

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Adhemar Ranciaro Neto

Estudo estratégico de implementação de um *hub* de cargas no
Destacamento de Apoio à COMARA em Manaus – AM
(DACO-MN)

Trabalho de Graduação
2006

Infra - Estrutura

Adhemar Ranciaro Neto

**Estudo estratégico de implementação de um *hub* de cargas no
Destacamento de Apoio à COMARA em Manaus – AM (DACO-
MN)**

Orientador
Prof. Dr. Carlos Müller (ITA)

Divisão de Engenharia de Infra – Estrutura Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
COMANDO – GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2006

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão Biblioteca Central do ITA/CTA

Ranciaro Neto, Adhemar
Estudo estratégico de implementação de um *hub* de cargas no Destacamento de Apoio à COMARA em Manaus – AM (DACO-MN)/ Adhemar Ranciaro Neto.
São José dos Campos, 2006.
110f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia de Infra – Estrutura Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2006. Orientadores: Prof. Dr Carlos Müller – ITA.

1. Pesquisa operacional. 2. Logística (Administração). 3. Sistemas de apoio à decisão. I. Comando – Geral de Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra – Estrutura Aeronáutica. II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Ranciaro Neto, Adhemar. **Estudo estratégico de implementação de um hub de cargas no Destacamento de Apoio à COMARA em Manaus – AM (DACO-MN)**. 2006. 110 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Adhemar Ranciaro Neto

TÍTULO DO TRABALHO: Estudo estratégico de implementação de um hub de cargas no Destacamento de Apoio à COMARA em Manaus – AM (DACO-MN)

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2006

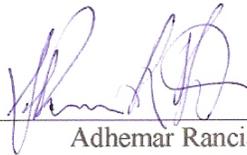
É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



Adhemar Ranciaro Neto
Rua João de Oliveira Júnior, 60,
Ap. 32, Centro, São Carlos – SP.
CEP: 13560-170

**Estudo estratégico de implementação de um hub de cargas no
Destacamento de Apoio à COMARA em Manaus – AM (DACO-MN)**

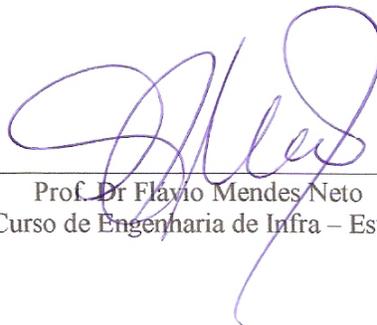
Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Adhemar Ranciaro Neto
Autor



Prof. Dr Carlos Müller – ITA
Orientador



Prof. Dr Flávio Mendes Neto
Coordenador do Curso de Engenharia de Infra – Estrutura Aeronáutica

São José dos Campos, 16 de novembro de 2006.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador pelo caminho que me auxiliou a trilhar neste trabalho.

Agradeço ao professor Rodrigo Scarpel pelo importante apoio, gentil e despretensioso, oferecido no desenvolvimento de meu TG.

Agradeço ao pessoal da COMARA pelo esforço e pela boa vontade em atender minhas requisições, necessárias para o desenvolvimento deste TG.

Agradeço aos demais professores do ITA que contribuíram significativamente para minha formação.

Agradeço aos colegas de escola que, na maioria das vezes, demonstraram-se solidários à consecução de objetivos comuns.

Agradeço à Força Aérea Brasileira por me prover sustento de forma digna e por propiciar uma melhor formação de meu caráter.

Agradeço aos meus amigos de fora da escola pelos momentos prazerosos e inesquecíveis que deixaram marcados em minha alma.

Agradeço ao Jô (uhr...) pelo companheirismo e apoio oferecido.

Porém, tenho muito a agradecer a Carmen Bandini que, com sua paciência e amor, auxiliou-me a superar as intempéries de uma etapa muito conturbada de minha vida.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de propor um modelo matemático para a verificação da viabilidade de transformar um armazém secundário da COMARA localizado em Manaus – AM em um centro pleno de distribuição de carga para seus clientes (obras e outros armazéns), visando atender um anseio antigo de vários integrantes desta empresa. Tal modelo optou por avaliar o fluxo de carga ao longo da cadeia logística da empresa, desde o recebimento de material até sua entrega, passando pelo transporte e armazenagem deste.

Antes de construir o modelo, foi necessário ter conhecimento da política de processos logísticos desta empresa. Tal política possui características que diferem da média da maioria das empresas, pois há situações muito restritivas para aquisição de material e para atendimento ao cliente.

ABSTRACT

The goal of this work was to suggest a mathematical model for the checking of viability of turning a COMARA's secondary storage, placed in Manaus – AM, into an only center of cargo distribution to its clients, aiming to fulfill an early necessity of several workers of this company. Such model opted for evaluating cargo flow throughout the company's logistical chain, since stuff receiving as well as its delivering including its transportation and storing.

Before building the model, it was necessary to know the performance of the company's logistical processes. Such performance has some features which differ from those performed by most companies, since there are quite limiting situations for stuff acquisition and customer service.

Relação de Abreviaturas, Siglas e Símbolos:

5^a FAE: Quinta Força Aérea.

BE: Município de Belém – PA

C115: Aeronave Búfalo

C130: Aeronave Hércules

CC: Município de Caracaraí – RR

CD: Centro de distribuição

COMARA: Comissão dos Aeroportos da Região Amazônica.

DACO – MN: Destacamento de apoio à COMARA de Manaus.

DL: Divisão de Logística.

EE: Município de Estirão do Equador – AM

EI: Município de Eirunepé – AM

Empresa: COMARA, salvo diferente significado explicado no texto.

FAB: Força Aérea Brasileira.

II: Município de Ipiranga – AM

MA: Município de Monte Alegre – PA

MN: Município de Manaus – AM

OI: Município de Oiapoque – AP

OW: Município de Moura – AM

PAA: Plano de Apoio à Amazônia.

PJ: Município de Palmeiras do Javari – AM

PV: Município de Porto Velho – RO

SDS: Subdivisão de Suprimento.

SDT: Subdivisão de Transporte.

SEFA: Secretaria de Finanças da Aeronáutica.

SR: Município de Santa Rosa dos Purus – AC

TC: Município de Tunuí Cachoeira – AM

TG: Trabalho de Graduação.

TS: Município de Tiriós – PA

TT: Município de Tabatinga – AM

UA: Município de São Gabriel da Cachoeira – AM

VB: Município de Vila Bitencourt – AM

YA: Município de Yauaretê – AM

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1.	Revisão Bibliográfica	1
1.2.	Objetivo	4
1.3.	Caracterização do problema	5
1.4.	Forma de apresentação do trabalho	6
2	Estudo 1: Estudo do perfil logístico da COMARA.....	7
2.1	Método.....	7
2.2	Resultado do estudo 1.....	8
2.2.1	Histórico da Empresa.....	8
2.2.2	Cenário de Atuação	8
2.2.2.1	Apresentação da região de atuação principal da COMARA	9
2.2.2.2	Clima	11
2.2.2.3	Hidrografia	12
2.2.3	Sistema Logístico da COMARA.....	13
2.2.3.1	Transporte.....	13
2.2.3.1.1	Transporte aéreo	14
2.2.3.1.2	Transporte Rodoviário.....	15
2.2.3.1.3	Transporte Fluvial	16
2.2.3.2	Centros de distribuição	18
2.2.3.3	Programação de Insumos para Obras	29
2.2.3.4	Processamento de pedidos.....	29
2.2.3.5	Aquisições de material feitas pela COMARA.....	32
2.2.3.5.1	Aquisições de bens e serviços feitas por empresas públicas	32
2.2.3.5.2	Tempo de atendimento à empresa por parte do fornecedor.....	34
2.2.3.5.3	Valores de licitação como função da localidade de entrega.....	34
2.2.3.5.4	Localidades de fornecedores	35
3	Estudo 2: Desenvolvimento do modelo de auxílio à tomada de decisão logística.....	36
3.1	Método.....	36
3.1.1	O modelo de programação linear multiperíodo de transbordo.....	36
3.1.2	Dados de entrada	38
3.1.3	Considerações e restrições de modelagem	39
3.2	Objetivo do modelo	39
3.3	Formalização do modelo	40
3.4	Concepção do modelo	40
3.4.1	Fluxo de Carga nos Centros de Distribuição.....	42
3.4.1.1	Limites de estocagem e capacidade do armazém.....	45
3.4.1.2	Limite de capacidade de fornecimento.....	46
3.4.1.3	Atribuição de valor ao estoque inicial no primeiro período de análise.....	46
3.4.2	Estudo do fluxo de carga nos transportes.....	47
3.4.2.1	Despacho de cargas	47
3.4.2.2	Avaliação de rota e destino final de carga.....	47
3.4.2.3	Capacidade de modal por trecho.....	52
3.4.2.4	Cumprimento da demanda.....	53

3.4.2.4.1 Materiais com previsão de demanda (possuem cronograma de entrega já estabelecido)	54
3.4.2.4.2 Materiais com demanda imprevista.....	54
3.4.2.4.3 Restrições na colocação das quantidades demandadas.....	55
3.4.3 Desenvolvimento da função objetivo.....	56
3.4.3.1 Custos de aquisição	56
3.4.3.2 Custo de transporte.....	57
3.4.3.2.1 Componentes de custo de transporte para o modal fluvial.....	57
3.4.3.2.1.1 Combustíveis e Lubrificantes	57
3.4.3.2.1.2 Pessoal	58
3.4.3.2.1.3 Alimentação.....	59
3.4.3.2.1.4 Manutenção	59
3.4.3.2.1.5 Depreciação	60
3.4.3.2.2 Modal Aéreo.....	60
3.4.3.2.3 Determinação do custo total de transporte.....	61
3.4.3.3 Custo de Estoque.....	61
3.4.3.3.1 Custos de manutenção.....	62
3.4.3.3.2 Custo de estoque em trânsito.....	63
3.4.3.3.3 Custos de falta de estoques.....	64
3.4.3.4 Custos por demora na entrega.....	64
3.5 Exemplo de resolução de problemas utilizando o modelo proposto.....	65
3.5.1 Exemplos resolvidos com o modelo.....	65
3.5.1.1 Desenvolvimento do exemplo com previsão de demanda	65
3.5.1.2 Resultados da aplicação do modelo.....	69
3.5.1.3 Discussão dos resultados	75
3.5.1.4 Desenvolvimento do exemplo com demanda imprevista.....	76
3.5.1.5 Resultados da aplicação do modelo.....	80
3.5.1.6 Discussão dos resultados	85
4 Conclusão	87
5 Referências Bibliográficas.....	88
Anexo	90
Apresentação do questionário nº 01	90
Apresentação do questionário nº 02	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Localidades que sofreram intervenções da COMARA no ano de 2005.....	9
Tabela 2.2: Condições Climáticas dos locais que receberam serviços da COMARA em 2005.....	12
Tabela 2.3: Períodos de secas e cheias dos rios que geraram empecilhos ao transporte fluvial para as obras da COMARA em 2005.....	13
Tabela 2.4: Carga transportada pelo PAA em toneladas.....	14
Tabela 2.5: Tempo levado para efetuar as rotas aéreas.....	15
Tabela 2.6: Volume anual transportado pelo modal rodoviário (ton).....	16
Tabela 2.7: Capacidades (t) de carga dos veículos utilizados no modal fluvial.....	17
Tabela 2.8: Quantidade (t) de carga mensal transportada pelo modal fluvial.....	17
Tabela 2.9: Tempo levado para efetuar as rotas fluviais.....	18
Tabela 2.10: Valores imobilizados em estoque na COMARA em R\$.....	20
Tabela 2.11: Produtividade nas pedreiras em toneladas.....	28
Tabela 2.12: Limites contratuais de acordo com a modalidade.....	34
Tabela 3.1: Índices para a enumeração das dimensões do modelo.....	41
Tabela 3.2: Obras sendo realizadas pela COMARA em 2005.....	41
Tabela 3.3: Principais materiais utilizados pela COMARA.....	42
Tabela 3.4: Descrição matemática das variáveis que envolvem os processos no CD.....	43
Tabela 3.5: Planilha explicativa sobre a alocação de variáveis.....	44
Tabela 3.6: Construção da relação despacho – entrega em planilha do Excel®.....	49
Tabela 3.7: Pontos de transbordo do sistema logístico da COMARA no ano de 2005.....	50
Tabela 3.8: Formalização matemática em planilha de Excel® para a situação de transbordo.....	52
Tabela 3.9: Tripulação do conjunto balsa – empurrador.....	58
Tabela 3.10: Pontos de origem, destino e duração de rotas utilizadas.....	66
Tabela 3.11: Resultado ótimo das variáveis de decisão nos CD.....	70
Tabela 3.12: Resultado ótimo das variáveis de decisão no transporte para a obra de Oiapoque.....	71
Tabela 3.13: Resultado ótimo das variáveis de decisão no transporte para a obra de São Gabriel da Cachoeira.....	72
Tabela 3.14: Resultados de custos referentes à movimentação nos CD da COMARA.....	73
Tabela 3.15: Resultados de custos referentes à aquisição do material i.....	73
Tabela 3.16: Custos de transporte, quantidade transportada e capacidade de modal para os trechos com destino a Oiapoque.....	74
Tabela 3.17: Custos de transporte, quantidade transportada e capacidade de modal para os trechos com destino a São Gabriel da Cachoeira.....	75
Tabela 3.18: Pontos de origem, destino e duração de rotas utilizadas.....	76
Tabela 3.19: Resultado ótimo das variáveis de decisão nos CD.....	80
Tabela 3.20: Resultado ótimo das variáveis de decisão no transporte para a obra de São Gabriel da Cachoeira.....	81
Tabela 3.21: Resultado ótimo das variáveis da quantidade de material que chega em cada modal a partir da quantidade despachada no período t.....	81

Tabela 3.22: Resultado ótimo das chegadas de material a partir da quantidade despachada no período t.....	82
Tabela 3.23: Resultados de custos referentes à movimentação nos CD da COMARA e custos de aquisição.	83
Tabela 3.24: Custos de transporte, quantidade transportada e capacidade de modal para os trechos com destino a São Gabriel da Cachoeira.	84
Tabela 3.25: Custos devido a atrasos na entrega de material.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Localização geográfica das localidades que passaram por obras da COMARA em 2005	10
Figura 3.1: Tabela de fluxo de estoque e de material a ser transportado.	66
Figura 3.2: Custos e capacidades dos CDs	67
Figura 3.3: Variáveis de carga que representam o fluxo de carga destinado a uma obra.....	68
Figura 3.4: Custos e capacidades referentes ao transporte de material para uma obra por modal e por trecho.	69
Figura 3.5: Tabela de fluxo de estoque e de material a ser transportado.	77
Figura 3.6: Custos e capacidades dos CDs	77
Figura 3.7: Variáveis de carga que representam o fluxo de carga destinado a uma obra.....	78
Figura 3.8: Custos e capacidades por modal para cada trecho (exemplo para um trecho)...	78
Figura 3.9: Quantidade de material que chega por meio de diferentes modais a partir do despacho em um determinado período.	79
Figura 3.10: Custos unitários por atrasos na entrega.....	79

1 Introdução

A aplicação de ferramentas para a otimização dos processos logísticos das empresas vem sendo amplamente utilizada ao longo das últimas décadas visando, de acordo com Ballou (2004) e Novaes (2001), a obtenção das seguintes vantagens competitivas:

- Maior rapidez no processo de atendimento ao cliente, desde o momento do pedido até a entrega do produto;
- Envio do produto com qualidade, minimizando as perdas devido à armazenagem e ao transporte;
- Redução da parcela de valor agregado ao item demandado devido ao custo logístico; e
- Aumento dos lucros das empresas.

Para que tais características sejam obtidas, mostra-se necessário avaliar os processos que envolvem toda a cadeia de suprimentos. Esta avaliação pode surgir de um planejamento que pode atuar sobre qualquer ou todas as três principais atividades da logística (Ballou, 2004) listadas abaixo:

- Transportes;
- Estoques; e
- Processamento de pedidos.

Dentro destas atividades, as variáveis utilizadas no planejamento tornam-se numerosas havendo, para tanto, a necessidade de modelos que dão suporte à tomada de decisão.

Existem diversos modelos para avaliar cada componente das atividades logísticas. Para o cumprimento dos objetivos deste trabalho foram avaliados alguns modelos cujo objetivo principal estava relacionado com a alocação de pontos de recebimento/distribuição /estocagem.

1.1. Revisão Bibliográfica

Para o estudo de alocação de centros de distribuição existem diversos modelos adotados, sendo cada um baseado em fatores distintos para a sua elaboração. Tais fatores,

de acordo com Ballou (2004), Novaes (2001), Vallim (2004) e Daganzo (2004) são, em comum, caracterizados por:

- Restrições econômicas;
- Restrições de localidade;
- Restrições de fornecedor e de pontos de demanda;
- Restrições de tráfego e de vias;
- Infra-estrutura disponível;
- Quantidade e qualidade de dados logísticos; e
- Grau de acurácia dos resultados apresentados pelo modelo.

Os modelos apresentados em Ballou (2004) e em Novaes (2001) podem ser exemplificados pelo modelo do centro de gravidade que consiste em alocar um centro de distribuição visando a minimizar a relação distância-quantidade demandada/fornecida existente entre cada ponto de fornecimento e de recepção em relação ao centro de distribuição. Tal modelo almeja fornecer resultados aproximados e rápidos, supondo alta disponibilidade de terrenos, de infra-estrutura adequada e condições satisfatórias de tráfego para qualquer ponto escolhido.

Existem também os modelos de múltiplo centro de gravidade para a alocação de mais de um centro de distribuição. Estes modelos têm as mesmas restrições apresentadas pelo modelo anterior.

Há modelos de programação dinâmica que avaliam a viabilidade de mobilização de armazém para localidades distintas, avaliando-se as previsões de custos futuros. Para tanto, é necessário ter um elevado grau de certeza sobre as condições econômicas futuras, sobre a localização de clientes e de produtores e sobre as condições de tráfego nas diferentes localizações do CD.

Ballou (2004) ilustra também modelos de localização baseados em quesitos com avaliação ponderada, onde é dado um grau e uma ponderação para cada quesito proposto. Estes quesitos e as respectivas ponderações são fixos para cada localidade, somente havendo alteração no grau dado. Tal método é subjetivo na avaliação da localidade proposta, pois depende de respostas dos avaliados. Métodos subjetivos devem ser acompanhados de outras formas de avaliação para que se garantam graus mais altos de acurácia nos resultados.

Outro modelo apresentado pelo mesmo autor é o de interação espacial que utiliza a formulação da lei de Reilly da gravidade do varejo¹ sendo esta similar à lei da gravitação universal onde as massas são dadas pela influência gerada pelo centro de demanda. Este modelo é outro que só fornece resultados aproximados e dá pouca importância às condições de tráfego e de disponibilidade de terreno.

Daganzo (2004) apresenta modelos de dimensionamento de toda a cadeia logística (inclusive a parte de localização de CD) que requerem poucos dados e são de natureza física. Este utiliza-se de funções temporais de trânsito de carga, de funções de densidade de demanda e de funções de roteirização. Das diversas situações explícitas naquela publicação, estas implicam na distribuição contínua de material, em regiões de demanda representadas por um conjunto de pontos de entrega os quais passam por processo de roteirização e os roteiros não possuem restrições temporais. A situação enfrentada por empresas que possuem regiões de demanda de pequena extensão geográfica e distantes com quase nenhuma opção distinta de roteiro faz com que as funções de demanda se degenerem em pontos ao longo da vasta região atendida pela empresa não permitindo solução matematicamente viável das equações propostas, além de aquela possuir fornecedores cujos períodos de entrega de material mostram-se bem longos, assim, prejudicando as funções de trânsito de carga. Outro fator que prejudica tais funções e que é característico da empresa é a sazonalidade de transporte. Isto dificulta ainda mais a confecção do modelo.

Há um modelo de determinação de localização de armazém que se baseia no uso da programação linear. Esta modelagem verifica, para diversas localidades, o fluxo de carga nos armazéns supondo que estes existam em todas elas. Este fluxo, de acordo com Ballou (2004), inicia-se no ponto de fornecimento e termina nos pontos de demanda passando pelos armazéns. Este modelo é baseado no problema de pesquisa operacional de transbordo. Tal problema, de acordo com Winston (2004) possui como variáveis as quantidades de material transportadas em cada rota dos pontos de fornecimento até os pontos de demanda respeitando-se as condições de capacidade produtiva, de satisfação total da demanda e de igualdade da quantidade de chegada e de saída de material. As variáveis são inteiras (as quantidades de material são inteiras). Acrescentando-se a dimensão tempo no modelo este

¹ O varejo se caracteriza, neste caso, como uma região de demanda por bens fornecidos pela empresa que decidirá a localidade de instalação do armazém.

se transforma em um modelo de programação linear multiperíodo de transbordo. De acordo com Salomon (2002) a dimensão tempo aumenta o teor realístico do modelo ilustrando a quantidade que passa no estoque por unidade de tempo, sendo necessário determinar as restrições de capacidade de estocagem em cada armazém e de transporte em cada rota, além de inserir, de forma matemática, os bloqueios de uso de modal.

Este último modelo mostrou-se o mais recomendado para a aplicação no dia a dia logístico de empresas que possuem pontos distantes de demanda, com quase nenhuma opção de roteiro dos centros de distribuição até aqueles, sazonalidade nos transportes, além de possuir fornecedores com muita demora no atendimento.

1.2. Objetivo.

O presente trabalho de graduação desenvolveu uma ferramenta de apoio à decisão logística no que se refere à escolha de um local para servir como um centro de distribuição pleno de carga visando atender aos interesses da empresa COMARA (empresa estatal pertencente à Força Aérea Brasileira que tem por função construir aeroportos na região amazônica). Tal empresa apresenta características logísticas peculiares que serão discutidas ao longo deste trabalho. O termo pleno significa dizer que, como a empresa distribui diversos tipos de material para seus clientes, um único lugar dos que foram apresentados como viáveis deve ser escolhido para receber e distribuir todos os tipos de carga. Podem ocorrer outros resultados como a definição de centros especializados de distribuição de carga (especializado significa distribuir uma variedade muito pequena de carga).

Para isso, realizaram-se 2 (dois) estudos:

- O primeiro estudo foi a caracterização dos processos logísticos da empresa bem como seus fatores intervenientes (externos e internos); e
- O segundo estudo, baseado nas informações obtidas no primeiro estudo, envolveu a construção de um modelo matemático baseado, em parte, em Ballou (2004), Winston (2004) e em Salomon (2002) que visa a dar uma resposta para o problema que gerou o desenvolvimento deste trabalho.

1.3. Caracterização do problema

De acordo com entrevistas realizadas com membros da empresa responsáveis pela SDT, DL e SDS, a empresa não produz a maioria dos materiais que distribui a seus clientes (entende-se por clientes os canteiros de obras da empresa, centros de distribuição, oficinas e setores administrativos), tendo a empresa as funções logísticas de processamento de pedidos (pedidos oriundos dos clientes), armazenagem e distribuição de material para as obras, setores de manutenção, de distribuição e administrativos. A aquisição de materiais é feita obedecendo-se a Lei das Licitações (Lei 8666/93), o que interfere no andamento do cronograma de distribuição da empresa conforme discutido adiante.

A empresa apresenta centros de distribuição nas cidades de Belém – PA e de Manaus – AM. Na primeira, há um centro principal de distribuição e a sede da empresa. Na segunda, há um centro de distribuição secundário. Há outros centros de distribuição espalhados na região amazônica, só que de menor alcance de atendimento e, ao contrário das duas cidades citadas acima, não recebem material do fornecedor (empresa ganhadora do processo de licitação).

Com relação à decisão de local para o estabelecimento de um hub de cargas (ponto central para coletar, separar e distribuir itens e/ou serviços para uma determinada área ou região específica), os funcionários entrevistados da empresa (responsáveis pela SDT, DL e SDS) se dividem em duas vertentes:

A primeira vertente sugere que seja realizada a transferência do centro de distribuição principal de Belém para Manaus, pois isto acarretaria em atendimento mais rápido à maioria das obras da COMARA devido a estas estarem localizadas na Amazônia Ocidental que é a região mais próxima de Manaus. Cerca de 80% das obras da COMARA que estavam sendo realizadas no ano de 2005 pertenciam à área de influência de Manaus². A rapidez no atendimento poderia gerar menos despesas devido à manutenção de obras paradas e reduzir volumes de estoque.

A segunda vertente sugere que o sistema atual de distribuição mostra-se o mais eficaz possível dentro do escopo de atuação da COMARA, já que as aquisições de material e de

² A relação das obras realizadas em 2005 foi apresentada no item 2.2.2.1.

serviços feitas para ser entregues em Manaus são mais caras do que as que são entregues em Belém, o que compensaria o tempo de espera em obra.

Com base nos anseios da primeira vertente surgiu a possibilidade de se iniciar uma discussão embasada no método científico para tentar verificar a hipótese levantada por aquela vertente, com o objetivo de buscar caminhos que visam à otimização dos processos logísticos da empresa por meio da definição do melhor lugar para se ampliar, reduzir, ou até mesmo extinguir um centro de distribuição.

1.4. Forma de apresentação do trabalho

A apresentação deste trabalho foi definida em 4 (quatro) capítulos estruturados da seguinte forma:

Capítulo 1: Introdução ao trabalho contendo os objetivos, revisão bibliográfica e uma breve caracterização do problema.

Capítulo 2: Descrição do sujeito de pesquisa.

Capítulo 3: Descrição do modelo de auxílio à decisão logística com discussão de resultados

Capítulo 4: Conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

Referências bibliográficas.

Anexo: Apresentação dos questionários enviados à COMARA.

2 Estudo 1: Estudo do perfil logístico da COMARA.

2.1 Método

Para a melhor caracterização do problema e posterior confecção do modelo matemático de apoio à decisão para a COMARA, foi necessário ter conhecimento dos processos logísticos da empresa bem como seus fatores intervenientes. Para apurá-los foi necessário elaborar e enviar para a empresa 02 (dois) questionários que estão descritos no anexo deste trabalho. Os questionários estão baseados na teoria proposta em Ballou (2004) e Novaes (2001). Com relação a esta teoria os questionários buscaram avaliar os seguintes quesitos:

- Caracterização dos objetivos da empresa;
- Caracterização do processo de aquisição de material pela empresa;
- Caracterização do processo de pedido de material pelo cliente da empresa;
- Definição das localidades dos pontos de estocagem e apoio pertencentes à empresa;
- Caracterização dos modais de transporte e rotas utilizadas para transporte;
- Caracterização dos tipos de material que compõe as maiores percentagens de custo de obra utilizado pela empresa;
- Avaliação das instalações dos pontos de estocagem da empresa;
- Caracterização dos processos de recebimento e envio de material;
- Definição das localidades dos clientes da empresa (canteiros de obras);
- Avaliação dos custos incorridos em toda a cadeia logística da COMARA, como: custo de compra, custo de armazenagem e manuseio, custo de transporte, custo da produção parada (falta de estoque);
- Capacidade de transporte;
- Histórico de pedidos feitos pelos clientes da COMARA; e
- Capacidade de atendimento da empresa aos pedidos solicitados.

Observando também o exposto em Pessoa e Sá (2003) e em COMARA (2005), os questionários tiveram que avaliar também outros quesitos como:

- Período de clima favorável ao trabalho em cada canteiro de obras; e

- Período de seca e cheia de rios;

As respostas fornecidas pela empresa juntamente com a pesquisa em Pessoa e Sá (2003) e em COMARA (2005) foram submetidas a um processo de análise e, posteriormente foram relatadas no item 2.2:

2.2 Resultado do estudo 1.

2.2.1 Histórico da Empresa.

No início da década de 50 existiam na Amazônia apenas 17 aeródromos, dos quais somente o de Manaus (AM) e o de Belém (PA) eram pavimentados. Para se chegar à criação da COMARA, em 1953 foi implantada por preceito constitucional a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia – SPVEA, que posteriormente se transformou na Superintendência de Desenvolvimento da Região Amazônica – SUDAM. Entre as suas atribuições estava a implantação da malha aeroviária da região.

O Ministério da Aeronáutica através do então Comando da 1ª Zona Aérea, sediado em Belém, criou a Comissão Mista Força Aérea Brasileira/Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia – FAB/SPVEA, que após um ano e sete meses foi transformada em COMARA, através do Decreto nº. 40.551 de 12 de dezembro de 1956.

Em 2001, a Portaria nº 733/GC3, de 17 de setembro, subordinou a COMARA ao Comando-Geral do Ar – COMGAR. Nessa mesma data outra Portaria, de nº 734/GC3, estendeu o trabalho da instituição a outras regiões do Brasil.

Nesses 50 anos de atividades, a COMARA foi responsável pela construção e recuperação de mais de 150 pistas, além de viabilizar mais de 70 obras de reformas de instalações aeroportuárias e vias públicas. Também é uma organização militar que dá apoio a diversos órgãos federais, como quartéis de fronteiras do Exército, Marinha, Fundação Nacional do Índio – FUNAI e SUDAM.

2.2.2 Cenário de Atuação

2.2.2.1 Apresentação da região de atuação principal da COMARA

A COMARA, em 2005, estabeleceu suas obras ao longo dos seguintes Estados: Amazonas, Roraima, Rondônia, Acre, Pará e Amapá.

A área principal de atuação da COMARA encontra-se na região ocidental do Estado do Amazonas. Lá, diversos municípios e vilas sofrem as intervenções da empresa no que tange à implantação de aeródromos ou na reforma dos já existentes. As localidades que tiveram a presença da COMARA em 2005 estão ilustradas na tabela 2.1 e sua posição geográfica está indicada na figura 2.1.

Tabela 2.1: Localidades que sofreram intervenções da COMARA no ano de 2005

Estado	Localidade
Amazonas	Eirunepé
	Estirão do Equador
	Palmeiras do Javari
	Ipiranga
	Vila Bitencourt
	São Gabriel da Cachoeira
	Iauaretê
	Maturacá
	Tunuí Cachoeira
Pará	Tiriós
	Cachimbo
Rondônia	Porto Velho
Acre	Santa Rosa dos Purus
Amapá	Oiapoque

Fonte: Revista da COMARA 49 anos.

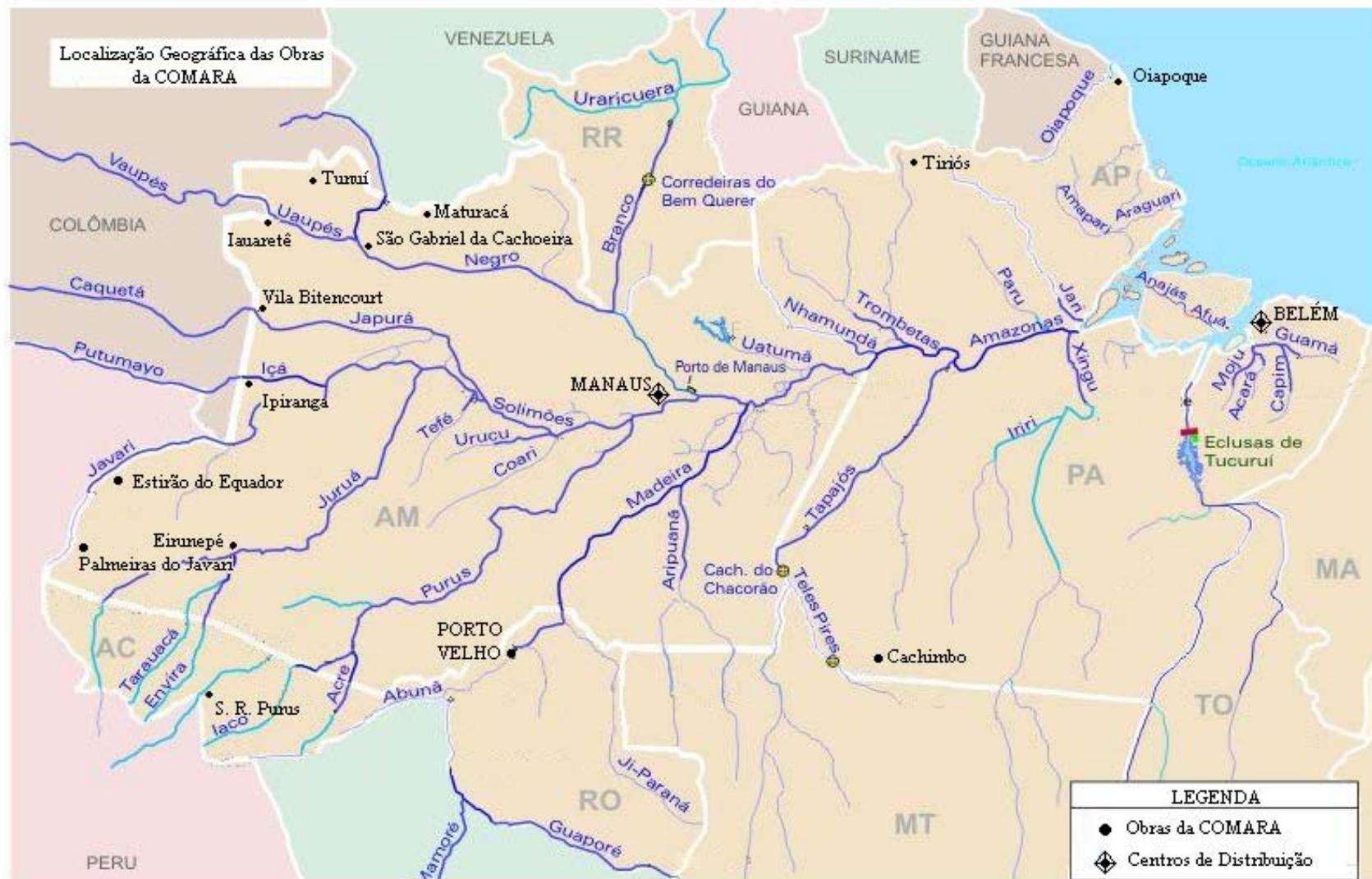


Figura 2.1: Localização geográfica das localidades que passaram por obras da COMARA em 2005

2.2.2.2 Clima:

As informações sobre alguns aspectos climáticos das localidades das obras são importantes, pois algumas limitações de execução de serviços se dão por meio de períodos muito chuvosos no local das construções. Tais empecilhos influem no processo de planejamento de transporte, compra e estocagem de materiais de construção e de maquinário. Portanto, faz-se necessário ter noção das épocas do ano em que ocorrem as situações climáticas favoráveis ou não para a execução dos serviços e, conseqüentemente, para o recebimento de material. A Tabela 2.2 ilustra as condições climáticas das localidades que receberam serviços da COMARA em 2005.

Tabela 2.2: Condições Climáticas dos locais que receberam serviços da COMARA em 2005.

Localidade/Período	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Eirunepé-AM	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	White	Red	Red
Est. Equador-AM	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	White	Red	Red
P. Javari-AM	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	White	Red	Red
Porto Velho-RO	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	White	Red	Red
S. R. Purus-AC	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	White	Red	Red
Cachimbo-PA	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	White	Red	Red
Ipiranga-AM	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	White	Red
V. Bitencourt-AM	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow	White	Red
Oiapoque-AP	Red	Red	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow
Tiriós-PA	Red	Red	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow
São Gabriel-AM	Red	Red	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow
Yauaretê-AM	Red	Red	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue	Yellow
Maturacá-AM	Yellow	White	Red	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue
T. Cachoeira-AM	Yellow	White	Red	Red	Red	Red	Red	White	Yellow	Blue	Blue	Blue

Fonte: Revista da COMARA 49 anos

Legenda:

	Condições desfavoráveis ao trabalho
	Condições mínimas de trabalho
	Condições de trabalho razoáveis
	Condições de trabalho pleno (período seco)

2.2.2.3 Hidrografia

A COMARA distribui cerca de 95% de material com destino as obras por meio do modal fluvial de transporte. Tal modal é suscetível ao período de cheias e secas de rios, sendo muitas vezes interrompido no período de seca de alguns rios ou tendo restrições na quantidade de carga a ser transportada. É importante avaliar tais períodos para um bom planejamento do transporte. A tabela 2.3 ilustra os períodos para os rios utilizados pela

COMARA. Há rios que não oferecem problemas com relação às cheias e secas, sendo somente apresentados na tabela os que geram empecilhos ao transporte.

Tabela 2.3: Períodos de secas e cheias dos rios que geraram empecilhos ao transporte fluvial para as obras da COMARA em 2005.

Rios/Período	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Rio Negro	Red	Red	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Red	Red
Rio Javari	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Red	Red	Red	Red	Yellow
Rio Juruá	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Yellow
Rio Japurá	Red	Red	Red	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow
Rio Purus	Blue	Blue	Blue	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Blue
Rio Içana	Red	Red	Red	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Red
Rio Içá	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue

Fonte: Revista da COMARA 49 anos

Legenda:

	Período de seca
	Navegação com cuidado
	Período cheio

2.2.3 Sistema Logístico da COMARA.

2.2.3.1 Transporte

A COMARA basicamente faz uso de 03 (três) modais de transporte para realizar o trânsito de insumos e de pessoal dos pontos de apoio para os locais de obra e vice-versa.

Dentre os três modais apresentam-se:

2.2.3.1.1 Transporte aéreo:

O modal aéreo utilizado pela COMARA é composto por aeronaves C-130 Hércules e C-115 Búfalo. Estas não pertencem às posses da empresa, sendo, portanto, cedidas pela 5ª FAE por meio do PAA: Plano de Apoio à Amazônia. Tal plano tem por objetivo alocar um determinado número de horas de vôo daquelas aeronaves para servir aos propósitos da empresa. As vantagens apresentadas por este modal são: a rapidez de transporte, o que gera um nível baixo de estoques em trânsito; não ser afetado pela topografia e a grande flexibilidade no uso. Em contrapartida, o modal apresenta altos custos em relação à produtividade da obra; é suscetível à interferência atmosférica; necessita de aeródromo para embarque e desembarque não havendo lançamentos aéreos de insumos e existe, ainda, a imprevisibilidade de empréstimo de aeronaves à COMARA pela 5ª FAE.

Com relação ao volume transportado pelas aeronaves do PAA é possível verificar que aquele não ultrapassa 400 toneladas por mês. A tabela 2.4 ilustra os valores do volume mensal de carga transportado ao longo dos anos de 2004 a 2006.

Tabela 2.4: Carga transportada pelo PAA em toneladas

Mês/Ano	Carga Transportada (t)		
	2004	2005	2006
JAN	41,90	326,50	74,70
FEV	44,70	275,60	137,30
MAR	19,70	73,94	122,30
ABR	17,70	104,07	76,00
MAIO	149,10	172,00	35,00
JUN	121,90	271,00	14,80
JUL	164,50	320,10	10,00
AGO	82,90	257,50	-
SET	58,20	161,70	-
OUT	186,20	152,00	-
NOV	73,00	152,00	-
DEZ	87,00	310,00	-
Média Anual	87,23	214,70	67,16
Totais anuais	1046,80	2576,41	470,10

Fonte: COMARA – SDS

Há também dados de tempo de percurso de algumas rotas aéreas utilizadas pela COMARA na tabela 2.5.

Tabela 2.5: Tempo levado para efetuar as rotas aéreas.

Rota	Distância percorrida (km)	Tempo de percurso (médio entre o C-130 e o C-115)
Belém – Oiapoque	816	2h e 15 min
Belém – Tiriós	900	2h e 30 min
Belém – Manaus	1350	3h e 40 min
Belém – Cachimbo	990	2h e 15 min
Belém – Marabá	380	1h e 10 min
Manaus – Boa Vista	670	1h e 45 min
Manaus – S.G Cachoeira	816	2h e 15 min
Manaus – Tabatinga	1116	2h e 55 min
Manaus – Eirunepé	1028	2h e 50 min
Manaus – C. do Sul	1600	4h e 15 min
Manaus – Rio Branco	988	2h e 40 min
Manaus – Porto Velho	900	2h e 30 min

Fonte: Auditoria SEFA

Existem estimativas de custo de hora por aeronave do PAA de acordo com a chefia da Divisão de Logística. O custo médio horário de voo de cada aeronave é de R\$ 45.000,00.

2.2.3.1.2 Transporte Rodoviário

O transporte rodoviário utilizado pela COMARA é composto de cavalos mecânicos, carretas pranchas e carretas isotérmicas. As vantagens apresentadas por este modal são a de fornecer serviço porta a porta, ou seja, não oferece necessidade de a região de demanda ter que ir a uma estação buscar o material transportado, com isso não necessitando a presença de terminais sofisticados; gera economia em serviço a curta

distância. Em contrapartida, o modal não é adequado para transportar cargas de grande volume e peso.

Devido à situação geográfica imposta pelos componentes de relevo, de vegetação e hidrográficos, a COMARA utiliza pouco este modal quando comparado ao uso do modal fluvial e aéreo.

De acordo com Pessoa e Sá (2003) o transporte rodoviário na COMARA efetuou o carregamento de volumes apresentados na tabela 2.6:

Tabela 2.6: Volume anual transportado pelo modal rodoviário (ton)

Ano	2000	2001 (*)
Carga Rodoviária	347	484

* Até outubro de 2001

Fonte: Pessoa e Sá (2003)

2.2.3.1.3 Transporte Fluvial

Devido à imensa rede fluvial existente na Região Amazônica, o modal mais utilizado pela COMARA em termos de capacidade é o fluvial. Através dos rios chegam 95% (noventa e cinco por cento) do volume total transportado pela empresa. Este modal tem a vantagem de possuir baixo custo ao longo da rota, além de ter elevada capacidade de carga a ser transportada e aceitar uma imensa variedade de tipos de carga (Exemplo: uma usina de asfalto não pode ser levada pelo modal aéreo, nem pelo rodoviário). Em contrapartida, o modal fluvial sofre com a baixa velocidade, além de depender do estado de cheias e de vazantes dos rios, da geografia do terreno e do elevado tempo de carregamento/ descarregamento de material.

A COMARA possui uma frota de balsas e empurradores que podem ser descritos em função da capacidade de transporte. A descrição segue na tabela 2.7:

Tabela 2.7: Capacidades (t) de carga dos veículos utilizados no modal fluvial.

Categoria	Quantidade	Capacidade unitária (t)
empurrador	3	800
empurrador	2	1500
empurrador	4	2000
empurrador	1	3000
Balsa	2	200
Balsa	3	500
Balsa	2	600
Balsa	3	800
Balsa	2	1000
Balsa	1	1100
Balsa	1	1200

Fonte: Revista da COMARA 49 anos.

É possível visualizar o volume mensal transportado de carga por este modal ao longo dos anos de 2004 a 2006 na tabela 2.8:

Tabela 2.8: Quantidade (t) de carga mensal transportada pelo modal fluvial.

Mês	Carga transportada (t)		
JAN	0	4.082	2507
FEV	454	947	2022
MAR	60	4.741	5630
ABR	6.047	3.365	2715
MAI	4.892,00	5.032,00	3710,5
JUN	5.978,00	6.675,00	4332
JUL	5.170	1.606	3393
AGO	6.520	6.540	-
SET	1.426	8.030	-
OUT	3.993	4.375	-
NOV	2.023	900	-
DEZ	782	741	-
Média Anual	3112,1	3919,5	3472,8
Totais anuais	37345,0	47033,6	24309,5

Fonte: COMARA - DL

Há também dados de tempo de percurso de algumas rotas fluviais utilizadas pela COMARA apresentados na Tabela 2.9.

Tabela 2.9: Tempo levado para efetuar as rotas fluviais.

Rota	Distância percorrida (km)	Tempo médio de percurso dos empurradores (dias)
Belém – Oiapoque	1037	7
Belém – Manaus	1500	6
Manaus – Caracarái	1000	4,5
Manaus – Porto Velho	1000	6
Manaus – Rio Branco	1665	15
Manaus – C. do Sul	4350	45
Manaus – Eirunepé	3103	25
Manaus – Tabatinga	1755	13
Manaus – S. G. Cachoeira	1037	7

Fonte: Auditoria SEFA

2.2.3.2 Centros de distribuição

Atualmente, a COMARA conta com dois centros principais de distribuição. Um deles é localizado em Belém e o outro é localizado em Manaus. Cada um desses centros estoca ou serve de ponto de embarque e desembarque imediato de material.

Há outros pontos de distribuição pertencentes à COMARA só que de menor alcance e importância. Esses locais são representados por:

- Pedreiras, que fornecem agregados para as obras, localizadas em Monte Alegre – PA, Moura – AM e Tiriós – PA; e
- Pontos provisórios de transbordo de carga para atender a obras cujas rotas principais de chegada se iniciam naqueles pontos. O material provém dos centros de distribuição de Belém e de Manaus por meio de transporte próprio da COMARA ou contratado por esta. Tais localidades são os municípios de Tabatinga – AM e São Gabriel da Cachoeira – AM.

Além dos centros de distribuição, cada obra realizada pela COMARA conta com um armazém próprio para estocar o material a ser aplicado no respectivo empreendimento. É possível verificar os valores de material armazenados em estoque na tabela 2.10.

A tabela mostra que a empresa mantém em material estocado em todos os seus armazéns (centros de distribuição e armazéns de obras) um valor médio de R\$3.911.800,00 por mês ao longo do horizonte de tempo mostrado na tabela. Em janeiro de 2004, o valor total de carga imobilizada mostrou-se muito diferente dos demais valores totais não sendo considerado válido para a realização de análises mais detalhadas que envolvam o uso destes valores.

Tabela 2.10: Valores imobilizados em estoque na COMARA em R\$

MESES	Janeiro de 2004	Fevereiro / 2004	Março / 2004	Abril / 2004	Mairo / 2004	Junho / 2004
SEDE (DL/SDS) – PA	14.642,13	2.320.106,62	2.311.412,75	2.304.513,36	2.260.257,54	2.272.550,64
DACO-MANAUS – AM	13.162,69	82.706,12	82.706,12	82.706,12	82.706,12	52.163,27
DACO-MONTE ALEGRE – PA	4.944,60	140.018,28	140.018,28	140.018,28	127.220,59	104.512,42
DACO-MOURA – AM	8.444,62	173.579,15	173.579,15	173.459,48	168.428,58	127.986,34
DECO-BOA VISTA – RR	41,98	6.864,76	6.864,76	6.864,76	225.430,54	205.902,25
DECO-CACHIMBO – PA	55.878,60	-	-	-	-	146.439,05
DECO-CARACARAI – RR	2.505,00	-	-	-	-	-
DECO-EIRUNEPE – AM	5.203,01	281.264,65	281.264,65	281.264,65	281.264,65	301.283,71
DECO-JAPURA	-	-	-	-	-	-
DECO-PORTO VELHO - RO	-	-	-	-	-	-
DECO-SÃO GABRIEL - AM	7.169,10	304.944,51	304.944,51	507.197,40	455.265,55	468.313,61
DECO-TABATINGA - AM	-	-	-	-	-	-
DECO-IPIRANGA AM	840,00	97.041,67	97.041,67	97.041,67	78.607,56	-
DECO-OIAPOQUE - PA	-	-	-	-	-	-
DECO-TIRIOS - PA	-	-	-	-	-	-
DECO-VILA BITTENCOURT - AM	-	-	-	-	-	101.870,79
DECO-YAUARETE - AM	-	-	-	-	-	-
DECO- S. R. DO PURUS - AC	-	-	-	-	-	-
TOTAL	112.831,73	3.406.525,76	3.397.831,89	3.593.065,72	3.679.181,13	3.781.022,08

Tabela 2.10: Valores imobilizados em estoque na COMARA em R\$

MESES	Julho / 2004	Agosto / 2004	Setembro / 2004	Outubro / 2004	Novembro / 2004	Dezembro / 2004
SEDE (DL/SDS) - PA	2.222.084,41	2.078.257,69	2.070.376,96	2.054.122,65	2.062.955,57	2.065.821,38
DACO-MANAUS - AM	81.868,01	86.676,74	91.425,47	70.365,38	71.028,24	63.361,93
DACO-MONTE ALEGRE - PA	101.357,35	96.353,24	96.353,24	103.730,09	104.390,15	103.114,45
DACO-MOURA - AM	163.706,84	160.656,35	159.489,77	163.829,26	145.538,47	165.367,85
DECO-BOA VISTA - RR	219.333,86	239.478,91	239.478,91	96.454,35	102.165,63	759,80
DECO-CACHIMBO - PA	122.880,50	121.671,55	121.671,55	140.807,58	147.368,16	130.790,12
DECO-CARACARAI - RR	-	-	-	-	-	-
DECO-EIRUNEPE - AM	283.884,04	287.217,06	278.942,83	292.618,80	290.631,05	298.612,10
DECO-JAPURA	-	-	-	-	-	-
DECO-PORTO VELHO - RO	-	-	-	-	-	-
DECO-SÃO GABRIEL - AM	453.728,76	463.128,10	463.128,10	407.841,63	463.128,10	404.684,85
DECO-TABATINGA - AM	-	-	-	-	-	-
DECO-IPIRANGA AM	92.320,55	106.039,14	100.406,12	105.123,20	118.455,87	154.210,81
DECO-OIAPOQUE - PA	-	-	-	-	-	-
DECO-TIRIOS - PA	-	-	-	-	-	-
DECO-VILA BITTENCOURT - AM	-	-	-	-	-	-
DECO-YAUARETE - AM	-	-	-	-	-	-
DECO- S. R. DO PURUS - AC	-	-	-	-	-	-
TOTAL	3.741.164,32	3.639.478,78	3.621.272,95	3.434.892,94	3.505.661,24	3.386.723,29

Tabela 2.10: Valores imobilizados em estoque na COMARA em R\$

MESES	Janeiro / 2005	Fevereiro / 2005	Março / 2005	Abril / 2005	Maiio/2005	Junho/2005
SEDE (DL/SDS) - PA	2.103.329,87	2.103.329,87	2.095.769,20	2.082.367,39	2.070.572,86	2.172.855,71
DACO-MANAUS - AM	85.010,65	74.689,24	64.173,96	77.347,73	94.590,68	90.050,94
DACO-MONTE ALEGRE - PA	117.757,81	104.390,15	113.615,69	112.619,02	121.878,25	139.606,56
DACO-MOURA - AM	173.579,35	222.709,07	222.709,07	222.709,07	223.101,12	286.587,02
DECO-BOA VISTA - RR	-	-	-	-	-	-
DECO-CACHIMBO - PA	105.730,33	110.363,12	110.363,12	110.363,12	110.649,71	117.605,88
DECO-CARACARAI - RR	-	-	-	-	-	-
DECO-EIRUNEPE - AM	281.766,07	279.495,73	375.002,16	375.002,16	395.017,31	378.629,49
DECO-JAPURA	-	-	-	-	-	-
DECO-PORTO VELHO - RO	19.980,00	-	-	37.001,84	-	122.745,87
DECO-SÃO GABRIEL - AM	304.814,01	395.856,82	395.856,82	398.380,61	287.557,47	261.018,58
DECO-TABATINGA - AM	-	-	-	-	-	-
DECO-IPIRANGA AM	97.041,67	150.529,04	150.529,04	158.472,74	145.735,52	140.856,26
DECO-OIAPOQUE - PA	146,32	-	-	-	-	-
DECO-TIRIOS - PA	19.980,00	-	-	-	116.184,66	144.609,93
DECO-VILA BITTENCOURT - AM	584,71	-	4.195,45	10.548,41	53.885,67	48.617,73
DECO-YAUARETE - AM	-	-	-	-	-	-
DECO- S. R. DO PURUS - AC	-	-	-	-	-	-
TOTAL	3.309.720,79	3.441.363,04	3.532.214,51	3.584.812,09	3.619.173,25	3.903.183,97

Tabela 2.10: Valores imobilizados em estoque na COMARA em R\$

MESES	Julho/2005	Agosto / 2005	Setembro / 2005	Outubro / 2005	Novembro / 2005	Dezembro / 2005
SEDE (DL/SDS) - PA	2.455.105,48	2.482.606,17	2.585.646,14	2.566.967,91	2.521.952,90	2.535.148,89
DACO-MANAUS - AM	104.241,38	104.241,38	109.381,51	104.614,54	104.614,54	115.950,64
DACO-MONTE ALEGRE - PA	139.451,02	139.451,02	139.451,02	139.451,02	149.039,12	131.448,92
DACO-MOURA - AM	312.044,19	307.323,03	307.323,03	306.954,08	306.954,08	328.363,69
DECO-BOA VISTA - RR	-	-	-	-	-	-
DECO-CACHIMBO - PA	112.665,28	110.649,71	112.665,28	107.059,98	107.059,98	107.059,98
DECO-CARACARAI - RR	-	-	-	-	-	-
DECO-EIRUNEPE - AM	404.294,77	344.525,18	404.294,77	432.242,50	454.485,17	471.236,95
DECO-JAPURA	-	-	-	-	-	-
DECO-PORTO VELHO - RO	115.766,32	122.745,87	115.238,33	115.238,33	115.238,33	72.083,56
DECO-SÃO GABRIEL - AM	296.904,71	222.769,45	293.491,78	293.491,78	293.491,78	273.970,47
DECO-TABATINGA - AM	-	-	-	-	-	-
DECO-IPIRANGA AM	157.573,98	140.828,49	157.573,98	157.573,98	178.923,15	168.530,58
DECO-OIAPOQUE - PA	-	24.411,36	23.451,83	23.451,83	23.451,83	32.577,88
DECO-TIRIOS - PA	139.508,88	144.609,93	134.993,03	134.993,03	154.477,33	156.818,19
DECO-VILA BITTENCOURT - AM	51.195,77	57.744,62	51.342,45	49.038,26	68.809,26	90.110,26
DECO-YAUARETE - AM	-	-	-	-	-	61.407,74
DECO- S. R. DO PURUS - AC	-	-	-	-	-	-
TOTAL	4.288.751,78	4.201.906,21	4.434.853,15	4.431.077,24	4.478.497,47	4.544.707,75

Tabela 2.10: Valores imobilizados em estoque na COMARA em R\$

MESES	Janeiro / 2006	Fevereiro / 2006	Março / 2006	Abril / 2006	Maiio/2006	Junho/2006
SEDE (DL/SDS) - PA	2.338.242,61	2.543.700,24	2.533.504,39	2.516.824,67	2.515.837,51	2.697.078,97
DACO-MANAUS - AM	110.672,37	107.392,28	106.580,13	106.580,13	88.174,43	89.150,67
DACO-MONTE ALEGRE - PA	131.445,72	131.445,72	53.187,54	49.031,85	49.031,85	48.156,22
DACO-MOURA - AM	335.590,61	335.590,61	335.590,16	393.879,63	393.879,63	429.269,89
DECO-BOA VISTA - RR	-	-	-	-	-	-
DECO-CACHIMBO - PA	107.059,98	90.085,98	90.085,98	90.085,98	90.085,98	42.589,25
DECO-CARACARAI - RR	-	-	-	-	-	-
DECO-EIRUNEPE - AM	471.236,95	486.099,12	483.632,68	476.665,92	478.856,40	424.127,05
DECO-JAPURA	-	-	-	-	-	-
DECO-PORTO VELHO - RO	61.588,18	61.588,18	56.753,32	56.753,32	53.660,79	50.493,85
DECO-SÃO GABRIEL - AM	218.158,39	217.175,16	217.175,16	213.839,92	213.839,92	213.527,87
DECO-TABATINGA - AM	-	-	-	-	-	-
DECO-IPIRANGA AM	160.703,15	169.239,57	169.239,57	141.357,40	109.532,19	109.532,19
DECO-OIAPOQUE - PA	32.577,88	73.351,34	73.351,34	73.341,68	73.341,68	58.960,86
DECO-TIRIOS - PA	156.818,19	156.818,19	117.111,34	121.825,49	121.825,49	56.336,54
DECO-VILA BITTENCOURT - AM	99.110,26	105.315,09	95.684,65	96.064,31	94.858,49	94.858,49
DECO-YAUARETE - AM	61.407,74	67.735,84	-	73.919,45	73.612,02	78.626,16
DECO- S. R. DO PURUS - AC	-	-	-	-	-	-
TOTAL	4.284.612,03	4.545.537,32	4.331.896,26	4.410.169,75	4.356.536,38	4.392.708,01

Tabela 2.10: Valores imobilizados em estoque na COMARA em R\$

MESES	Julho/2006
SEDE (DL/SDS) - PA	2.446.665,82
DACO-MANAUS - AM	99.884,21
DACO-MONTE ALEGRE - PA	48.156,22
DACO-MOURA - AM	429.269,89
DECO-BOA VISTA - RR	-
DECO-CACHIMBO - PA	35.862,21
DECO-CARACARAI - RR	-
DECO-EIRUNEPE - AM	424.127,05
DECO-JAPURA	-
DECO-PORTO VELHO - RO	54.518,85
DECO-SÃO GABRIEL - AM	213.527,87
DECO-TABATINGA - AM	-
DECO-IPIRANGA AM	24.871,12
DECO-OIAPOQUE - PA	60.345,76
DECO-TIRIOS - PA	56.394,44
DECO-VILA BITTENCOURT - AM	94.858,49
DECO-YAUARETE - AM	86.505,33
DECO- S. R. DO PURUS - AC	-
TOTAL	4.074.987,26

Fonte: COMARA - DL

Os materiais que são distribuídos pelos centros de distribuição da COMARA podem ser definidos em grandes campos:

Insumos: São os materiais empregados na materialização das obras como areia, brita, combustível, cimento, produtos asfálticos, material hidráulico, elétrico, tintas, entre outros;

Equipamentos de serviço: São as viaturas leves e pesadas, as máquinas médias e pesadas, os equipamentos de grande porte e equipamentos diversos;

Materiais para maquinário: São materiais aplicados em consertos e reforma de maquinário empregado em obras da COMARA;

Itens administrativos: São materiais de apoio administrativo no canteiro como, por exemplo, papel, computador, aparelho de fax, caneta, arquivos, mesas, cadeiras, entre outros;

Itens de higiene e limpeza: Tais itens referem-se a materiais que vão proporcionar o mínimo de condições de limpeza e higiene para os trabalhadores, para a obra e para os locais de apoio à obra que estão em seu entorno; e

Combustíveis/Lubrificantes: São representados por óleo diesel, graxas, gasolina e lubrificantes.

O centro de distribuição de Belém é dividido em duas seções: O Pavimaq (Pavilhão de Máquinas) estoca e distribui cerca de 98% (noventa e oito por cento) dos materiais para maquinário e equipamentos de serviço. É responsável, também, pela distribuição de combustíveis/lubrificantes e pelo controle destes nas obras. Neste local são realizados reparos e reformas do maquinário utilizado pela empresa.

A SDS (Subdivisão de Suprimento – segunda seção) é responsável pela manutenção de estoques de material administrativo e de higiene e limpeza, além de estoques reduzidos de insumos para as obras.

Em Manaus, os materiais distribuídos e estocados são os adquiridos na praça desta localidade (insumos), 2% (dois por cento) dos materiais para maquinário e equipamentos de serviço e a maior parte de insumos entregues por fornecedores diversos (porém, estes insumos já são despachados direto para a obra, somente passando por processo de embalagem e despacho). Também estoca-se material administrativo e de apoio em quantidades mínimas.

Dos dois centros de distribuição, Belém é o único que possui autonomia administrativa, ou seja, tem a capacidade de licitar, contratar pessoal e serviços e de receber material. O centro de distribuição de Manaus denominado Destacamento de Apoio à COMARA de Manaus (DACO – MN) depende de Belém para realizar tais atribuições.

Com relação aos centros de distribuição secundários, as pedreiras de Monte Alegre, Moura e Tiriós fornecem agregados às obras da COMARA visando suprir a demanda.

A produtividade das pedreiras está indicada na tabela 2.11. As siglas MA, TS e OW referem-se, respectivamente, aos municípios de Monte Alegre, Tiriós e Moura.

Existe desde julho de 2005 até julho de 2006 produtividade nula para a pedreira de Monte Alegre. Não houve informações claras por parte da empresa se a pedreira teve seu material esgotado ou se a produtividade apenas parou temporariamente.

Tabela 2.11: Produtividade nas pedreiras em toneladas.

PERÍODO	UN	LOCAIS			TOTAL
		MA	TS	OW	
jan/04	ton	2.013	0	487	2.500
fev/04	ton	4.356	0	2.429	6.785
mar/04	ton	511	0	3.009	3.520
abr/04	ton	1.611	0	2.190	3.801
maio/04	ton	1.513	0	1.507	3.020
jun/04	ton	879	0	1.761	2.640
jul/04	ton	817	0	3.345	4.162
ago/04	ton	831	0	2.406	3.237
set/04	ton	1.629	192	0	1.821
out/04	ton	1.671	95	3.129	4.895
nov/04	ton	0	724	5.050	5.774
dez/04	ton	0	511	1.818	2.329
jan/05	ton	918	546	1.222	2.686
fev/05	ton	1.269	1.407	3.480	6.156
mar/05	ton	1.269	1.407	3.480	6.156
abr/05	ton	354	823	1.273	2.450
mai/05	ton	580	0	0	580
jun/05	ton	942	1.129	3.084	5.155
jul/05	ton	0	1048,5	0	1.049
ago/05	ton	0	2.329	3.738	6.067
set/05	ton	0	1.131	3.025	4.156
out/05	ton	0	797	2.706	3.503
nov/05	ton	0	583	1.114	1.697
dez/05	ton	0	853	748	1.601
jan/06	ton	0	0	0	0
fev/06	ton	0	890	845	1.735
mar/06	ton	0	1.400	978	2.378
abr/06	ton	0	693	0	693
mai/06	ton	0	2.046	560	2.606
jun/06	ton	0	1.603,5	1.645,5	3.249
jul/06	ton	0	1.152	1.395,0	2.547

Fonte: COMARA - DL

Os pontos de distribuição nas localidades de transbordo armazenam parte do material que vai para as obras que se encontram além desses pontos. Em 2005, por exemplo, a COMARA possuía dois pontos de transbordo: um localizado em São Gabriel da Cachoeira – AM, que atendia às obras deste município e de Tunuí Cachoeira – AM e outro em Tabatinga – AM que

além de atender este município, atendia as localidades de Eirunepé – AM, Palmeiras do Javari – AM e Ipiranga – AM.

O atendimento nesses pontos é feito por meio dos materiais já adquiridos pela COMARA partindo dos centros principais de distribuição da empresa.

2.2.3.3 Programação de Insumos para Obras.

A Divisão de Planejamento e Coordenação da COMARA juntamente com a Seção de Obras são responsáveis por levantar as necessidades de material de uso direto na obra bem como o cronograma de entrega deste, para que sejam planejadas as compras e a estocagem deste material de forma a atender as obras em tempo hábil. Porém, este dimensionamento não se mostra eficaz no decorrer do serviço (obra), face às indefinições procedentes dos comandos superiores e às adversidades climáticas da região.

O Planejamento da COMARA, de acordo com entrevista feita com o chefe do DIPR, mostra-se precário no que se refere às previsões de aquisição e envio de material para as obras.

Definem-se materiais de uso direto os insumos aplicados na construção.

2.2.3.4 Processamento de pedidos

Outro fator importante da cadeia logística da COMARA é o tipo de sistema de recebimento e envio de pedidos para atendimento à demanda dos canteiros de obras e dos armazéns da empresa. Conforme explicado em 2.2.3.3 há materiais cuja a entrega é planejada visando a atender às demandas previstas do canteiro de obras. Porém, há situações como alguns serviços (ex: conserto de maquinário) e material (ex: maquinário extra, peças para manutenção) que possuem demanda imprevista sendo, portanto, necessária a realização de pedidos. Seguem os itinerários que os pedidos devem passar para que estes sejam atendidos pela empresa. Há dois tipos de itinerário para as duas categorias de clientes que o processamento de pedidos define: o canteiro de obras e as localidades de apoio em Belém e Manaus pertencentes à empresa, como por exemplo, oficina mecânica, armazéns, portos e setores administrativos.

Para o cliente sendo o canteiro de obras, tem-se:

- a) Confeção de solicitação de pedido de material à sede (feito via fax, internet ou via rádio caso o canteiro (obra e redondezas) não possua aparelho de fax, nem internet).
- b) O pedido é enviado para a Sede da empresa (em Belém) e recebido pela seção denominada Sala de Guerra.
- c) Esta seção protocola os pedidos e os encaminha para a divisão responsável pela coordenação do material solicitado.
- d) A divisão protocola o pedido e o envia para a subdivisão responsável pela administração do material solicitado para que esta tome as providências.
- e) A chefia da divisão remete o pedido ao controle de estoque (CE) para a confecção da guia de movimentação de material (GMM) de saída do material em estoque.
- f) Depois de confeccionada a GMM pelo setor de informática, esta segue para conferência e assinatura da chefia.
- g) Após assinada, a GMM é enviada para o armazém remeter o material à seção de expedição.
- h) A expedição prepara a documentação e embalagem adequada de acordo com o meio de transporte a ser utilizado e faz a entrega do material ao órgão de despacho.
- i) Caso não haja o referido material no estoque, o CE remete esta requisição para o setor de cotação. Se o valor do material pedido for menor que R\$ 500,00, este é adquirido com suprimento de fundos no mercado local. Para valores acima deste, é providenciado o pedido de aquisição de material e serviço (PAMS) que é encaminhado ao agente de controle interno (ACI) para a abertura de processo administrativo de gestão (PAG) e em seguida este é encaminhado para a seção de licitações.
- j) A seção de licitações providencia para cada caso o modo de compra.
- k) Havendo crédito por parte da COMARA, leva-se em média 60 (sessenta) dias para a entrega de material ao órgão requisitante.
- l) Quando recebido, o material passa por conferência técnica. O processo de recebimento é enviado ao CE, que confecciona a GMM.
- m) A GMM é assinada pela chefia da divisão que administra o material e em seguida esta é encaminhada ao armazém onde o material está guardado para que este seja encaminhado à expedição.
- n) A expedição prepara a documentação e embalagem adequada de acordo com o meio de transporte a ser utilizado e faz a entrega do material ao órgão de despacho.

A execução do procedimento a) até o h) leva, em média, 2 dias.

Para o cliente sendo os pontos de apoio descritos, tem-se o seguinte conjunto de procedimentos:

- a) Consulta do material no estoque da empresa (centros de distribuição, destacamentos de apoio próximos etc.).
- b) Elaboração da requisição de material disponível em estoque ou não pelo cliente que a envia para a chefia do suprimento
- c) A chefia do suprimento remete a requisição ao CE para a confecção da GMM de saída do material em estoque
- d) Depois de confeccionada a GMM pelo setor de informática, esta segue para conferência e assinatura da chefia.
- e) A chefia envia a guia para o responsável pelo armazém fornecer o material ao cliente solicitante, o qual confere e aceita o material quitando a guia com seu nome e assinatura.
- f) Caso não haja o referido material no estoque, o CE remete esta requisição para o setor de cotação. Se o valor do material pedido for menor que R\$ 500,00, este é adquirido com suprimento de fundos no mercado local. Para valores acima deste, é providenciado o pedido de aquisição de material e serviço (PAMS) que é encaminhado ao agente de controle interno (ACI) para a abertura de processo administrativo de gestão (PAG) e em seguida este é encaminhado para a seção de licitações.
- g) A seção de licitações providencia para cada caso, o modo de compra.
- h) Havendo crédito por parte da COMARA, leva-se em média 60 (sessenta) dias para a entrega de material ao órgão requisitante.
- i) Quando recebido, o material passa por conferência técnica. O processo de recebimento é enviado ao CE, que confecciona a GMM.
- j) A GMM é assinada pela chefia do suprimento e em seguida esta é encaminhada ao setor de recebimento para fornecer o material ao cliente.

A execução do procedimento a) até o e) leva, em média, 2 dias.

2.2.3.5 Aquisições de material feitas pela COMARA

O setor de licitações pertencente à divisão de Intendência é responsável por efetuar as aquisições de material na COMARA.

2.2.3.5.1 Aquisições de bens e serviços feitas por empresas públicas

A COMARA, por ser uma empresa pertencente à União, está subordinada a regulamentação específica para aquisição de bens e serviços. O conjunto de regras para atender a tais necessidades está contido em BRASIL (1993).

Para efeito do TG considerou-se apenas as necessidades referentes ao inciso III do Art 6º definido por Compra.

De acordo com tal inciso, Compra é toda a aquisição remunerada de bens para fornecimento de uma só vez ou parceladamente.

Em linhas gerais as compras devem ser feitas de forma a seu objeto ser bem caracterizado e os recursos orçamentários para seu pagamento serem indicados (Art. 14).

Sempre que possível, as compras devem atender ao disposto no Art. 15 no qual há orientações para que haja a padronização do bem a ser adquirido além de serem processadas através do sistema de registro de preços e submetidas às condições de aquisição e de pagamento semelhantes às do setor privado. Convém lembrar que a especificação do material a ser comprado deve ser completa sem a indicação de marca.

De acordo com o valor da compra existem diferentes modalidades de licitação. Estas influem basicamente a quantidade de participantes na concorrência e o tempo para que a compra se concretize. A citação do Art. 22 toma por objetivo caracterizar tais modalidades:

Art. 22 São modalidades de licitação:

I - concorrência;

II - tomada de preços;

III - convite;

IV - concurso;

V - leilão.

§ 1º Concorrência é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados que, na fase inicial de habilitação preliminar, comprovem possuir os requisitos mínimos de qualificação exigidos no edital para execução de seu objeto.

§ 2º Tomada de preços é a modalidade de licitação entre interessados devidamente cadastrados ou que atenderem a todas as condições exigidas para cadastramento até o terceiro dia anterior à data do recebimento das propostas, observada a necessária qualificação.

§ 3º Convite é a modalidade de licitação entre interessados do ramo pertinente ao seu objeto, cadastrados ou não, escolhidos e convidados em número mínimo de 3 (três) pela unidade administrativa, a qual afixará, em local apropriado, cópia do instrumento convocatório e o estenderá aos demais cadastrados na correspondente especialidade que manifestarem seu interesse com antecedência de até 24 (vinte e quatro) horas da apresentação das propostas.

§ 4º Concurso é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para escolha de trabalho técnico, científico ou artístico, mediante a instituição de prêmios ou remuneração aos vencedores, conforme critérios constantes de edital publicado na imprensa oficial com antecedência mínima de 45 (quarenta e cinco) dias.

§ 5º Leilão é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para a venda de bens móveis inservíveis para a Administração ou de produtos legalmente apreendidos ou penhorados, ou para a alienação de bens imóveis prevista no art. 19, a quem oferecer o maior lance, igual ou superior ao valor da avaliação.

Com base nas definições apresentadas o Art. 21 aponta a partir do segundo parágrafo os prazos mínimos para as diferentes modalidades de licitação. Tal trecho é citado para efeito de não poluir o texto da lei.

§ 2º O prazo mínimo até o recebimento das propostas ou da realização do evento será:

I - quarenta e cinco dias para:

a) concurso;

b) concorrência, quando o contrato a ser celebrado contemplar o regime de empreitada integral ou quando a licitação for do tipo melhor técnica ou técnica e preço.

II - trinta dias para:

a) concorrência, nos casos não especificados na alínea b do inciso anterior;

b) tomada de preços, quando a licitação for do tipo melhor técnica ou técnica e preço;

III - quinze dias para tomada de preços, nos casos não especificados na alínea b do inciso anterior, ou leilão;

IV - cinco dias úteis para convite.

§ 3º Os prazos estabelecidos no parágrafo anterior serão contados a partir da última publicação do edital resumido ou da expedição do convite, ou ainda da efetiva disponibilidade do edital ou do convite e respectivos anexos, prevalecendo a data que ocorrer mais tarde.

O inciso II do Art. 23 descreve os limites contratuais permitidos para cada modalidade de licitação no quesito de compras. Tais limites foram atualizados de acordo com BRASIL (1998) e são explicitados na tabela 2.12:

Tabela 2.12: Limites contratuais de acordo com a modalidade

Modalidade de Licitação	Limites contratuais
Convite	Até R\$ 80.000,00 (oitenta mil reais)
Tomada de preços	Até R\$ 650.000,00 (seiscentos e cinquenta mil reais)
Concorrência	A partir de R\$ 650.000,00 (seiscentos e cinquenta mil reais)

2.2.3.5.2 Tempo de atendimento à empresa por parte do fornecedor

De acordo com a chefia da Divisão de Logística, o tempo levado desde a abertura do processo de licitação³ até a entrega na localidade desejada é de cerca de 60 (sessenta) dias.

2.2.3.5.3 Valores de licitação como função da localidade de entrega.

De acordo com a chefia da Divisão de Suprimento, os preços cobrados pelos fornecedores variam com o local de entrega do material. Há dois lugares em que são feitas quase todas as entregas da COMARA representados pelas cidades de Belém e de Manaus. Estima-se por aquela chefia que o valor médio cobrado por tipo de material para ser entregue em Manaus é 30% (trinta por cento) mais caro que se este fosse recebido em Belém. Atribui-se a tal situação o valor cobrado devido ao frete aéreo com destino a Manaus, já que os únicos modais disponíveis de transporte do fornecedor até esta localidade são o aéreo e o fluvial.

³ Observar o item 2.2.3.5.1.

2.2.3.5.4 Localidades de fornecedores.

Os fornecedores que servem à COMARA apesar de não serem fixos devido ao processo de licitação concentram-se, em sua maioria, na região de Belém e na região sudeste sendo representados majoritariamente por São Paulo e Rio de Janeiro de acordo com a chefia da Divisão de Suprimento. Alguns insumos como os asfálticos, cimento, combustíveis, lubrificantes e alguns serviços de reparo de maquinário possuem empresas de Manaus como participantes no fornecimento.

3 Estudo 2: Desenvolvimento do modelo de auxílio à tomada de decisão logística.

Com base nas discussões realizadas nos itens anteriores parte-se para a elaboração do modelo matemático.

3.1 Método.

O método escolhido para a resolução do problema apresentado neste trabalho consiste na utilização de um modelo de programação linear multiperíodo de transbordo visando avaliar os fluxos de carga ao longo da cadeia logística da COMARA para o ano de 2005. O modelo de transbordo foi baseado em Winston (2004) e a inserção da dimensão tempo no problema foi baseada em Salomon (2002) e em Freling (2003).

3.1.1 O modelo de programação linear multiperíodo de transbordo.

O modelo apresentado a seguir teve por base a utilização de um problema de transbordo com a implementação do índice de tempo para avaliar o fluxo de carga ao longo do ano de 2005. Foram inseridas condições de compatibilização e restrições diversas explicadas no decorrer deste capítulo de forma a tornar a modelagem um pouco mais próxima da realidade vivida pela empresa.

De acordo com Winston (2004), o problema do transbordo é um problema de programação linear que busca simular a situação de se transportar carga de um ponto de produção até um ponto de demanda passando por pontos que, isoladamente, recebem e enviam carga. Sua formulação é baseada no problema do transporte, o qual se assemelha ao problema do transbordo excetuando o fato de não apresentar pontos de recebimento e despacho de carga ao mesmo tempo. A equação (3.1) ilustra a fórmula do problema de transporte.

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\
& \text{S.A. } \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq s_i \quad (i=1,2,\dots,m) \\
& \sum_{i=1}^m x_{ij} \geq d_j \quad (j=1,2,\dots,n) \\
& x_{ij} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n)
\end{aligned} \tag{3.1}$$

Onde: i é o índice para o número de produtores;

m é a quantidade total de produtores;

j é o índice para o número de pontos de demanda;

n é a quantidade total de pontos de demanda;

x é a quantidade de material que passa pelo trecho que liga o ponto i ao ponto j ;

s é a capacidade de produção da planta i ;

d é a capacidade de demanda do local j ; e

c é o custo de cada rota que vai de i a j .

Para o problema do transbordo, existe uma compatibilização que se refere a igualar a soma das quantidades que entram com a soma das quantidades que saem no ponto de transbordo.

O problema multiperifódico significa replicar variáveis ao longo do tempo inserindo as compatibilidades adequadas. Normalmente isto é realizado fazendo-se com que seja inserido um índice temporal nas variáveis aplicando-se somatórios com base nesse índice e, também, inserindo condições de compatibilidade entre as quantidades movimentadas em um instante e em outro.

Além disso, o modelo desenvolvido possui variáveis de quantidade estocada e de compras, que simula o sistema de armazenagem e aquisição de material.

Deve-se ressaltar que os problemas de programação linear possuem diversas restrições sendo apresentadas nesta seção as mais relevantes que, de acordo com Winston (2004) são:

- Proporcionalidade: todos os retornos, custos e recursos utilizados variam proporcionalmente a variável de decisão (não há economia de escala);

- Aditividade: o efeito total de quaisquer duas variáveis é a soma dos efeitos individuais (não há sinergia ou efeito de substituição). Exemplo: o custo total é a soma dos custos individuais; e
- Certeza (Determinístico): todos os parâmetros do modelo são constantes conhecidas (não são variáveis aleatórias).

Com base nestas restrições passa-se a desenvolver o assunto em torno dos custos componentes do modelo.

3.1.2 Dados de entrada

O modelo matemático desenvolvido neste capítulo propôs para dados de entrada alguns fatos que ocorreram na COMARA no ano de 2005. Os dados propostos para aplicação neste modelo foram discriminados:

- Capacidades dos armazéns da COMARA;
- Obras existentes;
- Modais disponíveis para cada rota e rotas utilizadas;
- Pedidos discriminados com data, tipo de material e quantidade de material;
- Capacidade de transporte e número de viagens realizadas por cada modal em cada rota ao longo do ano (2005);
- Custos de transporte por modal e por rota;
- Discriminação dos materiais mais utilizados pela COMARA;
- Custos de aquisição de material;
- Custo de manuseio de material no CD de Belém e no CD de Manaus;
- Custos relativos ao estoque;
- Volume (ou massa) unitário de cada tipo de material aplicado no modelo;
- Custo temporal da falta de material na obra;
- Índice de inflação do setor de construção civil;
- Taxa de oportunidade de interesse da COMARA; e
- Determinação das quantidades mínimas e máximas armazenadas de cada material pela COMARA em cada um dos CD.

3.1.3 Considerações e restrições de modelagem

A modelagem realizada procurou captar muitos aspectos da cadeia logística da COMARA apresentados no capítulo 2, porém foram estabelecidas algumas considerações e restrições que foram descritas:

- O modelo pressupõe autonomia administrativa para ambos os CDs, não havendo dependência entre eles;
- Somente há despachos de material a partir do CD de Belém e do CD de Manaus, descartando-se as entregas feitas a partir dos centros de distribuição menores (como as pedreiras), pois a avaliação foi feita a partir de custos incorridos no sistema aquisição, transporte e estocagem a partir desses centros de distribuição. Também foi descartado o fluxo de material com sentido inverso (despacho nas obras e entrega em algum CD) devido ao volume de fluxo de carga nesse sentido ser muito menor que no sentido contrário;
- Supõe-se disponibilidade total de transporte para qualquer obra da COMARA havendo a amenização dos efeitos dessa restrição com base no ajuste da capacidade suportada por cada modal;
- A demanda é plenamente atendida não havendo atendimento parcelado ao longo do tempo⁴;
- O modelador deve definir quantidades mínimas e máximas de material a serem armazenadas nos centros de distribuição de Belém e Manaus;
- Devido ao item anterior não há falta de estoques (estes já são obtidos com antecedência para garantir os volumes mínimos); e
- Os despachos de material são feitos ao mesmo tempo em que ocorre a demanda (materiais com demanda imprevista).

3.2 Objetivo do modelo

O objetivo do modelo é o de verificar como se comporta o fluxo de material nos centros de distribuição atendendo a demanda dos clientes (canteiros de obras). A análise do fluxo pode dar indícios sobre quais áreas de domínio do CD devam sofrer alterações. Os setores de domínio dos CD para efeito de modelagem foram considerados:

⁴ Tal fato somente ocorre para itens sem previsão de demanda. A modelagem para a demanda imprevista encontra-se no item 3.4.2.4.2.

- Setor de armazenagem;
- Setor para despacho fluvial;
- Setor para despacho aéreo; e
- Setor para recebimento de compras.

3.3 Formalização do modelo

O modelo matemático apresentado tem por função objetivo minimizar:

$$\begin{aligned} \text{Min Custo de Aquisição} + \text{Custos envolvendo estocagem} + \text{Custos de transporte} & \quad (3.2) \\ & + \text{Custos por demora na entrega} \end{aligned}$$

Sujeito a:

Capacidade de transporte de cada modal em cada rota;

Tempo mínimo de transporte de cada modal para cada trecho;

Limitações de capacidade de cada modal;

Limitações de espaço de cada armazém;

Níveis mínimos e máximos de estoque para cada material de acordo com sistema de gerenciamento do local;

Inserção do estoque inicial no primeiro período.

Aquisição de material respeitando o nível máximo de produção;

Atendimento à demanda prevista; e

Não negatividade das variáveis que representam quantidades de material e dos fluxos de material ao longo da cadeia logística da COMARA.

3.4 Concepção do modelo

Para efetuar a concepção das variáveis do modelo e dos fatores fixos, dividiu-se esta seção em várias sub-seções para explicar cada parte do modelo e depois uní-las na soma prevista na eq. (3.2).

Foram adotadas como variáveis de decisão as quantidades de material que sofrem todos os processos logísticos desde a aquisição até a chegada no destino.

Definiram-se índices para avaliar as dimensões do problema que são mostrados na tabela 3.1:

Tabela 3.1: Índices para a enumeração das dimensões do modelo

Índice	Representação
Origem	o
Destino	s
Modal	m
Tipo de material	i
Tempo	t

O índice origem (o) define o CD de origem da carga. Pode ser tanto Belém quanto Manaus.

O índice destino (s) indica o local de entrega da carga que parte de uma origem definida. A tabela 3.2 indica as obras que a COMARA estava realizando em 2005 (são os pontos de entrega).

Tabela 3.2: Obras sendo realizadas pela COMARA em 2005

Estado	Localidade
Amazonas	Eirunepé
	Estirão do Equador
	Palmeiras do Javari
	Ipiranga
	Vila Bitencourt
	São Gabriel da Cachoeira
	Iauaretê
	Maturacá
Pará	Tiriós
	Cachimbo
Rondônia	Porto Velho
Acre	Santa Rosa dos Purus
Amapá	Oiapoque

Fonte: Revista da COMARA 49 anos.

O índice modal (m) define em qual modal a carga está sendo transportada (aéreo, rodoviário ou fluvial). Há destinos que possuem restrições de modal.

Tipo de material (i) define o tipo de carga que está passando ao longo dos processos logísticos. A tabela 3.3 ilustra os principais tipos de material utilizados pela COMARA subdivididos nos materiais que possuem entrega planejada (demanda prevista) e os que não gozam desta característica.

Tabela 3.3: Principais materiais utilizados pela COMARA

Demanda prevista	Demanda imprevista
Cimento	Peças de manutenção de viaturas
Insumos Asfálticos	Material administrativo
Ferragens	Insumos pequenos para obras, como pregos, arame.
Maquinário para as frentes de serviço	Viaturas e maquinário extra
Óleo Diesel	Material de limpeza.
Insumos de média importância, como tinta, telhas, material hidrossanitário, material de acabamento.	-

Fonte: COMARA – SDS

O índice tempo (t) enfoca o período em que os processos são repetidos. O período foi definido como sendo em semanas.

3.4.1 Fluxo de Carga nos Centros de Distribuição.

Para definir o fluxo de cargas nos centros de distribuição, foi necessário avaliar os processos relevantes ao modelo sofridos pelas cargas no que se refere às atribuições do CD. Tais processos podem ser descritos como sendo:

- Chegada da carga devido a compras;
- Chegada da carga devido a despacho oriundo de outro centro de distribuição;
- Estoque inicial no centro de distribuição;
- Estoque final, após todos os despachos e chegada de material no período;

- Envio de carga para outro centro de distribuição; e
- Envio de carga para as obras.

Para a descrição matemática dos processos no CD, tomaram-se como variáveis as quantidades de cada material que sofrem os processos descritos, ilustrados na tabela 3.4:

Tabela 3.4: Descrição matemática das variáveis que envolvem os processos no CD.

Processo	Descrição da Variável
Chegada de compras	X_{toi}^{compra}
Chegada de outra origem	$X_{toim}^{e.o.o.}$
Estoque inicial	$X_{toi}^{e.i.}$
Estoque final	$X_{toi}^{e.f.}$
Envio para outro CD	$X_{toim}^{d.o.o.}$
Envio para as obras	$X_{toim}^{d.o.s}$

Os grafemas superescritos dizem respeito ao processo, não sofrendo alterações. Os grafemas subscritos são os índices das variáveis.

As variáveis relacionam-se do seguinte modo:

$$X_{t-tl oi}^{compra} + \sum_m X_{toim}^{e.o.o.} + X_{toi}^{e.i.} = X_{toi}^{e.f.} + X_{toi}^{d.o.s} + \sum_m X_{toim}^{d.o.o.} \quad (3.3)$$

$$X_{toi}^{d.o.o. \text{ fluvial}} = X_{t+1 oi}^{e.o.o. \text{ fluvial}} \quad (3.4)$$

$$X_{toi}^{d.o.o. \text{ aéreo}} = X_{t oi}^{e.o.o. \text{ aéreo}} \quad (3.5)$$

$$X_{t+1 oi}^{e.i.} = X_{toi}^{e.f.} \quad (3.6)$$

Os modais existentes para a efetivação do trânsito de carga entre os dois armazéns são somente o aéreo e o fluvial.

A parcela subtrativa tl significa o tempo em semanas que o material teve que ser comprado com antecedência devido ao processo de aquisição de material regido pela lei das licitações somado com o tempo de chegada no CD.

As relações expressas em (3.3), (3.4), (3.5) e (3.6) servem para cada um dos CD. As relações (3.4) e (3.5) mostram que o material que é despachado com destino à outra origem equivale à variável de chegada de material para a origem distinta à de onde o material foi

despachado (o' é diferente de o). Na relação (3.4), o trajeto de material ao longo da via fluvial demora cerca de 6 dias⁵.

A relação (3.6) mostra a atualização do estoque inicial no período seguinte depois de determinado o valor do estoque final no período anterior.

Tais relações ficam mais fáceis de serem observadas se os dados forem organizados em uma planilha. Utilizando o software Excel[®] foi montada a seguinte planilha (Tabela 3.5):

Tabela 3.5: Planilha explicativa sobre a alocação de variáveis.

	A	B	...	S	T	U	V
1	CD Manaus	P(t-tl)	...	P(t=-1)	P(t=0)	P(t=1)	...
2	Estoque inic		...		$X_{t Mn i}^{e.i.}$		
3	Compras	$X_{t-tl Mn i}^{compra}$...				
4	Receb. Compras		...	=	=B3	=	
5	Destino Obra		...		$X_{t Mn i}^{d.o.s}$		
6	Destino Be fluvial		...		$X_{t Mn i fluvial}^{d.o.o.}$		
7	Destino Be aéreo		...		$X_{t Mn i aéreo}^{d.o.o.}$		
8	Estoque Final		...	$X_{t-1 Mn i}^{e.f.}$	$=T2+T4+T9+T10-(T5+T6-T7)$		
9	Recebido Be fluvial		...			=T16	
10	Recebido Be aéreo		...		=T17		
11	CD Belém	P(t-tl)	...	P(t=-1)	P(t=0)	P(t=1)	...
12	Estoque inic		...		$X_{t Be i}^{e.i.}$		
13	Compras	$X_{t-tl Be i}^{compra}$...				
14	Receb. Compras		...	=	=B11	=	
15	Destino Obra		...		$X_{t Be i}^{d.o.s}$		
16	Destino Mn fluvial		...		$X_{t Be i fluvial}^{d.o.o.}$		
17	Destino Mn aéreo		...		$X_{t Be i aéreo}^{d.o.o.}$		
18	Estoque Final		...	$X_{t-1 Be i}^{e.f.}$	$=T12+T14+T19+T20-(T15+T16+T17)$		
19	Recebido Mn fluvial		...			=T6	
20	Receb. Mn aéreo		...		=T7		

Convém lembrar que foram utilizadas as formulações do software no que se refere às operações no interior das células. As variáveis vão se replicando ao longo das colunas da planilha, sendo alterados o valor do índice de tempo.

⁵ A duração de viagem em cada rota fluvial utilizada pela empresa foi discutida no item 2.2.3.1.3.

De acordo com as informações da empresa, o tempo para a entrega de material do fornecedor até o centro de distribuição é de 60 dias ou 8 semanas aproximadamente⁶.

3.4.1.1 Limites de estocagem e capacidade do armazém

Existem restrições com relação ao quantitativo de material a ser alocado em cada centro de distribuição. Tais restrições surgem devido a dois fatores:

- Capacidade máxima do armazém; e
- Níveis máximos e mínimos de estoque devido à política de estoques da empresa.

A restrição de capacidade do armazém pode ser definida por meio do máximo volume de material que pode ocupar os espaços destinados à armazenagem. Deve-se levar em conta a consolidação do material no armazém, pois esta pode reduzir ou ampliar o quantitativo de material a ser armazenado dentro de tal espaço. Logo, a formulação matemática que exprime de forma simplória tal restrição, pode ser escrita em (3.7) como:

$$\sum_i X_{t \text{ o } i}^{\text{e.f.}} \cdot \text{Vol}_i \leq \theta_t \cdot \text{Cap}_{\text{o}t}; \quad \text{o} = \{\text{Be}, \text{Mn}\} \quad \text{t} = \{0, 1, \dots, \text{n}\} \quad (3.7)$$

Onde:

Vol_i é o volume unitário de cada material;

θ_t é o fator de aumento ou diminuição da capacidade do armazém de acordo com o espaço disponível e com a política de arranjo espacial de material; e

$\text{Cap}_{\text{o}t}$ é a capacidade total do armazém o em um período t.

A restrição imposta para níveis de estoque implica sobre a política de estoques seguida pela empresa visando a obtenção de maior economia e agilidade no processo logístico. De acordo com Ballou (2004) os níveis de estoque que visam a tais vantagens podem ser influenciados por diversos fatores tais como preço de aquisição, demanda prevista de material, rapidez do fornecedor para a entrega de material para o estoque, custos de aquisição e de estocagem.

De acordo com Ballou (2004) e Novaes (2001), há diversos métodos para a obtenção de níveis adequados de estoque, cabendo a cada empresa escolher aquele que mais lhe convier. Com isso, a formulação matemática que traduz tal restrição para o modelo pode ser expressa na equação (3.8):

⁶ O tempo de demora na entrega de material por parte dos fornecedores foi apresentado no item 2.2.3.5.2.

$$\text{Min}_{t o i} \leq X_{t o i}^{\text{e.f.}} \leq \text{Max}_{t o i} \quad t = \{0, 1, \dots, n\} \quad o = \{\text{Be, Mn}\} \quad i = \{\text{CAP, areia, ...}\} \quad (3.8)$$

Onde:

$\text{Min}_{t o i}$ é a quantidade mínima que deve ser mantida em estoque definida pela empresa;

$\text{Max}_{t o i}$ é a quantidade máxima que deve ser mantida em estoque definida pela empresa;

As quantidades mínima e máxima devem respeitar a capacidade máxima de cada armazém.

3.4.1.2 Limite de capacidade de fornecimento

As empresas fornecedoras de material para a COMARA podem sofrer com as limitações de capacidade produtiva ou de venda dos produtos de interesse desta empresa. Este limite foi descrito no modelo como uma restrição à variável de quantidade comprada de material. A descrição matemática desta restrição está ilustrada na equação (3.9).

$$\begin{aligned} X_{t o i}^{\text{compra}} &\leq S_{t o i} \quad t = \{0, \dots, n\}; \\ o &= \{\text{Be, Mn}\}; \quad i = \{\text{CAP, ...}\} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Onde: $S_{t o i}$ representa a capacidade máxima de fornecimento de um determinado item para um CD em um período de tempo.

3.4.1.3 Atribuição de valor ao estoque inicial no primeiro período de análise.

Um dos quesitos para que o modelo encontre solução viável é de que seja atribuído um valor na variável de estoque inicial para o primeiro período de análise. Este valor deve obedecer aos limites mínimos e máximos de estocagem impostos pela restrição apresentada na equação (3.8).

3.4.2 Estudo do fluxo de carga nos transportes

3.4.2.1 Despacho de cargas

Para a compreensão do modelo de fluxo de carga nos transportes, foi necessário, *a priori*, determinar as variáveis de despacho e de chegada de material em cada obra.

Observa-se que o despacho de material, para efeitos de modelagem é realizado nos centros de distribuição (Belém e Manaus) com destino a atender à demanda nas obras. Tal atividade pode ser realizada pela utilização de cada um dos modais de transporte em conjunto ou separadamente.

Logo, a equação (3.10) mostra a compatibilidade entre o material despachado e o quantitativo que é destinado a cada modal na região do CD.

$$X_{t o i}^{d.o.s} = \sum_s \sum_m X_{t o i s m}^{d.o.s} \cdot \gamma_{t o s m} \quad t = \{0, 1, \dots, n\}$$
$$o = \{\text{Be, Mn}\} \quad i = \{\text{CAP, areia, ...}\} \quad (3.10)$$

Onde $\gamma_{t o s m}$ é uma variável que assume valor igual a zero se não for possível utilizar o modal determinado no período previsto para sair da origem o (ou do ponto de transbordo conforme o item 3.4.2.2) e ir até o destino s e o valor de 1 caso contrário.

Para o material despachado de um centro de distribuição com destino a outro CD a formulação é semelhante, tendo como base a eq. (3.10). Sua formulação é mostrada na eq. (3.11).

$$X_{t o i}^{d.o.o} = \sum_s \sum_m X_{t o i s m}^{d.o.o} \cdot \gamma_{t o s m} \quad t = \{0, 1, \dots, n\}$$
$$o = \{\text{Be, Mn}\} \quad i = \{\text{CAP, areia, ...}\} \quad (3.11)$$

3.4.2.2 Avaliação de rota e destino final de carga.

Fazer uma análise da rota a ser realizada do ponto de despacho (CD) até o destino é importante, pois há dois fatores a serem levados em conta:

- Tempo gasto para cumprir o trajeto; e
- Pontos de transbordo.

O tempo gasto para cumprir o trajeto pode ser descrito matematicamente como uma variável de quantidade de entrega que se encontra em um período futuro dependendo este do modal selecionado. Para tanto, é necessário fazer uma igualdade entre a variável de despacho e a de entrega, sendo esta expressa em um período futuro. A eq. (3.12) ilustra o que foi descrito neste parágrafo.

$$X_{t o i s m}^{d.o.s} \cdot \gamma_{t o s m} = X_{t+\beta o i s m}^{ent} \quad t = \{0, 1, \dots, n\} \quad o = \{Be, Mn\}$$

$$i = \{CAP, areia, \dots\} \quad s = \{EI, TT, \dots\} \quad m = \{aéreo, \dots\} \quad (3.12)$$

Onde:

X^{ent} é a variável de quantidade de material entregue na obra (convém observar que o superescrito ent. refere-se ao material entregue, mas no lugar desta abreviatura pode estar escrito trc., que significa variável de chegada de material no ponto de transbordo ou também trs que significa variável de saída de material do ponto de transbordo);

β é o tempo que o modal leva para efetuar o despacho de material até o destino. É dependente do tipo de modal a ser utilizado para cada obra e das rotas a serem percorridas.

Para o caso de rotas que não possuam transbordo (as que possuem transbordo são discutidas adiante), a diagramação desta parte do modelo feita em Excel[®] pode ser visualizada na Tabela 3.6. Tal diagramação foi feita, a título de exemplo, para um tipo de material, uma origem definida e um destino definido (sem transbordo entre a origem e o destino). Supõe-se que o tempo levado em semanas para o cumprimento da etapa entre a origem o e o destino s seja de 0 semanas para o modal aéreo, 1 semana para o modal rodoviário e 2 semanas para o modal fluvial. Com isso:

Tabela 3.6: Construção da relação despacho – entrega em planilha do Excel®

A	B	C	D	E	F
1	Origem		O		
2	Destino		S		
3	Material		I		
4	Característica	Modal	P(t=0)	P(t=1)	P(t=2)
5	Despacho	Aéreo	$X_{t o i s e r a}^{d.o.s}$		
6		γ aéreo			
7		Rodoviário	$X_{t o i s r o d}^{d.o.s}$		
8		γ rodoviário			
9		Fluvial	$X_{t o i s f l u}^{d.o.s}$		
10		γ fluvial			
11	Entrega	Aéreo	=D5*D6		
12		Rodoviário		=D7*D8	
13		Fluvial			=D9*D10

Convém observar que as atribuições em cada célula são reproduzidas ao longo das linhas seguindo o mesmo padrão inicial.

Os pontos de transbordo podem ser pontos de troca de modal de transporte, bem como pontos de troca de veículos de mesmo modal.

Para efetuar a descrição matemática desses eventos de acordo com o modelo proposto, primeiramente, procurou-se verificar se as rotas possuem pontos de transbordo e verificar quantos pontos possui. Tal levantamento foi explícito na tabela 3.7 para a situação da COMARA em 2005.

Tabela 3.7: Pontos de transbordo do sistema logístico da COMARA no ano de 2005.

Saída	ponto de transbordo	Ponto de transbordo	destino
Be	-	-	OI
Be	-	-	TS
Be	-	-	CC
Be	-	-	Mn
Be	Mn	-	EI
Be	Mn	-	VB
Be	Mn	-	UA
Be	Mn	-	YA
Be	Mn	-	PV
Be	Mn	-	SR
Be	Mn	-	TT
Be	Mn	UA	TC
Be	Mn	TT	EE
Be	Mn	TT	PJ
Be	Mn	TT	II
Mn	Be	-	OI
Mn	Be	-	TS
Mn	Be	-	CC
Mn	-	-	Be
Mn	-	-	EI
Mn	-	-	VB
Mn	-	-	UA
Mn	-	-	YA
Mn	-	-	PV
Mn	-	-	SR
Mn	-	-	TT
Mn	UA	-	TC
Mn	TT	-	EE
Mn	TT	-	PJ
Mn	TT	-	II

Fonte: Chefia DL

Percebe-se que há rotas que possuem um ou dois pontos de transbordo. A formalização matemática para a descrição dos pontos de transbordo que recebem material direto da origem (CD) pode ser ilustrada por meio da equação (3.13).

$$X_{t o i s m}^{d.o.s} \cdot \gamma_{t o s m} = X_{t+\beta o i s m}^{trc} \quad t = \{0, 1, \dots, n\} \quad o = \{Mn, Be\}$$

$$i = \{CAP, areia, \dots\} \quad s = \{EI, TT, \dots\} \quad m = \{a\u00e9reo, \dots\} \quad (3.13)$$

Onde trc significa que a vari\u00e1vel se aplica na chegada a um determinado ponto de transbordo.

Para a sa\u00edda do ponto de transbordo at\u00e9 a entrega ou at\u00e9 o pr\u00f3ximo transbordo, \u00e9 poss\u00edvel verificar a formaliza\u00e7\u00e3o matem\u00e1tica por meio das equa\u00e7\u00f5es (3.14), que mostra a compatibiliza\u00e7\u00e3o da chegada ao ponto de transbordo com a sa\u00edda deste, e (3.15), que mostra a sa\u00edda do ponto de transbordo at\u00e9 a chegada no destino ou no pr\u00f3ximo ponto de transbordo.

$$\sum_m X_{t o i s m}^{trc} = \sum_m X_{t o i s m}^{trs} \cdot \gamma_{t o s m}^{trs} \quad t = \{0, 1, \dots, n\}$$

$$o = \{Be, Mn\} \quad i = \{CAP, areia, \dots\} \quad s = \{EI, TT, \dots\} \quad (3.14)$$

$$X_{t o i s m}^{trs} \cdot \gamma_{t o s m}^{trs} = X_{t+\beta o i s m}^{ent/trc'} \quad t = \{0, 1, \dots, n\} \quad o = \{Mn, Be\}$$

$$i = \{CAP, areia, \dots\} \quad s = \{EI, TT, \dots\} \quad m = \{a\u00e9reo, \dots\} \quad (3.15)$$

Onde trc' refere-se ao conjunto de vari\u00e1veis no pr\u00f3ximo ponto de transbordo. Caso houver mais pontos de transbordo as eqs. (3.13) e (3.14) podem ser utilizadas para simular cada novo ponto de transbordo.

trs significa que a vari\u00e1vel de transbordo assume valor de sa\u00edda neste ponto. Isto foi feito para que se visualize melhor o fluxo temporal de carga.

Para que a visualiza\u00e7\u00e3o da situa\u00e7\u00e3o do fluxo de carga em transporte com pontos de transbordo fique mais f\u00e1cil foi poss\u00edvel representar a situa\u00e7\u00e3o em uma planilha de Excel^{\u2122}. Para exemplificar, modelou-se a situa\u00e7\u00e3o com uma origem, um ponto de transbordo e um destino. Existem dois modais (o a\u00e9reo e o fluvial) e os tempos de percurso s\u00e3o para o a\u00e9reo de uma semana da origem at\u00e9 o transbordo e do 0 semana do transbordo at\u00e9 o destino. Para o fluvial levam duas semanas da origem at\u00e9 o transbordo e uma semana do transbordo at\u00e9 o destino. A tabela 3.8 mostra tal formaliza\u00e7\u00e3o.

Tabela 3.8: Formalização matemática em planilha de Excel® para a situação de transbordo.

A	B	C	D	E	F	G
1	Origem		O			
2	Destino		S			
3	Material		I			
4	Característica	Modal	P(t=0)	P(t=1)	P(t=2)	P(t=3)
5	Despacho	Aéreo	$X_{t o i s e r a}^{d.o.s}$			
6		g aéreo				
7		Fluvial	$X_{t o i s f l u}^{d.o.s}$			
8		g fluvial				
9	Chegada Transbordo	Aéreo		=D5*D6		
10		Fluvial			=D7*D8	
11	Saída Transbordo	Aéreo	=D9+D10-D16			
12		g aéreo				
13		Aéreo que sai	=D11*D12			
14		Fluvial				
15		g fluvial				
16		Fluvial que sai	=D14*D15			
17	Entrega	Aéreo	=D13			
18		Fluvial		=D16		

Convém observar que as atribuições em cada célula são reproduzidas ao longo das linhas seguindo o mesmo padrão inicial.

3.4.2.3 Capacidade de modal por trecho.

Para cada trecho utilizado pela COMARA para levar material até as obras, o modelo procurou levar em conta as restrições de capacidade impostas por cada modal.

Define-se como trecho a ligação possível entre dois pontos (localidades) consecutivos em um determinado sentido.

Para efeito de modelagem, a restrição de capacidade deve abordar, para cada trecho e para cada modal, as variáveis de trânsito de material contidas neste trecho em um determinado período.

Exemplo: Há 2 obras atendidas por Belém que têm em Manaus um ponto intermediário. Logo, para um dado período e um dado modal, deve-se levar em conta, para a avaliação da

capacidade no trecho Belém – Manaus os seguintes volumes que transitam neste trecho, obedecendo tal sentido de viagem:

- Volume de material saído de Belém destinado a cada uma das obras; e
- Volume de material saído de Belém destinado à estocagem em Manaus.

Com isso, a restrição de capacidade dá-se por meio de um valor máximo que a soma dos volumes de material referidos acima deve assumir.

A formulação geral de capacidade foi dada por (3.16):

$$\left(\sum_s \sum_o \sum_i X_{toism}^{d.o.s/trs} \cdot Vol_i \right)_{trecho w} \leq (Cap_{tm})_{trecho w}$$

$$m = \{\text{aéreo}, \dots\}; t = \{1, 2, \dots, n\}; X_{toism}^{d.o.s/trs} \in w \quad (3.16)$$

Para o trecho especial Manaus – Belém e vice versa, tem-se em (3.17):

$$\left(\sum_s \sum_o \sum_i (X_{toism}^{d.o.s/trs} + X_{toim}^{d.o.o}) \cdot Vol_i \right)_{trecho w} \leq (Cap_{tm})_{trecho w}$$

$$m = \{\text{aéreo}, \dots\}; t = \{1, 2, \dots, n\}; X_{toism}^{d.o.s/trs}, X_{toim}^{d.o.o} \in w \quad (3.17)$$

Onde w é o trecho em que se determina o valor da capacidade de transporte de cada modal.

3.4.2.4 Cumprimento da demanda

As obras possuem, ao longo do tempo, demanda por material que deve ser suprida por meio das entregas feitas pelos veículos de transporte de uso da COMARA. Os tipos de material demandados pelos canteiros de obras foram divididos em dois grupos. O primeiro grupo referiu-se a materiais que possuem entrega prevista por meio de cronograma para o canteiro de obras e o segundo grupo referiu-se a materiais que possuem imprevisibilidade na demanda. Os tais grupos foram discutidos.

3.4.2.4.1 Materiais com previsão de demanda (possuem cronograma de entrega já estabelecido)

A modelagem para o atendimento à demanda de tais materiais foi feita obedecendo a condição de que, dada a demanda por material em um determinado período, esta seria cumprida neste mesmo período. Definiu-se um subconjunto i_p de i de materiais cuja demanda é prevista. A equação (3.18) ilustra matematicamente tal situação.

$$\sum_o \sum_m X_{t o i_p s m}^{ent} \geq D_{t i_p s} \quad t = \{0, 1, \dots, n\}$$

$$i_p = \{CAP, areia, \dots\} \quad s = \{EI, TT, \dots\}; \quad i_p \subset i \quad (3.18)$$

Onde: $D_{t i_p s}$ é a demanda por material i no instante t , para a obra s .

Os modais que entram no somatório são os modais permitidos para a entrega de material na obra s .

3.4.2.4.2 Materiais com demanda imprevista.

Para o atendimento de materiais com demanda imprevista, assumiu-se que, dada a demanda em um período t , a saída de material dos centros de distribuição se dará nesse mesmo período. Com isso, a chegada de material dependerá do tempo que cada modal leva para efetuar a entrega de material.

Por exemplo, dada a demanda por um material i_i (i_i é o conjunto de materiais com demanda imprevista) para uma obra s em um período t , tem-se que, a partir de cada CD, os diversos modais que atendem s cheguem em tempos diferentes, devendo a soma das quantidades de material nos modais que partem do CD em um determinado t ser maior ou igual à demanda. Matematicamente em (3.19) tem-se:

$$\sum_o \sum_m X_{t o i_p s m}^{d.o.s.} \gamma_{t o s m} \geq D_{t i_p s} \quad t = \{0, 1, \dots, n\}$$

$$i_p = \{CAP, areia, \dots\} \quad s = \{EI, TT, \dots\}; \quad i_p \subset i \quad (3.19)$$

Os modais devem ser os permitidos para cada s na entrega de material.

Os períodos de chegada de material, para cada despacho, dependem dos modais percorridos em cada trecho e da existência ou não de pontos de transbordo ao longo do caminho percorrido.

3.4.2.4.3 Restrições na colocação das quantidades demandadas.

As quantidades demandadas no modelo devem obedecer a algumas restrições, sendo que se aquelas forem maiores que estas, torna-se necessário colocar o excedente demandado no período seguinte.

Para a questão dos materiais com demanda prevista, deve-se atentar para as restrições apresentadas em (3.20) e em (3.21).

$$\sum_s D_{t i_p s} \leq \sum_o \left[S_{t o i_p} + \left(\text{Max}_{t o i_p} - \text{Min}_{t o i_p} \right) \right] \quad (3.20)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i_p} D_{t i_p s} \cdot \text{Vol}_i &\leq \min \left(\sum_m \text{Cap}_{t m} \right)_w \quad w = \{ \text{Be-Mn, Mn-EI, ...} \} \\ t &= \{ 0, 1, \dots, n \}; s = \{ \text{EI, TT, ...} \} \end{aligned} \quad (3.21)$$

Onde w é o conjunto dos trechos que ligam Manaus ao destino s e Belém ao destino s podendo ser via transbordo ou diretamente.

Vol_i é o volume unitário do material referido.

Para a questão dos materiais com demanda imprevista, deve-se atentar para as restrições apresentadas em (3.22) e (3.23).

$$\sum_s D_{t i_i s} \leq \sum_o \left[S_{t o i_i} + \left(\text{Max}_{t o i_i} - \text{Min}_{t o i_i} \right) \right] \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i_p} D_{t i_p s} \cdot \text{Vol}_i &\leq \min \left(\sum_m \text{Cap}_{t m} \right)_w \quad w = \{ \text{Be-Mn, Mn-EI, ...} \} \\ t &= \{ 0, 1, \dots, n \}; s = \{ \text{EI, TT, ...} \} \end{aligned} \quad (3.23)$$

3.4.3 Desenvolvimento da função objetivo.

A função objetivo do problema descrita na equação (3.2) foi elaborada com base na busca de minimização de custos. A categorização de custos e sua formulação foram determinadas em Novaes (2001) e em Ballou (2004).

Seguem as categorias de custos avaliadas para o problema.

3.4.3.1 Custos de aquisição

De acordo com Ballou (2004), os custos de aquisição de mercadorias são quase sempre uma força significativa na determinação de quantidades para a reposição de estoques. O custo de aquisição pode ser representado como uma composição de diversos custos, relacionados com:

- Processamento, preparação e transmissão de pedidos por parte da empresa contratada (vendedora);
- Pedido de compra por parte da empresa contratante;
- Custo de fabricação; e
- Margem de lucro.

Tal custo não varia proporcionalmente com a quantidade a ser adquirida, pois alguns dos componentes de precificação têm seu valor alterado em valor diferente ao proporcional para um dado incremento de mercadorias compradas. A tal situação dá-se o nome de economia de escala. Essa abordagem não foi tratada no modelo devido às restrições impostas pelo problema de programação linear.

Uma forma de se avaliar os custos de aquisição incorridos pela COMARA é a de verificar, ao longo do ano de estudo, os valores de compra de cada material apresentados pelas empresas vencedoras do processo de licitação somado aos gastos referentes à geração do processo de compra.

Para efeito da modelagem proposta, este custo entrou na função objetivo sendo representado por uma função linear da quantidade de material adquirida. A formulação deste foi apresentada na equação (3.24).

$$\text{Custo de Aquisição} = \sum_t \sum_o \sum_i \frac{ca_{t-tl o i}}{(1+j)^{t-tl}} \cdot X_{t-tl o i}^{\text{compra}} \quad (3.24)$$

Onde j é a taxa semanal de juros.

$Ca_{t-tl o i}$ é o custo de aquisição unitário para cada material i a partir de cada origem o em um período $t-tl$.

Os custos ao longo do tempo foram atualizados para o período $t = 0$.

3.4.3.2 Custo de transporte

De acordo com Novaes (2001), os custos de transporte de uma empresa de varejo têm por composição os custos de transporte antes de se chegar aos centros de distribuição e os custos incorridos ao se fazer a distribuição para o cliente. A COMARA, sob alguns aspectos, se encaixa nesta forma de custeio. Foi apresentada a seguir uma forma de obtenção desses custos para uso como dados de entrada no modelo.

3.4.3.2.1 Componentes de custo de transporte para o modal fluvial

O modal fluvial utilizado pela COMARA é transporte próprio, que inclusive, é de fabricação própria. Com isso, os custos incorridos com este modal são avaliados não pelo frete cobrado, mas sim por fatores de custo incorridos pela própria empresa. De acordo com Pessoa e Sá (2003) são cinco os fatores de custo determinantes no custo de transporte: Combustíveis e Lubrificantes, Pessoal, Alimentação, Manutenção e Depreciação.

3.4.3.2.1.1 Combustíveis e Lubrificantes

Os gastos relativos ao combustível são determinados de acordo com o consumo médio em R\$/km (Reais dividido por quilômetro) de cada equipamento de transporte fluvial da COMARA. Pode ser calculado utilizando-se uma base mensal de viagens, ou seja, verifica-se o gasto médio em reais para se deslocar uma quilometragem mensal média. Para efeitos de modelagem, deve-se transformar a média mensal em semanal.

O consumo de combustível é variável com a potência nominal do motor e com as condições de uso, pois acelerações elevadas e/ou carga muito pesada levam a um dispêndio maior de combustível.

Para cada viagem feita pelo conjunto balsa – empurrador deve-se avaliar a carga transportada por este e associar seu valor ao consumo de combustível avaliando se há variação apreciável de acordo com a carga transportada. Caso haja tal variação, será necessário traçar uma curva de regressão determinando os custos em R\$/km por unidade de massa de carga.

Para os lubrificantes, deve-se avaliar os preços junto ao fornecedor e verificar os períodos de colocação daqueles ao longo do ano e definir uma média semanal de litros colocados. Após isso, multiplica-se o valor obtido pelo custo unitário do lubrificante.

Deve-se avaliar o custo de lubrificante associado à carga transportada em cada viagem e aquele, juntamente com o combustível participar da regressão em função da carga transportada.

3.4.3.2.1.2 Pessoal

As despesas com pessoal são decorrentes de pagamento de salários e encargos da mão de obra empregada no transporte fluvial. Existe um número determinado de tripulantes para cada conjunto balsa – empurrador podendo haver passageiros ao longo do caminho. A tripulação para cada conjunto é ilustrada na tabela 3.9.

Tabela 3.9: Tripulação do conjunto balsa – empurrador.

Função	Quantidade
Comandante	1
Marinheiro de Máquinas	2
Marinheiros de Convés	2
Cozinheiro	1
Supervisor de Carga	1 (eventualmente militar)
Prático	1 (eventualmente necessário)

Fonte: Pessoa e Sá (2003)

Para efetuar o cálculo de despesas horárias com pessoal devem-se somar os encargos, salários e benefícios da tripulação e dividir pelo número de horas semanais viajadas.

3.4.3.2.1.3 Alimentação

As despesas com alimentação são diárias e por tripulante. Existe variação dessas despesas em função do número de pessoas a bordo. As despesas podem ser calculadas em função do valor das quantidades de alimentos embarcados e comprados ao longo do trajeto destinados à refeição do pessoal durante a viagem. Logo este custo pode ser determinado por rota supondo uma quantidade média de pessoas embarcadas.

3.4.3.2.1.4 Manutenção

A manutenção do transporte fluvial é considerada uma despesa operacional que ocorre diretamente em razão da utilização do veículo pelo processo de desgaste progressivo de seus componentes.

Tais despesas manifestam-se em gastos com oficinas, uso de mão-de-obra e compra de peças de reposição, não sendo estas diretamente proporcionais ao número de horas utilizadas do veículo.

Percebe-se um grau ascendente nos custos de manutenção com relação ao tempo de vida do veículo apresentando alguns pontos de descontinuidade.

Quando o veículo é novo, a probabilidade de defeitos mecânicos/elétricos é pequena ficando menos tempo parado e mais tempo em serviço, tendo assim, no início de sua vida um elevado grau de produtividade.

À medida que o veículo vai ficando mais velho, a probabilidade de falhas aumenta, fazendo com que o tempo parado em oficinas aumente gerando menores índices de produtividade.

Desta forma, encontra-se dificuldade na correta mensuração dos custos de manutenção devido à dificuldade de avaliação ao longo do tempo dos custos de mão de obra e de peças.

Pode-se mensurar os custos por meio da obtenção dos valores horários do custo de manutenção nos manuais de veículos (Pessoa e Sá, 2003).

3.4.3.2.1.5 Depreciação

De acordo com Walter (1987), depreciação é a perda da capacidade produtiva dos bens tangíveis do ativo permanente que tem como causas o desgaste pelo uso, a deterioração pela ação do tempo e a obsolescência normal provocada pela evolução da tecnologia.

O cálculo de depreciação, como regra geral, é calculado aplicando-se a taxa de depreciação sobre uma base de cálculo (ver equação 3.25).

$$\text{Depreciação} = \text{taxa} \times \text{base de cálculo} \quad (3.25)$$

A base de cálculo da depreciação é o custo de aquisição e acréscimos posteriores, mais os gastos necessários à colocação do bem em funcionamento, com ou sem o valor residual. O valor residual entra como parcela subtrativa na base de cálculo. Observa-se que a inclusão do valor residual pode diminuir o valor a ser depreciado (Walter, 1987).

A taxa de depreciação pode ser obtida pelo método da linha reta que consiste em uma depreciação uniforme ao longo da vida útil do bem. Logo, a taxa é obtida da forma apresentada na equação (3.26).

$$\text{Taxa} = \frac{100\%}{\text{Vida útil}} \quad (3.26)$$

De acordo com Walter (1987), a estimativa para a vida útil do bem pode ser avaliada segundo o critério do fabricante. É possível que a vida útil do equipamento se encontre em seu manual.

A depreciação é uma despesa que pode ser avaliada de acordo com a unidade periódica adotada no modelo de programação linear. Como valor da depreciação é anual, o custo semanal da depreciação é obtido por meio da divisão do valor depreciado anual pelo número de semanas no ano, gerando um valor que pode ser utilizado como um dos fatores da determinação dos custos semanais de transporte sendo estes aplicados na modelagem.

3.4.3.2.2 Modal Aéreo

O modal aéreo não incorre em custos diretos para a COMARA, mas seu custo deve ser avaliado, para efeito de avaliação dos custos totais envolvidos na cadeia logística de valor. A metodologia de obtenção de custos para o modal aéreo é semelhante a do modal fluvial.

3.4.3.2.3 Determinação do custo total de transporte.

Os componentes de custos calculados para transporte são normalmente dados em R\$/km ou em R\$/h. Sabendo a distância e a duração de cada trecho, calculam-se os custos totais por viagem. Possuindo uma base de custos por viagem com o respectivo volume transportado, gera-se uma regressão linear, para cada modal, dos custos totais em cada trecho em função do volume transportado (Ballou 2004 e Novaes 2001). Matematicamente, a equação (3.27) ilustra o custo para cada trecho w e modal m analisado e um determinado período.

$$c_{m t w} = \frac{[f_{m t} + \mu_{m t} (\text{Volume total}_{m t})]_{\text{trecho } w} \times y_{m t}}{(1+j)^t} \quad (3.27)$$

Onde $f_{m t}$ é o coeficiente linear da reta de regressão.

$\mu_{m t}$ é o coeficiente angular da reta de regressão.

$c_{m t w}$ é o custo de transporte por modal por trecho em um período t .

Volume total $_{m t}$ é o volume total de material para cada modal m no período t viajando pelo trecho w .

$y_{m t}$ é uma variável *dummy* que assume o valor de zero se Volume total $_{m t} = 0$ ou o valor de 1 caso contrário.

O custo total de transporte é dado por (3.28).

$$CTT = \sum_t \sum_w \sum_m c_{m t w} \quad (3.28)$$

3.4.3.3 Custo de Estoque.

De acordo com Ballou (2004) existem duas categorias de estoque com relação a custos:

- Estoque parado (guardado em armazéns); e
- Estoque no canal ou estoque em trânsito.

Os estoques têm por objetivo disponibilizar o produto no tempo e nas quantidades necessárias visando evitar prejuízos devido à falta daquele para suprir a demanda. Porém, quando o estoque não é bem gerenciado, há a possibilidade de se incorrer em custos elevados seja por falta de estoque ou por excesso de material imobilizado.

Os custos relevantes de estoque podem ser descritos por meio de suas componentes que, de acordo com Ballou (2004) e Novaes (2001) são os custos de aquisição⁷, custos de manutenção e custos de falta de estoque.

Vale lembrar que o custo de manuseio de material também é importante e, apesar de influir tanto na armazenagem (movimentação de volumes dentro do armazém) quanto no transporte (carga e descarga), para efeito de simplificação este foi integralmente avaliado no CD.

3.4.3.3.1 Custos de manutenção.

De acordo com Ballou (2004) os custos de manutenção de estoques são relacionados com o armazenamento de produtos durante um determinado período e possuem relação crescente de acordo com os volumes armazenados. Tais custos podem ser divididos em custos de espaço, custos de capital, custos de serviço de estocagem e custos de risco de estocagem.

Os custos de espaço refletem as despesas incorridas pelo uso do volume no armazém. No caso da COMARA, por possuir espaço próprio, tais despesas são relacionadas com custos operacionais referentes ao espaço adotado como, por exemplo, custos de iluminação, e de equipamento utilizado para armazenar o volume médio segundo Ballou (2004) e Novaes (2001).

Os custos de capital no estoque são definidos como o custo do dinheiro imobilizado em estocagem. De acordo com Ballou (2004) tais custos podem representar acima de 80% dos custos totais de estoque. Tais custos são difíceis de serem determinados, pois devem-se avaliar os investimentos que a empresa julga terem a mesma ou melhor atratividade e risco que a manutenção de estoque.

Os custos de serviço de estocagem caracterizam-se principalmente pelas despesas com seguros e impostos sobre os níveis de estoque existentes na data da avaliação.

⁷ O custo de aquisição já foi apresentado no item 3.4.3.1.

Os custos dos riscos de estocagem estão relacionados com roubos, deterioração, danos ou obsolescência. Formas de se estimar tal custo podem ser verificando as perdas diretas de valor do produto ou o custo do fornecimento do material a partir de um local secundário.

Na modelagem, o custo de manutenção de estoques pode ser obtido por meio de regressão linear dos custos totais incorridos em manutenção para cada armazém em função do volume movimentado ao longo do tempo de acordo com Ballou (2004). Este custo deve ser dado em base semanal para aplicação no modelo proposto neste trabalho. Matematicamente, tal custo foi descrito conforme a equação (3.29).

$$cm_{ot} = \frac{\left[b_{ot} + g_{ot} \left(\sum_i X_{toi}^{e.f.} \cdot Vol_i \right) \right] \cdot w_{ot}}{(1+j)^t} \quad (3.29)$$

Onde cm_{ot} é o custo de manutenção de estoque para uma origem o e um período t ;

b_{ot} é o coeficiente linear da reta de regressão;

g_{ot} é o coeficiente angular da reta de regressão;

w_{ot} é uma variável *dummy* que assume o valor de 0 se o volume total movimentado no estoque for nulo e assume valor igual a 1, caso contrário.

O custo total de manutenção de estoques ao longo do horizonte de tempo avaliado foi descrito matematicamente na equação (3.30).

$$CTM = \sum_t \sum_o cm_{ot} \quad (3.30)$$

3.4.3.3.2 Custo de estoque em trânsito.

De acordo com Ballou (2004), o custo de estoque em trânsito refere-se ao custo de oportunidade de o material estar parado enquanto está sendo transportado. O único modal que gera custo apreciável de estoque em trânsito para a COMARA é o modal fluvial, pois, o modal aéreo consegue oferecer atendimento aos clientes em questão de horas, e o modal rodoviário, além de possuir baixa capacidade de transporte, utiliza uma fração pequena do menor período de análise proposto pelo modelo (semana) para efetuar seus transportes. De

acordo com os responsáveis pela SDT o tempo médio de viagem registrado pelo modal rodoviário é de um dia e meio.

A representação matemática deste custo foi dada conforme a equação (3.31). O custo se referiu às quantidades de cada material transportado em cada modal por trecho avaliando a duração de viagem em cada trecho.

$$(ce_{tm})_{trechow} = \left(\sum_s \sum_o \sum_i c'_{oti} \cdot j \cdot d_m \cdot (X_{toism}^{d.o.s/trs} + X_{toim}^{d.o.o}) \right)_{trechow}$$

$o = \{Be, Mn\}; m = \{aéreo, \dots\}; t = \{1, 2, \dots, n\};$
 $X_{toism}^{d.o.s/trs}, X_{toim}^{d.o.o} \in W$ (3.31)

Onde $(ce_{tm})_{trechow}$ é o custo de estoque em trânsito por trecho no instante t para o modal m .

c'_{oti} é o custo de aquisição, processamento e despacho unitário de cada material.

d_m é a duração (em semanas) da viagem feita pelo modal m no trecho w .

O custo total de estoque em trânsito para um conjunto de períodos analisado é a soma de todos os custos incorridos com estoque em trânsito ao longo de tal horizonte de tempo.

3.4.3.3 Custos de falta de estoques.

O modelo matemático pressupõe que os níveis de estoque gerenciados pela COMARA são níveis que não necessitarão de reposição atendendo à demanda prevista (característica determinística do modelo).

3.4.3.4 Custos por demora na entrega.

Os custos por demora na entrega são aplicados, para efeito de modelagem, aos itens que não possuem previsão de demanda. Para se calcular tal custo, deve-se determinar a probabilidade de se gerar atrasos significativos na obra para diferentes tempos de demora na entrega de material. Também se devem avaliar os custos unitários e temporais da falta de material. O custo médio é dado pela multiplicação da probabilidade com seu respectivo custo

unitário segundo Winston (2004). A formulação para a entrega em uma obra s e para um material i_i em um período t é dada na equação (3.32) por:

$$\sum_o \sum_m p_{i_i t m o s}(\alpha) \cdot c_{i_i t m o s}(\alpha) \cdot X_{t+\alpha o i_i s m}^{ent} = C_{t s i_i}^* \quad t = \{0, 1, \dots, n\}$$

$$i_i = \{\text{Peças, ...}\} \quad s = \{\text{EI, TT, ...}\}; \quad i_i \subset i \quad (3.32)$$

Onde α é o acréscimo de tempo devido a cada modal e contado a partir do CD de despacho até a entrega de material.

$p_{i_i t m o s}(\alpha)$ é a probabilidade de se faltar material para um atraso α na entrega de material.

$c_{i_i t m o s}(\alpha)$ é o custo unitário da demora de entrega de material para um atraso α na chegada deste na obra.

3.5 Exemplo de resolução de problemas utilizando o modelo proposto.

3.5.1 Exemplos resolvidos com o modelo

Para a verificação da empregabilidade do modelo foram resolvidos 2 (dois) exemplos de problemas sendo um com previsão de demanda e outro com a imprevisão desta.

3.5.1.1 Desenvolvimento do exemplo com previsão de demanda

O modelo proposto foi utilizado, a título de exemplo, para resolver um problema havendo dois centros de distribuição, dois clientes e um tipo de material (com demanda prevista), sendo utilizados para o transporte dois modais distintos (aéreo e fluvial). Tal problema é um subconjunto do problema apresentado pela cadeia de distribuição de material no ano de 2005. Este modelo foi desenvolvido com o uso do software Excel[®]. O horizonte de tempo utilizado para a resolução do problema foi de 6 semanas. As obras escolhidas e as durações de viagens nos trechos foram apresentadas na tabela 3.10. O tempo que leva desde a compra até a chegada de material é de uma semana.

Tabela 3.10: Pontos de origem, destino e duração de rotas utilizadas.

Trechos					
Origem	destino	Balsa		Aeronave	
		km	T(dias)	km	T(h)
Mn	UA	1037	7	816	02:15
Be	OI	1037	7	816	02:15
Be	Mn	1500	6	1350	03:40

Fonte: Auditoria SEFA

A construção do modelo desenvolveu-se do seguinte modo:

Primeiramente, montou-se a rede de transporte-estocagem do exemplo resolvido. Esta rede é composta de três tabelas: A primeira é a avaliação do fluxo de estoques nos dois centros de distribuição, a segunda é o fluxo de carga para uma das obras e a terceira representa o fluxo de carga para outra obra.

Para os centros de distribuição foi montada a tabela em Excel[®] ilustrada na figura 3.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Fluxo do material i nos armazéns								
2		Período								
3		Manaus	-1	0	1	2	3	4	5	
4		Estoque inic		0	0	0	0	0	0	0
5		Compras								
6		Rec. Compras		0	0	0	0	0	0	0
7		Destino Obra Balsa	0	0	0	0	0	0	0	0
8		Destino Obra Aeronave	0	0	0	0	0	0	0	0
9		Destino Be Balsa								
10		Destino Be Aeronave								
11		Estoque Final		0	0	0	0	0	0	0
12		Recebido Be Balsa		0	0	0	0	0	0	0
13		Recebido Be Aeronave		0	0	0	0	0	0	0
14		Belém	-1	0	1	2	3	4	5	
15		Estoque inic		0	0	0	0	0	0	0
16		Compras								
17		Rec. Compras		0	0	0	0	0	0	0
18		Destino Obra Balsa	0	0	0	0	0	0	0	0
19		Destino Obra Aeronave	0	0	0	0	0	0	0	0
20		Destino Mn Balsa								
21		Destino Mn Aeronave								
22		Estoque Final		0	0	0	0	0	0	0
23		Recebido Mn Balsa		0	0	0	0	0	0	0
24		Recebido Mn Aeronave		0	0	0	0	0	0	0
25										

Figura 3.1: Tabela de fluxo de estoque e de material a ser transportado.

As células em marrom claro são as variáveis neste processo, as células em verde-escuro são variáveis que não entram para o modelo e as células em lima são células que o preenchimento é obrigatório (Para as próximas figuras, a legenda é a mesma).

Em seguida construíram-se as tabelas de custos de manuseio, estocagem e aquisição. Estes foram arbitrados, adotando o valor mais alto de aquisição para Manaus, já que os custos elevados são uma justificativa para Manaus não ser um *hub* de carga. A Figura 3.2 mostra a tabela de alocação dos custos mencionados acima, além de apresentar as capacidades máximas e mínimas de cada CD e os limites de produção do material i.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
26										
27		custos referentes ao armazém								
28		Manaus	-1	0	1	2	3	4	5	
29		capacidade min	500	500	500	500	500	500	500	
30		capacidade max	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	
31		quantidade movimentada								
32		custo unitário de manuseio e	4	4	4	4	4	4	4	Custo final
33		custo total	0	0	0	0	0	0	0	0
34		Belém	-1	0	1	2	3	4	5	
35		capacidade min	500	500	500	500	500	500	500	
36		capacidade max	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	
37		quantidade movimentada								
38		custo unitário de manuseio e	3	3	3	3	3	3	3	Custo final
39		custo total	0	0	0	0	0	0	0	0
40										
41		compras								
42		Manaus	-1	0	1	2	3	4	5	
43		Quantidade comprada								
44		Preço unit de aquisição	25	25	25	25	25	25	25	Custo final
45		Total de compras								0
46		Limite de compras	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	
47		Belém	-1	0	1	2	3	4	5	
48		Quantidade comprada								
49		Preço unit de aquisição	20	20	20	20	20	20	20	Custo final
50		Total de compras	0	0	0	0	0	0	0	0
51		Limite de compras	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	
52										

Figura 3.2: Custos e capacidades dos CDs

A figura 3.3 mostra as variáveis de carga com destino à obra, que foram organizadas depois de construídas as tabelas referentes aos fatores intervenientes na estocagem. No caso da figura, esta planilha refere-se ao fluxo de carga de saída de uma origem e chegada à obra. No exemplo resolvido há uma tabela semelhante à figura 3.3, pois há duas obras servidas. Na tabela da figura 3.3 há a necessidade de se inserir dados referentes à demanda por material ao longo do horizonte de tempo previsto e também as restrições de uso de modal ao longo do tempo assumindo o valor de 1, caso o modal não esteja restrito no trecho para um determinado período e o valor de 0, caso contrário.

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1		Origem		Belém							
2		Destino		Oiapoque							
3		Material		i							
4		Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5	
5		Despacho	Aéreo								
6			g aéreo	1	1	1	1	1	1	1	1
7			Fluvial								
8			g fluvial	1	1	1	1	1	1	1	1
9		Entrega	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0	0
10			Fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
11		Origem		Manaus							
12		Destino		Oiapoque							
13		Material		i							
14		Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5	
15		Despacho	Aéreo								
16			g aéreo	1	1	1	1	1	1	1	1
17			Fluvial								
18			g fluvial	1	1	1	1	1	1	1	1
19		Transbordo (chegada BE)	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0	0
20			Fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
21		Entrega	Aéreo								
22			Fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
23		Material entregue e demanda									
24		Totais		-1	0	1	2	3	4	5	
25		Demanda		0	0	0	0	0	0	0	0
26						8000	9000	10000			

Figura 3.3: Variáveis de carga que representam o fluxo de carga destinado a uma obra.

A figura 3.4 ilustra os custos incorridos em transporte e estocagem em trânsito do material *i* para os trechos envolvidos no problema, além de definir a capacidade máxima de transporte para cada modal em cada trecho.

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
27											
28		Trecho Mn - Be									
29		Período	-1	0	1	2	3	4	5		
30		Modal fluvial (1 semana)									
31		quantidade transportada	0	0	0	0	0	0	0		
32		custo unit. de transporte	3	3	3	3	3	3	3		
33		custo unit de estoque em trânsito	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
34		custo total de transporte	0	0	0	0	0	0	0		Custo final
35		custo total de estoque em trânsito	0	0	0	0	0	0	0		0
36		capacidade do modal	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000		
37		Modal aéreo (2 h)									
38		quantidade transportada	0	0	0	0	0	0	0		
39		custo unit. de transporte	8	8	8	8	8	8	8		Custo final
40		custo total de transporte	0	0	0	0	0	0	0		0
41		capacidade do modal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000		
42											
43		Trecho Be - Oi									
44		Período	-1	0	1	2	3	4	5		
45		Modal fluvial (1 semana)									
46		quantidade transportada	0	0	0	0	0	0	0		
47		custo unit. de transporte	3	3	3	3	3	3	3		
48		custo unit de estoque em trânsito	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
49		custo total de transporte	0	0	0	0	0	0	0		Custo final
50		custo total de estoque em trânsito	0	0	0	0	0	0	0		0
51		capacidade do modal	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000		
52		Modal aéreo (2h)									
53		quantidade transportada	0	0	0	0	0	0	0		
54		custo unit. de transporte	5	5	5	5	5	5	5		Custo final
55		custo total de transporte	0	0	0	0	0	0	0		0
56		capacidade do modal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000		
57											

Figura 3.4: Custos e capacidades referentes ao transporte de material para uma obra por modal e por trecho.

3.5.1.2 Resultados da aplicação do modelo.

Utilizando as restrições e as condições de compatibilidade descritas neste capítulo e definindo a função objetivo, utilizou-se a ferramenta *Solver* existente no Excel[®] para efetuar a minimização daquela função obtendo os resultados ótimos das variáveis. Estes resultados estão ilustrados nas tabelas 3.11, 3.12 e 3.13. Os resultados para os custos foram mostrados nas tabelas 3.14, 3.15, 3.16 e 3.17.

Tabela 3.11: Resultado ótimo das variáveis de decisão nos CD

Fluxo do material i nos armazéns							
	Período						
Manaus	-1	0	1	2	3	4	5
Estoque inicial		500	500	500	500	500	500
Compras	8000	0	0	0	0	0	0
Rec. Compras		8000	0	0	0	0	0
Destino Obra Balsa	0	9000	11000	14000	12000	0	0
Destino Obra Aeronave	0	0	0	0	0	1,14E-12	0
Destino Be Balsa		0	0	0	0	0	0
Destino Be Aeronave	0	0	0	0	0	0	0
Estoque Final	500	500	500	500	500	500	500
Recebido Be Balsa		0	10000	13000	12000	0	0
Recebido Be Aeronave		1000	1000	1000	0	0	0
Belém	-1	0	1	2	3	4	5
Estoque inicial		700	500	500	500	500	500
Compras	18800	23000	23000	1000	7,28E-12	0	0
Rec. Compras		18800	23000	23000	1000	7,28E-12	0
Destino Obra Balsa	0	8000	9000	10000	0	0	0
Destino Obra Aeronave	0	0	0	0	1000	4,14E-25	0
Destino Mn Balsa		10000	13000	12000	0	0	0
Destino Mn Aeronave	0	1000	1000	1000	0	0	0
Estoque Final	700	500	500	500	500	500	500
Recebido Mn Balsa		0	0	0	0	0	0
Recebido Mn Aeronave		0	0	0	0	0	0

Na tabela acima foi possível verificar o fluxo de carga ao longo dos CD. Por exemplo, o campo Compras em Belém no período 0 assumiu o valor de 23000, sendo efetuado o recebimento na semana seguinte (período 1).

O campo Destino Mn Balsa aloca a carga transportada no campo Recebido Be Balsa no período seguinte (isto simula a entrega na semana seguinte). Para o Destino Mn Aeronave a carga transportada é alocada no Recebido Be Aeronave no mesmo período. Os campos referentes a Manaus fazem a alocação de forma semelhante.

O campo Estoque Final é o resultado das diferenças entre os totais de entrada e saída de material de cada CD no mesmo período. O campo Destino Obra envolve a soma de todo o volume destinado a todas as obras despachado em um mesmo instante.

Tabela 3.12: Resultado ótimo das variáveis de decisão no transporte para a obra de Oiapoque.

Origem		Belém						
Destino		Oiapoque						
Material		I						
Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5
Despacho	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0
	g aéreo	1	1	1	1	1	1	1
	Fluvial	0	8000	9000	10000	0	0	0
	g fluvial	1	1	1	1	1	1	1
Entrega	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0
	Fluvial	0	0	8000	9000	10000	0	0
Origem		Manaus						
Destino		Oiapoque						
Material		I						
Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5
Despacho	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0
	g aéreo	1	1	1	1	1	1	1
	Fluvial	0	0	0	0	0	0	0
	g fluvial	1	1	1	1	1	1	1
Transbordo (chegada BE)	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0
	Fluvial	0	0	0	0	0	0	0
Entrega	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0
	Fluvial	0	0	0	0	0	0	0
Material entregue e demanda								
		-1	0	1	2	3	4	5
Totais		0	0	8000	9000	10000	0	0
Demanda				8000	9000	10000		

A tabela acima mostrou as quantidades demandadas juntamente com a descrição numérica do fluxo de transporte. Para o caso sem transbordo (Belém – Oiapoque) as entregas para o modal fluvial foram feitas no período seguinte ao de despacho (a quantidade de 8000 despachada no período 0 chega ao destino no período 1). O campo g aéreo/g fluvial é um fator de bloqueio de uso de modal em um determinado período. O valor de 0 bloqueia o uso do modal e o valor de 1 permite que o modal seja utilizado.

Na situação em que há transbordo, para um mesmo período de despacho existem diferentes períodos de entrega dependendo da escolha do conjunto de modais envolvidos no transporte. A tabela 3.13 mostra que, para o período 3 saem de Belém 1000 unidades sendo

transportadas pelo modal aéreo chegando no mesmo período no ponto de transbordo. Há troca de modal e o material vai para o destino por meio de modal fluvial chegando no período seguinte.

Tabela 3.13: Resultado ótimo das variáveis de decisão no transporte para a obra de São Gabriel da Cachoeira.

Origem		Manaus						
Destino		São Gabriel da Cachoeira						
Material		I						
Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5
Despacho	Aéreo	0	0	0	0	0	1E-12	0
	g aéreo	1	1	1	1	1	1	1
	Fluvial	0	9000	11000	14000	12000	0	0
	g fluvial	1	1	1	1	1	1	1
Entrega	Aéreo	0	0	0	0	0	1E-12	0
	Fluvial	0	0	9000	11000	14000	12000	0
Origem		Belém						
Destino		São Gabriel da Cachoeira						
Material		I						
Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5
Despacho	Aéreo	0	0	0	0	1000	4E-25	0
	g aéreo	1	1	1	1	1	1	1
	Fluvial	0	0	0	0	0	0	0
	g fluvial	1	1	1	1	1	1	1
Transbordo (chegada MN)	Aéreo	0	0	0	0	1000	4E-25	0
	Fluvial	0	0	0	0	0	0	0
Entrega	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0
	Fluvial	0	0	0	0	0	1000	4E-25
Material entregue e demanda								
		-1	0	1	2	3	4	5
Totais		0	0	9000	11000	14000	13000	4E-25
Demanda				9000	11000	14000	13000	

Tabela 3.14: Resultados de custos referentes à movimentação nos CD da COMARA

Custos referentes ao armazém							
Manaus	-1	0	1	2	3	4	5
Capacidade min	500	500	500	500	500	500	500
Capacidade max	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Quantidade movimentada	500	500	500	500	500	500	500
Custo unitário de manuseio e de capital	4	4	4	4	4	4	4
Custo total	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Belém	-1	0	1	2	3	4	5
Capacidade min	500	500	500	500	500	500	500
Capacidade max	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Quantidade movimentada	700	500	500	500	500	500	500
Custo unitário de manuseio e de capital	3	3	3	3	3	3	3
Custo total	2100	1500	1500	1500	1500	1500	1500

A tabela acima mostrou as quantidades máximas e mínimas de estoque permitidas para cada período. O campo Quantidade Movimentada tem o mesmo valor do campo Estoque Final para cada CD.

Os custos finais referentes à movimentação nos CD da COMARA estão discriminados por período.

Tabela 3.15: Resultados de custos referentes à aquisição do material i

Compras							
Manaus	-1	0	1	2	3	4	5
Quantidade comprada	8000	0	0	0	0	0	0
Preço unit de aquisição	25	25	25	25	25	25	25
Total de compras	200000	0	0	0	0	0	0
Limite de compras	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
Belém	-1	0	1	2	3	4	5
Quantidade comprada	18800	23000	23000	1000	7E-12	0	0
Preço unit de aquisição	20	20	20	20	20	20	20
Total de compras	376000	460000	460000	20000	1E-10	0	0
Limite de compras	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000

A tabela 3.15 mostrou um esquema de alocação de quantidades compradas de material juntamente com os custos totais de aquisição. O campo Limite de Compras refere-se à capacidade de fornecimento de material. O campo Total de Compras mostra o valor gasto com as aquisições.

Tabela 3.16: Custos de transporte, quantidade transportada e capacidade de modal para os trechos com destino a Oiapoque.

Trecho Mn – Be							
Período	-1	0	1	2	3	4	5
Modal fluvial (1 semana)							
quantidade transportada	0	0	0	0	3E-26	0	0
custo unit. de transporte	3	3	3	3	3	3	3
custo unit de estoque em trânsito	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
custo total de transporte	0	0	0	0	8E-26	0	0
custo total de estoque em trânsito	0	0	0	0	5E-27	0	0
capacidade do modal	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Modal aéreo (2 h)							
quantidade transportada	0	0	0	0	0	0	0
custo unit. De transporte	8	8	8	8	8	8	8
custo total de transporte	0	0	0	0	0	0	0
capacidade do modal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Trecho Be – OI							
Período	-1	0	1	2	3	4	5
Modal fluvial (1 semana)							
quantidade transportada	0	8000	9000	10000	0	3E-26	0
custo unit. de transporte	3	3	3	3	3	3	3
custo unit de estoque em trânsito	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
custo total de transporte	0	24000	27000	30000	0	8E-26	0
custo total de estoque em trânsito	0	4000	4500	5000	0	1E-26	0
capacidade do modal	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Modal aéreo (2h)							
quantidade transportada	0	0	0	0	0	0	0
custo unit. De transporte	5	5	5	5	5	5	5
custo total de transporte	0	0	0	0	0	0	0
capacidade do modal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

A tabela 3.16 e 3.17 mostraram o fluxo de carga ao longo dos trechos percorridos pertencentes às rotas para atendimento ao cliente.

Para cada modal existem limites de capacidade de carga e os custos foram definidos como sendo o custo de transporte e o custo de estoque em trânsito. Os custos totais temporais também foram colocados.

Tabela 3.17: Custos de transporte, quantidade transportada e capacidade de modal para os trechos com destino a São Gabriel da Cachoeira.

Trecho Be – Mn							
Período	-1	0	1	2	3	4	5
Modal fluvial (1 semana)							
quantidade transportada	0	10000	13000	12000	0	0	0
custo unit. de transporte	3	3	3	3	3	3	3
custo unit de estoque em trânsito	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
custo total de transporte	0	30000	39000	36000	0	0	0
custo total de estoque em trânsito	0	5000	6500	6000	0	0	0
capacidade do modal	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Modal aéreo (2h)							
quantidade transportada	0	1000	1000	1000	1000	4E-25	0
custo unit. de transporte	3	3	3	3	3	3	3
custo total de transporte	0	3000	3000	3000	3000	1E-24	0
capacidade do modal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Trecho Mn – UA							
Período	-1	0	1	2	3	4	5
Modal fluvial (1 semana)							
quantidade transportada	0	9000	11000	14000	13000	4E-25	0
custo unit. de transporte	4	4	4	4	4	4	4
custo unit de estoque em trânsito	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
custo total de transporte	0	36000	44000	56000	52000	2E-24	0
custo total de estoque em trânsito	0	5400	6600	8400	7800	2E-25	0
capacidade do modal	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Modal aéreo (2h)							
quantidade transportada	0	0	0	0	0	1E-12	0
custo unit. de transporte	8	8	8	8	8	8	8
custo total de transporte	0	0	0	0	0	9E-12	0
capacidade do modal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

O custo total para o exemplo foi de: R\$ 1.986.300,00.

3.5.1.3 Discussão dos resultados

Para o exemplo resolvido os resultados apresentados na tabela 3.11 ilustram que o local onde é feita a maior quantidade de compras é Belém. Os níveis de estoque para ambas as localidades mantiveram-se no mínimo permitido evidenciando que, num modelo determinístico, onde a demanda por material é atendida por completo, os estoques passam a ter sua necessidade reduzida, já que estes servem, entre outros motivos, para tentar reduzir a

variabilidade na demanda e no fornecimento. Neste modelo existe a garantia de recebimento de material e de atendimento total às necessidades dos clientes.

O modelo determinístico também pressupõe que o fornecimento não é interrompido, ou seja, não há problemas na entrega de material nos centros de distribuição, também possibilitando trabalhar com o menor nível de estoques possível. As compras são feitas com antecedência adequando-se ao montante pedido.

Para o caso, os custos elevados de Manaus (tanto os de aquisição quanto os de manuseio) fizeram com que fosse viável deslocar material de Belém para Manaus para atender ao elevado nível de demanda da obra de São Gabriel da Cachoeira, onde Manaus é ponto intermediário entre Belém e aquela localidade.

3.5.1.4 Desenvolvimento do exemplo com demanda imprevista

O modelo proposto foi utilizado, a título de exemplo, para resolver um problema havendo dois centros de distribuição, um cliente e um tipo de material (com demanda imprevista), sendo utilizados para o transporte dois modais distintos (aéreo e fluvial). Tal problema é um subconjunto do problema apresentado pela cadeia de distribuição de material no ano de 2005. Este modelo foi desenvolvido utilizando o software Excel[®]. O horizonte de tempo utilizado para a resolução do problema foi de 6 semanas. As obras escolhidas e as durações de viagens nos trechos são apresentadas na tabela 3.18.

Tabela 3.18: Pontos de origem, destino e duração de rotas utilizadas.

Trechos					
Origem	destino	Balsa		Aeronave	
		km	T(dias)	km	T(h)
Mn	SGC	1037	7	816	02:15
Be	Mn	1500	6	1350	03:40

Fonte: Auditoria SEFA

Os procedimentos para a resolução do modelo foram semelhantes ao do exemplo anterior sendo executadas algumas tarefas a mais, como a construção de uma tabela que mostra o fluxo das quantidades de material que partem em um mesmo período. Esta mostra os períodos de chegada das frações da quantidade despachada, bem como os valores destas (Tabela 3.24). As legendas utilizadas no exemplo anterior são as mesmas para este exemplo, sendo que as células em cor preta, são células não utilizadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									Material
2		Período							
3	Belém	-1	0	1	2	3	4	5	
4	Estoque inic		0	0	0	0	0	0	restrição de compras
5	Compras								
6	Rec. Compras		0	0	0	0	0	0	
7	Destino Obra Balsa		0	0	0	0	0	0	
8	Destino Obra Aeronave		0	0	0	0	0	0	
9	Destino Mn Balsa								
10	Destino Mn Aeronave								
11	Estoque Final		0	0	0	0	0	0	
12	Recebido Mn Balsa		0	0	0	0	0	0	
13	Recebido Mn Aeronave		0	0	0	0	0	0	
14	Manaus	-1	0	1	2	3	4	5	
15	Estoque inic		0	0	0	0	0	0	restrição de compras
16	Compras								
17	Rec. Compras		0	0	0	0	0	0	
18	Destino Obra Balsa		0	0	0	0	0	0	
19	Destino Obra Aeronave		0	0	0	0	0	0	
20	Destino Be Balsa								
21	Destino Be Aeronave								
22	Estoque Final		0	0	0	0	0	0	
23	Recebido Be Balsa			0	0	0	0	0	
24	Recebido Be Aeronave			0	0	0	0	0	
25									
26									

Figura 3.5: Tabela de fluxo de estoque e de material a ser transportado.

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Material I (previsível)										
2											
3		Custos unitários e totais									
4	Belém	-1	0	1	2	3	4	5			
5	Aquisição	20	20	20	20	20	20				
6	custo total	0	0	0	0	0	0				
7		Restrição de capacidade									
8	Qtde	0	0	0	0	0	0	0			
9	min	2	2	2	2	2	2	2			
10	max	40	40	40	40	40	40	40			
11	Manuseio e c. capital	1	1	1	1	1	1	1			
12	Total	0	0	0	0	0	0	0			
13											
14											
15	Manaus	-1	0	1	2	3	4	5			
16	Aquisição	26	26	26	26	26	26				
17	custo total	0	0	0	0	0	0				
18		Restrição de capacidade									
19	Qtde	0	0	0	0	0	0	0			
20	min	3	3	3	3	3	3	3			
21	max	30	30	30	30	30	30	30			
22	Manuseio e c. capital	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
23	Total	0	0	0	0	0	0	0			
24										total final	
25	total temporal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27											
28											

Figura 3.6: Custos e capacidades dos CDs

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
27										
28										
29	Origem		Manaus							
30	Destino		São Gabriel da Cachoeira							
31	Material		i							
32	Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5	
33	Despacho	Aéreo								0
34		g aéreo	1	1	1	1	1	1	1	1
35		Fluvial								
36		g fluvial	1	1	1	1	1	1	1	1
37	Entrega	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0	0
38		Fluvial		0	0	0	0	0	0	0
39	Origem		Belém							
40	Destino		São Gabriel da Cachoeira							
41	Material		i							
42	Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5	
43	Despacho	Aéreo								0
44		g aéreo	1	1	1	1	1	1	1	1
45		Fluvial								0
46		g fluvial	1	1	1	1	1	1	1	1
47	Transbordo (chegada BE)	Aéreo	0	0	0	0	0	0	0	0
48		Fluvial		0	0	0	0	0	0	0
49	Entrega	Aéreo							0	
50		Fluvial		0	0	0	0	0	0	0
51										
52										

Figura 3.7: Variáveis de carga que representam o fluxo de carga destinado a uma obra.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
49	Entrega	Aéreo							0	
50		Fluvial		0	0	0	0	0	0	
51										
52										
53	trecho Mn-Be									
54	Período		-1	0	1	2	3	4	5	
55	Fluvial	qtde fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0
56		custo unit. Transporte	15	15	15	15	15	15	15	15
57		custo unit. ET	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
58		custo total transp	0	0	0	0	0	0	0	0 subtotal
59		custo total ET.	0	0	0	0	0	0	0	0
60		capacidade fluv	30	30	30	30	30	30	30	30
61	Aéreo	qtde aéreo	0	0	0	0	0	0	0	0
62		custo unit. Transporte	40	40	40	40	40	40	40	40
63		custo unit. ET	0	0	0	0	0	0	0	0
64		custo total transp	0	0	0	0	0	0	0	0 subtotal
65		custo total ET.	0	0	0	0	0	0	0	0
66		capacidade aéreo	3	3	3	3	3	3	3	3
67										

Figura 3.8: Custos e capacidades por modal para cada trecho (exemplo para um trecho).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
98	Quantidades transportadas por modal por tempo (Chegadas)									
99	Categorias		-1	0	1	2	3	4	5	
100	Avião Manaus		0	0	0	0	0	0	0	0
101	Balsa Manaus			0	0	0	0	0	0	0
102	Aeronave - Aeronave Be		0	0	0	0	0	0	0	0
103	Aeronave - Balsa Be			0	0	0	0	0	0	0
104	Balsa - Aeronave Be			0	0	0	0	0	0	0
105	Balsa - Balsa Be				0	0	0	0	0	0
106										
107	Demanda									
108			qtde							
109				11	27	20	26			
110	Tempo do pedido									
111	chegada		-1	0	1	2	3	4	5	
112	-1		0							
113	0		0	0						
114	1		0	0	0					
115	2			0	0	0				
116	3				0	0	0			
117	4					0	0	0		
118	5						0	0	0	
119										
120	somatório dos despachos									
121	T. Pedido		-1	0	1	2	3	4	5	
122	soma		0	0	0	0	0	0	0	0
123										

Figura 3.9: Quantidade de material que chega por meio de diferentes modais a partir do despacho em um determinado período.

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
107											
108											
109	Custo unitário da demora										
110	Tempo do pedido										
111	chegada		-1	0	1	2	3	4	5		
112	-1		0								
113	0		4000	0							
114	1		6000	4000	0						
115	2			6000	4000	0					
116	3				6000	4000	0				
117	4					6000	4000	0			
118	5						6000	4000	0		
119											
120	Custo total da demora										
121	Tempo do pedido										
122	chegada		-1	0	1	2	3	4	5		
123	-1		0								
124	0		0	0							
125	1		0	0	0						
126	2			0	0	0					
127	3				0	0	0				
128	4					0	0	0			
129	5						0	0	0		
130											
131											
132											

Figura 3.10: Custos unitários por atrasos na entrega.

3.5.1.5 Resultados da aplicação do modelo.

Utilizando as restrições e as condições de compatibilidade descritas neste capítulo e definindo a função objetivo, utilizou-se a ferramenta *Solver* existente no Excel® para efetuar a minimização daquela função obtendo os resultados ótimos das variáveis. Estes resultados estão ilustrados nas tabelas 3.19, 3.20, 3.21 e 3.22. Os resultados para os custos foram mostrados nas tabelas 3.23, 3.24 e 3.25.

Tabela 3.19: Resultado ótimo das variáveis de decisão nos CD

	Período						
	Belém	0	1	2	3	4	5
Estoque inic		8	2	2	2	2	2
Compras	0	0	0	0	0	0	
Rec. Compras		0	0	0	0	0	0
Destino Obra Balsa		0	0	-2E-32	0	0	0
Destino Obra Aeronave		0	0	0	0	1E-47	0
Destino Mn Balsa		6	0	0	0	0	0
Destino Mn Aeronave		0	0	0	0	0	0
Estoque Final	8	2	2	2	2	2	2
Recebido Mn Balsa		0	0	0	0	0	0
Recebido Mn Aeronave		0	0	0	0	0	0
Manaus	-1	0	1	2	3	4	5
Estoque inic		5	3	3	3	3	3
Compras	9	21	20	26	0	0	
Rec. Compras		9	21	20	26	0	0
Destino Obra Balsa		8	24	17	23	1E-31	0
Destino Obra Aeronave		3	3	3	3	0	0
Destino Be Balsa		0	0	0	0	0	0
Destino Be Aeronave		0	0	0	0	0	0
Estoque Final	5	3	3	3	3	3	3
Recebido Be Balsa			6	0	0	0	0
Recebido Be Aeronave		0	0	0	0	0	0

A descrição dos fatos ocorridos na tabela acima é semelhante a da tabela 3.11.

Tabela 3.20: Resultado ótimo das variáveis de decisão no transporte para a obra de São Gabriel da Cachoeira.

Origem		Manaus						
Destino		São Gabriel da Cachoeira						
Material		I						
Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5
Despacho	Aéreo		3	3	3	3	0	0
	G aéreo	1	1	1	1	1	1	1
	Fluvial		8	24	17	23	9,9E-32	0
	G fluvial	1	1	1	1	1	1	1
Entrega	Aéreo	0	3	3	3	3	0	0
	Fluvial	0	0	8	24	17	23	9,86076E-32
Origem		Belém						
Destino		São Gabriel da Cachoeira						
Material		I						
Característica	Modal	-1	0	1	2	3	4	5
Despacho	Aéreo		0	0	0	0	1,1E-47	0
	G aéreo	1	1	1	1	1	1	1
	Fluvial		0	0	-2E-32	0	0	0
	G fluvial	1	1	1	1	1	1	1
Transbordo (chegada BE)	Aéreo	0	0	0	0	0	1,1E-47	0
	Fluvial	0	0	0	0	-2E-32	0	0
Entrega	Aéreo		2E-31	5E-32	5E-32	-5E-32	9,9E-32	0
	Fluvial	0	0	-2E-31	-5E-32	-5E-32	2,5E-32	-9,86076E-32

A descrição dos fatos ocorridos na tabela acima é semelhante a da tabela 3.12.

Tabela 3.21: Resultado ótimo das variáveis da quantidade de material que chega em cada modal a partir da quantidade despachada no período t.

Quantidades transportadas por modal por tempo (Chegadas)							
Categorias	-1	0	1	2	3	4	5
Avião Manaus	0	3	3	3	3	0	0
Balsa Manaus		0	8	24	17	23	9,86076E-32
Aeronave – Aeronave Be	0	0	0	0	0	0	0
Aeronave - Balsa Be		0	0	0	0	0	0
Balsa - Aeronave Be		0	0	0	-0	1E-31	0
Balsa - Balsa Be			-0	-0	-5E-32	2E-32	-9,86076E-32

A tabela acima mostrou os valores da quantidade de material que chega em cada período utilizando um conjunto de modais para o transporte. Para um período t , as quantidades de material que saem de Manaus e as que utilizam somente o modal aéreo saindo de Belém, chegam no mesmo instante. Utilizando o modal fluvial partindo de Manaus ou utilizando um conjunto misto de modais (aéreo e fluvial) o material chega em $t+1$. Utilizando somente o modal fluvial partindo de Belém, o material chega em $t+2$.

Tabela 3.22: Resultado ótimo das chegadas de material a partir da quantidade despachada no período t .

		Demanda						
		qtde	qtde	Qtde	qtde	qtde	qtde	Qtde
			11	27	20	26		
		Tempo do pedido						
Chegada		-1	0	1	2	3	4	5
-1	0							
0	0	3						
1	-0	8	3					
2		-0	24	3				
3			-0	17	3			
4				2E-32	23	0		
5					-1E-31	1E-31		0

A tabela mostrou as quantidades de material que chegam a partir da demanda declarada no tempo t e o atraso com que as quantidades chegam. Por exemplo, para a demanda de 11 no período 0, chegou três itens no período 0 e 8 itens no período 1.

Tabela 3.23: Resultados de custos referentes à movimentação nos CD da COMARA e custos de aquisição.

Custos unitários e totais							
Belém	-1	0	1	2	3	4	5
Aquisição	20	20	20	20	20	20	20
Total	0	0	0	0	0	0	
Restrição de capacidade							
Qtde	8	2	2	2	2	2	2
Min	2	2	2	2	2	2	2
Max	40	40	40	40	40	40	40
Manuseio e c. capital	1	1	1	1	1	1	1
Total	8	2	2	2	2	2	2

Manaus	-1	0	1	2	3	4	5
Aquisição	26	26	26	26	26	26	26
Total	234	546	520	676	0	0	
Restrição de capacidade							
Qtde	5	3	3	3	3	3	3
Min	3	3	3	3	3	3	3
Max	30	30	30	30	30	30	30
Manuseio e c. capital	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Total	7,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

								total final
total temporal	249,5	552,5	526,5	682,5	6,5	6,5	6,5	2030,5

O conteúdo da tabela 3.23 é semelhante ao conteúdo das tabelas 3.15 e 3.14.

Tabela 3.24: Custos de transporte, quantidade transportada e capacidade de modal para os trechos com destino a São Gabriel da Cachoeira.

		trecho Be-Mn						
Período		-1	0	1	2	3	4	5
Fluvial	qtde fluvial	0	6	0	-0	0	0	0
	custo unit. Transporte	17	17	17	17	17	17	17
	custo unit. Estoque Parado.	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	custo total Transporte	0	102	0	-0	0	0	0
	custo total Estoque Parado.	0	0,9	0	-0	0	0	0
	capacidade fluvial	32	32	32	32	32	32	32
Aéreo	qtde aéreo	0	0	0	0	0	1E-47	0
	custo unit. Transporte	50	50	50	50	50	50	50
	custo unit. Estoque Parado.	0	0	0	0	0	0	0
	custo total Transporte	0	0	0	0	0	5E-46	0
	custo total Estoque Parado.	0	0	0	0	0	0	0
	capacidade aéreo	3	3	3	3	3	3	3

		trecho Mn-Obra						
Período		-1	0	1	2	3	4	5
Fluvial	qtde fluvial	0	8	24	17	23	0	0
	custo unit. Transporte	15	15	15	15	15	15	15
	custo unit. Estoque Parado.	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	custo total Transporte	0	120	360	255	345	0	0
	custo total Estoque Parado.	0	1,2	3,6	2,55	3,45	0	0
	capacidade fluvial	30	30	30	30	30	30	30
Aéreo	qtde aéreo	0	3	3	3	3	1E-31	0
	custo unit. Transporte	43	43	43	43	43	43	43
	custo unit. Estoque Parado.	0	0	0	0	0	0	0
	custo total Transporte	0	129	129	129	129	4E-30	0
	custo total Estoque Parado.	0	0	0	0	0	0	0
	capacidade aéreo	3	3	3	3	3	3	3

O conteúdo da tabela 3.24 é semelhante ao conteúdo da tabela 3.16.

Tabela 3.25: Custos devido a atrasos na entrega de material.

		Custo unitário da demora					
		Tempo do pedido					
chegada	-1	0	1	2	3	4	5
-1	0						
0	4000	0					
1	6000	4000	0				
2		6000	4000	0			
3			6000	4000	0		
4				6000	4000	0	
5					6000	4000	

		Custo total da demora					
		Tempo do pedido					
chegada	-1	0	1	2	3	4	5
-1	0						
0	7,9E-28	0					
1	-1,2E-27	32000	0				
2		-3E-28	96000	0			
3			-3E-28	68000	0		
4				1E-28	92000	0	
5					-6E-28	4E-28	

A tabela 3.25 mostrou os custos referentes à demora na entrega de material para obra dado o período do pedido. Para cada semana de demora na entrega do material os custos vão aumentando.

3.5.1.6 Discussão dos resultados

Para este exemplo, pôde-se verificar que o modelo desempenhou bem seu objetivo, pois para o material do exemplo com preços de aquisição não muito díspares aos custos de transporte e de importante necessidade em uma obra (sua falta gera grandes prejuízos) é preferível que a aquisição seja feita em Manaus, pois, apesar dos custos de aquisição e serviços mais elevados e os valores relativos destes serem relativamente semelhantes aos custos unitários de transporte, os custos referentes à obra parada são imensos, evidenciando que a proximidade do cliente a Manaus é um fator decisivo na escolha de um local para recebimento e despacho de material.

A característica determinística do modelo é evidenciada na programação de compras e na minimização de estoques, semelhante ao ocorrido no exemplo anterior explicitado no item 3.5.1.3.

4 Conclusão

O trabalho realizado foi um primeiro passo para se responder a uma questão que divide os funcionários da empresa analisada. Os dados fornecidos pela empresa mostraram-se incompletos para alimentar o modelo desenvolvido e não confiáveis⁸.

Com base no parágrafo acima recomenda-se que o estudo deste trabalho seja continuado por meio de trabalhos de pesquisa referentes à auditoria de dados logísticos da COMARA e a geração de um sistema confiável destes.

Além da parte de tratamento de dados, podem ser realizadas novas implementações sobre o modelo proposto com o objetivo de torná-lo menos pesado, mais completo ou até de promover a concepção de modelos novos que visem a sanar o dilema de forma científica e não por meios distintos ao científico.

Existem outras possibilidades de trabalhos científicos de caráter periférico ao tema deste trabalho que podem ser conduzidos como, por exemplo: estudo de ampliação ou redução da capacidade de armazéns dependendo dos resultados obtidos para a determinação de localidade ótima para se ter um centro de distribuição, estudo da frota de veículos responsáveis pelo transporte visando otimizar os processos de entrega e também um estudo sobre o processamento de pedidos realizados pela empresa para aperfeiçoar tal característica.

O modelo desenvolvido neste trabalho buscou captar os custos logísticos relevantes e inerentes ao processo da empresa, além de almejar a visualização de um fluxo ótimo, embora de maneira determinística, das cargas partindo dos centros de distribuição e com destino aos clientes (canteiros de obras).

A validade e a relevância deste trabalho são evidentes já que economias realizadas em alguma parte da cadeia logística representam alguns milhões de reais a menos em gastos com dinheiro público, podendo este ser empregado em áreas cuja a prioridade de investimento seja alta.

⁸ A não confiabilidade dos dados deu-se por meio de comparações de valores apresentados por documentos gerados na sede da empresa com os apresentados nos armazéns e nas obras. Para um dado despacho de material documentado no porto, os documentos provenientes de obras indicavam recebimento de outro material, além de as datas de despacho apresentadas nos relatórios de produtividade não apresentarem relação alguma com as apresentadas nas guias de movimentação de material (GMM).

5 Referências Bibliográficas

WALTER, M. A. **Introdução à Contabilidade: Uma metodologia moderna para ensino da contabilidade**, São Paulo: Ed. Saraiva, 1987.

BRASIL. Lei nº 8666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, Inciso XXI, da Constituição Federal, institui Normas para Licitações e Contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Seção 1, p. 8269.

BRASIL. Lei nº 9648, de 27 de maio de 1998. Altera dispositivos das Leis [3.890-A](#), de 25 de abril de 1961, [8.666](#), de 21 de junho de 1993, [8.987](#), de 13 de fevereiro de 1995, [9.074](#), de 7 de julho de 1995, [9.427](#), de 26 de dezembro de 1996, autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRAS e de suas subsidiárias, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio 1998. Seção 1, p. 1.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**, Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2001

SALOMON, V. A. P. et al. Custos potenciais da produção e os benefícios do planejamento e controle da produção, In.: 22º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba: anais em CD-Rom, 2002.

FRELING, R. et al. A branch and price algorithm for the multiperiod single-sourcing problem, **Operations Research**, Nov/Dec 2003; 51, 6; ABI/INFORM Global, pg. 922.

PESSOA, A. M; L. M. M. de SÁ **Um sistema de informações gerenciais para logística de transportes fluviais para a Comissão de Aeroportos da Região Amazônica**, Trabalho de Graduação, São José dos Campos: ITA, 2003. 97f.

VALLIM Fº, A. R. A.; N. D. F. GUALDA Heuristics, metaheuristics, and optimization models for the distribution centers location problem, In: XIII Panamerican Conference of

Traffic and Transportation Engineering, 2004, Albany. XIII Panamerican Conference of Traffic and Transportation Engineering - September 26-29, 2004 Conference Papers. Troy : Rensselaer Polytechnic Institute, 2004. p. 1-12.

DAGANZO, C. F. **Logistics Systems Analysis**. 4th ed. Berkley: Springer, 2004.

WINSTON, W. L. **Operations Research: Applications and Algorithms**. 4th ed. Belmont: Thomson Learning, 2004.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**, tradução Raul Rubenich. 5^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

COMARA: revista comemorativa de 49 anos da COMARA. Belém, PA: [s.n], 12 dez. 2005. 45 p.

Anexo

Apresentação do questionário nº 01

Questionário para a definição dos problemas existentes com relação à criação de um hub de cargas em Manaus.

1) Em linhas gerais, o problema me foi passado da seguinte forma: discutir a viabilidade de se consolidar um hub (Ponto central para coletar, separar e distribuir itens e/ou serviços para uma determinada área ou região específica) no DACO – MN, retirando ou diminuindo drasticamente o volume de estoque e de material para reparo em Belém. É correta essa afirmação? Por favor comente.

2) A grosso modo, quais são os tipos de materiais recebidos e/ou estocados em Belém e proximidades? Há alguma localidade para manutenção e reparo de material em Belém? Caso afirmativo, quais são os materiais sujeitos a essas tarefas?

3) Como são processados os pedidos nos estoques em Belém? Favor descrever o procedimento desde o envio do pedido pelo canteiro de obras até o despacho do material solicitado. Quanto tempo leva em média para o pedido ser processado, ou seja, a carga já estar em cima do meio de transporte.

Como é o dia-a-dia do(s) armazém(ns), pátios e/ou oficina(s)? Por exemplo, expediente, ritmo de trabalho, número médio de pedidos e de despachos por dia, acomodações de material, etc.

4) A grosso modo, quais são os tipos de materiais recebidos e/ou estocados em Manaus e proximidades? Há alguma localidade para manutenção e reparo de material em Manaus? Caso afirmativo, quais são os materiais sujeitos a essas tarefas?

5) Como são processados os pedidos nos estoques em Manaus? Favor descrever o procedimento desde o envio do pedido pelo canteiro de obras até o despacho do material solicitado. Quanto tempo leva em média para o pedido ser processado, ou seja, a carga já estar em cima do meio de transporte.

Como é o dia-a-dia do(s) armazém(ns), pátios, e/ou oficina(s)? Por exemplo, expediente, ritmo de trabalho, número médio de pedidos e de despachos por dia, acomodações de material, etc.

6) Há outros pontos de estocagem com estoque de propriedade da COMARA? (Localidades de propriedade da COMARA não mencionadas nesse questionário, terceirizados, temporariamente utilizados, etc)

7) Fui informado de que uma das possíveis barreiras à consolidação de um hub em Manaus seria o encarecimento de material comprado de terceiros (via licitação). Essa afirmação é verdadeira? Caso afirmativo comente e, se possível, estimar um ordem de grandeza dessa diferença de preços.

8) Além da possível restrição acima, existem outras restrições imediatas para o problema, como por exemplo, restrições orçamentárias, restrição de terreno, restrição de pessoal?

9) Quais são as localidades que estão recebendo serviço da COMARA atualmente? E em 2005? Se possível, colocar uma referência do lado de cada localidade.

10) Quais são os tipos de transporte de carga utilizados? E qual a disponibilidade dos mesmos? Quais as rotas mais utilizadas?

11) Qual a composição percentual de custos de obra com relação a materiais? Exemplo: Tubulações = 5% do valor da obra, Materiais betuminosos = 25%, etc. Se possível, enviar tabela com custos de materiais e serviços de pelo menos 5 obras.

12) Para uma dada obra (Ex: Ipiranga), existe um base de dados que contenha um histórico de tudo que envolveu a ação do setor de logística para servir a obra (custo de materiais que foram enviados para a obra, bem como sua descrição, datas de emissão de pedido e de chegada de material, meios de transporte utilizados para cada vez que se levava e /ou trazia carga, dados de estoque (Manaus/Belém) durante a obra, gastos com transporte, gastos com manipulação de estoque (Manaus/Belém), custo de se levar os veículos de obra

para a manutenção e reposição de peças (preço de peça em Belém, preço de peça em Manaus), entre outros)?

Obs: Seriam necessários dados do ano todo de 2005 de uma obra que tenha começado antes de Janeiro 2005 e não tenha terminado antes ou em dezembro de 2005 e que não ficou parada em 2005 (se ficou parada deve ser por pouco tempo).

Esta pergunta pode ser respondida com um “sim”, um “não” e caso sim, descrever resumidamente quais os itens contidos nesses dados. Se os dados estiverem em meio eletrônico, favor enviar por e-mail.

Apresentação do questionário nº 02

Observação: Onde estiverem escritas as palavras a seguir, caso não vierem seguidas de complemento, entenda-se por:

Armazém: DACO – MN ou Sede da COMARA em Belém.

- Início de uma obra

- 1) A partir da determinação do local de obra, como são determinados os tipos e quantidades de material que vão para a obra? Há restrições devido ao modal de transporte? Que tipo de restrições? Há restrições climáticas para a entrega de material?

- 2) Existe um planejamento de consumo de materiais ao longo da obra, já estimando as datas em que chegarão pedidos das obras por mais insumos ou novos insumos? Caso houver seria interessante poder visualizar uma base de dados.

- 3) Seria interessante possuir uma descrição dos custos dos insumos de obras ao longo do ano de 2005. Há como?

- Transporte e rotas

- 1) Para as obras de 2005 definir as rotas fluviais, aéreas e rodoviárias que ligam os centros de distribuição até o local da obra. Entende-se por definir nomear as rotas, localizá-las, determinar duração e distância de cada rota para cada modal utilizado.
- 2) Definir todo o itinerário com locais, datas e percursos feitos de todos modais envolvidos no transporte de insumos para as obras. Com relação a essa base de dados, vou precisar de dados de pelo menos 03 (três) anos (Ex: 2003, 2004 e 2005), pois é necessário que se faça análise estatística dos tempos.
- 3) Definir os tipos de material e as quantidades transportadas (em peso, volume ou unidades) em cada viagem de cada veículo em 2005.
- 4) Caso houver solicitar planilha de custo mensal (ou em outro intervalo de tempo) ao longo de 2005 dos seguintes itens componentes de custo de transporte: (Se houver outros itens que forem interessantes, incorporar à análise). De preferência, que venha discriminado para cada veículo utilizado.
 - a) Quilometragem mensal
 - b) Turno mensal de trabalho
 - c) Viagens/mês
 - d) Salário dos motoristas e horas extras.
 - e) Benefícios
 - f) Custo de combustível por quilometragem
 - g) Custo de Lubrificantes
 - h) Depreciação do veículo
 - i) Manutenção
 - j) Seguro
 - k) Alimentação, Alojamento
 - l) Impostos
 - m) Imprevistos
 - n) Custo por não utilizar o meio de transporte, como aluguel dos veículos quando utilizados por terceiros ou custo por serviço prestado a terceiros de cada veículo. Se a COMARA possuir um medidor, melhor.

- 5) Há restrições para transporte de material? Restrições de volume, de perecibilidade, de toxicidade, enfim, restrições que envolvam cuidados ou perdas na eficácia do transporte? Listar todas as situações.
- 6) Como é feito o carregamento dos materiais para o transporte? Existem técnicas de carregamento ou este é feito com base na experiência prática? Caso houver técnica, gostaria de saber como esta funciona para todos os materiais envolvidos na obra.
- 7) Gostaria de saber sobre todos os entraves que existem sobre as rotas explicitadas. Entraves do tipo climáticos, aduanas, capitania dos portos, fiscalização, entre outros.

- Pedidos e Obra

- 1) Como funciona o processo de pedidos de material ou outras solicitações da obra para a sede ou para o DACO-MN? Gostaria de saber qual a burocracia envolvida, por quais instâncias o documento passa e quanto tempo demora nessas instâncias. Existem critérios de precedência de pedidos (quando um pedido mais tardio pode passar na frente do outro)?
- 2) Ainda com relação aos pedidos: A COMARA espera até que o volume de pedidos chegue a um nível desejável para que se execute a compra do material não importando a urgência dos pedidos ou abre exceções dependendo da urgência? Explicar como funciona tal processo e fornecer base de dados para tanto.
- 3) Como funcionam as licitações na COMARA? É necessário ter dados sobre os tempos de demora de aquisição de material e discriminá-los (os tempos e materiais envolvidos).
- 4) Definir todas as quantidades e tipos de material demandados pelas obras nos armazéns de Belém e Manaus. Determinar as datas dos pedidos e da chegada destes na obra.
- 5) A COMARA tem noção do quanto custa o tempo de obra parada? Caso não, é necessário que se forneça algo como:
 - a) Salários e encargos de funcionários que trabalham na obra.

- b) Custo de maquinário parado, como valor aluguel de máquinas para terceiros.
 - c) Custo de obra para terceiros, discriminando o custo de cada funcionário e de cada máquina empregada.
-
- 6) Existem dados sobre o tempo em que as obras ficaram paradas por falta de material em 2005? Qual(is) o(s) material(is) que é(são) determinante(s) para a parada de obras em cada obra? Caso houver, necessito da plataforma de dados (tanto da primeira interrogativa quanto da segunda) do ano de 2005. Para que se possa fazer uma análise estatística mais apurada, necessitarei de dados de diversas obras a partir do ano de 2003.
 - 7) Existem épocas em que a obra não pode receber material (insumos)? Caso houver é necessário ter a base de dados das obras que estão enquadradas no terceiro parágrafo deste documento.
-
- Estoque e centro de distribuição
- 1) Os centros de distribuição DACO-MN e Sede COMARA atendem a todas as obras? Há outros centros de distribuição? Caso houver listar e mencionar a importância relativa de cada centro. Com isso, as questões a seguir devem ser respondidas para os demais centros de distribuição também.
 - 2) Caso houver, solicitar planilha de custo mensal (ou outra unidade de tempo) ao longo de 2005 de funcionamento dos armazéns (COMARA – BE, DACO-MN Pavimaq e canteiros de obras) para os itens a seguir: (Se houver outros itens favor considerá-los).
 - a) Salários e gratificações
 - b) Horas extras
 - c) Trabalhadores em tempo parcial
 - d) Encargos
 - e) Refeições e alojamento
 - f) Material de limpeza
 - g) Material administrativo
 - h) Manutenção do prédio
 - i) Seguros

- j) Impostos
 - k) Despesas com veículos
 - l) Material de manuseio (despesas e obtenção em 2005)
 - m) Mercadorias encalhadas (custo de mercadoria estocada)
 - n) Sindicatos (entidades de classe)
 - o) Custos de perda de estoque (caso a COMARA não possuir este dado perguntar o quanto mais caro a COMARA pagaria por cada material para não ter a obra parada)
 - p) Custo de espaço (saber se a COMARA aluga espaço vago e por quanto)
- 3) Aonde cada material que vai para a obra é estocado (Manaus ou Belém)? Caracterizar todas as procedências de material para o ano de 2005.
- 4) A COMARA trabalha com estoque de segurança? Como funciona a programação de estoques da COMARA para os diversos materiais para a obra? Qual o sistema de gerenciamento de estoques que a COMARA utiliza? Esta pergunta se enquadra em todos os estoques da COMARA tanto em campo quanto no DACO – MN e na sede.
- 5) A COMARA trabalha com níveis de serviço em seus estoques? Caso sim, detalhar os níveis.
- 6) Qual a capacidade de cada armazém (Be e MN)?
- 7) Caso fosse escolhido o DACO-MN para ser o hub de carga, qual é a capacidade de expansão do local? Quais as estratégias a serem adotadas?
- Peças de reposição e manutenção de veículos de obra
- 1) Como se processam os pedidos para solicitar reparos em veículos? Quais são as instâncias envolvidas? Há precedência de pedidos? Os consertos/envio de peças começam a ser feitos após uma quantidade mínima de pedido?
- 2) O Pavimaq faz o envio de peças para as obras ou manda trazer os veículos da obra para Belém? Como funciona tal situação?

- 3) Os veículos, após serem consertados, encaminham-se de volta para a mesma obra ou existe algum mecanismo que os faça ir para outra obra? (Ex: Vem uma Pá mecânica de São Gabriel. A mesma é consertada e vai para Estirão do Equador)
 - 4) É necessário um histórico dos eventos que envolvam reparos em carros e outras máquinas utilizadas nas obras em 2005. Exemplos de eventos: compras de peças, compra de veículos/máquinas novos, recebimento de máquinas para conserto, envio de peças para conserto, entre outros.
 - 5) Há interesse em se mudar o Pavimaq de lugar? Se houvesse a possibilidade de este ir para Manaus, seria necessário ter mais espaço? Caso afirmativo, há custos disponíveis de aquisição ou arrendamento de terreno?
- Expansão e/ou mudança
- 1) Terreno: Qual a estratégia, caso houver, para a expansão dos armazéns e Pavimaq? Quanto custa arrendamento ou compra de terrenos (tanto em Belém quanto em Manaus)? Qual seria a melhor localidade? A COMARA pensa sobre alugar espaço de terceiros? Por quanto?
 - 2) Edificações: Caso a COMARA fosse ampliar ou construir novos edifícios para os armazéns/Pavimaq, quanto custaria, em média, tais execuções?
 - 3) Pessoal: seriam necessários dados sobre custos com pessoal que trabalha em armazém/Pavimaq. Esses custos preferencialmente devem ser individualizados por categoria de trabalhador e devem conter todos os itens relativos a gasto com pessoal. O efetivo dos armazéns/Pavimaq deve enumerado.
 - 4) Maquinário: Custos de aquisição e/ou transporte de maquinário e/ou veículos para servir aos centros de distribuição (DACO-MN, Sede, Pavimaq).
- Curiosidades de cunho exclusivo militar (opcional – responder se puder/quiser)

- 1) A COMARA, imagino eu, foi criada para construir e reformar aeroportos de interesse militar na Região Amazônica. Um dia as construções irão acabar. A COMARA realizará somente reforma desses aeroportos quando esse dia chegar?

- 2) No caso de uma guerra, a COMARA por ser uma unidade de apoio à atividade fim das FFAA no tocante ao reparo e construção de pistas de pouso/decolagem, não deveria ficar em uma posição mais resguardada, aonde o acesso das armas inimigas fosse mais dificultado? Entre as cidades de Belém e Manaus, acredito que a segunda é a melhor para satisfazer tal requisito. Gostaria de uma opinião de uma pessoa mais experiente nos assuntos militares, pois essa é uma dúvida que me atormenta há tempos.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;">TC</p>	2. DATA 14 de novembro de 2006	3. DOCUMENTO Nº CTA/ITA-IEI/TC-003/2006	4. Nº DE PÁGINAS 110
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Estudo estratégico de implementação de um Hub de cargas no destacamento de apoio à COMARA em Manaus – AM (DACO-MN)			
6. AUTOR(ES): Adhemar Ranciaro Neto			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica – ITA/IEI			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: 1. Pesquisa operacional; 2. Logística; 3. Ferramenta de apoio à decisão.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Pesquisa operacional; Logística (Administração); Sistemas de apoio à decisão; Armazenamento; Transporte; Modelos matemáticos; Matemática			
10. APRESENTAÇÃO: <p style="text-align: right;">X Nacional Internacional</p> Trabalho de Graduação, ITA, São José dos Campos, 2006. 110 páginas.			
11. RESUMO: <p>O objetivo deste trabalho foi o de propor um modelo matemático para a verificação da viabilidade de transformar um armazém secundário da COMARA localizado em Manaus – AM em um centro pleno de distribuição de carga para seus clientes (obras e outros armazéns), visando a atender a um anseio antigo de vários integrantes desta empresa. Tal modelo optou por avaliar o fluxo de carga ao longo da cadeia logística da empresa, desde o recebimento de material até sua entrega, passando pelo transporte e armazenagem deste. Antes de construir o modelo, foi necessário ter conhecimento da política de processos logísticos desta empresa. Tal política possui características que diferem da média da maioria das empresas, pois há situações muito restritivas para aquisição de material e para atendimento ao cliente.</p>			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			