretaria da Receita Federal em Dezembro de 1997 e visa proporcionar ganhos de custo e tempo no processo aduaneiro, possibilitando a suspensão/isenção de impostos juntamente com uma grande agilidade no processo logístico. A suspensão dos impostos incidentes na importação, mesmo que o produto não seja exportado e nem mesmo industrializado, criou flexibilidade e vantagem competitiva jamais vistas em nenhum outro regime aduaneiro especial, em função de gerar uma vantagem financeira importante para o fluxo de caixa das empresas.

Em sua primeira versão o RECOF foi direcionado para atender aos segmentos das indústrias de Informática e Telecomunicações, identificando os insumos (classificados pela NCM - Nomenclatura Comum do Mercosul) que poderiam compor os produtos a serem fabricados no país com suspensão dos tributos. A segunda versão do RECOF foi instituída em Agosto de 2.002, atendendo a indústria Aeronáutica e a terceira em Dezembro de 2.002 atendendo ao segmento da indústria Automotiva.

Apesar de cada modalidade ter suas características próprias, em âmbito geral pode-se mencionar que as empresas capazes de desfrutar do regime são as que:

- Realizam processos de industrialização, montagem ou transformação.
- Tenham idoneidade fiscal.

- Exportam ou participam de cadeia produtiva exportadora.
- Assumam compromisso de limite mínimo de exportações, de acordo com a modalidade de seus negócios.
- Possuam software de controle que atenda as exigências da SRF – RECOF Sys.
- Tenham patrimônio líquido superior a R\$ 2 milhões.

Franceschini Neto (2003) cita que alguns estudos sobre os regimes aduaneiros especiais já foram feitos e todos indicam o brasileiríssimo regime RECOF (apelidado de alfândega virtual) como o mais moderno e flexível de todos os existentes no mundo. Nem o regime de Admissão Temporária de vários países da América do Sul, nem o FTZ (*Free Trade Zone*) dos Estados Unidos da América, nem a magnitude das empresas *maquiladoras* de alguns países da América Central faz frente aos benefícios que o regime RECOF traz para as empresas instaladas aqui no Brasil.

O pilar básico do regime RECOF é a confiança que a Receita Federal coloca na empresa habilitada. Essa confiança permite que a empresa realize processos de liberação sem a inspeção da Receita Federal nas áreas de desembaraço, tendo assim todos os processos sempre parametrizados no canal verde, bem como a possibilidade de importar as mercadorias com suspensão dos impostos. Esses impostos somente serão pagos no momento da venda do produto final, mesmo que seja vendido no mercado local. Estima-se que todos esses benefícios podem levar a empresa a ter um ganho de 2% a 6% do total importado, conforme a operação.

A Receita Federal vem nos últimos anos se informatizando. Seguindo essa tendência, a confiança na empresa habilitada é embasada, dentre outros pontos, na apresentação de um controle informatizado possibilitando a auditoria remota de todo o fluxo das mercadorias importadas sob o regime RECOF. Esse controle informatizado consiste em um sistema totalmente integrado aos principais sistemas corporativos como, por exemplo, os módulos de compras, comércio exterior, recebimentos, inventário, produção, vendas e contabilidade, permitindo ao controle informatizado do RECOF prover relatórios pela internet das principais informações sobre a operação da empresa para a auditoria remota por parte da Receita Federal.

Segundo Portugal (2003), além de prover consultas em tempo real para a Receita Federal, esse controle informatizado é também responsável por todo o controle operacional sobre o regime RECOF, fornecendo funcionalidades que realizarão o controle do prazo de permanência no regime, controle da estrutura de produção, controle dos processos de perdas no processo produtivo verificando a necessidade ou não do pagamento dos impostos, controle dos processos administrativos de destruição e apurar o pagamento ou não de todos os impostos suspensos devido à importação sob o regime. Desta maneira o governo brasileiro demonstra sua capacidade e eficiência no que tange a regimes aduaneiros especiais e seus controles informatizados, facilitando a vida das empresas, através da eliminação da burocracia inerente ao processo e da significativa redução de custos, bem como sua própria, por meio da possibilidade da realização de todos os controles sem a necessidade da presença física dos fiscais, acessando sistemas computacionais pela internet.

2.5.3.1 Recof Aeronáutico

O Regime Aduaneiro Especial de Entrepasto Industrial sob Controle Informatizado para a Indústria Aeronáutica é concedido pela Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda e foi instituído pela Instrução Normativa SRF nº 189, de 09/08/2002.

Este regime permite importar ou adquirir, no mercado interno, mercadorias a serem submetidas a operações de industrialização de produtos destinados a exportação, com a suspensão do Imposto de Importação (II) e do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI).

As referidas operações de industrialização limitam-se às modalidades de montagem de aeronaves e de equipamentos e instrumentos de uso aeronáutico; a transformação, beneficiamento e montagem de partes, peças e componentes utilizados na produção e montagem de instrumentos de uso aeronáutico; e, ainda, poderão estar inclusos neste

regime as mercadorias que serão aplicadas no desenvolvimento de produtos da indústria aeronáutica; os produtos da indústria aeronáutica que serão submetidos a operações de renovação, recondicionamento, reparo e manutenção; e os produtos da indústria aeronáutica que serão submetidos a testes de funcionamento.

Para uma empresa operar em regime de Recof é necessária prévia habilitação na Secretaria da Receita Federal (SRF); possuir uma idoneidade fiscal reconhecida; ter um patrimônio líquido igual ou superior a dois milhões de reais; ter uma autorização para exercício da atividade expedida por uma autoridade aeronáutica competente; e possuir um sistema informatizado de controle de entrada e saída de mercadorias; e de registros de documentação; e com acesso permanente à SRF. Agora, no caso de empresa industrial de aeronaves e produtos de uso aeronáutico, essa deverá ainda comprometer-se a realizar operações de exportação com valor mínimo anual equivalente a vinte milhões de dólares americanos; e aplicar, no mínimo, 80% das mercadorias importadas na produção de bens que industrialize. A empresa industrial poderá ainda solicitar a habilitação conjunta ao regime de fornecedor industrial fabricante de partes, peças e componentes para sua linha de produção.

A exportação da mercadoria, admitida sob regime de RECOF, deve ser efetuada no prazo máximo de um ano prorrogável por mais um.

2.5.4 Comparação entre os regimes

As vantagens do regime Recof em comparação ao regime *Drawback* são:

- ➔ Permite destinar sem transformação até 20% do valor importado anualmente, para exportação ou mercado interno.
- ➔ Não há limitação de valor para importação.
- ➔ Suspensão de impostos para todos os insumos elegíveis, não somente para os destinados à exportação.
- ➔ Definição de quantidade destinada à exportação *a posteriori*.
- ➔ Elimina burocracia (ato concessório, licença técnica, comprovações, etc.).

- ➔ Facilita o trânsito de produtos com os fornecedores, através da eliminação da necessidade de *Drawback* intermediário.
- ➔ Admite tolerância de perdas no processo produtivo (*scrap* isento).
- ➔ Não exige segregação física dos produtos importados sob o regime.
- ➔ Processo de importação mais rápido (sempre canal verde) que proporciona a redução do ciclo aduaneiro de desembaraço de 5 dias para 6 horas e, conseqüentemente, a redução das despesas de armazenagem em zona aduaneira.
- ➔ Controle por somente um órgão do Governo Federal (Receita Federal), sem o envolvimento do Decex.

Dentre as desvantagens do Recof em relação ao *Drawback*, destacam-se:

- ➔ Os custos de implantação do regime, que exigem altos investimentos em sistemas de informação e na adequação das operações.
- ➔ Tornar disponível à Receita Federal informação *on line* sobre todos os materiais estocados ou em processo.

Neste capítulo, procurou-se apresentar resumidamente toda bibliografia analisada para elaboração desta dissertação. Esta análise é iniciada com o planejamento estratégico da rede logística e os modelos de estoque utilizados como critério para seleção dos materiais. Na análise dos modelos de Pesquisa Operacional enfocou-se os modelos de localização e também a metodologia do processo de modelagem.

O material bibliográfico que trata sobre custeio de materiais e custos logísticos, conceitos de logística de material e a legislação referente aos regimes aduaneiros, também foi apresentado.

No capítulo a seguir, apresentar-se-á informações bibliográficas e descrição do mercado de aviação civil, da indústria aeronáutica e da cadeia de suprimentos nesta indústria, com o objetivo de compreender as características e peculiaridades da mesma.

3 A INDÚSTRIA DA AVIAÇÃO CIVIL

Neste capítulo será brevemente conceituado o mercado de aviação civil, apresentando as características das empresas de transporte aéreo e dos fabricantes de aeronaves, bem como algumas tendências deste mercado, tendo o intuito de desenvolver um entendimento da Cadeia de Suprimentos de uma empresa produtora de aeronaves, introduzindo os ciclos, as modalidades de fornecimento, os desafios logísticos e as características peculiares próprias deste tipo de mercado.

A bibliografia referente a este capítulo foi obtida principalmente em instituições e agências internacionais que tratam do transporte aéreo tais como ICAO e IATA, e entidades como FMI e *U. S. Census Bureau*, além de alguns *sites* especializados em programação de vôos e mercado de aeronaves. Material técnico também foi obtido em publicações editadas por consultorias privadas, porém tomou-se o cuidado em verificar as informações ali divulgadas. Materiais de treinamentos internos realizados na empresa em questão também serviram como referência.

3.1 O transporte aéreo e a indústria aeronáutica

3.1.1 Caracterização

O transporte aéreo é uma indústria cíclica altamente sensível a flutuações na economia, que requer o uso intensivo de capital e mão-de-obra para aquisições, operação e manutenção de aeronaves, e, por possuir ciclos logísticos muito longos, requer economia de escala (Wells, 1984) e respostas rápidas ao crescimento ou retração do mercado, incluindo a alta competitividade entre as companhias aéreas.

A necessidade de respostas rápidas ao mercado conflita com os ciclos de entrega de novas aeronaves que, geralmente, são longos. Esta característica exige uma antecipação de demanda e, conseqüentemente, de compras por parte das companhias aéreas.

3.1.2 Distribuição das aeronaves

Por meio da figura, a seguir, pode-se verificar que mais de 60% das aeronaves comerciais encontram-se nos Estados Unidos da América e Europa. Conseqüentemente, os estudos realizados se concentram nestas regiões, pois também se encontram os maiores centros de estudo para este mercado.

Figura 3.1: Distribuição mundial da frota de aeronaves

Fonte: www.oag.com.

Obs.: A denominação *Single* e *Twin Aisle* referem-se à aeronaves com um ou dois corredores centrais respectivamente. Um exemplo de uma aeronave *Single Aisle* é o Boeing 737 e uma *Twin Aisle* seria o Boeing 747.

3.1.3 Indicadores de nível de atividades do transporte aéreo

Os indicadores de crescimento comumente utilizados para avaliar o desempenho de companhias aéreas são os seguintes:

- ➔ RPK (*Revenue Passenger Kilometer*) – Faturamento Passageiro Quilômetro, refere-se ao número de quilômetros voados pelos passageiros pagantes;
- ➔ ASK (*Available Seat Kilometer*) – Assentos Disponíveis por Quilômetro, referente ao número de assentos disponibilizados aos passageiros por quilômetro voado;
- ➔ Índice de ocupação (*Load Factor*), referente ao RPK dividido pelo ASK.

3.1.4 Histórico e ciclos de crescimento

O crescimento do tráfego aéreo está relacionado com o crescimento do Produto Interno Bruto (Banfe, 1992, p. 198). Desde a década de 80 este crescimento tem sido maior que o do Produto Interno Bruto mundial, porém a diferença vem decaindo ao longo dos anos. Na economia mundial, estudos conduzidos pelo *The McKinsey Quarterly, Airline monitor* (Costa *et al.*, 2002) confirmaram esta correlação. O gráfico a seguir, verificado pelo autor, demonstra as taxas de crescimento do PIB mundial comparadas com o RPK.

Figura 3.2: Taxas de crescimento do PIB, RPK mundial e vegetativo

Fontes:

PIB: Fundo Monetário Internacional.

RPK: IATA, *apud* Hättö.

Crescimento vegetativo: *U. S. Census Bureau*.

Essa variação no crescimento do transporte aéreo fica mais clara quando se leva em consideração que a indústria do transporte aéreo apresenta ciclos de crescimento muito semelhantes aos ciclos da economia mundial e da norte-americana, sendo estes compostos de fases distintas, que apresentam momentos de picos com crescimento elevado e variações de quedas, brandas e acentuadas, voltando em outro período a retomar o crescimento, conforme especificado nos gráficos a seguir:

Figura 3.3: Ciclos do transporte aéreo

Segundo estes levantamentos, o crescimento do transporte aéreo apresenta alguns ciclos que foram identificados da seguinte maneira:

1 – Bolha:

Nesta etapa do ciclo ocorre um pico de rentabilidades com altos faturamentos e RPK crescente. Os lucros começam a cair devido a ações trabalhistas que elevam os custos. Um novo pico de pedidos de aeronaves ocorre aproximadamente um ano após os maiores lucros.

2 – Colapso (ou *crash*):

Nesta fase o crescimento interno bruto é reduzido, os faturamentos caem e as linhas aéreas tentam manter o *market share*; e ocorre uma redução drástica dos lucros. E ainda, pedidos de novas aeronaves são cancelados ou adiados, e as aeronaves pedidas na fase “bolha” chegam às companhias aéreas.

3 – Estabilização:

Nesta fase do ciclo o Produto Interno Bruto se recupera e ocorre elevação do RPK (faturamento passageiro quilômetro). Medidas de redução de custos aliviam as perdas, entretanto, as entregas de novas aeronaves proporcionam um excesso de capacidade. Os lucros continuam apresentando queda.

4 – Retomada:

Nesta fase há um forte crescimento econômico que alimenta a demanda; os lucros sobem com o aumento de rendas e os custos estabilizam. A capacidade é equilibrada com a redução nas entregas de novas aeronaves e ressurgem a disciplina dos preços.

Exemplificando o especificado anteriormente, segue gráfico ilustrando os ciclos ocorridos nas décadas de 70, 80 e 90 neste mercado, mostrando a variação do lucro operacional e do lucro líquido, sendo possível visualizar as quatro etapas descritas.

Figura 3.4: Comportamento do lucro das companhias aéreas

Fontes:

OAG, Back Aviation Solutions.

Fundo Monetário Internacional.

Costa et al., Rethinking the aviation industry.

No ciclo da década de 90, o impacto para os fabricantes de aeronaves das perdas sofridas pelas companhias aéreas foi agravado pelo final da guerra fria e o colapso da União Soviética, que provocou uma profunda redução no orçamento para desenvolvimento de aeronaves de defesa, bem como as quantidades de aeronaves a serem adquiridas nestes programas, pelo Departamento de Defesa do governo dos Estados Unidos da América (Perrons, 1997).

3.1.5 Características da indústria aeronáutica e as estratégias governamentais

A indústria aeronáutica possui características que a distingue de outros setores da economia (Perrons, 1997). Estas características são:

- ➔ Pequena base de clientes: atualmente existem menos de 100 (cem) grandes companhias aéreas, que adquirem poucas unidades por ano.

- Baixo volume de produção: enquanto algumas indústrias produzem, anualmente, dezenas de milhares de produtos, a indústria aeronáutica produz um volume bem mais reduzido, como por exemplo, a Boeing, que em 2003 entregará 280 aeronaves comerciais (Boeing, 2002).
- Necessidade intensiva de capital: devido a esta característica, existem neste mercado poucos montadores e fabricantes de componentes de maior complexidade.
- Arquitetura dos componentes: uma aeronave possui uma arquitetura “integral” de seus componentes. Isto significa que o projeto do produto deve ser integrado entre a montadora e seus fornecedores para desenvolvimento dos sistemas. Um exemplo oposto da arquitetura integral é a modular, como por exemplo, um microcomputador que pode-se adquirir uma CPU de um fornecedor, *hard disk* de outro e *CD player* de um outro fornecedor, sem necessidade de uma integração entre esses fornecedores.
- Importância do conteúdo tecnológico: nenhum produto comercial possui tanto refinamento das técnicas de metalurgia, eletrônica e computação como uma aeronave a jato. Esta característica é mais acentuada no mercado de defesa, onde o alto nível de sofisticação e inovação de equipamentos, muitas vezes são desconhecidos para outros setores da economia.
- Criticidade dos equipamentos: os equipamentos aeronáuticos não podem falhar, pois facilmente podem levar a catástrofes e perdas de vidas humanas. Os fabricantes de aeronaves e componentes devem obedecer a uma série de regras de segurança e qualidade de seus produtos.

Um outro aspecto importante da indústria aeronáutica é o fato de estar ligada a estratégias de desenvolvimento dos países fabricantes deste tipo de equipamento. O produto, além do alto valor agregado, envolve alta tecnologia durante o projeto e produção. Segundo Reed (2003), publicado no *Washington Times*, a venda de aeronaves é notoriamente um negócio complexo. Existem compensações, acordo de co-produção, transferência de tecnologia, subsídios governamentais escondidos, devoluções e estranhos acordos de arrendamento. Os governos dão importância porque se tratam de grandes valores, balanços de pagamentos e prestígio nacional.

Além dos aspectos tecnológicos, este tipo de indústria necessita de apoio governamental para negociação em organismos internacionais de comércio, tipo OMC (Organização Mundial do Comércio) para solução de disputas comerciais e de linhas de financiamento para venda de seus produtos.

3.1.6 O mercado de jatos regionais

A empresa em questão atua na fabricação de jatos regionais. O mercado de aviação regional passou por grandes modificações a partir da década de 90 com o surgimento dos jatos regionais. Este tipo de aeronave influenciou o crescimento da aviação regional na última década, em função do conforto oferecido aos passageiros, quando comparado com as aeronaves turbo-hélice e também da acentuada utilização dos conceitos de *hub-spoke* que multiplicou a possibilidade de locais atendidos, com a utilização destes aviões para transporte de passageiros de diversas cidades para um aeroporto maior, onde são realizadas conexões para outras localidades.

A seguir, algumas figuras ilustrando a evolução dos jatos regionais nos mercados norte-americano e europeu, comparando-se os anos de 1995 e 2002.

Presença dos jatos regionais – EUA

Figura 3.5: Presença de jatos regionais - EUA

Fonte: www.backaviation.com (ERJ-145/140/135, CRJ-100/200, 328Jet routes).

Presença jatos regionais - Europa

Figura 3.6: Presença de jatos regionais - Europa

Fonte: www.backaviation.com (ERJ-145/140/135, CRJ-100/200, 328Jet routes).

Atualmente, a utilização do conceito de *rightsizing*, que trata do dimensionamento da aeronave conforme a demanda da rota e do horário, ajustando o porte da aeronave corretamente ao mercado atendido, também contribuiu com o incremento da demanda por jatos regionais. A seguir, é mostrado um quadro ilustrando o atendimento da demanda em uma rota regional no mercado norte-americano. Observa-se que nos horários de maior movimento (início e final do dia) são utilizadas aeronaves de maior porte, enquanto que, nos demais horários, são utilizadas aeronaves regionais.

From Tulsa, Oklahoma, USA To Dallas\Fort Worth, Texas, USA Date/Time 2/06/2002 – 06:00a					Airlines: AA
Days	Flight	Depart	Arrive	Eqp	Stop	Durat		
Daily	AA 535	7:05a	TUL 8:18a	DFW 100	0	01:13		
Daily	AA 1215	8:35a	TUL 9:52a	DFW 757	0	01:17		
xSaSu	AA*3654	9:10a	TUL 10:25a	DFW ERJ	0	01:15		
xSu	AA 2033	10:11a	TUL 11:26a	DFW M80	0	01:15		
xSu	AA*3726	11:00a	TUL 12:10p	DFW ERJ	0	01:10		
xSa	AA*3828	1:30p	TUL 2:45p	DFW ERJ	0	01:15		
xSa	AA*3660	2:30p	TUL 3:40p	DFW ERJ	0	01:10		
Daily	AA 1821	4:32p	TUL 5:45p	DFW M80	0	01:13		
xSa	AA*3534	5:45p	TUL 6:55p	DFW ERJ	0	01:10		
xSa	AA*3736	6:20p	TUL 7:35p	DFW ERJ	0	01:15		

Figura 3.7: Horários e aeronaves

Fonte: Moreira *et al.* (2003).

Rota: Tulsa (Oklahoma) – Dallas (Texas)

Descrição dos equipamentos (7ª coluna “Eqp”):

100 – Fokker 100 - 108 lugares

757 – Boeing 757 - 176 lugares

M 80 – Boeing MD 80 - 129 lugares

ERJ – Embraer 145 – 50 lugares

3.1.7 Tendências da indústria aeronáutica

A indústria aeronáutica vem apresentando algumas tendências como, por exemplo, o sistema *pay by the hour*. Este tipo de contrato iniciou-se com os sistemas de propulsão e atualmente já é observado também nos equipamentos de avionica (controles eletrônicos da aeronave) (Thurber, 2003). Este tipo de contrato se justifica devido aos sistemas de uma aeronave estarem cada vez mais integrados e complexos e exigindo uma manutenção extremamente especializada. Para estes tipos de sistemas os contratos de manutenção tipo *pay by the hour* passa a ser vantajoso.

Concorrências nesta modalidade para toda a aeronave poderão surgir, onde a companhia aérea utiliza sua tripulação e remunera o fabricante pelas horas em que determinado equipamento ficou disponível à operação, ficando toda a manutenção por conta do fabricante e seus parceiros. Este fabricante passa a ser então, um prestador de serviços.

Caso esta tendência realmente venha a ocorrer, desafios logísticos, principalmente na localização de estoques de manutenção virão à tona, pois o nível de serviço dos estoques estará estreitamente ligado às disponibilidades das aeronaves, impactando a rentabilidade do fabricante e das companhias aéreas podendo ainda, estes estoques atenderem a uma ou diversas operadoras de transporte, conforme a localização e tipos de aeronaves.

Outra tendência que está sendo observada é a formação de alianças entre as companhias aéreas com o intuito de compartilhar custos de operação das aeronaves, marketing, estoques de manutenção e sistemas de reservas. Três grandes alianças, *Star Alliance*, *Sky Team* e *Oneworld* são responsáveis por 49% do tráfego aéreo mundial.

Atualmente, estas alianças realizam concorrências para compras de aeronaves em conjunto (Wallace, 2003) com o intuito de aumentar o poder de barganha nestas aquisições. Estas aquisições são vantajosas para as companhias aéreas e para os fabricantes que obtêm maiores contratos comerciais e também conseguem vantagens nas metas operacionais estabelecidas nestes contratos, que com maior número de aeronaves, têm a variabilidade dos resultados reduzida.

Uma aeronave quando é vendida possui uma série de metas contratuais de desempenho, garantias e manutenção que, se não cumpridas, obrigam os fabricantes a pagarem multas às companhias aéreas. Ocorre que os operadores possuem níveis diferentes na qualidade das manutenções e um mesmo modelo de aeronave pode obter um desempenho melhor em determinada companhia aérea que em outra. Com a venda ocorrendo para uma aliança, estas metas passam a ser para toda a aliança e não somente para um operador isolado.

3.2 A Cadeia de Suprimentos na indústria aeronáutica

O mercado do transporte aéreo exige dos fabricantes de aeronaves uma Cadeia de Suprimentos flexível para absorver todas as oscilações deste mercado e uma constante troca de informações com os parceiros e fornecedores a fim de minimizar os impactos que possam advir ou maximizar a rentabilidade nas oportunidades de vendas. A flexibilidade das linhas produtivas para assimilar adiamentos e acelerações de pedidos, bem como a postergação da configuração de características diferenciadas e específicas das aeronaves, instaladas conforme o cliente, são também exigências para a Cadeia de Suprimentos. Estes aspectos, juntamente como o projeto do produto, podem ser tratados como diferenciais competitivos das montadoras de aeronaves.

Analizando esta cadeia, através das cinco forças competitivas (Porter, 1999), a flexibilidade é uma vantagem competitiva para atender as necessidades dos compradores não criando oportunidades para que a concorrência possa atendê-las. Esta flexibilidade exige um forte poder de negociação e integração com os fornecedores. Quando o poder de negociação dos fornecedores é elevado, para a manutenção da flexibilidade das linhas produtivas, o estoque é também elevado.

O projeto de uma nova aeronave exige uma integração da Cadeia de Suprimentos desde o início, na procura de fornecedores e parceiros que participarão de todo o desenvolvimento da aeronave. Devido ao elevado investimento necessário para todo o projeto de uma aeronave, além da empresa responsável, os fornecedores investem montantes de capital e, por vezes, alocam mão-de-obra especializada no desenvolvimento deste projeto, participando desde a concepção até a montagem do avião.

Há que se diferenciar parceiros e fornecedores desta indústria. Os denominados parceiros participam do risco do negócio, ou seja, investem quantias de capital e mão-de-obra no projeto da aeronave e, junto com a montadora, correm o risco da aceitação ou não da mesma pelo mercado, enquanto que, os fornecedores não

investem (ou pouco investem) no seu desenvolvimento. Os parceiros participam desde a etapa de anteprojeto da aeronave, passando pelas etapas de industrialização e seriação (Diniz, 1998).

A vantagem para os parceiros é a continuidade do fornecimento durante todo o ciclo de vida da aeronave, enquanto que, os fornecedores podem ser substituídos ou passarem por novas concorrências de fornecimento. Apenas como comentário, no projeto e desenvolvimento de um novo modelo de aeronave, a alocação de recursos humanos por parte dos parceiros propiciou efetuar este desenvolvimento em 38 meses, enquanto que, se a empresa optasse por utilizar somente recursos humanos próprios, este ciclo seria de 5 ou 6 anos (Filipe, 2003).

3.2.1 Características da Cadeia de Suprimentos

Uma aeronave regional possui cerca de quinze vezes mais itens que um automóvel de passeio. Estes itens possuem tecnologias distintas e modalidades de fornecimento que diferem conforme o fornecedor.

Os produtos aeronáuticos se caracterizam, principalmente, pelo alto valor agregado. Trata-se de uma indústria de ciclos produtivos muito longos, com *lead times* elevados e com níveis de estoque altos. Segundo a *CAPS Research* (1999), os maiores valores (*benchmark*) de giro dos estoques (número de vezes que o estoque é movimentado durante o ano) desta indústria nos Estados Unidos da América foram 6,8 para os fabricantes de estruturas e 15,0 para as companhias de transporte aéreo. Na indústria de computadores / telecomunicações, em pesquisa realizada pelo mesmo instituto, este valor foi de 90,7. Isto mostra que o segmento aeronáutico é uma indústria com estoques elevados, quando comparados aos demais setores industriais.

Estes elevados estoques são oriundos, principalmente, da dificuldade de planejamento que ocorre devido aos grandes *lead times* de aquisição (em casos extremos chegam a um ano) que, combinados com as oscilações de mercado e

mudanças realizadas pelos clientes ou pela engenharia de produto nas especificações (ou configurações) da aeronave, levam a oscilações de demanda que aumentam os níveis dos estoques de segurança (Santoro, 2001) ou proporcionam itens sem utilização definida que ficam em estoque. Outro fator que eleva o valor dos estoques e reduz o giro é a necessidade do fabricante manter em estoque por quinze anos após a descontinuidade da fabricação de determinada aeronave, as peças de reposição para abastecimento do mercado.

3.2.2 A Cadeia de Suprimentos na indústria aeronáutica brasileira

A indústria aeronáutica no Brasil possui desafios, principalmente na logística de aquisição, transportando materiais dos fornecedores até as unidades produtivas. Seus fornecedores e clientes estão localizados nos Estados Unidos da América, Europa e Extremo Oriente. Este quadro passa a ser ainda mais complexo com a instalação de unidades fabris na China e a possibilidade de iniciar a fabricação nos Estados Unidos da América. Na figura a seguir, observa-se a localização dos principais fornecedores e das unidades fabris (convém mais uma vez observar que a unidade fabril, localizada nos Estados Unidos da América, encontra-se ainda em estudos).

Figura 3.8: Localização das unidades fabris e fornecedores

3.3 Os materiais em análise

Os materiais que serão analisados neste processo de modelagem são materiais denominados *hardware* mecânico e elétrico. Como exemplo de *hardware* mecânico podem ser citados rebites, porcas, parafusos, etc. e exemplos de *hardware* elétrico podem ser conectores, terminais, *plugs*, etc. Estes materiais são, normalmente, de pequeno porte e muitos deles possuem restrições de um lote mínimo para aquisição que excede às necessidades de consumo. A restrição pode ser em função de uma quantidade mínima para venda ou em função de embalagem. Esta característica do material leva a formação de excesso de estoque.

Quando ocorre uma solicitação de consumo destes materiais, eles são fracionados e separados no momento de *picking* para abastecimento das linhas de produção e, somente a exata quantidade demandada será novamente embalada e encaminhada. Na unidade Harbin, a utilização destes materiais é bastante inferior à unidade São José dos Campos, o que provoca um aumento no custo financeiro de manutenção destes estoques.

Neste processo de modelagem serão enfocados somente estes materiais que possuem lote mínimo para aquisição e fornecedor já definido e concentrará a análise da consolidação ou não, conforme o cenário da cadeia de abastecimento.

Após abordagens sucintas sobre aspectos de comercialização de aeronaves e do mercado em que atuam os fabricantes e as companhias aéreas, buscou-se, neste capítulo, caracterizar a indústria aeronáutica, sua Cadeia de Suprimentos, seus ciclos, *lead times* e níveis de estoques, comentou-se também, os desafios logísticos atuais e futuros, com o objetivo de um melhor entendimento neste processo de modelagem.

No capítulo a seguir, descreve-se o problema, sua aplicação e características dos materiais e o modelo de transbordo utilizado, bem como os custos logísticos considerados no processo de modelagem.

4 O MODELO

O objetivo deste capítulo é descrever o problema, o modelo aplicado, caracterizando os parâmetros e as dimensões utilizados; e a aplicação junto à empresa.

4.1 O problema

A aplicação de um modelo matemático de otimização decorre da existência de restrições de capacidade nas instalações. Caso não houvesse tais restrições o problema seria trivial (por exemplo, usando-se uma planilha eletrônica) comparando-se os valores obtidos em cada situação e selecionando a alternativa de menor valor.

O modelo é aplicável aos materiais que são enviados para abastecimento da linha de produção localizada em Harbin, norte da China. Conforme dito anteriormente, tais materiais caracterizam-se por serem de pequeno porte e possuírem restrições de lote mínimo para aquisição, que são maiores que o lote econômico de compra.

Os materiais são adquiridos de fornecedores situados nos Estados Unidos da América e Europa e para abastecimento da linha de produção em Harbin podem ser enviados diretamente para a unidade ou passar por uma etapa de consolidação no Brasil, Costas Leste e Oeste dos Estados Unidos da América (Miami e Los Angeles respectivamente) ou ainda ser consolidado na França (Paris). Estes locais foram escolhidos por já possuírem instalações da empresa. O *Incoterm* considerado é o F.C.A. (*Free Carrier*) quando o fornecedor entrega o produto em um terminal de cargas designado pelo comprador. Neste caso, os custos de frete e seguro até este terminal de cargas são pagos pelo fornecedor.

Por outro lado, devido à característica de lote mínimo de aquisição, o *trade off* em avaliação é o custo de manutenção de estoques na unidade de consumo ou o

abastecimento desta unidade, na quantidade exata de sua necessidade a partir de outro local, onde ocorrem custos de transporte, manuseio e custos fixos para instalação e operação de uma unidade. Restrições de capacidade máxima e mínima são observados nos pólos de consolidação.

Diversos cenários são comparados a partir de regimes tributários e de modais de transporte. Sob o aspecto tributário a análise em questão é a alteração dos custos logísticos a partir da implementação de um novo regime fiscal, denominado RECOF Aeronáutico que está substituindo o atual benefício de *Drawback*. Quanto ao modal de transporte, considerou-se os modais aéreo e marítimo para transporte dos materiais do fabricante ao pólo consolidador ou a unidade de montagem final.

Podemos, a seguir, resumir as informações sobre o problema a ser modelado:

Horizonte de planejamento: o horizonte deste planejamento é a produção de 100 (cem) aeronaves em território chinês. O programa inicial é produzir uma aeronave ao mês, todavia, dependendo do volume de vendas, a linha de produção tem a capacidade de produzir até duas aeronaves por mês. Este horizonte de planejamento foi denominado como ciclo.

Origem: os materiais são produzidos nos Estados Unidos da América e Europa.

Locais candidatos: os locais candidatos para a instalação de um pólo consolidador (Centro de Distribuição) são: São José dos Campos, Los Angeles, Miami e Paris. Para esta análise, os Estados Unidos foram divididos em Costa Leste e Costa Oeste conforme a localização do fornecedor. Os mapas a seguir mostram os fornecedores e os centros de consolidação que atendem aos Estados Unidos, conforme o estado de origem dos materiais e Europa conforme o país de origem.

Figura 4.1: Localização de fornecedores e pólos consolidadores nos EUA.

Figura 4.2: Localização de fornecedores e pólo consolidador na Europa.

Destino: Todos os produtos são destinados a linha de produção situada em Harbin, região da Manchúria, norte da China.

Adaptando a descrição de Geoffrion; Graves (Ballou, 1999, cap.13) para o problema em questão temos:

“Encontrar o número, o tamanho e as localizações de armazéns em uma rede logística que minimizarão os custos fixos e variáveis que movimentarão todos os produtos através da rede selecionada sujeito às seguintes condições:

1. A capacidade de fornecimento não pode ser excedida para cada produto.
2. A demanda de todos os produtos deve ser satisfeita.
3. O processamento de cada armazém não pode exceder sua capacidade.
4. Um processamento mínimo de um armazém deve ser alcançado antes que ele possa ser aberto.”

4.2 O modelo

Um modelo de Programação Linear Inteira Mista, baseado em Geoffrion; Graves (1974), foi desenvolvido para aplicação do problema dos produtos que possuem lote mínimo de aquisição maior que o lote econômico de compra e que serão enviados para abastecimento de unidade situada na China. Utilizou-se para a programação o software GAMS (*General Algebraic Modelling System*).

Índices

i fornecedores

Os fornecedores encontram-se nos Estados Unidos da América e Europa. Para os materiais considerados no modelo, os fornecedores possuem contrato de fornecimento estabelecidos (fornecedor único) ou observou-se que nos últimos dois anos adquiriu-se somente de um fornecedor.

j pólo consolidador

São locais candidatos a abertura ou não de pólo consolidador. Estes locais são:

- São José dos Campos (SJK - Brasil) – operação pela empresa, restrição de capacidade máxima = 4.000 kg.

- Los Angeles (LAX - costa oeste dos EUA) – operação por terceiros, restrição de capacidade mínima = 1.000 kg.
- Miami (MIA - costa leste dos EUA) – operação por terceiros, restrição de capacidade mínima = 1.000 kg.
- Paris (CDG - Europa) – operação por terceiros, restrição de capacidade mínima = 1.000 kg.
- Harbin (HRB – China) – operação pela empresa. A abordagem da unidade China como um pólo foi adotada com o objetivo de, através do modelo, ser possível estabelecer limites para a quantidade enviada diretamente. O custo da transferência deste pólo para a unidade de destino é zero.

k fábrica

Local de destino dos produtos que neste caso é Harbin (China).

p produtos

São os produtos em questão, que serão ou não consolidados. São 256 (duzentos e cinquenta e seis) produtos que possuem lote mínimo de fornecimento que excede o lote econômico de compra. O modelo de estoque é reativo, pois o pedido de novos materiais ocorre no período imediatamente após a quantidade estocada atingir o ponto de pedido. Os fornecedores são únicos por uma questão comercial, embora o modelo seja capaz de considerar mais de um fornecedor.

Parâmetros

<i>CapD_j</i>	capacidade máxima do pólo consolidador <i>j</i> em kg/ciclo.
<i>MinD_j</i>	quantidade mínima para abertura do pólo consolidador <i>j</i> em kg/ciclo.
<i>FixD_j</i>	custo fixo do depósito <i>j</i> , em US\$/ciclo.
<i>DemM_{p,k}</i>	demanda do produto <i>p</i> na fábrica <i>k</i> em kg/ciclo.
<i>CapF_{i,p}</i>	capacidade do fornecedor <i>i</i> produzir o produto <i>p</i> em kg/ciclo.
<i>CusP_{p,j}</i>	custo de transbordo do produto <i>p</i> no pólo consolidador <i>j</i> , em US\$/kg.
<i>CusF_{p,i,j}</i>	custo transferência produto <i>p</i> do fornecedor <i>i</i> para o pólo <i>j</i> , em US\$/kg.

Cus $T_{p,j,k}$ custo transferência do produto p do pólo j para a fábrica k , em US\$/kg.

Cus $C_{p,i,k}$ custo unitário de transferência do produto p do fornecedor i para a fábrica k , em US\$/kg.

Variáveis

Trn $F_{p,i,j}$ quantidade (em kg) transferida do produto p do fornecedor i para o pólo consolidador j .

Trn $T_{p,j,k}$ quantidade (em kg) transferida do produto p do pólo consolidador j para a fábrica k .

Trn $C_{p,i,k}$ quantidade (em kg) transferida do produto p do fornecedor i para a fábrica k .

CT custo total de operação (em US\$).

Z_j variável binária que assume valor 1 caso o pólo j opere e 0 em caso contrário.

A seguir as equações, bem como uma análise dimensional para verificação da consistência da função objetivo e das restrições, em relação às unidades dos parâmetros e das variáveis. Esta análise dimensional encontra-se descrita para abreviatura A.D. logo após as equações.

Equação

Função de mérito, que é minimizar o CT (Custo Total).

Custo Total = Custo da transferência entre os fornecedores, o pólo consolidador e a fábrica.

Equação 4.1

$$\begin{aligned}
\min CT = & \sum_p \sum_i \sum_j (CusF_{pij} \times TrnF_{pij}) \\
& + \sum_p \sum_j \sum_k (CusT_{pjk} \times TrnT_{pjk}) \\
& + \sum_p \sum_j \sum_k (CusP_{pj} \times TrnT_{pjk}) \\
& + \sum_p \sum_i \sum_k (CusC_{pik} \times TrnC_{pik}) \\
& + \sum_j (FixD_j \times Z_j)
\end{aligned}$$

A.D.: $US\$ = US\$/kg \times kg + US\$/kg \times kg + US\$/kg \times kg + US\$/kg \times kg + US\$ \times$
adimensional

Restrições

Atendimento da demanda do produto p na fábrica k .

Equação 4.2

$$DemM_{pk} = \sum_j TrnT_{pjk} + \sum_i TrnC_{pik}$$

A.D.: $kg = kg + kg$

Capacidade de operação do pólo consolidador j .

Equação 4.3

$$Z_j \times CapDj \geq \sum_p \sum_i TrnF_{pij}$$

A.D.: *adimensional* $\times kg \geq kg$

Quantidade mínima de operação pólo consolidador j .

Equação 4.4

$$Z_j \times MinDj \leq \sum_p \sum_i TrnF_{pij}$$

A.D.: *adimensional* $\times kg \leq kg$

“Balanco” de massa do produto p no pólo consolidador j .

Equação 4.5

$$\sum_i TrnF_{pij} = \sum_k TrnT_{pjk}$$

A.D.: $kg = kg$

Capacidade de fabricação do produto p no fornecedor j .

Equação 4.6

$$CapF_{ip} \geq \sum_j TrnF_{pij} + \sum_k TrnC_{pik}$$

A.D.: $kg \geq kg + kg$

Não negatividade.

$$\begin{aligned} TrnF_{pij} &\geq 0 & \forall p, \forall i, \forall j, \\ TrnT_{pjk} &\geq 0 & \forall p, \forall j, \forall k, \\ TrnC_{pik} &\geq 0 & \forall p, \forall i, \forall k \end{aligned}$$

A.D.: *todos em kg*

4.3 Custos logísticos considerados na operação

Para a apuração, os custos logísticos foram divididos em três grandes grupos: custos de transbordo; custos de transporte; e custos fixos. Estes custos foram assim considerados:

➔ Custos de Transbordo:

- Tributos;
- Custos de desembaraço;
- Custos de movimentação do material em zona aduaneira;
- Custos de recebimento, inspeção, armazenagem e movimentação interna de material;
- Custo de manutenção dos estoques.

➔ Custos de Transporte:

- Frete aéreo ou marítimo;
- Seguro;
- Custos de transporte (zona primária para depósito na importação e trajeto de retorno na exportação do material);
- Custo do estoque em trânsito (*pipeline*).

➔ Custo fixo para instalação (ou abertura) de depósito.

Direcionadores e locais de ocorrência dos custos:

Figura 4.3: Fluxo dos materiais e locais de ocorrência dos custos.

Legenda da figura:

- 1 – Origem dos materiais (Los Angeles, Miami, Paris).
- 2 – Zona Primária no Brasil (porto ou aeroporto) na importação.
- 3 – Unidade São José dos Campos.
- 4 – Zona Primária no Brasil (porto ou aeroporto) na exportação.
- 5 – Unidade Harbin (depósito).

Para o levantamento dos custos que se referem ao produto (transbordo e transporte), considerou-se que podem ser apontados em função do peso do produto, valor do produto ou simplesmente em função do item de forma unitária.

A tabela a seguir mostra, para cada custo considerado, este direcionador para apuração:

Tipo	Parâmetro	Ocorrência	Custo	Peso	Valor	Quantidade
Transbordo	$CusP_{pj}$	3	Tributo – Imposto de Importação		X	
Transbordo	$CusP_{pj}$	3	Tributo – IPI		X	
Transbordo	$CusP_{pj}$	3	Tributo – ICMS		X	
Transbordo	$CusP_{pj}$	2	Tributos – AFRMM	X	X	
Transbordo	$CusP_{pj}$	2	Desembaraço aduaneiro			X
Transbordo	$CusP_{pj}$	4	Infraero exportação	X		
Transbordo	$CusP_{pj}$	2	Infraero importação		X	
Transbordo	$CusP_{pj}$	2	Capatazia	X	X	
Transbordo	$CusP_{pj}$	3	Recebimento, Armazenagem e Expedição			X
Transporte	$CusF_{p,ij}$	1 – 2	Frete aéreo	X		
	$CusT_{p,j,k}$	4 – 5				
	$CusC_{p,i,k}$	1 – 5				
Transporte	$CusF_{p,ij}$	1 – 2	Frete marítimo	X		
	$CusT_{p,j,k}$	1 – 5				
	$CusC_{p,i,k}$					
Transporte	$CusT_{p,j,k}$	2 – 3	Seguro nacional		X	
		3 – 4				
Transporte	$CusF_{p,ij}$	1 – 2	Seguro internacional		X	
	$CusT_{p,j,k}$	4 – 5				
	$CusC_{p,i,k}$	1 – 5				
Transporte	$CusF_{p,ij}$	1 – 2	Estoque em trânsito		X	
	$CusT_{p,j,k}$	4 – 5				
	$CusC_{p,i,k}$	1 – 5				
Transbordo	$CusP_{pj}$	1 5	Custo financeiro do estoque		X	

Tabela 4.1: Apuração dos custos e seus locais de ocorrência.

4.3.1 Custos de transbordo

Estes custos se referem à etapa de transbordo que o material poderá realizar. Esta etapa, neste processo de modelagem, pode ser realizada na fábrica do Brasil ou em

depósitos operados por terceiros no país de origem do material. Um detalhamento destes custos encontra-se a seguir.

Os custos referentes aos tributos, desembaraço e movimentação em zona aduaneira considerados se referem aos modais marítimo e aéreo e ocorrem somente para a exportação dos materiais que possam realizar seu transbordo no Brasil, não considerando os tributos referentes à importação, pois estes materiais fazem parte de um lote maior adquirido para abastecer a fábrica no Brasil.

As demais opções para transbordo são em locais situados nos países de origem do material e lá estes custos não constituem critérios de diferenciação, pois ocorrerão em qualquer situação e não estão considerados no modelo apresentado a seguir.

4.3.1.1 Tributos

Os tributos que incidem sobre o material, no regime de *Drawback*, são os seguintes:

- Imposto de Importação (II);
- Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI);
- Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS);
- Adicional de Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM), aplicável somente ao modal marítimo.

As alíquotas destes tributos variam conforme o tipo do material, segundo sua classificação fiscal e também na Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), no caso do Imposto de Importação (II).

No regime de RECOF Aeronáutico, considerou-se que todos os tributos são suspensos. Convém ressaltar que, oficialmente, o ICMS e o AFRMM ainda não estão suspensos no regime RECOF. Entretanto, devido ao regime ter sua implantação

somente a partir de Junho de 2004, considerou-se que nesta data os pleitos referentes a esta suspensão já estejam em vigor. Para o caso do ICMS já existe suspensão similar para os produtos que passarem pelo desembarque e desembaraço aduaneiro no Estado de São Paulo (São Paulo, 2003).

Para cálculo dos tributos, é necessária a verificação da maneira como o tributo incide sobre o valor. O II e o IPI incidem sobre o valor do produto e são calculados através da multiplicação do valor do produto pela alíquota do imposto (conhecido também como por fora). O ICMS encontra-se embutido no valor do produto e é calculado dividindo-se o preço pela unidade decrescida da alíquota (conhecido também como por dentro). Outro fator verificado é a incidência dos tributos sobre o valor acrescido dos impostos (imposto sobre o imposto), pois o IPI incide sobre o II e o ICMS deve ser calculado sobre o valor acrescido do II e IPI. O AFRMM incide na forma de percentual sobre o frete da importação

As fórmulas abaixo mostram os cálculos dos tributos:

II

$$II = \text{valor do produto} \times \text{alíquota}$$

IPI

$$IPI = (\text{valor do produto} + II) \times \text{alíquota}$$

ICMS

$$ICMS = (\text{valor do produto} + II + IPI) \times \frac{\text{alíquota}}{1 - \text{alíquota}}$$

AFRMM

$$AFRMM = \text{valor do frete} \times \text{alíquota}$$

Obs.: A recuperação do ICMS não é considerada, pois estes créditos não são totalmente recuperáveis e o tempo para esta recuperação não pode ser definido.

4.3.1.2 Custos de desembaraço

Estes custos decorrem de uma quantidade de serviços de diversas naturezas que ocorrem no comércio exterior. Segundo Lopez (2000), os valores a seguir referem-se à média dos preços cobrados, conforme levantamento realizado pelas Delegacias Regionais do Banco Central do Brasil, contemplando a maior parte dos custos logísticos integrantes do comércio exterior brasileiro:

Serviço	US\$
Emissão do Registro de Exportação (RE)	33,00
Emissão de contrato de câmbio	50,00
Despesa de comissão de cobrança	40,00
Aplicação ao contrato de câmbio	10,00
Emissão e confirmação de cambiais	50,00
Despesas com banqueiro no exterior	40,00
Remessa de documentos ao exterior	50,00
Despachante aduaneiro	76,00
Liberação de conhecimento de embarque	35,00
Sindicato dos Despachantes	35,00
Negociação e conferência de documentos	50,00
Corretagem de câmbio	20,00

Tabela 4.2: Valores médios de desembaraço aduaneiro

Fonte: Banco do Central Brasil, *apud* Lopez (2000).

Estes valores foram inseridos no custo através de um rateio dos custos acima, pela média de itens enviados por embarque (inclusive materiais fabricados no Brasil). Este valor é fixo e não varia conforme o modal, pois é relacionado a configuração da aeronave e a posição de montagem.

4.3.1.3 Movimentação e transporte do material (em zona aduaneira)

Modal Aéreo:

A administração dos aeroportos brasileiros que normalmente operam com comércio exterior compete à Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária – INFRAERO, vinculada ao comando da Aeronáutica, a qual cobra pelos serviços executados as tarifas aeroportuárias que se compõem de Tarifas de Aeronave (Embarque, Pouso e Permanência) e Tarifas de Carga (Armazenagem e Capatazia), incidindo, estas últimas, sobre o responsável pela carga.

As tarifas de carga são devidas por serviços prestados nos TECA (Terminais de Carga Aérea): a de Armazenagem, pelo armazenamento, guarda e controle das mercadorias nos armazéns de carga, enquanto que a de Capatazia, pela movimentação e manuseio das mercadorias.

Na exportação via aérea as tarifas de carga são cobradas cumulativamente a um preço base por kg bruto, por cada período de 10 dias ou fração (existe um valor mínimo a ser cobrado). Cargas refrigeradas ou perigosas sofrem acréscimos.

Segundo a Portaria nº 219/GC-5 de 27/03/2001 que trata das tarifas aeroportuárias de armazenagem e de capatazia, são cobradas os seguintes valores, distintivamente na importação de produtos:

- A Tarifa de Armazenagem equivalendo a um percentual sobre valor CIF (Valor no local de desembarque: Custo + Seguro + Frete), conforme abaixo:

PERÍODO DE ARMAZENAGEM	PERCENTUAL SOBRE O VALOR CIF
1º - Até 5 (cinco) dias úteis	1,0% (um por cento)
2º - De 6 (seis) a 10 (dez) dias úteis	1,5% (um e meio por cento)
3º - De 11 (onze) a 20 (vinte) dias úteis	3,0% (três por cento)
Para cada 10 (dez) dias úteis ou fração, além do 3º (terceiro) período, até a retirada da mercadoria	+ 1,5% (um e meio por cento)

Tabela 4.3: Tarifa aeroportuária de armazenagem de carga importada

Fonte: Infraero.

- A Tarifa de Capatazia é cobrada US\$ 0,015 (um centavo e meio de dólar) por quilograma a um preço base por kg bruto, cumulativamente com os valores relativos a tarifa de armazenagem.

Os valores acima podem ser negociados conforme o cliente. Neste caso será considerado um desconto sobre o valor, cobrado nos itens que realizaram esta etapa no Brasil.

Na exportação via aérea é cobrada a seguinte taxa:

PERÍODO DE ARMAZENAGEM	PERCENTUAL SOBRE O PESO BRUTO VERIFICADO
1º - 4 (quatro) dias úteis	US\$0,02 por quilograma
2º - Para cada 2 (dois) dias úteis ou fração, além do 1º (primeiro) período, até a retirada da carga (valores cumulativos)	+ US\$0,02 por quilograma

Tabela 4.4: Tarifas aeroportuárias na exportação de produtos.

Fonte: Infraero.

Obs.: Neste processo de modelagem também utiliza-se um desconto nos valores padrão Infraero, para cálculo dos custos.

Adicional de Transporte Aéreo (ATA)

De acordo com a Lei nº 7.920, incide sobre as tarifas aeroportuárias o adicional de transporte aéreo. Este adicional é de 50% sobre as tarifas de armazenagem e capatazia.

Modal marítimo:

No modal marítimo o custo de movimentação e capatazia é de 0,1% do valor da carga importada. Na exportação de produtos esta tarifa inexistente.

O material ao chegar no porto ou aeroporto do país de destino passa por um processo de desembaraço onde também incidirão custos, porém não serão considerados em função da ocorrência em qualquer situação, não constituindo critério de diferenciação no processo de modelagem.

4.3.1.4 Recebimento, armazenagem e expedição dos materiais

Descrição do processo:

Os materiais adquiridos passam por uma etapa de recebimento que é constituída pela conferência quantitativa e qualitativa. Cada lote de material sofre apenas uma etapa de recebimento, tendo o custo unitário reduzido em função da quantidade adquirida.

O material ao chegar à unidade consolidadora passa por uma etapa de recebimento fiscal, com a conferência e lançamento da *Invoice* (material importado) ou Nota Fiscal (material nacional), conforme a procedência do material, seguido de uma conferência física deste material.

Após a conferência física o material passa pela inspeção qualitativa, quando é formalmente aprovado ou rejeitado pela empresa, conforme o resultado das inspeções.

Os materiais recebidos no centro de consolidação que são enviados para a unidade China não necessitam passar por mais uma etapa de conferência qualitativa, tendo apenas uma conferência quantitativa e é encaminhado diretamente ao local de armazenagem.

Custos de recebimento, inspeção, armazenagem e movimentação interna:

Os materiais em análise, em sua maioria, possuem as mesmas características e foram apropriados os custos por cada recebimento, e não em função da quantidade, pois todo o processo é realizado através da *Invoice/Nota Fiscal*, independentemente da quantidade recebida (fixo por lote).

Da mesma maneira considerou-se a próxima etapa que é a transferência para as posições de armazenagem do material recebido. Nesta etapa, os materiais, devidamente aprovados pelas inspeções, são enviados às áreas de estoque, onde aguardam a próxima etapa, que é a apanha (*picking*) do material, mediante uma solicitação dos setores produtivos.

Nas inspeções qualitativas realizadas o grande fator de custo é a mão-de-obra, visto que os materiais em sua grande maioria sofrem inspeções visuais e dimensionais, não requerendo análises laboratoriais ou inspeções com maior nível de detalhes.

O custo do espaço de armazenagem na unidade Harbin, por falta de histórico, foi estimado com base nos custos existentes na unidade São José dos Campos, acrescido de valor necessário para a criação de nova posição de armazenagem do material, distribuído por todo o ciclo de produção (100 aeronaves).

Também considerou-se custos relativos a alguns insumos utilizados, tais como embalagens e etiquetas de identificação utilizadas no processo de identificação por código de barras e inspeção de qualidade.

Em resumo, os custos apropriados às etapas de recebimento, inspeção, armazenagem e movimentação do material são:

Custos relativos à mão-de-obra:

- Salários;
- Encargos;
- Benefícios;
- Treinamentos.

Custos relativos a equipamentos:

- Manutenção dos veículos.

Diversos:

- Serviços prestados por terceiros;
- Materiais de consumo.

Alguns custos como, por exemplo, energia poderiam ser contabilizados, porém por dificuldade de medição específica e baixo impacto no custo da atividade não foi considerado.

4.3.2 Custos de transporte

Modal aéreo:

Os custos de transporte podem ser estimados através de cotações com empresas especializadas no trajeto em questão ou então baseados nas tarifas publicadas pela IATA , uma entidade composta por mais de 70 (setenta) empresas que, além de sugerir valores de frete, regulamenta atividades aeroportuárias e de cargas. As tarifas estão descritas em manuais conhecidos por TACT (*The Air Cargo Tariff*).

Como referência, foram considerados fretes com destino a cidade de Beijing, onde fica o aeroporto internacional mais próximo à empresa. As origens consideradas para

as cargas foram as cidades de Los Angeles (costa oeste dos EUA), Miami (costa leste dos EUA), Paris (Europa) e São Paulo, para as cargas que sofrerão a etapa de transbordo no Brasil.

A partir dos valores observados na TACT, realizou-se uma comparação com valores cotados com outras empresas de transporte internacional de cargas. Observou-se que foram obtidos valores de desconto em relação das tarifas TACT de cerca de 50%. Consultando as empresas, verificou-se que este desconto é normalmente concedido a grandes clientes. Para o estudo de modelagem, utilizou-se então, 50% do valor da TACT devido às condições comerciais que a empresa dispõe em função do volume transportado e reservas de posições-paleta em aeronaves.

A tabela a seguir mostra os valores de frete, com o desconto de 50%, para as origens e destinos citados:

Frete Aéreo Dólares por kg		DESTINO	
		Beijing	São Paulo
ORIGEM	Los Angeles	2,65	1,75
	Miami	3,20	1,36
	Paris	2,03	1,37
	São Paulo	2,35	
	Beijing		4,54

Tabela 4.5: Tabela de Frete Aéreo

Fonte: TACT – IATA.

O seguro do transporte aéreo foi obtido por cotação (Atrade) e corresponde a 0,025% do valor da mercadoria. Após o cálculo do valor total do seguro por material, este valor é dividido pelo peso transportado do material para obtenção do valor por kg do material (condição para o modelo).

Modal marítimo:

Os custos do modal marítimo foram tomados por cotação. O porto de destino mais próximo à empresa é Dallian. Os portos de origem considerados foram: Los Angeles, Miami, Le Havre (França) e Santos.

Os valores do transporte de um contêiner de 40 pés estão relacionados na tabela a seguir:

Frete Marítimo		DESTINO	
Dólares por Contêiner 40 pés		Dallian	Santos
ORIGEM	Los Angeles	1.670,00	1.885,00
	Miami	3.245,00	1.145,00
	Le Havre	2.544,00	679,00
	Santos	3.300,00	

Tabela 4.6: Tabela de Frete Marítimo

Fonte: Cotação (Figwal).

A ocupação volumétrica do contêiner de 40 pés considerada foi de 62,5% e o peso foi de 2860 kg, baseado em uma média dos embarques já realizados. A partir deste índice calculou-se o valor do frete por kg.

O seguro do transporte marítimo foi obtido por cotação (Figwal) e corresponde a 0,060% do valor da mercadoria.

Um fato que pode ser observado foi que as tarifas aéreas das cargas originadas em São Paulo com destino a Beijing eram mais baixas que as tarifas das cargas originadas em Los Angeles, Miami e Paris com o mesmo destino, apesar das distâncias serem consideravelmente maiores. Observando-se os valores de Beijing para estas cidades, este fato não pode ser observado, mantendo-se uma certa proporcionalidade do frete em função da distância. Este fato foi observado também no modal marítimo nos fretes destinados ao Brasil.

Acredita-se que estes valores são devidos a desbalanceamentos no transporte de cargas, com um volume maior no sentido Beijing – São Paulo no modal aéreo. No modal marítimo, com o aumento das exportações brasileiras este desbalanceamento fica mais evidente no sentido Europa-Brasil (Santos – Le Havre = US\$1.679,00, enquanto Le Havre – Santos = US\$679,00).

Fator de peso das embalagens:

Os dados disponíveis da característica de peso dos produtos referem-se ao peso líquido do material, entretanto, devido à embalagem de transporte e revestimentos de proteção internos, ocorre um acréscimo de peso. Para consideração do peso efetivamente transportado estabeleceu-se um multiplicador para acréscimo deste peso.

A partir dos cinco primeiros embarques marítimos realizados efetuou-se um levantamento e verificou-se quantas vezes o peso bruto total corresponde ao valor da soma dos pesos líquidos dos produtos embarcados. Este fator serve para multiplicar o peso de cada item no cálculo do frete.

Para o modal aéreo, foi realizado o mesmo levantamento, porém existiam somente dois embarques realizados.

Os valores obtidos e o impacto do intervalo de confiança da média destes valores e nos resultados da modelagem foram considerados na análise de sensibilidade.

Transporte Zona Primária – Área de Transbordo – Zona Primária:

Para cálculo deste frete, considerou-se somente o percentual de seguro das cargas, visto que a parcela tocante ao frete peso não representa parte significativa e ocorre em qualquer situação de aquisição do material. Esta alíquota de seguros é de 0,005%. As alíquotas de seguro adotadas diferem das praticadas no mercado devido ao alto valor agregado dos produtos, baixo risco de ocorrências e condições diferenciadas de negociação. Para o cálculo do valor total do seguro por material, multiplica-se a alíquota do seguro pelo valor transportado e este valor obtido é dividido pelo peso

transportado do material para obtenção do valor por kg do material (condição para o modelo).

Custo do estoque em trânsito:

Este valor (*pipeline*) é referente ao custo financeiro dos materiais em trânsito. É calculado da mesma forma que o custo financeiro dos estoques, porém utilizando-se os tempos de trânsito conforme a tabela a seguir:

Dias em Trânsito		DESTINO			
		Aéreo		Marítimo	
		China	Brasil	China	Brasil
ORIGEM	Costa Oeste	6	4	33	30
	Costa Leste	8	4	40	20
	Europa	6	4	32	20
	Brasil	10		40	

Tabela 4.7: Tempos de trânsito

Fonte: Cotação (Atrade).

4.3.3 Cálculo do custo financeiro de manutenção dos estoques

A taxa de atratividade foi adotada para refletir o custo do capital. No processo de modelagem considerou-se uma taxa de atratividade de 16% ao ano, o que corresponde a 1,245% ao mês. Este valor refere-se a uma taxa razoável de remuneração ao acionista, visto que todos os valores considerados referem-se ao mercado internacional e encontram-se em dólares.

No contexto desta dissertação o custo financeiro dos estoques ocorre devido ao aumento dos níveis de estoques para abastecimento da unidade China. Na unidade São José dos Campos (SJK) já ocorre a aquisição do lote mínimo para atendimento a uma demanda já existente para sua linha de produção e o abastecimento da unidade China, a partir desta unidade, acarreta um aumento do consumo e,

conseqüentemente, do giro de estoque do material. Caso a consolidação do material não ocorra em São José dos Campos, outro lote mínimo deve ser adquirido provocando o aumento nos estoques na unidade de destino ou em outro pólo consolidador.

Os gráficos a seguir mostram o comportamento dos estoques em cada uma das unidades. No primeiro gráfico, pode-se observar o giro dos estoques na unidade SJK maior que na unidade Harbin ou outro pólo consolidador. No segundo, com o abastecimento da unidade Harbin, a partir de SJK, este giro fica ainda maior e os estoques médios são os mesmos do primeiro gráfico. A partir destes gráficos, pode-se concluir que o custo financeiro dos estoques corresponde à diferença do custo médio do capital imobilizado citado em cada um dos gráficos.

Figura 4.4: Comportamento do estoque, com consolidação em Harbin ou Pólo Consolidador.

Figura 4.5: Comportamento do estoque, com consolidação em SJK

Obs.: Não foi considerado o custo do processamento do pedido, em função do material ser adquirido através de contratos de fornecimento e transações eletrônicas, o que torna este custo bastante reduzido.

Para cada uma das situações acima, o custo financeiro marginal do estoque é:

$$\text{Custo Financeiro} = EM \times (1 + i)^n - EM$$

Onde:

EM: valor do estoque médio do material.

n: número de períodos em análise.

i: taxa de atratividade.

4.3.4 Considerações gerais sobre custos

4.3.4.1 Custos fixos

Os custos fixos considerados neste processo de modelagem foram o de instalação de Centros de Distribuição nas costas leste e oeste dos Estados Unidos da América e na Europa. Referem-se à mão-de-obra para esta instalação, deslocamentos e às licenças,

principalmente de software ERP (*Enterprise Resource Planning* – por ex.: SAP, JD Edwards) necessárias à operação.

4.3.4.2 Custo da obsolescência

O custo da obsolescência é o custo de cada unidade que não possa mais ser utilizada nas condições para que foram adquiridas. Neste modelo, este custo pode ser aplicável aos materiais enviados para a unidade China e que sobriam após a produção das 100 (cem) unidades devido ao lote mínimo de compra ser maior que a necessidade. Entretanto, considerou-se que estes materiais podem ser destinados ao mercado de reposição ou mais aeronaves possam ser comercializadas e este custo então não foi considerado.

4.3.4.3 Acordos comerciais

Acordos comerciais no segmento aeronáutico entre Brasil e China, ou entre os países de origem dos materiais e a China, que possam criar vantagens comerciais que alterem a apuração dos custos logísticos, não foram até a presente data (Março de 2004) estabelecidos. Estes acordos podem influenciar os resultados desta modelagem, alterando alguns custos tributários especialmente no regime *Drawback*.

Neste capítulo, descreve-se o problema, o modelo e os custos logísticos considerados neste processo de modelagem que serviram de base para a operacionalização do modelo em estudo. Em alguns casos, devido à impossibilidade de obter valores exatos por produto, valores médios foram utilizados.

No próximo capítulo são apresentados os cenários analisados e os resultados obtidos, comparando-se os regimes de Recof e *Drawback*, bem como os parâmetros avaliados na análise de sensibilidade e os resultados destas análises.

5 RESULTADOS E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Neste capítulo são apresentados os resultados do modelo aplicado ao problema de abastecimento dos materiais com lote mínimo de aquisição. Inicialmente, é abordada a validação desse modelo e, posteriormente, os resultados obtidos e a análise de sensibilidade, com o objetivo de verificar os impactos que possíveis modificações no cenário modelado podem provocar nos resultados do mesmo. Convém recordar que o objetivo do modelo é a verificação do local de transbordo dos materiais.

Para a elaboração dos resultados nesta dissertação foi necessária a seguinte consideração:

- Em função do pequeno histórico de embarques realizados, não foi possível realizar a comparação do peso do material e o volume ocupado para o cálculo do Fator de Estiva (Fonseca, 1960) e, conseqüentemente, apurar o frete conforme o peso ou o volume (cubagem) caso a caso. Para cálculo dos fretes, considerou-se o peso dos materiais e da embalagem.

5.1 Cenários em estudo

Os cenários abaixo foram considerados para estudo em função de representarem as possibilidades de ocorrência dos modais de transporte e do regime tributário.

A tabela a seguir resume os cenários utilizados e no texto logo em seguida estão descritas as características de cada cenário:

	Descrição do cenário	Regime Tributário
Cenário 1	Envio direto dos materiais a Harbin	
Cenário 2	Modal Aéreo	Recof
Cenário 3		Drawback
Cenário 4	Modais Marítimo e Aéreo	Recof
Cenário 5		Drawback
Cenário 6	Modais Marítimo e Aéreo e estoques consignados	Recof

Tabela 5.1: Cenários.

- Abastecimento direto: este cenário era a proposição logística inicial, considerando todos os materiais seguindo diretamente para a unidade Harbin, ocorrendo todos os custos de estoques na unidade. A partir destes valores buscou-se comparar os cenários dos regimes tributários Recof e *Drawback* com o valor inicial.
- Modal aéreo e regimes aduaneiros Recof e Drawback: nestes dois cenários o transporte do fornecedor até o pólo consolidador é realizado por meio do modal aéreo e do pólo consolidador até a unidade consumidora, também através do modal aéreo. São comparados os resultados para cada um dos regimes aduaneiros.
- Modais marítimo e aéreo e regimes aduaneiros Recof e *Drawback*: nestes dois cenários o transporte do fornecedor até o pólo consolidador é realizado através do modal marítimo e do pólo consolidador até a unidade consumidora, também por meio do modal aéreo. Não foi adotado o modal marítimo no transporte do pólo consolidador até a unidade de consumo devido ao elevado tempo de trânsito que inviabiliza o abastecimento direto a uma linha de produção. São comparados os resultados para cada um dos regimes aduaneiros.
- Modais aéreo e marítimo, regime aduaneiro de Recof e estoques consignados: este cenário é semelhante ao anterior, porém considerou-se os estoques nos pólos consolidadores próximos ao fornecedor (Los Angeles, Miami e Paris) consignados pelos fornecedores, ou seja, sem custos financeiros de estoque.

Neste cenário foram considerados os preços dos materiais praticados atualmente, não imbutindo nestes os custos financeiros decorrentes desta consignação. Este cenário não reflete a realidade atual.

Além destes cenários, na análise de sensibilidade, são apresentadas análises dos impactos de variações de outros fatores do custo.

5.2 Resultados obtidos

5.2.1 Validação do modelo

A validação do modelo é abordada em dois níveis (Geoffrion, 1976):

Num primeiro nível, realiza-se uma verificação técnica, onde a consistência entre os dados de entrada e os resultados é analisada, bem como a manipulação dos dados é realizada pelo programa de uma maneira matematicamente correta. Neste nível não é abordada a análise gerencial dos resultados.

Em outro nível é realizada esta análise gerencial, onde o comportamento do modelo é testado, bem como sua credibilidade. Uma forma tradicional é buscar evidências da eficácia, através da análise de custos da situação proposta pelo modelo em uma situação atual ou futura.

Neste processo de modelagem, o primeiro nível foi realizado através da amostragem de alguns materiais e verificação dos resultados utilizando-se uma planilha de cálculos Microsoft® Excel 2000, sobre três situações:

- Teste sem restrições;
- Teste com restrições de quantidade máxima;
- Teste com restrições de quantidade mínima.

Os valores obtidos mostraram resultados idênticos (através do modelo e planilha) para o teste sem restrições. Também, realizou-se esta mesma verificação com todos os materiais e os resultados também foram idênticos.

Para resolver problemas de programação linear inteira mista aplicou-se o software GAMS de modelagem matemática, utilizando diversos *solvers* que são executados pelo programa. Dentre estes *solvers* possíveis de serem utilizados destacam-se o CPLEX (da ILOG) e o OSL (da IBM). No processo de validação foram testados estes dois *solvers*, utilizando todos os materiais (256) em duas situações, com erro absoluto igual a 0 (zero) e também com um erro relativo igual a 0,000001. Os resultados mostraram desvios quando estabelecido erro absoluto para o *solver* OSL. Decidiu-se não utilizar esta situação para este *solver* e utilizar somente o erro relativo.

No cenário apresentado, o modelo proposto pode ser considerado de pequeno porte com cerca de 1800 (mil e oitocentas) equações e 2500 (duas mil e quinhentas) variáveis. O tempo de processamento para cada cenário foi de 0,28 segundos. O ótimo foi atingido em todos os cenários ocorrendo, em média, cerca de 250 (duzentos e cinquenta) iterações. O erro relativo ocorreu na 3ª (terceira) casa decimal.

Para os testes com restrições de quantidade máxima e mínima, verificou-se a quantidade enviada para cada um dos depósitos e estabelecidos, para estes valores, limites um pouco abaixo (para quantidade máxima) ou acima (para quantidade mínima). Esta quantidade que foi acrescida ou subtraída não deve ser menor que a demanda de qualquer dos materiais enviados para o local. Os valores esperados mostrariam que a consolidação não seria alterada e que um dos materiais deveria ser abastecido por dois locais. Os resultados do modelo confirmaram o esperado. Da mesma forma, verificou-se o limite mínimo estabelecendo valores pouco acima dos encontrados sem restrições.

No segundo nível, a validação gerencial ocorreu através da análise dos resultados. Esta análise se constituiu na verificação de que os resultados refletiam uma proposta

exeqüível. Na proposta inicial, todos os materiais deveriam seguir diretamente para a unidade de Harbin. Foi demonstrado que, utilizando-se a etapa de transbordo, mesmo com restrições de capacidade a redução de custos seria significativa, mesmo sob regimes aduaneiros distintos.

5.2.2 Resultados

Inicialmente, buscou-se levantar os valores de um abastecimento direto, arcando com todos os custos de estoques na unidade de Harbin. A partir destes valores, buscou-se comparar os cenários dos regimes tributários Recof e *Drawback* com o valor inicial.

Os resultados detalhados obtidos pelo modelo, para um exemplo de material, encontram-se no anexo 1 deste trabalho. O resumo destes resultados encontra-se descrito nas figuras a seguir:

Cenário 1 - Inicial:

Embarque de todos os materiais diretamente para a China:

Envio Direto					
	Origem	Quantidade de itens	Custos		
			Frete	Transbordo	Financeiro
Envio Direto	Miami	51	69.668,15		139.720,60
	Los Angeles	174	80.042,08		321.095,08
	Paris	31	12.044,98		85.397,57
	Total	256	161.755,21		546.213,26
	TOTAL GERAL:		\$ 707.968,46		

Figura 5.1: Fluxo de materiais: cenário inicial (envio direto).

Figura 5.2: Composição dos custos no cenário inicial (envio direto).

Resultados obtidos com a otimização realizada pelo modelo efetuando-se o transbordo no Brasil:

Modal Aéreo

Cenário 2 - Em regime aduaneiro de RECOF:

Cenário: RECOF AÉREO					
	Origem	Quantidade de itens	Custos		
			Frete	Transbordo	Financeiro
Transbordo no Brasil	Miami	21	8.829,99	4.726,86	
	Los Angeles	70	27.128,21	10.992,41	
	Paris	9	2.068,28	691,79	
	Total	100	38.026,49	16.411,06	
Envio Direto	Miami	30	61.456,59		31.525,62
	Los Angeles	105	60.754,90		36.243,97
	Paris	22	10.683,63		3.202,30
	Total	157	132.895,12		70.971,89
	TOTAL:		170.921,61	16.411,06	70.971,89
	TOTAL GERAL:		\$258.304,56		

Figura 5.3: Fluxo de materiais: cenário Recof, modal aéreo.

Figura 5.4: Composição dos custos em ambiente Recof, modal aéreo.

Conforme esperado, os resultados mostram que os materiais com características de baixo peso e alto valor agregado realizam a etapa de transbordo no Brasil, bem como a não abertura de Centros de Distribuição em Los Angeles, Miami e Paris.

Cenário 3 - Em regime aduaneiro de *Drawback*:

Cenário: <i>DRAWBACK</i> AÉREO						
	Origem	Quantidade de itens	Custos			
			Frete	Tributos	Transbordo	Financeiro
Transbordo no Brasil	Miami	21	7.868,03	19.888,02	2.014,08	
	Los Angeles	55	17.525,46	13.928,73	3.529,69	
	Paris	8	2.014,42	5.893,14	596,55	
	Total	84	27.407,91	39.709,89	6.140,33	
Envio Direto	Miami	30	61.641,30			45.251,06
	Los Angeles	120	66.328,32			92.752,57
	Paris	23	10.715,82			4.554,15
	Total	173	138.685,44			142.557,78
TOTAL:			166.093,35	39.709,89	6.140,33	142.557,78
TOTAL GERAL:			\$ 354.501,35			

Figura 5.5: Fluxo de materiais: cenário *Drawback*, modal aéreo.

Figura 5.6: Composição dos custos em ambiente *Drawback*, modal aéreo.

No ambiente *Drawback* os resultados mostram que os materiais com características de baixo peso são enviados diretamente para Harbin; porém, diferentemente do regime Recof uma menor quantidade de materiais de alto valor agregado realizam a etapa de transbordo no Brasil. Isto ocorre devido aos tributos que incidem sobre o preço do material.

Observa-se que, no regime Recof, a quantidade de materiais com etapa de transbordo no Brasil é superior a quantidade no regime *Drawback*. Este resultado já era esperado devido aos tributos que não incidem no regime Recof, porém não foi observada correlação entre os materiais que passam por consolidação nas duas situações.

Modais aéreo e marítimo

Cenário 4 - Em regime aduaneiro de RECOF:

Cenário: RECOF MARÍTIMO/AÉREO					
	Origem	Quantidade de itens	Custos		
			Frete	Transbordo	Financeiro
Transbordo no Brasil	Miami	22	15.797,35	1.155,83	
	Los Angeles	72	47.188,68	3.745,58	
	Paris	10	2.418,05	524,98	
	Total	104	65.404,08	5.426,39	
Envio Direto	Miami	29	44.358,44		31.101,76
	Los Angeles	103	24.911,98		36.753,16
	Paris	21	7.874,65		2.881,13
	Total	153	77.145,06		70.736,05
	TOTAL:		142.549,14	5.426,39	70.736,05
	TOTAL GERAL:		\$218.711,57		

Figura 5.7: Fluxo de materiais: cenário Recof, modais aéreo e marítimo.

Figura 5.8: Composição dos custos em ambiente Recof, modais aéreo e marítimo.

Apesar da alteração no valor do frete e, conseqüentemente, nos custos totais, comparando-se o com os resultados do modal aéreo, não ocorreram alterações significativas com a consolidação dos materiais, onde os materiais com características de baixo peso e alto valor agregado realizam a etapa de transbordo no Brasil. Este cenário foi o que apresentou o menor custo total, sendo utilizado para as verificações de análise de sensibilidade e também é o cenário mais plausível para a implementação, em função do custo e do próprio modo de abastecimento.

Cenário 5 - Em regime aduaneiro de *Drawback*:

Cenário: <i>DRAWBACK</i> AÉREO/MARÍTIMO						
	Origem	Quantidade de itens	Custos			
			Frete	Tributos	Transbordo	Financeiro do estoque
Transbordo no Brasil	Miami	22	9.858,86	22.229,86	1.133,08	
	Los Angeles	52	19.360,28	17.267,16	2.734,69	
	Paris	9	2.160,83	6.181,46	472,58	
	Total	83	31.379,96	45.678,49	4.340,35	
Envio Direto	Miami	30	53.273,12			44.422,60
	Los Angeles	122	46.524,62			93.305,73
	Paris	22	8.098,57			4.495,58
	Total	174	107.896,31			142.223,90
	TOTAL:		139.276,27	45.678,49	4.340,35	142.223,90
	TOTAL GERAL:		\$331.519,02			

Figura 5.9: Fluxo de materiais: cenário *Drawback*, modais aéreo e marítimo .

Figura 5.10: Composição dos custos em ambiente *Drawback*, modais aéreo e marítimo.

Da mesma forma que os resultados obtidos no ambiente Recof, modais marítimo e aéreo, no ambiente *Drawback*, comparando-se o com os resultados obtidos no modal aéreo, não ocorreram alterações significativas com a consolidação dos materiais.

Observa-se que no regime Recof a quantidade de materiais com etapa de transbordo no Brasil é superior a quantidade no regime *Drawback*. Este resultado já era esperado devido aos tributos que não incidem no regime Recof, porém não foi observada correlação entre os materiais que passam por consolidação nas duas situações.

Cenário 6 - Em regime aduaneiro de Recof, modais aéreo e marítimo e estoques consignados:

(cenário meramente ilustrativo, não considera a negociação com os fornecedores, dos custos de estoques)

Cenário: RECOF MARÍTIMO COM ESTOQUES CONSIGNADOS						
	Origem	Quantidade de itens	Custos			
			Frete	Transbordo	Financeiro	Fixos
Transbordo no Brasil	Miami	34	16.749,47	1.791,71		
	Los Angeles	85	11.820,75	4.452,99		
	Paris	15	3.760,15	751,07		
	Total	134	32.330,37	6.995,76		
Envio Direto	Miami	10	21.654,01		3.152,39	
	Los Angeles	70	18.299,32		9.442,76	
	Paris	17	6.998,16		1.235,62	
	Total	97	46.951,48		13.830,77	
CD LAX	Los Angeles	19	24.025,22	6.080,00		4.800,00
CD MIA	Miami	7	18.219,66	2.240,00		4.800,00
	TOTAL:		121.526,72	15.315,76	13.830,77	9.600,00
	TOTAL GERAL:		\$160.273,26			

Figura 5.11: Fluxo de materiais: cenário Recof, modais aéreo e marítimo e estoques consignados.

Figura 5.12: Composição dos custos em ambiente Recof, modais aéreo e marítimo e estoques consignados.

Neste cenário, apesar de ser meramente ilustrativo, não reflete a realidade atual por considerar, principalmente, os mesmos valores praticados atualmente para os produtos consignados, pode-se concluir que a redução dos custos financeiros de manutenção de estoques pode viabilizar a abertura de pólos consolidadores (Centros de Distribuição) no exterior. Esta alternativa deve ser analisada conjuntamente com a implementação do Recof, que reduz os custos logísticos para os pólos consolidadores no Brasil.

Quadro Resumo Geral

O quadro a seguir indica os custos totais e a composição dos custos para cada um dos cenários.

Figura 5.13: Resumo da composição dos custos em cada um dos cenários.

5.3 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada para três parâmetros:

- ➔ Variação do fator de peso das embalagens, que foi considerado por sua média e devido às operações encontrarem-se no início tem-se um baixo número de embarques, o que compromete o histórico para o cálculo desta média. Esta análise consiste na verificação do comportamento do valor da Função Objetivo e da consolidação dos materiais atribuindo-se os limites inferior e superior do intervalo de confiança desta média.
- ➔ Devido às oscilações no mercado da indústria aeronáutica, alterações nas vendas de aeronaves e, conseqüentemente, no plano de produção podem afetar a consolidação dos materiais. A análise de sensibilidade para esta situação é realizada considerando-se duas situações: na primeira considera-se acréscimo e decréscimo nas vendas de 50% durante o período, mantendo-se a cadência de produção de uma aeronave ao mês. Na segunda situação será considerado o

aumento da cadência de produção durante o período de 100 (cem) meses, ou seja, cenários otimistas de produção de 200 (duzentas) aeronaves e 400 (quatrocentas) aeronaves.

- ➔ Crescimento do valor do frete Brasil-China. Atualmente o frete Brasil-China é inferior ao China-Brasil. Isto, como descrito anteriormente, ocorre devido a desbalanceamentos entre as quantidades transportadas, não somente entre Brasil e China, mas também entre o Oriente e o Ocidente. Uma análise realizada é quanto à consolidação dos itens pode ser alterada e qual o impacto no custo total de um aumento do valor do frete Brasil-China, que porventura venha ocorrer devido à redução deste desbalanceamento em função do crescimento das exportações de produtos manufaturados e semimanufaturados (Mello, 2003) do Brasil para a China.

5.3.1 Variação do fator de peso das embalagens

O intervalo de confiança do fator de peso das embalagens foi calculado de acordo com a seguinte fórmula (Stevenson, 1981):

$$\bar{x} \pm t \frac{s_x}{\sqrt{n}}$$

onde:

$\bar{x}$: média amostral.

n: tamanho da amostra.

s: desvio padrão amostral.

t: valor da distribuição de *Student* para n-1 graus de liberdade e 90% de confiança.

Para o modal marítimo os intervalos de confiança inferior e superior para o fator de peso das embalagens, calculado através de planilha Excel, foram os seguintes:

AMOSTRA	VALORES
1	3,34
2	2,63
3	3,49
4	3,72
5	3,47
6	2,81
7	2,75

Confiança	90%
n	7
t	1,94
Desvio padrão	0,43
MÉDIA	3,17
IC inferior	2,86
IC superior	3,49
Erro	0,32

Para o modal aéreo os intervalos foram os seguintes:

AMOSTRA	VALORES
1	1,98
2	1,73
3	2,23
4	
5	
6	
7	

Confiança	0,90
n	3,00
t	2,92
Desvio padrão	0,25
MÉDIA	1,98
IC inferior	1,56
IC superior	2,40
Erro	0,42

A partir destes valores, verificou-se, então, os resultados fornecidos pelo modelo para cada limite (inferior e superior) nos regimes aduaneiros de Recof e *Drawback*.

Efetuando-se o transbordo no Brasil:

MODAL AÉREO

Em regime aduaneiro de RECOF

	IC inferior	Média	IC superior
Custo Total (em dólares)	231.155,25	258.304,56	303.679,78
Quantidade de materiais enviados diretamente a Harbin	159	157	158
Quantidade de materiais com etapa de transbordo no Brasil	198	100	99

Tabela 5.2: Impactos da variação do fator de peso das embalagens – regime Recof.

Em regime aduaneiro de *Drawback*

	IC inferior	Média	IC superior
Custo Total (em dólares)	324.042,59	354.503,35	396.619,52
Quantidade de materiais enviados diretamente a Harbin	177	173	177
Quantidade de materiais com etapa de transbordo no Brasil	80	84	80

Tabela 5.3: Impactos da variação do fator de peso das embalagens – regime *Drawback*.

Com base nos resultados acima, conclui-se que a variação do fator de peso das embalagens afeta o Custo Total das operações, porém as alterações que ocorrem na consolidação dos materiais não são significativas.

5.3.2 Alterações no plano de produção

Outro aspecto considerado para avaliação do impacto na consolidação dos produtos é a alteração na quantidade de aeronaves a serem montadas na unidade Harbin. Como visto anteriormente, o mercado aeronáutico é sensível a alterações econômicas, o que pode impactar a consolidação dos materiais.

Foram analisadas 3 (três) condições, considerando-se o regime aduaneiro de Recof e modais marítimo e aéreo para o transporte:

- Redução de 50% (50 aeronaves) na quantidade a ser montada.
- Aumento de 100% (200 aeronaves) na quantidade a ser montada.
- Aumento de 150% (300 aeronaves) na quantidade a ser montada.
- Aumento de 200% (400 aeronaves) na quantidade a ser montada.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Mantendo-se a restrição de capacidade em São José dos Campos:

	50 aeronaves	100 aeronaves	200 aeronaves	300 aeronaves	400 aeronaves
Custo Total (em dólares)	92.999,73	218.711,57	539.261,64	931.987,24	1.372.154,52
Quantidade de materiais enviados diretamente a Harbin	113	153	186	191	204
Quantidade de materiais com etapa de transbordo no Brasil	144	104	70	64	52

Tabela 5.4: Impactos da variação da quantidade de aeronaves, mantidas a restrição da capacidade.

Através da tabela acima, verifica-se que com o crescimento da produção, a restrição de capacidade passa a impactar significativamente o resultado e a consolidação de materiais. Foi analisado um cenário relaxando-se, proporcionalmente ao aumento do plano de produção, esta restrição de capacidade. Os valores obtidos encontram-se na tabela a seguir e, conforme esperado, observa-se que foram mantidas as consolidações e os custos também elevaram-se proporcionalmente.

	100 aeronaves	200 aeronaves	300 aeronaves	400 aeronaves
Custo Total (em dólares)	218.711,57	437.374,81	656.062,22	874.749,63
Quantidade de materiais enviados diretamente a Harbin	153	153	153	153
Quantidade de materiais com etapa de transbordo no Brasil	104	104	104	104

Tabela 5.5: Impactos da variação da quantidade de aeronaves, elevando-se proporcionalmente a restrição da capacidade.

O gráfico a seguir, mostra a variação do Custo Total, ampliando a capacidade de transbordo em São José dos Campos ou mantendo-se a capacidade atual, considerando o aumento da produção de aeronaves. Observa-se que com o aumento da produção em Harbin, o Custo Total aumenta significativamente mantendo-se a capacidade atual. Considerando um investimento de construção de R\$658,52 (357,20 dólares, câmbio: 1 dólar = 2,95 reais) por m² (Fonte: Construção e Mercado, 2004) para construir uma área de armazenagem e um acréscimo de 60% para equipar esta área¹, passa a ser vantajoso um aumento de capacidade de movimentação de 500m², caso o plano de produção atinja 300 aeronaves (investimento necessário: 178.580 dólares).

Figura 5.14: Comparativo de custos: Capacidade Atual x Capacidade Ampliada.

¹ Conforme sugerido pela área de Engenharia da empresa e revisto pelo autor.

Pode-se concluir que alterações nas quantidades de aeronaves podem afetar significativamente a consolidação dos materiais, passando a ser justificável o aumento da capacidade na unidade São José dos Campos.

5.3.3 Variação do frete Brasil-China

Uma análise realizada é qual o impacto no custo total de um aumento do valor do frete Brasil-China, considerando-se o regime Recof e o modal marítimo e aéreo.

Foram consideradas as seguintes situações:

- Igualdade do frete no trajeto China-Brasil e Brasil-China;
- Incremento no frete Brasil-China de 50% do valor da diferença em relação ao valor do frete China-Brasil.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

	Frete atual	50% diferença	Igualdade
Custo Total (em dólares)	218.711,57	227.399,41	236.043,45
Quantidade de materiais enviados diretamente a Harbin	153	153	153
Quantidade de materiais com etapa de transbordo no Brasil	104	104	104

Tabela 5.6: Impactos da variação do valor do frete Brasil - China.

Com base nos resultados acima, pode-se concluir que existiu variação no Custo Total, porém não ocorreram alterações na consolidação dos materiais.

Observou-se que a alteração do regime aduaneiro pode mudar totalmente a logística de abastecimento das unidades fabris, pois em função da classificação fiscal e, conseqüentemente, das alíquotas dos impostos não existe uma correlação entre os

regimes. O resultados nos mostraram que o regime Recof proporciona reduções significativas de custos e que variações no plano de produção podem afetar a consolidação dos materiais.

Neste capítulo foram apresentados os resultados obtidos e a análise de sensibilidade que foi realizada verificando alguns parâmetros críticos que podem comprometer os resultados ou alterá-los ao longo do tempo.

No próximo capítulo, baseadas nos resultados obtidos, são apresentadas as conclusões desta dissertação, as limitações e propostas de novos estudos que possam dar prosseguimento a este trabalho.

6 CONCLUSÕES FINAIS E FECHAMENTO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões baseadas nos resultados e análises realizadas, as limitações deste trabalho, bem como possíveis formas de sua continuidade.

6.1 Comentários sobre os resultados obtidos

Geoffrion (1976) cita que modelos matemáticos devem ser utilizados para se adquirir conhecimento e não somente para obter respostas a problemas. Yoshizaki (2002) enfatiza também a necessidade de se apreciar os *trade offs* que existem em qualquer situação que se deseje modelar matematicamente. Neste trabalho buscou-se o entendimento das questões tributárias e não somente a visualização dos valores resultantes do modelo matemático.

Objetivando verificar as possíveis alterações na consolidação dos materiais, desenvolveu-se uma análise do impacto de regimes aduaneiros na logística internacional. Esta análise foi desenvolvida a partir da construção de um modelo de programação linear que otimizou os custos de transporte, transbordo e financeiro dos materiais que possuem lote mínimo superior ao lote econômico de compra. A utilização de programação linear inteira mista através de um modelo de transbordo, baseado no trabalho de Geoffrion; Graves (1974) mostrou que este processo simples de modelagem e a utilização do software GAMS atendeu eficazmente o objetivo proposto.

A revisão bibliográfica teve como objetivos compreender modelos de transbordo, políticas de estoque, metodologias de custo e a legislação aduaneira e tributária para fundamentar a formulação do modelo desta dissertação. É importante citar a existência de um número reduzido de publicações acadêmicas sobre legislação aduaneira e fiscal brasileira e suas implicações na logística.

Por meio dos resultados observa-se que a mudança nos regimes aduaneiros pode afetar a logística de consolidação dos materiais e que não existe uma correlação entre os regimes. Isso ocorre devido aos critérios de tributação que variam conforme a classificação fiscal do material. No regime Recof a quantidade de materiais com etapa de transbordo no Brasil é superior a quantidade no regime *Drawback*, resultado já esperado devido aos tributos que não incidem no regime, porém destaca-se a não existência de uma correlação entre os materiais que passam por consolidação nas duas situações.

Além de proporcionar ganhos com a redução dos custos logísticos, os resultados mostraram que o regime aduaneiro do Recof Aeronáutico promove também ganhos na estratégia competitiva dos usuários, através da redução dos ciclos logísticos e dos *lead times* de abastecimento, o que proporciona uma maior flexibilidade nas linhas de produção e, conseqüentemente, uma capacidade maior de atendimento às solicitações dos compradores (clientes), além de não infringir nenhuma regra de comércio internacional.

Estas mudanças nos regimes aduaneiros ocorrem devido ao esforço governamental para facilitar as exportações e, também para facilitar a fiscalização realizada pela Receita Federal. Mudanças no regime aduaneiro que possam ocorrer durante um processo em operação podem comprometer todo o processo logístico e levar a profundas alterações na logística de abastecimento ou distribuição.

Na análise de sensibilidade verificamos variações no peso nas embalagens, no valor de frete e alterações no plano de produção. O modelo adotado mostrou-se que os efeitos das variações do plano de produção podem afetar a consolidação dos materiais. Em função de oscilações no mercado aeronáutico e, conseqüentemente, na demanda por aeronaves, esta variação passa a ser bastante significativa, viabilizando inclusive o aumento da capacidade na unidade São José dos Campos, caso esta demanda sofra aumento.

A tabela a seguir resume, os cenários avaliados, os resultados obtidos, os componentes do custo e os parâmetros que possam afetar estes resultados.

Descrição do cenário	Regime Tributário	Custo Total (US\$)	Componentes do custo	Observações
Cenário 1	Envio direto dos materiais a Harbin	707.968,46	Frete, financeiro dos estoques	
Cenário 2	Recof	258.304,56	Frete, transbordo, financeiro dos estoques	A consolidação dos materiais pode ser alterada em função do aumento na produção de aeronaves
Cenário 3		354.501,35	Frete, tributos, transbordo, financeiro dos estoques	
Cenário 4	Recof	218.711,57	Frete, transbordo, financeiro dos estoques	
Cenário 5	Drawback	331.519,02	Frete, tributos, transbordo, financeiro dos estoques	
Cenário 6	Recof	160.273,26	Frete, transbordo, financeiro dos estoques, fixos	

Tabela 6.1: Resumo dos resultados.

6.2 Limitações do trabalho

Algumas considerações realizadas neste trabalho podem afetar os valores dos custos utilizados na modelagem do problema. As mais relevantes são:

- O cálculo do frete pelo peso do material. Produtos aeronáuticos são bastante leves e, muitas vezes, estes fretes são cobrados em função do volume do material, entretanto os processos de montagem das aeronaves e logístico ainda se encontram em fase inicial e não foi obtido um histórico de valor que proporcionasse um cálculo mais apurado do frete.
- A não existência do custo financeiro na etapa de transbordo. Na realidade operacional iria ocorrer uma redução do custo financeiro dos materiais que são utilizados na unidade Brasil, em função do aumento de consumo e conseqüente redução dos estoques médios, porém a apuração deste ganho envolveria o cálculo do lote econômico de todos os materiais, com base nos dados conjuntos de consumo (unidades Brasil e China).

6.3 Propostas para estudos futuros

Ao longo da realização deste trabalho, alguns pontos se destacaram pelo seu potencial como tema de futuras pesquisas na área e não foram explorados com maiores detalhes, pelo fato de não se enquadrarem diretamente no objetivo desta pesquisa ou possuírem uma dimensão que comprometa o andamento do trabalho.

Dentre esses novos temas associados que podem ser explorados futuramente destacam-se:

- Alteração do *Incoterm* de FCA (*Free Carrier*) para EXW (*Ex Works*) onde o comprador fica responsável pela coleta do material no fornecedor. Esta alternativa possibilita assim realizar um *Milk Run* para a coleta de materiais nos fornecedores.

- Não determinação dos locais para a consolidação dos materiais nos Estados Unidos da América, como por exemplo, um material cujo fornecedor se encontra no estado da Califórnia poderá ser consolidado no estado da Flórida.
- Ampliação da abrangência do estudo, englobando também os materiais para abastecimento das unidades no Brasil.
- Aplicação efetiva desta análise e do modelo de transbordo com dados reais na empresa em questão.

ANEXOS

Anexo 1 – Exemplo de cálculo dos custos

A seguir, exemplo de cálculo dos custos para um material.

Dados de entrada fornecidos:

- ➔ Item: corresponde ao material (p_1 a p_256).
- ➔ Fornecedor: corresponde ao fornecedor do material.
- ➔ Origem: local onde o fornecedor entrega o material.
- ➔ Lote mínimo de aquisição do material.
- ➔ Quantidade do material por avião.
- ➔ Valor do material em dólar.
- ➔ Peso unitário do material.
- ➔ Taxa de remuneração do capital: 16% ao ano.
- ➔ Alíquotas dos tributos.
- ➔ Custos recebimento, inspeção, armazenagem e movimentação interna.
- ➔ Custos fixos.

Informações obtidas através de tabelas referência, cotações ou legislação:

- ➔ Frete aéreo (em kg).
- ➔ Frete marítimo (por container).
- ➔ Valores de armazenagem e capatazia do Infraero.
- ➔ Alíquotas de seguro.
- ➔ Tempos de trânsito.
- ➔ Alíquotas dos tributos.

Valores calculados:

- ➔ Estoque médio.
- ➔ Custo financeiro do estoque médio.
- ➔ Infraero exportação, importação e capatazia.
- ➔ Tarifas aduaneiras.

- Tributos.
- Fretes (Fornec – Brasil, Fornec – China, Brasil – China).
- Fretes (Fornec – Brasil, Fornec – China, Brasil – China, interno Brasil).
- Custo do estoque em trânsito.

Para este exemplo, tomaremos como base o material abaixo, com as seguintes informações:

- Origem: Miami (MIA).
- Lote mínimo de aquisição do material: 300 unidades.
- Quantidade do material por avião: 25 unidades.
- Valor unitário do material: 2,5 dólares.
- Peso unitário do material: 0,02 kg.
- Taxa de remuneração do capital: 16% ao ano (0,0407% ao dia).
- Alíquotas dos tributos:
 - Alíquota do II do material: 15,5%.
 - Alíquota do IPI do material: 10%.
 - Alíquota do ICMS do material: 4%.
 - Alíquota do AFRMM: 50% do valor de frete de importação.
- Custos de recebimento, inspeção, armazenagem e movimentação interna:
 - Armazenamento: 0,14 dólares por evento.
 - Expedição: 0,22 dólares por evento.
- Custos fixos: 4.800 dólares por pólo consolidador (LAX, MIA, CDG).

Produto exemplo:

Preço unitário (CIF) do material: 2,5 dólares.

Peso unitário do material: 0,02 kg.

Preço por kg: $2,5 \div 0,02 = 125$ dólares.

Estoque médio do material:

Para cálculo do estoque médio em Harbin verificou-se em cada período (100) a quantidade de material em estoque, prevendo a reposição do material a cada vez que

ponto de pedido é atingido. Para o material em questão o comportamento do estoque ficaria da seguinte forma:

(consumo do material por avião: 25 unidades)

Período	Estoque
0	300
1	275
2	250
3	225
4	200
11	25
12	300
99	225
100	200
Média	166,83

Calcula-se o valor médio do estoque, desconsiderando a consolidação no Brasil Harbin:

$$166,83 \times 2,5 = 417,08 \text{ dólares}$$

O valor médio do estoque para abastecimento da linha de produção, corresponde a 15 dias de permanência do material: 12,5

$$12,5 \times 2,5 = 31,25 \text{ dólares.}$$

$$\text{Taxa de juros} = 16\% \text{ ao ano} = 1,16^{(1/12)} = 1,2445\% \text{ ao mês.}$$

$$\text{Custo do estoque} = (417,08 - 31,25) \times (1 + 1,2445\%)^{100} - (417,08 - 31,25) = 943,23 \text{ dólares.}$$

$$\text{Custo por kg: custo do estoque} \div \text{demanda total} = 943,23 \div 50 = 18,86 \text{ dólares.}$$

Cálculo das tarifas aeroportuárias:

Desconto nas tarifas: 70%.

Tempo de permanência em aeroporto: máximo 4 dias.

Tarifa de armazenagem na importação: $1\% \times 30\%$ (desconto) = 0,3%.

Tarifa de armazenagem na importação: preço por kg $\times$ tarifa = $125 \times 0,3\% = 0,375$ dólares.

Tarifa de capatazia na importação: $0,15 \times 30\% = 0,0045$ dólares por kg.

Tarifa na exportação: $0,02 \times 30\% = 0,06$ dólares por kg.

(as tarifas de capatazia e exportação são cobradas por kg de material).

Sobre a soma das tarifas do Infraero acrescentar 50% referente à ATA (Adicional de Transporte Aéreo).

Cálculos de frete:

Modal aéreo: neste modal as tabelas já se encontram em kg, bastando multiplicar a demanda pelo valor tabelado.

Modal marítimo: para o cálculo do modal marítimo, verificou-se a média dos pesos líquidos de material enviados nos dois primeiros embarques com destino à China. Este valor foi de 2860 kg. A partir deste valor, dividiu-se o valor referente à etapa de transporte, obtendo-se os seguintes valores por kg:

Fornecedor $\rightarrow$ Brasil: $1145 \div 2860 = 0,40$ dólares por kg.

Fornecedor $\rightarrow$ China: $3245 \div 2860 = 1,13$ dólares por kg.

Este cálculo é realizado da mesma forma para os materiais oriundos de outras origens, bastando apenas alterar o valor de frete do container.

Para os materiais importados destinados ao Brasil, acrescentar 0,1% do valor do material referente à movimentação e capatazia do modal marítimo (este valor inexistente na exportação marítima).

Preço por kg: $125 \text{ dólares} \times 0,001 = 0,125$ dólares por kg.

Cálculos de seguro:

O valor do seguro por material é calculado, multiplicando-se a alíquota de seguro pelo valor por kg do material.

Transporte internacional marítimo: alíquota $0,06\% \times \text{preço por kg} = 0,06\% \times 125 = 0,075$ dólares por kg.

Transporte internacional aéreo: alíquota $0,025\% \times \text{preço por kg} = 0,025\% \times 125 = 0,031$ dólares por kg.

Transporte nacional: alíquota $0,005\% \times \text{preço por kg} = 0,005\% \times 125 = 0,006$ dólares por kg.

Cálculos dos Tributos:

Exemplo:

Alíquota do II do material: 15,5%.

Valor do II = $125 \times 15,5\% = 19,38$ dólares por kg.

Alíquota do IPI do material: 10%.

Valor do IPI = $(125 + 19,38) \times 10\% = 14,44$ dólares por kg.

Alíquota do ICMS do material: 4%.

Valor do ICMS = $(120 + 18,60 + 13,86) \times 4\% \div 96\% = 6,62$ dólares por kg.

Valor do Frete Marítimo: 0,40 dólares por kg (para este material exemplo).

Alíquota do AFRMM (única para navegação de longo curso): 50%.

Valor do AFRMM = $0,40 \times 50\% = 0,20$ dólares por kg.

Custos na liberação alfandegária:

Somatório dos valores médios de desembaraço aduaneiro: 489 dólares.

Quantidade média por embarque: 3000 itens.

Custo por material: 0,163 dólares.

Quantidade (em kg) do material por embarque: 0,5 kg.

Custo por kg do material = $0,163 \div 0,5 = 0,326$ dólares por kg.

Estoque em trânsito:

Tempo de trânsito: 8 dias.

Taxa de juros = 16% ao ano.

Valor do material: 125 dólares por kg.

Custo do estoque em trânsito = $125 \times (1+0,16)^{(8/365)} - 125 = 0,41$ dólares por kg (em função do transporte ocorrer em dias não úteis, considerou-se 365 dias ao ano).

Totalizações:

Os valores de custos acima são totalizados e inseridos em planilhas do Microsoft® Excel, que são convertidas para serem então lidas pelo GAMS, através do comando *include*. Esses includes são assim totalizados:

CusP_(p,j): custo unitário de transbordo do produto p no pólo consolidador j em dólar.

Local: São José dos Campos

Modal aéreo e regime aduaneiro RECOF:

Armazenagem + Expedição + Infraero Importação + Infraero Capatazia + Infraero Exportação + ATA + Tarifas Aduaneiras.

Modal aéreo e regime aduaneiro *Drawback*:

Armazenagem + Expedição + Infraero Importação + Infraero Capatazia + Infraero Exportação + ATA + Tarifas Aduaneiras + ICMS + IPI +II.

Modais aéreo e marítimo e regime aduaneiro RECOF:

Armazenagem + Expedição + Movimentação e Capatazia marítimo + Tarifas Aduaneiras.

Modal aéreo e marítimo e regime aduaneiro *Drawback*:

Armazenagem + Expedição + Movimentação e Capatazia marítimo + Tarifas Aduaneiras + ICMS + IPI + II + AFRMM.

Local: Harbin.

Custo Financeiro do Estoque.

Local: Los Angeles, Miami ou Paris.

Armazenagem + Expedição + Custo Financeiro do Estoque.

CusF_(p,i,j) custo unitário de transferência do produto p fornecedor i para pólo consolidador j .

Modal Aéreo:

Frete Aéreo + Seguro + Transporte Nacional + Estoque em Trânsito do fornecedor ao pólo consolidador.

Modal Marítimo:

Frete Marítimo + Seguro + Transporte Nacional + Estoque em Trânsito do fornecedor ao pólo consolidador.

CusT_(p,k,j) custo unitário de transferência do produto p do pólo j para a fábrica k .

Modal Aéreo:

Frete Aéreo + Seguro + Transporte Nacional + Estoque em Trânsito do pólo consolidador à fábrica.

Modal Marítimo:

Frete Marítimo + Seguro + Transporte Nacional + Estoque em Trânsito do pólo consolidador à fábrica.

Anexo 2 – Código do modelo em GAMS

Sets

```
i fornecedores / f_1 /
j polo consolidador / SJK_j,Harb_j,LAX_j,MIA_j,CDG_j /
k fabrica / Harbin /
p produtos /p_1*p_256/;
```

Parameters

CapD(j) capacidade do polo consolidador j em unidades

```
/SJK_j 4000
```

```
Harb_j 10000000
```

```
LAX_j 10000000
```

```
MIA_j 10000000
```

```
CDG_j 10000000 /
```

MinD(j) quantidade minima para abertura do polo consolidador j

```
/SJK_j 0
```

```
Harb_j 0
```

```
LAX_j 1000
```

```
MIA_j 1000
```

```
CDG_j 1000 /
```

;

Parameters

FixD(j) custo fixo do deposito j em reais

```
/SJK_j 00
```

```
Harb_j 00
```

```
Lax_j 4800
```

```
MIA_j 4800
```

```
CDG_j 4800 /
```

;

Table DemM(p,k) demanda do produto p na fabrica k em unidades

\$include C:\demanda.inc

;

Table CapF(p,i) capacidade do fornecedor i produzir o produto p em unidades

\$include C:\capacid.inc

;

Table CusP(p,j) custo unitario de transbordo do produto p no polo consolidador j em dolar

\$include C:\trarcmal.inc

;

Table CusF(p,i,j) custo unitario de transf produto p fornecedor i para polo consolidador j

\$include C:\fopomam.inc

;

Table CusT(p,k,j) custo unitario de transf do prod p do polo j para a fabrica k

\$include C:\pofaaem.inc

;

Variables

TrnF (p,i,j) quantidade transferida do produto p do fornecedor i para o polo j

TrnT (p,j,k) quantidade transferida do produto p do polo j para a fabrica k

Z(j) assume valor 1 caso o polo j opere e 0 em caso contrario

CT custo total de operacao (em US\$)

;

Positive variable TrnF

Positive variable TrnT

Binary variable Z(j)

;

Equations

Obj define funcao objetivo

Atd_Dem(p,k) atendimento da demanda do produto p na fabrica k

Cap_Dep(j) restricao de capacidade de operacao do polo consolidador j

Min_Dep(j) restricao quantidade minima de operacao polo consolidador j

Cap_Fab(p,i) capacidade do fornecedor i produzir o produto p em unidades.

```

    Bal_Mas(p,j) balanco de massa do produto p no polo consolidador j
;
Obj ..
* Custo TOTAL
CT
=e=
* Custo unitario de transf produto p fornecedor i para polo consolidador j
sum ((p,i,j), CusF(p,i,j) * TrnF(p,i,j))
* Custo unitario de transf do prod p do polo j para a fabrica k
+ sum((p,j,k), CusT(p,k,j) * TrnT(p,j,k))
* Custo unitario de transbordo do produto p no polo consolidador j em dolar
+ sum((p,j,k), CusP(p,j) * TrnT(p,j,k))
* Custo fixo do deposito j em reais
+ sum((j), FixD(j) * Z(j))
;
Atd_Dem(p,k).. sum(j,TrnT(p,j,k))=e=DemM(p,k);
Cap_Dep(j).. Z(j)*CapD(j)=g=sum((p,i),TrnF(p,i,j));
Min_Dep(j).. Z(j)*MinD(j)=l=sum((p,i),TrnF(p,i,j));
Cap_Fab(p,i).. CapF(p,i)=g=sum(j,TrnF(p,i,j));
Bal_Mas(p,j).. sum(i,TrnF(p,i,j))=e= sum(k,TrnT(p,j,k));

```

Model china /all/ ;

```

OPTION mip = OSL;
OPTION iterlim = 10000;
option optcr=0.000001;
Solve china using mip minimizing CT ;

```

Obs: Os arquivos anexados (*includes*) no GAMS são originados do Microsoft® Excel e convertidos em programa específico para inclusão no modelo (terminação .inc).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUANEIRAS (Ed). **Drawback – Legislação básica**. 4.ed. São Paulo: Edições Aduaneiras, 2002.

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada, suprimentos e distribuição física**. 2.ed. São Paulo: Pioneira, 1994.

ARNTZEN, B. C. *et al.* Global supply chain management at digital equipment corporation. **Interfaces**, v.25, n.1, p.69-93, 1995.

BACK AVIATION. **Apresenta rotas e o crescimento do mercado de aeronaves**. Disponível em: <http://www.backaviation.com/Corporate_Profile/presentations_articles.htm>. Acesso em: 14 jul. 2003.

BALLOU, R. H. **Business logistics management: planning, organizing, and controlling the supply chain**. 4.ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1999.

BANFE, C. **Airline management**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1992.

BHASKARAN, S. Identification of transshipment center locations. **European Journal of Operational Research**, v.63, p.141-150, 1992.

BIZELLI, J. S.; BARBOSA, R. **Noções básicas de importação**. 6.ed. São Paulo: Aduaneiras, 1997.

BOEING COMPANY **Annual Report 2002 – Financials**. Disponível em: <<http://www.boeing.com/companyoffices/financial/finreports/annual/02annualreport/>>. Acesso em: 03 nov. 2003.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRANDEAU, M. L.; CHIU, S. S. An overview of representative problems in location research. **Management Science**, v.35, n.6, p.645-74, 1989.

BRASIL. **Comunicado DECEX nº 21/97**. Consolidação das normas do regime de *Drawback*, 11 de junho de 1997.

_____ **Comunicado DECEX nº 02/00**. Altera os títulos 3, 5, 6, 19, 20, 21, 25, 26 e 27 do Comunicado DECEX nº 21 de 11 de julho de 1997, 21 de janeiro de 2000.

_____ **Decreto Lei nº 2.404**. Adicional ao Frete para a Renovação da Marinha Mercante e o Fundo da Marinha Mercante, e dá outras providências. Presidência da República, 23 de dezembro de 1987.

_____ **Decreto nº 4.543**. Regulamenta a administração das atividades aduaneiras, e a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior. Presidência da República, 26 de dezembro de 2002.

_____ **Instrução Normativa SRF nº 189**. Regime aduaneiro especial de entreposto industrial sob controle informatizado para a indústria aeronáutica, 9 de agosto de 2002.

_____ **Lei nº 7.920**. Cria o Adicional de Tarifa Aeroportuária. Presidência da República, 12 de dezembro de 1989.

_____ **Portaria nº 219/GC-5**. Tarifas aeroportuárias de armazenagem e de capatazia. Comando da Aeronáutica, 27 de março de 2001.

CAPS RESEARCH. **Purchasing Performance Benchmarks for the Aerospace / Defense Industry**, 1999. Disponível em: <[http:// www.capsresearch.org/publications/reports.cfm?Section=4](http://www.capsresearch.org/publications/reports.cfm?Section=4)>. Acesso em: 03 jun. 2003.

CONSTRUÇÃO E MERCADO. **Custos, suprimentos, planejamento e controle de obras**. São Paulo: Editora Pini, ano 57, n.30, jan. 2004.

COSTA, P. R.; HARNED, D. S.; LUNDQUIST, J.T. **Rethinking the aviation industry**. The McKinsey Quarterly, 2002. Disponível em: <http://www.mckinseyquarterly.com/article_page.asp>. Acesso em: 02 jun. 2003.

DINIZ, R. E. S. **Parceria industrial** – sem envolvimento acionário, com foco nas fases de projeto e fabricação (setor aeronáutico). 1998. 133p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

ELSAYED, E. A.; BOUCHER, T. O. **Analysis and control of production systems**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1985.

FARIA, A. C. **Custos logísticos**: uma abordagem na adequação das informações de controladoria à gestão da logística empresarial. 2003. 313p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

FILIPE, P. M. C. **Definição de um modelo de cadeia logística na indústria aeronáutica**: o caso português. 2003. 134p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2003.

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. (Org.). **Logística empresarial**: a perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.

FONSECA, M. F. **Arte Naval**. Rio de Janeiro: Gráfica do IBGE, 1960.

FRANCESCHINI NETO, M. A. **A importância do controle informatizado no regime RECOF**. Disponível em: <<http://www.recof.com.br/artigos.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2003.

FUNDAÇÃO CHRISTIANO OTTONI. **Gestão pela qualidade total em serviços** – casos reais. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL. **Apresenta dados sobre o PIB mundial**. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2001/01/data/>>. Acesso em: 14 jul. 2003.

GEOFFRION, A. M. Better distribution planning with computer models. **Harvard Business Review**, v.54, p.92-99, 1976.

_____. The purpose of mathematical programming is insight, not numbers. **Interfaces**, v.7, n.1, p.81-92, 1976.

GEOFFRION, A. M.; GRAVES, G. W. Multicommodity distribution design by Benders decomposition. **Management Science**, v.20, n.5, p.822-844, 1974.

GEOFFRION, A. M.; POWERS, R. F. Facility location analysis is just the beginning (if you do it right). **Interfaces**, v.10, n.2, p.22-30, 1980.

_____. Twenty years of strategic distribution system design: an evolutionary perspective. **Interfaces**, v.25, n.5, p.105-127, 1995.

GURGEL, F. C. A. **Logística industrial**. São Paulo: Atlas, 2000.

HÄTTY, H. **Airline strategies against crises**. Trabalho apresentado na 5th Hamburg Aviation Conference. Disponível em: <<http://www.hamburg-aviation-conference.de/pdf/session1/haetty.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2003.

HAX, A. C.; CANDEA, D. **Production and inventory management**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

HAZZAN, S.; POMPEO J. N. **Matemática Financeira**. 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2001. p.73.

IATA. The Air Cargo Tariff – **TACT Rates North America**: emissão 137. Amsterdam: Autor, 1999.

_____. The Air Cargo Tariff – **TACT Rates Worldwide (except North America)**: emissão 134. Amsterdam: Autor, 1999.

_____. The Air Cargo Tariff – **TACT Rules**: emissão 40. Amsterdam: Autor, 1995.

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; VANTINE J. G. **Administração estratégica da Logística**. São Paulo: Vantine Consultoria, 1998.

LITTLE, J. D. C. Models and managers: the concept of a decision calculus. **Management Science**, v.1, n.8, p.466-485, 1970.

LOPEZ, J. M. C. **Os custos logísticos do comércio exterior brasileiro**. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

LOUISIN, F. **Supply chain relationships in aerospace and car industries**. In: Industry Space Days. Netherlands: Noordwijk, 2001. Disponível em: <<http://www.estec.esa.nl/conferences/isd2001/25.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2003.

LOVE, R. F.; MORRIS, J. G.; WESOLOWSKY, G. O. **Facilities location: models & methods**. New York: North Holland, 1988. p.186-203.

MACULAN F^o., N. **Programação linear inteira**. Rio de Janeiro: Comissão de Publicações da Coppe, UFRJ, 1978.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTOS, A. C. **Projeto de redes logísticas com consideração de estoques e modais: aplicação de programação linear inteira mista à indústria petroquímica**. 2000. 98p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

MCCARL, B. A. Repairing misbehaving mathematical programming models: concepts and a GAMS-based approach. **Interfaces**, v.28, n.5, p.124-138, 1998.

MELLO, P. C. Para o Brasil, bom negócio é com a China. **O Estado de São Paulo**, 28 set. 2003. Economia. Disponível em: <<http://www.estado.com.br/editorias/2003/09/28/eco023.html>>. Acesso em: 08 out. 2003.

MOREIRA, M. T.; FRIAS, S.; PINTO, A. M. **Airline Business**. Apostila Curso Multiplic. Empresa Brasileira de Aeronáutica, 2003.

MORRIS, W. T. On the art of modeling. **Management Science**, v.13, n.12, p.B 707-717, 1967.

OAG. **Apresenta horários de vôos e tipos de aeronaves**. Disponível em: <<http://www.oag.com>> (https://secure.oag.com/oag_com/jump/freetrial.asp). Acesso em: 14 jul. 2003.

PERRONS, R. K. **Make-buy decision in the U. S. aircraft industry**. 1997. 143p. Dissertação (Master of Science) – Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts, 1997.

PIDD, M. Just modeling through: a rough guide to modeling. **Interfaces**, v.29, n.2, p.118-132, 1999.

PORTER, M. E. **Competição: estratégias competitivas essenciais**. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

PORTUGAL, U. P. **Recof e os ganhos logísticos**. Disponível em: <http://www.tradeworks.com.br/portal/imprensa/noticia_15.htm>. Acesso em: 10 dez. 2003.

POWELL, S. G. The teachers' forum: six key modeling heuristics. **Interfaces**, v.25, n.4, p.114-125, 1995.

Recordes no comércio exterior. **O Estado de São Paulo**, 03 out. 2003. Editorial. Disponível em: <<http://www.estado.estadao.com.br/editorias/2003/10/03/editoriais002.html>>. Acesso em: 08 out. 2003.

REED, F. Embraer takes off with sale to Jet Blue. **The Washington Times**, Washington, 23 jun. 2003. Business. Disponível em: <http://dynamic.washtimes.cpm/print_story.cfm?Story>. Acesso em: 02 jul. 2003.

REIS, M. A. S. **Curso de Logística Internacional**. Apostila. São Paulo: Associação Brasileira de Logística – ASLOG, 2001.

SAMANEZ, C. P. **Matemática financeira** – aplicações à análise de investimentos. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1999. p.97–103.

SANTORO, M. C. **Sistemas de produção II**. Apostila do curso. Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Produção, 2001.

SÃO PAULO. **Decreto nº 48.115**. Introduz alterações no Regulamento do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestações de Serviços – RICMS, 26 de setembro de 2003.

SHEFFI, Y. **A case study of shipping automobile parts from Brazil**. Center for Transportation Studies Massachusetts Institute of Technology, 13 de julho de 1998.

SHAPIRO J. F. **Modeling the supply chain**. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole-Thomson Learning, 2001.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1981.

THURBER, M. **Aviation maintenance, electrons by the hour**. Disponível em: <<http://www.aviationtoday.com/reports/avmaintenance/previous/0802/0802elctrns.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2003.

U.S. CENSUS BUREAU. **Apresenta dados sobre o crescimento vegetativo mundial**. Disponível em: <<http://www.census.gov/ipc/www/worldpop.html>>. Acesso em: 13 jul. 2003.

WALLACE, J. Aerospace Notebook: Jet makers hope to woo Air Canada. **Seattle Post-Intelligencer**. Disponível em: <http://seattlepi.nwsourc.com/business/139950_air17.html>. Acesso em: 28 out. 2003.

WELLS, A. T. **Air transportation, a management perspective**. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, 1984.

YOSHIZAKI, H. T. Y. **Projeto de redes de distribuição física considerando a influência do imposto de circulação de mercadorias e serviços**. 2002. 144p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.