



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO

Estudo de Caso Brasileiro sobre Redes de Distribuição

Giuliano Batagin Quagliato

Campinas

2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

Giuliano Batagin Quagliato

Estudo de Caso Brasileiro sobre Redes de Distribuição

Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Tacla

Campinas

2009

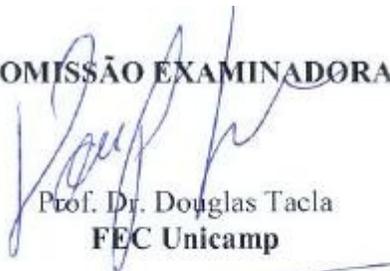
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

Giuliano Batagin Quagliato

Estudo de Caso Brasileiro sobre Redes de Distribuição

Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

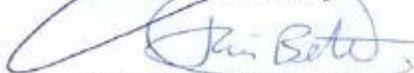
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Tacla
FEC Unicamp



Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Junior
FEC Unicamp



Prof. Dr. Rui Carlos Botter
Politécnica USP

Campinas, 07 de Janeiro de 2009

DEDICATÓRIA

Dedico esta Dissertação de Mestrado a minha família, minha esposa, meus amigos, meu orientador, a todos os professores que contribuíram para minha formação, a todas as instituições de ensino por onde passei, à empresa onde trabalho e a Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, meu pai e meus irmãos por todo suporte psicológico fornecido ao longo do Mestrado, a minha esposa e sua família pela paciência e apoio, ao meu orientador pelos direcionamentos, aos meus chefes por apostarem que o meu desenvolvimento acadêmico trará resultados práticos, e a Deus.

“A mente avança até o ponto onde pode chegar; mas depois passa por uma dimensão superior, sem saber como lá chegou. Todas as grandes descobertas realizaram esse salto.”

Albert Einstein

RESUMO

QUAGLIATO, Giuliano B. **Estudo de caso brasileiro sobre redes de distribuição**. Campinas. Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2009. 159p. Dissertação de Mestrado.

Atualmente, há uma grande quantidade de pesquisas realizadas para determinar o perfil de redes de distribuição em função de conceitos existentes na literatura. Há vários estudos disponíveis que apresentam modelos com base em variáveis que ao serem combinadas entre si proporcionam determinações teóricas de redes de distribuição, tais quais, volumes, distâncias, entre outros. Em contra partida, existem no mercado empresas do setor logístico que operam através de redes de distribuição construídas com embasamento prático para atender uma demanda de clientes de qualquer parte do país ou do mundo. Sendo assim, esta dissertação de mestrado visa realizar um estudo sobre redes de distribuição comparativamente aos modelos propostos na literatura disponível e confrontar com a realidade de redes de distribuição do Brasil através de um estudo de caso. Para isso, a proposta é utilizar dados provenientes de um operador logístico para que, quando aplicados, seja possível comparar métodos propostos na literatura de redes de distribuição com resultados práticos. Feitas as comparações relevantes, cria-se um procedimento e calculam-se os custos de transportes e de armazenagem através de uma ferramenta de análise e identificam-se potenciais ganhos monetários. Por fim, a conclusão se dá com exposição dos resultados obtidos através da aplicação dos procedimentos criados e comparando as fontes sobre redes de distribuição validadas através da aplicação de dados reais.

Palavras-chaves: Redes de distribuição, custos de transportes, custos de armazenagem, volume e densidade da carga.

ABSTRACT

QUAGLIATO, Giuliano B. Brazilian case study on supply chain. Campinas. University of Civil Engineering – UNICAMP, 2009. 159p. Master degree dissertation.

At the present, there is a big quantity of researches to determine the profile of the supply chain in function of existent concepts in the literature. There are several available studies that present models based on variables that while being combined between each other provide theoretical determinations of supply chain, just like, volumes, distances, between others. On the other hand, there are in the market companies of the logistics sector which operate through supply chain built with practical foundation to attend a clients' demand of any part of the country or of the world. Being so, this dissertation of master's degree aims to carry out a study on supply chain comparatively to the models proposed in the available literature and to confront with the reality of supply chain of Brazil through a case study. For that, the proposal is to use data originating from a Third Party Logistics Provider to, when applied, be possible to compare methods proposed in the literature on supply chain with practical results. When the relevant comparisons were done, a proceeding is created and the transportation and storage costs are calculated through a tool of analysis and the potential monetary profits are identified. Finally, the conclusion will be with the exhibition of the results obtained through the application of the procedures previously built and comparing with the sources on supply chain and taking the application of real case as a validation.

Keywords: Supply chain, transportation costs, storage costs, volume and density of the load.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Lógica de fluxos e decisões	24
Figura 2: Estrutura geral para algoritmo genético	25
Figura 3: Modelo genérico de otimização	26
Figura 4: Algoritmo de hierarquia multipopulacional.....	27
Figura 5: Comparação dos modais	28
Figura 6: Nível de terceirização das funções logísticas.....	32
Figura 7: Rede de entrega direta.....	38
Figura 8: Entrega direta com milk runs	39
Figura 9: Entrega via CD e cross docking.....	41
Figura 10: Entrega via CD com milk-run.....	42
Figura 11: Relação entre os custos	50
Figura 12: Macro fluxo atual de atuação do Operador Logístico 3PL	59
Figura 13: Fluxo operacional.....	60
Figura 14: Macro fluxo de recebimento	61
Figura 15: Processo de separação de caixas completas	63
Figura 16: Processo de separação de unidades.....	64
Figura 17: Processo de expedição e entrega.....	65
Figura 18: Macro fluxo de transporte	67
Figura 19: Período de faturamento	70
Figura 20: Procedimento geral para validação inicial	72
Figura 21: Levantamento da base de dados.....	74

Figura 22: Preparação da base de dados	76
Figura 23: Escolha da amostra.....	78
Figura 24: Abertura dos dados da amostra	79
Figura 25: Definição dos limites veiculares	80
Figura 26: Indicação dos cenários avaliados	81
Figura 27: Determinação dos cenários avaliados	83
Figura 28: Decisão sobre a frota.....	85
Figura 29: Procedimento para cálculo de custos de transporte	86
Figura 30: Procedimento para cálculo de custos de armazenagem	89
Figura 31: Escala de Ringelmann.....	101
Figura 32: Aplicação do Solver – Carga Não Consolidada.....	118
Figura 33: Aplicação do Solver – Carga Consolidada	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre rodoviário e ferroviário	29
Tabela 2: Comparação relativa dos modais	30
Tabela 3: Comparação relativa dos modais – explicativo	30
Tabela 4: <i>Tailored</i> : densidade x distâncias.....	46
Tabela 5: <i>Tailored</i> : Tamanho do Cliente.....	47
Tabela 6: <i>Tailored</i> : demanda x valor.....	48
Tabela 7: Comparação das redes de transporte	49
Tabela 8: Transportadoras por região do país	68
Tabela 9: Fluxo de recebimento	68
Tabela 10: Fluxo de expedição.....	69
Tabela 11: Dados compilados da base de dados.....	92
Tabela 12: Dados detalhados da base de dados	93
Tabela 13: Análise de frete.....	93
Tabela 14: Análise de faturamento.....	94
Tabela 15: Análise de peso.....	94
Tabela 16: Análise de volume	95
Tabela 17: Análise de notas fiscais	95
Tabela 18: Análise de dados totais	96
Tabela 19: Análise percentual de dados totais.....	97
Tabela 20: Cenário-base	98
Tabela 21: Abertura de Dados – 1º Destinatário	99

Tabela 22: Abertura de Dados – 2º Destinatário	99
Tabela 23: Abertura de Dados – Todos os Destinatários	100
Tabela 24: Capacidade Veicular.....	102
Tabela 25: Distância x Densidade – 1º Destinatário	105
Tabela 26: Distância x Densidade – 2º Destinatário	106
Tabela 27: Distância x Densidade – Todos os Destinatários.....	107
Tabela 28: Demanda x Valor – 1º Destinatário	107
Tabela 29: Demanda x Valor – 2º Destinatário	108
Tabela 30: Demanda x Valor – 2º Destinatário	109
Tabela 31: Dados dia-a-dia – Todos Destinatários.....	114
Tabela 32: Requerimentos dos Veículos	115
Tabela 33: Quantidade de Veículos – Carga não consolidada	119
Tabela 34: Dados dia-a-dia – Todos Destinatários – carga consolidada.....	120
Tabela 35: Quantidade de Veículos – Carga Consolidada	124
Tabela 36: Resumo – Quantidade de Veículos.....	125
Tabela 37: Resumo – Frete pago por mês	125
Tabela 38: Custo de Armazenagem – carga direta sem consolidação.....	130
Tabela 39: Custo de Armazenagem – carga direta com consolidação	133
Tabela 40: Resumo – Quantidade de Recursos	134
Tabela 41: Resumo – Custos Totais Incrementais Mensais	135
Tabela 42: Recursos Consolidados Transportes e Armazenagem.....	138
Tabela 43: Valores Consolidados Transportes e Armazenagem	138
Tabela 44: Resultados em Transportes – Frete contra Frete	140
Tabela 45: Resultados Finais - Transporte e Armazenagem	141

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. OBJETIVOS E MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO.....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
3.1. Estruturação da revisão bibliográfica	10
3.2. Modelagem	11
3.2.1. Modelagem e tipos de modelos	11
3.2.2. Tipos de modelos.....	11
3.2.3. Conceitos de modelos.....	13
3.3. Pesquisa operacional.....	15
3.4. Programação linear	17
3.5. Ferramenta <i>Solver</i>	19
3.6. Proposição de modelos e procedimentos.....	22
3.7. Transportes	28
3.7.1. Escolha dos modais	28
3.7.2. Propriedade da frota.....	31
3.7.3. Transportadoras	32
3.7.4. Consolidação de cargas	33
3.7.5. Redes de transporte.....	34
3.8. Armazenagem.....	49
3.8.1. Equilíbrio de custos	49
3.9. Consolidação da revisão bibliográfica.....	52

4.	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E DA BASE DE DADOS	53
4.1.	Apresentação do problema	53
4.2.	Definição da base de dados	56
4.3.	Descrição do cenário atual.....	58
4.3.1.	Operador Logístico 3PL	58
4.3.2.	Armazenagem.....	60
4.3.3.	Transportes	66
5.	FORMULAÇÃO DO PROCEDIMENTO	71
5.1.	Procedimento para preparação e validação da base de dados	72
5.1.1.	Procedimento de determinação da rede de distribuição	72
5.1.1.1.	Levantamento de dados	73
5.1.1.2.	Preparação dos dados.....	75
5.1.1.3.	Indicação da base de dados e construção do cenário-base	77
5.1.1.4.	Análise dos dados	78
5.1.1.5.	Determinação do modelo de rede de transporte	80
5.1.1.6.	Abordagem sobre a conta frete.....	84
5.2.	Procedimento para cálculo de custos de transportes	86
5.3.	Procedimento para cálculo de custos de armazenagem.....	88
6.	APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS.....	91
6.1.	Aplicação do procedimento para preparação e validação da base de dados	91
6.1.1.	Aplicação do procedimento de determinação da rede de distribuição	91
6.1.1.1.	Levantamento de dados	91
6.1.1.2.	Preparação dos dados.....	93
6.1.1.3.	Indicação da base de dados e construção do cenário-base	96
6.1.1.4.	Análise dos dados	98
6.1.1.5.	Determinação do modelo de rede de transporte	102
6.1.1.6.	Detalhamento da rede de transporte escolhida	110
6.1.1.7.	Resumo da etapa de determinação da rede de distribuição	111
6.2.	Procedimento para cálculo de custos de transportes	113
6.2.1.	Transporte – entrega direta sem consolidação de cargas.....	113
6.2.2.	Transporte – entrega direta com consolidação de cargas	120
6.2.3.	Transporte – Consolidação dos Resultados	124
6.3.	Aplicação do procedimento de cálculo de custos de armazenagem.....	126

6.3.1.	Armazenagem – entrega direta sem consolidação de cargas.....	126
6.3.2.	Armazenagem – entrega direta sem consolidação de cargas.....	131
6.3.3.	Armazenagem – Consolidação dos Resultados	134
7.	RESULTADOS OBTIDOS.....	136
7.1.	Perfil da rede de distribuição	136
7.2.	Consolidação dos custos de transportes e armazenagem.....	137
7.3.	Comparação com o cenário-base.....	139
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	142
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, sabe-se que há uma grande importância da logística em toda rede de distribuição, no Brasil e no mundo. Isto pode ser realmente observado, uma vez que a atividade de transporte movimentada, no Brasil, algo em torno de R\$ 40 bilhões ao ano, o que representa aproximadamente 4,5% do PIB nacional (Lima, 2001). Já nos Estados Unidos, há uma participação de 9,9% na logística comercial e não militar, segundo Novaes (2004).

Apreendendo-se a este conceito, sabe-se também que a logística representa em média 19% dos custos totais do produto, já que 53% se referem a custos de produção, 20% a marketing e 8% a margem (Lima, 2001).

Para Shen (2007), as redes de distribuição são sistemas de instalações e atividades que visa a obter, produzir e distribuir bens aos clientes. É também o conjunto de abordagens utilizadas para potencializar a integração de manufaturas e armazéns, através da distribuição em quantidades corretas, locais exatos e tempo pré-estabelecido, para que os lucros sejam maximizados.

Segundo Fleury (2002), o transporte é o principal componente do sistema logístico. Sua importância pode ser medida através de, pelo menos, três indicadores financeiros: custos, faturamento, e lucro. O transporte representa, em média, 60% dos custos logísticos, 3,5% do faturamento e, em alguns casos, mais que o dobro do lucro.

Importante ressaltar que os valores apresentados podem variar substancialmente de setor para setor e de empresa para empresa. A participação no faturamento, que em média é de 3,5%, pode variar, por exemplo, de 0,8% - no caso da indústria farmacêutica - a 7,1% - no caso da indústria de papel e celulose. Como regra geral, quanto menor é o valor agregado do produto maior é a participação das despesas de transporte no faturamento da empresa (Fleury, 2002).

De acordo com Gurbus *et al.* (2006), um efetivo modelo de gerenciamento de redes de distribuição tem sido um dos maiores desafios, tanto na teoria quanto na prática, nos últimos anos, em todo o cenário mundial.

Neste novo cenário, há uma mudança significativa de paradigma competitivo e gerencial com o advento das grandes cadeias de abastecimento, o que significa a constatação de que a competição tende a ocorrer cada vez mais entre cadeias produtivas e não mais entre empresas isoladas (Lima, 2004).

Por isso, cada vez mais as redes de distribuição são objetos de estudos que potencializam ganhos competitivos e melhoria de custos, já que são estes que, segundo Faria *et al* (2005), norteiam quaisquer processos de tomada de decisão.

Outro ponto importante correlato ao tema em questão é o foco em determinação de processos logísticos robustos, pois tornam as redes mais flexíveis e ágeis quando vistas sob o âmbito tanto de transporte quanto de armazenagem (Hoek *et al.* 2003).

Já para Taylor (2007), o desenho de um sistema integrado de transporte é importante desde que se leve em consideração o dimensionamento de veículos e sua respectiva interferência em frete.

Com toda essa representatividade e importância, o tema redes de distribuição atualmente é uma fonte inesgotável de estudos e análises, pois qualquer redução de custos acerca do transporte ou armazenagem pode gerar grandes oportunidades para os diversos competidores do mercado. Portanto, percebe-se que há uma grande importância do componente “custos logísticos”

nas cadeias de abastecimento das empresas, e grande parte desses valores são provenientes dos processos de armazenagem e transporte.

Sendo assim, o tema proposto para essa dissertação de mestrado baseia-se em realizar um estudo sobre redes de distribuição comparativamente aos modelos propostos na literatura disponível e confrontar com a realidade de redes de distribuição do Brasil através de um estudo de caso.

Para que isso fosse possível foram utilizados dados provenientes de um grande operador logístico de ordem mundial para que as aplicações e comparações se concretizassem. O objetivo dessas aplicações é o de comparar métodos propostos na literatura de redes de distribuição com resultados práticos de um modelo real utilizado pelo operador logístico.

Para dar embasamento à dissertação, foi realizada uma pesquisa que abordou temas importantes relacionados à redes de distribuição com base em Chopra (2004) como redes de distribuição com perfil de entrega direta, entrega direta através de operações com *milk run*, entregas através de centros de distribuição, entregas utilizando centros de distribuição e operações de *cross docking*, entregas utilizando centros de distribuição juntamente com operações de *milk run* e redes do tipo *taylored* ou rede sob medidas. Além disso, também foram discutidas questões relevantes sobre as linhas de conhecimento chamadas de transportes, armazenagem, criação de procedimentos, entre outras.

Após a análise de redes, foi criado um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem do cenário avaliado que baseia-se em um fluxograma desmembrado em etapas sequenciais para mensuração de custos ao final da aplicação.

Para dar suporte ao cálculo dos custos de transportes e de armazenagem, ao longo da aplicação do procedimento utilizou-se uma ferramenta analítica como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerados frente ao cenário atual utilizado pelo operador logístico.

Dentro das operações existentes do operador logístico em questão, há uma em especial que foi utilizada para levantamento de dados e aplicações ao estudo de caso. Utilizou-se como fonte de informações e dados uma das operações do setor farmacêutico para obtenção dos resultados da aplicação do procedimento.

Resumidamente, para atingir os resultados do projeto de pesquisa foi necessário passar pelas etapas de definição dos objetivos do trabalho, pesquisa bibliográfica de conceitos de redes de distribuição e de processos de armazenagem e transportes, comparação entre o modelo proposto por Chopra (2004) e o utilizado pelo operador logístico, proposição de um procedimento para cálculo de dos custos de transporte e armazenagem e apresentação de resultados.

A conclusão da dissertação se dá com exposição dos resultados obtidos através da aplicação das etapas citadas anteriormente comparando-se fontes oriundas na literatura sobre redes de distribuição e tendo como validação a aplicação, em forma de estudo de caso, em uma situação real oriunda da operação de um grande operador logístico de classe mundial.

Isso posto, toda a descrição dos pontos indicados foram percorridos ao longo dos capítulos, de forma a se atingirem os objetivos iniciais.

2. OBJETIVOS E MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO

Esta dissertação de mestrado tem por objetivo realizar um estudo sobre redes de distribuição comparativamente aos modelos propostos na literatura disponível e confrontar com a realidade de redes de distribuição do Brasil através de um estudo de caso.

Para que isso fosse possível foram utilizados dados provenientes de um grande operador logístico de ordem mundial para que as aplicações e comparações se concretizassem. O objetivo dessas aplicações é o de comparar os resultados propostos por Chopra (2004) frente ao modelo de rede de distribuição utilizado pelo operador logístico.

Em relação às redes propostas por Chopra (2004), foram levados em consideração redes de distribuição como entrega direta, entrega direta através de operações com *milk run*, entregas através de centros de distribuição, entregas utilizando centros de distribuição e operações de *cross docking*, entregas utilizando centros de distribuição juntamente com operações de *milk run* e redes do tipo *tailored* ou rede sob medidas.

Para se realizar as comparações e as proposições das redes de distribuição foram necessários obter alguns indicadores relativos ao produto, rota e veículo a serem transportados, tais quais: informações de distâncias percorridas pelos veículos (curtas, médias ou longas), densidade da carga (alta, média ou baixa), valor do produto a ser transportado (alto ou baixo) e demanda a ser atendida (alta ou baixa).

Com as informações obtidas, foi possível avaliar o resultado do modelo sugerido na literatura com a rede de distribuição utilizada pelo operador logístico e se fazer as comparações e obter as conclusões cabíveis.

Feitas as comparações, criou-se um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem do cenário avaliado. O procedimento proposto baseou-se em um fluxograma desmembrado em etapas sequenciais para que ao final da aplicação os custos fossem mensurados.

Para dar suporte ao cálculo dos custos de transportes e de armazenagem, ao longo da aplicação do procedimento utilizou-se a ferramenta Solver do MS Excel como uma forma simples de calcular os custos de transportes e de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerado frente ao cenário base ou atual.

Para se concluir o projeto de pesquisa, as seguintes etapas foram obedecidas: definição dos objetivos do trabalho, pesquisa bibliográfica de conceitos de redes de distribuição e de processos de armazenagem e transportes, comparação entre o modelo proposto por Chopra (2004) e o utilizado pelo operador logístico, proposição de um procedimento para cálculo de dos custos de transporte e armazenagem e apresentação de resultados.

A conclusão da dissertação deu-se com exposição dos resultados obtidos através da aplicação das etapas citadas anteriormente comparando-se fontes oriundas na literatura sobre redes de distribuição e tendo como validação a aplicação de caso real oriundo da operação de um grande operador logístico de classe mundial.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Estruturação da revisão bibliográfica

Para atingir os objetivos, o projeto de pesquisa levou em consideração algumas fontes bibliográficas que tratam de temas relevantes como redes de distribuição, modelagem, ferramentas de análise, formulação de procedimentos, custos de transporte, custos de armazenagem, entre outras.

Todas essas fontes de informações auxiliam no processo de construção e formação do estudo de caso em questão bem como dão embasamento para que eventuais comparações futuras entre base literária e modelos práticos utilizados no mercado possam ser confrontadas com auxílio de base de dados do operador logístico.

Foram utilizadas fontes de pesquisa eletrônica (internet), revisões bibliográficas presentes em bibliotecas de Universidades (físico e digital), revistas, jornais nacionais e internacionais, artigos, entre outros, para formar a base teórica da pesquisa.

3.2. Modelagem

3.2.1. Modelagem e tipos de modelos

Para modelar partes do mundo real utiliza-se uma visão parcial, até mesmo simplificada, de parte desse mundo. Nesta visão, são organizados objetos que interagem entre si para atingir os objetivos da modelagem (Banks, 1984).

Os elementos e relações observados no mundo real compõem o que se convencionou chamar de sistema real, imerso no seu ambiente. O resultado desse processo de abstração do sistema real é geralmente uma representação estruturada, chamada modelo.

3.2.2. Tipos de modelos

Banks (1984), *apud* Torres (2001), divide os modelos em quatro categorias: em escala, simbólicos, analíticos e de simulação.

- Modelos em escala: classificados por Gordon (1978) *apud* Torres (2001) como modelos físicos, são reproduções do sistema real construídas para representar fisicamente, e com alto grau de identidade, parte do mundo real. Essas construções são bastante úteis para analisar aspectos estéticos, estruturais, e mesmos funcionais, do elemento real, que seriam difíceis ou impossíveis de ser analisados por meio deste último. Exemplos desse tipo de modelo incluem as maquetes e modelos aerodinâmicos de veículos. Seus pontos negativos são pouca flexibilidade e pouca capacidade de reutilização. Por serem feitos, em geral, de forma artesanal, requerem um tempo de execução grande e têm custos altos.
- Modelos simbólicos: São as representações características de fluxogramas e cartas de processo, que se utilizam de símbolos para representar ações e seqüências de

atividades. Estes modelos são muito usados para representar processos lógicos, fluxos de materiais e arranjo de equipamentos, servindo como uma das principais formas de documentação em projetos de sistemas industriais. Têm baixo custo de realização e, com os avanços dos sistemas computacionais, podem ser feitos de forma rápida, ser reproduzidos e modificados facilmente. No entanto, registram, em geral, abstrações de um sistema real e não possuem em si capacidade de reproduzir muitos detalhes, o que demanda a construção de modelos em vários níveis. Por outro lado, permitem que se atenha mais à lógica do que aos detalhes, o que, em algumas situações, é muito importante.

- Modelos analíticos: Classificados por Gordon (1978) *apud* Torres (2001) como modelos matemáticos, fornecem soluções quantitativas para formulações matemáticas. Nessa categoria estão as fórmulas e os algoritmos de programação matemática. Um exemplo desses modelos são os de programação linear que podem ser resolvidos pelo método Simplex. Os modelos analíticos podem ser estáticos (suas condições não se alteram com o tempo) ou dinâmicos. Podem ser também determinísticos ou probabilísticos (quando consideram variações aleatórias). Existem muitas desvantagens em potencial nesses modelos, como excessiva abstração e simplificação, presença de muitas restrições – situações difíceis de serem implementadas, baixa factibilidade de soluções ótimas, entre outras.
- Modelos de simulação: Classificados por Gordon (1978) *apud* Torres (2001) como modelos matemáticos dinâmicos numéricos, são modelos com alto grau de reprodutibilidade de sistemas reais que possuem intrinsecamente um embasamento matemático que pode aceitar valores determinísticos e estocásticos. Entre as vantagens dos modelos de simulação está sua capacidade de avaliar um mesmo modelo sob diversas condições. Além disso, podem-se considerar variações instantâneas dos parâmetros do sistema.

3.2.3. Conceitos de modelos

Modelos estáticos, para Torres (2001), são aqueles em que não se considera que os seus valores possam variar com o passar do tempo. Um exemplo é um problema de programação linear.

Os modelos dinâmicos são aqueles em que os valores podem se alterar de um instante para outro e, portanto, consideram a passagem de tempo em sua formulação. Em geral, tais modelos também consideram a aleatoriedade como forma de representar essas variações temporais.

Já modelos determinísticos são aqueles onde os dados de entrada e os demais parâmetros não sofrem variações aleatórias, isto é, permanecem iguais em todos os momentos da simulação ou sofrem variações pré-definidas sistemáticas. Se forem processadas várias cargas em um recurso, com o tempo da atividade sendo determinístico, todos os tempos de processamento serão iguais.

Modelo estocástico é um modelo onde existe pelo menos uma variável que sofre alterações aleatórias durante o desenrolar da simulação. Por exemplo, se o tempo de processamento de certo tipo de peça for de 2 minutos \pm 10 segundos, nota-se que não se pode saber exatamente o tempo de processamento, mas que se encontra no intervalo entre 2 min e 10 s e no mínimo de 1 min e 50s. Para estipular as variações, utilizam-se distribuições estatísticas que são funções que associam a cada valor de uma variável de interesse uma probabilidade de ocorrência.

Em um modelo de simulação, espera-se que os eventos resultantes de interação entre as entidades do sistema ou promovidos externamente a ele sejam os mais próximos da realidade.

Ainda para Torres (2001), nos sistemas de simulação ditos contínuos, as ações ou eventos podem ocorrer a qualquer momento em uma reta temporal contínua e infinita, ou seja, a qualquer instante. Por exemplo, a temperatura de um forno altera-se lentamente através de

gradientes infinitesimais à medida que o tempo passa. A modelagem de um sistema desse tipo, com o máximo grau de reprodutibilidade, envolveria a necessidade de conseguir representar tais alterações.

Nos modelos de eventos discretos, as ações (eventos) não se desenvolvem a todo instante, mas em apenas alguns deles. Nos intervalos entre esses instantes, nada ocorre no modelo, nem mesmo do ponto de vista lógico. Segundo Harrel (1995) *appud* Torres (2001), estes são classificados em dois tipos: os modelos do tipo fatia de tempo e os de lista de eventos.

No primeiro tipo, há a observação periódica da ocorrência de eventos desde a última verificação ocorrida. Ocorrendo eventos, o estado do sistema é atualizado. Este sistema apresenta certa desvantagem, pois, se houver eventos muito distantes entre si, ainda assim ocorrerão verificações durante esse intervalo.

No sistema de lista de eventos, há a criação de uma lista de ocorrência desses eventos em ordem cronológica ascendente. O relógio de simulação passa imediatamente do tempo de um evento para o tempo do outro. Assim, por exemplo, se houver eventos distantes, o relógio passará instantaneamente para o seguinte, independentemente do tamanho do intervalo entre eles.

Sendo assim, o modelo replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado (ainda a ser construído) e auxilia na condução de experimentos, com o objetivo de melhor entender o problema em estudo, testar diferentes alternativas para sua operação e, assim, propor melhores maneiras de operá-lo.

Dessa forma, para o presente projeto de pesquisa, o modelo adequado ao procedimento utilizado é o estático, ou seja, aquele que não considera que os valores de um determinado modelo possam variar com o passar do tempo, tal qual um problema de programação linear.

3.3. Pesquisa operacional

Durante a Segunda Guerra Mundial, um grupo de cientistas foi convocado na Inglaterra para estudar problemas de estratégia e de tática associados à defesa do país. O objetivo era decidir sobre a utilização mais eficaz de recursos militares limitados. A convocação deste grupo marcou a primeira atividade formal de pesquisa operacional (PO).

Os resultados positivos conseguidos pela equipe de pesquisa inglesa motivaram os Estados Unidos a iniciarem atividades semelhantes, tendo como berço do procedimento o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Apesar de ser creditada à Inglaterra a origem da pesquisa operacional, sua propagação deve-se principalmente à equipe de cientistas liderada por George B. Dantzig, dos Estados Unidos, convocada durante a Segunda Guerra Mundial. Ao resultado deste esforço de pesquisa, concluído em 1947, deu-se o nome de Método *Simplex* (*Massachusetts Institute of Technology - Sloan School of Management, 2006*).

Com o fim da guerra, a utilização de técnicas de pesquisa operacional atraiu o interesse de diversas outras áreas. A natureza dos problemas encontrados é bastante abrangente e complexa, exigindo, portanto, uma abordagem que permita reconhecer os múltiplos aspectos envolvidos.

Uma característica importante deste tipo de pesquisa, e que facilita o processo de análise e de decisão, é a utilização de modelos. Eles permitem a experimentação da solução proposta. Isto significa que uma decisão pode ser mais bem avaliada e testada antes de ser efetivamente implementada. A economia obtida e a experiência adquirida pela experimentação justificam a utilização da pesquisa operacional.

Um estudo típico de pesquisa operacional agrega, em sua teoria, quatro ciências fundamentais para o processo de análise e preparação de uma decisão: a economia, a matemática, a estatística e a informática (*Massachusetts Institute of Technology - Sloan School of Management, 2006*).

Existe uma grande variedade de aplicações deste recurso em diferentes indústrias como, por exemplo, aviação e mísseis, automóveis, comunicações, computadores, energia elétrica, eletrônica, alimentos, metalurgia, mineração, papel, petróleo, transporte, etc. As instituições financeiras e de negócios, as agências governamentais e os hospitais também vêm manifestando maior interesse na sua aplicação, sendo que ele possui como característica importante facilitar o processo de tomada de decisão racional em problemas complexos.

Quando se fala de pesquisa operacional, a atenção se volta, principalmente, para modelagem, solução e análise de problemas decisórios, sendo que um estudo de caso completo corresponde à realização de experimentos numéricos com modelos lógico-matemáticos. Estes experimentos envolvem geralmente grande volume de cálculos repetitivos, fazendo-se necessário o uso intensivo do computador. Também se torna necessário o emprego de um conjunto de fórmulas e técnicas matemáticas em que, se estas não forem ilustradas de forma aplicada, corre-se o risco de o seu alcance não ser compreendido.

Dentre as vantagens da utilização da Pesquisa Operacional na determinação da melhor alocação de recursos limitados está a possibilidade da realização de simulações de situações reais, antecipando-se o conhecimento dos potenciais resultados e suas probabilidades de ocorrer.

Algumas fases são observadas na solução de problemas com Pesquisa Operacional, tais quais, definição do problema, construção, solução e validação do modelo, implementação da solução e avaliação final.

Taha (1971) diz que a modelagem matemática em Pesquisa Operacional classifica-se, principalmente, segundo a forma com que são solucionados os problemas. A primeira forma é a Programação Linear, em que as variáveis são contínuas e têm comportamento linear. Posteriormente vem a Programação Não-linear, representada pela sua não-linearidade na função objetivo ou nas restrições. Por fim a Programação Inteira, em que as variáveis não são contínuas, mas discretas.

A pesquisa operacional também é foco de estudo para parte integrante da logística, chamada logística reversa. Segundo Caixeta-Filho *et al* (2001), há uma preocupação ambiental e

no movimento reverso do produto. Dessa forma, a PO ajuda na modelagem do fluxo a fim de reduzir os resíduos.

Os diferentes tipos de Programação Matemática oferecem soluções específicas para problemas reais. Outras disciplinas fundem suas formas de solução de maneira semelhante aos da Programação Matemática.

3.4. Programação linear

O problema geral de programação linear é utilizado para otimizar – isto é, maximizar ou minimizar – uma função linear de variáveis, chamada "função objetivo", sujeita a uma série de equações ou inequações lineares, chamadas restrições (Puccini, 1975). A formulação do problema a ser resolvido por programação linear segue alguns passos básicos, como:

- Definir o objetivo básico do problema, ou seja, a otimização a ser alcançada. Tal objetivo será representado por uma função objetivo, a ser maximizada (lucros, desempenhos, bem-estar social) ou minimizada (custos, perdas, tempo).
- Definir as variáveis de decisão envolvidas. Normalmente, assume-se que todas estas variáveis (número de máquinas, área a ser explorada, classes de investimento à disposição, etc.) possam assumir somente valores positivos.
- Considerar que estas variáveis normalmente estão sujeitas a uma série de restrições, normalmente representadas por inequações. Por exemplo, quantidade de equipamento disponível, tamanho da área a ser explorada, capacidade de um reservatório, exigências nutricionais para determinada dieta, etc.

Todas essas expressões, entretanto, devem estar de acordo com a hipótese principal da programação linear, ou seja, todas as relações entre as variáveis devem ser lineares. Isto implica proporcionalidade das quantidades envolvidas. Esta característica de linearidade pode ser interessante no tocante à simplificação da estrutura matemática envolvida, mas prejudicial na

representação de fenômenos não lineares (por exemplo, funções de custo tipicamente quadráticas).

Portanto, podemos conceituar que a programação linear é utilizada para analisar modelos onde as restrições e a função objetivo são lineares.

A Programação Linear é um tipo especial de otimização, seus algoritmos são extremamente eficientes e podem ser facilmente resolvidos com o uso de computador. A Programação Linear apresenta algumas particularidades:

- Proporcionalidade: os volumes de recursos despendidos para realizar as atividades são proporcionais aos volumes de atividades atribuídos na solução final.
- Não Negatividade: deve ser sempre possível desenvolver dada atividade em qualquer nível não negativo, e qualquer proporção de um dado recurso deve sempre poder ser utilizada.
- Aditividade: cada elemento que faz parte de uma atividade é somado a seus pares, formando o custo total.
- Separabilidade: cada elemento que compõe o custo pode ser identificado separadamente em cada atividade.

Sendo assim, a resolução dos problemas de Programação Linear exige a quantificação do objetivo. Geralmente, o objetivo é de maximização ou minimização, ou seja, obter o lucro máximo ou os custos mínimos. Também as restrições são importantes para estabelecer os limites de atuação. Alguns itens podem estar sujeitos a um determinado limite de capacidade, ao passo que outros são utilizados a partir de um nível mínimo. Finalmente, as condições de não-negatividade devem ser exibidas para que os valores das variáveis sejam maiores ou iguais a zero.

3.5. Ferramenta *Solver*

Uma ferramenta forte para a resolução de problemas de programação linear é a chamada *Solver*, um suplemento disponível para *Microsoft Excel*, *Louts 1-2-3* e *Quattro Pro* que encontra o melhor caminho para a alocação de recursos escassos.

No campo da Distribuição, por exemplo, que faz parte da Logística, resolve problemas de roteirização, carregamento e agendamento. A escolha das quantidades a ser produzidas por cada fábrica e para onde enviar seus produtos é feita com o uso da ferramenta *Solver*.

De acordo com Lachtermacher (2002), o *Solver* faz parte de um conjunto de programas algumas vezes chamado de ferramentas de análise hipotética. Com o *Solver* pode-se localizar um valor ideal para uma fórmula em uma célula chamada *célula de destino*, em uma planilha.

O *Solver* trabalha com um grupo de células relacionadas direta ou indiretamente com a fórmula na célula de destino, e ajusta os valores nas células variáveis para produzir o resultado especificado na fórmula da célula de destino.

Esta ferramenta permite também aplicar restrições sobre os valores que poderão ser usados no modelo, e as restrições podem se referir as outras células que afetem a fórmula da célula de destino.

O suplemento do *Solver* padrão do *Microsoft Excel* trabalha com até 200 variáveis. Porém, há versões mais robustas, com capacidade para 200.000 variáveis (Microsoft Corp., 2008, Microsoft Excel Help).

Da mesma forma com que se modela um sistema linear, no *Solver* também é preciso especificar as variáveis de decisão com os recursos a ser utilizados, as constantes com os limites de utilização dos recursos e a função-objetivo, como forma de medir o resultado da otimização.

Todos os elementos do sistema são numéricos, mas as relações entre si devem ser definidas. O programa encontra os valores para as variáveis que irão satisfazer às restrições e maximizar ou minimizar o resultado, conforme o objetivo.

Conforme o manual do usuário do Office 2003, o Solver faz parte de um conjunto de programas, que geralmente são chamados de ferramentas de análise hipotética, ou seja, uma ferramenta que possibilita encontrar um valor ideal (otimizado) para uma determinada equação. Para resolver problemas lineares e de números inteiros, o Solver utiliza o algoritmo Simplex com limites sobre as variáveis e o método de desvio e limite. Esse método foi implementado por John Watson e Dan Fylstra, ambos da Frontline Systems, Inc.

A montagem de um modelo de otimização no Excel em três partes: célula de destino (fórmula da função objetivo), células variáveis e as restrições. Célula de destino é a célula que representa a meta ou o objetivo que se deseja atingir. Esta célula deverá conter uma fórmula que represente a função objetivo do modelo proposto. Por exemplo, combinar a quantidade de caixas de frutas a serem transportadas conforme suas respectivas demandas com a finalidade de maximizar o lucro (Microsoft Corp., 2008, Microsoft Excel Help).

Já as células variáveis são as que pode ser alteradas ou ajustadas a fim de atingir a otimização da célula de destino. A determinação destes valores está diretamente relacionada às restrições e/ou limitações do modelo. Por fim, as restrições são as células das restrições representam os valores a que o modelo está limitado. Estes valores estão relacionados à quantidade de recursos disponíveis, por exemplo, matéria-prima e mão de obra, sendo que não podemos produzir mais do que é demandado, portanto a demanda também pode ser um fator limitante do modelo.

Para Lachtermacher (2002), o primeiro passo é o estabelecimento das variáveis de decisão, que aparecem na forma de uma matriz. A seguir é colocada a função-objetivo, que define o resultado dependendo das quantidades alocadas. Então são definidos os limites, ou restrições, das equações. São as capacidades máximas ou mínimas, refletindo as características do mundo real. As restrições podem servir para um grupo inteiro ou para cada variável de decisão

individualmente, inclusive com valores superiores e inferiores, concomitantemente. No estabelecimento de restrições, deve ser levado em conta:

- As políticas da empresa: os limites que determinam até onde a organização acredita que pode agir
- As limitações físicas: o computador precisa ser informado de que alguns fatores não podem ser negativos e que os recursos só podem sair da empresa depois de ter entrado, resultando em um balanço não-negativo.
- Restrições de integridade: a solução admite somente valores inteiros ou respostas do tipo “sim” e “não”.
- Os limites, geralmente expressos na forma de “maior ou igual” ou “menor ou igual”.

Para Vaz *et al* (2003), as soluções encontradas pelo *Solver* são viáveis para o sistema e apresentam os valores das variáveis de decisão, ou seja, quanto de cada recurso será utilizado com o quê. O fato de haver uma solução viável não significa necessariamente que esta é a mais adequada, portanto, o *Solver* busca pela solução ótima, onde, além de respeitar as restrições, o objetivo é otimizado.

A solução ótima geral é encontrada quando não há a possibilidade de outra solução viável apresentar melhor resultado. Entretanto, nem sempre isso é factível, então há casos em que uma solução ótima local é oferecida e significa que é a melhor solução viável naquela situação. Também há situações em que o *Solver* não consegue encontrar a solução ótima global, então proporciona uma solução considerada boa, porém suficientemente melhor do que a encontrada manualmente.

Dessa forma, os sistemas têm soluções que podem ser fáceis ou difíceis de encontrar dependendo das relações matemáticas entre os objetivos, as constantes e as variáveis de decisão, e também do tamanho do modelo (número de variáveis de decisão e de restrições) e da quantidade de variáveis nulas; e, por fim, do uso de variáveis inteiras, valendo a regra: problemas maiores exigirão, naturalmente, mais esforço computacional.

Apesar de existirem outros aplicativos computacionais que resolvem problemas com princípios de programação linear como, por exemplo, o *GAMS (General Algebraic Modeling System)*, *Lindo e Lingo*, para solucionar o problema aqui descrito foi utilizado o *Solver* do *MS Excel®*, devido a sua alta disponibilidade para usuários, sua facilidade de manuseio, sua baixa complexidade de utilização e seu baixo custo de manutenção e aquisição.

3.6. Proposição de modelos e procedimentos

Como dito anteriormente, o modelo deve ser a representação de pontos específicos da realidade. Além disso, para Brito (2007), o modelo deve representar o sistema ou subsistema logístico a ser estudado, considerando os relacionamentos existentes entre recursos e atividades e ficando próximo o suficiente da operação real, de modo a garantir resultados robustos e confiáveis.

Para criação de um modelo e aplicação prática através de métodos quantitativos, é importante a criação de um procedimento que apóie e guie passo a passo a execução, para que seja possível chegar ao resultado final.

Brito (2007) propõe uma modelagem baseada em cinco etapas: levantamento de informações, modelagem conceitual e de dados, modelagem matemática, validação do modelo e análise de resultados.

Nesta etapa de levantamento de dados devem-se obter todas as informações necessárias para o entendimento claro do sistema a ser modelado e dos objetivos que devem ser alcançados. É importante definir claramente o escopo e ter em mente quais perguntas precisam ser respondidas pelo modelo.

Na etapa de modelagem conceitual, os dados precisam ser tratados de modo a identificar possíveis falhas e inconsistências que podem ter impacto na qualidade do resultado final. Além disso, ocorre também a definição da lógica do modelo e na sua representação, para que todas as

peças envolvidas no processo possam entendê-lo. É nesta etapa que, por exemplo, definem-se prioridades de atendimento, fluxo de materiais, recursos envolvidos e seus relacionamentos com as atividades, entre outros.

Na modelagem matemática, o modelo conceitual é convertido em um modelo matemático como heurística, pesquisa operacional, programação linear, simulação de sistemas, entre outros.

Após a construção do modelo matemático, este precisa ser comparado ao modelo conceitual para se verificar se há uma representação fiel da realidade. Isso pode ser feito por meio de geração de alguns resultados obtidos com a aplicação de dados reais no modelo.

Somente depois de validado pode-se utilizar o modelo para a realização dos experimentos com a criação de vários cenários.

Segue um exemplo de procedimento, mais especificamente na etapa de modelagem matemática, através de um algoritmo heurístico capaz de representar a lógica de fluxos e decisões de uma operação real de fluxos de navios e de produtos, com a finalidade de determinar a utilização dos recursos e o nível de serviço.

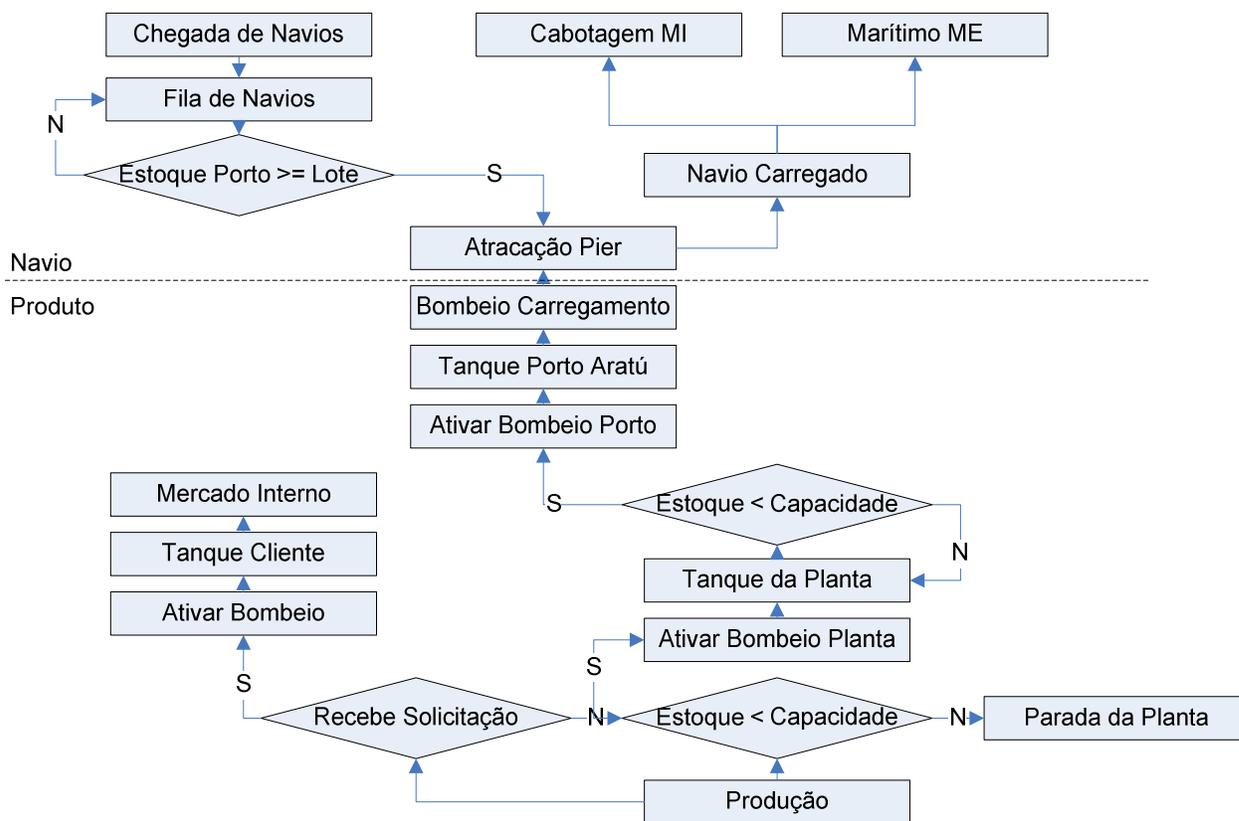


Figura 1: Lógica de fluxos e decisões

Fonte: Brito (2007)

Neste mesmo sentido, há outros tipos de algoritmos ou procedimentos que são criados para serem obedecidos de forma seqüencial, a fim de se obterem soluções nas mais diversas áreas de atuação.

Um exemplo disso é um estudo realizado por Iannoni *et al.* (2008), que aponta a criação de um modelo de análise de filas atrelado a um algoritmo genético para organização de ambulâncias em rodovias.

Parte do estudo descrito está relacionada à criação de um procedimento baseado em um algoritmo genético, levando em consideração gerações e representações de cromossomos.

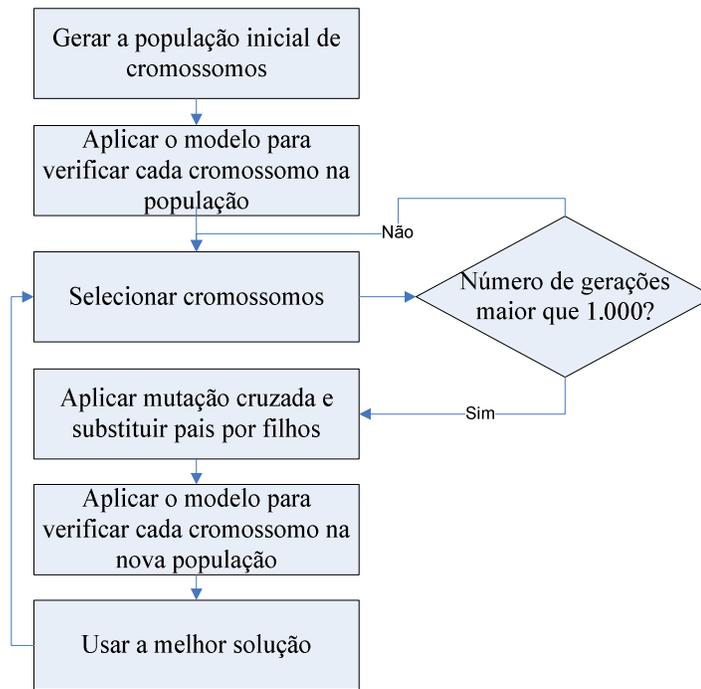


Figura 2: Estrutura geral para algoritmo genético

Fonte: Iannoni, A. P. *et al.* (2008)

No exemplo, o algoritmo foi utilizado como parte do estudo maior que avaliava um modelo de dimensionamento das ambulâncias nas rodovias, e que visava a encontrar compatibilidades genéticas entre a vizinhança por onde a rota da ambulância passava.

Já para Taylor (2007), há um processo básico para a criação de modelos com recursos simples de serem desenvolvidos.

Basicamente, o método proposto consiste em “excitar” as variáveis de uma solução presente a fim de verificar se, após o processo de otimização, elas permanecem as mesmas que outrora, como podemos observar pelo fluxo a seguir.

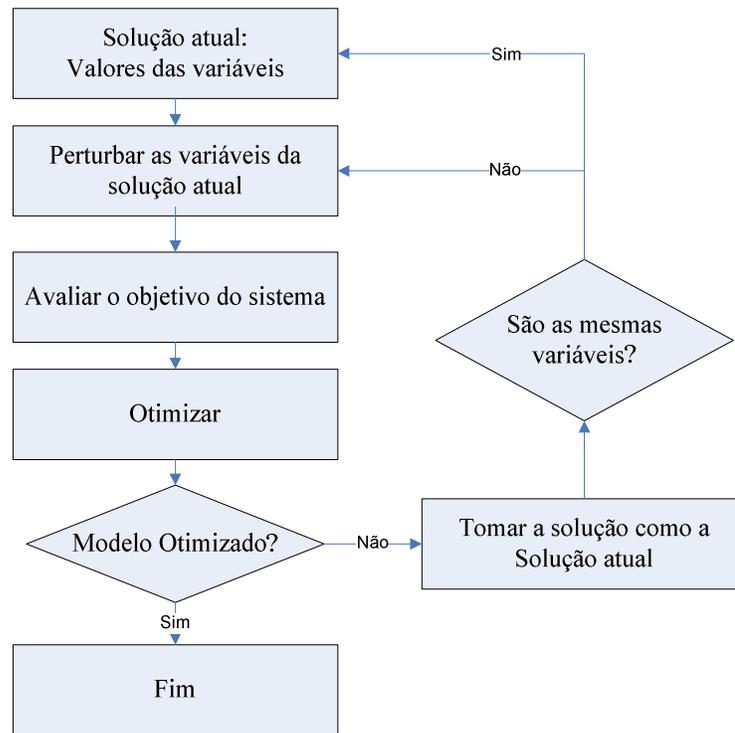


Figura 3: Modelo genérico de otimização

Fonte: Taylor (2007)

Outra forma de desenvolver e criar procedimentos é por intermédio da linguagem computacional ou descrição de algoritmos, de acordo com alguma ferramenta de suporte.

A seguir, é possível ver um algoritmo criado não através de fluxograma, mas sim por linguagem computacional, proposto por Toledo *et al* (2007).

Modelo: Algoritmo_de_multipopulação_genética

Início

Repita

Para i = 1 para número_de_Populações **Faça**

 inicialize_Populações(pop(i));

 avaliar_Populações_Saudáveis(pop(i));

 estruture_Populações(pop(i));

Repita

Para j = 1 para número_de_Cruzamentos **Faça**

 selecione_pais(indivíduo_A; indivíduo_B);

 novo_indivíduo = cruzamento(indivíduo_A; indivíduo_B);

Se (executar_mutação novo_indivíduo) **Então**

 novo_indivíduo = mutação(novo_indivíduo);

 avaliar_Indivíduo_Saudável(novo_indivíduo);

 insira_População(novo_indivíduo; pop(i));

Fim

 estruture_Populações(pop(i));

Até (Conversão_População pop(i));

Fim

Para i = 1 para número_de_Populações **Faça**

 execute_Migração pop(i);

Fim

Até (parar_critério)

Início

Figura 4: Algoritmo de hierarquia multipopulacional

Fonte: Adaptado de Toledo, A. P. et al. (2007)

O modelo citado e criado através de linguagem computacional Java Sun 2007 é parte de um estudo realizado por Toledo, C. F. et al. (2007), que ajuda na execução de um número fixo de cruzamentos genéticos em cada população quando não há convergência entre elas.

Esse processo envolve seleção dos pais [selecione_pais(indivíduo_A; indivíduo_B)], criação de novos indivíduos através de cruzamentos [cruzamento(indivíduo_A; indivíduo_B)], possibilidade de mutação para criação de novos indivíduos [mutação(novo_indivíduo)], avaliação de indivíduos saudáveis [avaliar_Indivíduo_Saudável(novo_indivíduo)] e inserção ou não na nova população [insira_População(novo_indivíduo; pop(i))].

A convergência ocorre quando não há mais novos indivíduos inseridos depois do número fixo de cruzamentos. A migração entre todas as populações [execute_Migração pop(i)] é executada quando todas elas convergem e a parada pelo critério ainda não tiver sido satisfatória.

No caso de um novo início de populações [inicialize_Populações(pop(i)], o melhor indivíduo e os indivíduos migratórios são mantidos.

Na dissertação em questão, há um processo de criação de um procedimento com aplicação prática que se apóia nos conceitos abordados na etapa de estruturação do modelo e construção do algoritmo por meio de fluxogramas.

3.7. Transportes

3.7.1. Escolha dos modais

Segundo Fleury (2002), são basicamente cinco os modais de transporte de cargas, sendo que cada um possui custos e características operacionais próprias que os tornam mais adequados para determinadas operações e produtos. Os critérios para escolha de modais devem sempre levar em consideração aspectos de custos e características de serviços.

Comparação dos Modais: Serviço				
Velocidade				
Dutoviário	Aquaviário	Ferrovário	Rodoviário	Aéreo
Consistência				
Aéreo	Aquaviário	Ferrovário	Rodoviário	Dutoviário
Capacitação				
Dutoviário	Aéreo	Rodoviário	Ferrovário	Aquaviário
Disponibilidade				
Dutoviário	Aquaviário	Aéreo	Ferrovário	Rodoviário
Freqüência				
Aquaviário	Aéreo	Ferrovário	Rodoviário	Dutoviário

Figura 5: Comparação dos modais

Fonte: Fleury (2002)

Com base nos estudos de Fleury (2002), pode dizer que:

- Velocidade: o modal aéreo é o mais veloz, seguido por rodoviário, ferroviário, aquaviário e dutoviário. No entanto, considerando-se que a velocidade deve levar em consideração o tempo gasto no porta a porta, esta vantagem do aéreo só ocorre para distâncias médias e grandes, devido a os tempos de coleta e entrega precisarem ser computados. Ou seja, quanto maior a distância a ser percorrida, maior a vantagem do aéreo, em termos de velocidade.
- Consistência: capacidade de cumprir os tempos previstos. Por não ser afetado pelas condições climáticas ou de congestionamentos, o duto apresenta uma alta consistência, seguida na ordem por rodoviário, ferroviário, aquaviário e aéreo.
- Capacitação: é relacionada à possibilidade de um determinado modal trabalhar com diferentes volumes e variedades de produtos. Nesta dimensão, o destaque de desempenho é do modal aquaviário.
- Disponibilidade: refere-se ao número de localidades onde o modal se encontra presente. Aqui aparece a grande vantagem do rodoviário, que quase não tem limites de onde poder chegar.
- Frequência: é o número de vezes em que o modal pode ser utilizado em um dado horizonte de tempo. Quanto a frequência o sistema de transportes por dutos é o mais eficiente por estar disponível por vinte e quatro horas por dia e sete dias por semana..

Para Nazário (2000), na competição entre rodovia e ferrovia, verifica-se que para uma determinada distância e volume transportado a utilização de mais de um modal é a forma mais eficiente de executar a movimentação.

Tabela 1: Comparação entre rodoviário e ferroviário

km vs ton	> 0,5 t	0,5-4,5 t	4,5-13,5 t	13,5-27 t	27-40 t	> 40 t
< 160 km						
160-320 km						
320-480 km						
480-800 km						
800-1600 km						
1600 - 2400 km						
> 2400 km						

Fonte: Nazário (2000)

No Brasil, esta afirmação apresenta distorções consideráveis quanto à capacidade de competição da alternativa intermodal, principalmente devido à infra-estrutura existente e à própria regulamentação.

Há outras teorias comparativas sobre modais, mas a que se adotou para servir de base ao modelo foi a desenvolvida por Ballou (2006).

Tabela 2: Comparação relativa dos modais

Modal de Transporte	Custo 1 = Mais Caro	Tempo Médio de Entrega 1 = Mais Rápido	Variabilidade do tempo de entrega		Perdas e Danos 1 = Menor
			Valor absoluto 1 = Menor	Valor Relativo 1 = Menor	
Ferroviário	3	3	4	3	5
Rodoviário	2	2	3	2	4
Aquaviário	5	5	5	4	2
Dutoviário	4	4	2	1	1
Aeroviário	1	1	1	5	3

Fonte: Balou (2006)

Onde:

Tabela 3: Comparação relativa dos modais – explicativo

Importância	de 1 a 5	Obs:
Custo	1 = maior	Custo por tonelada / distância
Tempo Médio de Entrega	1 = mais rápido	Velocidade porta a porta
Valor Absoluto	1 = menor	Variação absoluta do tempo de entrega
Valor Relativo	1 = menor	Coef. de variação absoluta do tempo de entrega por tempo médio de entrega
Perdas e Danos	1 = menor	Avárias ao longo do processo

Fonte: Balou (2006)

Assim, na busca pela melhor forma de transporte, a determinação do tipo de modal a ser utilizado tem real impacto nos custos totais da rede, podendo gerar economias significativas para as empresas.

3.7.2. Propriedade da frota

Em relação a questões de propriedade da frota, estudos realizados por Abrahão *et al.* (2007) mostram que, no Brasil, entre 1998 e 2003, o índice de terceirização logística saltou de 41% para 60%, um crescimento relativo de 47% num período de cinco anos.

A atividade terceirizada com mais frequência é o transporte, que é delegado total ou parcialmente a terceiros por 97% dos embarcadores que atuam no país, segundo Abrahão *et al.* (2007).

Dentre os motivos para este elevado nível de terceirização, deve-se considerar a grande oferta de transporte rodoviário, predominante na matriz de transporte brasileira, e os baixos preços que, em média, são insuficientes para cobrir o custo real dos transportadores.

Visto isso, há fatores importantes que devem ser considerados em um processo de avaliação de propriedade da frota. Para Fleury (2002), tais fatores são: custo, qualidade do serviço e rentabilidade. É importante realizar uma avaliação financeira dos impactos no fluxo de caixa da empresa, para qualquer decisão, além de calcular a taxa de retorno dos investimentos. Além disso, devem-se levar em consideração o tamanho da operação, competência gerencial interna, competência e competitividade do setor, volumes de investimentos e modal utilizado.

Já para Marques (2001), fatores de custo, qualidade do serviço e rentabilidade devem ser considerados determinantes para suportar esta decisão. É aconselhável realizar uma avaliação financeira precisa dos impactos no fluxo de caixa da empresa, para qualquer decisão, além de calcular a taxa de retorno dos investimentos ou desinvestimentos (casos em que se possui frota própria e queira terceirizá-la).

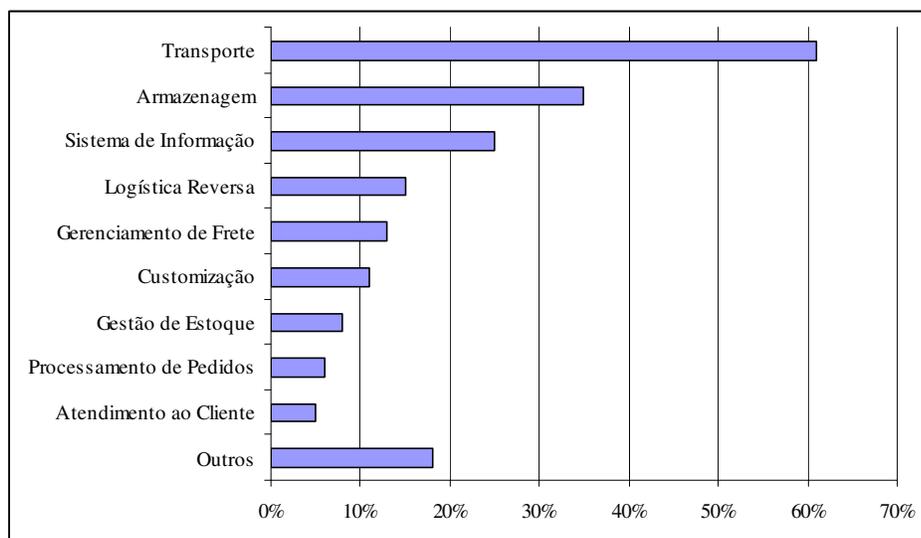


Figura 6: Nível de terceirização das funções logísticas

Fonte: Vasiliauskas *et al.* (2007)

Vale enfatizar que, atualmente, há uma pré-disposição no mercado por terceirização de serviços logísticos, mais especificamente o transporte. Este fato é percebido por estudos de Vasiliauskas *et al.* (2007), que indicam que as empresas européias apresentam níveis de 61% na terceirização de processos de transportes, seguidos de 35% de processos de armazenagem, como observado na figura.

Visto dessa forma, é muito importante que o processo de terceirização seja bem estruturado para que os resultados posteriores sejam obtidos em excelência.

3.7.3. Transportadoras

Uma vez decidida a utilização de terceiros, torna-se necessário estabelecer critérios para seleção de transportadores. Os principais fatores são: confiabilidade, preço, flexibilidade operacional, flexibilidade comercial, saúde financeira, qualidade do pessoal operacional e informações de desempenho (Fleury, 2002).

Já para Marques (2001), apesar de ser necessária a definição de parâmetros estruturados para a tomada de decisão de quais transportadores contratar, não é isto que se observa na prática. É comum a seleção e contratação de transportes ser um processo pouco estruturado, baseado em parâmetros frágeis, geralmente focado apenas em preço. O reflexo deste modelo desestruturado de contratação de transportes torna a busca por bons transportadores um processo longo e, em alguns casos, responsável por consequências sérias como, por exemplo, prejuízos por atraso de entregas e perdas de participação no mercado.

Segundo estudos de Fanti (2007), a seleção de transportadoras deve usar de um processo criterioso, definido e estruturado, que constitui um recurso valioso para a escolha de contratados que estejam em acordo com os processos e com a cultura da empresa, conferindo maior consistência à evolução da performance dos serviços no médio e longo prazos.

Para que o processo seletivo tenha resultados satisfatórios, segundo Fanti (2007), deve ser realizado um planejamento adequado de todas as etapas do processo, devem ser identificados os potenciais transportadores, devem ser solicitadas informações necessárias para que seja realizada uma avaliação técnica consistente da empresa candidata, ser definidas as ferramentas e procedimentos adequados para o processo de cotação, e ser determinadas as políticas de terceirização a serem adotadas e as estratégias de alocação das rotas aos transportadores.

3.7.4. Consolidação de cargas

Buscar trabalhar com grandes volumes, utilizando os maiores veículos possíveis em plena capacidade, é um dos principais mecanismos para reduzir os custos de transporte. A estratégia mais simples para consolidar cargas é postergar os embarques para uma determinada rota, até que haja carga suficiente para atingir a capacidade máxima do veículo utilizado. O problema com esta estratégia é que ela afeta negativamente o serviço ao cliente, tanto no que diz respeito ao prazo de entrega quanto à consistência destes prazos. A maneira de alcançar a consolidação é pela montagem de uma rede de transporte (Fleury, 2002).

Já para Lima (2001), no mercado de frete fracionado, onde se movimentam cargas de menor volume, maior valor agregado e entrega pulverizada, a situação é um pouco diferente. A relação entre o preço e o custo acontece de acordo com a capacidade de consolidação de cargas do transportador. A escala da operação possibilita que sejam cobertos todos os custos e ainda seja gerada uma margem satisfatória. Em contrapartida, a falta de escala compromete a consolidação de carga e a rentabilidade da operação. Além da escala, o sucesso desse setor depende, sobretudo, do planejamento e da coordenação da operação.

De acordo com Ballou (2006), a consolidação de cargas pode ser alcançada de quatro maneiras: consolidação do estoque – que consiste em criar um estoque dos produtos a partir do qual a demanda é atendida; consolidação do veículo – que ocorre quando as coletas e as entregas não são suficientes pra completar um veículo; consolidação do armazém (armazém usado para operações de desmembramento de volumes, tipo cross docking); e consolidação temporal – em que os pedidos dos clientes são atrasados de modo que embarques maiores possam ser feitos, em vez de vários embarques pequenos.

Em todas as cadeias produtivas é possível identificar-se oportunidades de consolidação de lotes de transportes de forma a propiciar a utilização de veículos com maior capacidade buscando a redução dos custos unitários de transportes. Custos fixos como depreciação, mão-de-obra de carga e descarga, salário de motoristas, tempos de espera para carga e descarga são mais diluídos à medida que se opera com grandes distâncias ou com grandes lotes. Sempre que possível deve-se desenhar modelos de abastecimento ou de distribuição de vendas que permitam percorrer a maior distância possível, entre os pontos de início e fim dos transportes, com cargas completas e em veículos de alta capacidade de transporte.

3.7.5. Redes de transporte

Sabe-se que o projeto de uma rede de transporte afeta o desempenho de uma cadeia de suprimento por estabelecer uma infra-estrutura dentro da qual as decisões operacionais de transportes, acerca de cronogramas e rotas, são tomadas.

Atualmente, há também uma forte iniciativa no que diz respeito a planejamento dos sistemas de serviços, especialmente em ambientes urbanos onde há viagens levando atendimento a todo tipo de clientes, como diz Morabito *et al.* (2007), e considerando-se complexidades temporais e geográficas de cada região.

Para Wanke (2007), a escolha do tipo de rede de transporte, sob os prismas da indústria e do varejo, é indiferente quando são considerados os critérios distância entre a origem e destino e volume de compras: maiores distâncias e menores volumes, distribuição escalonada com consolidação via centro de distribuição; menores distâncias e maiores volumes, distribuição direta da indústria ao varejo. Já quando o critério de análise é o nível de estoque na indústria e no varejo, a distribuição escalonada implica maiores níveis de estoque para o primeiro e menores para o segundo e a distribuição direta, e vice-versa.

Como definição, cargas completas ou primárias (LTL) são aquelas que após coletadas em sua origem são enviadas no mesmo veículo que efetuou a coleta até o seu destino final, ou seja, vai do embarcador até o destinatário sem sofrer qualquer manuseio ou utilização de armazéns intermediários. Para que isso seja possível é imprescindível que os volumes transportados ofereçam quantidade suficiente para lotar o veículo transportador.

As cargas tidas como primárias ou completas são, normalmente, dependentes de uma estrutura de transferência de grandes lotes que ocorrem normalmente entre unidades de uma mesma empresa ou entre clientes de grande porte, quer seja no processo de compra e venda de produtos manufaturados, quer seja no processo de suprimentos de insumos e embalagens.

Os setores de *commodities* agrícolas e de mineração operam sempre com grandes lotes de transferência ou venda e isto lhes garante um ganho de escala nos transportes, permitindo inclusive a utilização de modais como o aquaviário e o ferroviário, que apresentam custos muito competitivos. Esta coordenação é possível nestes segmentos porque os embarques feitos nos locais de produção ou extração são enviados, em geral, para grandes centros distribuidores de produtos, usinas processadoras ou grandes lotes para exportação.

Esta característica pode ser considerada válida também para indústrias que têm como produto final materiais ou insumos que serão destinados a outras indústrias que beneficiarão ou transformarão estes produtos para a obtenção de outros. Neste caso definem-se critérios de abastecimento que permitam fazer o abastecimento das unidades produtoras em lotes consolidados.

A carga secundária ou fracionada, ao contrário do que ocorre com a carga completa, requer aplicação intensiva de mão-de-obra e utilização de terminais regionais de apoio para recebimento, triagem, separação e reembarque para então alcançar o destinatário final. Geralmente as cargas fracionadas são consolidadas em armazéns de propriedade de transportadores ou operadores logísticos situados nas regiões onde os embarques são gerados para então minimizar capacidades ociosas nos veículos e serem enviadas à região onde está situado o comprador ou recebedor.

Na região de destino, pelo grande número de entregas que compõem a carga consolidada recebida, os produtos passam por um trabalho de preparação e roteirização das entregas necessitando de alta aplicação de mão-de-obra, o que adiciona custos ao serviço de entrega. As cargas fracionadas são geralmente transportadas, em sua etapa final, em veículos de pequeno porte que oferecem agilidade e rapidez, porém com certa limitação em termos de quantidade de produto a ser transportado e número de entregas possíveis.

Os serviços de entregas fracionadas normalmente não apresentam custos que justifiquem a utilização de frota própria. Pela baixa produtividade dos veículos, gerada pela incapacidade de consolidação de produtos diversos, este problema é relativamente reduzido quando se utiliza transportadoras contratadas, que por terem facilidade na captação de produtos de diversos embarcadores podem oferecer tarifas mais interessantes. A única exceção é feita para o caso de empresas que operam com vendas em sistema de pronta entrega, onde o motorista é o próprio vendedor. Neste caso, além do transporte e entrega de produtos ele também é responsável pela emissão das ordens de compra e do faturamento, o que adiciona complexidade ao processo e sugere uma operação própria.

Como conclusão do estudo realizado por Wanke (2007), os resultados mostram que a coexistência de distribuição direta com distribuição fracionada pode ser a melhor política a ser adotada pelas indústrias, na maioria das vezes.

Sendo assim, torna-se importante identificar, pela aplicação de um procedimento, qual é o melhor modelo de comportamento de uma rede de transporte para um conjunto de dados reais.

Como referência, estão conceituados alguns dos modelos mais clássicos na construção de uma rede logística que, segundo Chopra (2004), são: embarque direto, embarque direto com *milk-run*, embarque via centro de distribuição (CD), embarque via CD com *milk-run*, embarque via CD com *cross-docking* e transporte *tailored*.

A) Rede de entrega direta:

- Definição: entende-se por entrega direta o fluxo de distribuição formado entre fornecedor e cliente que ocorre diretamente sem sub-etapas ao longo do processo coleta-entrega.
- Principais características: carga fechada, carga não fracionada e viagens regulares.
- Vantagens: ausência de intermediários, facilidade na coordenação e operação do embarque, contato direto com transportadora que levará o produto até o cliente final, eliminação de armazéns intermediários, decisão de embarque contida nas mãos do embarcador, não afretamento de um embarque pelo outro, e tempo de transporte mais curto.
- Desvantagens: necessidade de o armazém ser grande o suficiente para grandes lotes, custos mais altos de inventário e custos de recebimento maiores (um recebimento por fornecedor).

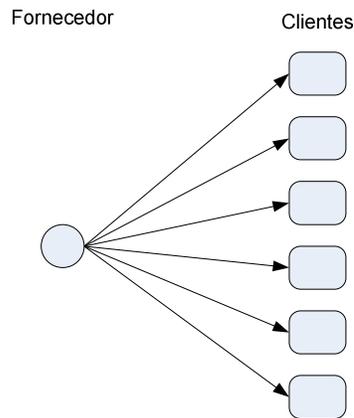


Figura 7: Rede de entrega direta

Fonte: Chopra (2004)

B) Entrega direta com *milk runs* (coletas programadas):

- Conceitos importantes:
 - Entende-se *milk run* como um processo de coleta extremamente planejado, com horas e volumes pré-definidos. Como processo logístico, historicamente o termo baseia-se no conceito utilizado nas fazendas de gado leiteiro, onde um veículo parte do laticínio em horários fixos, carregado de latões vazios e executa sua rota pré-determinada deixando latões vazios e carregando latões de leite cheios nas fazendas.
 - O sistema é programado de modo a otimizar o recurso transporte e baratear os custos logísticos nesta área. Utiliza equipamentos de transporte de diversas dimensões de modo a proporcionar melhor ocupação de sua capacidade volumétrica e maior utilização durante todo o período (melhor rateio dos custos fixos de transporte).
 - Chama-se de Janela de coleta (*pick up window*) o intervalo de tempo programado para carregamento de materiais nas plantas dos fornecedores, este tempo também prevê o descarregamento das embalagens retornáveis vazias e conferência do material a ser carregado.

- Chama-se de janela de entrega (*delivery window*) o intervalo de tempo programado para descarregamento dos materiais na planta do cliente, este tempo também prevê o carregamento de embalagens retornáveis vazias para devolução ao fornecedor na próxima janela de coleta.
- Uma rota de *milk run* é aquela na qual um caminhão tanto realiza entregas de um único fornecedor para múltiplos destinos, ou vai de múltiplos fornecedores para um único destino.
- Objetivos e benefícios: reduzir custos logísticos, controlar os materiais em trânsito, reduzir os níveis de estoque, uniformizar o volume de recebimento de materiais, agilizar o carregamento e descarregamento com as prioridades pré-estabelecidas, e melhorar o nível de serviço do cliente (janelas de coleta - data, hora e quantidades).

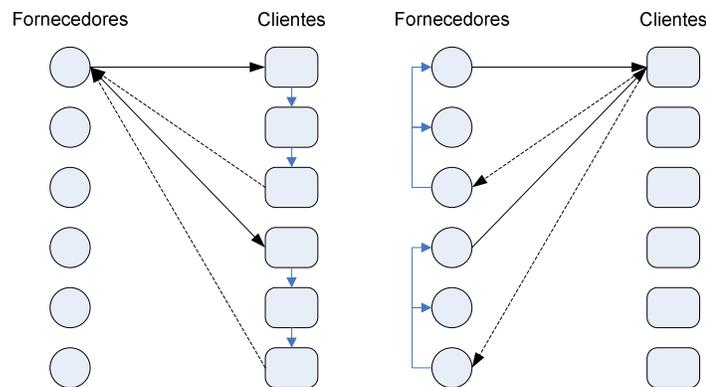


Figura 8: Entrega direta com *milk runs*

Fonte: Chopra (2004)

C) Entregas via centro de distribuição centralizado e *cross docking*:

- Conceitos importantes:
 - Processo que consiste na movimentação dos produtos de um fornecedor através de um centro de distribuição, ou não, sem armazenar o produto por um longo tempo, permitindo maior agilidade no fluxo dos produtos até o consumidor reduzindo assim o manuseio da carga.

- De uma maneira geral o *cross docking* significa receber as mercadorias em uma doca do armazém e expedi-las imediatamente por outra doca passando por dentro do armazém, mas sem que haja estocagem.
- Uma operação *cross docking* é eficaz somente para grandes sistemas de distribuição nos quais um grande número de veículos está entregando e retirando os bens das instalações *cross docking* simultaneamente.
- Com passar dos anos os conceitos foram se desenvolvendo e se adequando conforme as necessidades das empresas e conseqüentemente ao mercado, tais quais:
 - *Cross docking* para manufatura: consiste o recebimento de consolidação de matéria-prima de fornecedores para um suporte a gestão *just in time* da manufatura.
 - *Cross docking* na distribuição: consiste no recebimento de produtos de diferentes fornecedores em um único palete com vários SKU's que são entregues assim que o último produto for recebido.
 - *Cross docking* no transporte: nessa situação são consolidadas mercadorias de vários embarcadores em cargas fracionadas e pequenas indústrias para se obter economia de escala.
 - *Cross docking* para o varejo: para essa variação o produto é recebido de múltiplos fornecedores e separado em diferentes caminhões para diversas lojas.
 - *Cross docking oportuno*: em algum armazém o item é transferido diretamente de uma doca de recebimento para uma doca de expedição para uma demanda previamente conhecida.
- Vantagens: diminuição do custo total pela operação de *cross docking*, uma vez que lotes menores são embarcados até mais próximo do destino em veículos maiores, e só aí partem como carga fracionada; tal operação otimiza o CD, já que evita que uma grande quantidade de veículos menores ocupem as docas, entravando o procedimento; a área reservada à operação de *cross docking* não necessita ser grande, pois do

caminhão com carga completa a carga vai diretamente aos caminhões de distribuição; atendimento com maior frequência do tempo de entrega para clientes de longas distâncias; ganho de produtividade nos CDs durante a etapa de separação de pedidos com elevado grau de fracionamento.

- Desvantagens: aumento do custo de inventário ao longo de toda a cadeia de distribuição, desconsiderando os competidores; aumento no manuseio da carga nos CDs das transportadoras e suas filiais, uma vez que farão a separação de acordo com roteirização dos pedidos; aumento da coordenação de todo o fluxo; e aumento da complexidade devido aos vários pontos de remanuseio da carga.

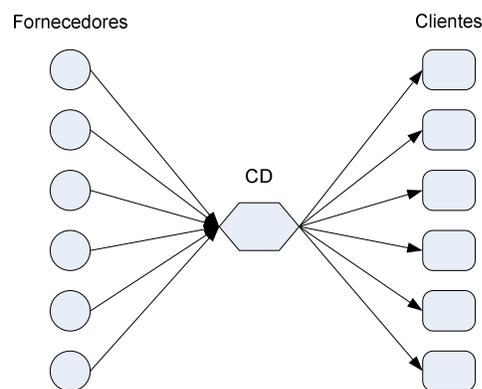


Figura 9: Entrega via CD e *cross docking*

Fonte: Chopra (2004)

D) Entregas via centro de distribuição utilizando *milk runs*:

- Conceitos importantes:
 - Os centros de distribuição são típicos de sistemas de distribuição escalonados, onde o estoque é posicionado em vários elos de uma cadeia de suprimentos. Permite rápido atendimento às necessidades dos clientes de uma determinada área geográfica distante dos centros produtores. Para prover utilidade no tempo, avançam-se os estoques para um ponto próximo aos clientes e os pedidos são então atendidos por este centro avançado, a partir do seu próprio estoque.

- Além de buscar um rápido atendimento, os centros de distribuição possibilitam a obtenção de economias de transporte pois estes operam como centros consolidadores de carga. Ao invés de atender um grupo de clientes diretamente dos armazéns centrais, o que poderia implicar na movimentação de cargas fracionadas por grandes distâncias, a utilização dos centros de distribuição permite o recebimento de grandes carregamentos consolidados e, portanto, com custos de transporte mais baixos. O transporte até o cliente pode ser feito em cargas fracionadas, mas este é realizado em movimentos de pequena distância.
- Os principais objetivos de tal rede são: reduzir custos logísticos, controlar os materiais em trânsito, reduzir os níveis de estoque, uniformizar o volume de recebimento de materiais e agilizar o carregamento e o descarregamento.
- Os principais benefícios são: embarques programados segundo a necessidade do cliente (janelas de coleta); estoques reduzidos devido à pulverização de embarques; nível de fluxo diário de recebimento de materiais e redução do trânsito interno na fábrica; maximização na utilização dos equipamentos de transporte; melhora nas operações de manuseio de materiais; e redução dos custos de manutenção de inventário.

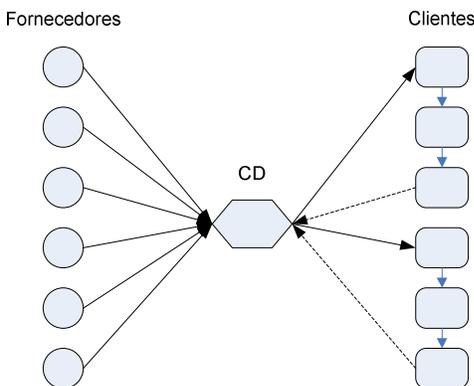


Figura 10: Entrega via CD com *milk-run*

Fonte: Chopra (2004)

E) Rede sob medida (*tailored*):

Para Chopra (2004), tal expressão é uma conveniente combinação das opções anteriores a fim de reduzir custo e melhorar a capacidade de resposta dentro da cadeia de suprimentos. Nesta opção, o transporte mescla *cross dockig, milk run* transportadoras de carga completas (TL – *truck load*) e de cargas fracionadas (LTL – *less than truck load*), além de alguns casos de entrega expressa. O objetivo é atualizar a opção mais adequada. Produtos em grandes volumes destinados a grandes varejistas devem ser enviados diretamente, e os produtos em baixos volumes ou pequenas entregas rumo a pequenos varejistas devem ser agrupados, chegando e saindo de um CD.

A complexidade de gerenciamento dessa rede de transporte é grande porque existem procedimentos diferentes de entregas aplicados a cada produto e varejista. A operação de uma rede sob medida exige um expressivo investimento em infra-estrutura de informações para facilitar a coordenação. Entretanto, essa rede possibilita o uso seletivo do método de entrega para minimizar os custos de transportes e estoque.

A expressão em inglês “*tailor made*” normalmente é definida como os tipos de programas e itinerários de viagens individuais, preparadas por um agente de acordo com as especificações fornecidas pelo cliente, ou mesmo a otimização de produtos e/ou serviços, conforme a expressa solicitação do cliente. Em todos os casos, sugere a idéia de moldagem de recursos para situações específicas e desejadas (Chopra, 2004).

Para Figueiredo *et al.* (2007) há uma variação deste modelo chamado transporte colaborativo, definido como “um processo holístico que une parceiros de uma cadeia de suprimentos e provedores de serviços logísticos no intuito de eliminar as ineficiências do planejamento e da execução do transporte”, sendo seu objetivo “otimizar a performance operacional de todas as partes envolvidas na relação”.

O planejamento de tal modelo é definido por um processo estruturado de troca de informações e planejamento conjunto entre parceiros de uma cadeia de suprimentos, no intuito de melhorar a previsão de vendas e o ressuprimento subsequente dos estoques.

Os benefícios de um processo como este para o embarcador, segundo Figueiredo *et al.* (2007), abrangem pontos de níveis de serviço pela melhora em pontualidade de entrega e melhora no *leadtime* (tempo de entrega); e nos custos logísticos por uma redução de estoque, redução de entregas de cargas urgentes e redução dos custos administrativos.

Já para o transportador, os benefícios são diretos em produtividade por redução de transportes em trechos vazios, redução no tempo de espera e melhor utilização da frota como um todo.

Mas, para atingir os níveis de ganhos explicados, há algumas barreiras a serem vencidas a fim de estabelecer o transporte colaborativo.

Segundo Figueiredo *et al.* (2008), as principais barreiras são as dificuldades de estabelecer rotas compatíveis, falta de interesse de embarcadores em se associarem a outros em operações colaborativas, e falta de maturidade logística, pois muitas companhias ainda não vêm a logística de forma profissional e não possuem a capacitação necessária.

Há também o problema chamado de lacuna de tecnologia entre os potenciais parceiros, que dificulta o estabelecimento desse tipo de transporte e promove a incompatibilidade entre produtos e veículos, bem como a dificuldade de atendimento da demanda pelo estabelecimento de sazonalidades e picos em finais do mês.

Se houver um processo estruturado de implantação do modelo com etapas bem definidas, como a de construção da base de rotas, identificação das rotas com potencial sinergia e seus benefícios, detalhamento operacional, definição do processo de gestão, negociação com as transportadoras, implantação com piloto e operação com monitoramento, segundo Figueiredo *et al.* (2008), há a possibilidade de minimização dos efeitos das barreiras e potencialização dos ganhos previstos.

No âmbito do transporte de cargas, o conceito se refere às contingências que deverão ser adotadas para a conciliação dos diferentes recursos de redes e meios de transporte disponíveis e

aplicáveis, de acordo com as necessidades do cliente e características do produto, de tal forma que se padronize uma operação e se a conduza no sentido de obter os resultados almejados.

A maioria das empresas, em suas atividades, comercializa uma variedade de produtos em segmentos muito diversificados de clientes. Os produtos variam em características e valor, e os clientes apresentam diversidades que vão desde as quantidades que compram até a distância entre onde se localizam e os locais de distribuição. Diante de tantas diferenças e alternativas, uma empresa deve destinar especial atenção ao projetar um modelo para fazer seus produtos chegarem às mãos dos consumidores. Em muitos casos, a distribuição com base em um único conceito pode não ser suficiente para as suas necessidades, não garantindo, portanto, resultados à altura do esperado, considerando os esforços e dispêndios na fase de produção. As empresas, em muitos casos, poderão obter ganhos substanciais e atender às necessidades de seus clientes, ao lançar mão de soluções encontradas a partir da combinação de conceitos já consolidados de redes de transportes, criando alternativas interessantes, feitas “sob medida”, para o segmento desejado.

Assim, uma solução de transporte sob medida, em termos logísticos, invariavelmente se constituirá em um importante diferencial, capaz de propiciar otimizações em todos os elos de uma cadeia de suprimentos.

Alguns fatores, entretanto, devem ser observados e ter suas possibilidades consideradas por ocasião da formatação de soluções não convencionais para a movimentação dos produtos, evitando-se assim que algumas regras básicas não venham a ser contrariadas.

Para Chopra (2004), os três aspectos que deverão ser levados em conta na construção de uma rede como essa são a distância e densidade dos clientes, tamanho do cliente e valor e demanda do produto.

Para Chopra (2004), uma rede de transportes destinada a atender a uma alta densidade de clientes que se localizem próximos aos locais de distribuição deve prezar pelo bom aproveitamento dos veículos. Na maioria das vezes, a melhor opção a ser utilizada é o conceito de *milk run*. Deve ser levada em conta, entretanto, a complexidade para a aplicação do conceito,

considerando-se que as janelas de tempo para a operação em cada local devem ser rigorosamente observadas e cumpridas, sob pena de toda a programação ruir.

Para altas densidades de clientes que se situem distantes dos centros de distribuição, o conceito de *milk run* não seria o mais apropriado, pois os veículos neste caso teriam de percorrer grandes distâncias vazias no retorno. O transporte em grandes caminhões e a montagem de uma operação de *cross docking*, em local mais próximo, poderia ser mais eficaz.

À medida que a densidade de clientes diminui, alternativas mais econômicas podem ser exercitadas. A opção de utilizar transportadoras terceirizadas para a distribuição pode ser bastante interessante, mesmo com o conceito de *milk run*, pois custos mais baixos poderiam ser obtidos, considerando a capacidade dos transportadores de agregar cargas de outras empresas.

Se a empresa quer atender a uma área com densidade de clientes muito baixa e distantes do depósito, a melhor opção é a utilização de empresas de entregas expressas.

A densidade e distância dos clientes devem ser consideradas quando as empresas decidem qual será o grau de agregação temporária a ser utilizado ao atendê-los. As empresas devem atender a áreas com alta densidade de clientes com mais frequência porque essas regiões têm maior probabilidade de oferecer economias de escala no transporte. Para diminuir os custos de transporte, as empresas devem utilizar um grau mais alto de agregação temporária ao atender a regiões com baixa densidade de clientes.

Tabela 4: Tailored: densidade x distâncias

		Distâncias		
		CURTAS	MÉDIAS	LONGAS
DENSIDADE	ALTA	Frota Dedicada com Milk-Run	Cross-Docking com Milk-Run	Cross-Docking com Milk-Run
	MÉDIA	Terceirização de Milk-Run	Transportador LTL	Transportador LTL ou de Cargas Expressas
	BAIXA	Terceirização de Milk-Run ou Transportador LTL	Transportador LTL ou de Cargas Expressas	Transportador de Cargas Expressas

Fonte: Chopra (2004)

Caso o critério de escolha da rede de transporte seja tamanho do cliente, tal escolha segue a seguinte análise, segundo Chopra (2004):

Tabela 5: Tailored: Tamanho do Cliente

Cliente	Transportadoras
Grande	Transportadoras TL
Pequeno	Transportadoras LTL ou milk runs

Fonte: Chopra (2004)

As empresas devem considerar o tamanho do cliente e sua localização ao projetar as redes de transporte. Para clientes com volumes expressivos, o mais conveniente seria projetar entregas diretas. As configurações, neste caso, dependeriam das distâncias a serem percorridas.

Para clientes de menor porte, outras soluções podem ser apresentadas. A maior eficácia poderá ser obtida ao serem agregadas cargas de diversos clientes e aplicados conceitos como *milk run e cross docking*.

O custo de transporte é o mesmo, seja para um cliente de grande ou pequeno porte. Se uma entrega será feita para um cliente grande, a inclusão de entregas para outros clientes pequenos no mesmo caminhão pode resultar em economia no transporte. No entanto, para cada cliente pequeno, o custo por unidade de entrega será maior que para clientes grandes.

Portanto, não é aconselhável fazer entrega para clientes grandes e pequenos na mesma frequência e no mesmo valor. Uma opção é cobrar mais de empresas com menor escala. Outra é adequar o *milk run* de maneira que se possam visitar clientes grandes com mais frequência do que clientes pequenos.

A opção adotada no modelo será *tailored*, que se baseia na combinação entre vários modelos, ou seja: é utilizado em diferentes redes de transportes e/ou modais com base nas características do cliente e/ou produto. O critério de escolha da rede é o seguinte:

Tabela 6: Tailored: demanda x valor

		VALOR	
		ALTO	BAIXO
DEMANDA	ALTA	Estoque Desagregado; Reposição do Estoque: Transporte Barato; Reposição do Estoque de Segurança: Transporte Rápido	Estoque Desagregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Barato
	BAIXA	Estoque Agregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Rápido	Estoque de Segurança Agregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Barato

Fonte: Chopra (2004)

O estoque cíclico para produtos de alto valor e alta demanda é desagregado para economizar nos custos de transporte, porque permite que os pedidos de reposição sejam transportados de maneira menos onerosa.

O estoque de segurança para tais produtos pode ser agregado para reduzir os estoques, e pode-se adotar um meio de transporte rápido no caso de o estoque de segurança ser necessário para atender à demanda do cliente. Para produtos com alta demanda e baixo valor, todos os estoques devem ser desagregados e mantidos perto do cliente para reduzir os custos de transporte.

Para produtos com demanda baixa e alto valor, todos os estoques devem ser agregados para economizar nos custos de transporte. Para produtos com demanda e valor baixos, os estoques cíclicos podem ser mantidos perto do cliente e os de segurança agregados, para reduzir os custos de transporte e, ao mesmo tempo, tirar alguma vantagem da agregação. Os estoques cíclicos são reabastecidos utilizando-se um meio de transporte barato para reduzir os custos.

Comparativamente falando, os modelos podem ser definidos como:

Tabela 7: Comparação das redes de transporte

Rede de Distribuição	Vantagens	Desvantagens
Entrega Direta	- Não possui depósito intermediário - Fácil de coordenar	- Grandes estoque devido à grandes lotes - Despesas significativas com recebimento
Entrega Direta com <i>milk run</i>	- Redução de custos de transporte para lotes pequenos - Redução dos estoques	- Coordenação mais complexa
Entrega via CD	- Redução do custo de entrada do transporte por meio de consolidação	- Maior custo de estoque - Mais manuseio no CD
Entrega via CD com <i>cross-docking</i>	- Baixa necessidade de estoque - Redução do custo de transporte pela consolidação	- Coordenação mais complexa
Entrega via CD com <i>milk run</i>	- Redução do custo de saída do transporte para pequenos lotes	- Coordenação ainda mais complexa
<i>Tailored</i>	- Escolha do transporte mais adequando às necessidades individuais do produto ou loja	- Coordenação muitíssimo complexa

Fonte: Chopra (2004)

Com base na revisão bibliográfica, foi possível montar um procedimento quantitativo que viabilizasse a determinação do modelo e estrutura de transportes, que estão expostos nos capítulos posteriores.

3.8. Armazenagem

3.8.1. Equilíbrio de custos

Quando se fala em armazenagem, há uma preocupação explícita e direta chamada custos. Segundo Eckert (2007), muitas companhias buscam atuar na cadeia de suprimentos a fim de reduzir os estoques e, conseqüentemente, os custos.

No passado, a gestão de estoque era baseada em não permitir o esgotamento dos produtos. Isto causava pilhas enormes de matérias-primas, material em processo e produtos acabados.

Ainda para Eckert (2007), a preocupação em reduzir estoque baseia-se, hoje, em três pilares. O primeiro deles é o custo de manter o estoque, que compreende as matérias-primas, os

materiais em processo e produtos acabados. Já o custo do estoque representa entre 20% e 40% do custo total de armazenagem anual. Por fim, outra variável é o custo de oportunidade, que compreende qualquer aumento devido a maior necessidade de local para estocagem e aumento de taxas para assegurar o inventário.

Já para Shen (2007), a estruturação física de uma cadeia de abastecimento interfere efetivamente na performance e na obtenção de resultados; por isso é importante desenhá-la da forma mais eficiente possível. Questões como número de fornecedores, quantas fábricas, quantos centros de distribuição e seu respectivo local, qual a capacidade instalada, perfil de produtos, dentre outros, são primordiais.

Há uma relação quase direta entre os principais custos envolvidos ao longo de uma rede logística. Desta forma, segundo pesquisa de Wanke (2001), tal relação pode ser vista da seguinte forma:

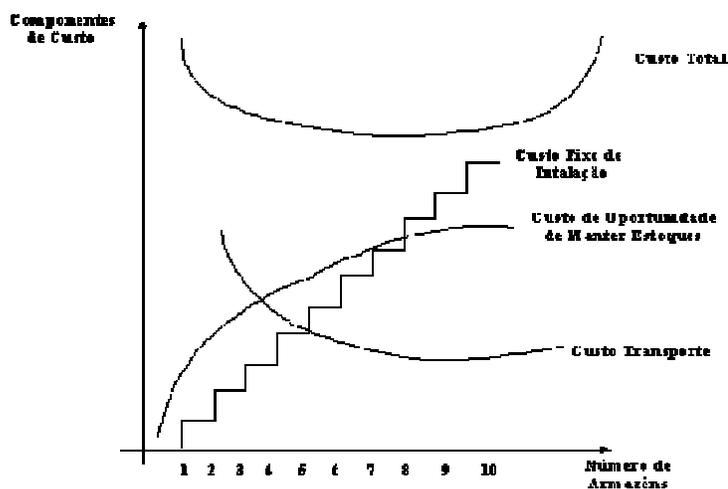


Figura 11: Relação entre os custos

Fonte: Wanke (2001)

Segundo Wanke (2001), o objetivo deve ser o desenho ou a configuração da rede logística de modo a minimizar os custos totais, para um ano de operação, de produção, compras, manutenção de produtos em estoque, instalações (armazenagem, manuseio e demais custos fixos)

e transporte, sujeitos a um determinado nível de serviço (tempo de entrega) a ser prestado ao cliente final.

Há um conceito importante envolvido, que é o de equilíbrio de custos. Em todos os setores, não só no que se refere a transporte e armazenagem, este ponto é de extrema relevância. De acordo com Yamashita *et al.* (2007), é possível gerar equilíbrio levando-se em consideração fatores como custos relacionados a recursos e tempos, dentro de projetos específicos.

Já para Taylor (2007), em um desenho de rede de transporte há alguns custos que são importantes para serem levados em consideração, como os de aquisição, os operacionais fixos e variáveis, e os de infra-estrutura.

Como se percebe pela figura, há equilíbrio de custos e nível de serviços relativos a um aumento no número de armazéns, que geralmente se refere à melhoria nos níveis de serviço em virtude de reduções no tempo de entrega ao cliente final, aumento nos custos de manter estoques em razão de aumento nos níveis de estoque de segurança – necessário para proteger cada armazém contra incertezas na demanda –, aumento nos gastos administrativos, redução nos gastos com transporte de distribuição e aumento nos gastos com transporte de suprimento.

Apesar de ganhos em transportes com o aumento do número de instalações, Moinzadeh *et al.* (2006) afirmam que em um sistema de inventário centralizado é muito mais fácil ocorrer uma política de otimização.

Por isso, para determinar a localização de qualquer armazém deve-se avaliar, segundo Wanke (2001), os seguintes pontos: localização de clientes, de varejistas, de armazéns existentes, de centros de distribuição, de fábricas e de fornecedores, todos os produtos movimentados – incluindo os respectivos volumes/pesos e características especiais –, demanda anual por cada produto em cada localidade, fretes por cada modal de transporte relevante, custos de armazenagem – incluindo mão-de-obra, gastos fixos com instalações, espaço e impostos, tamanho e frequência dos carregamentos de uma instalação a outra, custos de processamento de pedidos e metas e exigências de serviço.

3.9. Consolidação da revisão bibliográfica

Como observado na revisão bibliográfica, há várias linhas de conhecimento que auxiliam para que o objetivo da dissertação seja atingido.

Antes mesmo de realizar pesquisas sobre redes de transporte e impactos em armazenagem, fez-se relevante buscar conceitos sobre criação de procedimentos, teorias e tipos de modelos, entre outros para dar embasamento teórico à dissertação.

Sabendo que um procedimento deve ser realizado em etapas, ou seja, levantamento de informações, modelagem conceitual e de dados, modelagem matemática, validação do modelo e análise de resultados, os outros temas avaliados encaixam-se dentro dessas fases.

Os conceitos logísticos também foram fundamentais, ou seja, transporte e armazenagem inicialmente e passando para a etapa de avaliação sobre quais redes de transporte mais se identificam com a base de dados utilizada. Para isso, utilizam-se conceitos de determinação de redes de transporte por meio de comparação de variáveis como demanda, volume, densidade e valor de mercadoria.

Com as informações obtidas, é possível avaliar o resultado do modelo sugerido na literatura e compará-lo com a rede de distribuição utilizada pelo operador logístico.

Feitas as comparações relevantes, a cria-se um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem através de uma ferramenta de análise como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerados frente ao cenário atual como é mostrado nos capítulos posteriores.

4. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E DA BASE DE DADOS

4.1. Apresentação do problema

Como visto anteriormente, sabe-se que há uma grande quantidade de pesquisas e soluções sobre redes de distribuição devida sua importância nas cadeias de abastecimento das empresas. Devido a tal fato, incessantes pesquisas são realizadas para determinar o perfil de tais redes em função de conceitos existentes na literatura.

Há vários estudos disponíveis que apresentam modelos e critérios de redes de distribuição com base em variáveis que ao serem combinadas proporcionam determinações teóricas de redes de distribuição, tal qual o proposto por Chopra (2004) que utiliza indicadores de volumes, distâncias, tipo de veículos, densidade de carga, entre outros.

Já no mercado, existem empresas do setor logístico que operam através de redes de distribuição construídas com embasamento prático para atender uma demanda de clientes de qualquer parte do país ou do mundo, como é o caso do operador escolhido para essa dissertação de mestrado.

Apesar de vários estudos acerca de redes de distribuição, pairam dúvidas quando trata-se de entender e avaliar os impactos do que ocorre nas indicações propostas na literatura com o que ocorre no dia a dia das empresas.

Em outras palavras, dado a dúvida descrita acima, algumas redes de distribuição propostas na literatura podem não ser efetivamente apropriadas e aplicáveis à realidade das redes brasileiras.

Como exemplo, o operador logístico em questão apresenta um perfil de rede de distribuição específico para atender sua carteira de clientes, ou seja, distribuição através de cargas fracionadas (FTL) que gera um determinado custo.

A dúvida que fica em aberta é a de que em caso de aplicação de conceitos clássicos da literatura disponível, mais especificamente os propostos por Chopra (2004), seria possível comparar com a solução prática atual do operador logístico a fim de encontrar similaridades entre os dois resultados (teórico e prático).

Em relação às redes propostas por Chopra (2004), foram levados em consideração redes de distribuição como entrega direta, entrega direta através de operações com *milk run*, entregas através de centros de distribuição, entregas utilizando centros de distribuição e operações de *cross docking*, entregas utilizando centros de distribuição juntamente com operações de *milk run* e redes do tipo *tailored* ou rede sob medidas.

Sendo assim, esta dissertação de mestrado visa realizar um estudo sobre redes de distribuição comparativamente aos modelos propostos na literatura disponível e confrontar com a realidade de redes de distribuição do Brasil através de um estudo de caso para contribuir na análise da dúvida descrita acima.

Para se realizar as comparações e as proposições das redes de distribuição foram necessários obter alguns indicadores relativos ao produto, rota e veículo a serem transportados, tais quais: informações de distâncias percorridas pelos veículos (curtas, médias ou longas),

densidade da carga (alta, média ou baixa), valor do produto a ser transportado (alto ou baixo) e demanda a ser atendida (alta ou baixa).

Além deste ponto, operador logístico não apresenta um controle conjunto de custos entre os processos de transporte e armazenagem, uma vez que são tratados de forma distinta pela empresa.

Outro fator de dificuldade enfrentado pelo operador logístico é no que diz respeito à forma como as áreas de transporte e armazenagem são tratadas dentro da empresa. Como são unidades de negócios distintos, há pouca avaliação dos impactos ocorridos em determinada área em detrimento à alguma mudança na outra.

Para auxiliar na solução de tal problema, depois de realizadas as análises de redes de distribuição, o objetivo é criar um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem do cenário avaliado. O procedimento proposto baseia-se em um fluxograma desmembrado em etapas seqüenciais para que ao final da aplicação os custos possam ser mensurados.

Para dar suporte ao cálculo dos custos de transportes e de armazenagem, ao longo da aplicação do procedimento utilizou-se a ferramenta Solver do MS Excel como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerado frente ao cenário base ou atual.

Por fim, a conclusão dar-se-á com exposição dos resultados obtidos através da aplicação das etapas citadas anteriormente comparando-se as fontes sobre redes de distribuição e tendo como validação a aplicação de caso real.

4.2. Definição da base de dados

Como a dissertação de mestrado tem por objetivo realizar um estudo sobre redes de distribuição comparativamente aos modelos propostos na literatura disponível e confrontar com a realidade de redes de distribuição do Brasil através de um estudo de caso, torna-se importante identificar como os grandes operadores logísticos do mercado abordam o tema, já que Algumas redes de distribuição propostas na literatura podem não ser efetivamente apropriadas e aplicáveis a realidade das redes brasileiras.

Além disso, há um propósito de criar um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem através de uma ferramenta de análise como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerados frente ao cenário atual. Sendo assim, é importante identificar como os operadores logísticos que sofrem impactos, tanto das decisões de armazenagem como de transportes, se organizam para tratar o tema.

Como fonte de pesquisa prática inicial, os dados foram cedidos por um operador logístico, na condição de um dos maiores operadores mundiais, que foi a base para entender se existe alguma preocupação quando ao assunto e como ele é abordado em um dos seus grandes centros de distribuição.

Vale ressaltar que, dentre as principais operações do operador logístico, a base de informações foi focada no setor farmacêutico, pois este apresenta processos operacionais mapeados e uma quantidade muito vasta de informações abastecidas nos sistemas de gerenciamento do armazém.

Fundamentalmente, a base de dados que será utilizada nesta dissertação pode ser descrita através dos seguintes pontos:

- a. indicação do operador logístico em que os dados serão levantados: como descrito anteriormente, foram utilizados dados de um operador logístico de classe mundial chamado Operador Logístico 3PL;
- b. período da base de dados: determinação do período de tempo em que os dados serão coletados: os dados disponíveis refletem 1 mês de operação;
- c. destinatários ou quantidade de clientes envolvidos no estudo: todos os locais para onde as cargas serão enviadas: a base de dados levantada refere-se a 1.457 destinatários;
- d. valor das mercadorias transportadas do operado para os clientes: valor de faturamento por destinatário, expresso em unidade monetário. Valor total de faturamento da base de dados é de aproximadamente R\$ 308 milhões;
- e. peso dos produtos: peso da carga a ser transportada para cada destinatário expresso em quilos. Peso total projetado é de aproximadamente 2.130 toneladas;
- f. quantidade de volumes transportados: quantidade de caixas a serem enviadas para seu respectivo destinatário. O volume é de cerca de 526 mil caixas distribuídas no período;
- g. frete total: valor monetário pago em frete durante um determinado período para seu respectivo destinatário. O frete total pago neste caso é de R\$ 1,7 milhões;
- h. quantidade de notas fiscais: número absoluto de notas fiscais que foram transportadas com as cargas no período em questão para seu respectivo destinatário. Para esta base de dados a quantidade de notas fiscais é de aproximadamente 18 mil notas fiscais;

Entendida a base de dados que será utilizada neste estudo de caso, torne-se fundamental a avaliação do *modus operandi* do operador logístico para análises futuras.

4.3. Descrição do cenário atual

Anteriormente à etapa de aplicação do procedimento, é importante o entendimento do processo existente para que sejam possíveis comparações futuras frente ao cenário existente.

Para que sejam realizadas avaliações futuras, uma descrição detalhada acerca do processo de armazenagem e transporte de produtos do operador logístico foi realizada. Para tanto, utilizou-se uma operação existente que adotou processos operacionais descritos nos dois tópicos anteriores.

Antes de contextualizar a operação, torna-se necessário um breve relato de onde todos os processos e dados operacionais foram extraídos. Utilizou-se um grande operador logístico de classe mundial, intitulado Operador Logístico 3PL.

4.3.1. Operador Logístico 3PL

O Operador Logístico 3PL tem foco em gerenciamento da cadeia de suprimentos, com ramificações em diversos setores fabris e varejistas e com projetos e consultorias em fretes internacionais e processos de armazenagem e distribuição.

A empresa realiza operações ao longo dos vários setores do mercado, tais quais: de consumo, tecnologia, varejo e moda, automotivo, industrial, químico, farmacêutico, entre outros.

Para tal estudo, foi utilizada como base uma das suas operações no Brasil no setor de produtos farmacêuticos, devido a sua flexibilidade operacional e diversidade de atendimento para diferentes clientes.

As principais características da operação consideradas no estudo dizem respeito ao centro de distribuição, pois este faz parte do setor farmacêutico, com uma operação de 25.000 m²

funcionando 5 dias por semana (24 horas por dia) e com um volume de expedição de aproximadamente 8.400.000 caixas por ano, para os seus mais de 20 clientes.

As principais atividades do centro de distribuição em questão são: recebimento, armazenagem, expedição, transporte, distribuição, ciclos de material promocional, nacionalização, etiquetagem, carimbagem, classificação automatizada, separação em caixas e unidades e reembalagem. Tais atividades podem ser evidenciadas na figura:

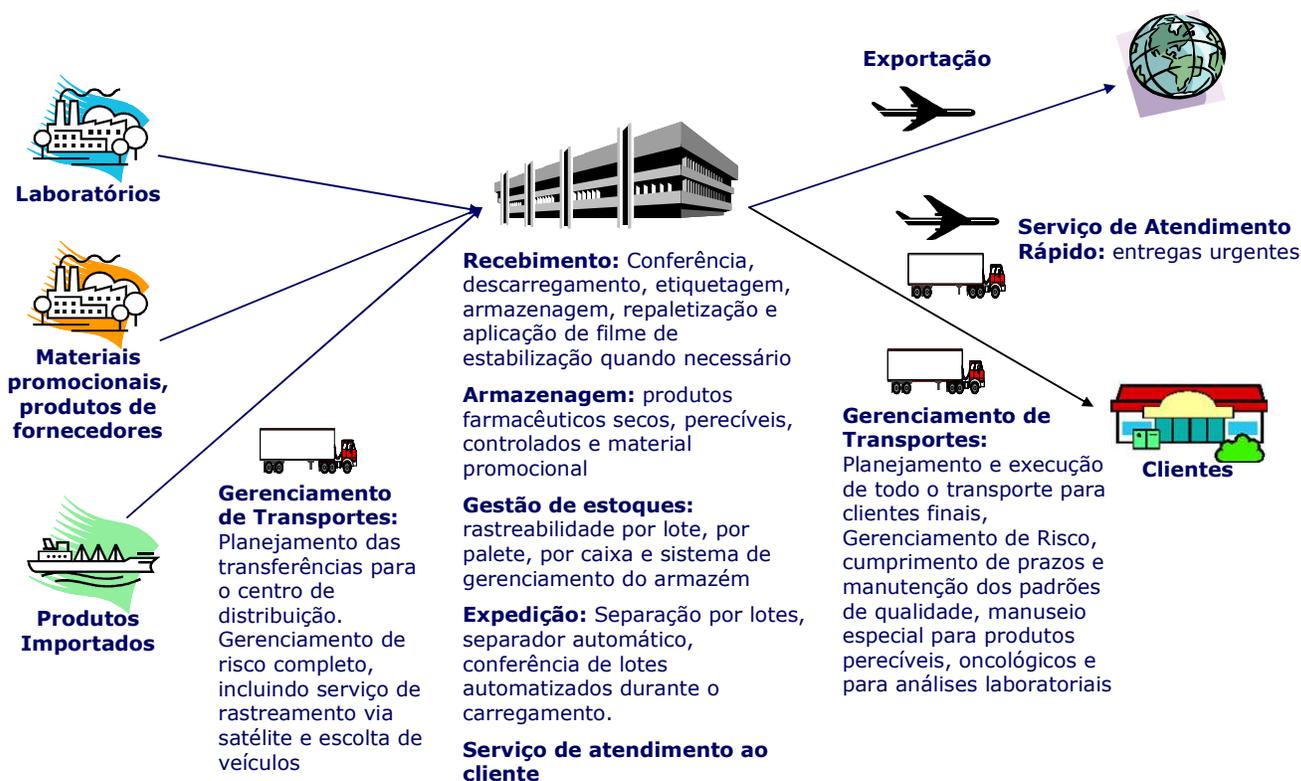


Figura 12: Macro fluxo atual de atuação do Operador Logístico 3PL

Fonte: Operador Logístico 3PL

Vale ressaltar que o projeto em questão utilizou algumas das operações julgadas as mais relevantes para as análises de redes de distribuição, armazenagem e transportes. Tais atividades foram exemplificadas no decorrer deste capítulo.

4.3.2. Armazenagem

De modo geral, os principais processos envolvidos na armazenagem são:

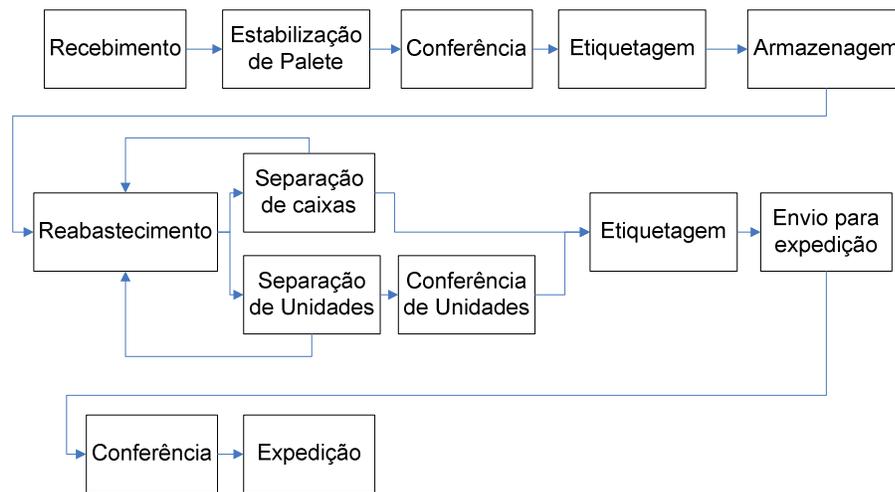


Figura 13: Fluxo operacional

Fonte: Operador Logístico 3PL

Os processos de armazenagem são divididos, fundamentalmente, em dois grandes macrofluxos: recebimento, considerando-se já o processo de estocagem, e expedição.

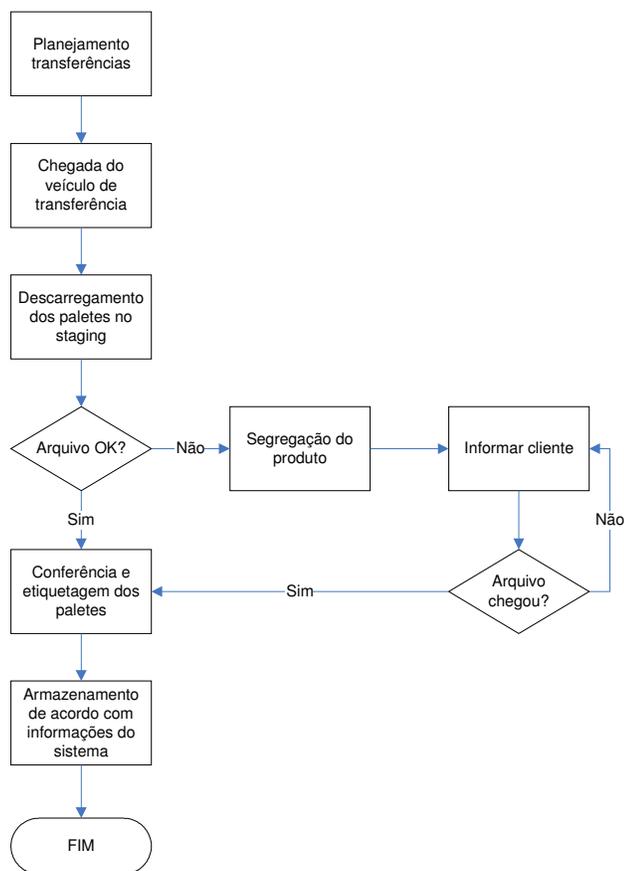


Figura 14: Macro fluxo de recebimento

Fonte: Operador Logístico 3PL

Legenda:

- *Staging*: espaço no armazém localizado em frente às docas de expedição, utilizado para acondicionamento dos paletes prontos para serem carregados nos veículos.

Todo o processo de recebimento e estocagem de produtos acabados é extremamente semelhante para todos os clientes. Dessa forma, ficou evidenciado um fluxo genérico de um processo padrão para tal operação.

Resumidamente, após chegada no Operador Logístico 3PL e autorizada a entrada pela Segurança, o veículo é estacionado na respectiva doca para que seja efetuado o seu descarregamento, após o qual inicia-se o processo de conferência visual qualitativa e quantitativa

das caixas, baseando-se na nota fiscal da carga. O recebimento é feito, em sua totalidade, paletizado e a granel.

É realizada a conferência física da carga, confrontando nota fiscal, produtos recebidos e etiquetas de identificação das caixas provenientes do cliente. Os produtos que porventura não possuam etiquetas-padrão de identificação em cada volume, como importados, por exemplo, necessitam ser etiquetados. Tais etiquetas são emitidas mediante o recebimento do arquivo contendo seus dados, a ser enviado pelo cliente por transferência eletrônica de dados.

Após término da conferência, os paletes recebem uma etiqueta de código de barras contendo a sua identificação, garantindo assim a própria rastreabilidade. Com os produtos etiquetados é possível dar a entrada do inventário no sistema. Finalmente, os paletes são direcionados para os endereços de armazenagem gerados pelo sistema de gerenciamento do armazém (WMS – *Warehousing Management System*) no momento do recebimento.

Após a liberação pelo Recebimento, os produtos são direcionados para a respectiva área, conforme a sua especificidade.

A distribuição dos produtos em cada área de armazenagem se dá de acordo com a curva ABC dos mesmos, ou seja, produtos com maior giro de estoque alocados em estruturas mais próximas umas das outras, a fim de otimizar o processo de abastecimento e desabastecimento das estruturas.

Os paletes permanecem nas estruturas até o momento em que os clientes solicitarem mercadorias. A partir desse ponto, o processo de separação dos produtos se inicia.

A separação dos lotes e a rotatividade do estoque obedecem à regra do primeiro que expira, primeiro que sai (PEPS), considerando o consumo dos paletes da área de estrutura para área de movimentação.

A separação pode ser feita de duas formas para todas as áreas de armazenagem envolvidas: separação de caixas fechadas e separação de unidades.

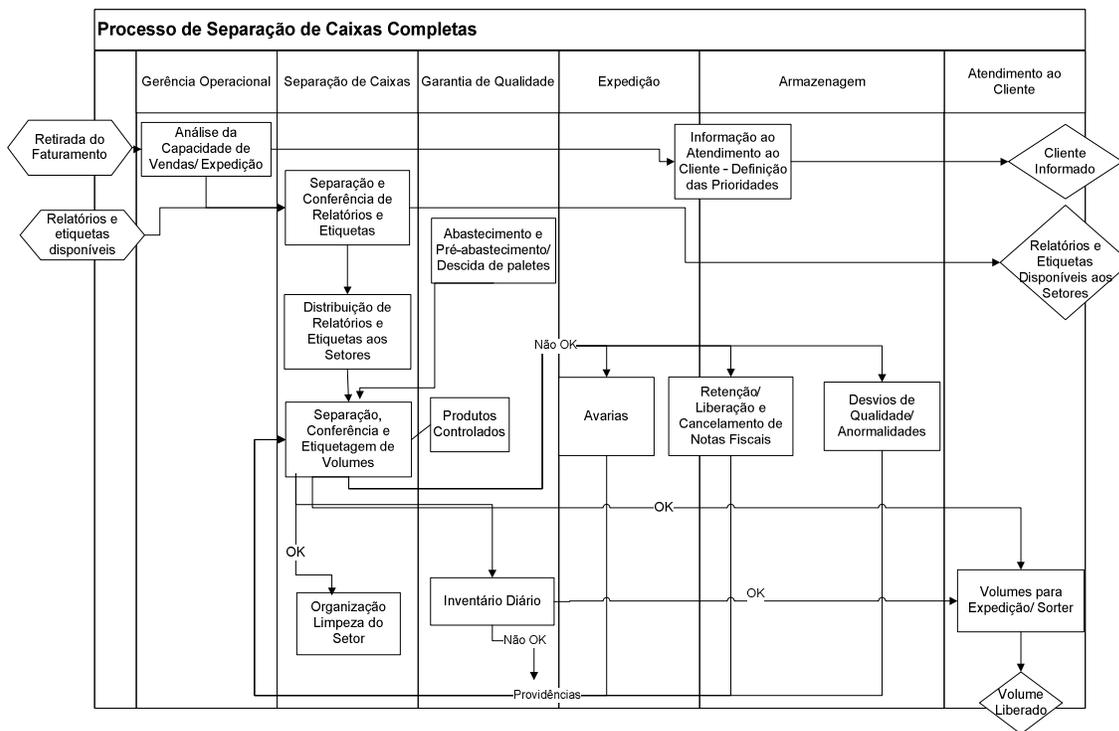


Figura 15: Processo de separação de caixas completas

Fonte: Operador Logístico 3PL

Após o envio do documento eletrônico que exibe o pedido do cliente, especificando a quantidade exata de produtos, há um pré-abastecimento das posições que são consumidas no processo de separação (reabastecimento).

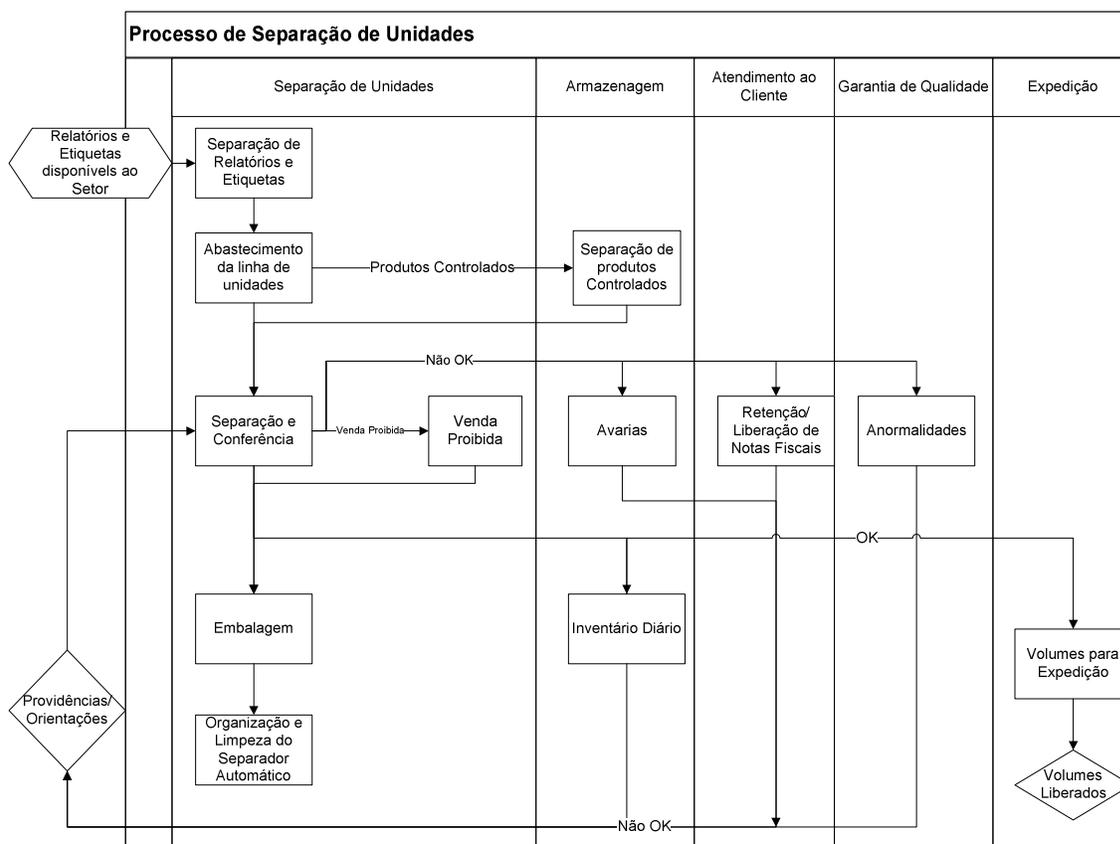


Figura 16: Processo de separação de unidades

Fonte: Operador Logístico 3PL

Os produtos provenientes da separação de caixas são organizados de acordo com o pedido, colocados diretamente nas esteiras do separador automático. A partir deste momento, os paletes são liberados para expedição, desde que os produtos provenientes da separação de unidades já tenham sido liberados pela área.

Para a operação de separação de unidades, as caixas completas são levadas para a respectiva área, onde são posicionadas em locais pré-estabelecidos para que as unidades sejam apartadas e acondicionadas em caixas de embarque.

Durante o processo, os pedidos são conferidos, confrontando-se quantidade solicitada e separada para garantir a acuracidade do processo.

Os produtos provenientes da separação de unidades são encaminhados até as esteiras do separador automático. Após este momento, eles já são direcionados para as docas específicas.

Durante a conferência de todos os itens citados, é verificada a lista de separação de cada pedido. São analisadas as informações de código, lote, quantidade unitária, validade do lote, integridade física dos volumes e embalagem adequada (no caso de produtos refrigerados ou climatizados).

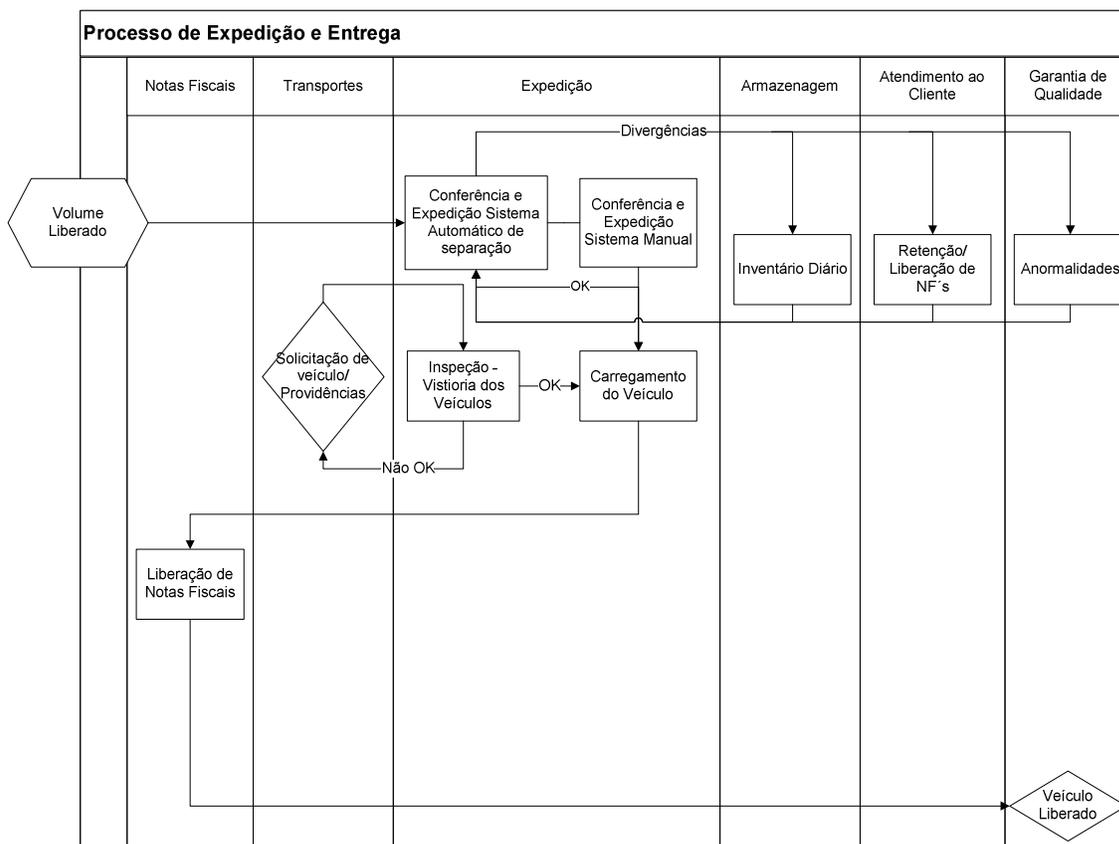


Figura 17: Processo de expedição e entrega

Fonte: Operador Logístico 3PL

Após a validação da conferência, o operador informa ao cliente quais são os pedidos já separados para que seja gerado o arquivo para emissão de notas fiscais. A emissão das notas fiscais e demais documentos de embarque é realizada pelo operador logístico, a partir dos arquivos enviados pelo cliente.

4.3.3. Transportes

Com todo o processo, chamado armazenagem, realizado e com os produtos devidamente localizados nas suas respectivas posições de embarque no centro de distribuição, o fluxo operacional de transporte pode ser descrito.

De modo geral, o fluxo de transporte segue as seguintes etapas: abastecimento, coleta, transferência e distribuição.

O abastecimento refere-se ao processo de envio, por parte dos laboratórios clientes do Operador Logístico 3PL, dos produtos a serem armazenados em seu centro de distribuição, localizado em São Paulo.

Depois de ocorridos todos os processos operacionais, o fluxo subsequente de transporte é a chamada coleta, ou seja, retirada dos produtos do centro de distribuição do operador logístico e envio para a respectiva transportadora, de acordo com a região.

Com os produtos nas transportadoras, é feito o processo de consolidação das cargas e envio para a filial da transportadora regionalizada. Esse processo é chamado transferência para o operador logístico.

Por fim, a entrega feita da filial para os clientes finais acontece pelo processo chamado entrega ou distribuição, finalizando-se assim o fluxo.

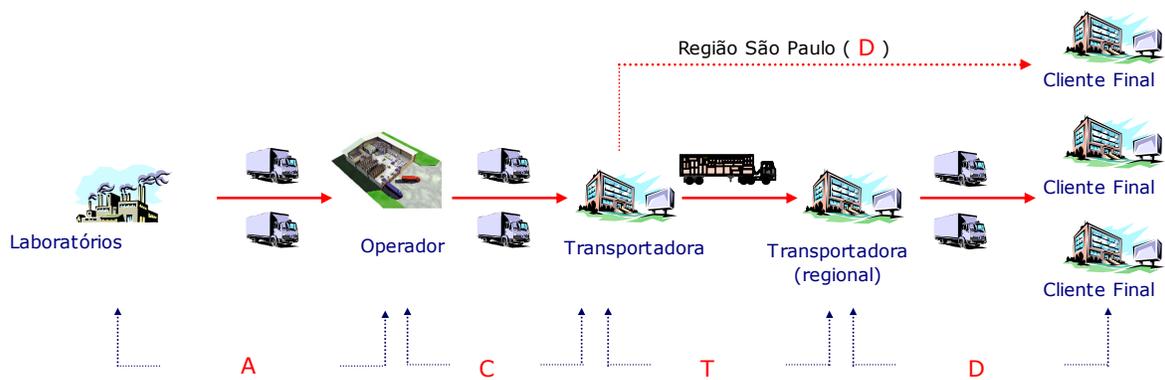


Figura 18: Macro fluxo de transporte

Fonte: Operador Logístico 3PL

Onde:

- A: Abastecimento (Laboratórios → Operador Logístico)
- C: Coleta (Operador Logístico → Transportadoras)
- T: Transferência (Transportadoras → Transportadoras Regionais)
- D: Distribuição (Transportadoras Regionais → Cliente Final)

Para atender a todo o fluxo descrito anteriormente, há uma gama de transportadoras pré-definidas por região que operam no centro de distribuição do operador logístico.

Conforme tabela, percebe-se que a operação ocorre com a utilização de nove transportadoras subdivididas para atender a todo o Brasil, de acordo com a região específica e o modal de transporte a ser utilizado.

De acordo com o conceito utilizado a seguir, fica garantida a entrega dos produtos para todos os clientes de todo o país. Vale ressaltar que a distribuição é feita conjuntamente, ou seja, sem transportadoras específicas para cada cliente.

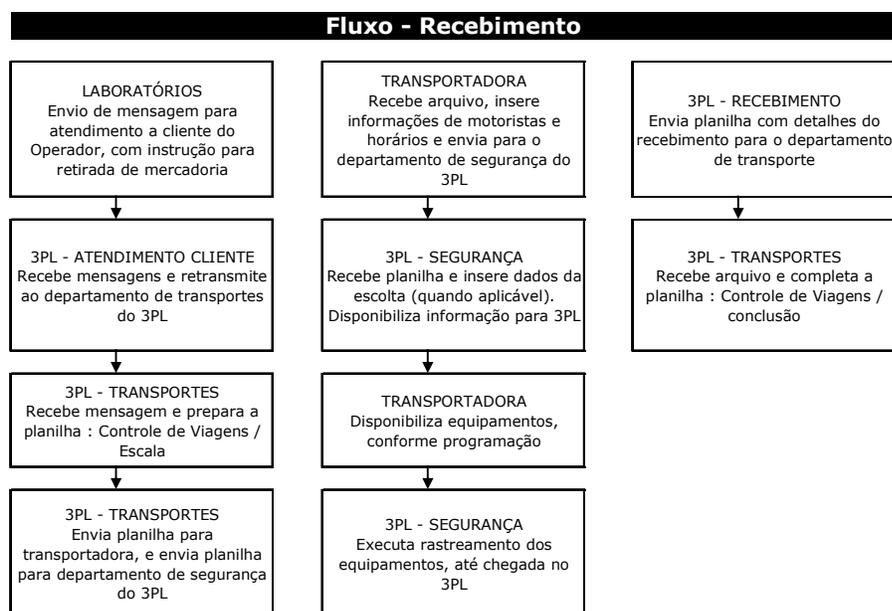
Tabela 8: Transportadoras por região do país

Transportadora	Modal	Região Atendida
Transp_1a	Aéreo	AC, AM, AP, BA, CE, ES, DF, GO, MG, MS, MT, PA, PR, RN, RJ, RO, RR, RS, SC, SP, TO
Transp_1b	Aéreo express	AC, AM, AP, BA, CE, ES, DF, GO, MG, MS, MT, PA, PR, RN, RJ, RO, RR, RS, SC, SP, TO
Transp_2a	Aéreo	AL, MA, PB, PE, PI, SE
Transp_2b	Aéreo express	AL, MA, PB, PE, PI, SE
Transp_2c	Rodoviário	BA, CE, ES, DF, GO, MG, MS, MT, PA, PR, RN, RJ, RS, SC, SP, TO, AL, MA, PB, PE, PI, SE
Transp_3a	Rodoviário	DF
Transp_3b	Rodoviário	GO, MT, MS e TO
Transp_4a	Rodoviário	GO, MT, MS e TO
Transp_4b	Rodoviário	DF
Transp_5a	Rodoviário	RJ
Transp_5b	Rodoviário	Sul
Transp_6a	Rodoviário	SP Capital
Transp_6b	Rodoviário	Interior SP
Transp_6c	Rodoviário	Ribeirão Preto
Transp_6d	Rodoviário	Catalão (GO)
Transp_7a	Rodoviário	MG
Transp_7b	Rodoviário	ES
Transp_8a	Rodoviário	RJ

Fonte: Operador Logístico 3PL

Sendo entendido como a área está estruturada, é importante identificar alguns processos internos relacionados, para que seja possível o mapeamento completo dos seus fluxos operacionais.

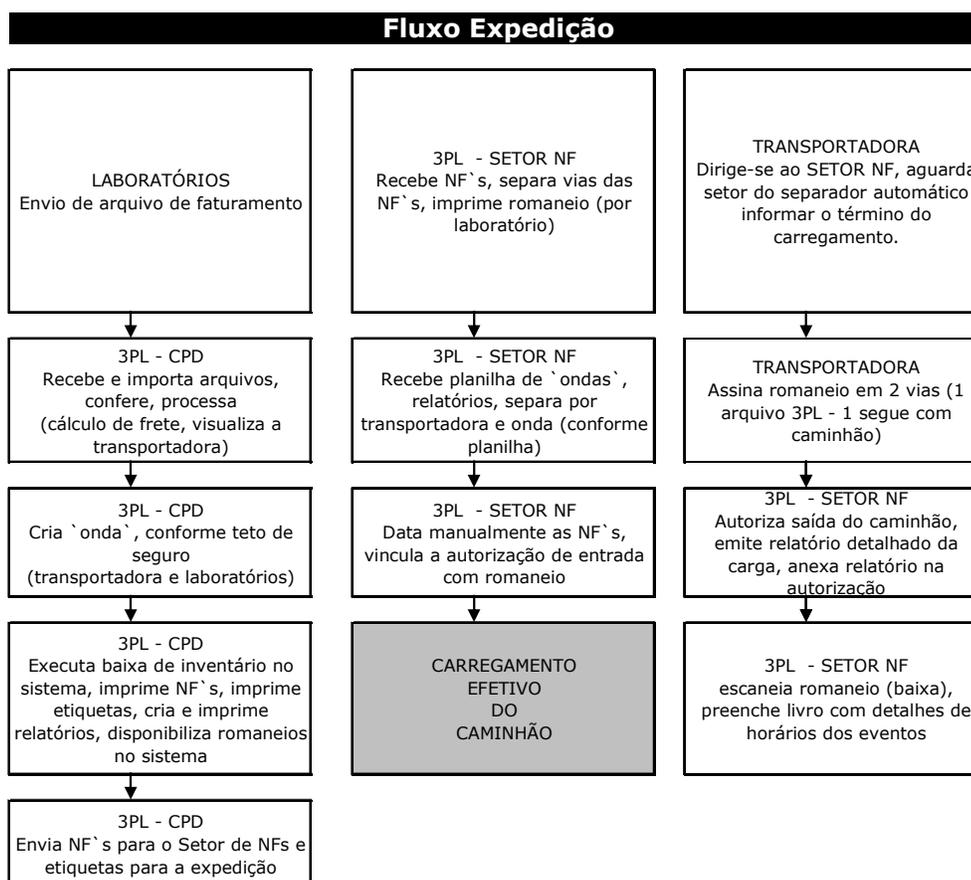
Tabela 9: Fluxo de recebimento



Fonte: Operador Logístico 3PL

Entendido o fluxo entre operador logístico e transportadora no recebimento, seguem os fluxos de expedição.

Tabela 10: Fluxo de expedição



Fonte: Operador Logístico 3PL

Legenda:

- CPD: Central de Processamento de Dados
- Onda: Limite máximo de valor financeiro embarcado por veículo
- NFs: Notas Fiscais

Para o estudo em questão, todo o processo de coleta, transferência e distribuição ocorre de acordo com a figura.

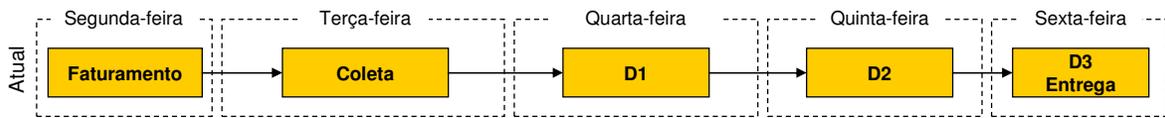


Figura 19: Período de faturamento

Fonte: Operador Logístico 3PL

Dentro do escopo do trabalho, há um período de 3 dias a partir da coleta para que os produtos cheguem a seus destinos finais.

Entendendo os problemas enfrentados pelo operador logístico, o *modus operandi* atual do 3PL e a base de dados do estudo de caso, parte-se agora para o desenvolvimento do procedimento e aplicação prática para que seja possível a conclusão da dissertação em concordância aos objetivos propostos.

5. FORMULAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Conforme descrito anteriormente, esta dissertação de mestrado tem por objetivo realizar um estudo sobre redes de distribuição comparativamente aos modelos propostos na literatura disponível e confrontar com a realidade de redes de distribuição do Brasil através de um estudo de caso.

Para que isso seja possível, a proposta é utilizar dados provenientes de um grande operador logístico de ordem mundial para que as aplicações e comparações se concretizassem. O objetivo dessas aplicações é o de comparar métodos propostos na literatura de redes de distribuição com resultados práticos de um modelo utilizado pelo operador logístico.

Feitas as comparações relevantes, a cria-se um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem através de uma ferramenta de análise como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerados frente ao cenário atual.

Resumidamente, a idéia é criar um procedimento que determine inicialmente a rede de distribuição que mais tenha aderência à base de dados utilizada e que calcule os custos relacionados à transporte e armazenagem para tal cenário.

5.1. Procedimento para preparação e validação da base de dados

Para construção do procedimento em questão, foram utilizados os aspectos mais relevantes daqueles citados na referência bibliográfica.

O procedimento foi fundamentado em conhecimentos provenientes da heurística. Dessa forma, com base na literatura e na motivação para fazer um modelo capaz de avaliar aspectos importantes de uma rede de distribuição, foi proposto um procedimento passo a passo para a obtenção dos resultados.

5.1.1. Procedimento de determinação da rede de distribuição

Os principais pontos incorporados no procedimento se referem à preparação dos dados para determinação da rede de distribuição teórica. Como consequência desta preparação, há o levantamento de todos os dados envolvidos, preparação, criação do cenário-base para comparação com resultados futuros, determinação da rede de distribuição e outras considerações importantes.

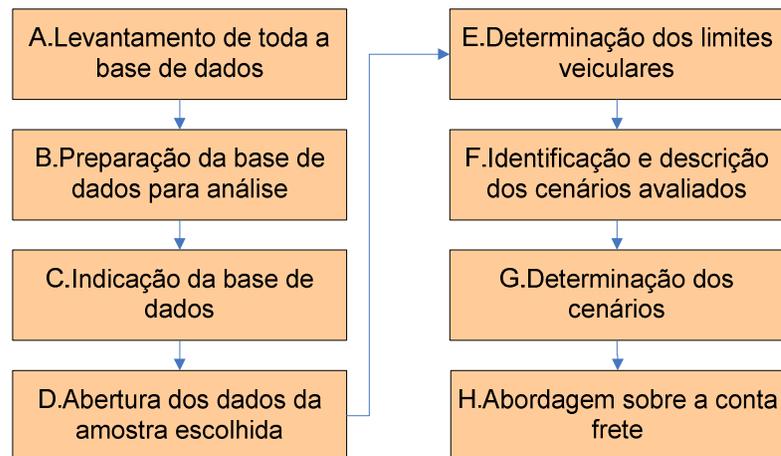


Figura 20: Procedimento geral para validação inicial

Resumidamente, os principais processos observados foram:

- Criação do cenário-base: durante a construção do procedimento para geração do cenário-base, passou-se por etapas de levantamento de dados e preparação das informações; foram de fundamental importância para a determinação dos valores iniciais de referência.
- Análise de dados: ponto onde os valores do cenário-base são trabalhados para que possam ser utilizados na determinação da rede de distribuição.
- Determinação do modelo de rede de distribuição: momento em que a rede de distribuição é escolhida, ou seja, ponto em que as opções como entrega direta, entrega direta através de operações com *milk run*, entregas através de centros de distribuição, entregas utilizando centros de distribuição e operações de *cross docking*, entregas utilizando centros de distribuição juntamente com operações de *milk run* e redes do tipo *taylored* ou rede sob medidas são avaliados com base no perfil dos dados obtidos.
- Detalhamento frente à rede escolhida: com base na rede de distribuição escolhida, é realizado um refinamento a fim de abordar fatores como a frota/transportadoras envolvida e os custos de fretes relacionados.

5.1.1.1. Levantamento de dados

O modelo proposto para criação do cenário-base é:

A. Levantamento de toda a base de dados:

- a. indicação do operador logístico em que os dados serão levantados;
- b. período: determinação do período de tempo em que os dados serão coletados;
- c. destinatários: todos os locais para onde as cargas serão enviadas;
- d. valor: valor de mercadoria a ser transportado por destinatário, expresso em unidade monetária;

- e. peso: peso da carga a ser transportada para cada destinatário expresso, em quilos;
- f. volume: quantidade de caixas a serem enviadas para seu respectivo destinatário;
- g. frete total: valor monetário pago em frete, durante um determinado período, para seu respectivo destinatário;
- h. quantidade de notas fiscais: número absoluto de notas fiscais que foram transportadas com as cargas no período em questão, para seu respectivo destinatário;
- i. compilação de todos os dados levantados anteriormente.

Realizados os processos descritos anteriormente, gera-se uma base de dados que sirva de guia para futuras comparações.

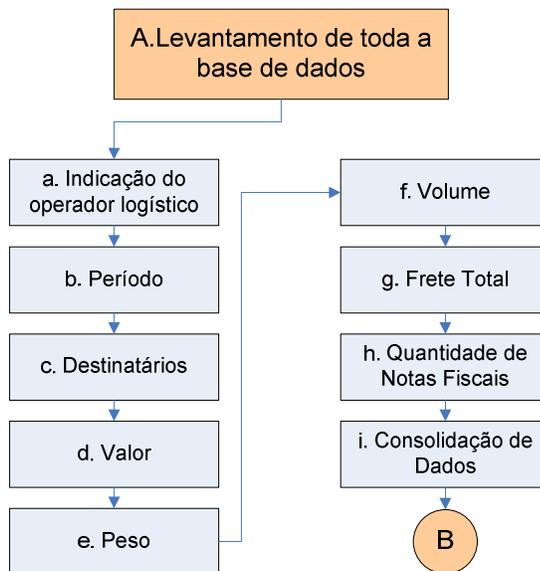


Figura 21: Levantamento da base de dados

5.1.1.2. Preparação dos dados

Feita obtenção dos dados, torna-se necessária a preparação dos a serem utilizados:

B. Preparação da base de dados para análise:

- a. classificação decrescente do frete total: com a base de dados gerados, classificam-se todas as informações no sentido do maior frete total para o menor frete total observado para cada destinatário;
- b. frete total acumulado: somam-se a cada destinatário os valores acumulados de todas as linhas de fretes avaliadas;
- c. percentual do frete total acumulado: determina-se o percentual acumulado de cada frete por destinatário até atingir o valor de 100%;
- d. classificação decrescente do faturamento: com a base de dados gerados, classificam-se todas as informações no sentido do maior para o menor valor observado para cada destinatário;
- e. faturamento acumulado: somam-se os valores acumulados de todos os faturamentos ocorridos para cada destinatário;
- f. percentual de faturamento acumulado: determina-se o percentual acumulado do faturamento por destinatário até atingir o valor de 100%;
- g. classificação decrescente do peso: classificam-se todas as informações no sentido do maior para o menor valor observado para cada destinatário;
- h. peso acumulado: somam-se os pesos acumulados para cada destinatário;
- i. percentual de peso acumulado: determina-se o percentual acumulado do peso por destinatário até atingir o valor de 100%;
- j. classificação decrescente do volume: com a base de dados gerados, classificam-se todas as informações no sentido do maior para o menor valor observado para cada destinatário;

- k. volume acumulado: somam-se as quantidades de caixas da carga acumuladas para cada destinatário;
- l. percentual de volume acumulado: determina-se o percentual acumulado do volume por destinatário até atingir o valor de 100%;
- m. classificação decrescente das notas fiscais: classificam-se todas as informações no sentido do maior para o menor para cada destinatário;
- n. quantidade de notas fiscais acumuladas: somam-se as quantidades de notas fiscais acumuladas para cada destinatário;
- o. percentual de quantidade de notas fiscais acumulado: determina-se o percentual acumulado de notas fiscais por destinatário até o valor de 100%;
- p. compilação de todos os dados levantados anteriormente.
- q. dados corretos com “A.i”?; este é um ponto de validação, pois se os dados não baterem com a etapa anterior os mesmos devem ser revistos.

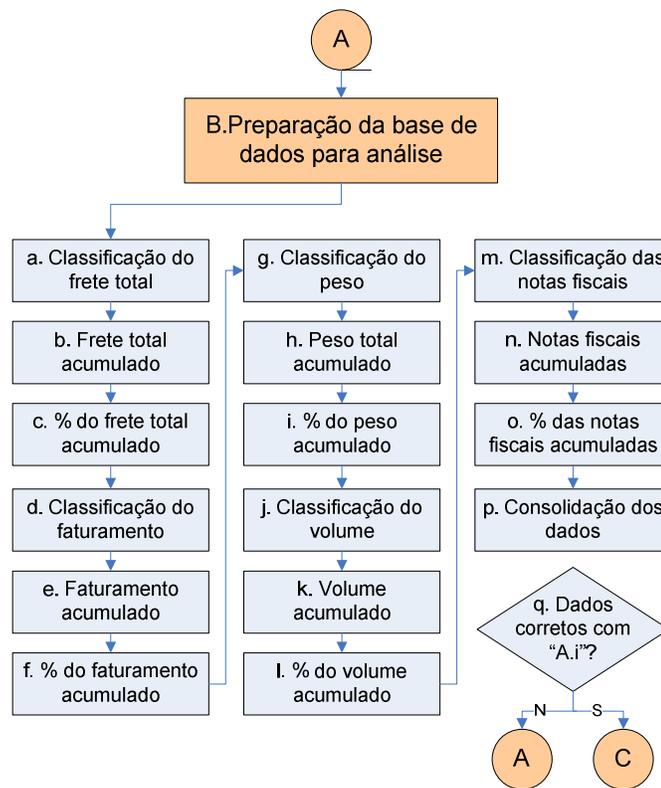


Figura 22: Preparação da base de dados

5.1.1.3. Indicação da base de dados e construção do cenário-base

Feita a preparação dos dados, torna-se necessária a indicação da base de dados para o cenário-base a ser utilizado:

- C. Indicação da base de dados e construção do cenário-base:
 - a. Avaliação do grau de importância de cada indicador:
 - i. percentual acumulado de frete total;
 - ii. percentual acumulado de faturamento;
 - iii. percentual acumulado do peso;
 - iv. percentual acumulado do volume;
 - v. percentual acumulado da quantidade de notas fiscais;
 - b. determinação de qual ou quais indicadores serão utilizados como linha de corte da base total de dados para a formação da amostra se necessário;
 - c. determinação da linha de corte com base nos percentuais identificados para o indicador escolhido se necessário;
 - d. segmentação da amostra escolhida da base de dados total inicial, caso houver;
 - e. colocação da amostra obtida como “cenário atual”: os dados obtidos referem-se à operação ou modelo de operação do chamado de cenário-base, ou seja, valores e quantidades de acordo com a situação existente.

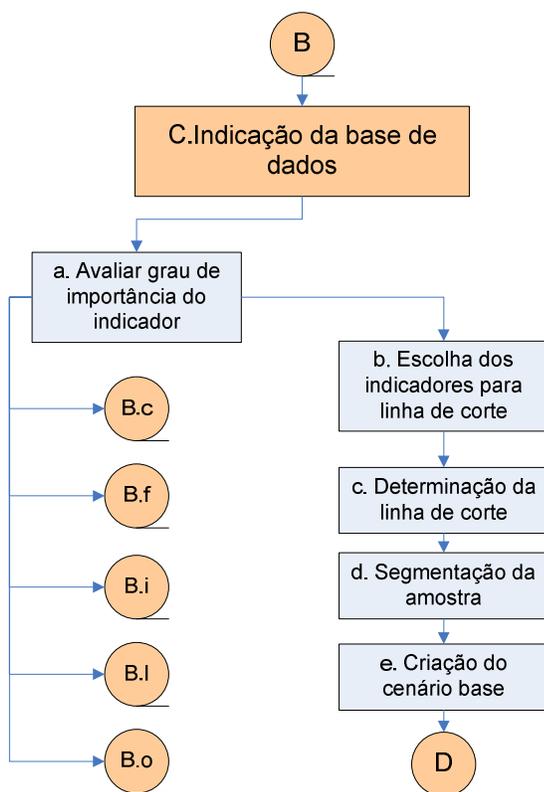


Figura 23: Escolha da amostra

Com base no procedimento criado, o cenário-base foi adotado como ponto de referência para as análises quantitativas a serem realizadas.

5.1.1.4. Análise dos dados

Este é o momento em que se iniciam as avaliações dos dados escolhidos nas etapas de levantamento do cenário-base.

D. Abertura dos dados da amostra escolhida:

- a. separação da amostra escolhida anteriormente;
- b. abertura das informações de frete, faturamento, distância, peso, volume e quantidade de notas fiscais dia-a-dia;

- c. checagem das informações individuais *versus* os valores totais para cada indicador.

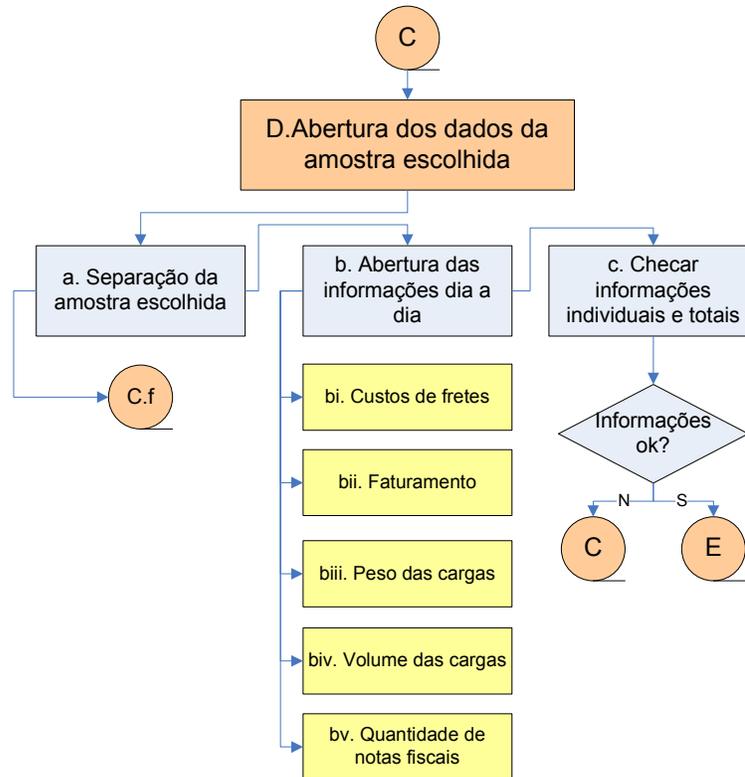


Figura 24: Abertura dos dados da amostra

E. Determinação das capacidades e limites veiculares:

- a. identificar os veículos que farão parte da análise: Carreta, *truck*, toco e 3/4;
- b. determinar a capacidade em peso permitida para cada tipo de veículo;
- c. determinar o volume máximo permitido de acordo com o perfil dos veículos;
- d. determinar os limites de faturamento, ou de valor de carga, para cada tipo de veículo;
- e. determinar indicadores de poluição;
- f. consolidar os dados obtidos.

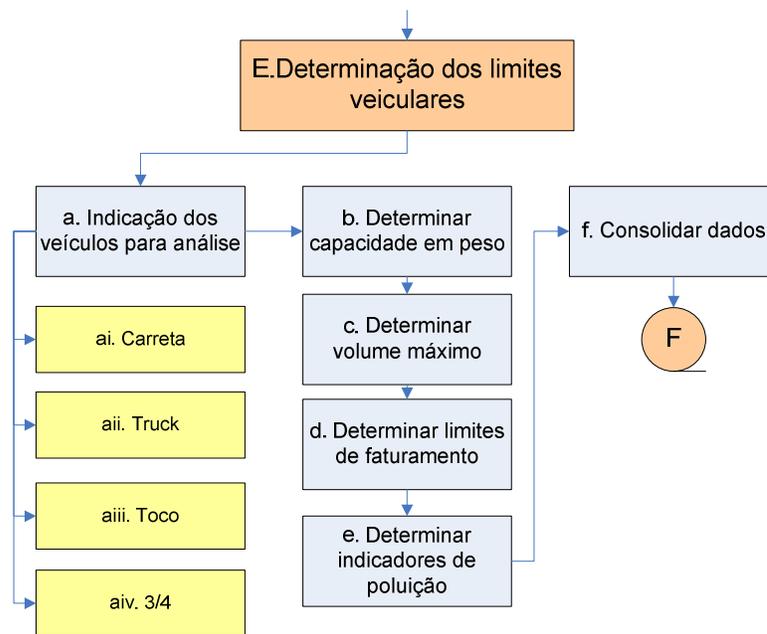


Figura 25: Definição dos limites veiculares

5.1.1.5. Determinação do modelo de rede de transporte

Com todos os dados em mãos e com base na literatura, determina-se qual é a melhor rede de distribuição para o perfil identificado no cenário-base.

F. Identificação e descrição dos cenários avaliados (Chopra, 2004):

- a. entrega direta: veículos saindo do cento de distribuição todos os dias em que haja faturamento de pedidos;
- b. entrega direta consolidada: veículos saindo dos centros de distribuição a cada dois dias, de forma consolidada, de modo a aumentar a sua ocupação;
- c. *Milk run*: entrega com janelas programadas, com saída do centro de distribuição todos os dias em que haja faturamento de pedidos;

- d. *Milk run* consolidado: entrega com janelas programadas, com veículos saindo dos centros de distribuição a cada dois dias, de forma consolidada, de modo a aumentar a sua ocupação;
- e. *Cross docking*: entrega utilizando ponto de *cross docking* para redirecionamento das cargas aos respectivos destinatários, com veículos saindo do centro de distribuição todos os dias em haja faturamento de pedidos;
- f. *Cross docking* consolidado: entrega utilizando ponto de *cross docking* para redirecionamento das cargas aos respectivos destinatários, com veículos saindo dos centros de distribuição, de forma consolidada, a cada dois dias;
- g. *Tailored*: entrega utilizando uma combinação das operações logísticas citadas anteriormente, com veículos saindo do centro de distribuição todos os dias em que haja faturamento de pedidos;
- h. *Tailored* consolidado: entrega utilizando uma combinação das operações logísticas citadas anteriormente, com veículos saindo dos centros de distribuição, de forma consolidada, a cada dois dias.

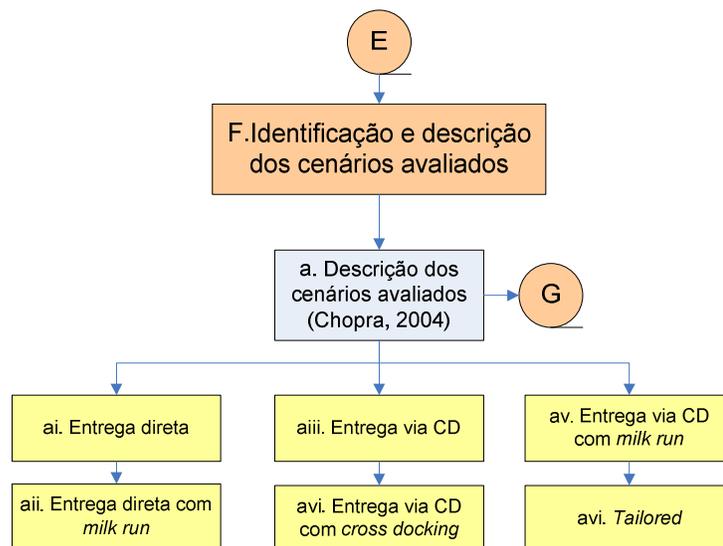


Figura 26: Indicação dos cenários avaliados

G. Determinação dos cenários a serem avaliados:

- a. conceituação das tabelas de referências que relacionam o perfil do transporte e a rede de transporte (Chopra, 2004);
- b. determinação de indicadores de distâncias:
 - i. curtas: até 400 km
 - ii. médias: de 401 até 900 km
 - iii. longas: acima de 900 km
- c. determinação de indicadores de densidade:
 - i. alta: até 18 toneladas por veículo
 - ii. média: até 9 toneladas por veículo
 - iii. baixa: até 3 toneladas por veículo
- d. determinação de indicadores de Demanda:
 - i. alta: acima de 1.500 caixas por embarque
 - ii. baixa: até 1.500 caixas por embarque
- e. determinação de indicadores de Valor:
 - i. alto: acima de R\$ 1,2 milhões por embarque
 - ii. baixo: até R\$ 1,2 milhões por embarque
- f. entrada dos dados de distância e densidade no modelo;
- g. determinação do perfil da frota e modelo de distribuição;
- h. entrada dos dados de demanda e valor no modelo;
- i. determinação do modelo de comportamento do estoque ao longo da rede de transporte;
- j. escolha dos cenários mais adequados para serem avaliados de acordo com os resultados obtidos.

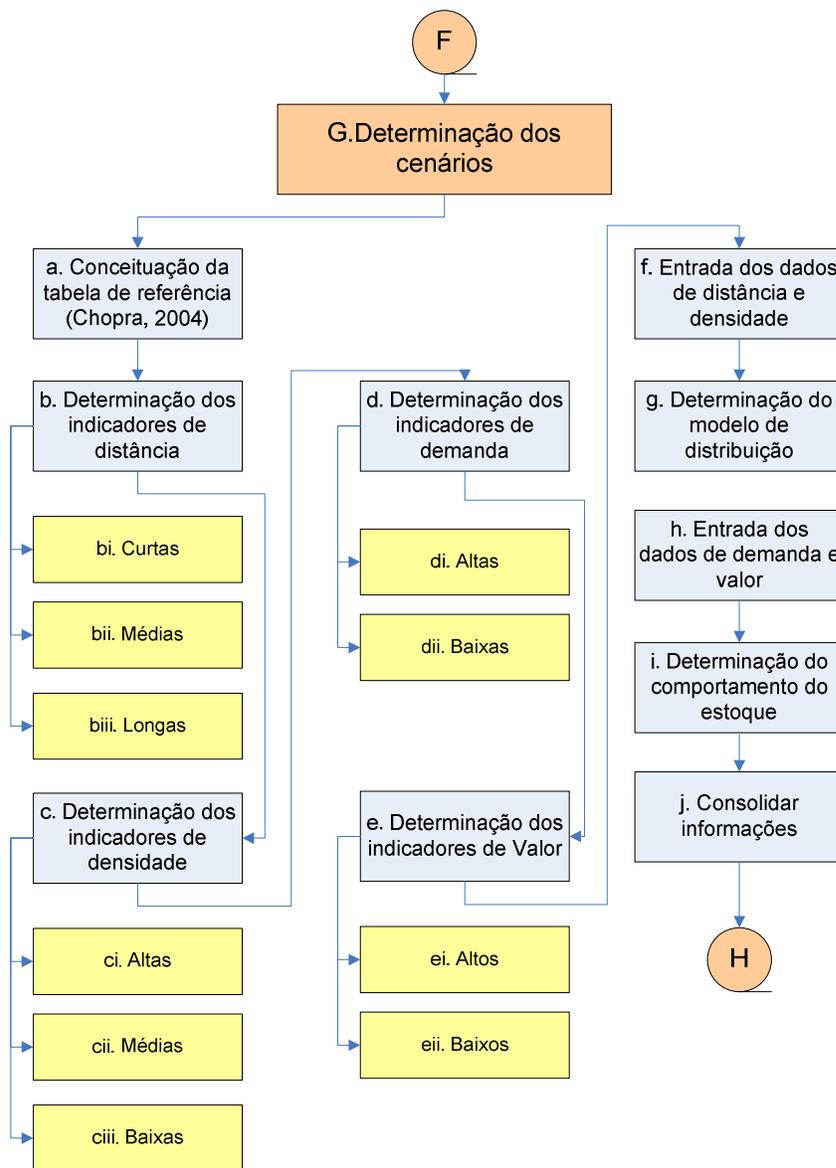


Figura 27: Determinação dos cenários avaliados

Com base no procedimento sugerido até o momento, é possível determinar qual a rede de transporte que melhor se encaixa, com base no perfil do cenário inicial.

5.1.1.6. Abordagem sobre a conta frete

Como forma de detalhar a rede de distribuição, é possível avaliar o perfil da frota que será utilizada para o transporte do material. Vale ressaltar que no projeto de pesquisa em questão este tema não será abordado na íntegra, mas é um demonstrativo de como se avaliar transportadoras antes de designá-las para movimentar os produtos. De forma prática, as transportadoras contratadas pelo operador logístico 3PL passam por uma avaliação quantitativa e qualitativa indicada abaixo.

H. Decisão sobre a propriedade da frota (Fleury, 2002):

- a. confrontar informações:
 - i. custo
 - ii. serviço
 - iii. rentabilidade
- b. avaliar as necessidades:
 - i. tamanho da operação
 - ii. competência gerencial interna
 - iii. competência e competitividade do setor
 - iv. volumes de investimentos
 - v. modal utilizado
 - vi. identificação da rede a ser avaliada
- c. selecionar transportadoras participantes: critérios de seleção (Fleury, 2002);
 - i. confiabilidade
 - ii. preço
 - iii. flexibilidade operacional
 - iv. flexibilidade comercial

- v. saúde financeira
- vi. qualidade do pessoal operacional
- vii. informações de desempenho
- d. avaliar impactos ambientais;
- e. recomendar transportadoras.

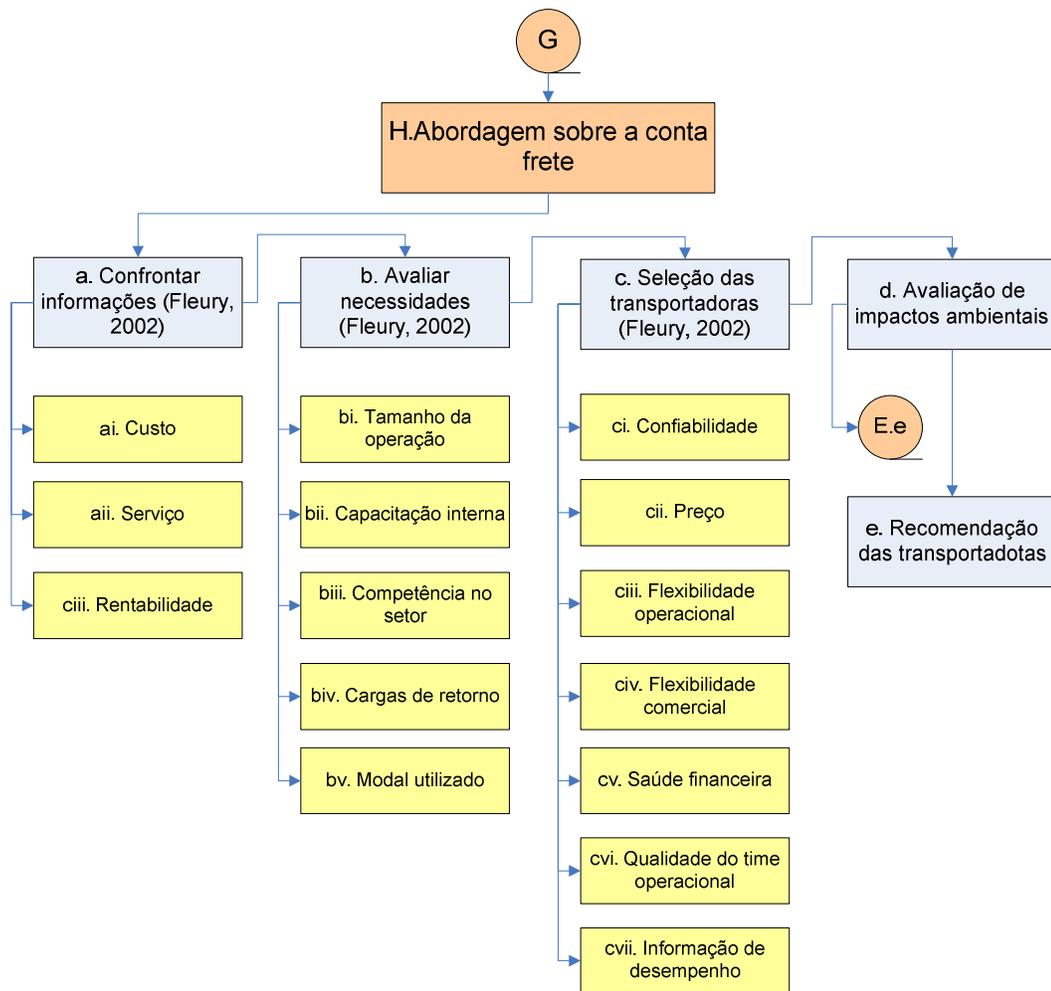


Figura 28: Decisão sobre a frota

Após a preparação inicial, o próximo passo é estruturar um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem através de uma ferramenta de análise como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerados frente ao cenário atual.

5.2. Procedimento para cálculo de custos de transportes

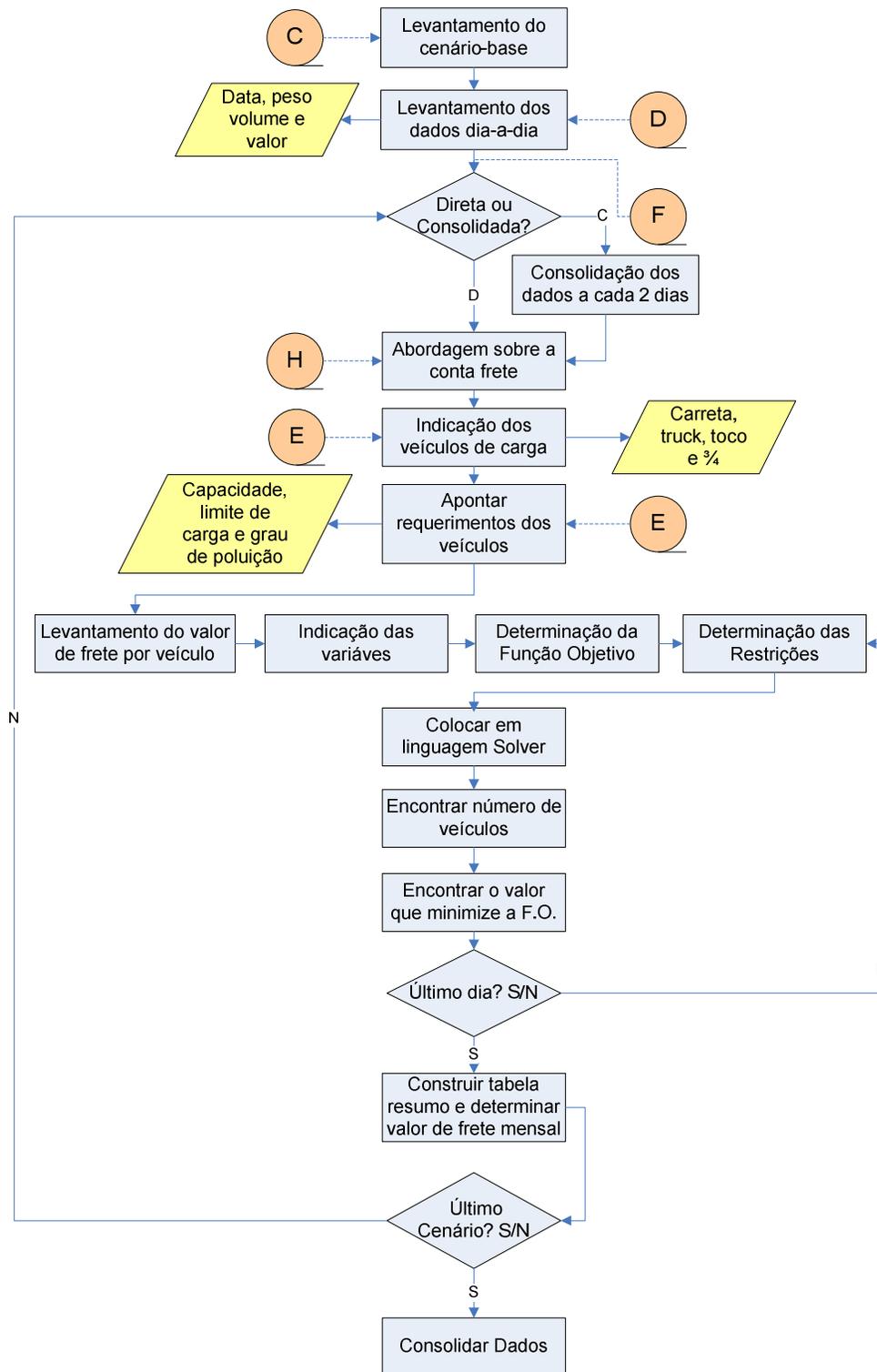


Figura 29: Procedimento para cálculo de custos de transporte

O procedimento proposto para cálculo de fretes é o apontado acima.

Conhecido o perfil da rede de distribuição é necessário criar um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem através de uma ferramenta de análise como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerados frente ao cenário atual.

Para dar suporte ao cálculo dos custos de transportes e de armazenagem, ao longo da aplicação do procedimento utilizou-se a ferramenta *Solver* do MS Excel como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que podem ser gerado frente ao cenário base ou atual.

Segundo o item “C.Indicação da base de dados” do procedimento, é possível identificar qual a base de dados que será levada em consideração no estudo.

Com a interface com o item “D – Abertura dos dados da amostra escolhida”, obtêm-se os dados dia a dia, e segundo o item “F – Identificação e descrição dos cenários avaliados” determina-se se a carga é direta e consolidada. Se forem cargas consolidadas, haverá – como regra – uma consolidação dos dados a cada 2 dias para a modelagem. Para o cenário de carga direta, a etapa seguinte é uma breve abordagem sobre a conta frete.

As três etapas subseqüentes também já passaram pelo procedimento descrito anteriormente. Sendo assim, basta resgatar as informações para que sejam indicadas as transportadoras (item H.Abordagem sobre a conta frete), os veículos – do tipo carreta, *truck*, toco e $\frac{3}{4}$ (item E – Determinação dos limites veiculares) – e seus requerimentos especiais, tais quais capacidade, limite de carga e grau de poluição.

Após tal processo, vem a etapa de cálculo do custo de transportes feita por meio do levantamento dos custos de fretes por veículo, seguida pela identificação das variáveis de decisão, determinação da função objetivo e das respectivas restrições para o modelo.

Com isso, basta colocar em linguagem *Solver* e determinar a quantidade de veículos e a sua respectiva minimização da função objetiva para cálculo de frete. Rodando a primeira interação, basta repetir a seqüência todos os dias para se ter um retrato mensal consolidado. Caso seja de interesse, repetir todo o modelo para novos destinatários e/ou cenários.

5.3. Procedimento para cálculo de custos de armazenagem

Realizada o procedimento de cálculo de custos de transportes, é importante realizar o procedimento de armazenagem para averiguação do impacto geral. Além disso, é fundamental entender como os dois fluxos se encontram e como fazem parte de um mesmo processo de análise total de resultados.

Conforme pode ser verificado no procedimento de armazenagem, percebe-se que o processo inicial de levantamento de informações para armazenagem provém do fluxo de transporte, ou seja, o processo se inicia com levantamento das informações de data, peso, volume e valor da carga, dia-a-dia.

O próximo passo, análogo ao processo de transporte, é identificar se o cenário escolhido se dará por meio de entregas consolidadas ou diretas. Caso o primeiro caso seja escolhido, é necessário somar as respectivas informações levantadas a cada dois dias, mas se a escolha for o segundo, a etapa seguinte já se torna, especificamente, o processo de armazenagem.

A partir das informações descritas, tomam-se os volumes em caixas e se informa a conversão de quantidade de caixas por palete para identificar o equivalente número de paletes. Com os volumes em mãos, determina-se o processo em que tais volumes irão impactar na operação atual.

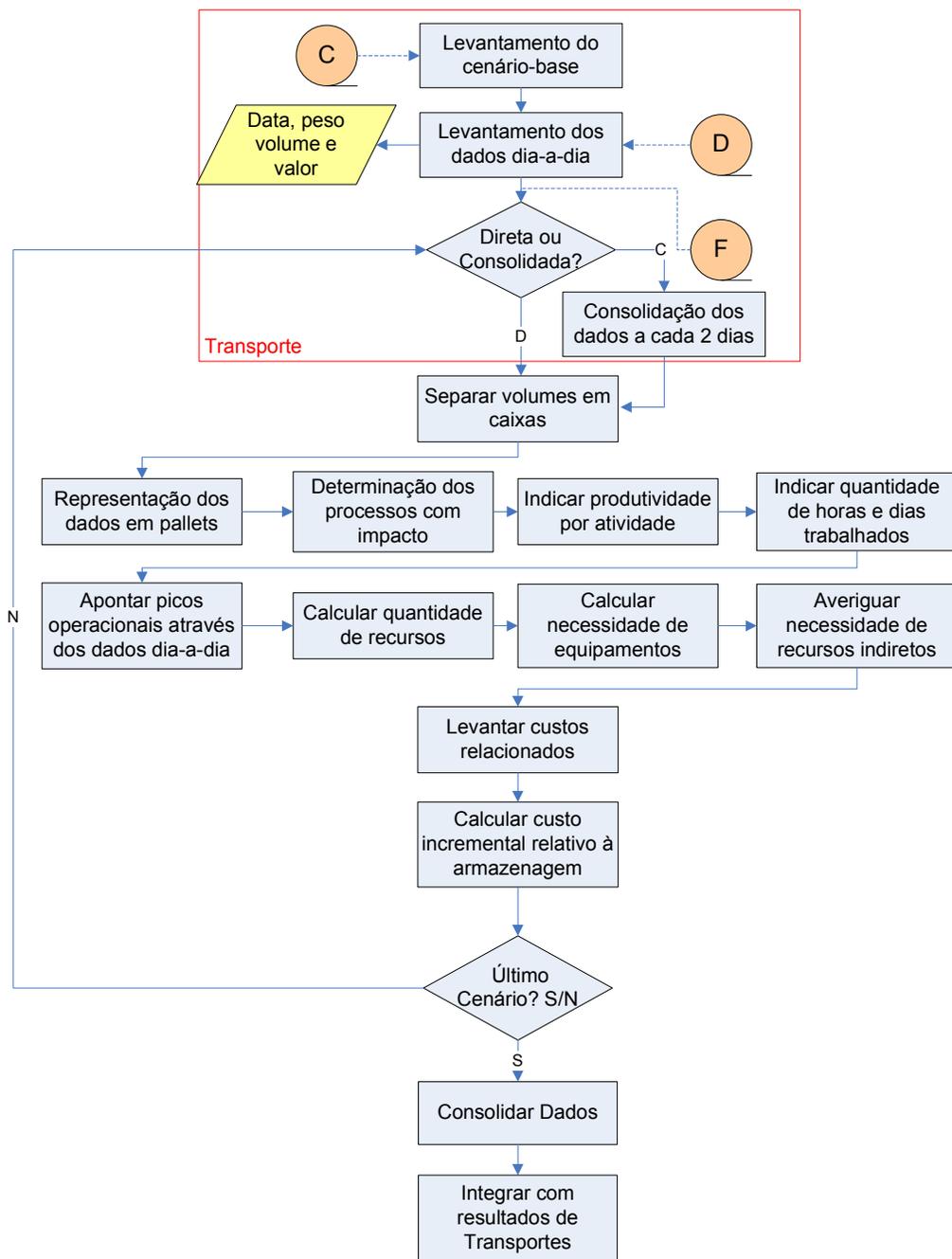


Figura 30: Procedimento para cálculo de custos de armazenagem

É neste momento que está sendo preparado o dimensionamento de recursos e equipamentos a fim de atender aos volumes. Para isso é necessário indicar a produtividade para cada atividade, a quantidade de horas trabalhadas, e apontar os picos operacionais, baseando-se

nos dados do dia-a-dia. Por fim, averigüa-se a necessidade de mão-de-obra indireta para as operações.

Com o dimensionamento realizado, torna-se imprescindível o levantamento dos custos relativos de equipamentos e pessoas, para que a operação possa ser precificada. Havendo novos destinatários, repete-se novamente o procedimento.

Finalmente, faz-se a junção de dados provenientes do fluxo de cálculo de custos de transporte para identificar o real desempenho do cenário avaliado frente o cenário atual.

Após a passagem por todas as etapas construídas anteriormente, é possível obter os resultados e verificar se os objetivos foram alcançados.

6. APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

6.1. Aplicação do procedimento para preparação e validação da base de dados

Conhecido o modelo de operação atual do operador logístico e tendo em vista os objetivos da dissertação deve partir agora para a aplicação prática dos procedimentos propostos.

6.1.1. Aplicação do procedimento de determinação da rede de distribuição

Foi utilizado o procedimento proposto na íntegra, passo a passo, para que os resultados pudessem ser encontrados.

6.1.1.1. Levantamento de dados

- A. Levantamento de toda a base de dados:
 - a. indicação do operador logístico em que os dados serão levantados: (como descrito anteriormente, foram utilizados dados de um operador logístico de classe mundial chamado Operador Logístico 3PL);

- b. período: determinação do período de tempo em que os dados serão coletados (os dados disponíveis refletem 1 mês de operação);
- c. destinatários: todos os locais para onde as cargas serão enviadas [a base de dados levantada refere-se a 1.456 destinatários (clientes)];
- d. valor: valor de mercadoria a ser transportado ao por destinatário, expresso em unidade monetária (valor total de faturamento de aproximadamente R\$ 308 milhões);
- e. peso: peso da carga a ser transportada para cada destinatário expresso em quilos (peso total projetado de aproximadamente 2.127 toneladas);
- f. volume: quantidade de caixas a serem enviadas para seu respectivo destinatário (volume de cerca de 526 mil caixas distribuídas);
- g. frete total: valor monetário pago em frete durante um determinado período para seu respectivo destinatário (frete total pago de R\$ 1,76 milhões);
- h. quantidade de notas fiscais: número absoluto de notas fiscais que foram transportadas com as cargas no período em questão para seu respectivo destinatário (produção de aproximadamente 18,7 mil notas fiscais);
- i. compilação de todos os dados levantados anteriormente.

Os dados resumidos obtidos são:

Tabela 11: Dados compilados da base de dados

INDICADORES (UN/MÊS)	TOTAL
Destinatários	1.456
Faturamento (R\$)	R\$ 308.165.177
Peso da Carga (Kg)	2.127.405
Volume da Carga (Caixas)	526.097
Frete Total (R\$)	R\$ 1.760.263
Número de NF	18.770

Fonte: Operador Logístico 3PL

Segue o resumo de todos os dados avaliados: vale ressaltar que a tabela apresentada está resumida, com apenas 8 dos 1456 destinatários.

Tabela 12: Dados detalhados da base de dados

DEST.	VALOR	PESO	VOLUME	FRETE	QTDE. DE NF
1	R\$ 14.169,00	3,19	5	R\$ 97,85	3
2	R\$ 18.447,32	106,98	31	R\$ 87,11	7
3	R\$ 11.030,70	75,00	25	R\$ 72,56	8
4	R\$ 8.170,98	483,01	53	R\$ 110,69	2
5	R\$ 3.104,72	1,96	4	R\$ 47,67	2
6	R\$ 8.029,44	890,02	164	R\$ 310,47	1
1455	R\$ 7.706,76	511,68	83	R\$ 163,54	3
1456	R\$ 1.400,00	16,10	5	R\$ 31,98	1

Fonte: Operador Logístico 3PL

6.1.1.2. Preparação dos dados

B. Preparação da base de dados para análise:

- classificação decrescente do frete total: com a base de dados gerada, classificam-se todas as informações no sentido do maior frete total para o menor frete total observado para cada destinatário;
- frete total acumulado: somam-se, a cada destinatário, os valores acumulados de todas as linhas de fretes avaliadas;
- percentual do frete total acumulado: determina-se o percentual acumulado de cada frete por destinatário até atingir o valor de 100%;

Tabela 13: Análise de frete

DESTINATÁRIO	FRETE TOTAL	FÓRMULA	%
397	R\$ 152.903	R\$ 152.903	9%
390	R\$ 105.670	R\$ 258.572	15%
1187	R\$ 99.751	R\$ 358.323	20%
1120	R\$ 95.942	R\$ 454.265	26%
811	R\$ 68.194	R\$ 522.460	30%
1253	R\$ 50.096	R\$ 572.556	33%
97	R\$ 10	R\$ 1.760.258	100%
423	R\$ 5	R\$ 1.760.263	100%

Fonte: Operador Logístico 3PL

- d. classificação decrescente do faturamento: com a base de dados gerados, classificam-se todas as informações no sentido do maior para o menor valor observado para cada destinatário;
- e. faturamento acumulado: somam-se os valores acumulados de todos os faturamentos ocorridos para cada destinatário;
- f. percentual de faturamento acumulado: determina-se o percentual acumulado do faturamento por destinatário até atingir o valor de 100%;

Tabela 14: Análise de faturamento

<u>DESTINATÁRIO</u>	<u>VALOR</u>	<u>FÓRMULA</u>	<u>%</u>
397	R\$ 33.361.203	R\$ 33.361.203	11%
390	R\$ 25.283.691	R\$ 58.644.894	19%
1120	R\$ 21.403.282	R\$ 80.048.176	26%
1187	R\$ 14.789.259	R\$ 94.837.435	31%
811	R\$ 12.767.947	R\$ 107.605.382	35%
89	R\$ 10.193.774	R\$ 117.799.157	38%
806	R\$ 8	R\$ 308.165.172	100%
719	R\$ 6	R\$ 308.165.177	100%

Fonte: Operador Logístico 3PL

- g. classificação decrescente do peso: com a base de dados gerados, classificam-se todas as informações no sentido do maior para o menor valor observado para cada destinatário;
- h. peso acumulado: somam-se os pesos acumulados para cada destinatário;
- i. percentual de peso acumulado: determina-se o percentual acumulado do peso por destinatário até atingir o valor de 100%;

Tabela 15: Análise de peso

<u>DESTINATÁRIO</u>	<u>PESO</u>	<u>FÓRMULA</u>	<u>%</u>
397	203.855	203.855	10%
1187	113.718	317.573	15%
1120	100.903	418.476	20%
811	92.335	510.811	24%
390	88.756	599.568	28%
827	56.785	656.352	31%
719	0	2.127.405	100%
195	0	2.127.405	100%

Fonte: Operador Logístico 3PL

- j. classificação decrescente do volume: com a base de dados gerados, classificam-se todas as informações no sentido do maior para o menor valor observado para cada destinatário;
- k. volume acumulado: somam-se as quantidades de caixas da carga acumuladas para cada destinatário;
- l. percentual de volume acumulado: determina-se o percentual acumulado do volume por destinatário até atingir o valor de 100%;

Tabela 16: Análise de volume

<u>DESTINATÁRIO</u>	<u>VOLUME</u>	<u>FÓRMULA</u>	<u>%</u>
397	54.328	54.328	10%
390	32.597	86.925	17%
1120	31.101	118.026	22%
1187	29.286	147.312	28%
811	25.886	173.198	33%
1253	16.148	189.346	36%
1266	1	526.096	100%
432	1	526.097	100%

Fonte: Operador Logístico 3PL

- m. classificação decrescente das notas fiscais: com a base de dados gerados, classificam-se todas as informações no sentido do maior para o menor valor observado para cada destinatário;
- n. quantidade de notas fiscais acumuladas: somam-se as quantidades de notas fiscais acumuladas para cada destinatário;
- o. percentual de quantidade de notas fiscais acumulado: determina-se o percentual acumulado de notas fiscais por destinatário até atingir o valor de 100%;

Tabela 17: Análise de notas fiscais

<u>DESTINATÁRIO</u>	<u>QTDE. DE NF</u>	<u>FÓRMULA</u>	<u>%</u>
390	1723	1723	9%
397	904	2627	14%
89	618	3245	17%
357	592	3837	20%
1187	345	4182	22%
436	343	4525	24%
432	1	18769	100%
97	1	18770	100%

Fonte: Operador Logístico 3PL

- p. compilação de todos os dados levantados anteriormente;
- q. dados corretos com etapa “A.i” do procedimento?: Sim.

Tabela 18: Análise de dados totais

VALOR	%	PESO	%	VOLUME	%	FRETE TOTAL	%	QTDE. DE NF	%
R\$ 33.361.203	11%	203.855	10%	54.328	10%	R\$ 152.903	9%	1723	9%
R\$ 25.283.691	19%	113.718	15%	32.597	17%	R\$ 105.670	15%	904	14%
R\$ 21.403.282	26%	100.903	20%	31.101	22%	R\$ 99.751	20%	618	17%
R\$ 14.789.259	31%	92.335	24%	29.286	28%	R\$ 95.942	26%	592	20%
R\$ 12.767.947	35%	88.756	28%	25.886	33%	R\$ 68.194	30%	345	22%
R\$ 10.193.774	38%	56.785	31%	16.148	36%	R\$ 50.096	33%	343	24%
R\$ 8	100%	0	100%	1	100%	R\$ 10	100%	1	100%
R\$ 6	100%	0	100%	1	100%	R\$ 5	100%	1	100%

Fonte: Operador Logístico 3PL

6.1.1.3. Indicação da base de dados e construção do cenário-base

C. Indicação da base de dados e construção do cenário base:

a. avaliação do grau de importância de cada indicador:

com a base de dados total criada, monta-se uma tabela com somente os indicadores percentuais para que se possa ter uma idéia do grau de importância de cada ponto avaliado frente à base total de dados.

- i. percentual acumulado de frete total;
- ii. percentual acumulado de faturamento;
- iii. percentual acumulado do peso;
- iv. percentual acumulado do volume;
- v. percentual acumulado da quantidade de notas fiscais;

Tabela 19: Análise percentual de dados totais

DEST	VALOR	DEST	PESO	DEST	VOLUME	DEST	FRETE	DEST	QTDE. DE NF
397	11%	397	10%	397	10%	397	9%	390	9%
390	19%	1187	15%	390	17%	390	15%	397	14%
1120	26%	1120	20%	1120	22%	1187	20%	89	17%
1187	31%	811	24%	1187	28%	1120	26%	357	20%
811	35%	390	28%	811	33%	811	30%	1187	22%
89	38%	827	31%	1253	36%	1253	33%	436	24%
806	100%	719	100%	1266	100%	97	100%	432	100%
719	100%	195	100%	432	100%	423	100%	97	100%

Fonte: Operador Logístico 3PL

- b. determinação de qual ou quais dos indicadores serão utilizados como linha de corte da base total de dados para a formação da amostra se necessário;

Como o objetivo do projeto de pesquisa passa primeiramente para determinação de redes de distribuição e posteriormente por cálculo de custos de transportes e armazenagem, os indicadores utilizados serão: valor, peso, volume e frete. Além disso, deverá ser agregado a distância de cada destinatário em relação ao centro de distribuição do 3PL.

- c. determinação da linha de corte com base nos percentuais identificados para o indicador escolhido se necessário;

De acordo com os dados avaliados, optou-se por utilizar todos os destinatários com a base mensal que foi fornecida pelo operador logístico. Vale ressaltar que para base de dados maiores, pode-se optar por parte da base de dados.

- d. segmentação da amostra escolhida da base de dados total inicial;

Com base nesta seqüência, serão avaliados todos os destinatários da amostrada com seus respectivos valores de frete total, faturamento do cliente, peso total transportado, total das caixas além das distâncias relativas ao centro de distribuição do 3PL.

- e. colocação da amostra obtida como “cenário base”: os dados obtidos e segmentados até o momento referem-se a operação ou modelo de operação do

chamado cenário-base, ou seja, valores e quantidades de acordo com a situação existente.

Tabela 20: Cenário-base

# Dest	Valor (R\$)	Peso (kg)	Volume (cxs)	Frete Total (R\$)	Dist (km)
397	R\$ 33.361.203	203.855	54.328	R\$ 152.903	555
390	R\$ 25.283.691	88.756	32.597	R\$ 105.670	493
1.187	R\$ 14.789.259	113.718	29.286	R\$ 99.751	461
1.120	R\$ 21.403.282	100.903	31.101	R\$ 95.942	196
811	R\$ 12.767.947	92.335	25.886	R\$ 68.194	575
1.253	R\$ 9.215.302	55.296	16.148	R\$ 50.096	165
97	R\$ 2.377	5	2	R\$ 10	930
423	R\$ 670	1	2	R\$ 5	596
1.456	R\$ 308.165.177	2.127.405	526.097	R\$ 1.760.263	

Fonte: Operador Logístico 3PL

Segue o resumo do cenário-base a ser utilizado. Vale ressaltar que a tabela apresentada está resumida, com apenas 8 dos 1456 destinatários.

6.1.1.4. Análise dos dados

D. Abertura dos dados da amostra escolhida:

- a. separação da amostra escolhida anteriormente;

Tabela 20: Cenário-base

# Dest	Valor (R\$)	Peso (kg)	Volume (cxs)	Frete Total (R\$)	Dist (km)
397	R\$ 33.361.203	203.855	54.328	R\$ 152.903	555
390	R\$ 25.283.691	88.756	32.597	R\$ 105.670	493
1.187	R\$ 14.789.259	113.718	29.286	R\$ 99.751	461
1.120	R\$ 21.403.282	100.903	31.101	R\$ 95.942	196
811	R\$ 12.767.947	92.335	25.886	R\$ 68.194	575
1.253	R\$ 9.215.302	55.296	16.148	R\$ 50.096	165
97	R\$ 2.377	5	2	R\$ 10	930
423	R\$ 670	1	2	R\$ 5	596
1.456	R\$ 308.165.177	2.127.405	526.097	R\$ 1.760.263	

Fonte: Operador Logístico 3PL

- b. abertura das informações de frete, faturamento, distância, peso e volume dia-a-dia;

Tabela 21: Abertura de Dados – 1º Destinatário

Data	Peso (kg)	Volume (cx)	Valor (R\$)	Distância (km)
1-set	5.059	3.479	R\$ 1.781.008	555
4-set	1.873	1.260	R\$ 1.024.103	555
5-set	376	134	R\$ 235.019	555
6-set	3.360	1.047	R\$ 684.707	555
8-set	23.175	5.777	R\$ 2.372.825	555
11-set	2.066	370	R\$ 756.070	555
12-set	17.196	3.579	R\$ 1.721.102	555
13-set	7.082	1.451	R\$ 952.631	555
14-set	6.402	2.259	R\$ 1.226.825	555
15-set	4.766	1.401	R\$ 1.319.205	555
18-set	31.564	8.049	R\$ 3.075.492	555
19-set	4.607	1.157	R\$ 908.624	555
20-set	4.917	1.222	R\$ 1.875.975	555
21-set	13.924	3.815	R\$ 2.880.321	555
22-set	12.541	3.151	R\$ 2.451.958	555
25-set	7.528	2.056	R\$ 1.303.004	555
26-set	10.848	2.602	R\$ 1.358.745	555
27-set	22.532	5.263	R\$ 3.842.355	555
28-set	13.328	2.856	R\$ 1.337.851	555
29-set	10.652	3.368	R\$ 2.223.598	555
30-set	58	31	R\$ 29.784	555
Total	203.855	54.328	R\$ 33.361.203	

Fonte: Operador Logístico 3PL**Tabela 22: Abertura de Dados – 2º Destinatário**

Data	Peso (kg)	Volume (cx)	Valor (R\$)	Distância (km)
1-set	2.203	2.087	R\$ 1.349.785	493
4-set	815	756	R\$ 776.145	493
5-set	164	80	R\$ 178.115	493
6-set	1.463	628	R\$ 518.924	493
8-set	10.090	3.467	R\$ 1.798.309	493
11-set	900	222	R\$ 573.008	493
12-set	7.487	2.147	R\$ 1.304.384	493
13-set	3.084	870	R\$ 721.977	493
14-set	2.787	1.356	R\$ 929.783	493
15-set	2.075	841	R\$ 999.796	493
18-set	13.743	4.829	R\$ 2.330.845	493
19-set	2.006	695	R\$ 688.626	493
20-set	2.141	734	R\$ 1.421.758	493
21-set	6.062	2.289	R\$ 2.182.929	493
22-set	5.460	1.890	R\$ 1.858.283	493
25-set	3.278	1.234	R\$ 987.517	493
26-set	4.723	1.562	R\$ 1.029.762	493
27-set	9.810	3.158	R\$ 2.912.032	493
28-set	5.803	1.714	R\$ 1.013.926	493
29-set	4.638	2.021	R\$ 1.685.214	493
30-set	25	18	R\$ 22.573	493
Total	88.756	32.597	R\$ 25.283.691	

Fonte: Operador Logístico 3PL

Acima foram realizadas as aberturas para os 2 primeiros destinatários da base de dados. Aplicando o mesmo conceito para os demais 1.454 destinatários obtém-se de forma consolidada os seguintes valores:

Tabela 23: Abertura de Dados – Todos os Destinatários

Data	Peso (kg)	Volume (cx)	Valor (R\$)
1-set	52.797	33.687	R\$ 16.451.585
4-set	19.543	12.201	R\$ 9.459.882
5-set	3.921	1.295	R\$ 2.170.923
6-set	35.066	10.138	R\$ 6.324.797
8-set	241.847	55.948	R\$ 21.918.331
11-set	21.565	3.583	R\$ 6.983.996
12-set	179.450	34.656	R\$ 15.898.221
13-set	73.909	14.047	R\$ 8.799.671
14-set	66.809	21.879	R\$ 11.332.468
15-set	49.739	13.569	R\$ 12.185.807
18-set	329.399	77.942	R\$ 28.409.035
19-set	48.081	11.209	R\$ 8.393.174
20-set	51.313	11.838	R\$ 17.328.812
21-set	145.306	36.943	R\$ 26.606.189
22-set	130.873	30.510	R\$ 22.649.307
25-set	78.562	19.912	R\$ 12.036.151
26-set	113.210	25.202	R\$ 12.551.046
27-set	235.144	50.966	R\$ 35.492.721
28-set	139.093	27.659	R\$ 12.358.039
29-set	111.168	32.616	R\$ 20.539.895
30-set	609	297	R\$ 275.126
Total	2.127.405	526.097	R\$ 308.165.177

Fonte: Operador Logístico 3PL

Vale ressaltar que as distâncias não foram indicadas acima, pois cada destinatário apresenta uma distância específica em relação ao centro de distribuição do 3PL.

c. checagem das informações individuais *versus* os valores totais para cada indicador;

Os valores indicados na abertura dos dados conferem com os do cenário-base.

E. Determinação das capacidades e limites veiculares:

a. identificar os veículos que farão parte da análise;

Serão avaliados as carretas, *trucks*, tocos e “três quartos” (¾) no estudo.

b. determinar a capacidade em peso permitida para cada tipo de veículo;

Os valores estabelecidos na tabela são valores estimados de capacidade real, informados pelo 3PL.

- c. determinar o volume máximo permitido de acordo com o perfil dos veículos;
- d. determinação dos limites de faturamento, ou de valor de carga, para cada tipo de veículo;
- e. determinação de indicadores de Poluição;

Para identificação dos níveis de poluição pode ser utilizada uma escala de referência por tipo de veículo. Um dos indicadores é a chamada Escala de *Ringelmann*, que, segundo Kawano (2005), é uma escala gráfica para avaliação colorimétrica de densidade de fumaça, constituída de seis padrões com variações uniformes de tonalidade entre o branco e o preto.

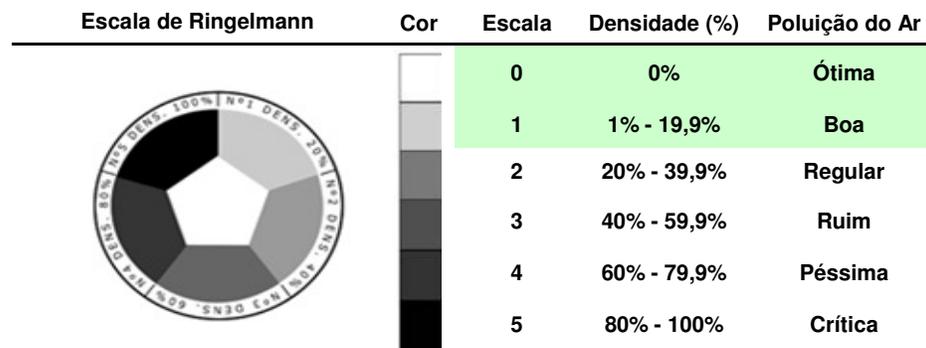


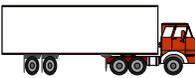
Figura 31: Escala de *Ringelmann*

Fonte: Cetesb - SP

Para descobrir se o veículo ou a chaminé está emitindo fumaça acima do permitido, utiliza-se a Escala de *Ringelmann* e faz-se comparação com padrões estabelecidos pela legislação ambiental. A exemplo, o CONAMA 08/90 para áreas Classe II e III define “Densidade Colorimétrica máximo de 20% (vinte por cento), equivalente à Escala de *Ringelmann* nº 01, exceto na operação de ramonagem e na partida do equipamento.” No projeto de pesquisa em questão, serão aceitos níveis de emissão de fumaça preta que estiverem entre 0 e 1 na escala de *Ringelmann*.

- f. consolidar os dados obtidos.

Tabela 24: Capacidade Veicular

Capacidade Veicular					
Veículo	Tipo de Veículo	Peso (toneladas)	Volume (caixas)	Limite de Faturamento	Escala de Ringelmann
	Carreta	24 tons	2.900	R\$ 1.200.000	0 ou 1
	Truck	13 tons	1.450	R\$ 1.200.000	0 ou 1
	Toco	8 tons	900	R\$ 1.200.000	0 ou 1
	3/4	4 tons	650	R\$ 1.200.000	0 ou 1

Fonte: Operador Logístico 3PL

6.1.1.5. Determinação do modelo de rede de transporte

F. Identificação e descrição dos cenários avaliados:

a. entrega direta:

veículos saindo do centro de distribuição todos os dias em que haja faturamento de pedidos;

b. entrega direta consolidada:

veículos saindo dos centros de distribuição a cada dois dias, de forma consolidada, de modo a aumentar a sua ocupação;

c. *Milk run*:

entrega com janelas programadas, com saída do centro de distribuição todos os dias em que haja faturamento de pedidos;

d. *Milk run* consolidado:

entrega com janelas programadas, com veículos saindo dos centros de distribuição a cada dois dias, de forma consolidada, de modo a aumentar a sua ocupação;

e. *Cross docking*:

entrega utilizando ponto de *cross docking* para redirecionamento das cargas aos respectivos destinatários, com veículos saindo do centro de distribuição todos os dias em que haja faturamento de pedidos;

f. *Cross docking* consolidado:

entrega utilizando ponto de *cross docking* para redirecionamento das cargas aos respectivos destinatários, com veículos saindo dos centros de distribuição, de forma consolidada, a cada dois dias;

g. *Tailored*:

entrega utilizando uma combinação das operações logísticas citadas anteriormente, com veículos saindo do centro de distribuição todos os dias em que haja faturamento de pedidos;

h. *Tailored* consolidado:

entrega utilizando uma combinação das operações logísticas citadas anteriormente, com veículos saindo dos centros de distribuição, de forma consolidada, a cada dois dias;

G. Determinação dos cenários a serem avaliados:

a. conceituação das tabelas de referências que relacionam o perfil do transporte e a rede de transporte (Chopra, 2004);

Tabela 4: Tailored: Densidade x Distâncias

		Distâncias		
		CURTAS	MÉDIAS	LONGAS
DENSIDADE	ALTA	Frota Dedicada com Milk-Run	Cross-Docking com Milk-Run	Cross-Docking com Milk-Run
	MÉDIA	Terceirização de Milk-Run	Transportador LTL	Transportador LTL ou de Cargas Expressas
	BAIXA	Terceirização de Milk-Run ou Transportador LTL	Transportador LTL ou de Cargas Expressas	Transportador de Cargas Expressas

Fonte: Chopra (2004)

Tabela 6: Tailored: Demanda x Valor

		VALOR	
		ALTO	BAIXO
DEMANDA	ALTA	Estoque Desagregado; Reposição do Estoque: Transporte Barato; Reposição do Estoque de Segurança: Transporte Rápido	Estoque Desagregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Barato
	BAIXA	Estoque Agregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Rápido	Estoque de Segurança Agregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Barato

Fonte: Chopra (2004)

b. determinação de indicadores de distâncias:

- i. curtas: até 400 km;
- ii. médias: de 401 até 900 km;
- iii. longas: acima de 900 km.

Para os dados do cenário-base em questão, a distância refere-se ao deslocamento em quilômetros do centro de distribuição do operador logístico até os destinatários em questão. Dessa forma, tais valores sempre são fixos para cada destinatário.

c. determinação de indicadores de densidade:

- i. alta: até 18 toneladas/veículo;
- ii. média: até 9 toneladas/veículo;
- iii. baixa: até 3 toneladas/veículo.

Entende-se por densidade a capacidade em toneladas de transporte por tipo de veículo. Dessa forma, carretas apresentam maiores densidades do que *trucks*, *tocos* e $\frac{3}{4}$, respectivamente.

d. determinação de indicadores de Demanda:

- i. alta: acima de 1.500 caixas/embarque;
- ii. baixa: até 1.500 caixas/embarque.

Entende-se por demanda a quantidade em caixas ou em toneladas que determinado cliente recebe em determinada região, por embarque.

- e. determinação de indicadores de Valor:
 - i. alto: acima de R\$ 1,2 milhões por embarque;
 - ii. baixo: até R\$ 1,2 milhões por embarque.

Entende-se por valor montante monetário, ou faturamento, o que determinado cliente gera por embarque em cada região.

- f. entrada dos dados de distância e densidade no modelo;

Tabela 25: Distância x Densidade – 1º Destinatário

Data	Peso (kg)	Volume (cx)	Valor (R\$)	Distância (km)	Distância	Densidade
1-set	5.059	3.479	R\$ 1.781.008	555	Médias	Média
4-set	1.873	1.260	R\$ 1.024.103	555	Médias	Baixa
5-set	376	134	R\$ 235.019	555	Médias	Baixa
6-set	3.360	1.047	R\$ 684.707	555	Médias	Média
8-set	23.175	5.777	R\$ 2.372.825	555	Médias	Alta
11-set	2.066	370	R\$ 756.070	555	Médias	Baixa
12-set	17.196	3.579	R\$ 1.721.102	555	Médias	Alta
13-set	7.082	1.451	R\$ 952.631	555	Médias	Média
14-set	6.402	2.259	R\$ 1.226.825	555	Médias	Média
15-set	4.766	1.401	R\$ 1.319.205	555	Médias	Média
18-set	31.564	8.049	R\$ 3.075.492	555	Médias	Alta
19-set	4.607	1.157	R\$ 908.624	555	Médias	Média
20-set	4.917	1.222	R\$ 1.875.975	555	Médias	Média
21-set	13.924	3.815	R\$ 2.880.321	555	Médias	Alta
22-set	12.541	3.151	R\$ 2.451.958	555	Médias	Alta
25-set	7.528	2.056	R\$ 1.303.004	555	Médias	Média
26-set	10.848	2.602	R\$ 1.358.745	555	Médias	Alta
27-set	22.532	5.263	R\$ 3.842.355	555	Médias	Alta
28-set	13.328	2.856	R\$ 1.337.851	555	Médias	Alta
29-set	10.652	3.368	R\$ 2.223.598	555	Médias	Alta
30-set	58	31	R\$ 29.784	555	Médias	Baixa
Total	203.855	54.328	R\$ 33.361.203			

Para esse primeiro destinatário, percebe-se que houve uma maior frequência de 9 em 21 observações quando combinados distâncias médias e densidades altas. Desta forma, o modelo teórico que mais de encaixa nesse perfil de distribuição, segundo Chopra (2004), é o *cross docking* com *milk runs*.

Tabela 26: Distância x Densidade – 2º Destinatário

Data	Peso (kg)	Volume (cx)	Valor (R\$)	Distância (km)	Distância	Densidade
1-set	2.203	2.087	R\$ 1.349.785	493	Médias	Baixa
4-set	815	756	R\$ 776.145	493	Médias	Baixa
5-set	164	80	R\$ 178.115	493	Médias	Baixa
6-set	1.463	628	R\$ 518.924	493	Médias	Baixa
8-set	10.090	3.467	R\$ 1.798.309	493	Médias	Alta
11-set	900	222	R\$ 573.008	493	Médias	Baixa
12-set	7.487	2.147	R\$ 1.304.384	493	Médias	Média
13-set	3.084	870	R\$ 721.977	493	Médias	Média
14-set	2.787	1.356	R\$ 929.783	493	Médias	Baixa
15-set	2.075	841	R\$ 999.796	493	Médias	Baixa
18-set	13.743	4.829	R\$ 2.330.845	493	Médias	Alta
19-set	2.006	695	R\$ 688.626	493	Médias	Baixa
20-set	2.141	734	R\$ 1.421.758	493	Médias	Baixa
21-set	6.062	2.289	R\$ 2.182.929	493	Médias	Média
22-set	5.460	1.890	R\$ 1.858.283	493	Médias	Média
25-set	3.278	1.234	R\$ 987.517	493	Médias	Média
26-set	4.723	1.562	R\$ 1.029.762	493	Médias	Média
27-set	9.810	3.158	R\$ 2.912.032	493	Médias	Alta
28-set	5.803	1.714	R\$ 1.013.926	493	Médias	Média
29-set	4.638	2.021	R\$ 1.685.214	493	Médias	Média
30-set	25	18	R\$ 22.573	493	Médias	Baixa
Total	88.756	32.597	R\$ 25.283.691			

Já para o segundo destinatário, percebe-se que houve uma maior frequência de 10 em 21 observações quando combinados distâncias médias e densidades baixas. Desta forma, o modelo teórico que mais de encaixa nesse perfil de distribuição, segundo Chopra (2004), é o de transportador LTL ou de cargas expressas.

g. determinação no perfil da frota e modelo de distribuição;

De acordo com a aplicação acima, percebe-se que para o primeiro destinatário a rede de distribuição que melhor se encaixa com seu perfil é o de *cross docking* com *milk runs*. Já para o segundo, a melhor rede, segundo Chopra (2004), é o de transportador de cargas fracionadas (LTL) ou de cargas expressas.

Sendo assim, deve-se aplicar o mesmo procedimento para todos os 1.456 destinatários para obtenção do perfil da rede de distribuição. Como resultado de tal aplicação pode-se obter os seguintes resultados:

Tabela 27: Distância x Densidade – Todos os Destinatários

Distâncias	Densidades	Frequência		Peso	% Peso	Descrição (Chopra, 2004)
Curtas	Alta	3	0,01%	38.247	1,80%	Frota Dedicada (própria) com Milk-Run
Médias	Alta	19	0,06%	277.099	13,03%	Cross-Docking com Milk-Run
Longas	Alta	0	0,00%	0	0,00%	Cross-Docking com Milk-Run
Curtas	Média	64	0,21%	304.177	14,30%	Terceirização de Milk-Run
Médias	Média	34	0,11%	178.594	8,39%	Transportador LTL
Longas	Média	0	0,00%	0	0,00%	Transportador LTL ou de Cargas Expressas
Curtas	Baixa	15.032	49,16%	852.787	40,09%	Terceirização de Milk-Run ou Transportador LTL
Médias	Baixa	14.248	46,60%	471.950	22,18%	Transportador LTL ou de Cargas Expressas
Longas	Baixa	1.176	3,85%	4.550	0,21%	Transportador de Cargas Expressas
		30.576	100,00%	2.127.405	100,00%	

Observado acima, percebe-se ao rodar o procedimento para todos os destinatários envolvidos houveram 15.032 indicações, cerca de 49% do total, para utilizar uma rede de distribuição com terceirização de *milk run* ou transportador de carga fracionada.

Em uma análise mais aprofundada é possível constatar também que em relação ao peso total transportado dentro do mês pelo operador logístico, 40% se encontra dentro da faixa indicada através da aplicação do procedimento para ser movimentado via terceirização de *milk run* ou transportador de carga fracionada.

h. entrada dos dados de demanda e valor no modelo;

Tabela 28: Demanda x Valor – 1º Destinatário

Data	Peso (kg)	Volume (cx)	Valor (R\$)	Demanda	Valor
1-set	5.059	3.479	R\$ 1.781.008	Alta	Alto
4-set	1.873	1.260	R\$ 1.024.103	Baixa	Baixo
5-set	376	134	R\$ 235.019	Baixa	Baixo
6-set	3.360	1.047	R\$ 684.707	Baixa	Baixo
8-set	23.175	5.777	R\$ 2.372.825	Alta	Alto
11-set	2.066	370	R\$ 756.070	Baixa	Baixo
12-set	17.196	3.579	R\$ 1.721.102	Alta	Alto
13-set	7.082	1.451	R\$ 952.631	Baixa	Baixo
14-set	6.402	2.259	R\$ 1.226.825	Alta	Alto
15-set	4.766	1.401	R\$ 1.319.205	Baixa	Alto
18-set	31.564	8.049	R\$ 3.075.492	Alta	Alto
19-set	4.607	1.157	R\$ 908.624	Baixa	Baixo
20-set	4.917	1.222	R\$ 1.875.975	Baixa	Alto
21-set	13.924	3.815	R\$ 2.880.321	Alta	Alto
22-set	12.541	3.151	R\$ 2.451.958	Alta	Alto
25-set	7.528	2.056	R\$ 1.303.004	Alta	Alto
26-set	10.848	2.602	R\$ 1.358.745	Alta	Alto
27-set	22.532	5.263	R\$ 3.842.355	Alta	Alto
28-set	13.328	2.856	R\$ 1.337.851	Alta	Alto
29-set	10.652	3.368	R\$ 2.223.598	Alta	Alto
30-set	58	31	R\$ 29.784	Baixa	Baixo
Total	203.855	54.328	R\$ 33.361.203		

Para o primeiro destinatário houve uma maior frequência de 12 em 21 observações quando combinados demandas altas e valores altos. Desta forma, o modelo teórico que mais se encaixa nesse perfil de distribuição, segundo Chopra (2004), é o de estoque desagregado com reposição de estoque através de transporte barato e reposição de estoque de segurança através de transporte rápido.

Tabela 29: Demanda x Valor – 2º Destinatário

Data	Peso (kg)	Volume (cx)	Valor (R\$)	Demanda	Valor
1-set	2.203	2.087	R\$ 1.349.785	Alta	Alto
4-set	815	756	R\$ 776.145	Baixa	Baixo
5-set	164	80	R\$ 178.115	Baixa	Baixo
6-set	1.463	628	R\$ 518.924	Baixa	Baixo
8-set	10.090	3.467	R\$ 1.798.309	Alta	Alto
11-set	900	222	R\$ 573.008	Baixa	Baixo
12-set	7.487	2.147	R\$ 1.304.384	Alta	Alto
13-set	3.084	870	R\$ 721.977	Baixa	Baixo
14-set	2.787	1.356	R\$ 929.783	Baixa	Baixo
15-set	2.075	841	R\$ 999.796	Baixa	Baixo
18-set	13.743	4.829	R\$ 2.330.845	Alta	Alto
19-set	2.006	695	R\$ 688.626	Baixa	Baixo
20-set	2.141	734	R\$ 1.421.758	Baixa	Alto
21-set	6.062	2.289	R\$ 2.182.929	Alta	Alto
22-set	5.460	1.890	R\$ 1.858.283	Alta	Alto
25-set	3.278	1.234	R\$ 987.517	Baixa	Baixo
26-set	4.723	1.562	R\$ 1.029.762	Alta	Baixo
27-set	9.810	3.158	R\$ 2.912.032	Alta	Alto
28-set	5.803	1.714	R\$ 1.013.926	Alta	Baixo
29-set	4.638	2.021	R\$ 1.685.214	Alta	Alto
30-set	25	18	R\$ 22.573	Baixa	Baixo
Total	88.756	32.597	R\$ 25.283.691		

Já para o segundo destinatário houve uma maior frequência de 10 em 21 observações quando combinados demandas baixas e valores baixos que, segundo Chopra (2004), indica um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.

- i. determinação do modelo de comportamento do estoque ao longo da rede de transporte;

De acordo com a aplicação acima, percebe-se que para o primeiro destinatário a rede de distribuição que melhor se encaixa com seu perfil é a que possui estoque desagregado com reposição de estoque através de transporte barato e reposição de estoque de segurança através de transporte rápido. Já para o segundo, a melhor rede,

segundo Chopra (2004), é a que possui um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.

Sendo assim, deve-se aplicar o mesmo procedimento para todos os 1.456 destinatários. Como resultado de tal aplicação pode-se obter os seguintes resultados:

Tabela 30: Demanda x Valor – 2º Destinatário

Demanda	Valor	Frequência	Demanda	% Dem	Valor	% Valor	Descrição (Chopra, 2004)	
Alta	Alto	30	0,10%	96.727	18,39%	R\$ 57.619.109	18,70%	Estoque Desagregado; Reposição do Estoque: Transporte Barato; Reposição do Estoque de Segurança: Transporte Rápido
Baixa	Alto	4	0,01%	4.057	0,77%	R\$ 5.820.492	1,89%	Estoque Agregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Rápido
Alta	Baixo	28	0,09%	54.518	10,36%	R\$ 24.814.473	8,05%	Estoque Desagregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Barato
Baixa	Baixo	30.514	99,80%	370.795	70,48%	R\$ 219.911.103	71,36%	Estoque de Segurança Agregado; Atendimento de Pedidos: Transporte Barato
		30.576	100,00%	526.097	100,00%	R\$ 308.165.177	100,00%	

Observado acima, percebe-se ao rodar o procedimento para todos os destinatários envolvidos houveram 30.514 indicações, cerca de 99% do total, para utilizar uma rede de distribuição através de um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.

Em uma análise mais aprofundada é possível constatar também que em relação ao valor de carga e volume transportado dentro do mês pelo operador logístico, 70% se encontra dentro da faixa indicada através da aplicação do procedimento para ser abastecido através de um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.

j. escolha dos cenários mais adequados para serem avaliados de acordo com os resultados obtidos.

Após aplicado o procedimento para toda a base de dados, a rede de distribuição indicada, segundo Chopra (2004) é a que opera com terceirização de *milk run* ou transportador de carga fracionada e é abastecido através de um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.

6.1.1.6. Detalhamento da rede de transporte escolhida

H. Decisão sobre a propriedade da frota (Fleury, 2002):

- a. confrontar informações:
 - i. custo;
 - ii. serviço;
 - iii. rentabilidade;
- b. avaliar as necessidades:
 - i. tamanho da operação;
 - ii. competência gerencial interna;
 - iii. competência e competitividade do setor;
 - iv. volumes de investimentos;
 - v. modal utilizado;
 - vi. identificação da rede a ser avaliada;
- c. seleção das transportadoras participantes: critérios de seleção (Fleury, 2002):
 - i. confiabilidade;
 - ii. preço;
 - iii. flexibilidade operacional;
 - iv. flexibilidade comercial;
 - v. saúde financeira;
 - vi. qualidade do pessoal operacional;
 - vii. informações de desempenho;
- d. avaliação de impactos ambientais;
- e. recomendação das transportadoras;

Uma vez determinada a rede de transporte a ser utilizada para o transporte de produtos dos clientes em estudo, é necessário ir para o mercado em busca de transportadoras capazes de atender à rede desenhada.

No tópico acima, segue um processo metodológico sugerido que leva em conta questões quantitativas e qualitativas para escolher estas transportadoras.

Para o modelo em questão, foram utilizadas aquelas que já prestam serviços para o operador logístico atual conforme tabela apresentada no capítulo “Apresentação do problema e da base de dados”.

Tabela 8: Transportadoras por região do país

Transportadora	Modal	Região Atendida
Transp_1a	Aéreo	AC, AM, AP, BA, CE, ES, DF, GO, MG, MS, MT, PA, PR, RN, RJ, RO, RR, RS, SC, SP, TO
Transp_1b	Aéreo express	AC, AM, AP, BA, CE, ES, DF, GO, MG, MS, MT, PA, PR, RN, RJ, RO, RR, RS, SC, SP, TO
Transp_2a	Aéreo	AL, MA, PB, PE, PI, SE
Transp_2b	Aéreo express	AL, MA, PB, PE, PI, SE
Transp_2c	Rodoviário	BA, CE, ES, DF, GO, MG, MS, MT, PA, PR, RN, RJ, RS, SC, SP, TO, AL, MA, PB, PE, PI, SE
Transp_3a	Rodoviário	DF
Transp_3b	Rodoviário	GO, MT, MS e TO
Transp_4a	Rodoviário	GO, MT, MS e TO
Transp_4b	Rodoviário	DF
Transp_5a	Rodoviário	RJ
Transp_5b	Rodoviário	Sul
Transp_6a	Rodoviário	SP Capital
Transp_6b	Rodoviário	Interior SP
Transp_6c	Rodoviário	Ribeirão Preto
Transp_6d	Rodoviário	Catalão (GO)
Transp_7a	Rodoviário	MG
Transp_7b	Rodoviário	ES
Transp_8a	Rodoviário	RJ

Fonte: Operador Logístico 3PL

6.1.1.7. Resumo da etapa de determinação da rede de distribuição

Conforme os processos e dados percorridos ao longo da aplicação do procedimento de determinação do perfil de rede de distribuição é possível resumir os pontos de maior relevância determinados anteriormente:

- Optou-se por utilizar todos os dados da amostra contendo 1 mês de movimentação fornecido pelo operador logístico 3PL;
- Foram levantadas todas as informações referentes ao peso, volume, frete, valor da carga, quantidade de notas fiscais e distância do centro de distribuição do 3PL até cada um dos destinatários.
- Determinação do chamado cenário-base.
- Abertura dos dados dia-a-dia para todos os destinatários.
- Determinação da rede de transporte: terceirização de *milk run* ou transportador de carga fracionada e é abastecido através de um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.
- Entendimento de percentuais relevantes à análise:
 - 40% do peso total se encontra dentro da faixa indicada através da aplicação do procedimento para ser movimentado via terceirização de *milk run* ou transportador de carga fracionada;
 - 70% do volume e do valor se encontra dentro da faixa indicada através da aplicação do procedimento para ser abastecido através de um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.
- Indicação de transportadoras: utilização das atualmente contratadas pelo 3PL

Conhecida a rede de distribuição, criou-se um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem do cenário avaliado. O procedimento proposto baseou-se em um fluxograma desmembrado em etapas sequenciais para que ao final da aplicação os custos fossem mensurados.

Para dar suporte ao cálculo dos custos de transportes e de armazenagem, ao longo da aplicação do procedimento utilizou-se a ferramenta *Solver* do MS Excel como uma forma simples de calcular os custos de transportes e de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerado frente ao cenário base ou atual.

6.2. Procedimento para cálculo de custos de transportes

Para aplicação do procedimento para cálculo de custos de transportes serão utilizados todos os destinatários envolvidos na base de dados em cenários de em entregas sem consolidação, ou seja, todos os dias com expedição para os destinatários; e um cenário com entregas consolidadas, isto é, com dois dias de espera da carga dentro do centro de distribuição do 3PL antes de ser expedida.

6.2.1. Transporte – entrega direta sem consolidação de cargas

Para determinação dos custos de transporte para tal cenário, seguiu-se passo a passo o procedimento para cálculo de custos de transportes discutido anteriormente e apresentado na figura 29.

- Levantamento do cenário base: com auxílio do procedimento de determinação de redes de distribuição especificamente no sub processo “C” se resgatou o cenário-base;

Tabela 20: Cenário-base

# Dest	Valor (R\$)	Peso (kg)	Volume (cxs)	Frete Total (R\$)	Dist (km)
397	R\$ 33.361.203	203.855	54.328	R\$ 152.903	555
390	R\$ 25.283.691	88.756	32.597	R\$ 105.670	493
1.187	R\$ 14.789.259	113.718	29.286	R\$ 99.751	461
1.120	R\$ 21.403.282	100.903	31.101	R\$ 95.942	196
811	R\$ 12.767.947	92.335	25.886	R\$ 68.194	575
1.253	R\$ 9.215.302	55.296	16.148	R\$ 50.096	165
97	R\$ 2.377	5	2	R\$ 10	930
423	R\$ 670	1	2	R\$ 5	596
1.456	R\$ 308.165.177	2.127.405	526.097	R\$ 1.760.263	

Fonte: Operador Logístico 3PL

- Levantamento dos dados dia-a-dia: dados obtidos através da aplicação do procedimento de determinação de redes de distribuição através da etapa representada pelo fluxo “D”:

Tabela 31: Dados dia-a-dia – Todos Destinatários

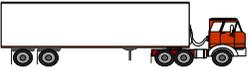
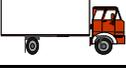
Data	Peso	Volume	Valor
1-set	52.797	33.687	R\$ 16.451.585
4-set	19.543	12.201	R\$ 9.459.882
5-set	3.921	1.295	R\$ 2.170.923
6-set	35.066	10.138	R\$ 6.324.797
8-set	241.847	55.948	R\$ 21.918.331
11-set	21.565	3.583	R\$ 6.983.996
12-set	179.450	34.656	R\$ 15.898.221
13-set	73.909	14.047	R\$ 8.799.671
14-set	66.809	21.879	R\$ 11.332.468
15-set	49.739	13.569	R\$ 12.185.807
18-set	329.399	77.942	R\$ 28.409.035
19-set	48.081	11.209	R\$ 8.393.174
20-set	51.313	11.838	R\$ 17.328.812
21-set	145.306	36.943	R\$ 26.606.189
22-set	130.873	30.510	R\$ 22.649.307
25-set	78.562	19.912	R\$ 12.036.151
26-set	113.210	25.202	R\$ 12.551.046
27-set	235.144	50.966	R\$ 35.492.721
28-set	139.093	27.659	R\$ 12.358.039
29-set	111.168	32.616	R\$ 20.539.895
30-set	609	297	R\$ 275.126
Total	2.127.405	526.097	R\$ 308.165.177

Fonte: Aplicação do Procedimento – Fluxo “D”

Vale ressaltar que na tabela acima estão indicados a soma de cada indicador de peso, volume e valor para todos os destinatários nos respectivos dias do mês.

- Carga consolidada? Neste tópico estão sendo avaliadas inicialmente somente cargas não consolidadas.
- Determinação das Transportadoras: feita por intermédio da aplicação do procedimento inicial com sua representação indicada pelo fluxo “H”. Como já dito, foram utilizadas transportadoras que já prestam serviços para o operador logístico atual, pois na prática já passaram pelas avaliações quantitativas e qualitativas durante o processo de seleção.
- Indicação dos veículos de carga: determinada por meio da aplicação do procedimento de determinação de redes de distribuição pelo fluxo “F”, pois indica os veículos utilizados na análise como carretas, *trucks*, tocos e 3/4.
- Apontamento de requerimentos especiais dos veículos: também determinado por meio da aplicação do procedimento de determinação de redes de distribuição através da etapa descrita como “E”.

Tabela 32: Requerimentos dos Veículos

Capacidade Veicular					
Veículo	Tipo de Veículo	Peso (toneladas)	Volume (caixas)	Limite de Faturamento	Escala de Ringelmann
	Carreta	24 tons	2.900	R\$ 1.200.000	0 ou 1
	Truck	13 tons	1.450	R\$ 1.200.000	0 ou 1
	Toco	8 tons	900	R\$ 1.200.000	0 ou 1
	3/4	4 tons	650	R\$ 1.200.000	0 ou 1

Fonte: Aplicação do Procedimento – Fluxo “E”

- Levantamento do valor de frete por veículo: para o perfil da rede de distribuição indicada e com os requerimentos especiais dos veículos, estimaram-se com base em valores praticados pelo mercado uma referência de custo de frete por viagem. Dessa forma, os valores obtidos foram:
 - carreta: R\$ 6.940,41;
 - *truck*: R\$ 4.557,63;
 - toco: R\$ 3.926,93;
 - 3/4: R\$ 3.326,14.
- Indicação das variáveis: para determinar o valor do frete total para a quantidade total dos distribuidores, é necessário saber qual a quantidade de cada tipo de veículo por dia será destinada ao mesmo. Sendo assim, as variáveis do modelo são:
 - X → quantidade de carretas por dia enviadas ao destinatário;
 - Y → quantidade de *trucks* por dia enviados ao destinatário;
 - Z → quantidade de tocos por dia enviados ao destinatário;
 - W → quantidade de 3/4 por dia enviados ao destinatário.
- Determinação da Função Objetivo: a função objetivo tem como propósito minimizar os custos de fretes totais. Sendo assim, quanto menor a quantidade de veículos atrelada à

combinação de utilização entre os diferentes tipos de veículos e seus respectivos custos de fretes menor será o frete total. Sendo assim, a função objetivo será uma função de minimização dos custos de fretes, como indicado:

- F.O. Min = $6.940,41 X + 4.557,63 Y + 3.926,93 Z + 3.326,14 W$;
- Determinação das Restrições: para a formulação das restrições, deve-se voltar fundamentalmente à capacidade veicular, pois são os indicadores que ajudam a delimitar o que será transportado por tipo de veículo. Dessa forma, as restrições são:
 - Restrição de Peso: a capacidade de carga dos veículos disponíveis para a distribuição tem que ser maior que a capacidade em toneladas a ser transportada em determinado dia. Essa restrição é uma combinação entre as capacidades de cada veículo *versus* a capacidade em determinado dia. Portanto, para o dia 01/set, em que a capacidade é de 52.797 quilos, a restrição será:
 - Peso: $24.000 X + 13.000 Y + 8.000 Z + 4.000 W \geq 52.797$

Obs.: Para os demais dias do mês a restrição se mantém, mudando-se apenas o peso nos respectivos dias.
 - Restrição de Volume: o volume de carga dos veículos disponíveis deverá ser maior que o volume em caixas a ser transportado em determinado dia. Essa restrição é uma combinação entre os volumes de cada veículo *versus* o volume em determinado dia. Portanto, para o dia 01/set, em que o volume é de 33.687 caixas, a restrição será:
 - Volume: $2.900 X + 1.450 Y + 900 Z + 650 W \geq 33.687$

Obs.: Para os demais dias do mês a restrição se mantém, mudando-se apenas o volume nos respectivos dias.
 - Restrição de Valor: a carga transportada está atrelada a determinado valor monetário que deverá ser coberto por um seguro de mercadorias. Dessa forma, o valor de mercadoria dos veículos disponíveis deverá ser maior que o valor total a ser transportado em determinado dia. Essa restrição é uma combinação entre os valores de carga de cada veículo *versus* o valor transportado no dia. Portanto, para o dia 01/set, em que o valor é de R\$ 16.451.585, a restrição será:

- Valor: $1.200.000 (X + Y + Z + W) \geq 16.451.585$

Obs.: Para os demais dias do mês a restrição se mantém, mudando-se apenas o valor da mercadoria nos respectivos dias.

- Restrição de Inteiros: como está sendo avaliada a quantidade de veículos, não faz sentido trabalhar com números não inteiros. Dessa forma, a restrição é:

- Inteiros: $X; Y; Z; W = \text{Números Inteiros}$

- Restrição de Negatividade: devido à análise de quantidade de veículos, torna-se incoerente o trabalho com valores que sejam negativos. Dessa forma, a restrição é:

- Positividade: $X; Y; Z; W \geq 0$

- Resumindo as restrições para o dia 1/set obtém-se:

- Peso: $24.000 X + 13.000 Y + 8.000 Z + 4.000 W \geq 52.797$

- Volume: $2.900 X + 1.450 Y + 900 Z + 650 W \geq 33.687$

- Valor: $1.200.000 (X + Y + Z + W) \geq 16.451.585$

- Inteiros: $X; Y; Z; W = \text{Números Inteiros}$

- Positividade: $X; Y; Z; W \geq 0$

- Colocar em linguagem *Solver*: para conseguir obter os resultados, foi necessário colocar função objetivo e suas respectivas restrições no módulo *Solver* do Exel. Segue uma figura ilustrando como tal modelagem foi realizada. Basicamente, entrou-se com os dados das restrições de acordo com os limites de cada veículo (peso, volume e valor), indicaram-se como células variáveis as quantidades de veículos, informou-se o valor de frete por veículo, adicionaram-se todas as restrições e indicou-se uma função objetivo como um processo de minimização. Feito isso, a ferramenta ficou pronta para ser usada.

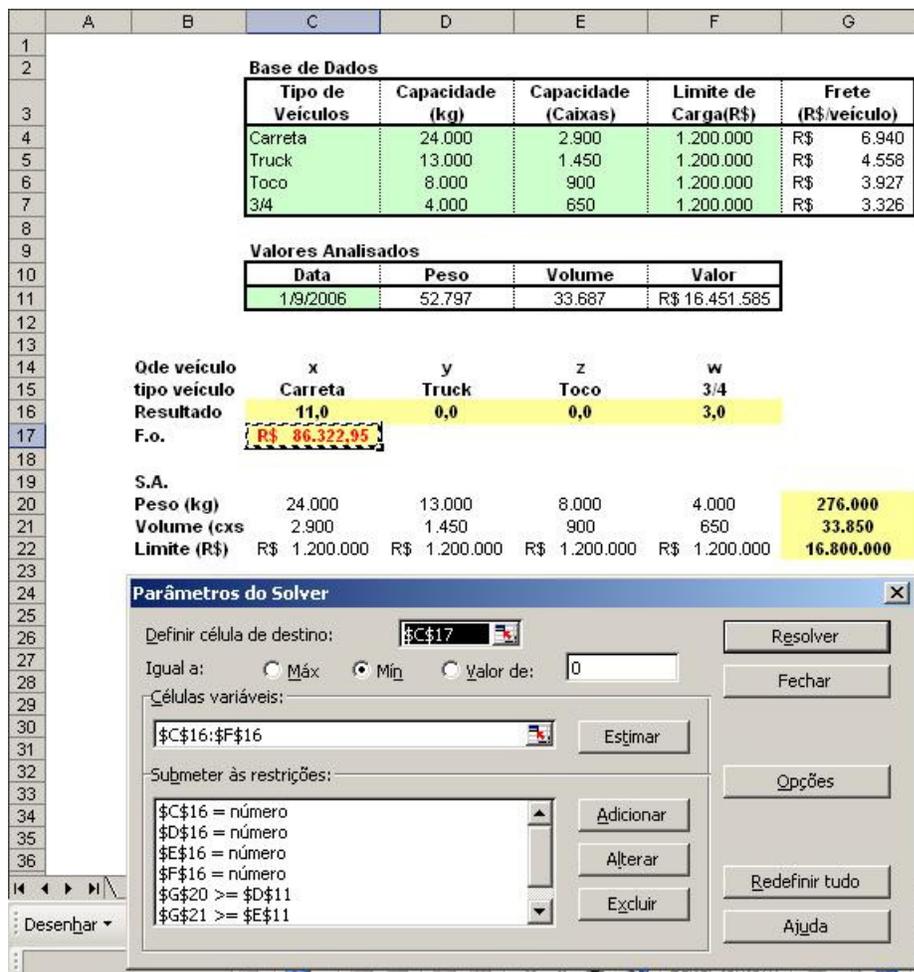


Figura 32: Aplicação do Solver – Carga Não Consolidada

- Encontrar o número de veículos: após modelagem no *Excel*, o próximo passo é para, naquele determinado dia, neste caso o 1/set, solucionar o problema utilizando o *Solver*. Fazendo isso, o resultado indicado pela ferramenta é de 11 carretas, 0 trucks, 0 tocos e 3 3/4.
- Encontrar o valor que minimize a função objetivo: com a quantidade de veículos em mãos, o valor correspondente para aquele dia específico, 1/set, resultante da combinação entre número de veículos calculados e seu respectivo valor de frete é de R\$ 86.322,95.
- É o último dia? A resposta até o momento é não. Sendo assim, deve-se repetir o processo a partir da etapa chamada “Determinação das Restrições”, passando por “Colocar em linguagem *Solver*”, “Encontrar o número de veículos” e “Encontrar o valor que minimize

a função objetivo” até que se chegue ao último dia. Segue o resumo de todas essas interações até o dia 30/set.

- Construir a tabela resumo: com a passagem por todos os dias, é possível construir a tabela que indica o resultado em número de veículos dia-a-dia.

Tabela 33: Quantidade de Veículos – Carga não consolidada

Data	Peso	Volume	Valor	Carreta	Truck	Toco	3/4
1-set	52.797	33.687	R\$ 16.451.585	11	0	0	3
4-set	19.543	12.201	R\$ 9.459.882	1	6	0	1
5-set	3.921	1.295	R\$ 2.170.923	0	0	0	2
6-set	35.066	10.138	R\$ 6.324.797	1	5	0	0
8-set	241.847	55.948	R\$ 21.918.331	20	0	0	0
11-set	21.565	3.583	R\$ 6.983.996	0	0	0	6
12-set	179.450	34.656	R\$ 15.898.221	11	3	0	0
13-set	73.909	14.047	R\$ 8.799.671	4	0	0	4
14-set	66.809	21.879	R\$ 11.332.468	6	3	0	1
15-set	49.739	13.569	R\$ 12.185.807	1	5	1	4
18-set	329.399	77.942	R\$ 28.409.035	27	0	0	0
19-set	48.081	11.209	R\$ 8.393.174	1	6	0	0
20-set	51.313	11.838	R\$ 17.328.812	1	0	0	14
21-set	145.306	36.943	R\$ 26.606.189	4	17	1	1
22-set	130.873	30.510	R\$ 22.649.307	3	14	1	1
25-set	78.562	19.912	R\$ 12.036.151	4	5	0	2
26-set	113.210	25.202	R\$ 12.551.046	8	0	1	2
27-set	235.144	50.966	R\$ 35.492.721	6	23	0	1
28-set	139.093	27.659	R\$ 12.358.039	9	1	0	1
29-set	111.168	32.616	R\$ 20.539.895	6	10	2	0
30-set	609	297	R\$ 275.126	0	0	0	1
Total	2.127.405	526.097	R\$ 308.165.177	124	98	6	44

- Com base nos resultados e nos respectivos valores de fretes por veículo (carreta: R\$ 6.940,41; *truck*: R\$ 4.557,63; toco: R\$ 3.926,93; 3/4: R\$ 3.326,14), é possível obter o valor do faturamento mensal para conta frete para o respectivo destinatário, ou seja, R\$ 1.477.171 por mês.
- Último Cenário? Neste momento ainda não é o último cenário. Portanto, deve-se iniciar o processo para o cenário com carga consolidada, ou seja, 2 dias de espera dentro de centro de distribuição.

6.2.2. Transporte – entrega direta com consolidação de cargas

No item anterior, foi indicado passo a passo como deve ser a passagem pelas etapas do procedimento. Para o tópico em questão, todos os passos serão realizados, mas as explicações serão basicamente as mesmas indicadas anteriormente. Para determinação dos custos de transporte para tal cenário, seguiu-se paulatinamente o procedimento indicado pelo procedimento de determinação de custos de transporte. Quaisquer mudanças serão explicitadas ao longo da resolução a seguir.

- Escolha do destinatário: todos os 1.456 destinatários.
- Levantamento dos dados dia-a-dia: dados obtidos através da aplicação do procedimento de determinação de redes de distribuição através da etapa representada pelo fluxo “D”:
- Carga direta ou consolidada? Carga consolidada. A forma de consolidação sugerida para o modelo é a de dois dias, ou seja, a carga permanecerá no centro de distribuição no primeiro dia para que no dia seguinte possa ser expedida. Com isso, os dados da tabela serão:

Tabela 34: Dados dia-a-dia – Todos Destinatários – carga consolidada

Data	Peso	Volume	Valor
1-set			
4-set	72.340	45.889	R\$ 25.911.466
5-set			
6-set	38.987	11.433	R\$ 8.495.721
8-set			
11-set	263.412	59.531	R\$ 28.902.327
12-set			
13-set	253.359	48.703	R\$ 24.697.892
14-set			
15-set	116.548	35.448	R\$ 23.518.275
18-set			
19-set	377.480	89.151	R\$ 36.802.209
20-set			
21-set	196.620	48.782	R\$ 43.935.002
22-set			
25-set	209.435	50.422	R\$ 34.685.458
26-set			
27-set	348.354	76.168	R\$ 48.043.767
28-set			
29-set	250.261	60.275	R\$ 32.897.934
30-set	609	297	275.126
Total	2.127.405	526.097	R\$ 308.165.177

- Determinação das Transportadoras: feita por intermédio da aplicação do procedimento inicial com sua representação indicada pelo fluxo “H”. Como já dito, foram utilizadas transportadoras que já prestam serviços para o 3PL.
- Indicação dos veículos de carga: determinada por meio da aplicação do procedimento de determinação de redes de distribuição pelo fluxo “F”, pois indica os veículos utilizados na análise como carretas, *trucks*, tocos e 3/4.
- Apontamento de requerimentos especiais dos veículos: também determinado por meio da aplicação do procedimento de determinação de redes de distribuição através da etapa descrita como “E”.
- Levantamento do valor de frete por veículo: para o perfil de distribuição indicado, os valores obtidos foram:
 - carreta: R\$ 6.940,41;
 - *truck*: R\$ 4.557,63;
 - toco: R\$ 3.926,93;
 - 3/4: R\$ 3.326,14.
- Indicação das variáveis:
 - X → quantidade de carretas por dia enviadas ao destinatário;
 - Y → quantidade de *trucks* por dia enviados ao destinatário;
 - Z → quantidade de tocos por dia enviados ao destinatário;
 - W → quantidade de 3/4 por dia enviados ao destinatário.
- Determinação da Função Objetivo: função objetivo será uma função de minimização dos custos de fretes, como indicado:
 - F.O. Min = 6.940,41 X + 4.557,63 Y + 3.926,93 Z + 3.326,14 W;
- Determinação das Restrições:
 - Restrição de Peso: para o dia 04/set, em que a capacidade é de 72.340 quilos, a restrição será:

- Peso: $24.000 X + 13.000 Y + 8.000 Z + 4.000 W \geq 72.340$
 - Obs.: Para os demais dias do mês a restrição se mantém, mudando-se apenas o peso nos respectivos dias.
- Restrição de Volume: para o dia 04/set, em que o volume é de 45.889 caixas, a restrição será:
 - Volume: $2.900 X + 1.450 Y + 900 Z + 650 W \geq 45.889$
 - Obs.: Para os demais dias do mês a restrição se mantém, mudando-se apenas o volume nos respectivos dias.
- Restrição de Valor: para o dia 04/set, em que o valor é de R\$ 25.911.466, a restrição será:
 - Valor: $1.200.000 (X + Y + Z + W) \geq 25.911.466$
 - Obs.: Para os demais dias do mês a restrição se mantém, mudando-se apenas o valor da mercadoria nos respectivos dias.
- Restrição de Inteiros:
 - Inteiros: $X; Y; Z; W = \text{Números Inteiros}$
- Restrição de Negatividade:
 - Positividade: $X; Y; Z; W \geq 0$
- Resumindo as restrições para o dia 04/set obtém-se:
 - Peso: $24.000 X + 13.000 Y + 8.000 Z + 4.000 W \geq 72.340$
 - Volume: $2.900 X + 1.450 Y + 900 Z + 650 W \geq 45.889$
 - Valor: $1.200.000 (X + Y + Z + W) \geq 25.911.466$
 - Inteiros: $X; Y; Z; W = \text{Números Inteiros}$
 - Positividade: $X; Y; Z; W \geq 0$
- Colocar em linguagem *Solver*: segue uma figura ilustrando como tal modelagem foi realizada.

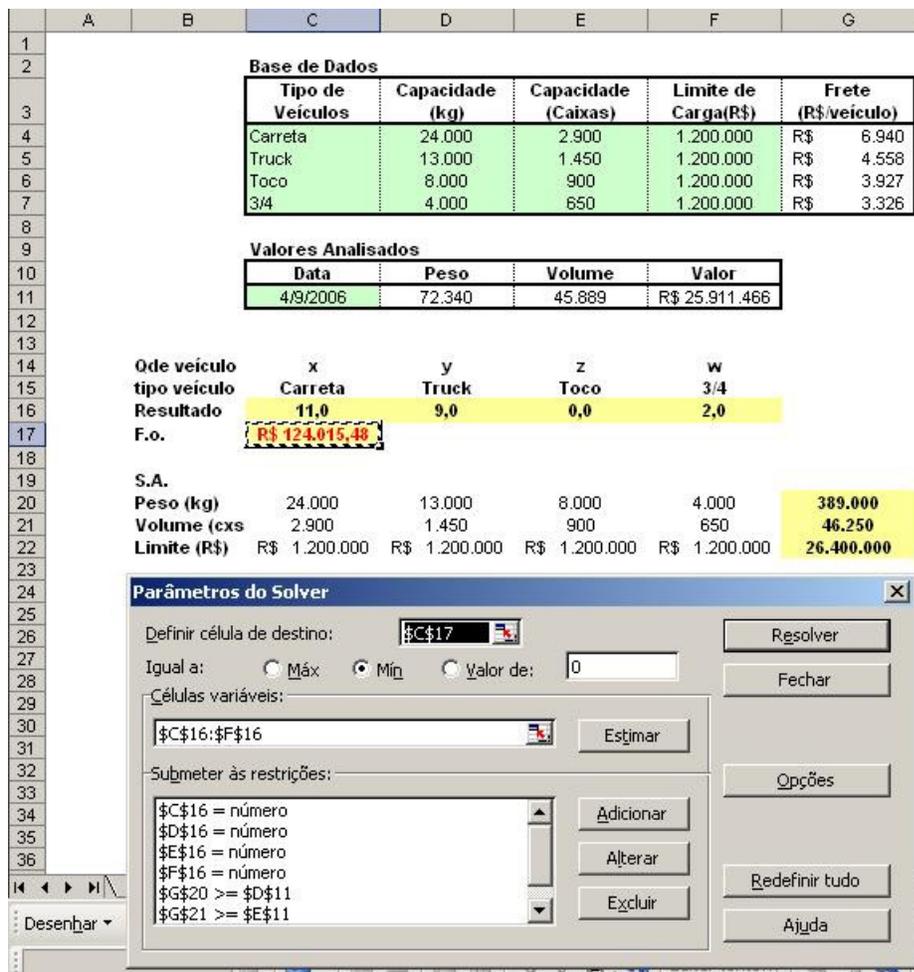


Figura 33: Aplicação do Solver – Carga Consolidada

- Encontrar o número de veículos: para o dia 504/set, o resultado indicado pela ferramenta é de 11 carreta, 09 truck, 0 tocos e 2 3/4.
- Encontrar o valor que minimize a função objetivo: com a quantidade de veículos em mãos, o valor correspondente para aquele dia específico, 04/set, resultante da combinação entre número de veículos calculados e seu respectivo valor de frete, é de R\$ 124.015,48.
- É o último dia? A resposta até o momento é não. Sendo assim, deve-se repetir o processo a partir da etapa chamada “Determinação das Restrições”. Segue o resumo de todas essas interações até o dia 30/set.
- Construir a tabela resumo: com a passagem por todos os dias, é possível construir a tabela que indica o resultado em número de veículos dia-a-dia.

Tabela 35: Quantidade de Veículos – Carga Consolidada

Data	Peso	Volume	Valor	Carreta	Truck	Toco	3/4
1-set				0	0	0	0
4-set	72.340	45.889	R\$ 25.911.466	11	9	0	2
5-set				0	0	0	0
6-set	38.987	11.433	R\$ 8.495.721	1	5	0	2
8-set				0	0	0	0
11-set	263.412	59.531	R\$ 28.902.327	17	8	0	0
12-set				0	0	0	0
13-set	253.359	48.703	R\$ 24.697.892	15	2	0	4
14-set				0	0	0	0
15-set	116.548	35.448	R\$ 23.518.275	5	15	0	0
18-set				0	0	0	0
19-set	377.480	89.151	R\$ 36.802.209	31	0	0	0
20-set				0	0	0	0
21-set	196.620	48.782	R\$ 43.935.002	0	31	1	5
22-set				0	0	0	0
25-set	209.435	50.422	R\$ 34.685.458	6	23	0	0
26-set				0	0	0	0
27-set	348.354	76.168	R\$ 48.043.767	15	21	0	5
28-set				0	0	0	0
29-set	250.261	60.275	R\$ 32.897.934	16	8	1	3
30-set	609	297	275.126	0	0	0	1
Total	2.127.405	526.097	R\$ 308.165.177	117	122	2	22

- Com base nos resultados e nos respectivos valores de fretes por veículo (carreta: R\$ 6.940,41; *truck*: R\$ 4.557,63; toco: R\$ 3.926,93; 3/4: R\$ 3.326,14), é possível obter o valor do faturamento mensal para conta frete para o respectivo destinatário, ou seja, R\$ 1.449.088 por mês.
- Último Destinatário? Sim, é o último Destinatário.
- Último Cenário? Sim, é o último cenário.

O próximo passo do procedimento é consolidar todos os resultados obtidos até o momento.

6.2.3. Transporte – Consolidação dos Resultados

Com base na aplicação do procedimento para os dois cenários, os resultados obtidos foram:

Tabela 36: Resumo – Quantidade de Veículos

Cenários	Quantidade de Veículo por dia				
	Carreta	Truck	Toco	3/4	Total
Carga Direta – Todos Destinatários	124	98	6	44	272
Carga Consolidada – Todos Destinatários	117	122	2	22	263

Com base na tabela, percebe-se que para atender ao volume de distribuição de todos os destinatários pelo modelo chamado carga direta, foi necessário um total de 272 veículos, sendo 124 carretas, 98 *trucks*, 6 tocos e 44 3/4's ao longo do mês.

Já para atender ao volume de distribuição de todos os destinatários pelo modelo chamado carga consolidada, foi necessário um total de 263 veículos, sendo 117 carretas, 122 *trucks*, 2 tocos e 22 3/4's ao longo do mês.

Em relação ao custo de frete rodoviário da rede de transporte, a aplicação do procedimento obteve os seguintes resultados.

Tabela 37: Resumo – Frete pago por mês

Cenários	Frete Pago por mês				
	Carreta	Truck	Toco	3/4	Total
Carga Direta – Todos Destinatários	R\$ 860.611	R\$ 446.648	R\$ 23.562	R\$ 146.350	R\$ 1.477.171
Carga Consolidada – Todos Destinatários	R\$ 812.028	R\$ 556.031	R\$ 7.854	R\$ 73.175	R\$ 1.449.088

Com base na tabela, o modelo de distribuição que atende todos os destinatários pela rede chamada carga direta gerou um custo de frete rodoviário mensal de R\$ 1.477.171.

Já para o modelo distribuição dito carga consolidada o custo de frete rodoviário mensal foi de R\$ 1.449.088.

Vale ressaltar que, adiante, haverá um tópico destinado exclusivamente à análise de resultados.

6.3. Aplicação do procedimento de cálculo de custos de armazenagem

Para aplicação deste procedimento, da mesma forma que para a de transporte, foram utilizados os dados de todos os destinatários envolvidos no processo de distribuição do 3PL para os cenários de carga direta e carga direta consolidada.

6.3.1. Armazenagem – entrega direta sem consolidação de cargas

Para realizar a análise de armazenagem, será utilizado o procedimento para cálculo de custos de armazenagem descrito anteriormente.

- Separação dos volumes em caixas: para o cenário em questão há uma movimentação mensal de 526.097 caixas.
- Representação dos dados em paletes: com base nas informações do operador logístico, sabe-se que a base de conversão média expressa em caixas por paletes é de aproximadamente 60. Com isso, a quantidade movimentada em caixas é equivalente a 8.768 (526.097/ 60) paletes movimentados por mês.
- Determinação dos processos que sofrem impactos: de acordo com o processo operacional descrito na dissertação no tópico referente ao processo atual de armazenagem, percebe-se que todo o volume de movimentação passa pelo fluxo representado pela figura 14. Como houve um rearranjo no modelo de saída de veículos do centro de distribuição, tais volumes deverão ser tratados separadamente do modelo, alterando no fluxo apenas de alguns processos. Basicamente, os processos que sofreram foram:
 - Separação de caixas: como o perfil e a quantidade de veículos de expedição são alterados, necessariamente o fluxo de separação passa a ter a distribuição indicada na tabela 31. Dessa forma, é preciso redimensionar a quantidade de recursos no processo de separação para atender esse novo perfil de separação.

- Reabastecimento da separação: como há separação de caixas, a atividade necessita de atividade de reabastecimento para que as posições de separação sempre estejam completas.
- Conferência: depois de separada, antes do carregamento, a carga necessita de conferência antes da saída do centro de distribuição.

As demais atividades não sofreram modificações, pois o volume de recebimento e armazenagem não se alterada, bem com o volume de carregamento.

- Indicar produtividade por atividade: de acordo com o conhecimento operacional do operador logístico, é possível determinar a produtividade para cada processo:
 - Separação de caixas: a produtividade estimada é de aproximadamente 210 caixas separadas por hora, para cada separador.
 - Reabastecimento da separação: para tal operação, a produtividade esperada é de cerca de 35 paletes reabastecidos por hora, por cada operador de empilhadeira.
 - Conferência: nesta atividade, o conferente tem uma produtividade aproximada de 20 paletes por hora.
- Indicar quantidade de horas trabalhadas por dias trabalhados por mês: para as atividades indicadas, a quantidade de horas disponíveis por dia é de 7 horas, sendo que 1 hora é disponibilizada para almoço, reuniões, etc. E são 22 dias de operação por mês.
- Apontar picos operacionais por meio da base de dados diária: com base nos dados dia-a-dia apresentados, há um volume máximo diário de 77.942 caixas no dia 18/set que, frente ao volume total do mês – que é de 526.097 caixas, representa um pico de expedição de 14,82% em um dia de faturamento.
- Calcular a quantidade de recursos: A quantidade de recursos operacionais deve ser realizada para cada processo indicado anteriormente. Antes do cálculo propriamente dito, deve-se indicar o modelo pelo qual será realizado o dimensionamento. Para isso, são importantes as informações:

(A) Volume: quantidade de caixas ou paletes por mês

(B) Pico operacional: percentual do volume em relação ao todo

(C) Dias de picos: quantidade de dias em que o pico acontece

(D) Produtividade: rendimento de cada recurso por hora trabalhada

(E) Quantidade de horas disponíveis: horas efetivas de trabalho

(F) Número de recursos: $\text{Volume} * (\text{Pico Operacional} / \text{Dias de Pico}) / \text{Produtividade} / \text{Quantidade de horas disponíveis}$. $[F=A*(B/C)/D/E]$

○ Com a formulação realizada e aplicando os volumes indicados, é possível determinar a quantidade de recursos para o cenário atual para cada processo:

▪ Separação de Caixas:

- (A) Volume: 526.097 caixas/mês
- (B) Pico operacional: 14,82%
- (C) Dias de picos: 1 dia
- (D) Produtividade: 210 caixas/hora/homem
- (E) Quantidade de horas disponíveis: 7 horas
- (F) Número de recursos: $526.097 * (14,82\% / 1) / 210 / 7 = 53,02$ recursos. Portanto, 54 separadores.

▪ Reabastecimento de caixas:

- (A) Volume: 526.097 caixas/mês ou 8.768 paletes/mês
- (B) Pico operacional: 14,82%
- (C) Dias de picos: 1 dia
- (D) Produtividade: 35 paletes/hora/homem
- (E) Quantidade de horas disponíveis: 7 horas
- (F) Número de recursos: $8.768 * (14,82\% / 1) / 35 / 7 = 5,30$ recursos. Portanto, 6 operadores de empilhadeira.

▪ Conferência:

- (A) Volume: 526.097 caixas/mês ou 8.768 paletes/mês

- (B) Pico operacional: 14,82%
 - (C) Dias de picos: 1 dia
 - (D) Produtividade: 20 paletes/hora/homem
 - (E) Quantidade de horas disponíveis: 7 horas
 - (F) Número de recursos: $543 * (14,82\% / 1) / 20 / 7 = 9,28$ recursos. Portanto, 10 conferentes.
- Calcular necessidade de equipamentos: com base no dimensionamento, o único recurso que necessita de equipamento é o operador de empilhadeira; portanto, 6 empilhadeiras.
 - Necessidade de recursos indiretos: como é uma operação que necessita de um processo diferente, é indicado que haja um recurso de coordenação para garantir a não ruptura no processo. Estima-se, com base em referências do 3PL que para cada 10 colaboradores haja 1 recurso de coordenação. Portanto, serão alocados 7 coordenadores de operações para garantir o processo (54 separadores + 6 operadores + 10 conferentes = 70 recursos / 10 = 7 coordenadores). Os demais recursos serão compartilhados com a operação atual.
 - Levantar custos relacionados: com base no dimensionamento, há necessidade do conhecimento dos custos relacionados ao cargo de separador, conferente, operador de empilhadeira e do coordenador de operações. Além disso, é necessário levantar também o custo de locação de empilhadeira. Para tais valores serão utilizados referências de mercado provenientes do operador logístico para que os cálculos possam ser concluídos.
 - Separador: R\$ 1.515,80 por mês
 - Operador de empilhadeira: R\$ 1.870,00 por mês
 - Conferente: R\$ 2.008,60 por mês
 - Coordenador de operações: R\$ 3.300,00 por mês
 - Empilhadeira: R\$ 3.950,00 por mês

- Calcular custo incremental:
 - Faz-se necessário identificar quantos recursos haviam alocados no operador logístico antes da modificação do fluxo de saída e do novo dimensionamento relacionado acima. Segundo fontes do 3PL havia uma alocação de 17 separadores, 2 operadores de empilhadeira com 2 empilhadeiras, 3 conferentes e 3 coordenadores de operações.
 - Com base nas informações citadas, é possível identificar os custos totais incrementais de armazenagem para o cenário em questão, como mostra a tabela:

Tabela 38: Custo de Armazenagem – carga direta sem consolidação

Recursos Operacionais Diretos	Qde Atual	Nova Qde	Incremental	Custo Unitário	Custo Total
Separador	17,00	54,00	37,00	R\$ 1.515,80	R\$ 56.084,60
Operador de Empilhadeira	2,00	6,00	4,00	R\$ 1.870,00	R\$ 7.480,00
Conferente	3,00	10,00	7,00	R\$ 2.008,60	R\$ 14.060,20
				Total	R\$ 77.624,80
Recursos Operacionais Indiretos	Qde	Qde		Custo Unitário	Custo Total
Coordenador de Operações	3,00	7,00	4,00	R\$ 3.300,00	R\$ 13.200,00
				Total	R\$ 13.200,00
				Custo total de Pessoas	R\$ 90.824,80
Equipamentos de Movimentação	Qde	Qde		Custo Unitário	Custo Total
Empilhadeira	2,00	6,00	4,00	R\$ 3.950,00	R\$ 15.800,00
				Total	R\$ 15.800,00
				Custo Total Incremental de Armazenagem	R\$ 106.624,80

A tabela acima indica a quantidade atual de recursos existentes no operador logístico, a nova quantidade calculada de acordo com o procedimento proposto e o valor incremental que indica a diferença entre a quantidade calculada *versus* a quantidade atual do 3PL que multiplicada pelos custos unitários estima-se que haverá um custo incremental para o cenário devido a impactos no processo de armazenagem de R\$ 106.624,80 por mês.

- Último cenário? Não. Deve-se aplicar o procedimento para entrega direta com cargas consolidadas.

6.3.2. Armazenagem – entrega direta sem consolidação de cargas

- Separação dos volumes em caixas: movimentação mensal de 526.097 caixas.
- Representação dos dados em paletes: 8.768 (526.097 / 60) paletes movimentados por mês.
- Determinação dos processos que sofrem impactos:
 - Separação de caixas;
 - Reabastecimento da separação;
 - Conferência.

Obs.: As demais atividades não sofreram modificações.

- Indicar produtividade por atividade:
 - Separação de caixas: 210 caixas/hora/homem
 - Reabastecimento da separação: 35 paletes/hora/homem
 - Conferência: 20 paletes/hora/homem
- Indicar quantidade de horas trabalhadas por dia e dias trabalhados por mês: 7 horas por dia e 22 dias de operação por mês.
- Apontar picos operacionais por meio da base de dados diária: 89.151 caixas no dia 19/set que, frente ao volume total do mês – que é de 526.097 caixas, representa um pico de expedição de 16,95% em um dia de faturamento.
- Calcular a quantidade de recursos:
 - Volume * (Pico Operacional / Dias de Pico) / Produtividade / Quantidade de horas disponíveis:
 - Separação de Caixas:
 - (A) Volume: 526.097 caixas/mês
 - (B) Pico operacional: 16,95%
 - (C) Dias de picos: 1 dia

- (D) Produtividade: 210 caixas/hora/homem
 - (E) Quantidade de horas disponíveis: 7 horas
 - (F) Número de recursos: $526.097 * (16,95\% / 1) / 210 / 7 = 59,79$ recursos. Portanto, 60 separadores.
- Reabastecimento de caixas:
 - (A) Volume: 526.097 caixas/mês ou 8.768 paletes/mês
 - (B) Pico operacional: 16,95%
 - (C) Dias de picos: 1 dia
 - (D) Produtividade: 35 paletes/hora/homem
 - (E) Quantidade de horas disponíveis: 7 horas
 - (F) Número de recursos: $8.768 * (16,95\% / 1) / 35 / 7 = 5,98$ recursos. Portanto, 6 operadores de empilhadeira.
- Conferência:
 - (A) Volume: 526.097 caixas/mês ou 8.768 paletes/mês
 - (B) Pico operacional: 16,95%
 - (C) Dias de picos: 1 dia
 - (D) Produtividade: 20 paletes/hora/homem
 - (E) Quantidade de horas disponíveis: 7 horas
 - (F) Número de recursos: $543 * (16,95\% / 1) / 20 / 7 = 10,46$ recursos. Portanto, 11 conferentes.
- Calcular necessidade de equipamentos: 6 empilhadeiras.
 - Necessidade de recursos indiretos: Estima-se, com base em referências do 3PL que para cada 10 colaboradores haja 1 recurso de coordenação. Portanto, serão alocados 8 coordenadores de operações para garantir o processo (60 separadores +

6 operadores + 11 conferentes = 77 recursos / 10 = 8 coordenadores). Os demais recursos serão compartilhados com a operação atual.

- Levantar custos relacionados: Para tais valores serão utilizados referências de mercado provenientes do 3PL para que os cálculos possam ser concluídos.
 - Separador: R\$ 1.515,80 por mês
 - Operador de empilhadeira: R\$ 1.870,00 por mês
 - Conferente: R\$ 2.008,60 por mês
 - Coordenador de operações: R\$ 3.300,00 por mês
 - Empilhadeira: R\$ 3.950,00 por mês
- Calcular custo incremental:
 - Faz-se necessário identificar quantos recursos haviam alocados no operador logístico antes da modificação do fluxo de saída. Segundo fontes do 3PL há uma alocação de 17 separadores, 2 operadores de empilhadeira com 2 empilhadeiras, 3 conferentes e 3 coordenadores de operações.
 - Com base nas informações citadas, é possível identificar os custos totais incrementais de armazenagem para o cenário em questão, como mostra a tabela:

Tabela 39: Custo de Armazenagem – carga direta com consolidação

Recursos Operacionais Diretos	Qde Atual	Nova Qde	Incremental	Custo Unitário	Custo Total
Separador	17,00	60,00	43,00	R\$ 1.515,80	R\$ 65.179,40
Operador de Empilhadeira	2,00	6,00	4,00	R\$ 1.870,00	R\$ 7.480,00
Conferente	3,00	11,00	8,00	R\$ 2.008,60	R\$ 16.068,80
Total					R\$ 88.728,20
Recursos Operacionais Indiretos	Qde	0		Custo Unitário	Custo Total
Coordenador de Operações	3,00	8,00	5,00	R\$ 3.300,00	R\$ 16.500,00
Total					R\$ 16.500,00
Custo total de Pessoas					R\$ 105.228,20
Equipamentos de Movimentação	Qde	0		Custo Unitário	Custo Total
Empilhadeira	2,00	6,00	4,00	R\$ 3.950,00	R\$ 15.800,00
Total					R\$ 15.800,00
Custo Total Incremental de Armazenagem					R\$ 121.028,20

A tabela acima indica a quantidade atual de recursos existentes no operador logístico, a nova quantidade calculada de acordo com o procedimento proposto e o valor incremental que indica a diferença entre a quantidade calculada *versus* a quantidade atual do 3PL que multiplicada pelos custos unitários estima-se que haverá um custo incremental para o cenário devido a impactos no processo de armazenagem de R\$ 121.028,20 por mês.

- Último Cenário? Sim, este é o último cenário a ser avaliado.

6.3.3. Armazenagem – Consolidação dos Resultados

Com base na aplicação do procedimento, os resultados obtidos foram:

Tabela 40: Resumo – Quantidade de Recursos

Cenários - Individuais	Quantidade de Recursos (Pessoas + Equipamentos)					
	Sep.	Oper.	Conf.	Coord.	Total	Emp.
Cenário atual	17	2	3	3	25	2
Carga direta total	54	6	10	7	77	6
Carga direta incremental	37	4	7	4	52	4
Carga direta consolidada total	60	6	11	8	85	6
Carga direta consolidada incremental	43	4	8	5	60	4

Com base na tabela, é possível identificar a quantidade de recursos para cada cenário isoladamente, ou seja, para atender ao volume do modelo de distribuição chamado Carga Direta é necessário um incremento de 52 recursos, sendo 37 separadores, 4 operadores, 7 conferentes e 4 coordenadores, além de 4 empilhadeiras.

Já para atender ao cenário de carga direta consolidada, é necessário um incremento de 60 recursos, sendo 43 separadores, 4 operadores, 8 conferentes e 5 coordenadores, além de 4 empilhadeiras.

Fazendo a mesma análise, só que levando em consideração os custos obtidos, os resultados foram:

Tabela 41: Resumo – Custos Totais Incrementais Mensais

Cenários - Individuais	R\$ Incrementais por mês					
	Sep.	Oper.	Conf.	Coord.	Emp.	TOTAL
Genário atual	R\$ 25.769	R\$ 3.740	R\$ 6.026	R\$ 9.900	R\$ 7.900	R\$ 53.334
Carga direta total	R\$ 81.853	R\$ 11.220	R\$ 20.086	R\$ 23.100	R\$ 23.700	R\$ 159.959
Carga direta incremental	R\$ 56.085	R\$ 7.480	R\$ 14.060	R\$ 13.200	R\$ 15.800	R\$ 106.625
Carga direta consolidada total	R\$ 90.948	R\$ 11.220	R\$ 22.095	R\$ 26.400	R\$ 23.700	R\$ 174.363
Carga direta consolidada incremental	R\$ 65.179	R\$ 7.480	R\$ 16.069	R\$ 16.500	R\$ 15.800	R\$ 121.028

Com base na tabela, percebe-se que para atender o volume do modelo de distribuição chamado carga direta será necessário um incremento de custos no valor de R\$ 106.625 por mês e para o modelo carga direta consolidada é necessário um incremento de R\$ 121.625 por mês.

Portanto, esses valores serão utilizados nas análises conjuntas entre custos de transporte e armazenagem.

7. RESULTADOS OBTIDOS

Além de indicar os principais resultados obtidos, é importante consolidar as informações obtidas separadamente pelos procedimentos de determinação da rede de transportes, cálculo de custos de transportes e armazenagem.

7.1. Perfil da rede de distribuição

Conforme objetivo inicial do projeto de pesquisa em questão foi realizado um estudo sobre redes de distribuição comparativamente aos modelos propostos na literatura disponível e confrontados com a realidade de redes de distribuição do Brasil através de um estudo de caso.

Buscou-se informações de um grande operador logístico denominado 3PL para que as aplicações e comparações se concretizassem.

Como resultado da criação de um procedimento para determinação de redes de distribuição utilizou-se uma base de dados de 1 mês de operação que continha informações referentes ao peso, volume, frete, valor da carga, quantidade de notas fiscais e distância do centro de distribuição do 3PL até cada um dos destinatários para aplicação e determinação de resultados.

Determinado o cenário-base, aberto os dados dia-a-dia de todos os destinatários do 3PL e aplicado o procedimento criado, foi possível determinar a rede de distribuição que melhor se encaixava à base de dados.

Com uma frequência de 15.032 indicações, cerca de 49% do total, a indicação foi a de se utilizar uma rede de distribuição com terceirização de *milk run* ou transportador de carga fracionada para o operador logístico.

Dentro dos 49%, vale ressaltar que 40% do peso total transportado se encontra dentro da faixa indicada através da aplicação do procedimento para ser movimentado via terceirização de *milk run* ou transportador de carga fracionada.

Além disso, houveram 30.514 indicações, cerca de 99% do total, para utilizar uma rede de distribuição com abastecimento através de um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.

Da mesma forma, o 70% do volume e do valor se encontra dentro da faixa indicada através da aplicação do procedimento para ser abastecido através de um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato.

Conhecida a rede de distribuição, criou-se um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem do cenário avaliado. O procedimento proposto baseou-se em um fluxograma desmembrado em etapas sequenciais para que ao final da aplicação os custos fossem mensurados, como mostrados a seguir.

7.2. Consolidação dos custos de transportes e armazenagem

Consolidando os dados obtidos por meio dos procedimentos acima no que se refere à quantidade de recursos necessários para operar os modelos (veículos, pessoas e equipamentos), verificam-se as seguintes informações:

Tabela 42: Recursos Consolidados Transportes e Armazenagem

Cenários	Qde Veículos Totais	Qde Pessoas Incrementais	Qde Equipamentos Incrementais
Carga Direta - todos destinatários	272	52	4
Carga Direta Consolidada - todos destinatários	263	60	4

Percebe-se que a quantidade de veículos se altera à medida que se modificam os cenários, ou seja, para o cenário de carga direta a quantidade de veículos totais utilizados é 272, mas se realizada de forma consolidada o valor se torna 263 veículos por mês.

Essa variação acontece de acordo com as premissas que foram adotadas para cada cenário, e devido também à estratégia de rede de transporte de cada um.

De forma similar ocorre com a quantidade de recursos operacionais já que para o cenário de carga direta há um incremento de 52 pessoas e 4 empilhadeiras frente ao cenário existente e para o cenário de carga direta consolidada há um incremento de 60 pessoas e também 4 empilhadeiras frente à operação atual do operador logístico.

Agrupando todos os resultados listados ao longo da dissertação e colocando-os nas suas respectivas formas monetárias, chega-se aos seguintes valores finais:

Tabela 43: Valores Consolidados Transportes e Armazenagem

Cenários	Custo de Transporte Total (R\$/Mês)	Custo de Armazenagem Incremental (R\$/Mês)	Total (R\$/Mês)
Carga Direta - todos destinatários	R\$ 1.477.171	R\$ 106.625	R\$ 1.583.795
Carga Direta Consolidada - todos destinatários	R\$ 1.449.088	R\$ 121.028	R\$ 1.570.116

Com base na tabela, conclui-se que o menor valor obtido foi o do cenário de carga direta consolidada com R\$ 1.570.116 por mês, pois o cenário de carga direta atingiu o montante de R\$ 1.583.795 por mês.

7.3. Comparação com o cenário-base

Conforme descrito anteriormente, o escopo total de análise foi de 1.456 destinatários de um determinado mês com seus respectivos volumes, pesos, valor da mercadoria, valor de frete, quantidade de notas fiscais e recursos operacionais.

Para a aplicação do procedimento de cálculo de custos de transportes e armazenagem, a base de dados foi utilizada na íntegra, ou seja:

Tabela 20: Cenário-base

# Dest	Valor (R\$)	Peso (kg)	Volume (cxs)	Frete Total (R\$)	Dist (km)
397	R\$ 33.361.203	203.855	54.328	R\$ 152.903	555
390	R\$ 25.283.691	88.756	32.597	R\$ 105.670	493
1.187	R\$ 14.789.259	113.718	29.286	R\$ 99.751	461
1.120	R\$ 21.403.282	100.903	31.101	R\$ 95.942	196
811	R\$ 12.767.947	92.335	25.886	R\$ 68.194	575
1.253	R\$ 9.215.302	55.296	16.148	R\$ 50.096	165
97	R\$ 2.377	5	2	R\$ 10	930
423	R\$ 670	1	2	R\$ 5	596
1.456	R\$ 308.165.177	2.127.405	526.097	R\$ 1.760.263	

Fonte: Operador Logístico 3PL

Aplicou-se o procedimento de cálculo de custos de transportes e armazenagem nos cenários descritos como carga direta e carga direta consolidada. Os resultados mensais foram:

- Total Carga Direta – Todos Destinatários R\$ 1.477.171 mensal
- Total Carga Consolidada – Todos Destinatários R\$ 1.449.088 mensal

Já a análise de resultados referentes aos custos de armazenagem baseou-se na teoria de custos incrementais, uma vez que foram processos que passaram a ocorrer na operação que não existia anteriormente, conforme já explicado. Sendo assim, foram calculados os custos de pessoas e equipamentos adicionais para realizar suas respectivas ações, demandadas pelo sistema de transporte. Os resultados mensais foram:

- Total Carga Direta – Todos Destinatários R\$ 106.625 mensal

- Total Carga Consolidada – Todos Destinatários R\$ 121.028 mensal

Resgatando os dados do cenário-base já apresentados e comparando-os com os resultados de cada cenário, sendo avaliado apenas frete pago contra frete pago, é possível concluir que há ganhos consideráveis expostos.

Tabela 44: Resultados em Transportes – Frete contra Frete

Cenários	Frete Atual (R\$/Mês)	Transporte (R\$/Mês)	Diferença (R\$/Mês)	
Carga Direta - todos destinatários	R\$ 1.760.263	R\$ 1.477.171	R\$ (283.092)	-16,08%
Carga Direta Consolidada - todos destinatários	R\$ 1.760.263	R\$ 1.449.088	R\$ (311.175)	-17,68%

Verifica-se que para os dois cenários há redução em tabela de frete aplicada e a ser paga ao final do mês. O maior dos efeitos foi o da carga direta consolidada, que atingiu uma redução mensal de 17% frente ao cenário-base, o que representa, em valores absolutos, uma potencial economia em fretes de R\$ 311.175 por mês. O cenário de carga direta também se demonstrou eficiente com um potencial de ganho de 16% ou R\$ 283.092 por mês.

Os resultados não são efetivamente verdadeiros se não houver a integração total com os números apontados pela análise de armazenagem. Como visto anteriormente, sabe-se que há interferências significativas em custo com as mudanças de processo de transporte dentro do armazém.

Tais mudanças impactaram nos cenários valores entre aproximadamente R\$ 106.000 e R\$ 121.000 por mês, de acordo com o cenário em questão.

Então, construiu-se a tabela de resultados finais indicada, que apresenta os ganhos relativos de cada um dos modelos propostos frente ao inicialmente observado, mas não levando em consideração somente o frete pago. Indicaram-se também os impactos da parcela de armazenagem nos cálculos. Dessa forma, obtém-se:

Tabela 45: Resultados Finais - Transporte e Armazenagem

Cenários	Frete Atual (R\$/Mês)	Transporte (R\$/Mês)	Armazem (R\$/Mês)	Total (R\$/Mês)	Diferença (R\$/Mês)
Carga Direta - todos destinatários	R\$ 1.760.263	R\$ 1.477.171	R\$ 106.625	R\$ 1.583.795	R\$ (176.467) -10,03%
Carga Direta Consolidada - todos destinatários	R\$ 1.760.263	R\$ 1.449.088	R\$ 121.028	R\$ 1.570.116	R\$ (190.147) -10,80%

Adicionando o impacto de armazenagem, há algumas mudanças nos resultados obtidos, não na viabilidade da aplicação, mas sim nos ganhos esperados.

No caso do cenário de entrega direta consolidado que o ganho esperado era de 18%, o valor com o impacto dos custos incrementais de armazenagem foi de 11%, ou seja, uma redução de cerca de 7 pontos percentuais.

O mesmo ocorre com o cenário de carga direta que apresentava uma redução de 16% e caiu para 10% com uma redução de 6 pontos percentuais.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

O projeto de pesquisa buscou inicialmente levantar os principais pontos a serem considerados na elaboração de estudos sobre redes de distribuição comparativamente aos modelos propostos na literatura disponível e confrontar com a realidade de redes de distribuição do Brasil através de um estudo de caso.

Para que isso fosse possível foram utilizados dados provenientes de um grande operador logístico para que as aplicações e comparações se concretizassem. O objetivo dessas aplicações é o de comparar métodos propostos na literatura de redes de distribuição com resultados práticos de um modelo real utilizado pelo operador logístico.

A primeira etapa foi a elaboração de um procedimento para determinação de redes de distribuição com base em referências bibliográficas que possibilitavam configurações do tipo entrega direta, entrega direta através de operações com *milk run*, entregas através de centros de distribuição, entregas utilizando centros de distribuição e operações de *cross docking*, entregas utilizando centros de distribuição juntamente com operações de *milk run* e redes do tipo *tailored* ou rede sob medidas.

Elaborado o procedimento, o processo de aplicação iniciou-se pelo levantamento de informações de um grande operador logístico de classe mundial. Com os dados em mãos, partiu-

se para a criação e análise de um cenário-base para que fosse possível realizar eventuais comparações futuras.

A partir do cenário-base, foi possível determinar o perfil da rede de distribuição através de alguns indicadores relativos ao produto, rota e veículo a serem transportados, tais quais: informações de distâncias percorridas pelos veículos (curtas, médias ou longas), densidade da carga (alta, média ou baixa), valor do produto a ser transportado (alto ou baixo) e demanda a ser atendida (alta ou baixa).

Com tudo isso bem definido, foi possível, por meio de entradas de dados de cada destinatário específico, ter como resultado o tipo de rede de distribuição mais apropriado para esse negócio.

Como resultado da primeira aplicação do procedimento de determinação de redes de distribuição a indicação foi, segundo Chopra (2004) a de se utilizar uma rede de distribuição com terceirização de *milk run* ou transportador de carga fracionada para o operador logístico. Além disso, a recomendação foi a de utilizar uma rede de distribuição que tivesse um estoque de segurança agregado com atendimento de pedidos através de transporte barato em relação aos tipos de modais de transportes existentes.

Sobre os resultados sugeridos acima, é importante que algumas ressalvas sejam expostas, pois a realidade brasileira pode se mostrar diferente em termos de organização dentro das redes de distribuição propostas na teoria.

A primeira ressalva diz respeito à capacidade de coordenação de um *milk run* em uma rede de distribuição que contem quase 1.500 destinatários. O nível de integração e coordenação que deveria existir entre as janelas programadas em todos os destinatários poderia potencializar riscos de atrasos nas entregas aos clientes.

Atualmente no Brasil não há uma cultura enraizada entre os clientes (ou destinatários como foi chamado na dissertação) para coordenação e colaboração em processos de distribuição que utilizam janelas programadas de entrega, ou *milk runs*. São poucos pólos, principalmente no

setor automotivo que apresentam essa cultura mais difundida. No setor farmacêutico, como no estudo de caso em questão, não se sabe de muitos casos de sucesso para esse tipo de solução.

Outro ponto importante é que a rede de atendimento do 3PL a partir do seu centro de distribuição localizado em São Paulo varia em termos de distâncias de no mínimo 20 quilômetros e no máximo 950 quilômetros de acordo com cada destinatário. Independentemente da concentração de atendimento por Estado, sabe-se que é muito complicado viabilizar *milk runs* com raios tão extensos como os do 3PL. Dessa forma, com um único centro de distribuição seria inviável o atendimento de todos os destinatários em um raio de 950 quilômetros.

Além disso, para atender tamanha distância, é necessário que o operador logístico possua várias transportadoras para atender questões de tempo de entrega em todo o país. São quase 20 transportadoras no total para atender cerca de 1500 destinatários. Pode ser muito complexo e lento o processo de fazer com que todas elas sejam desenvolvidas para atender determinada rede de distribuição.

Como comentado anteriormente, há uma quantidade muito grande de destinatários em que cada um deles apresenta suas prioridades de forma distinta. Como o que rege o mercado de distribuição de produtos são basicamente os custos, é muito complicado fazer determinado destinatário a sair do seu estado de “inércia” atual para mudar o modelo de rede de distribuição sem que haja benefícios de custos a seu favor.

Aprofundando um pouco o tema, aplicação do procedimento indicou que para quase 50% dos destinatários, que representa 40% do peso total transportado, se valia mudar a rede de distribuição. Sendo assim, é a maioria, mas não a totalidade. Devido a tal fato, pode haver uma resistência da outra metade dos destinatários em aceitarem tal mudança.

A conta frete, tanto em termos absolutos quanto relativos, também é um fator que se altera muito de acordo com cada destinatário. A representação do custo de frete pelo faturamento de cada cliente pode variar, segundo as bases de dados do 3PL, entre 0,2% e 30%. Isso faz com que as mudanças de redes de distribuição se tornem um pouco morosas, já que a diferença entre os destinatários é muito grande.

Outra característica forte é que no Brasil o setor farmacêutico opera com várias entregas urgentes. Os medicamentos são caros, nem todos os postos de saúde e hospitais têm recursos e medicamentos disponíveis a todo o momento. Sendo assim, entregas urgentes demandam transporte rápido, eficiente e sem erros. Como uma rede *mikl run*, por exemplo, em que o nível de complexidade é elevado, pode-se causar problemas no tempo de entrega e conseqüentemente problemas na entrega.

Por fim, diferentemente de outros setores em que um erro no abastecimento da rede de distribuição pode parar uma fábrica, a produção, etc. no setor farmacêutico esse erro pode ser fatal e colocar em risco a vida das pessoas, pois há casos em que o medicamento deve chegar a um hospital em menos de 30 minutos.

Após a análise de redes, foi criado um procedimento para levantar os custos de transportes e de armazenagem do cenário avaliado baseado um fluxograma desmembrado em etapas seqüenciais para mensuração de custos de transportes e armazenagem ao final da aplicação.

Para dar suporte ao cálculo dos custos, ao longo da aplicação do procedimento utilizou-se a ferramenta *Solver* do MS Excel como uma forma simples de calcular os custos de transportes de armazenagem correlatos ao cenário analisado e identificar potenciais ganhos monetários que eventualmente podem ser gerado frente ao cenário base ou atual.

Para tais aplicações e sabendo da dificuldade em avaliar todas as possibilidades de redes de distribuição, optou-se por avaliar cenários de carga direta e carga direta consolidada.

Para cada cenário supracitado, no que se refere a determinação dos custos de transportes, houve necessidade de definir os limites veiculares, utilizar o *Solver* do MS Excel para criação de variáveis, determinação de funções objetivos para minimizar custos de transporte e suas respectivas restrições para determinação dos resultados.

Posteriormente, observou-se que a rede que gerou menor custo de fretes foi a carga direta consolidada, seguida pelo modelo de carga direta com reduções de cerca de 18% e 16% respectivamente.

Ainda fazia-se necessário a análise e a aplicação do procedimento de cálculo de custos incrementais de armazenagem para determinar o resultado final para o operador logístico e avaliar seu impacto no custo total.

A partir disso, foram, então, necessárias as etapas de segregação dos volumes, identificação de picos operacionais, cálculo de quantidade de recursos diretos e indiretos, equipamentos de movimentação e consolidação dos custos incrementais.

Com todos os custos levantados e realizando a consolidação dos valores para os modelos em questão, obteve-se o resultado final com a indicação do menor custo total frente o cenário-base para a chamada carga direta consolidada, seguida pelo modelo de carga direta, mas com reduções menores, ou seja, de 11% e 10% respectivamente.

Verifica-se então que através da criação de um procedimento baseado em um fluxograma desmembrado em etapas seqüenciais e com a utilização ferramenta Solver do MS Excel como uma forma simples de calcular os custos de transportes e de armazenagem correlatos é possível obter um potencial de redução de custos na ordem de R\$ 176.000 e R\$ R\$ 190.000 por mês para entregas diretas e consolidadas respectivamente.

Outra constatação é que a aplicação do procedimento foi eficiente, pois foram considerados aspectos tanto de armazenagem quanto de transportes. A construção de procedimentos separados que convergiam para um objetivo comum foi um ponto crucial, pois se só houvesse a aplicação na parte de transportes os resultados apresentariam ganhos irreais na prática com diferenças de até 7 pontos percentuais.

Apesar da ampla abordagem do projeto de pesquisa, alguns pontos não foram levados em consideração, mas podem fazer partes de estudos futuros. A análise de *leadtimes*, ou tempo de entrega, não foi levada em consideração.

A questão do *leadtime* é um ponto de alta relevância na prática, pois a cada perfil de rede de distribuição este valor, expresso em quantidade de dias, deve variar. O ponto principal da análise de *leadtime* é a importância de se validar se os resultados indicados pelos procedimentos são viáveis em termos práticos. Sendo assim, como possibilidade futura, pode-se avaliar se para os cenários estudados o *leadtime* é um fator que potencializa ou inviabiliza o resultado como um todo.

Em relação ao procedimento de determinação de redes de distribuição que avaliou e sugeriu um modelo único para todos os destinatários, pode-se pensar em realizar um estudo isolando alguns dos principais destinatários e tratá-los de forma isolada. Ou seja, manter um perfil de rede de distribuição atual para todos os destinatários e propor o modelo sugerido para poucos destinatários. Feito isso, eventualmente, pode-se gerar menor complexidade e menor grau de coordenação entre os participantes do modelo.

Outra análise que pode ser feita refere-se ao tempo de consolidação de cargas. Na dissertação, foi assumido um tempo de consolidação de cargas de no máximo 2 dias com redução nos custos totais. Pode ser avaliado em estudos futuros se o processo de consolidação em quantidades maiores que 2 dias geram impactos positivos ou negativos no resultado e qual o impacto no *leadtime* atual.

Sendo assim, fica evidente que a proposição do procedimento de determinação de redes de distribuição e de cálculo de custos de transporte e armazenagem foi bem sucedida, pois indicou perfil de redes de distribuição em relação a base de dados do operador logístico e conceitos bibliográficos além de identificar potenciais economias em custo. Isto foi fundamental para que os objetivos fossem alcançados.

Portanto, pode se dizer que, mais do que realizar os levantamentos de dados, criar procedimentos e aplicá-los, é de extrema importância a averiguação dos resultados, mais especificamente como no estudo de caso realizado, verificar se os resultados teóricos obtidos se enquadram efetivamente em uma realizada específica, como a de uma distribuição de produtos farmacêuticos no cenário brasileiro.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahão, F. e Soares, N. Estratégia de terceirização de serviços de transporte. Artigo do Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.
- Ballou, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento, Organização e Logística Empresarial. (5.ed.). Bookman, São Paulo. 2006
- Banks, J; Carson II, J. S. *Discrete-Event System Simulation*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.
- Brito, V. Aplicação de simulação como ferramenta de apoio à elaboração de um planejamento estratégico de capacidade. Artigo do Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.
- Bowersox, D. J.; Closs, D. J. Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. Tradução Equipe do Centro de Estudos em Logística, Adalberto Ferreira das Neves. São Paulo: Atlas, 2001. Título Original: *Logistical Management*.
- Caixeta-Filho, J. V. Martins, R.S. Gestão Logística do Transporte de Cargas. Editora Atlas. São Paulo. 2001.
- Carmo, M.R.R. Uma heurística interativa para geração de caminhos em grafos com restrição de grau: aplicação ao projeto de sistemas metroviários. Scielo Brasil. Rio de Janeiro. 2002.

- Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade do Ar – Emissão de Fumaça Preta. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/fumaca.asp>>. Acesso em: 05 de fev. 2008.
- Chopra, S. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação. Tradução: Cláudia Freire; revisão técnica: Paulo Roberto Leite. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- Costa, D. Steiner, M. Carnieri, C. Zamboni, L. Silva, A. Técnicas da pesquisa operacional aplicadas na otimização dos serviços postais. Universidade Federal do Paraná. Departamentos: Desenho e Matemática. Curitiba – PR. 2001.
- Decision Tree for Optimization Software*: Categoriza códigos não-comerciais, fornece uma lista de tutoriais e tem grandes volumes de informações interessantes sobre otimização. <http://plato.la.asu.edu/guide.html>. Acesso em: 2 de fev. 2008.
- Dubke, A. F. O processo de consolidação de cargas por operadores logísticos internacionais: reflexões com vistas ao comércio exterior brasileiro. Artigo da PUC-Rio – 2004.
- Eckert, S. G. *Inventory Management and Its Effects on Customer Satisfaction*. *Journal of Business and Public Policy* (ISSN: 1936-9794) Volume 1, Number 3. Summer 2007.
- Fanti, R. Práticas da gestão do transporte rodoviário de cargas nas empresas. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.
- Faria, A.C. e Costa, M. F. G. Gestão de Custos Logísticos. Custeio Baseado em Atividade (ABC), *Balanced Scorecard* (BSC) e Valor Econômico Agregado (EVA). Editora Atlas. São Paulo. 2005.
- Figueiredo, R. e Eiras, J. Transporte colaborativo: conceituação, benefícios e práticas – Parte 1. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.
- Figueiredo, R. e Eiras, J. Transporte colaborativo: conceituação, benefícios e práticas – Parte 2. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2008.

- Fleury, P. F. Gestão Estratégica do Transporte. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002.
- Galvão, F.A. Otimização do sistema de coleta de resíduos de biomassa de madeira para fins energéticos. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.
- Gordon, G. *System Simulation*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1978.
- Gurbus, M. C. ,Moinzadeh, K. and Zhou, Y. P. *Coordinated Replenishment Strategies in Inventory/Distribution Systems*. University of Washington Business School. To Appear in *Management Science*. Julho, 2006.
- Hoek, R. V. e Harrison, A. Estratégia e Gerenciamento de Logística. Editora Futura. São Paulo. 2003.
- Iannoni, A. P., Morabito, R. e Saydam, C., “A hypercube queueing model embedded into a genetic algorithm for ambulance deployment on highways”, *Annals of Operations Research*, 157, 207-224, 2008.
- Iannoni, A. e Morabito, R., “A discrete simulation analysis of a logistics supply system”, *Transportation Research*, E 42, 3, 191-210, 2006.
- Kawano, M. Aperfeiçoamento em Poluição Atmosférica. Especialização Gestão Ambiental na Industrial UFPR. Paraná. 2005.
- Lacerda, L. Armazenagem Estratégica: Analisando Novos Conceitos. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001.
- Lachtermacher, G. Pesquisa Operacional na tomada de decisão: Modelagem em Excel. Editora Campus. Rio de Janeiro. 2002.
- Lima, P. M. Estoque: Custo de Oportunidade e Impacto sobre os Indicadores Financeiros. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002.
- Lima, P. M. Os Custos de Armazenagem na Logística Moderna. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2000.
- Lima, P. M. O Custeio do transporte Rodoviário. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001.

- Marques, V. Utilizando o TMS (*Transportation Management System*) para uma Gestão Eficaz de Transportes. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001.
- Massachusetts Institute of Technology - Sloan School of Management - Administração e Marketing - 15.053* Introdução à Otimização. . Disponível em: < <http://www.universiabrasil.net/mit/15/15053/pdf/s02-lec01.pdf> >. Acesso em: 2 de fev. 2008.
- Moinzadeh, K. and Zhou, Y. P. *Incorporating Delay Mechanism in Ordering Policies in Multi-Echelon Distribution Systems*. *University of Washington Business School*. December 2006.
- Molk, P.H.R. Métodos Heurísticos em Programação de Atividades em Pátios de Estocagem. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.
- Montesco, R.A.E. Heurísticas para sistemas APS utilizando janelas de processamento: propostas, implementação e exemplos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.
- Morabito, R. Abordagens para o Problema do Carregamento de Contêineres. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos. SP. 2001.
- Morabito, R., Chiyoshi, F. e Galvão, R., “*Non-homogeneous servers in emergency medical systems: practical applications using the hypercube queuing model*”, *Socio-Economic Planning Sciences*, doi: 10/1016/j.seps. 2007.
- Morabito, R. e Belluzzo, L., “*Optimising the cutting of wood fibre plates in the hardboard industry*”, *European Journal of Operational Research*, 183, 1405-1420, 2007.
- Munhoz, J. R. Morabito, R. Um modelo baseado em programação linear e programação de metas para análise de um sistema de produção e distribuição de suco concentrado congelado de laranja. Citrovita Agro Industrial Ltda. Artigo Publicado na revista Gestão e Produção. v.8, n.2, p.139-159, ago. 2001.
- Morales, S. Morabito, R. Uma heurística simples e eficaz para resolver o problema do carregamento de paletes do produtor. Departamento de Administração, UFU – Uberlândia - MG . Artigo Publicado na revista Gestão e Produção. v.4, n.1, p. 52-75, abr. 1997.

- Narázio, P. Intermodalidade: Importância para a Logística e Estágio Atual no Brasil. Artigo do Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2000.
- Novaes, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição – Estratégia, Operação e Avaliação. Editora Campus. 2º edição. São Paulo. 2004.
- Pires, S. R. I. Gestão da Cadeia de Suprimentos – Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos. Editora Atlas. São Paulo. 2004.
- Puccini, A L., Introdução à Programação Linear, LTC, Rio de Janeiro, Brasil. 1975.
- Shen, Z. J. M. *Integrated Supply Chain Design Models: A Survey and Future Research Directions. Department of Industrial Engineering & Operations Research. University of California. Journal Of Industrial Management Optimization. Volume 3, Number 1, February 2007.*
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. (2003). Cadeia de Suprimentos – Projeto e Gestão – Conceitos, Estratégias e Estudo de Casos. Bookman, São Paulo.
- Taha, Hamdy A., Operations Research - An Introduction, 2 ed., Collier-MacMillan Canada Ltd., Ontario, Canadá. 1971.
- Tacla, D. Tópicos Especiais em Engenharia de Transporte. Unicamp, 2006.
- Taylor, C. *Integrated Transportation System Design Optimization. Massachusetts Institute of Technology. Department of Aeronautics and Astronautics. Fevereiro, 2007.*
- Toledo, C. F., França, P. M., Morabito, R. e Kimms, A., “A multi-population genetic algorithm to solve the synchronized and integrated two-level lot-sizing and scheduling problem”. *International Journal of Production Research*, 2007.
- Torres, I. - Integração de Ferramentas Computacionais Aplicadas ao Projeto e desenvolvimento de Arranjo Físico de Instalações Industriais. 2001. Universidade Federal de São Carlos.
- Vasiliauskas, A. V. and Jakubauskas, G. *Principle and Benefits of Third Party Logistics Approach When Managing Logistics Supply Chain. Transport Research Institute and Dept of Transport Management. Transport – 2007, Vol XXII, No 2, 68–72.*

- Vaz, A.I.F, Monteiro, M. T. T. Microsoft Excel na resolução de problemas de optimização. Universidade do Minho. Departamento de Produção e Sistemas. Campus de Gualtar. Braga. Portugal. 2003.
- Wanke, P. Distribuição direta ou distribuição escalonada? A visão da indústria numa rede de transporte simples. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.
- Wanke, P. Aspectos Fundamentais do Problema de Localização de Instalações em Redes Logísticas. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001.
- Yamashita, D. e Morabito, R., “*A note on time/cost tradeoff curve generation for project scheduling with multi-mode resource availability costs*”, *International Journal of Operations Research*, 2007.