

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA**

Área de Concentração: Engenharia Naval

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE COLETA
PROGRAMADA DE PEÇAS, “*MILK RUN*”, NA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA NACIONAL**

DELMO ALVES DE MOURA

Dissertação apresentada ao
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

São Paulo

2000.

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA**

Área de Concentração: Engenharia Naval

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE COLETA
PROGRAMADA DE PEÇAS, “MILK RUN”, NA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA NACIONAL**

DELMO ALVES DE MOURA

Dissertação apresentada ao
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Para Obtenção do Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração : Engenharia Naval

Orientador : Prof. Dr. Rui Carlos Botter

São Paulo

2000.

Dedico em especial aos meus pais, **ANANIAS ALVES DE MOURA** e **CLAUDEMIRA LOPES DE MOURA**, que sempre foram os grandes incentivadores e contribuíram de forma direta para minha educação. Se não estão presentes fisicamente neste momento, tenho absoluta certeza que compartilham desta alegria, de mais um desafio enfrentado, em qualquer lugar que um outro mundo lhes reservou.

Dedico também à minha esposa, **DEISE SPADA** que contribuiu demais com suas críticas, leituras e, principalmente, paciência. A meu filho, **PAULO HENRIQUE**, que por sua idade soube compreender a dificuldade de muitas vezes não estarmos juntos brincando e aos meus familiares que contribuíram de forma indireta para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Rui Carlos Botter pela orientação do trabalho, por mostrar diversos caminhos a serem explorados, pelas críticas efetuadas, pelas informações transmitidas, pela compreensão e paciência, e acima de tudo, por me aceitar como seu orientando do curso de mestrado da Engenharia Naval da Poli/USP.

Ao Prof. Dr. Marco Brinati, que foi a primeira pessoa que me recebeu no Departamento de Engenharia Naval e permitiu que este sonho se transformasse em realidade.

Ao Prof. Dr. Cláudio Barbieri Cunha da Poli/USP pela orientação dos caminhos a percorrer após o exame de qualificação e, acima de tudo, pela leitura do texto antes da defesa final mostrando-me as diretrizes a seguirem. ao Prof. Dr. Luis Carlos Di Serio, que foi meu professor na Fundação Getúlio Vargas e que me transmitiu diversos conhecimentos e sempre incentivou a busca do conhecimento.

Ao Prof. Dr. Daniel Augusto Moreira (FEA/USP e FACESP/FECAP) pela colaboração, críticas, ensinamentos e amizade.

Em especial, as montadoras, operadores logísticos e fornecedores das montadoras que me receberam fornecendo informações valiosas para realizar este trabalho ao longo de toda esta pesquisa.

Aos amigos que sempre colaboram demais com suas críticas, conhecimentos e informações. Ao Alex Nunes Ferreira, Ieda M. Makiya, Giuliana Bonatelli Dario, M.Sc. Celso M. Hino, M. Sc. Douglas Tacla, Paulo Henrique Santana Aguiar, Walter Aloísio Santana e outros.

À FUNDAÇÃO ESCOLA DE COMÉRCIO ÁLVARES PENTEADO.

À Deus.

Resumo

O objetivo deste trabalho é caracterizar e analisar um novo sistema de abastecimento de suprimentos que está sendo adotado por diversas indústrias automobilísticas nacionais, denominado *Milk Run*. Este sistema consiste na coleta programada de peças junto aos fornecedores das montadoras, e diferentemente do sistema de abastecimento denominado Convencional, no qual o fornecedor entrega suas peças na planta da montadora. A análise visa estudar se existirá redução de estoque na cadeia de suprimentos com o novo sistema implantado, quais os custos pertinentes a esta nova técnica, qual o papel do fornecedor, da montadora e do operador logístico (transportadora) no novo processo e suas vantagens em relação ao sistema Convencional.

Para levantamento do problema em estudo, a adoção do sistema *Milk Run*, foram realizadas visitas nas indústrias automobilísticas nacionais. Alguns fornecedores, que participam deste sistema, também foram visitados para compreender como, na prática, é realizada a coleta programada, suas vantagens e desvantagens. Operadores logísticos, que executam a operação de transporte para as montadoras também foram visitados.

Esta dissertação visa relatar que o sistema *Milk Run* adota uma concepção de trabalho com enorme ênfase na filosofia *Just-in-Time*, e procura seguir alguns de seus princípios como: redução do estoque de materiais, maior frequência de abastecimento de suprimentos e maior integração entre as partes que compõem o sistema, montadora e fornecedor.

A contribuição deste trabalho está em caracterizar e analisar o novo sistema, *Milk Run*, e propor uma comparação dos custos da nova abordagem, com os custos pertinentes ao sistema Convencional (no qual os fornecedores entregam suas peças diretamente na planta da montadora). Esta comparação baseia-se nos custos definidos pelas literaturas em função do tamanho do lote de aquisição de peças e uma análise de *Trade-offs* entre as variáveis destes sistemas em função da flutuação da demanda anual. No sistema *Milk Run* em estudo será utilizado o *Kanban* como ferramenta de gerenciamento de requisição de peças.

Abstract

The objective of this dissertation is to feature and analyse the new systems of procurement in Brazilian vehicle industry called Milk Run. This study compares Milk Run, which is a scheduled pick up automobile parts program, picking up automobile parts from several suppliers and returning the reusable containers to suppliers, to Conventional system of procurement (each supplier delivery its automobile parts in the vehicle assembly plant). The analysis is to study the inventory cost in both cases Milk Run and Conventional systems. Another analysis is to understand the role of the supplier, automaker and the logistic provider in Milk Run system and its advantages.

Many visits have been necessary to the automakers, suppliers and logistics providers to understand this new situation in Brazil.

This dissertation shows that Milk Run system is very close to Just-in-Time system and adopt the same philosophy as: reduction of inventory, increase frequency supply and increase integration between both parts, automaker and supplier.

This dissertation tries to contribute to understand the costs included in both system and propose a modeling to compare the costs inherent in Milk Run and Conventional system. This modeling uses the costs defined in the literature about inventory and transportation system depending on the shipment size and one analysis of the Trade-offs in both systems.

Sumário

Resumo

Abstract

Glossário

Lista de tabelas

Lista de gráficos

Lista de figuras e Quadro

Capítulo 1	Introdução e Objetivos	1
1.1	– Apresentação do Problema	3
1.2	– Objetivo da pesquisa.....	7
1.3	– Delineamento do Trabalho.	8
Capítulo 2	Motivação para a Pesquisa: Visitas às Empresas que Trabalham com o Sistema de Coleta Programada de Peças	10
2.1	– Visita à Scania da América Latina - 1999l.....	11
2.2	– Empresa Ryder do Brasil (Operador Logístico) - Ano de 1999	22
2.3	– Requisitos Necessários para Implantação do Sistema <i>Milk Run</i>	31
2.4	– Desafio Estratégico.....	34

2.5	– Dificuldades Apontadas pelas Empresas (Montadoras / Operador Logístico / Fornecedores) com o Sistema de Coleta Programada de Peças, <i>Milk Run</i>	37
Capítulo 3	Revisão Bibliográfica	42
3.1	– Decisões e Políticas de Estoque.....	43
3.1.1	– Razões para Possuir Estoques.....	44
3.1.2	– Sistemas de Requisição de Materiais.....	45
3.1.3	– Lote Econômico de Compra	47
3.1.4	– Lote Econômico de Produção.....	48
3.2	– Filosofia <i>Just-in-Time</i>	50
3.2.1	– Fornecimento de Materiais <i>Just-in-Time</i>	52
3.2.2	– Sistema <i>Kanban</i> de Controle de Materiais	53
3.2.3	– Tipos de <i>Kanban</i>	54
3.2.4	– Funcionamento do Sistema <i>Kanban</i>	57
3.2.5	– Cálculo do Número de Cartões <i>Kanban</i>	59
3.3	– O Escopo da Logística Integrada.....	61
3.3.1	– Componentes que Caracterizam um Sistema Logístico	63
3.3.2	– O Papel do Sistema de Informação.....	65
3.3.3	– O Papel do Transporte	68
3.3.4	– O Papel do Estoque.....	72
3.3.5	– Armazenagem, Movimentação de Material e Embalagem.....	73
3.4	– Descrição e Classificação dos Problemas de Roteirização e Programação de Veículos	75

3.5	– O Problema de Relacionamento entre Fornecedor e Cliente.....	76
3.5.1	– Fornecedor Normal - Uma Abordagem do Relacionamento Fornecedor / Cliente	76
3.5.2	– Fornecedor Integrado - Uma Abordagem do Relacionamento Fornecedor / Cliente.....	78
3.5.3	– Processo Enxuto de Fornecedores	81
3.6	– O Impacto da Decisão do Controle do Fluxo de Materiais na Cadeia de Suprimentos no Sistema <i>Just-in-Time</i>	86
3.6.1	– Requisitos da Cadeia de Suprimentos na Operação de Manufatura Just-in Time	87
3.6.2	– Exemplos de Sistemas de transportes <i>Just-in-Time</i>	89
3.6.3	– O Processo de Decisão de Fornecimento <i>Just-in-Time</i>	94
3.7	– A Relação de <i>Trade-off</i> entre os Custos de Transporte e Estoque	100
3.8	– Consolidação dos Tópicos Abordados na Revisão Bibliográfica.....	102
Capítulo 4	Comparação entre os Sistemas: Convencional e <i>Milk Run</i>	104
4.1	– Descrição dos Sistemas: Convencional e <i>Milk Run</i>	105
4.2	– Elementos Pertinentes aos Custos Logísticos de Suprimentos.....	106
4.2.1	– Custo de Armazenagem.....	108
4.2.2	– Custo de Pedido de Compra	109
4.2.3	– Custo de Aquisição	109
4.2.4	– Custo de Transporte	110
4.2.5	– Custo Administrativo.....	110
4.2.6	– Custo Total do Sistema.....	110

4.3	– Indicador: Rotatividade	111
4.4	– Indicador: Cobertura Média.....	112
4.5	– Custos Logísticos de Suprimentos no Sistema de Abastecimento Convencional.....	113
4.6	– Custos Logísticos de Suprimentos no Sistema <i>Milk Run</i>	115
4.7	– Comparação entre os Custos dos dois Sistemas (Convencional e <i>Milk Run</i>).....	117
4.8	– Método Analítico para Avaliação dos Custos de Estoque e Transporte para os Sistemas: <i>Mik Run</i> e Convencional.....	122
Capítulo 5 – Exemplo de Aplicação dos Sistemas Convencional, <i>Milk Run</i> e Análise Paramétrica.....		13
5		
5.1	– Sistema Convencional: Dados Utilizados e Cálculos de Custo.....	137
5.2	– Sistema <i>Milk Run</i> : Dados Utilizados e Cálculos de Custo	156
5.3	– Conclusão da Comparação entre os Cálculos Efetuados dos Sistemas: <i>Milk Run</i> e Convencional (Itens 5.1 e 5.2).....	173
5.4	– Análise Paramétrica entre os dois Sistemas em Estudo.....	178
5.5	– Análise da Distância da Rota de Coleta no Sistema <i>Milk Run</i>	198
Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações		203
6.1	– Conclusão	204
6.2	– Recomendações.....	
206		
Referência Bibliográfica		207

Anexo - A - Formas de Contrato de Prestação de Serviço em Relação ao Transporte de Coleta Programada (Montadora/Operador Logístico) Referente a Flutuação de Demanda.....	211
Anexo - B - Partes da Planilha de Cálculo do Custo Total do Sistema Anual Convencional.....	214

Glossário

Cross Docking – Uma área que serve como um ponto de consolidação após realizado o transporte do(s) produto(s) do fornecedor(es) e então encaminhá-lo(s) para o cliente final em um veículo de maior capacidade de transporte.

Inbound Freight – Frete relacionado com a parte de transporte de suprimentos ou matéria-prima para abastecer a linha de produção do cliente.

Kanban – Cartões de controle de estoque de materiais utilizados na filosofia de trabalho *Just-in-Time*.

Lead Time – Tempo decorrente desde a abertura da ordem de compra, por exemplo, até a entrega do produto requisitado ao cliente. É o tempo proveniente do abastecimento de suprimentos para uma organização.

Less-Than-Truckload – Termo utilizado para um veículo que executa uma operação de transporte de componentes / peças, mas que não é dedicado apenas ao transporte de um produto específico e sim de vários produtos ao mesmo tempo.

Master Production Schedule – Trata-se de uma ferramenta de planejamento extremamente importante, que forma a base para a comunicação entre a área de vendas e a de produção. Reflete as necessidades do mercado e a capacidade produtiva,

formando um plano de prioridades para ser seguido pela produção. Enquanto o plano de produção lida com famílias de produtos, o *Master Production Schedule* (MPS) trabalha com itens finais. A informação necessária para desenvolver um MPS é fornecida por: Plano de produção, previsões para itens finais individuais, encomendas reais recebidas de clientes e para reposição de estoque, níveis de estoque para itens finais individuais e restrições de capacidade.

Milk Run – Sistema de coleta programada de peças. Um veículo executando a operação de transporte de peças ou componentes coletando-as em alguns fornecedores com horários programados para as coletas e entrega das peças na planta da montadora, também em horário programado.

Outbound Freight - Frete relacionado com a parte de transporte do produto acabado para entregá-lo ao ponto de distribuição ao cliente final ou consumidor.

Pay on Production or Pay per Production – Jargão utilizado pelo operador logístico para descrever o sistema de pagamento de frete que está diretamente relacionado com a demanda de veículos produzida pela montadora. Ou seja, paga-se ao operador logístico (frete) apenas quando for executado algum transporte de peças.

Pipeline – Etapas da cadeia logística desde a obtenção de suprimentos, produção e distribuição física do produto ao mercado consumidor.

Setup – Tempo de preparação ou troca de ferramenta para se iniciar uma nova produção de peças ou componentes.

Trade-offs – Análise de compromisso entre situações que uma mudança em uma variável pode provocar um resultado positivo ou negativo nas demais variáveis de um sistema.

Truckload ou Full Truckload – Veículo dedicado exclusivamente para o transporte de um determinado produto, pois o peso ou volume do produto transportado ocupa toda a capacidade do mesmo.

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Boas Práticas do Sistema Milk Run.....	38
Tabela 2 – Relação das Variáveis na Análise de Trade-off.....	134
Tabela 3 – Cálculo do Tamanho do Lote Econômico de Compra (LEC)	138
Tabela 4 – Dados do Sistema Convencional.....	138
Tabela 5 – Custo do Sistema Convencional (parte 1).....	142
Tabela 6 – Procedimentos de Cálculos - Sistema Convencional.....	143
Tabela 7 – Custos do Sistema Convencional (parte 2).....	145
Tabela 8 – Custos do Sistema Convencional (parte 3).....	149
Tabela 9 – Parâmetros do Sistema Convencional.....	152
Tabela 10 – Resultados Alcançados (Sistema Convencional).....	153
Tabela 11 - Custos Parciais e Total (Sistema Convencional).....	153
Tabela 12 – Indicador de Rotatividade Anual (Sistema Convencional).....	154
Tabela 13 – Capacidade Utilizada do Veículo (Sistema Convencional).....	154
Tabela 14 – Tempo Total da Viagem (Sistema Convencional).....	154
Tabela 15 – Composição / Cálculo do Custo Transporte (Sistema Convencional).....	155
Tabela 16 - Dados iniciais do Sistema Milk Run - Item "A"	156
Tabela 17 - Tempo Total de Viagem (Sistema Milk Run).....	157
Tabela 18 - Parâmetros do Sistema Milk Run.....	157
Tabela 19 - Dados para Cálculo - Número Cartões Kanban - Sistema Milk Run.....	159
Tabela 20 - Determinação Número de Cartões Kanban - Sistema Milk Run.....	160
Tabela 21 - Estoque do Sistema Milk Run.....	160
Tabela 22 - Cálculo do Peso e Volume Contenedor Kanban - Sistema Milk Run.....	160

Tabela 23 - Cálculo do Número Máximo de Contenedores por Viagem, Milk Run.....	161
Tabela 24 - Cálculo do Número de Viagens Necessárias por ano , Milk Run.....	161
Tabela 25 - Cálculo do Custo Total do Sistema Milk Run.....	162
Tabela 26 - Indicador de Rotatividade Anual do Sistema Milk Run.....	163
Tabela 27 - Procedimento de Cálculo: Primeira Parte (Milk Run).....	164
Tabela 28 - Procedimento de Cálculo: Segunda Parte (Milk Run).....	165
Tabela 29 - Procedimento de Cálculo: Terceira Parte (Milk Run).....	166
Tabela 30 - Utilização da Capacidade do Veículo no Sistema Milk Run	167
Tabela 31 - Cálculo do Tempo de Coleta Programada de Peças (Milk Run).....	167
Tabela 32 - Cálculo do Custo de Transporte no Sistema Milk Run.....	168
Tabela 33 - Cálculo do Volume e Peso dos Itens que Compõem a Rota de Coleta Programada.....	168
Tabela 34 - Cálculo do Rateamento do Custo de Transporte por Quantidade de Itens (Milk Run).....	169
Tabela 35 - Comparação dos Custos de Estoque - Sistema Convencional e Milk Run.....	170
Tabela 36 - Comparação dos Custos de Pedido - Sistema Convencional e Milk Run.....	171
Tabela 37 - Comparação dos Custos de Transporte - Sistema Convencional e Milk Run.....	171
Tabela 38 - Comparação de Custo Total entre os Dois Sistemas - Convencional e Milk Run.....	172

Tabela 39 - Comparação entre Indicador de Rotatividade Anual (Sistemas Convencional e Milk Run).....	172
Tabela 40 - Composição dos Custos - Sistema Convencional.....	174
Tabela 41 - Composição dos Custos - Sistema Milk Run.....	177
Tabela 42 - Trade-off entre Custo de Estoque e Demanda Anual.....	179
Tabela 43 - Trade-off entre custo de transporte x demanda anual.....	181
Tabela 44 - Trade-off entre custos de estoque mais transporte x demanda anual.....	183
Tabela 45 - Trade-off entre giro de estoque x demanda anual.....	185
Tabela 46 - Trade-off entre tamanhos de lote x demanda anual.....	187
Tabela 47 - Tamanhos de lotes x demanda anual.....	190
Tabela 48 - Trade-off custo de estoque x demanda anual.....	192
Tabela 49 - Trade-off entre custo de transporte x demanda anual.....	194
Tabela 50 - Trade-off entre custos de estoque + transporte x demanda anual.....	196
Tabela 51 - Trade-off dos custos (C_i' e C_s') x distância.....	200
Tabela 52 - Análise dos custos de estoque mais transporte dos sistemas.....	202

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – LEC - Sistema Convencional - Item A.....	146
Gráfico 2 – CTSA - Custo Total do Sistema Anual - Item A.....	151
Gráfico 3 – <i>Trade-off</i> entre Flutuação de Demanda Anual x Custo de Estoque (Método Analítico - <i>Milk Run</i> e Convencional)	180
Gráfico 4 – <i>Trade-off</i> entre Flutuação de Demanda Anual x Custo de Transporte (Método Analítico - <i>Mik Run</i> e Convencional)	182
Gráfico 5 – <i>Trade-off</i> entre Flutuação de Demanda Anual x Custos de Estoque mais Transporte (Método Analítico - <i>Milk Run</i> e Convencional).....	184
Gráfico 6 – <i>Trade-off</i> entre Giro de estoque x Demanda Anual (Método Analítico - <i>Milk Run</i> e Convencional).....	186
Gráfico 7 – <i>Trade-off</i> entre Tamanho de Lote Demanda Anual x (Método Analítico - <i>Milk Run</i> e Convencional)	188
Gráfico 8 – Tamanhos de Lotes x Demanda Anual (Sistema Convencional).....	191
Gráfico 9 – <i>Trade-off</i> entre Custo de Estoque x Demanda Anual (Sistema Convencional - Tamanhos de Lotes Diferentes)	193
Gráfico 10 – <i>Trade-off</i> entre Custo de Transporte x Demanda Anual (Sistema Convencional - Tamanhos de Lotes Diferentes).....	195
Gráfico 11 – <i>Trade-off</i> entre os Custos de Estoque e Transporte x Demanda Anual (Sistema Convencional - Tamanhos de Lotes Diferentes)	197
GRÁFICO 12 – <i>Trade-off</i> entre Distância de Coleta x Custos de Estoque e Transporte (Método Analítico - <i>Milk Run</i>)	201

Lista de Figuras

Figura 1 – Sistema de Coleta Programada de Peças <i>Milk Run</i>	5
Figura 2 – Curva do Custo Total (LEC)	48
Figura 3 – Curva do Custo Total (LEP).....	49
Figura 4 – Canais de Fornecimento de Suprimentos	96
Figura 5 – Relação Volume - Distância.....	98
Figura 6 – Sistema Convencional.	105
Figura 7 – Sistema <i>Milk Run</i>	105
Figura 8 – Preço do Produto em Função da Quantidade Adquirida.	108
Figura 9 – Efeito da Redução do <i>Set up</i> no Lote Econômico.....	121

Capítulo 1 INTRODUÇÃO e OBJETIVOS

Este trabalho estuda o papel do estoque e do transporte no novo sistema de abastecimento dos suprimentos que está sendo adotado pela indústria automobilística nacional para alimentar sua linha de montagem de automóveis. Este sistema é a coleta programada de peças, denominado *Milk Run*, que visa, num tempo previamente determinado, coletar as peças junto aos fornecedores, cumprindo-se determinadas rotas,

visando minimizar o custo de transporte da operação reduzindo o estoque na cadeia de suprimentos.

Este sistema de coleta programada de peças, *Milk Run*, pode ser realizado pela própria indústria automobilística: a montadora gerencia a melhor rota para seu veículo de coleta, determinando a quantidade de peças necessárias para coletar em cada fornecedor, dentro de uma determinada rota, visando aproveitar melhor a capacidade de seu veículo de transporte. Outra forma de trabalho, dentro do sistema *Milk Run*, é a montadora executar o trabalho de encontrar a melhor roteirização e determinar a quantidade de peças necessárias que devem ser coletadas de cada fornecedor em cada viagem, e a coleta, propriamente dita, ser realizada por terceiro (transportadora). Uma terceira forma de trabalho é a montadora determinar a quantidade de peças a serem coletadas e quando estas peças serão necessárias em suas plantas, e um operador logístico executar a tarefa de determinar a melhor roteirização para a coleta das peças, visando sempre atender o plano de produção da montadora para que a linha de montagem dos automóveis não venha a ficar desabastecida de peças ou componentes, provocando uma parada. Neste caso o operador logístico, também, executa o transporte das peças com sua própria frota de veículos ou repassa a operação de transporte para uma transportadora.

O trabalho traz uma revisão bibliográfica de artigos que discorrem sobre problemas pertinentes aos sistemas de estoques, visando discutir se o sistema *Milk Run* pode auxiliar a implantação do trabalho *Just-in-Time*, com intuito de redução de estoque. Traz, também, o tópico de logística integrada na cadeia de suprimentos, o

relacionamento fornecedor/cliente, visando agregar valor ao processo de trabalho e, finalmente, o tópico de roteirização que está relacionado ao sistema de coleta programada e, assim, visa contribuir para um melhor entendimento do ambiente de trabalho denominado *Milk Run*.

A idéia, da pesquisa, é compreender o papel da logística integrada e estar embasado teoricamente sobre as variáveis que compõem o sistema *Milk Run* de trabalho, os passos necessários para sua implantação e o papel da montadora (indústria automobilística), do operador logístico e do fornecedor neste ambiente de trabalho, que proporcione uma alavancagem no sistema logístico da cadeia de suprimentos da indústria automobilística.

1.1 - Apresentação do Problema

O sistema de trabalho que será estudado nesta pesquisa, utiliza o conceito oriundo das leiterias. Para as empresas que atuam neste segmento do mercado, o sistema de obtenção da matéria-prima (leite) se procede, basicamente, da seguinte forma:

a) As empresas necessitam coletar a matéria-prima (leite), em pequenos, médios ou até grandes produtores, dentro de uma rota estabelecida para cada veículo de coleta do produto, com um tempo específico de viagem, face ao produto ser perecível.

Portanto, cada fornecedor de leite deverá deixar seu produto no local pré-determinado para coleta, dentro do horário estabelecido e na embalagem especificada para armazenagem do produto. Caso contrário, o veículo de coleta deste produto não irá realizar a coleta.

b) Após o veículo coletar o leite em cada fornecedor e ao mesmo tempo deixar a embalagem vazia para a coleta do dia seguinte, o veículo retorna para a indústria que irá iniciar o processo de transformação do leite coletado .

Tem-se, assim, um sistema de coleta programada do leite, entre a indústria e seus fornecedores, dentro de rotas estabelecidas com janela de tempo para coletar a matéria-prima. Neste sistema de trabalho, busca-se minimizar o custo de transporte, visando a melhor roteirização para coleta do leite, a máxima utilização da capacidade do veículo que executa o transporte entre os fornecedores de leite e a indústria de transformação final do produto e a padronização do sistema de embalagem do leite para coleta nos fornecedores, a fim de agregar valor no sistema de coleta programada do produto.

A grande maioria da indústria automobilística nacional está utilizando este mesmo conceito, descrito anteriormente para o segmento de indústria de laticínios, para agregar valor na cadeia de suprimentos, também, com o nome de *Milk Run*. Este sistema já existe na Europa e também nos Estados Unidos, porém é recente em nosso país.

Este tipo de problema é considerado de coleta, pois parte da premissa que a montadora coletará as peças ou subconjuntos nos fornecedores para suprir sua linha de produção e não os fornecedores entregarão seus produtos na linha de montagem das montadoras, conforme figura 1. Como citado anteriormente, a operação de coleta das peças pode ser realizada pela própria montadora ou por um operador logístico, ou por uma transportadora.

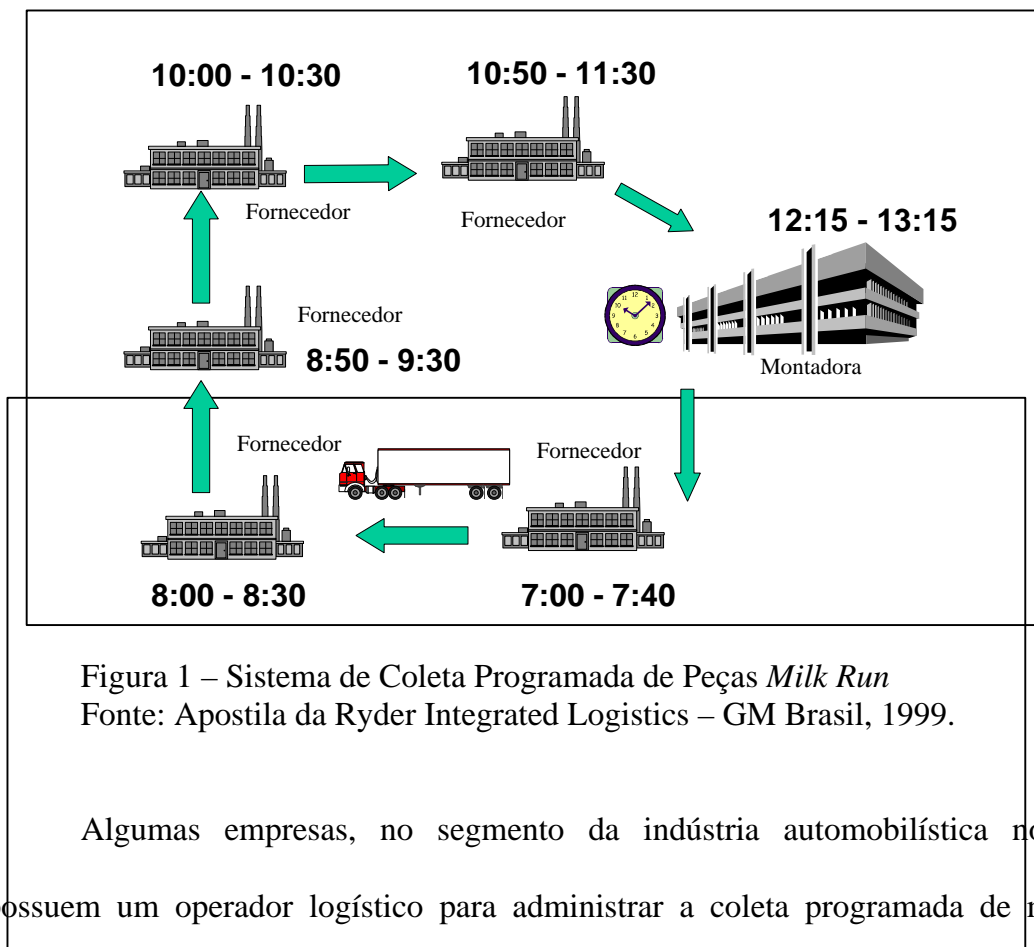


Figura 1 – Sistema de Coleta Programada de Peças *Milk Run*
Fonte: Apostila da Ryder Integrated Logistics – GM Brasil, 1999.

Algumas empresas, no segmento da indústria automobilística no Brasil, possuem um operador logístico para administrar a coleta programada de materiais, visando abastecer a linha de produção destas montadoras.

No Brasil, os fornecedores das empresas montadoras de automóveis, que foram pesquisados para realização deste trabalho e que estão trabalhando neste sistema de coleta programada de peças, não se encontram tão distantes das montadoras, por isso não há necessidade de fazer a consolidação das peças ou subconjuntos, ou seja, não é necessário transportar os componentes para uma área específica de armazenagem e depois transportá-los para a montadora.

Um dos pontos de suma importância para o sucesso deste sistema de trabalho é o transporte. Este transporte envolve a distância entre os fornecedores e a montadora, o frete, a quantidade de peças necessárias para suprir a linha de montagem da montadora e a confiabilidade da entrega, para não permitir que a montadora mantenha grande estoque de algum produto. Estes são os fatores considerados para dimensionamento do sistema de transporte dentro deste ambiente de trabalho de coleta programada de peças.

Existe uma empresa de fabricação de motocicletas no Brasil que coleta suas peças no período noturno, pelo sistema *Milk Run* na área da grande São Paulo. Realiza o *cross docking* (consolidação) para um veículo de maior capacidade, também no período noturno, e envia suas peças coletadas para sua linha de montagem, na fábrica, na cidade de Manaus. Este cenário envolve um problema de transporte e estoque na cadeia logística com suas devidas particularidades. No entanto, este tipo de sistema não será abordado neste estudo. Existe uma montadora instalada na região sul do país que, também, iniciará seu processo de coleta programada de peças, *Milk Run*, com um aspecto bem semelhante ao caso citado acima. Seu operador logístico coletará as peças na região de São Paulo, fazer o *cross docking* para um veículo de maior capacidade

(carreta de vinte e quatro toneladas) e em seguida abastecerá a planta da montadora no estado do Paraná.

É propício o momento para iniciar a discussão deste assunto no meio acadêmico, pois até o presente momento são raros os artigos que discorrem sobre este tipo de sistema de coleta. Este estudo é feito com base em visitas nas indústrias automobilísticas nacionais, nos operadores logísticos que trabalham para as montadoras e em alguns dos fornecedores que fazem parte do sistema de coleta programada de peças denominado *Milk Run*.

1.2 - Objetivo da Pesquisa

Esta pesquisa visa compreender as vantagens e desvantagens do sistema *Milk Run*, os passos necessários para sua implantação, o papel do cliente (indústria automobilística), do operador logístico e dos fornecedores neste novo ambiente de trabalho. Visa também, analisar como ocorrem os fluxos de informações dentro desta cadeia logística, as relações de custos e seus *trade-offs*, quais os fatores críticos para o sucesso do sistema, e acima de tudo, o papel do estoque e transporte (custo) para a indústria automobilística em função da variação da demanda anual entre os dois sistemas, Convencional e *Milk Run*.

O intuito do trabalho também está em comparar dois sistemas de abastecimento de suprimentos (peças e subconjuntos) para a indústria automobilística nacional avaliando seus custos operacionais e potenciais ganhos oferecidos por eles. Um sistema será denominado Convencional e o outro *Milk Run*. No primeiro sistema o fornecedor

estará entregando suas peças na planta da montadora e no segundo sistema a montadora passará a coletar, com horário programado, as peças nos fornecedores. O foco primordial estará em estudar o custo total do sistema de abastecimento e particularmente o custo do estoque e transporte gerado por eles.

1.3 - Delineamento do Trabalho

No capítulo um (1) se encontra a caracterização do problema que é o cerne desta pesquisa. Busca-se descrever como este sistema de trabalho, *Milk Run*, está sendo adotado pela indústria automobilística nacional, conhecer algumas de suas características que são condições primordiais para o devido entendimento da nova gestão de trabalho e compreender o papel da coleta programada de peça que visa agregar valor na cadeia de suprimentos atuando como base importante na logística integrada das empresas.

No capítulo dois (2) tem-se a explicação do sistema *Milk Run*, segundo a ótica de algumas montadoras e operadores logísticos. Contudo, muitas vezes o conceito se torna repetitivo. Desta forma, apenas uma montadora e um operador logístico estão sendo relatados neste trabalho.

No capítulo três (3) consta a revisão bibliográfica de temas que sejam pertinentes a este sistema de trabalho, *Milk Run*. Buscou-se pesquisar o maior número possível de artigos que discorriam sobre pontos que tinham ligação direta ou indireta com o sistema em estudo, focando a relação cliente/fornecedor em uma concepção logística, o escopo da logística na visão de alguns autores renomados e o sistema de estoque utilizado pelas empresas. É feito um fechamento discorrendo sobre a relevância dos tópicos revisados que agregam valor ao sistema em estudo, *Milk Run*.

No capítulo quatro (4) aborda-se uma comparação entre o sistema Convencional de abastecimento de peças para a indústria automobilística, com o sistema *Milk Run*. O intuito é obter o custo total dos dois sistemas em análise avaliando os seguintes aspectos: custo de transporte, custo de estoque, custo de pedido e custo de aquisição. Um fator de estudo é analisar se existem ganhos e quais são eles que possam justificar a adoção do sistema *Milk Run* para as empresas que atuam neste segmento automobilístico e fazer uma análise paramétrica (método analítico) sobre os sistemas.

No capítulo cinco (5) faz-se exemplos de aplicação dos sistemas em análise inserindo dados em algumas planilhas e avaliando seus resultados, assim como uma avaliação utilizando a forma paramétrica alterando algumas variáveis e analisando seus impactos nos sistemas estudados (*trade-offs*). Nesse capítulo discorre-se sobre as conclusões dos resultados alcançados entre os dois sistemas em estudo, Convencional e *Milk Run*.

No Capítulo seis (6) descreve-se a conclusão do trabalho e as recomendações para continuidade da pesquisa.

No anexo “A” do trabalho é apresentado como os contratos são realizados entre montadoras e operadores logísticos em função da flutuação da demanda e no anexo “B” é mostrado partes da planilha de cálculo do sistema Convencional.

Capítulo 2 MOTIVAÇÃO para a PESQUISA: VISITAS às EMPRESAS que TRABALHAM com o SISTEMA de COLETA PROGRAMADA de PEÇAS

Para realizar esta pesquisa, algumas empresas foram visitadas, como por exemplo, as indústrias automobilísticas, os operadores logísticos de algumas delas e alguns de seus fornecedores, com o objetivo de compreender melhor o sistema de trabalho denominado *Milk Run*. Algumas informações, que foram coletadas em entrevistas realizadas na Scania da América Latina, e na Ryder do Brasil Ltda., com as pessoas responsáveis pelas áreas de logística, de produção, materiais e gerenciamento de transporte, serão apresentadas em seguida. Tais informações, também, estão contidas no material cedido por estas empresas, como apostilas que foram utilizadas para o treinamento dos fornecedores que participam do sistema de coleta programada de peças.

2.1 - Visita à Scania da América Latina - 1999

Segundo a Scania, o *Milk Run* é a etapa que abrange o transporte das peças. Visa a melhoria do transporte, baseado em um programa de necessidades. O *Milk Run* se torna uma plataforma para os métodos de chamadas de peças (gerenciamento do estoque), como o *Kanban*. A coleta programada de materiais nos fornecedores visa:

- Minimizar o custo de frete utilizando a total capacidade do veículo de transporte (volume ou peso), com a melhor roteirização possível para coleta das peças nos fornecedores.

- Potencializar o giro de estoque e disciplinar o fornecedor. Aumentar a frequência de abastecimento, alimentar a montadora apenas com as peças necessárias, nas quantidades necessárias, na hora solicitada e dentro das embalagens padronizadas.

- Reduzir o número de veículos dentro da montadora e melhorar a coordenação destes veículos em sua planta fabril. Como as peças são coletadas em cada fornecedor, existe a redução do número de veículos atendidos para realizar a operação de suprimento de peças na planta fabril da montadora e, como cada veículo de coleta possui um horário pré-definido para a entrega das peças coletadas, há maior controle no atendimento destes veículos, por parte da montadora, para descarregamentos das peças em função da mão-de-obra e equipamentos necessários para esta operação.

Do ponto de vista da Scania da América Latina o processo *Milk Run*, abrange os seguintes pontos:

I) Planejamento Industrial: "Juntamente com as equipes de logística da fábrica (envolvendo algumas unidades de negócios) e o operador logístico, define-se quais serão os fornecedores (antigos e novos) que estarão dentro do processo de coleta programada e a necessidade de criação de rotas de coletas".

II) Operador Logístico: "Recebe as informações das equipes de logística das fábricas (ver item V) e define um esquema de transporte que cubra as datas previamente agendadas. Faz o contato com os fornecedores, coleta e gerencia o transporte, até a chegada na montadora no prazo estipulado".

III) Fornecedor: "Prepara-se para a coleta das peças com base nas informações que recebeu do operador logístico (especificação e quantidade de peças). Deve tentar respeitar os dias e os horários pré-definidos para a coleta das peças".

IV) Recebimento de materiais: "A montadora receberá as peças coletadas, distribuindo-as na seqüência necessária para a produção". Desta forma, evita-se perder tempo no processo de descarregamento do veículo de coletas de peças, pois a empilhadeira que irá executar esta operação já estará em seu devido local. O motorista faz o carregamento do veículo de forma a obter o melhor layout para favorecer o descarregamento das peças na montadora. O

motorista do veículo de coleta de peças, entra em contato com a montadora quando está a cerca de dez (10) minutos antes do horário programado de entrega das peças. Desta forma, todos os recursos necessários para descarregar o veículo de coleta de peças são preparados. O acesso do veículo de coleta de peças, na montadora, também é rápido e não segue os padrões normais de um fornecedor qualquer.

V) Logística das fábricas: "Emite-se eletronicamente a autorização de entrega, com base no balanço que o sistema fez da quantidade de peças necessárias para abastecer a linha. Sua ordem de chamada de peças se baseia nos dias e horários pré-definidos para a coleta nos fornecedores. Visa-se, com isso, ser faturado do fornecedor apenas o que a produção irá precisar. Busca-se trabalhar com o mínimo necessário para não gerar estoque na cadeia logística."

As vantagens apontadas pela Scania, com a utilização do *Milk Run*, são:

I) Redução no custo unitário da peça: "A montadora retira em seus fornecedores as peças que necessita, em dias e horários previamente definidos. Isso significa que o valor do frete, que era uma parcela somada ao custo unitário da peça que a montadora comprava, não é mais cobrado pelo fornecedor. Este custo ainda existe, porém é reduzido e cobrado por um parceiro da montadora (operador logístico - transportador contratado) nesse processo. Os custos com estoque também serão reduzidos. A peça só entra na montadora quando solicitada e na quantidade determinada pelo plano de necessidade".

II) Aproveitamento máximo do veículo: "Um mesmo veículo é usado para coletar vários pedidos em diversos fornecedores. O objetivo é que este veículo tenha sempre o máximo de seu espaço aproveitado, representando economia de tempo e de dinheiro. Antes, cada fornecedor cobrava um frete e para minimizar seus custos de transporte abastecia a montadora com um número, muitas vezes, maior de peças do que era necessário, gerando um aumento de estoque para a montadora".

III) Mais agilidade no recebimento de materiais: "Outro ponto positivo do sistema de coleta programada de peças, *'Milk Run'*, é a redução do número de veículos dentro da montadora. Isso reduz o fluxo de entrada para entrega de peças e garante mais rapidez no recebimento, pois está programado o horário em que cada veículo de coleta de peças estará entregando os suprimentos na montadora e a própria montadora estará com horário programado para receber os devidos materiais. Para realizar a operação de descarregamento necessita-se de algum equipamento, como por exemplo, uma empilhadeira, e com o horário programado de recebimento das peças a montadora pode se programar para esta operação em termos de capacidade de recurso humano e equipamento necessário para execução da tarefa".

IV) "O *Milk Run* é um trabalho em conjunto, com atividades coordenadas pela área de Planejamento Industrial. Na fase inicial, a parceria com a área de Compras da montadora é o que vai garantir a negociação com o

fornecedor. Na fase operacional, são as equipes de Logística que vão determinar a programação do consumo, ou seja, a frequência e quantidade de peças necessárias para suprir a linha de produção e realizar o planejamento de produção programado para um determinado período com o menor estoque possível".

V) “O operador logístico cuida da operação assim que ela sai do papel, isto é, no momento que a montadora define o que será produzido, quando será produzido e a quantidade necessária de peças para alimentar a linha de produção. Nessa etapa, são definidas as janelas de tempo, ou seja, os horários de retirada das peças junto aos fornecedores, nos dias pré-definidos para as coletas. Na parte operacional as ações do operador logístico englobam:

- Cumprir os dias e horários de coleta.
- Contatar os fornecedores para programar a operação de coleta das peças.
- Definir quantos veículos serão necessários em cada operação.
- Conferir as especificações das embalagens para alimentar os fornecedores”.

A desvantagem apontada pela montadora é:

Maior custo para a montadora devido a frete extra cobrado que ocorre quando:

- A montadora solicitar quantidades não planejadas anteriormente pelo seu setor logístico, não sendo possível ser agregado ao fluxo normal do sistema de coleta programada, *Milk Run*, e com isso uma viagem extra para coletar estas peças será necessária, pois caso contrário, a linha de produção de veículos da montadora poderá sofrer uma interrupção.

Cabe ressaltar as atribuições do operador logístico no sistema de coleta programada de peças.

O operador logístico deverá realizar as seguintes atividades e procedimentos, visando reduzir os custos operacionais de transportes e estoque, com intuito de agregar valor no sistema de coleta programada de peças para a indústria automobilística:

I) Coordenar o planejamento da distribuição de embalagens junto à montadora e fornecedores. O operador logístico deverá programar, junto com a coleta de peças nos fornecedores, a entrega de embalagens vazias para a próxima coleta das peças.

II) Efetuar o planejamento de carga, por peso ou volume, de forma que possa utilizar a máxima capacidade do veículo de transporte em uma viagem de coleta programada de peças. Estudar o melhor *layout* da área do veículo de coleta em função do descarregamento e melhor utilização de sua capacidade.

III) Elaborar relatórios de performance da operação. Anotar os horários de entrada e saída de cada veículo de coleta junto ao fornecedor, o tempo de realização da operação de coleta nos fornecedores e o tempo efetivo do percurso entre os fornecedores de uma determinada rota até o destino final que é a montadora. Estes relatórios permitirão estudar a melhor roteirização do veículo de coleta, mudar os horários de coletas nos fornecedores evitando os problemas de tráfegos intensos ou problemas provenientes de falta de capacidade do fornecedor (mão-de-obra, equipamento de movimentação de materiais ou área para estacionar o veículo de coleta) para carregar o veículo de coleta de peças ou da própria montadora.

IV) Efetuar viagens extras mediante solicitação da montadora para abastecimento da linha de produção de automóveis.

V) Monitorar o carregamento da carga. Conferir se as embalagens estão em condições adequadas de uso, se o código do produto a ser transportado é o mesmo determinado pela montadora e se a quantidade a ser transportada é a mesma do programa de coleta determinado, também, pela montadora.

VI) Quando exceder o tempo de permanência no fornecedor, por problemas no carregamento (falta de nota fiscal do produto, falta de empilhadeira para transportar as peças para o veículo, falta de espaço físico para estacionar o veículo no local de expedição, o produto não estar, ainda, com a quantidade solicitada pela montadora, etc.) o operador logístico deverá entrar

em contato com o administrador de materiais da montadora, responsável pelo item de coleta, para as seguintes tomadas de decisão: aguardar ou solicitar veículo extra para realizar nova coleta do material que não foi recolhido dentro do sistema *Milk Run*.

VII) Elaborar plano de contingência para problemas eventuais. Por exemplo, uma quebra do veículo que está executando a operação de coleta das peças nos fornecedores ou um problema no trânsito na região onde se localiza a montadora e seus fornecedores que estão dentro do sistema de coleta programada, que venha acarretar um atraso no horário de entrega das peças.

O operador logístico será penalizado quando houver:

- Falha de planejamento de carga. Por exemplo, o operador logístico não planejar uma coleta de peças de um fornecedor, dentro de seu plano de operação, e este fator acarretar uma possível parada na linha de produção da montadora por falta de peças ou deixar de abastecer o fornecedor com as embalagens vazias, para a próxima coleta de peças, impossibilitando a realização efetiva da operação de coleta programada.

- Atrasos provenientes de suas operações, que possam comprometer as janelas de entrega. Por exemplo, não realizar a programação de coleta de peças conforme o plano de necessidade de abastecimento de materiais fornecido pela

montadora ou problema com sua frota de veículos ou funcionários que não permitam a realização da operação de coleta programada de peças para abastecer a montadora no horário programado, etc.

As responsabilidades do fornecedor, perante ao novo sistema de trabalho, serão:

- Receber a programação das peças a serem coletadas (dia, horário e quantidade) pelo operador logístico via sistema de troca eletrônica de dados EDI - *Electronic Data Interchange*.

- Programar a necessidade de embalagem, com três (3) dias de antecedência à coleta de peças e informar o operador logístico para o abastecimento das mesmas, com a finalidade de manter o fluxo normal da operação de coleta de peças, não acarretando um custo extra de transporte de embalagens ou uma possível parada na linha de produção da montadora por falta de peças.

- Carregar o veículo que está realizando a operação de coleta programada somente com as peças solicitadas pela montadora. Isto significa que as peças coletadas em um fornecedor deverá obedecer o plano de necessidade determinado pela montadora e executado pelo operador logístico, de forma que venha abastecer corretamente a linha de produção de montagem de veículos da montadora sem falta ou excesso de peças.

- Avisar sobre a impossibilidade de disponibilizar as peças com o máximo de antecedência. Caso ocorra qualquer problema que impossibilite o abastecimento de peças à montadora, o fornecedor deverá avisar o operador logístico e, conseqüentemente, a montadora, para que mudanças possam ser realizadas no sistema de coleta programada de peças.

- Utilizar o mesmo plano de embalagem da montadora. O fornecedor não poderá entregar suas peças em uma embalagem que não seja aquela determinada pela montadora. Embalagens que não foram determinadas pela montadora trazem sérios problemas para a operação de coleta programada e, conseqüentemente, para a linha de montagem de veículos.

- Disponibilizar, previamente à chegada do operador logístico, o material e a documentação necessária. As peças a serem coletadas deverão estar em suas próprias embalagens, etiquetadas, com a quantidade determinada para a operação de coleta e com a documentação pronta para a realização do transporte do fornecedor até a planta da montadora.

- Emitir o aviso de embarque (nota fiscal), via EDI à montadora, após o carregamento do veículo.

- Responsabilizar-se pelo custo do frete quando devido. Se algum problema ocorrer, não permitindo a correta operação da coleta programada de

peças, proveniente de uma falha do fornecedor, o custo do frete extra será de sua responsabilidade.

- Identificar a embalagem com número da peça e local de recebimento (etiqueta necessária para realizar a operação de coleta programada de peças).

Segundo a Scania o Fornecedor será penalizado quando:

- Não estiver devidamente preparado com as peças e a documentação necessária para realizar o transporte no momento da coleta programada.

- Não disponibilizar o material solicitado e previsto para o abastecimento da montadora, quando a operação de coleta programada for realizada, gerando a necessidade de frete extra.

- Embarcar peças em desacordo ao programa estabelecido na coleta programada impossibilitando o melhor fluxo da operação.

- Tiver devolução de peças rejeitadas, podendo parar a linha de montagem da montadora.

- Necessitar de material urgente de embalagem, por motivo de não ter planejado suas necessidades de embalagens com antecedência.

2.2 - Empresa Ryder do Brasil (Operador Logístico) – Ano de 1999

Abaixo descreve-se a definição de *Milk Run* na visão de um operador logístico que atua diretamente no processo de gerenciamento da coleta de peças para uma montadora no cenário nacional com sua própria frota de veículos.

A definição de *Milk Run*, na visão deste operador logístico, é a seguinte:

“Um sistema de coleta programada de materiais com:

- Horários de coleta fixos (janela de coleta);
- frequências de coletas fixas e
- quantidade acordadas de itens (peças) previamente definida entre as partes (montadora/fornecedor)”.

"O sistema utiliza um único veículo por rota, que faz a coleta em um ou mais fornecedores com horários estabelecidos, visando a chegada no destino final (montadora) em horário fixo".

Os objetivos do sistema *Milk Run* na visão do operador logístico são:

Obter maior controle dos materiais em trânsito em função da real necessidade para alimentar a linha de montagem da montadora.

Reduzir o nível de estoque de peças na cadeia logística na fase de suprimentos de materiais.

Manter uniformidade no volume de recebimento de materiais dos fornecedores.

Agilizar a operação de carregamento e descarregamento de materiais, visando eliminar tempos ociosos quando o veículo de coleta de peças está nos fornecedores e na própria montadora.

Flexibilizar as rotas para otimizar as coletas reduzindo os custos operacionais de transporte e aproveitando ao máximo a capacidade do veículo de transporte.

As vantagens apontadas pelo operador logístico do sistema *Milk Run* são:

Embarques programados. Só ocorrerá o transporte das peças quando a montadora solicitar e o operador logístico estudar a roteirização da coleta perante os fornecedores nos horários programados.

Estoques baixos devido a pulverização de embarque (pode-se abastecer a linha de produção da montadora com maior frequência de peças).

Nivelamento do fluxo diário de recebimento de materiais.

Maximização na utilização dos veículos, reduzindo os custos.

Melhores serviços prestados, embalagem padronizada, aproveitamento de carga/paleta e agilização na carga e descarga dos veículos de coleta programada de peças.

Redução do nível de estoque nos fornecedores. Com a obtenção do programa mestre de produção necessário para abastecer a montadora (dia e hora estipulados para coletar as peças) os fornecedores poderão programar-se para a obtenção de suas matérias-primas e gerenciar o nível de estoque em suas cadeias.

Redução do trânsito interno na montadora. Como a coleta e entrega são programadas e o fornecedor não mais entrega seus produtos na planta da montadora, o fluxo de veículos abastecendo a montadora diminui demasiadamente.

Ferramenta para o sistema *Just-in-Time*. O *Milk Run* figura como um processo para a implantação de um sistema *Just-in-Time* entre fornecedor e montadora.

As vantagens apontadas pelo operador logístico para os fornecedores no sistema *Milk Run* são:

Eliminar espera nas fábricas das montadoras. No sistema *Milk Run* as peças dos fornecedores são coletadas em suas próprias fábricas e desta forma elimina-se o

tempo despendido de aguardar, em uma fila, para descarregar as peças na planta da montadora. Sem o sistema de coleta programada de peças, a montadora atende os fornecedores por ordem de chegada em sua planta fabril e este processo pode demorar horas para uma operação de descarregamento de peças.

Melhor administração das embalagens reutilizáveis. As embalagens são padronizadas e o operador logístico reabastece o fornecedor conforme sua necessidade e em função do programa de coleta de peças. Portanto, cada fornecedor terá um número determinado de embalagens que estará dentro do ciclo de coleta de peças (fornecedor - montadora).

Redução de avarias no transporte. Com as embalagens padronizadas e a operação de transporte sendo realizada por veículos preparados para executar esta tarefa, com estudos feitos para balancear a carga no veículo (*layout*) e não danificar as embalagens, mantendo sempre as mesmas pessoas, treinadas, envolvidas no sistema de coleta programada, motorista de veículo do operador logístico, motorista de empilhadeira do fornecedor e da própria montadora, reduz-se muito o problema de avarias de peças no transporte e movimentação.

Operação de carregamento programada, reduzindo mão-de-obra envolvida.

Operação de retirada centralizada em uma única transportadora.

As responsabilidades da montadora, apontadas pelo operador logístico no sistema *Milk Run* são:

I) A montadora deverá notificar os fornecedores sobre os ajustes finais diários (quantidades finais de envio de peças) para suprir sua linha de montagem.

II) A montadora avisará os fornecedores sobre feriados, paradas de produção planejadas, etc. De qualquer modo, o operador logístico, através da montadora, notificará os fornecedores sobre qualquer mudança no horário ou dia de coleta.

III) A montadora definirá os contêineres e a quantidade de peças por contêiner para cada item. Desta forma as embalagens são padronizadas e obtêm-se maior controle sobre a quantidade de itens transportados, conseqüentemente o operador logístico poderá estudar a melhor forma de aproveitar a capacidade de seu veículo de coleta em termos de peso ou volume em uma determinada rota de coleta de peças.

IV) O departamento de planejamento, programação e controle da produção da montadora poderá solicitar material além do planejado inicialmente em seu plano de produção, porém deverá notificar o fornecedor sobre essa variação. O operador logístico também deverá ser notificado sobre qualquer mudança nas quantidades do ajuste diário planejado inicialmente para a operação

de coleta programada. Caso não seja possível cumprir com o envio em tempo e forma, a montadora definirá quais serão as ações a serem tomadas (exemplo: transporte urgente, etc.).

V) Priorizar o descarregamento dos veículos de coleta programada de peças, do operador logístico em sua planta fabril evitando desperdício de tempo nesta operação.

VI) Conferir e descarregar materiais (peças) do veículo do operador logístico.

VII) Ter embalagens vazias disponíveis, em igual quantidade às recebidas, para o retorno aos fornecedores.

VIII) Carregar embalagens de retorno no veículo do operador logístico.

IX) Completar todo o processo, dentro da janela de entrega especificada na planta. Cumprir com o horário de receber e descarregar o veículo de coleta programada de peças do operador logístico na planta da montadora. Cumprir com o horário estabelecido, também, para o carregamento de embalagens vazias no veículo do operador logístico, para ser transportado para os fornecedores.

As responsabilidades do operador logístico, apontadas pelo próprio operador logístico, no sistema *Milk Run* são:

- I) Cumprir as programações de coletas, chegando no fornecedor dentro da janela de coleta (embarque), no tempo determinado.
- II) Chegar na(s) fábrica(s) da montadora dentro do horário previsto.
- III) Contatar a montadora e os fornecedores em caso de interrupções no sistema *Milk Run*.
- IV) Efetuar o transporte de embalagens reutilizáveis para os fornecedores, assim que for coletar a próxima remessa de peças.

As responsabilidades do fornecedor apontadas pelo operador logístico no sistema *Milk Run* são:

- I) Embarcar produtos com qualidade requerida.
- II) Ter materiais prontos para embarque na área de expedição, na quantidade programada do dia, observando os seguintes pontos antes da chegada do veículo de coleta: documentação do produto pronta, embalagens

padronizadas, produtos devidamente paletizados e produtos corretamente etiquetados.

III) Assumir o transporte dos materiais que não foram embarcados no sistema de coleta programada de peças, *Milk Run*.

IV) Conferir e descarregar embalagens reutilizáveis do veículo de transporte no retorno da operação de coleta programada de peças.

V) Carregar materiais no veículo do operador logístico com seus equipamentos, por exemplo, uma empilhadeira.

VI) Comunicar a montadora / operador logístico no caso de problemas imprevistos e paradas extra oficiais em sua linha de produção.

VII) Completar toda a operação de coleta programada de peças dentro do tempo estabelecido para a realização da tarefa.

O Sistema não funciona se... (na opinião do operador logístico)

O fornecedor não receber ou não ler a programação estipulada do dia para a coleta programada,

O fornecedor embarcar a quantidade que não foi programada, ou faltando peças, ou em excesso,

O material não estiver pronto na área de expedição, etiquetado corretamente ou com a documentação incompleta,

O fornecedor não informar a montadora e também ao operador logístico, que executa a operação de coleta programada de peças, sobre possíveis dias que sua empresa não irá trabalhar,

O fornecedor mudar de embalagem sem comunicar a montadora ou ao operador logístico, não possibilitando a melhor ocupação do veículo (capacidade) que executa a operação de coleta programada de peças. Este tipo de atitude do fornecedor poderá trazer problemas para a montadora, pois a embalagem que não foi padronizada no sistema *Milk Run* não poderá entrar diretamente na linha de montagem dos automóveis causando um manuseio desnecessário para uma troca de embalagem padronizada,

O fornecedor embarcar material com qualidade insatisfatória, o que impossibilitará o melhor fluxo de produção de montagem dos automóveis da montadora,

O fornecedor atrasar a entrada do veículo do operador logístico em sua fábrica para realização da operação da coleta programada das peças e

O fornecedor mudar o horário de embarque das peças sem consultar antes o operador logístico para acertar os detalhes desta mudança.

A quantidade física não for a mesma que a indicada na etiqueta da embalagem.

2.3 - Requisitos Necessários para Implantação do Sistema *Milk Run*

Com base nas pesquisas realizadas nas empresas que estão implantando ou implantaram este sistema de coleta programada de peça, *Milk Run*, foram levantados alguns requisitos básicos para a implantação deste sistema, e que o cliente (montadora), o operador logístico (se existir) e os fornecedores, terão que cumprir para o sucesso da nova filosofia de trabalho, agregando valor na cadeia logística integrada. Estes pontos são:

I) Obter subconjuntos montados dos fornecedores ou um conjunto de peças com a documentação de expedição devidamente pronta para o embarque das peças, para não ultrapassar a janela de tempo determinada a cada fornecedor dentro de uma rota estabelecida para um veículo de coleta programada de peças

II) Os fornecedores não devem estar muito distantes das montadoras para a realização do sistema que está sendo implantado no Brasil. Caso contrário, o processo deverá ter um local para consolidação da carga e depois ser transportado para o seu destino final (montadora), como acontece em outros países.

III) Padronização de embalagem entre montadora, operador logístico e fornecedor. Caso a montadora altere suas embalagens, o operador logístico deverá ser avisado com antecedência para poder determinar qual o melhor veículo para fazer a coleta programada das peças em função da alteração da embalagem, pois uma mudança de embalagem pode afetar a capacidade de um veículo, diminuindo a eficiência na coleta programada de peças e, desta forma, o processo não estaria contribuindo para minimizar os custos de transporte na cadeia logística integrada. O fornecedor também deverá ser informado com antecedência à coleta, caso a embalagem sofra alguma alteração por parte da montadora. Desta forma, o operador logístico, ou quem executa o sistema de coleta das peças, poderá entregar as embalagens vazias, que foram alteradas, para o(s) fornecedor(es) com antecipação, beneficiando a próxima coleta de peças programada.

IV) O operador logístico deverá cumprir a janela de tempo de coleta das peças junto aos fornecedores e cumprir a entrega das mesmas no horário determinado para a montadora. Caso contrário, os custos serão afetados, pois as

peças coletadas não chegarão em seu destino no horário estipulado e uma parada na linha de montagem da montadora poderá ocorrer.

V) A montadora deverá disponibilizar as informações da demanda necessária de peças, representada pela quantidade ao longo de um determinado período, sendo que este período irá depender da forma de gestão de cada indústria montadora. Também deverá informar quando estas peças deverão entrar na planta na montadora para serem utilizadas na linha de montagem de seus automóveis, para que seus fornecedores possam planejar e programar suas produções, com tempo hábil para cumprir o plano de produção necessário naquele instante da coleta. Para o operador logístico, estas informações de demanda são necessárias para o planejamento e programação da coleta de peças, visando o menor custo operacional de transporte de coleta no sistema *Milk Run*, aproveitando melhor a capacidade do veículo de transporte.

VI) Os fornecedores deverão entregar as peças na quantidade programada pela montadora. Se a quantidade ultrapassar o que foi previsto no planejamento de coleta de peças, o veículo que executará a tarefa de coleta das peças poderá não ter capacidade para recebê-las, ou por motivos de peso ou volume, ou para não afetar a próxima coleta em outro fornecedor dentro de sua rota. Se, por acaso, a quantidade de peças que o fornecedor possua na hora da coleta for inferior ao programado para ser coletado, o operador logístico deverá obter um aval da montadora para saber se deve ou não realizar a operação de coleta de peças naquele fornecedor .

VII) Os fornecedores deverão entregar suas peças dentro das especificações de qualidade estipuladas pela montadora, pois o sistema de coleta programada visa a redução do estoque e custos na cadeia logística integrada e se esta condição não for realizada, haverá parada na linha de produção da montadora ou transportes extras serão necessários para suprir a linha de montagem dos automóveis, com novas peças manufaturadas dentro das especificações de qualidade.

VIII) A montadora deve possuir um conhecimento muito acurado de sua demanda, evitando grandes flutuações ao longo dos pedidos programados de coleta de peças.

2.4 - Desafio Estratégico

Pelas entrevistas realizadas, ficou claro que a introdução e implantação de um sistema de coleta programada de peças tem o intuito de reduzir os custos de estoque e transporte na cadeia de suprimentos - *inbound freight and cost* . Com o objetivo de eliminar as perdas e proporcionar uma redução de estoques, o sistema *Just-in-Time*, aparentemente, é aquele que irá proporcionar um menor custo de estoque circulante e pretende-se verificar se o sistema *Milk Run* permite a introdução deste sistema de controle de estoque, tendo como objetivo, também, redução dos custos de transportes.

O sistema de trabalho *Just-in-Time* tem como propósito a redução dos estoques em toda cadeia de suprimentos, produção e, conseqüentemente, a distribuição física. A redução de estoque é um dos marcos deste sistema de produção, desenvolvido pelos japoneses, em especial pela empresa Toyota Motors Company, denominado “Sistema Toyota de Produção” (SHINGO, 1996).

Um desafio enorme de um sistema de produção industrial é encontrar o ponto de equilíbrio entre trabalhar sem estoque, sem permitir interrupções na linha de produção por falta de peças (matérias-primas), e abastecer a parcela do mercado que a empresa possui, com os produtos solicitados acompanhando a flutuação da demanda.

As empresas buscam obter informações mais acuradas possíveis sobre suas demandas e essas informações serão úteis para dar início ao processo de produção de seus produtos e para alimentar o sistema de abastecimento de suprimentos provenientes de seus fornecedores.

A linha de manufatura depende do abastecimento de materiais (suprimentos) necessários para executar o plano de produção definido por uma empresa. Neste processo de abastecer o mercado com os produtos que foram solicitados, é fundamental obter um efetivo controle das peças e ou matérias-primas necessárias em toda cadeia de suprimentos, para evitar custos desnecessários com estoque de materiais, produtos semi-processados (intermediários) e produtos acabados que não satisfazem as necessidades do mercado e, principalmente, as flutuações da demanda, pois o mercado é dinâmico e as mudanças ocorrem constantemente.

A ferramenta de controle de estoque “*Kanban*”, que é parte integrante do Sistema Toyota de Produção, e faz parte da abordagem de trabalho “*Just-in-Time*“, visa apenas abastecer a unidade fabril, de acordo com SHINGO (1996), com os itens necessários, nas quantidades necessárias, na hora determinada, com a qualidade necessária para suprir a linha de montagem final sem perdas e geração de estoques. O intuito é manter um fluxo físico integrado de peças na cadeia de suprimentos e agilizar a entrega do produto final ao consumidor, eliminando todas as perdas e estoques. Segundo AMSTEL (1990), é manter o fluxo de produtos conforme a necessidade da demanda agregando valor em toda cadeia logística, *Pipeline*.

Este é um enorme desafio do sistema de coleta programada de peças, *Milk Run*: Agregar valor na cadeia de suprimentos, reduzindo estoques e perdas. Com a produção de lotes menores, conseqüentemente, há redução dos ciclos de produção e busca-se aumentar a precisão da produção propriamente dita. Dentro deste aspecto de trabalho, surge a possibilidade de produzir conforme a “demanda real”, segundo SHINGO (1996). Desta forma permite-se, com uma velocidade maior, responder às flutuações da demanda e facilitar o planejamento da produção da empresa.

As empresas que estão atuando com este sistema estão voltadas a buscar soluções que aumentem suas competitividades, visando a redução dos custos na cadeia de suprimentos (redução de estoque e custos de transporte). A maioria das empresas pesquisadas, que estão adotando o conceito de trabalho *Milk Run*, está saindo de um sistema de compra de peças CIF (*Cost, Insurance, Freight Paid*) para um sistema de compra de peças FOB (*Free on Board*). Com isso, buscam reduzir o custo do frete que

seria o primeiro impacto para justificar a adesão ao sistema de coleta programada de peças, *Milk Run*. Portanto, um dos intuitos é minimizar o custo do frete, se possível. Outro desafio para as empresas que adotam este método de trabalho, *Milk Run*, é a redução do estoque na cadeia de suprimentos, obtendo maior controle sobre as peças que realmente são solicitadas pelas montadoras e maior frequência de abastecimento, permitindo acompanhar as flutuações da demanda.

2.5 - Dificuldades Apontadas pelas Empresas (Montadora, Operador Logístico e Fornecedores) com o Sistema de Coleta Programada de Peças, *Milk Run*.

A tabela 1 sintetiza as boas práticas com o sistema de coleta programada de peças apontadas pelas empresas que estão utilizando este sistema, *Milk Run*. Este dados foram extraídos das visitas realizadas nas empresas e com entrevistas diretas com as pessoas que estão inseridas nesta nova abordagem (motoristas dos operadores logísticos, analistas de logística e gerentes/supervisores de operação dos operadores logísticos, gerentes das montadoras e supervisores de materiais e gerentes de produção e programadores de produção dos fornecedores). Nesta tabela não serão citados os nomes das pessoas entrevistadas, nem o nome das empresas visitadas para realizar esta pesquisa. O motivo é a não permissão da divulgação de seus nomes reais neste trabalho de dissertação. Será adotado letras do alfabeto (A, B, C etc.) como referência as empresas visitadas.

Tabela 1 – Boas Práticas do Sistema *Milk Run*

Empresas	Cumpre o horário de coleta?	Horário de coleta é flexível?	Roteirização é um entrave no sistema <i>Milk Run</i> ?	Qual é o número de fornecedores por rota?	Recebe as informações do plano de produção da montadora?	Há modificações constantes no plano de produção da montadora?	As embalagens são as adequadas para realizar a operação de coleta programada?
Montadora “A”	Sim	Sim	Não	Pequeno	Sim	Às vezes	Às vezes
Montadora “B”	Sim	Às vezes	Não	Pequeno	Sim	Às vezes	Sim
Montadora “C”	Sim	Sim	Não	Pequeno	Não	Pouca	Nem todas
Montadora “D”	Sim	Às vezes	Não	Pequeno	Sim	Às vezes	Estão sendo alteradas
Montadora “E”	Sim	Sim	Não	Pequeno	Não	Pouca	Em estudo
Fornecedor “F”	Às vezes	Não	---	---	Sim	Muitas	Não
Fornecedor “G”	Sim	Não	---	---	Sim	Poucas	Sim
Fornecedor “H”	Às vezes	Não	---	---	Não	Muitas	Sim
Fornecedor “I”	Sim	Pouco	---	---	Não	Poucas	Não
Fornecedor “J”	Às vezes	Pouco	---	---	Sim	Às vezes	Não
Fornecedor “K”	Sim	Não	---	---	Sim	Sim	Não
Fornecedor “L”	Sim	Não	---	---	Sim	Sim	Sim
Oper. Logístico “M”	Às vezes	Decisão da montadora	Não	Pequeno	Sim	Sim	Muitas vezes não
Oper. Logístico “N”	Sim	Decisão da montadora	Não	Pequeno	Não	Sim	Muitas vezes não
Oper. Logístico “O”	Sim	Decisão da montadora	Não	Pequeno	Sim	Sim	Boa parte sim
Oper. Logístico “P”	Sim	Decisão da montadora	Não	Pequeno	Sim	Sim	Às vezes

Conforme tabela 1 as boas práticas do processo *Milk Run* revelaram que o problema de roteirização não é um empecilho para o sistema. Os motivos apontados pelos operadores logísticos e montadoras foram:

- O número de fornecedores por rota que cada veículo visitará para realizar a operação de coleta programada de peças é considerado pequeno. Os fornecedores que fazem parte deste sistema, *Milk Run*, com coletas diárias ou mais de uma coleta por dia de trabalho, são fornecedores que não estão numa categoria de materiais considerada de classe “C”. Isto é, estes materiais coletados possuem uma certa importância financeira em relação ao investimento feito em estoque. Desta forma, fornecedores que estão classificados, dentro de uma Curva ABC de materiais, na categoria denominada “C”, podem receber o veículo de coleta programada de peças apenas uma vez por semana ou até um período maior que este.
- O tempo de abastecimento de materiais na planta da montadora, para o sistema *Milk Run*, não deve ser (extremamente) extenso, pois o intuito de minimizar o estoque não estaria sendo alcançado. Desta maneira, procura-se colocar em uma rota de coleta de peças, fornecedores que estejam muito próximos uns dos outros facilitando a operação de roteirização do veículo. Como as peças coletadas, na sua maioria, possuem um peso considerável ou um volume considerável, não é possível colocar muitos fornecedores em uma rota para um só veículo realizar a operação de coleta programada. Desta forma, a roteirização não é um problema

fundamental para o sistema *Milk Run* que as montadoras estão implantando no Brasil.

Algo que se torna de fundamental importância para o sucesso do sistema *Milk Run* é as montadoras possuírem uma noção bem acurada de sua previsão de demanda e com isso não permitir grandes flutuações da mesma. Grandes flutuações de demanda refletirão em dificuldades de resposta para a necessidade do mercado, em função da mudança constante do *mix* de produção da montadora e a resposta que os fornecedores deverão lhe dar em função do novo programa de produção projetado.

Uma solução para este problema seria implantar um sistema de coleta programada, *Milk Run*, denominado dinâmico e não estático. O *Milk Run* dinâmico não possuiria rotas fixas para cada veículo que estiver realizando a operação de coleta programada. As rotas seriam programadas em função do plano mestre de produção estipulado pela montadora para abastecer sua demanda em um período mínimo possível, muitas vezes para cinco dias úteis de trabalho. Desta forma, os fornecedores receberiam a programação da produção fixa para um horizonte de cinco dias, em média, e a montadora e/ou operador logístico estudariam a roteirização dos veículos de coleta em função desta programação. As informações devem ser transmitidas aos fornecedores, com pelo menos, três dias de antecedência antes da data necessária do primeiro pedido de abastecimento de coleta programada.

O *Milk Run* estático é a forma que está sendo, muitas vezes, implantado pelas montadoras no país. O veículo que executa a operação de coleta programada passa sempre nos mesmos fornecedores, sempre no mesmo horário programado para cada coleta, variando apenas a quantidade a coletar em função da necessidade da montadora e a capacidade do veículo que executa a operação.

O planejamento e programação da produção da montadora geralmente contempla um horizonte de, pelo menos, cinco dias fixos de produção. Isto significa, que os fornecedores saberão o quanto devem fornecer de peças para a montadora nestes cinco dias fixos de produção e estas informações devem ser passadas para os fornecedores, deste sistema, com antecedência de, pelos menos, três dias antes do primeiro dia de coleta das peças. Porém, algumas vezes estes prazos não são cumpridos dificultando o melhor desempenho total do sistema.

Formas de contrato na prestação de serviço de transporte *Milk Run*

Observação: No anexo “A” será descrito a forma de contrato entre montadoras e operadores logísticos em função de uma pesquisa realizada com alguns operadores logísticos das montadoras. A pesquisa relata a forma de pagamento do frete (transporte das peças) em função das possíveis flutuações de demanda do produto automóvel (queda ou aumento).

Capítulo 3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será feita uma revisão bibliográfica que busca examinar trabalhos realizados dentro de tópicos que estão pertinentes ao sistema em estudo, *Milk Run*, coleta programada de peças. Artigos e bibliografias referentes ao sistema de estoque focando agregar valor na cadeia de suprimentos, relacionamento cliente/fornecedor para aumento da competitividade entre as empresas, o uso da Tecnologia da Informação focando a ferramenta EDI (*Electronic Data Interchange* / Troca Eletrônica de Dados) que permite maior agilidade no fluxo de informações entre montadora, operador logístico e fornecedores e pontos relacionados com a roteirização de veículos, são alguns temas que serão abordados nesta parte do trabalho de pesquisa.

Várias buscas foram realizadas até o presente momento com o intuito de encontrar artigos que discorressem sobre este assunto, *Milk Run*. No entanto, encontrou-se apenas um *paper* que aborda este sistema de trabalho. Diversos *e-mails*

foram enviados para professores de várias universidades no mundo para saber se algum deles poderia sugerir alguma fonte onde alguém já tivesse escrito algo sobre o tema, *Milk Run*, porém apenas uma resposta se tornou positiva. Trata-se de um artigo escrito e apresentado em um seminário de *Just-in-Time* entre os dias 24 a 26 de julho de 1989 em Washington, D.C. (USA) pelo Professor STENGER (*The Smeal College of Business Administration – The Pennsylvania State University*) relatando como algumas indústrias norte-americanas utilizam o sistema *Milk Run* e sua interação com o sistema *Just-in-Time*. Este artigo, do Professor STENGER, aparece também no livro: *The Logistics Handbook* (1994).

3.1 - Decisões e Políticas de Estoque

Estamos vivendo em uma era de “globalização” e, cada vez mais, o mercado se torna muito competitivo. Por isso, a empresa que não concentrar esforços em reduzir os custos com estoques em toda cadeia de suprimentos, produção e distribuição física, com certeza sofrerá uma pressão enorme de seus concorrentes, correndo o risco de não permanecer por muito tempo no mercado, pois outros estarão oferecendo produtos com preços inferiores e com maior reposta ao mercado consumidor, satisfazendo a necessidades dos clientes.

O estoque inicia-se desde o fornecedor (de matéria-prima ou de componentes), passando pelo transporte (*Inbound*) destes materiais até o cliente que irá executar a fase de transformação (produção). Neste momento tem-se estoque de

materiais para produção, estoque de materiais em processos e estoque de produtos acabados, passando pela fase do transporte dos produtos (*Outbound*), logo após pela área de estocagem de produtos acabados e, finalmente, a fase de distribuição para os pontos de vendas que serão o canal de acesso aos consumidores dos produtos (BALLOU, 1999).

Conforme citado acima, o estoque existe em diversas etapas da cadeia logística total, até o produto estar disponível para o consumidor final. Portanto, é essencial reduzi-lo em toda a cadeia logística, diminuindo o custo do produto que será oferecido ao mercado consumidor. Manter estoques pode custar entre 20% e 40% de seu valor por ano, segundo BALLOU (1999).

3.1.1 - Razões para Possuir Estoques

Algumas empresas não conseguem acompanhar a flutuação da demanda e para não perderem vendas, permanecem com estoques (matéria-prima, material em processo e produto acabado). Portanto, justificam o investimento em estoque para absorver a variabilidade da demanda (BAGANHA, COHEN, 1998).

O tempo de ressurgimento do fornecedor (*lead time*) muitas vezes é muito alto e com isso obriga o cliente ter que manter estoque para não parar sua linha de produção. Problemas com o transporte, também, colaboram para o aumento do estoque, pois se não há consistência e confiabilidade neste serviço o estoque é

mantido na cadeia logística. Portanto, os estoques são mantidos com a função de proteger o sistema produtivo e não permitir interrupção do fluxo de produção (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Quando uma empresa possui alguns fornecedores de um único item e não existe um vínculo de negócios entre cliente e fornecedores, apenas uma relação pura de compra e venda, o cliente precisa manter estoque, pois caso venha a ficar sem algum fornecedor deste item, ou aconteçam possíveis interrupções no abastecimento ele terá sua linha de produção afetada ou paralisada também.

3.1.2 - Sistemas de Requisição de Materiais

Alguns pontos devem ser considerados para as tomadas de decisões fundamentais à administração de estoque. Este pontos tem o intuito de minimizar os custos totais em estoque, abastecendo a empresa apenas com os materiais necessários para um determinado período de produção. Alguns elementos que devem ser conhecidos são (DIAS, 1996; NARASIMHAN et al. 1995):

- a) Quando os estoques serão reabastecidos
- b) Quanto de estoque será necessário
- c) O quê deve permanecer em estoque

Após tomada a decisão, referente aos itens citados acima, deve-se levar em consideração alguns tipos de lote econômico para aquisição ou fabricação dos materiais, porém é fundamental conhecer alguns custos que estão embutidos neste sistema de lotes econômicos que serão apresentados a seguir (DIAS, 1996; NARASIMHAN et al. 1995).

Custos de manutenção de estoque: diversos custos são pertinentes a este tópico, sendo o custo de oportunidade de capital o mais relevante. É o custo proveniente de utilizar o capital da empresa ao financiamento de estoque ao invés de ocupá-lo em outra atividade que venha a contribuir com receita à empresa (máquina, pessoal, etc.) (SCHMENNER, 1998). Outros custos de manutenção de estoque são: estocagem e manuseio; seguro; imposto e obsolescência.

Os tipos de custos incorridos na obtenção de estoque são (SCHMENNER, 1998):

- Custos de pedido. Custos relacionados à colocação de pedidos de materiais de fornecedores externos.
- Custos de mudança de produção. Se as peças (componentes) necessárias forem manufaturadas na própria empresa, a reposição implicará alguns custos adicionais. Por exemplo, o custo de preparação de máquina (*setup*), pois poderia estar utilizando este tempo para a produção de algum produto.

Existem dois pontos relevantes que interferem diretamente nestes custos, citados acima, que são a quantidade em estoque e o tempo de permanência em estoque (Dias, 1996).

3.1.3 - Lote Econômico de Compra

A função do lote econômico de compra é minimizar o custo total, que é composto pelo custo de armazenagem e custo de pedido, conforme representado na figura 2.

Assumindo o consumo ao longo de um período como determinístico e com a taxa constante tem-se: (DIAS, 1996; NARASIMHAN et al., 1995)

$$LEC = \sqrt{\frac{2xDxC_p}{C_m}} \quad \text{ou} \quad LEC = \sqrt{\frac{2xDxC_p}{i x P}} \quad (1)$$

Onde:

LEC = Lote Econômico de Compra

D = Consumo do item por um período determinado

C_p = Custo do pedido de compra

C_m = Custo de armazenagem

i = Taxa de estoque em percentual

P = Preço unitário de compra

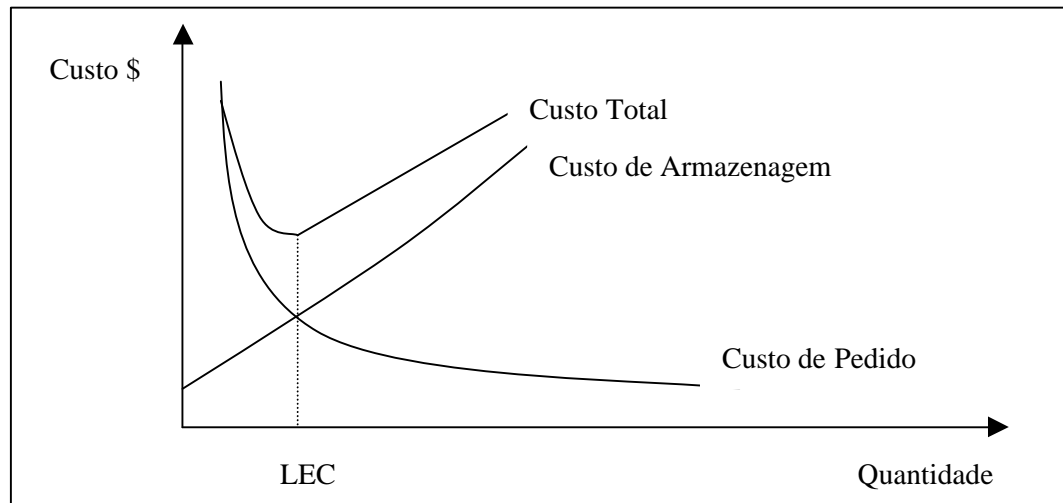


Figura 2: Curva do Custo Total – LEC

Fonte: (Dias, 1996)

3.1.4 - Lote Econômico de Produção

O lote econômico de produção ou fabricação utiliza os conceitos semelhantes ao lote econômico de compra, porém ao invés de utilizar o custo de pedido (compra), no custo total para cálculo do lote econômico, utiliza-se o custo de preparação, referente a(s) máquina(s) pertinente(s) ao processo de fabricação da peça. A figura 3 é a representação gráfica do lote econômico de produção ou fabricação.

$$LEP = \sqrt{\frac{2xDxC_{prep}}{C_m}} \quad \text{ou} \quad LEP = \sqrt{\frac{2xDxC_{prep}}{i \times P}} \quad (2)$$

Onde:

LEP = Lote Econômico de Produção

D = Consumo do item por um período determinado

C_{prep} = Custo do preparação de máquina

C_m = Custo de armazenagem

i = Taxa de estoque em percentual

P = Preço unitário de compra

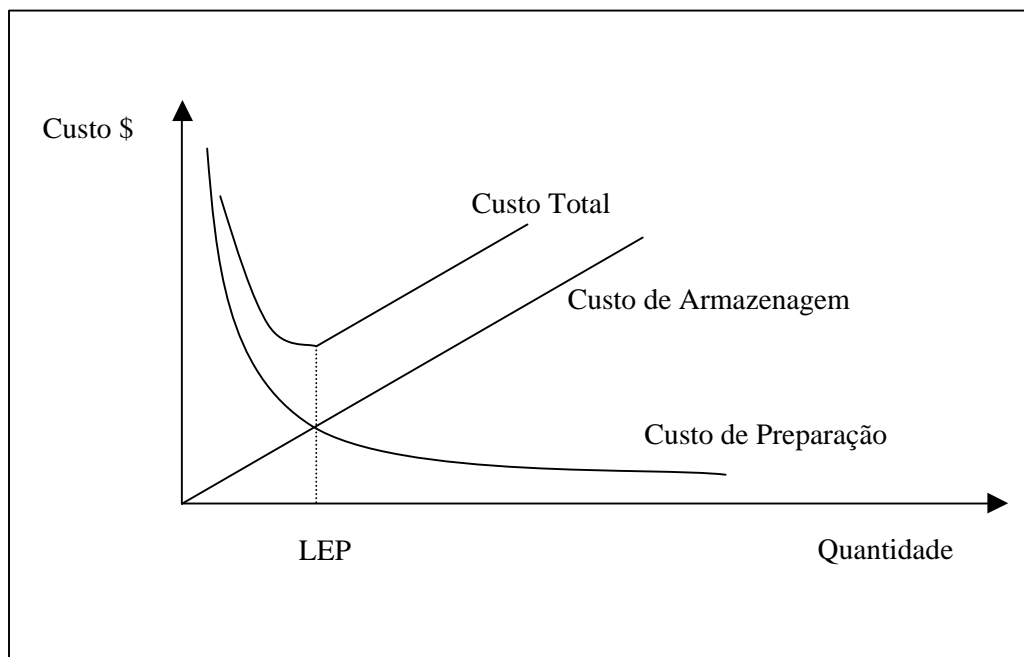


Figura 3: Curva do Custo Total – LEP

Fonte: (NARASIMHAN; et al., 1995)

3.2 - Filosofia *Just-in-Time*

A filosofia *Just-in-Time* (JIT) surgiu no Japão na década de 60, e a empresa Toyota Motors Company foi a primeira a obter grande sucesso com este sistema de trabalho (TUBINO, 1997). O objetivo primário da filosofia JIT é eliminar desperdício no sistema de produção (SHINGO, 1996; ; NARASIMHAN et al., 1995; TUBINO, 1997; LOUIS, 1997).

Eliminar desperdício no sistema de produção também envolve produção sem estoque, manufatura de fluxo contínuo, esforço contínuo na resolução de problemas e melhoria contínua dos processos (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Um definição de desperdício, segundo a Toyota é: “Qualquer quantidade maior do que o mínimo necessário de equipamento, materiais, componentes e tempo de trabalho essencial à produção” (HAY, 1992).

Deve-se eliminar as atividades que não agregam valor à produção, sendo assim, eliminam-se os desperdícios, que são (CORRÊA; GIANESI, 1993):

- Desperdício de superprodução: É produzir antecipadamente à demanda por motivos de problemas ou restrições no processo. Alguns pontos contribuem para este fator (superprodução) acontecer, entre eles pode-se citar os tempos altos para realizar a operação de preparação de máquinas (*setup*), que gera a produção de grandes lotes, a incerteza de problemas de qualidade e confiabilidade de

equipamentos, produzindo mais que o necessário, grandes distância a serem percorridas com o material, gerando formação de lotes. Na abordagem de trabalho JIT busca-se produzir apenas o que é necessário no momento solicitado, tendo em foco a redução dos tempos de *setup* e sincronizar a produção com a demanda, eliminando ou diminuindo ao máximo as flutuações.

- Desperdício de espera: Eliminar o tempo de espera dos materiais que estão aguardando para serem processados em função de permitir altas taxas de utilização dos equipamentos. O foco é no fluxo de materiais e não na taxa de utilização dos equipamentos. Portanto, mão-de-obra e equipamento só irão trabalhar quando houver necessidade. O balanceamento do fluxo de trabalho irá contribuir para eliminar este tipo de desperdício.

- Desperdício de transporte: Elaborar arranjos físicos que possibilitem a menor movimentação dos materiais, pois a movimentação não agrega valor ao produto. Deve-se reduzir ao máximo as distâncias a serem percorridas e estudar a melhor forma de estocagem dos produtos.

- Desperdício de produzir produtos defeituosos: O processo produtivo deve ser planejado e desenvolvido de forma que não permita produzir produtos defeituosos e eliminar as atividades de inspeção.

- Desperdício de estoque: Os estoques representam desperdícios de investimentos e área de estocagem, além de ocultarem outros tipos de desperdícios.

Deve-se eliminar as causas que contribuem para a formação de estoque nas empresas.

3.2.1 - Fornecimento de Materiais *Just-in-Time*

Para o sucesso do sistema de trabalho *Just-in-Time* alguns pontos devem ser implantados e coordenados entre fornecedores e cliente de forma que possam agregar valor à cadeia de suprimentos de materiais e reduzir os desperdícios. Os elementos pertinentes ao processo de abastecimento de materiais devem conter (CORRÊA; GIANESI, 1993):

- lotes de fornecimento reduzidos;
- recebimentos freqüentes e confiáveis;
- *lead times* de fornecimento reduzidos e
- altos níveis de qualidade

Com lotes de fornecimento reduzidos pode-se reduzir o estoque em toda cadeia de suprimentos, sendo benéfico tanto para o fornecedor como, também, para o cliente. Busca-se reduzir o investimento com estoque e utilizar esta verba em algo que possa ser mais útil para a empresa.

Os recebimentos frequentes e confiáveis contribuem para a redução do estoque em toda cadeia de suprimentos e permite uma resposta mais rápida às flutuações de demanda do mercado.

Os *lead times* de fornecimentos reduzidos irão permitir a entrega com maior frequência e, conseqüentemente, a redução do estoque como também acompanhar as flutuações da demanda, pois pode-se alterar com maior frequência o *mix* de produção dos produtos já que os tempos de *setup* de equipamentos são reduzidos.

Os altos níveis de qualidade permitirão manter um fluxo contínuo de produção, sem paradas na linha de manufatura por problemas de má qualidade dos produtos dos fornecedores.

Desta forma, o sistema JIT visa um ritmo uniforme de produção introduzindo duas idéias: tempo ciclo e nível do ritmo de produção (frequência da produção). O objetivo é manter o fluxo homogêneo, produzindo apenas de acordo com os índices exigidos pelo próximo passo do processo (HAY, 1992).

Os benefícios são: aperfeiçoamento através da curva de aprendizagem, aumento da flexibilidade do *mix* de produtos, redução de estoques, menor tempo de supervisão e melhoria de qualidade (HAY, 1992).

3.2.2 - Sistema *Kanban* de Controle de Materiais

O sistema *Kanban* foi desenvolvido na década de 60 pela Toyota Motors Cia. Seu intuito é simplificar o sistema de programação e controle, utilizando a filosofia de “puxar” a produção. O *kanban* funciona como um sistema de gerenciamento de materiais, visando movimentar e fornecer os componentes à produção apenas nas quantidades necessárias e no momento necessário (TUBINO, 1997).

No sistema *Kanban* apenas são produzidos os componentes que os clientes internos e externos solicitam do processo predecessor, antes desta solicitação nada é produzido em toda a cadeia de suprimentos. Nesta concepção, quando a empresa determina seu programa mestre de produção (PMP), apenas são abertas as ordens de fabricação ou montagem final para o último estágio do processo produtivo. Desta forma, quando forem necessários componentes para realizar a última operação do processo, o *kanban* de movimentação de peças será emitido para o processo predecessor e, conseqüentemente, este posto de trabalho, que forneceu componentes para o processo posterior, irá repor a quantidade necessária de peças que o dimensionamento de *kanban* de estoque solicitou para seu posto. “À medida que o cliente de um processo necessita de itens, ele recorre aos *kanbans* em estoque neste processo, acionando diretamente o processo para que os *kanbans* dos itens consumidos sejam fabricados e repostos aos estoques” (TUBINO, 1997).

3.2.3 - Tipos de *Kanban*

O sistema *kanban* baseia-se no uso de sinalizações com o intuito de iniciar o sistema de produção de um determinado produto. As sinalizações podem ser feitas de diversas maneiras, via cartão com descrição do componente ou via sistema de troca eletrônica de dados (EDI), que seria a troca de cartões *kanban* eletronicamente (TUBINO, 1997; LOUIS 1997).

Dependendo da finalidade, os cartões *kanban* dividem-se em dois grupos: os cartões *kanban* de produção e os cartões *kanban* de requisição ou movimentação. Os cartões *kanban* de produção são o meio utilizado para autorizar a fabricação ou montagem de um produto ou um lote de um produto. Os cartões *kanban* de requisição são o meio utilizado para autorizar a movimentação de lotes de componentes de determinado item entre uma área requisitante e seu fornecedor (relação cliente/fornecedor interno ou externo a uma empresa).

O cartão *kanban* de produção deve conter algumas informações básicas para poder operar. Ele exerce a função de ordem de fabricação e montagem emitidas pelos sistemas convencionais do planejamento, programação e controle de produção (PPCP) de uma empresa. Estas informações são (TUBINO, 1997):

- especificação do processo e do centro de trabalho onde esse item é produzido;
- descrição do item, com código e especificação do mesmo;

- local onde o lote deve ser armazenado após a produção;
- capacidade do contenedor ou tamanho do lote que será fabricado;
- tipo do contenedor para esse item;
- número de emissão deste cartão em relação ao número total de cartões de produção para esse item;
- relação dos materiais necessários para a produção desse item e local onde se deve buscá-los.

O cartão *kanban* de requisição interna ou *kanban* de transporte, retirada ou movimentação, que funciona como uma requisição de materiais, autoriza o transporte de componente(s) entre centros produtivos de uma empresa ou com seus fornecedores externos.

No cartão *kanban* de requisição devem constar apenas as informações necessárias para a movimentação dos itens entre os dois postos de trabalho, que seriam (TUBINO, 1997; LOUIS, 1997):

- descrição do item, com código e a especificação do mesmo;
- especificação do centro de trabalho onde o item é produzido e local onde encontra-se armazenado o lote;
- especificação do centro de trabalho onde o item é consumido, também chamado de centro de trabalho subsequente, e local onde deve-se depositar o lote requisitado;
- capacidade do contenedor ou tamanho do lote que será movimentado;

- tipo de contenedor para esse item;
- número de emissão desse cartão em relação ao número total de cartões de requisição para esse item.

O cartão *kanban* do fornecedor tem a função de executar uma ordem de compra convencional. Ou seja, é uma forma de autorizar o fornecedor externo da empresa a entregar os componentes necessários para o cliente, especificado no cartão, diretamente ao usuário interno (TUBINO, 1997).

Desta forma, o *kanban* de fornecedor possui informações relativas à maneira e ao momento em que o fornecedor terá acesso às instalações do cliente para entregar o lote que lhe foi solicitado. As informações básicas de um cartão *kanban* de fornecedor são as seguintes (TUBINO, 1997; LOUIS, 1997):

- nome e código do fornecedor autorizado a fazer a entrega;
- descrição do item a ser entregue, com código e a especificação do mesmo;
- especificação do centro de trabalho onde o lote do item deve ser entregue, e local onde deve-se depositar o lote requisitado;
- lista de horários em que se deve fazer as entregas dos lotes e ciclo em número de vezes por período, normalmente diário;
- capacidade do contenedor ou tamanho do lote que será entregue;
- tipo de contenedor para esse item;
- número de emissão deste cartão em relação ao número total de cartões de fornecedor para esse item.

3.2.4 - Funcionamento do Sistema *Kanban*

Existem algumas condições básicas para que o sistema *kanban* funcione de forma a aproveitar o máximo de sua capacidade, e ele exercer o papel de controle da produção e estoque de uma empresa.

a) “O processo subsequente (cliente) deve retirar no processo precedente (fornecedor) os itens de sua necessidade apenas nas quantidades e no tempo necessário” (TUBINO, 1997).

Este é o princípio do termo “puxar” adotado pela Sistema Toyota de Produção (TUBINO, 1997; SHINGO, 1996).

b) “O processo precedente (fornecedor) deve produzir seus itens apenas nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente (cliente)” (TUBINO, 1997).

Este princípio visa manter o estoque nos postos de trabalho das quantidades determinadas para o sistema *kanban*, eliminando a superprodução.

c) “Produtos com defeito não devem ser liberados para os cliente” (TUBINO, 1997).

É de fundamental importância a qualidade dos componentes em toda cadeia de suprimentos para evitar parada na linha de produção e não permitir um fluxo contínuo do processo. Como o sistema JIT visa atender as necessidades do cliente acompanhando as flutuações da demanda, o princípio de trabalho é executado com pequenos lotes de produção. Dessa forma, não pode existir itens defeituosos no processo de produção em toda cadeia.

d) “O número de *kanbans* no sistema deve ser minimizado” (TUBINO, 1997).

Deve-se trabalhar com a mínima quantidade de estoque em todo o processo, enfoca-se a melhoria contínua do processo de produção.

e) “O sistema *kanban* deve adaptar-se a pequenas flutuações na demanda” (TUBINO, 1997).

3.2.5 - Cálculo do Número de Cartões *Kanban*

Para determinar o número de cartões *kanban* necessários é fundamental considerar dois aspectos importantes: o tamanho do lote do componente para cada contenedor e cartão, e o número total de contenedores e cartões por componente, desta forma define-se o nível total de estoques do componente no sistema (TUBINO, 1997; LOUIS, 1997; JAPAN MANAGEMENT ASSOCIATION, 1989).

O ponto inicial para o cálculo é estabelecer o tamanho do lote para cada componente, com isso, define-se o número total de cartões que circulam no sistema. No sistema JIT, busca-se trabalhar com custos de *setup* mínimos e reduzir os custos de estocagem de componentes (TUBINO, 1997; LOUIS, 1997; JAPAN MANAGEMENT ASSOCIATION, 1989).

Geralmente, o tamanho do lote é definido em função de dois fatores: o número de *setup* que a empresa se dispõem a realizar por período diário e o tamanho do contenedor onde serão colocados os itens (TUBINO, 1997).

Determinado para cada componente o tamanho do lote por contenedor, define-se o número total de lotes no sistema. "A determinação do número de cartões *kanban* é função do tempo gasto para a produção e movimentação dos lotes no sistema produtivo, bem como, da segurança projetada" (TUBINO, 1997).

$$N = \left[\frac{D}{Q} \times T_{prod} \times (1 + S) \right] + \left[\frac{D}{Q} \times T_{mov} \times (1 + S) \right] \quad (3)$$

onde:

N = número total de cartões *kanban* no sistema;

D = demanda média diária do item (itens/dia);

Q = tamanho do lote por contenedor ou cartão (itens/cartão)

T_{prod} = tempo total para um cartão *kanban* de produção completar um ciclo produtivo, em percentual do dia, na estação de trabalho (%);

T_{mov} = tempo total para um cartão *kanban* de movimentação completar um circuito, em percentual do dia, entre as áreas de estocagem (“supermercados”) do produtor e do consumidor (%).

S = fator de segurança, em percentual do dia (%).

A primeira parte da equação determina o número de cartões *kanban* de produção, e a Segunda o número de cartões *kanban* de movimentação (TUBINO, 1997).

3.3 - O Escopo da Logística Integrada

A década de 80 marcou um período em que as empresas procuraram desenvolver relacionamentos mais estreitos entre si e a busca de alianças que se tornaram pontos básicos para as melhores práticas logísticas. As empresas começaram a se preocupar com os consumidores e fornecedores como partes integrantes de seus negócios, segundo BOWERSOX; CLOSS (1996). Desta forma, a logística passa a ter um papel importante, dentro do contexto de desenvolvimento de estratégia de uma empresa para se obter uma vantagem competitiva no mercado.

“A logística está relacionada em conseguir oferecer os produtos e serviços onde eles são necessários e no momento que são desejados” (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

“A missão da logística é conseguir os produtos certos ou serviços nos lugares certos, no tempo certo, e na condição desejada, trazendo a melhor contribuição para a empresa” (BALLOU, 1999).

O conceito de logística é : “A logística trata de todas atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável” (BALLOU, 1992).

Como pode-se perceber nas definições de missão e conceito de logística, citados acima, o foco primordial é oferecer o produto/serviço onde e quando o cliente deseja, minimizando os custos totais, obtendo o menor tempo de resposta às necessidades do mercado e acompanhando as possíveis flutuações da demanda. Busca-se, desta forma, a integração de toda cadeia de suprimentos, produção e distribuição física, com a finalidade de eliminar desperdícios e estoques.

A logística envolve a integração de informação, transporte, estoque, armazenagem, movimentação de materiais e embalagem (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

Uma empresa define sua estratégia de forma que possa aumentar ou permanecer com sua parcela de mercado. Um ponto de suma importância para agregar valor na estratégia é a integração entre a distribuição física de produtos, manufatura e aquisição de materiais, que envolvem um processo logístico. Um processo coordenado e integrado permitirá melhor administração do fluxo de informações de produtos/serviços, desde a obtenção da matéria-prima, produtos em transformação (processo de fabricação), até os produtos acabados. O intuito é reduzir o tempo de movimentação do produto ao longo de toda cadeia logística (BOWERSOX; CLOSS, 1996; BALLOU 1999).

3.3.1 - Componentes que Caracterizam um Sistema Logístico

- Serviço ao cliente: Determinar as necessidades dos clientes e definir o nível de serviço logístico oferecido a eles. O nível de serviço ao cliente abrange fatores como: preço, qualidade do produto, tempo de entrega, confiabilidade e consistência de entrega, frequência do serviço de entrega, apoio pós-venda etc. (BALLOU, 1999).

- Transporte: Seleção do serviço e modo de transporte que será utilizado, a consolidação do frete, a rota e a programação do veículo.

- Administração de Estoque: Definição de políticas de estoques; *mix* de produtos a serem estocados, número, tamanho e localização dos pontos de estoques.

- Fluxo de Informações e Ordem de Processamento: Procedimentos e interface da ordem de estoque com seu método de transmissão.

Atividades Suporte

- Armazenagem: Determinação de espaço, *layout* da área de estocagem e sua localização geográfica.

- Movimentação de Materiais: Seleção de equipamentos e procedimentos de ordens de movimentação de materiais.

- Compras: Seleção da fonte de fornecedores, tempo da compra (*lead-time*), quantidade a comprar.
- Embalagem: Projeto para manuseio, estocagem, proteção contra danos e avarias.
- Produção/Operação: Especificar quantidades agregadas e seqüência e tempo de produção do produto.
- Informações: Coleta de informações, formatação dos dados, análise dos dados e procedimentos de controle.

A logística envolve um complexo sistêmico entre as partes que compõem uma organização. Para seu sucesso almeja-se a união harmônica entre: Integração da Informação, Transporte, Estoque, Armazenagem e Movimentação de Material e Embalagem (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

3.3.2 - O Papel do Sistema de Informação

Hoje, com os avanços tecnológicos nesta área, as informações podem ser obtidas em tempo real. Portanto, tecnologia de informação só poderá exercer seu papel dentro da cadeia logística se tiver qualidade nos dados que serão analisados.

Se não existir qualidade na informação ocorrerão diversos problemas operacionais, podendo afetar a cadeia logística, não permitindo obter a vantagem competitiva para a empresa nem para seus fornecedores, segundo BOWERSOX; CLOSS (1996).

A informação é ponto fundamental para uma organização saber quando deve abastecer seu cliente e saber quando deve ser abastecida pelo fornecedor, permitindo um fluxo contínuo de produtos/serviços na cadeia logística. Desta forma busca-se a redução dos custos logísticos e, conseqüentemente, a redução do estoque (BALLOU, 1999).

Sistema de informações mais modernos possuem o benefício de repor os itens necessários no local que o cliente necessita, fazendo a ligação direta entre o ponto de venda e o fornecedor do produto, usando um avançado sistema de informação, ou a Internet. Algumas empresas estão reduzindo o espaço necessário para estocagem de produtos, e com isso, proporcionando a redução de estoque na cadeia logística, reduzindo também o tempo de movimentação de materiais e melhorando o sistema de reabastecimento de produtos (BALLOU, 1999).

O uso da Troca Eletrônica de Dados (EDI – *Electronic Data Interchange*) para criar um canal direto entre o fornecedor e o sistema de distribuição é um fato consumado para algumas empresas. O produto não mais precisa ser colocado em uma área de estocagem. O cliente determina sua necessidade de produtos via EDI e, automaticamente, passa estas informações para seu fornecedor. O fornecedor abastecerá o cliente conforme seus produtos forem sendo consumidos. Portanto,

quando o estoque do cliente atingir um certo limite, o fornecedor saberá destas informações e poderá abastecê-lo, apenas com a quantidade necessária via sistema EDI (BALLOU, 1999).

É fundamental que as partes que compõem a cadeia estejam integradas podendo maximizar seus resultados. O intuito é eliminar qualquer bloqueio existente na comunicação entre as empresas (ECRBRASIL, 1998).

“O EDI é uma troca automatizada, computador a computador, de informações estruturadas de negócios, entre uma empresa e seus parceiros comerciais, de acordo com um padrão reconhecido internacionalmente” (ECRBRASIL, 1998).

Componentes básicos que viabilizam a aplicação do EDI:

- Facilidades de Comunicação: O computador da empresa é habilitado a transmitir informações para seus parceiros comerciais e receber informações de seus parceiros comerciais (ECRBRASIL, 1998).

- Caixas Postais Eletrônicas: Estas caixas viabilizam a troca de documentos entre os parceiros comerciais. Elas servem como um local de armazenamento de documentos eletrônicos. Apenas o destinatário, através de sua senha de acesso, identifica e recebe os seus documentos (ECRBRASIL, 1998).

- Tradução de Formatos: Como cada empresa possui uma forma específica de apontar seus dados (formato), é necessário que as informações sejam traduzidas para um formato padronizado, facilitando a integração com parceiros comerciais e, assim, podendo-se interpretar os dados de forma correta (ECRBRASIL, 1998).

“Através do EDI, documentos são transmitidos e recebidos independente do horário, distância e dos sistemas de computação utilizados. O resultado é um fluxo de informações mais rápido e preciso, no qual as mensagens vão e voltam sem qualquer interferência e com toda segurança” (ECRBRASIL, 1998).

Segundo MUKHOPADHYAY, KEKRE, KALATHUR (1995) um estudo realizado por alguns anos na empresa Chrysler Corporation com o uso da troca eletrônica de dados (EDI) entre montadora, fornecedores e operador logístico no sistema de coleta programada de peças (*Milk Run*) trouxe uma redução significativa nos custos de estoque e transporte da empresa.

3.3.3 - O Papel do Transporte

Transporte barato, com eficiência e eficácia, contribui para a redução do preço final do produto. O custo de transporte está inserido na fase de obtenção da matéria-prima (ou peças), na fase de produção propriamente dita e na fase de vendas (distribuição física do produto), segundo BALLOU (1999).

O fator transporte deve manter um equilíbrio entre a qualidade do serviço oferecido e o custo deste serviço. As características básicas para um serviço de transporte são: preço, tempo médio em trânsito, variabilidade do tempo em trânsito e perda ou avaria causada na operação (BALLOU, 1999).

Por sua relevância dentro do processo logístico, o transporte torna-se um ponto de considerável atenção na fase de gestão dos negócios.

Três fatores são fundamentais para mensurar a performance dos transportes (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

Custos;

velocidade;

consistência

O custo do transporte é o pagamento realizado para o movimento de produtos entre dois pontos (áreas geográficas). Como descrição de alguns itens que compõem o custo de transporte poderia citar-se: combustível, mão-de-obra, depreciação do equipamento, seguro, custos administrativos, etc. O custo do serviço de transporte varia, tremendamente, de um tipo de transporte para outro (BALLOU, 1999).

O cerne do sistema logístico dentro do fator transporte, é poder minimizar os custos totais do sistema. Porém, não significa que o transporte mais barato será o de menor custo total no sistema (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

Velocidade do transporte é ter os produtos ou componentes quando o cliente necessita e assim transformar uma necessidade em venda real, mesmo que o custo de transporte tenha sido maior que o usual. Um fator primordial para o sucesso desta operação é saber balancear os fatores "velocidade e custo do serviço" relação de *trade-off*, segundo BOWERSOX; CLOSS (1996).

Consistência de transporte refere-se às variações de tempo necessário para suprir uma certa necessidade da demanda, relacionadas com um determinado número de expedições solicitadas. Se o transporte oferece pouca consistência, com certeza será necessário um estoque de segurança para proteger o sistema, devido ao serviço não prever fatores que podem atrasar o transporte (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

Existem dois princípios fundamentais que norteiam a administração de transportes e operações, são eles: "a economia de escala e a economia de distância". Economia de escala refere-se ao custo por unidade de peso, que diminui em função do aumento do tamanho da remessa (expedição). Quanto mais se transportar, menor será o custo por unidade transportada. Busca-se, desta forma, ocupar a capacidade total do veículo de transporte. Economia de distância refere-se a uma característica do custo de transporte por unidade transportada, que diminui conforme a distância aumenta (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

As partes que influenciam a transação do transporte, são:

- Fornecedor e Destinatário: Possuem um objetivo comum, que é fazer o transporte dos produtos da origem ao destino dentro do tempo estabelecido com o menor custo possível. No serviço está inclusa a coleta e entrega nos tempos determinados (horas), tempo de trânsito previsível, perda e danos nulos, como também troca de informações exatas e na hora correta.

- Transportador: Este é o intermediário, que está associado à transação efetuada entre fornecedor e destinatário, visando minimizar os custos para realizar a operação de transporte.

- O Consumidor: Determina a necessidade do transporte pela demanda dos produtos e seus preços. Minimizar os custos de transporte é fator importante para os consumidores.

A redução do custo de transporte requer que se discorra sobre alguns pontos fundamentais que precisam ser monitorados no intuito de agregar valor e eliminar os desperdícios.

Fatores econômicos: Estão relacionados neste contexto os fatores como, distância, volume, densidade, alojamento, manuseio e responsabilidade.

A distância é uma das principais influências nos custos de transporte e é considerada uma variável de custo direto. O volume reflete o custo por unidade em

função do total transportado. A densidade do produto está relacionada com o espaço que o mesmo irá ocupar no transporte. O alojamento está relacionado com o espaço do veículo para a realização do transporte. O manuseio relaciona-se com tipo de equipamento que será utilizado na operação de carregar e descarregar e como o material, componente ou subconjunto estará armazenado (em paletes, em caixas apropriadas para o transporte, em contêiner, etc.). A responsabilidade está relacionada com evitar danos ou avarias no produto transportado.

Os custos de transporte são classificados em categorias. São eles (BOWERSOX; CLOSS, 1996):

- Custos Variáveis: Os custos variáveis estão diretamente associados com cada carregamento efetuado. Estas despesas são geralmente mensuradas com o custo por quilômetro.

- Custo Fixos: São custos que não mudam em relação ao volume transportado ou se a empresa está ou não operando (feriados, greves, etc.). Dentro desta categoria incluem-se os terminais, sistema de informação, veículos, etc.

3.3.4 - O Papel do Estoque

“A Cadeia de suprimentos pode ser definida como um processo integrado em que várias entidades de negócios (fornecedores, manufatura, distribuidores e varejistas) trabalham juntas em um esforço para:

- a) adquirir matérias-primas;
- b) converter matérias-primas em produtos finais especificados e
- c) entregar estes produtos finais para os varejistas.

Esta cadeia é, tradicionalmente, caracterizada pelo avanço do fluxo de materiais e o retorno do fluxo de informações” (BEAMON, 1998).

A política de estoque depende do nível desejado de serviço ao cliente. Um estoque excessivo resultará num alto custo logístico total. Estratégias logísticas são projetadas para minimizar os custos financeiros com estoque. Para minimizar o estoque é de suma importância ter fornecedores que possam estar comprometidos e envolvidos com entregas rápidas, capazes de reagir com respostas rápidas com relação aos pedidos dos clientes. Se o tempo de entrega for rápido ou com maior frequência em relação aos pedidos dos clientes, não é necessário manter um estoque de componentes ou materiais (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

Reduzir estoque significa aumentar a frequência de entrega de materiais para o cliente e, portanto, um aumento nos custos relacionados com transporte. Contudo,

estudos devem ser feitos para comparar os *trade-offs* (compensações) entre manter estoque ou aumentar a frequência de entrega, permitindo maior eficiência e eficácia do sistema, que resultará em alcançar as necessidades e desejos do cliente com o menor custo total em toda cadeia logística (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

3.3.5 - Armazenamento, Movimentação de Material e Embalagem

O armazenamento está relacionado com o local, a área necessária e a forma de alocação dos produtos para suprir as necessidades do mercado.

A movimentação de materiais é fator importante para a operação de carga e descarga.

A embalagem dos materiais afeta diretamente sua movimentação e transporte e está diretamente relacionada com o tempo de realização da operação de carga e descarga. Se a embalagem estiver fora das especificações determinadas, não contribuirá para reduzir o tempo da operação de movimentação de materiais, durante o transporte de abastecimento ao cliente (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

As operações de estocagem, movimentação de materiais e embalagem são pertinentes a três áreas dentro de uma empresa: Distribuição Física, Suporte Industrial e Obtenção de Materiais (BOWERSOX; CLOSS, 1996).

Distribuição Física: Esta área está relacionada com a movimentação dos produtos acabados para os consumidores. Na distribuição final o consumidor é o destino final do canal de marketing. A disponibilidade do produto é o cerne da participação de cada canal de marketing ou canal de distribuição. Um aspecto comum no sistema de distribuição física é que ele procura unir os fabricantes, os atacadistas e varejistas no canal de marketing ou distribuição, para prover disponibilidade de produto quando solicitado pelo mercado consumidor.

Suporte Industrial: Esta área está relacionada com o gerenciamento do estoque em processo, com o fluxo do processo entre os estágios da manufatura. A participação da logística integrada é pertinente, dentro da manufatura, quando se inicia a estruturação do plano mestre de produção (*Master Production Schedule*) para iniciar o processo de manufatura dos produtos afim de abastecer a demanda do mercado. É função da logística industrial fazer o arranjo dos tempos de manufatura dos produtos, sua programação e planejamento e estudar a disponibilidade dos materiais necessários à produção. Realizar suas operações, no âmbito de abastecimento da produção com matérias-primas, partes componentes, subconjuntos, etc.

Obtenção de Materiais: Esta área está relacionada com a compra e gerenciamento da obtenção e movimentação dos materiais vindos dos fornecedores (até a empresa).

3.4 - Descrição e Classificação dos Problemas de Roteirização e Programação de Veículos

Este tópico não é um entrave para o sistema *Milk Run*. Na coleta programada de peças há poucos fornecedores por rota, muitas vezes não ultrapassando um número superior a sete fornecedores a serem visitados por um veículo de coleta. Estes fornecedores estão localizados, na maioria das vezes, em uma região próxima uns dos outros. Desta forma, como apresentado na pesquisa realizada no capítulo 2 deste trabalho (tabela 1 – Boas Práticas do Sistema *Milk Run*) a roteirização torna-se ligeiramente simples e sem grades complicações para ser aplicada.

O leitor que necessitar de mais informações sobre o tópico descrição e classificação dos problemas de roteirização poderá pesquisar o trabalho de BREJON (1999) e os trabalhos de CUNHA (1991 e 1997).

3.5 - O Problema de Relacionamento entre Fornecedor e Cliente

Neste tópico buscou-se analisar o relacionamento entre fornecedor e montadora, como uma condição importante para a implantação de um relacionamento de longo prazo, de forma que novas filosofias de trabalho, entre ambos, possam promover uma alavancagem dos negócios e aumentar suas competitividades. Para a implantação de um sistema de coleta programada de peças, o relacionamento entre montadora e fornecedores poderá decidir se o novo sistema, *Milk Run*, atingirá seus objetivos e com isso obter o sucesso esperado na cadeia de suprimentos da montadora (fornecimento de peças). Como base para pesquisa utilizou-se a obra do autor Giorgi Merli (*Comakership - A Nova Estratégia para os Suprimentos*).

3.5.1 - Fornecedor Normal - Uma Abordagem do Relacionamento Fornecedor / Cliente

O fornecedor deve ter um mínimo de qualidade aceitável para a entrega do produto. Com isso o cliente pode tratar o fator primordial, que é o preço. Sendo assim, o cliente mantém, em média, três fornecedores para cada item, pois se um não puder fornecer ele será suprido por outros. Neste caso o diferencial está baseado no preço final do produto, não tendo grandes exigências dos fornecedores, pois tem-se " especificações de qualidade mínima" aceitável (MERLI, 1994).

No que se refere ao fornecimento, o cliente apenas informa ao fornecedor o consumo necessário a um prazo exíguo, desta maneira o fornecedor não possuirá um horizonte de planejamento de vendas futuras e alguma garantia de poder continuar abastecendo tal cliente, sendo muitas vezes apenas informado de possíveis necessidades que possam a ser concretizadas no futuro, não existindo um elo de ligação entre previsões futuras do cliente com o fornecedor.

Por alguns dos motivos citados acima, o cliente se sente na obrigação de manter estoques de segurança de alguns materiais, por não haver uma integração maior com os fornecedores e muitas vezes os fornecedores não estão comprometidos e envolvidos com o cliente. Este sistema de relação propicia um aumento dos custos de estocagem, que porventura podem ser encadeados desde o fornecedor, por não ter previsão futura dos compromissos com o cliente, assim como do cliente por não ter uma parceria com os fornecedores e não saber se poderá contar com o fornecimento nos meses subseqüentes.

Este sistema de tratamento entre cliente e fornecedor, algumas vezes pode dar vantagem a uma parte ou a outra, pois caso o cliente perceba que o momento seja benéfico para seu lado, ele pode tirar proveito da "necessidade do fornecedor", com isso usufruirá, provavelmente, de preços que venham lhe trazer grandes benefícios. Caso contrário, o fornecedor poderá beneficiar-se tirando proveito de uma necessidade, momentânea, do cliente aumentando o preço dos materiais.

Percebe-se que o cliente deverá estar precavido, em termos de necessidades de materiais e estudando prováveis fornecedores, para não correr o risco de ter sua linha de produção parada ou manter grandes estoques para eventuais necessidades de troca de fornecedor. Mais que isso, é também necessário ter um sistema de inspeção de materiais que garanta a confiabilidade adequada destes produtos na linha de produção do cliente, pois quando a necessidade do mercado está a favor do fornecedor, este pode estar enviando muitos materiais fora da inspeção mínima de qualidade especificada pelo cliente.

3.5.2 - Fornecedor Integrado- Uma Abordagem do Relacionamento Fornecedor / Cliente

A maior integração entre cliente e fornecedor permitirá um relacionamento duradouro, de forma que a cada nova aquisição de materiais, o cliente não saia no mercado procurando outros fornecedores, apenas focando o fator preço. O comprometimento entre as partes é bem mais claro e pode estar revendo a cada período a política de negócio utilizada pelos parceiros. Desta forma, quando surge no mercado, um potencial fornecedor para o cliente, seu atual fornecedor não deve ser descartado, e sim, apoiado para que possa estar no mesmo nível deste novo concorrente.

Este tipo de fornecedor passa por um sistema de avaliação do cliente para saber se o mesmo possui capacidade e condições técnicas de processo para poder

supri-lo, e portanto, ele certamente estará agindo de forma que possa sempre fornecer seus produtos dentro da conformidade especificada, para não correr o risco de ter seu produto gerando dúvida de qualidade perante o cliente e venha sair deste processo de auto certificação, podendo ser eliminado do sistema de fornecimento. Busca-se, assim, um comprometimento maior no sistema da cadeia de suprimentos entre fornecedor e cliente.

Desta forma, o fornecedor estará se comprometendo a entregar, apenas itens dentro do especificado pelo cliente e se responsabilizará pelo os itens que apresentam não-conformidades com o produto especificado. Neste processo o primordial é a busca da responsabilidade dos produtos pelos fornecedores.

Neste estágio de relacionamento entre fornecedor e cliente adota-se o sistema de não haver inspeção no produto entregue pelo fornecedor. Assume-se que o fornecedor estará comprometido e envolvido com o cliente, entregando produtos dentro da conformidade adequada e eliminando a fase de inspeção dentro das instalações físicas do cliente. Com isso, ganha-se o tempo despendido para fazer inspeção, elimina-se a área necessária para executar esta operação, elimina-se a mão-de-obra empregada neste processo, eliminam-se os equipamentos de movimentação, os equipamentos de suporte para teste, etc. O objetivo é eliminar os custos de estocagem, utilizando um melhor relacionamento entre fornecedor e cliente.

Para a empresa que visa implantar o *Just-in-Time*, este sistema de operação (sem inspeção de entrada nas peças por parte do cliente em sua unidade fabril)

permitirá que o fornecedor possa entregar seus produtos diretamente na linha do cliente, no trabalho em estudo a linha de montagem da montadora de veículos, e eliminar, ou diminuir ao máximo, os estoques, reduzindo os custos de estocagem, diminuindo o manuseio dos materiais e agilizando o fluxo de produção do cliente. Portanto, pode-se ter fornecimento de peças com maior frequência e em quantidades menores, com abastecimento diário ou a cada hora. A integração fornecedor/cliente passa ser um fator primordial para que as empresas possam atingir seus objetivos. Buscam alcançar as estratégias definidas pela "empresa Cliente" e com isso eliminar desperdícios ao processo de obtenção de peças.

Uma outra fase, muito importante, para o bom desempenho entre fornecedor e cliente, focando uma alta performance de compromisso entre ambos, é o envolvimento do fornecedor na fase de desenvolvimento de novos projetos do cliente. Nesta fase o cliente pode estar coletando informações relevantes para a concepção de seu novo projeto de produto perante o fornecedor. Com isso o fornecedor estará envolvido desde o "nascimento" do novo projeto, podendo opinar, pois ele estará fornecendo os materiais necessários para a confecção do produto final, tornando-o viável para o mercado consumidor. Neste estágio, certamente, as empresas possuem um elo de ligação muito forte entre seus negócios, e não é possível fazer essa integração no momento do desenvolvimento do novo projeto de produto com todos os fornecedores. O cliente deverá definir aqueles que são considerados estratégicos para seu negócio ou que possuem parcerias acionárias ou fornecedores de primeiro grau, como acontece com a empresa Toyota, Japão, que

executa esta aliança em novos projetos com fornecedores considerados de primeiro nível, segundo WOMACK; JONES (1992).

Para que este tipo de sistema possa alcançar resultados benéficos para ambas as partes, a troca de informações deverá ser o fator fundamental. Trazer os fornecedores para colaborar com o desenvolvimento do novo produto do cliente, suprimindo-os com todas as informações necessárias sobre o papel de cada um, relacionados com as condições de tecnologia a ser empregada, processo de fabricação e preços das peças para o cliente agiliza a fase de desenvolvimento do produto final e aumenta o grau de parceria entre fornecedor/cliente.

3.5.3 - Processo Enxuto de Fornecedores

Produzir diversos de seus próprios componentes, para abastecer a linha de montagem final de seus automóveis, foi uma estratégia utilizada por algumas indústrias automobilísticas. Outras indústrias automobilísticas não utilizaram a mesma abordagem ao longo de algumas décadas. Empresas como a General Motors e Ford, na década de 80, eram muito mais integradas (produziam diversos componentes internamente) do que empresas como a Jaguar e SAAB (WOMACK; JONES 1992).

Estas empresas maiores investiram para terem a produção interna de diversos componentes e assim não ficarem dependendo de uma gama enorme de

fornecedores. Além de serem montadoras, elas também tinham a filosofia de trabalho estratégico de integração vertical (PORTER, 1986), produzindo seus próprios componentes para a linha de montagem final do produto.

“A integração vertical é a combinação de processos de produção, distribuição, vendas e/ou processos econômicos tecnologicamente distintos dentro das fronteiras de uma mesma empresa”, segundo PORTER (1986).

Os novos projetos, principalmente aqueles classificados como "produção em massa", eram apenas desenvolvidos pelos funcionários da própria montadora e após passar pelo aval de toda equipe de projetistas de produtos e suas respectivas gerências, estes novos projetos eram detalhados (desenhos) e enviados aos fornecedores de peças externos. Desta forma negociava-se a quantidade necessária para abastecer a montadora, a qualidade desejada dos componentes, o preço e a confiabilidade da entrega, segundo WOMACK; JONES (1992).

Assim, as montadoras (clientes) podem obter várias peças, oriundas de diversos fornecedores que farão parte de um componente final para o automóvel. Por exemplo: para uma indústria automobilística montar seu próprio banco do automóvel, ela poderia receber diversos componentes que seriam montados para compor o banco final do carro, sendo que estas peças podem vir de diversos fornecedores para integrar um subconjunto do banco. Portanto, podem haver vários problemas nesta fase, pois componentes de diferentes fornecedores terão agora que

se integrarem para compor um sub-sistema de um sistema maior, que é o banco do automóvel.

Na cadeia de suprimentos do setor automotivo é fundamental ter um número reduzido de fornecedores, para agregar valor ao produto final e eliminar desperdícios, obtendo maior controle, qualidade e redução dos itens em estoque.

Portanto, para integrar a produção à demanda real e poder entregar os produtos necessários às concessionárias e, conseqüentemente, ao consumidor final, permitindo o melhor balanceamento de fluxo do processo em toda cadeia de suprimentos, produção e distribuição e redução dos estoques (tanto de produtos acabados, materiais em processos como matérias-primas ou subconjuntos) é essencial que vários componentes possam vir de poucos fornecedores em forma de subconjuntos ou alguns fornecedores gerenciando o processo de aquisição de peças de outros fornecedores e entregando um subconjunto ou uma quantidade maior de itens à indústria automobilística (montadora). Desta forma seria estabelecida uma escala hierárquica de fornecedores de peças para abastecer a linha de produção da montadora.

Por exemplo: dividir os fornecedores em níveis, sendo que apenas os fornecedores de primeiro nível forneceria diretamente para as montadoras e o de segundo nível abasteceriam os fornecedores de primeiro nível e assim sucessivamente.

Quando se busca obter flexibilidade na linha de produção para atender a demanda necessária, com estoques tendendo a zero, é fundamental integrar a cadeia de fornecedores. Este fato se torna um dos primeiros passos no processo de aproximação dos negócios entre fornecedor e cliente. "Os grandes produtores enxutos japoneses envolvem menos de 300 fornecedores em cada projeto", segundo WOMACK; JONES (1992).

Neste processo de redução do número de fornecedores, considerados de primeiro escalão para as montadoras, é importante que exista um sistema de parceria, conforme abordado por MERLI (1994). Nesta concepção de trabalho, os fornecedores de primeiro escalão serão os clientes dos fornecedores de segundo escalão e assim sucessivamente. Porém, este tipo de escalão não pode ser extenso. Nas montadoras japonesas este escalão é dividido em quatro níveis apenas, de acordo com WOMACK; JONES (1992).

Neste sistema de trabalho, os fornecedores de primeiro escalão participam desde a fase de desenvolvimento do novo projeto, junto com as montadoras, permitindo maior integração no projeto do produto e analisando futuros problemas que possam aparecer no decorrer da fabricação.

O fornecedor de primeiro escalão entregará o produto com a especificação acordada com a montadora e exigirá do fornecedor de segundo escalão o mesmo comprometimento e envolvimento que ele compartilha com a montadora. Sendo

assim, a consciência deste sistema de trabalho deverá se refletir em toda gama hierárquica de fornecedores, desde primeiro nível até o nível mais inferior.

Outra parte importante no contexto de balancear o fluxo de produção com a demanda do mercado é ter os fornecedores (principalmente os do primeiro nível) a uma distância bem próxima da montadora, para permitir que as entregas sejam mais freqüentes e a distância percorrida para o abastecimento à montadora seja o menor possível. A distância é um fator relevante para o sucesso do sistema *Just-in-Time*, segundo WOMACK; JONES (1992).

Esta proximidade entre fornecedores e montadora permite que toda a cadeia de suprimentos tenha seus estoques reduzidos. Porém, o sistema de informação, referente a demanda do mercado e possíveis mudanças no *mix* de produção (flutuações da demanda), deverá ser passado aos fornecedores para permitir que todos possam trabalhar para abastecer, com as peças necessárias, a linha de produção da montadora.

Este sistema de informação (do que, quanto e quando será produzido), após definido pela empresa montadora, deverá simultaneamente ser integrado com os fornecedores do primeiro escalão, para que alimentem somente com as peças necessárias a linha de montagem da montadora e possam, assim, planejar e programar suas devidas produções e acionar seus devidos fornecedores também. Se o sistema de informação for permeado em toda a cadeia produtiva de suprimentos, todos saberão da quantidade necessária e quando deverão abastecer seus clientes

(níveis hierárquicos dos fornecedores) e o fornecedor de primeiro escalão abastecer a montadora.

3.6 - O Impacto da Decisão do Controle do Fluxo de Materiais na Cadeia de Suprimentos no Sistema *Just-in-Time*

Neste tópico do trabalho serão apresentados os pontos relevantes de um artigo do Professor Alan J. Stenger (*The Pennsylvania State University*) e Bruce G. Ferrin (*Graduate Research Assistant*). Neste artigo é feita uma comparação com alguns sistemas de abastecimento de materiais visando a implantação da abordagem de trabalho *Just-in-Time*.

Por definição, o sistema *Just-in-Time* (JIT) deve ser baseado na obtenção de um nível alto de qualidade e eficiência. O material deve estar disponível na hora solicitada em todas as fases da operação da manufatura. Além disso, para a implementação do JIT, um ponto de fundamental importância é a proximidade entre fornecedor(es) e cliente. O fator distância é extremamente relevante para a redução do custo de frete na operação de transporte. Portanto, busca-se um desenvolvimento do sistema de transporte com eficiência e eficácia para operar junto a cadeia de suprimentos de materiais.

3.6.1 - Requisitos da Cadeia de Suprimentos na Operação de Manufatura *Just-in-Time*

Os requisitos necessários para um sistema de manufatura *Just-in-Time* podem ser descritos como:

- nível de produção sem flutuação;
- processo final puxando toda a cadeia produtiva anterior;
- zero defeito na aquisição de material e no processo de fabricação;
- tendência de tamanho de lotes unitários e
- o menor tempo de *lead-time* possível.

Nas operações da Toyota, na cidade de Toyota, é possível ter a maioria dos fornecedores localizados muito próximos de sua fábrica. Desta forma, é possível receber lotes de tamanhos menores com o menor tempo de abastecimento (*lead-time*) para a planta da Toyota.

Quando não existe a possibilidade dos fornecedores estarem tão próximos do cliente, deve-se rever o sistema de transporte disponível e fazer a melhor escolha que agregue valor ao sistema total.

As opções de transporte incluem:

- modos individuais: aéreo, rodoviário, ferroviário, marítimo, fluvial e combinações entre eles e

- diferentes formas de transporte em cada módulo.

Geralmente, é oneroso receber materiais em quantidades pequenas com *lead-time* curto quando o fornecedor está localizado distante do cliente. Utilizar a alternativa de menor custo, geralmente, significa adquirir lotes grandes e *lead-time* longos, o que está distante da concepção ideal do sistema *Just-in-Time*.

O desafio no sistema de fornecimento é manter um equilíbrio entre obter um sistema ideal JIT com o menor custo de transporte e estoque no mínimo possível para se obter uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes e agregar valor em toda a cadeia logística. Este compromisso foi assumido e foi implementado de diversas formas pelas empresas norte-americanas envolvidas na manufatura JIT, segundo STENGER e FERRIN (1989).

Serão apresentados, a seguir, exemplos das empresas norte-americanas que atuam no sistema JIT ou passaram a atuar em função de se obter vantagem competitiva em seus negócios.

Alguns fornecedores encontram-se distantes dos clientes e os pontos primordiais na seleção apropriada da opção de transporte são:

- o volume físico do material referente a um fornecedor ou ao total de fornecedores;
- a distância dos fornecedores para a planta de manufatura do cliente;
- a média de valor (por peso) dos materiais.

3.6.2 - Exemplos de Sistemas de Transporte *Just-in-Time*

Os exemplos de transporte JIT tem o intuito, apenas, de ilustrar a variedade de opções disponíveis para prover um serviço de transporte e indicar a natureza da operação e sistema de controle. Os exemplos não possuem a intenção de representar todas as implementações do sistema *Just-in-Time*, segundo STENGER e FERRIN (1989).

a) Ford Motor Company

O sistema JIT foi projetado para a planta de Wixom, de montagem de carros de luxo (*Michigan Luxury Car*). Foram projetados dois sistemas específicos. Quando o volume de materiais fornecido era grande sendo necessário mais de um caminhão cheio por dia, de um só componente para suprir a necessidade da linha de montagem de veículo, expedia-se, este material, diretamente para a planta de Wixom. Todo o fornecimento de materiais que não exigia um caminhão totalmente cheio eram abastecidos por cinquenta e sete rotas diferentes de coletas programadas de peças denominadas *Milk Runs*.

Os fornecedores no sistema *Milk Runs* são providos com vinte dias de previsão de consumo que são diariamente atualizados. Os caminhões de transportes *Milk Run* possuem uma janela de tempo específica, tanto para coletar o produto nos fornecedores, como para entregar na planta de Wixom.

A Ford, também, possui um canal de transporte JIT para os motores de sua planta em Rouge River, perto de Detroit e para sua planta de montagem de caminhão em Wayne, Michigan. Com este sistema, motores são entregues algumas vezes por dia. Por exemplo, a cada necessidade de motores para a linha de montagem de automóvel, para o período da tarde, é entregue (motores) para a planta de Wayne na mesma manhã que os devidos motores serão usados pela produção. O tempo de trânsito da fábrica de Rouge River para a fábrica de Wayne é de meia hora de caminhão. Este sistema não requer estoque de segurança. Portanto, a linha de montagem só é abastecida com a quantidade necessária para a produção de um determinado período.

Um outro canal de transporte JIT da Ford está relacionado com o abastecimento do componente pneu, da fábrica da Firestone em Dayton, Ohio para a fábrica de caminhões pesados da Ford em Louisville, Kentucky. Os pneus são enviados (de Dayton) três dias antes de serem usados na fábrica de Louisville. Este sistema é baseado na troca eletrônica de dados direta entre a Ford e a Firestone que aponta para a empresa fabricante de pneus exatamente a quantidade a expedir por dia. Como resultado do transporte JIT, a Ford reduziu seus estoques de pneus na fábrica de Louisville em cinquenta por cento.

A Ford descobriu que o sistema de transporte JIT baseado no *Milk Run* para uma fábrica específica não funciona bem em um ambiente de múltiplas fábricas com distâncias longas e um grande número de fornecedores. O maior problema é a baixa utilização dos equipamentos resultante das coletas diárias dedicadas para a fábrica.

Outro problema é que os fornecedores, que servem mais de uma fábrica da Ford, devem preparar expedições separadas para cada fábrica.

A solução para a Ford tem sido estabelecer centros de consolidação regional, conhecidos como *Xpress Hubs*, ao redor do país (U.S.A.). Estes centros de consolidação trabalham com transportadoras no sistema *Milk Run* para abastecer os materiais necessários para o sistema de produção da Ford. As localizações dos centros de consolidação são determinadas por um modelo ótimo que maximize a utilização do veículo (expedição por volume cúbico ou peso) e minimize o tempo necessário para coleta. Segundo STENGER e FERRIN (1989) todas as dezessete plantas da Ford seriam convertidas para o sistema JIT, assim que as redes *Xpress Hubs* estivessem em funcionamento.

b) Chrysler Motors

A chrysler possui treze fábricas operando no sistema JIT. Estão incluídas suas maiores fábricas de montagem (Windsor, Ontario e Sterling Heights, Michigan), assim como outras três fábricas de montagem. A Chrysler dividiu os Estados Unidos em três regiões de JIT. Os primeiros esforços de transporte JIT da Chrysler foram baseados na mudança de transporte ferroviário para rodoviário. Contudo, os transportadores ferroviários se ajustaram para um ambiente de trabalho JIT por promover maior competitividade, preço, serviço e embalagens. Como resultado, a Chrysler retornou para o sistema de transporte ferroviário algumas de suas operações inicialmente desviadas para o caminhão. Os ajustes ferroviários com

a demanda de transporte JIT incluíram o uso inovativo do contrato de taxas e de redução do tempo de trânsito para as expedições. A Chrysler comprovou o tempo de redução de trânsito ferroviário em trinta e três por cento no transporte de componentes de Detroit para St. Louis.

A Chrysler descobriu que os transportadores podiam abastecer, no sistema JIT, dentro de um raio de quinhentas milhas. Assim, a empresa reorganizou sua linha de fornecedores. Cinquenta por cento dos componentes da cadeia de suprimentos da Chrysler originam-se dentro da “área de produção geográfica”. O objetivo da Chrysler é estabelecer “expedição geográfica”, baseada na consolidação regional da expedição do fornecedor, para prover movimentação de caminhões cheios baseados em expedições de múltiplos fornecedores.

Na determinação do canal de transporte JIT, a Chrysler estipulou o tempo de coleta de peças pelo transportador no fornecedor, assim como o tempo para chegar na fábrica da Chrysler (entrega). O acordo entre a Chrysler e a empresa que executa a operação de transporte especifica o padrão de serviço necessário.

c) General Motors

A General Motors (GM) possui algumas fábricas operando com a filosofia de trabalho JIT, incluindo a fábrica *Oldsmobile* em Lansing, Michigan. Esta fábrica recebe o serviço JIT ferroviário da GM Componentes localizada em Kalamazoo, Michigan. Um tipo de mini trem desloca-se diretamente de Kalamazoo para

Lansing, sem paradas. O transporte é baseado em coleta e entrega padrão estabelecida pela GM.

Além disso, a fábrica de Lansing recebe, no sistema JIT, pneus das fábricas da Firestone das cidades de Oklahoma e Albany (GA). Os pneus são entregues a cada seis horas. Desde que as técnicas de JIT foram implantadas, o tempo de trânsito de Albany para Lansing foi reduzido de dez para três dias.

A fábrica de Lansing também recebe componentes no sistema JIT da fábrica da Delco em Dayton, Ohio. Para estabelecer um canal de suprimentos, a GM desejava que os componentes, da Delco, fossem entregues a cada sete horas em sua fábrica. Como a distância do fornecedor para a fábrica da GM é de aproximadamente duzentas e trinta e cinco milhas (de Dayton até Lansing) seria difícil manter uma frequência constante de abastecimento na fábrica da GM. A solução foi o transportador abrir “*Flow -Through*” (centro de armazenagem) em Howell, Michigan (trinta milhas da fábrica de Lansing).

Desta forma, há o abastecimento por caminhões carregados com um único produto da empresa Delco para o armazém do transportador. Quando as peças são recebidas em Howell elas são estocadas brevemente, até um sinal eletrônico ser enviado da GM para abastecer sua fábrica. Na requisição eletrônica, enviada pela GM, está inclusa a identificação do número do veículo, que informa para o transportador qual peça deve ser coletada, e onde deve ser alimentada na linha de produção da GM.

A GM possui um contrato com a *Robin Transportation* especificando que cada entrega de peça deverá ser realizada em uma janela de tempo de dez minutos. Estão previstos quinze abastecimentos por dia. Desde sua implantação, menos de três por cento das expedições não cumpriram sua janela de tempo. O transportador paga uma penalidade por cada expedição não realizada dentro da janela de tempo prevista (STENGER; FERRIN, 1989).

3.6.3 - O Processo de Decisão de Fornecimento *Just-in-Time*

Como foi explicado nos exemplos anteriores, existem algumas formas de se aproximar do sistema de fornecimento JIT, quando os fornecedores estão distantes da planta de manufatura do cliente ou estão, geograficamente, dispersos. Existem particularidades em cada situação e diversas variáveis devem ser analisadas a fim de uma implantação do sistema. Algumas, extremamente relevantes, são:

I - Definição da estrutura do canal de fornecimento de suprimentos

Existem três tipos básicos de canais de suprimentos. São eles:

A- Direto: Os fornecedores entregam os componentes diretamente na fábrica do cliente por um sistema modal de transporte.

B- Montagem: Os fornecedores entregam os componentes em um depósito de consolidação em volumes relativamente pequenos, onde o material é, muitas

vezes, montado com outros materiais de diversos fornecedores (formam-se subconjuntos) para serem enviados por um sistema modal de transporte diretamente ao local de manufatura do cliente final.

C- *Milk-Run*: Um operador logístico ou transportador envia um veículo em uma rota pré-selecionada parando em cada fornecedor para coletar o material e faz a entrega de todo carregamento na fábrica do cliente.

A figura a seguir representa as estruturas citadas acima.

Representação das estruturas relacionadas anteriormente.

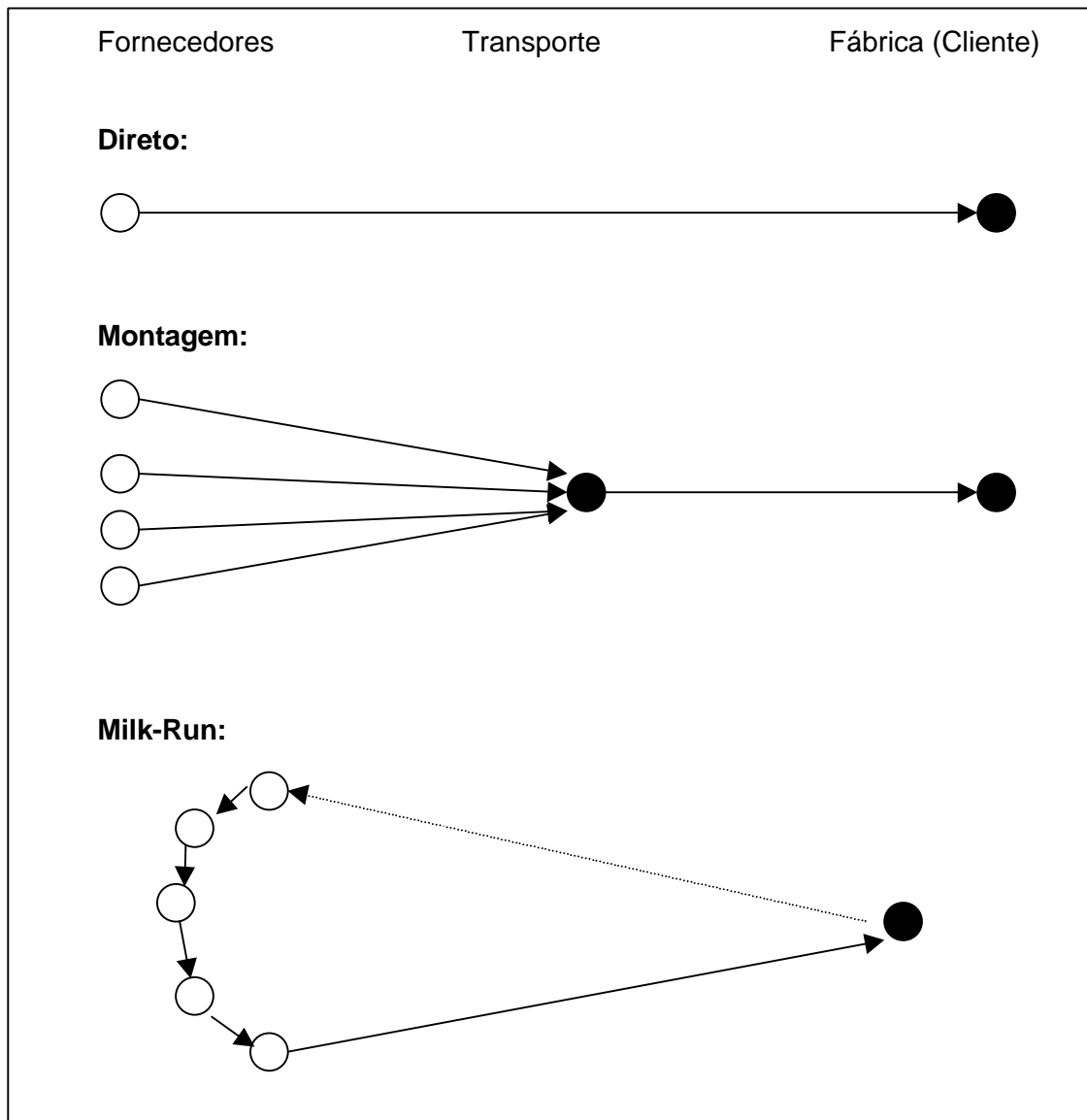


Figura 4: Canais de Fornecimento de Suprimentos

Fonte: STENGER; FERRIN, 1989, p. 151

Dentro de cada uma destas estruturas existe uma variedade de formas e alternativas de transporte, por exemplo:

- Utilização de própria frota de transporte pelo cliente.
- Empresa de transporte: ferroviário, combinação de ferroviário/rodoviário, serviço LTL (*less-than-truckload*) ou serviço aéreo.

- Transportes *truckload*.
- Transportadores especializados (operadores logísticos).

Em alguns casos estes transportadores fornecem o serviço em toda cadeia de suprimentos. Em outros, apenas em parte dela.

O ponto determinante da estrutura do sistema de abastecimento de peças é o volume de materiais que será adquirido de cada fornecedor dentro de uma determinada região geográfica, envolvendo a distância de sua localização até a fábrica do cliente. A figura 5 mostra, em termos gerais, onde cada estrutura é, usualmente, apropriada. Onde o volume de suprimentos é alto é mais apropriada a expedição do sistema denominado “Direto” que será mais econômica. Onde o volume de suprimentos é baixo e os fornecedores estão localizados mais próximos ao cliente, o sistema *Milk-Run* é mais apropriado. O sistema “Montagem” é mais apropriado quando o volume de suprimentos é baixo e os fornecedores encontram-se localizados distantes da fábrica do cliente final.

V o l u m e A n u a l	Alto	Direto	Direto
	Baixo	Milk-Run	Montagem
		Pequena	Grande
		Distância dos Fornecedores ao Cliente	

Figura 5: Relação Volume – Distância

Fonte: STENGER; FERRIN, 1989, p. 152

II- Forma e Seleção de Transporte

Uma vez definida a estrutura específica, é preciso começar a selecionar a melhor opção de transporte. Alguns pontos relevantes para análise incluem:

- preço que será pago para o serviço realizado;
- a qualidade do serviço (em termos do tempo de abastecimento, a performance; perdas e danos causadas na operação e rotas otimizadas) e
- grau de controle que existirá na operação.

A premissa é que o transportador escolhido para realizar a operação tenha recursos suficientes para executar o serviço.

Geralmente, alta qualidade do serviço de transporte significa pagamentos mais elevados pela operação realizada. Pequenos volumes transportados possuem

custos mais elevados por unidade que grandes volumes. Obviamente, estes fatores, citados acima, não contribuem para o sistema JIT que visa a entrega de pequenos volumes com maior frequência.

A tendência é eliminar os materiais em estoque. O custo para manter estoque é uma função do valor dos materiais envolvidos neste processo. O pagamento mais elevado para a operação do serviço de transporte pode eliminar o estoque e, conseqüentemente, seus custos. Portanto, obter uma maior frequência de abastecimento de peças e eliminar o estoque em toda cadeia de suprimentos é o ponto fundamental do sistema JIT e o sistema de coleta programada de peças (*Milk Run*) contribui para esta filosofia de trabalho. Deve-se fazer análise dos *trade-offs* entre permanecer com estoque ou obter abastecimento com maior frequência.

Quando se pretende manter o controle acirrado de toda a operação de transporte é recomendável utilizar a própria frota da empresa para realizar este serviço, especialmente no sistema *Milk Run*. Porém, se existe muita ociosidade da própria frota e envolve vários detalhes administrativos para mantê-la, é recomendável possuir um parceiro onde sua competência central seja executar serviço de transporte (terceirizar) segundo STENGER; FERRIN (1989).

III- Sistema de Controle

As vezes faz-se necessário obter algum tipo de sistema de controle de rota que garanta a informação atualizada de quando o material chegará na fábrica do

cliente. Isto significa obter uma conexão em tempo real (*on-line*), via computador, com diversos veículos que executam o sistema de transporte. Um sistema que as empresas utilizam é o de rastreamento de rota (*tracking systems*) que identifica a localização do veículo utilizado no transporte e é importante para agregar valor no sistema JIT. Este sistema é importante para monitorar o processo de obtenção de materiais e avaliar a performance de uma rota de transporte.

3.7 A Relação de *Trade-off* entre os Custos de Transporte e Estoque

Neste tópico descrevem-se duas estratégias utilizadas pela empresa General Motors nos Estados Unidos da América em relação a redução dos custos logísticos e a avaliação de seus *trade-offs* (minimizar os custos de transporte e estoque) utilizando como referência dois *papers* (artigos) que abordam esta comparação.

Os artigos descrevem duas estratégias de abastecimento de suprimentos. Uma denominada *Direct Shipping* (entrega direta dos componentes da planta do fornecedor para uma determinada planta de montagem de veículos do cliente, neste caso a General Motors) e outra denominada *Peddling* (um veículo *truck* entregando componentes para algumas plantas do cliente, General Motors, dentro de uma rota estabelecida). No segundo caso, o veículo teria uma região estabelecida para fazer a operação de entrega de materiais com um número definido de clientes a visitar (BURNS et al., 1985; BLUMENFELD et al. 1987).

O grande desafio é encontrar a solução que minimize o custo total envolvendo os custos de transporte e de estoque dentro destas duas estratégias logística (*Direct Shipping* e *Peddling*). Algumas variáveis de decisão são de fundamental importância para análise das estratégias, podendo citar o tamanho do lote a ser transportado, a frequência de abastecimento na planta do cliente (montadora) e a rota a ser percorrida. O tamanho do lote afeta diretamente os *trade-offs* entre os custos de transporte e estoque. Lote de tamanho grande reduz o custo unitário de transporte, porém, aumenta o custo de estoque por unidade, aumentando seu tempo de cobertura e reduzindo sua rotatividade. Lote de tamanho pequeno acarreta aumento do custo unitário de transporte, porém, reduz o custo unitário de estoque, diminuindo seu tempo de cobertura e aumentando seu giro de estoque. Desta forma, pode-se afirmar que existe uma relação de *trade-off* entre o custo de transporte e o custo de estoque que dependerá do tamanho do lote de aquisição ou da sua frequência de abastecimento (BLUMENFELD et al. 1987).

Os artigos citados acima, descrevem um problema enfrentado pela empresa Delco Electronics para abastecer as plantas da General Motors. Para este caso específico, os autores dos dois artigos (BURNS et al., 1985; BLUMENFELD et al. 1987) descrevem as formulações necessárias para a análise do caso, tendo como base primordial a redução dos custos logísticos de operação, visando minimizar o custo de transporte e custo de estoque, determinando o tamanho de lote que poderá satisfazer esta relação.

O trabalho de TURNQUIST (1989) trata do problema de entrega de veículos às concessionárias e pode servir de referência para futuros estudos sobre a questão de custo na cadeia de suprimentos.

3.8 - Consolidação dos Tópicos Abordados na Revisão Bibliográfica

Como o escopo do sistema *Milk Run* é a redução do estoque, foram abordados alguns conceitos referentes a este tópico, como o sistema de lotes econômicos e controle de materiais via sistema *Kanban* que é uma ferramenta utilizada na filosofia de trabalho *Just-in-Time*.

Para o sucesso do sistema, um fator de extrema importância é a concepção da logística integrada entre toda cadeia de suprimentos. Foram relatados conceitos pertinentes a esta área, assim como a ferramenta EDI que auxilia no processo de informação entre as partes que compõem o sistema.

O papel do relacionamento entre fornecedor e cliente foi descrito, pois para a implantação de um sistema *Just-in-Time*, ou algo semelhante que utilize diversas de suas características e que também vise a redução do estoque em toda cadeia logística, como o *Milk Run*, é fundamental um trabalho de parceria ou de um relacionamento mais solidificado que contemple uma relação “ganha-ganha” entre as partes interessadas.

O Problema de roteirização e programação de veículos com restrição de janela de tempo (*Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints*) não revelou ser um entrave para o sistema *Milk Run* nas visitas realizadas nos operadores logísticos que estão atuando neste processo com as montadoras. Desta forma, aconselha-se ao leitor que desejar obter uma revisão bibliográfica deste tipo de algoritmo, consultar os trabalhos de BREJON (1999) e CUNHA (1991 e 1997).

É apresentado um artigo referente ao sistema de transporte *Just-in-Time* onde está inserida a abordagem *Milk Run* como uma forma de redução do estoque em função do volume a ser transportado e da distância entre fornecedores e cliente. Também são descritos dois artigos que discorrem da relação de *trade-off* entre o custo de transporte e o custo de estoque em função do tamanho do lote de aquisição de materiais. Estes artigos relatam a experiência da General Motors com seu fornecedor de componentes *Delco Electronics* para minimizar estes custos totais.

Desta forma, buscou-se relatar os pontos relevantes que contribuem para o entendimento do sistema *Milk Run* de forma direta, ou não.

Capítulo 4 COMPARAÇÃO entre os SISTEMAS: CONVENCIONAL e *MILK RUN*

Neste capítulo será realizado um levantamento entre dois tipos de sistema:

Obter as peças ou componentes diretamente dos fornecedores (Convencional) e estudar o impacto destes custos na cadeia de suprimentos.

O outro é obter as peças com o sistema de coleta programada (*Milk Run*) e analisar, também, o impacto destes custos na cadeia logística integrada de suprimentos. Busca-se analisar quais são as vantagens do sistema *Milk Run* perante o sistema Convencional na cadeia de suprimentos da indústria automobilística nacional.

4.1 - Descrição dos Sistemas: Convencional e *Milk Run*

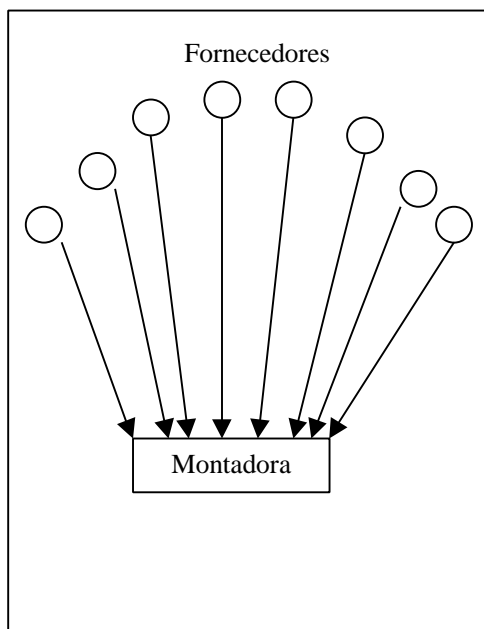


Figura 6- Sistema Convencional

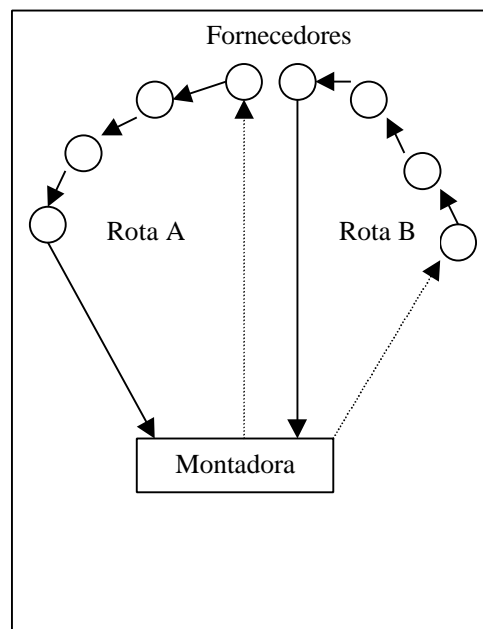


Figura 7- Sistema Milk Run

Como demonstrado na figura 6, acima, no sistema denominado “Convencional” os fornecedores é que entregam suas peças ou componentes na própria montadora. Neste sistema os custos de transporte estão inseridos no preço do produto, ou seja, a montadora compra no sistema CIF (*cost insurance and freight*). No sistema denominado *Milk Run*, figura 7, a montadora está encarregada de coletar as peças ou componentes diretamente nos fornecedores, ou seja, a montadora compra no sistema FOB (*free on board*). Portanto, os custos de transporte ficam a cargo da montadora.

No sistema de coleta programada, *Milk Run*, os veículos utilizados para o transporte das peças deverão maximizar sua capacidade e otimizar a rota. O intuito, neste ponto do sistema, é minimizar o custo de transporte da operação.

Com o sistema de coleta programada, o transporte das peças para a montadora será realizado apenas quando for solicitado e na quantidade necessária. Desta forma, a montadora não mais receberá quantidade acima do que foi programada para a coleta.

4.2 - Elementos Pertinentes aos Custos Logísticos de Suprimentos

Este tópico possui o objetivo de explicar os custos do sistema denominado Convencional (fornecedores entregando seus produtos diretamente na planta da montadora) e *Milk Run* (coleta programada de peças), assim como definir as particularidades de cada um. Descreve-se abaixo variáveis que são pertinentes aos custos logísticos de obtenção de suprimentos.

Preço de compra da peça (custo unitário de compra) ou componente é uma função do preço da peça manufaturada, mais os custos de transporte. Porém, o custo do transporte é função, também, da quantidade de itens a serem adquiridos, pois quanto maior a quantidade comprada o custo unitário de transporte tende a diminuir.

Portanto:

$$P_c = f(P_p, C_t, Q_a)$$

P_c = Preço de compra

P_p = Preço do produto

C_t = Custo do transporte

Q_a = Quantidade adquirida

Para um veículo que tenha sua capacidade de transporte completa (*full-truckload*), existirá um determinado custo de transporte unitário que será inferior a um mesmo veículo com sua capacidade de transporte não completa (*less-than-truckload*).

Para minimizar o custo de transporte existe a possibilidade de aumentar a quantidade comprada, pois em função do aumento da quantidade de peças adquiridas o custo de transporte unitário tende a diminuir, assim como, prováveis descontos podem ser oferecidos em função da quantidade de aquisição. Todavia, esta redução de custo de aquisição, em função de uma maior quantidade adquirida, irá onerar o custo com estoque, pois a empresa terá mais peças que o necessário para suprir sua demanda estocando o excedente.

Para uma quantidade Q_i tem-se um preço P_1 que seria superior ao preço P_2 em função da menor quantidade de materiais adquirida ($Q_i < Q_1$). O preço P_2 seria

menor que P_1 em função de algum desconto oferecido, pelo fornecedor, fato que provocaria uma maior quantidade de peças adquirida ($Q_i \geq Q_1$), como demonstra o quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Preço do produto em função da quantidade adquirida

Quantidade, Q_i	Preço, P_i
$0 < Q_i < Q_1$	P_1
$Q_i \geq Q_1$	P_2

Fonte: BALLOU (1999)

4.2.1 - Custo de Estoque

O custo de estoque implica em um série de despesas, que poderão ser assim descritas, segundo DIAS (1996):

- juros: despesas relativas ao capital investido em estoque, custo de estoque propriamente dito.
- depreciação: despesas relativas a depreciação do material estocado.
- aluguel: despesa relativa a área ocupada pelo material estocado.
- equipamento de movimentação: despesas relativas aos equipamentos utilizados para a movimentação dos materiais estocados.
- deterioração: despesas relativas à perda de materiais estocados, como por exemplo danificação na forma de armazenagem ou manuseio.
- seguros: taxa de seguros do valor do material do estoque médio.

- salários: despesas com as pessoas que trabalham no setor de armazenagem de materiais.

Existem duas variáveis que aumentam estes custos, que são: a quantidade em estoque e o tempo de permanência em estoque.

4.2.2 - Custo de Pedido de Compra

As despesas que compõem o custo de pedido são basicamente as seguintes (DIAS, 1996):

- mão-de-obra para emissão e processamento (salários e encargos para gerente de compra, compradores, secretária, etc.)
- material utilizado na confecção do pedido (material de escritório)
- custos indiretos: despesas ligadas indiretamente com o pedido (telefone, luz, viagens, custo da área ocupada, etc.)

4.2.3 - Custo de Aquisição

O custo de aquisição do produto está relacionado com o custo unitário de venda do componente ou peça determinado pelo fornecedor.

4.2.4 - Custo de Transporte

Está relacionado com o frete correspondente para realizar a operação de transporte das peças ou componentes de seu local de origem até seu local de destino.

4.2.5 - Custo Administrativo

Custo relacionado com a mão-de-obra de funcionários e equipamentos necessários para atender os veículos que chegam na planta da montadora para realizar a operação de descarregar os componentes e carregar as embalagens vazias para próxima entrega de peças.

4.2.6 - Custo Total do Sistema

Considerando-se fixo o preço de determinado item, a equação do custo total será:

Custo Total do Sistema = Custo de Armazenagem + Custo de Pedido de Compra + Custo de Aquisição + Custo de Transporte + Custo Administrativo

4.3 - Indicador: Rotatividade

É fundamental a avaliação do indicador de rotatividade de um estoque ao longo de um determinado período para gerenciamento dos materiais. Esta avaliação deve ser realizada tomando-se a quantidade em estoque no fim de cada mês. No final de um período de 12 meses, calcula-se a média aritmética dos 12 estoques obtidos mensalmente e encontra-se a média dos estoques mensais. Nota-se que estão incluídos os estoques ativos mais o estoque de segurança.

A divisão do total de saídas anuais pela média dos estoques mensais relata o indicador de rotatividade (DIAS, 1996).

$$Ra = \frac{Ca}{Em} \quad (4)$$

onde:

Ra = Indicador de Rotatividade Anual

Ca = Consumo Total Anual

Em = Média dos Estoques Mensais

Portanto, Ra será a indicação de quantas vezes o estoque se renovou durante o período.

4.4 - Indicador: Cobertura Média

A cobertura indicará o número de períodos durante os quais poderá o estoque movimentar-se sem que haja a necessidade de nova encomenda.

Seu valor é determinado dividindo o número de dias úteis disponíveis por ano (Du) pelo indicador de rotatividade anual (giro de estoque - Ra).

$$CM = \frac{Du}{Ra} \quad (5)$$

onde:

CM = Cobertura Média

Du = Dias Úteis por Ano

Ra = Indicador de Rotatividade Anual

4.5 - Custos Logísticos de Suprimentos no Sistema de Abastecimento Convencional

No sistema de abastecimento convencional, conforme foi descrito na figura 6 do item 4.1, os fornecedores estarão entregando os materiais ou componentes diretamente na fábrica da montadora. Portanto, temos os seguintes custos:

$$C_T = f(P_{MAT}, C_{OBT}, C_{TRA}, CE_{MO}, Q_{AD}, C_{ADM})$$

onde:

CT = Custo total

$PMAT$ = Preço do Material

$COBT$ = Custos de obtenção

$CTRA$ = Custos de transporte

$CEMO$ = Custos de estoque médio na montadora

QAD = Quantidade adquirida

$CADM$ = Custos administrativos

Preço do material: está relacionado com o valor venal da peça ou componente, determinado pelo fornecedor.

Custos de obtenção: está relacionado com os custos de pedidos de materiais ou componentes, que envolvem as pessoas responsáveis por esta operação, assim como os recursos necessários (micro computador, telefone, fax, papéis, etc.)

Custos de transporte: Está relacionado com o custo da entrega do suprimento para a montadora que é realizado com base no sistema (CIF – *Cost, Insurance and Freight*) onde o fornecedor é responsável pelos custos de transporte.

Custos do estoque médio na montadora: está relacionado com o estoque médio de suprimentos gerado ao longo de um determinado período de consumo e também os juros pertinentes a este investimento, em função da quantidade adquirida e o tempo de permanência dos item em estoque.

Quantidade adquirida: está relacionada com a quantidade de suprimentos que será solicitada para o fornecedor em função da necessidade da montadora ou em função de um desconto de preço do item oferecido pelo fornecedor que induza a montadora a adquirir uma quantidade acima da real necessidade.

Custos administrativos de estoque: está relacionado com os custos pertinentes às pessoas, área, deterioração, seguros, depreciação, equipamentos e materiais necessários para receber os suprimentos dos fornecedores e armazená-los.

4.6 - Custos Logísticos de Suprimentos no Sistema *Milk Run*

No sistema *Milk Run*, conforme figura 7 item 4.1, a montadora é responsável pela coleta dos suprimentos nos fornecedores, utilizando um operador logístico para realizar a operação ou utilizando sua própria frota de veículos. O mais comum está sendo a utilização de um operador logístico para gerenciar a operação de coleta e entrega de suprimentos para as montadoras na região de São Paulo. Portanto, temos os seguintes custos:

$$C_T = f (P1_{MAT}, C1_{OBT}, CE1_{MO}, C1_{TRA}, C1_{ADM})$$

$CT =$ Custo total

$P1_{MAT} =$ Preço do material

$C1_{OBT} =$ Custos de obtenção

$CE1_{MO} =$ Custo do estoque médio

$C1_{TRA} =$ Custos de transporte

$C1_{ADM} =$ Custos administrativos

Preço do material: está relacionado com o valor venal da peça ou componente, determinado pelo fornecedor.

Custos de obtenção: está relacionado com os custos de pedidos de materiais ou componentes, que envolvem as pessoas responsáveis por esta operação, assim como os recursos necessários (micro computador, sistema de informação, telefone, fax, papéis, etc.)

Custo do estoque médio: está relacionado com o estoque médio de suprimentos gerado ao longo de um determinado período de consumo e também os juros pertinentes a este investimento, em função da quantidade adquirida e o tempo de permanência dos item em estoque.

Custos de transporte: Está relacionado com o custo da coleta e entrega do suprimento para a montadora que é realizado por um operador logístico ou pela própria montadora (FOB – *Free on Board*) onde o comprador é responsável pelo transporte e seus custos recolhendo os suprimentos diretamente nos fornecedores de peças.

Custos administrativos: está relacionado com os custos pertinentes às pessoas, área, deterioração, seguros, depreciação, equipamentos e materiais necessários para receber os suprimentos dos fornecedores.

4.7 - Comparação entre os Custos dos dois Sistemas (Convencional e *Milk Run*).

Sistema Convencional:

$$C_T = f(P_{MAT}, C_{OBT}, C_{TRA}, CE_{MO}, Q_{AD}, C_{ADM})$$

Sistema *Milk Run*:

$$C_T = f(P1_{MAT}, C1_{OBT}, CE1_{MO}, C1_{TRA}, C1_{ADM})$$

Em princípio pode-se concluir que:**- Preço do Material (*PMAT*)**

$PMAT = P1MAT$, pois independe do sistema que a montadora estiver utilizando para a obtenção de seus materiais (suprimentos). Este preço está relacionado com os custos de manufatura do fornecedor e sua margem de lucro. Pode existir uma redução deste preço, para a montadora, dependendo do grau de parceria que houver entre ambos.

- Custo de Obtenção (*COBT*)

$COBT > C1OBT$, no sistema *Milk Run* o custo de obtenção será reduzido, pois a reposição das peças é feito pelo sistema *kanban* e quando utiliza-se o cartão para reposição das peças não existirá um custo para realizar o pedido de obtenção de peças. Existe uma maior facilidade no fluxo de informações entre as partes no sistema *Milk Run*. Com o sistema *Milk Run* a tendência é a utilização da troca eletrônica de dados entre montadora, operador logístico e fornecedor. Sendo assim, pode-se reduzir o trâmite necessário para aquisição de materiais. No sistema *kanban* de cartões a comunicação entre os pedidos é executada por ele. Desta forma, quando o veículo passa para coletar as peças daquela viagem ele já deixa o cartão *kanban* de movimentação para a próxima coleta de peças ou faz este processo via troca eletrônica de dados.

- Custo de Transporte (CTRA)

$CTRA > C1TRA$, pois a obtenção de materiais é realizada com rotas otimizadas e utilizando a máxima capacidade do veículo de transporte em função do peso ou volume transportado. A frequência do número de coletas aumentará no sistema *Milk Run*, porém o veículo utilizado para o transporte de suprimentos terá maior disponibilidade de acesso na planta da montadora (hora marcada para descarregar as peças e coletar embalagem vazia) diminuindo o tempo total de operação, assim como, maior frequência de viagens permite à montadora negociar redução do valor de frete. No sistema Convencional comprava-se em lotes maiores para diminuir, também, este custo de transporte.

- Custos Administrativos (CADM)

CADM > C1ADM, pois com o sistema *Milk Run* os veículos que executam as operações de coletas programadas de peças possuem acesso livre ao local de descarregamento das peças coletadas e existe um horário estabelecido para entrega desses materiais, sendo possível utilizar, de forma otimizada, os recursos necessários (humano e equipamento) na hora estipulada. No sistema Convencional o veículo de entrega de peças do fornecedor, muitas vezes, passa muitas horas para entregar seus produtos aguardando na fila de espera, pois vários outros veículos, de outros fornecedores, estavam executando a mesma operação e muitas vezes não existiam recursos (humano e equipamento), por parte da montadora, para atender a todos os fornecedores simultaneamente. O número de pessoas envolvidas no sistema “Convencional” é maior, assim como o número de equipamentos necessários para manuseio de materiais (empilhadeira, carrinho hidráulico, etc.) tanto para operação de descarregamento de materiais como para a operação de carregamento de embalagens vazias.

- Custos do Estoque Médio na Montadora (CEMO)

CEMO > CE1MO e o estoque médio será minimizado no sistema *Milk Run*, pois a frequência de coleta de peças será aumentada e com isso a quantidade requisitada, de cada fornecedor, será a mínima necessária para um período determinado de montagem de automóveis que pode ser de algumas horas. Busca-se o sistema de controle de estoque com a filosofia *Kanban* utilizada no sistema *Jus-in-*

Time. No sistema “Convencional” cada fornecedor é responsável pela entrega de seus produtos na planta da montadora e com isso, muitas vezes, a quantidade abastecida é superior a quantidade necessária para um determinado período, causando assim estoques excessivos na planta da montadora.

- Quantidade adquirida (QAD)

A quantidade adquirida, no sistema *Milk Run* será apenas aquela solicitada pela montadora quando o veículo de coleta programada de peças estiver passando no fornecedor. Não poderá ser a mais ou a menos do que foi planejado para coletar. Portanto, esta variável não influenciará no preço final das peças/componentes para a montadora. No sistema “Convencional” o aumento da quantidade comprada afeta o preço final das peças/componentes para a montadora.

A redução de *setup* (tempo de preparação e troca de ferramenta) é um fator importante para a redução da quantidade de peças a ser adquirida pela montadora, assim como para o fornecedor. Portanto, reduzir o custo de preparação de máquinas é um fator primordial para a redução do tamanho de lote a ser adquirido, como descrevem os gráficos da figura 8 abaixo.

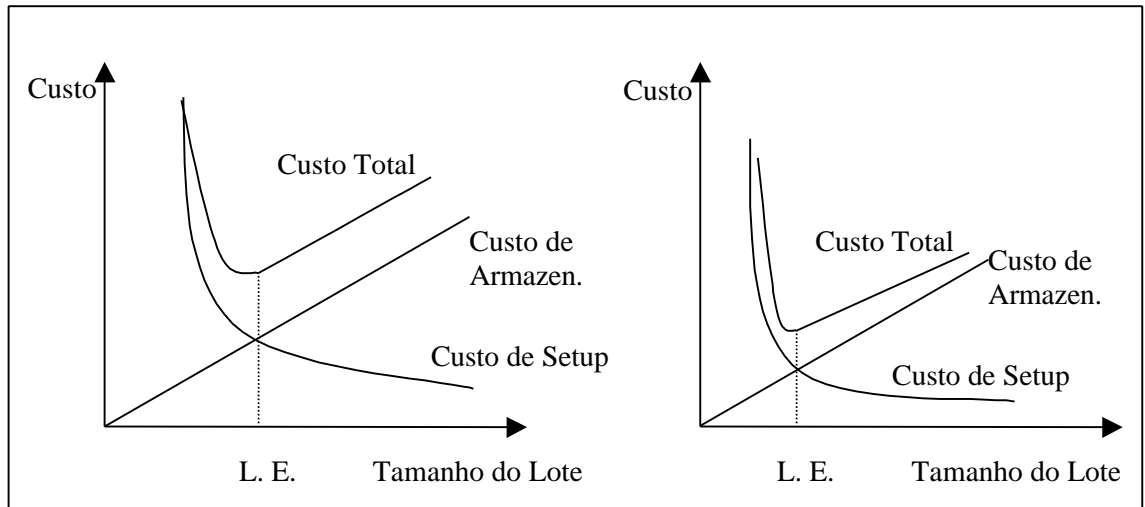


Figura 8: Efeito da Redução do *Setup* no Lote Econômico

Fonte: Magad; Amos, (1995)

4.8 - Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote

Custo de Aquisição: Este custo é pertinente a compra do item. Está diretamente relacionado com a demanda do período e o custo unitário do item, segundo TUBINO (1997).

$$Caq = D \times Cunit \quad (6)$$

onde:

Caq = Custo de aquisição

D = Demanda do item para o período

C = Custo unitário de compra

Custo Total de Preparação de Pedido: São os custos referentes ao processo de reposição do item pela compra. Diversos elementos compõem este custo, eles podem ser descritos como: mão-de-obra para emissão e processamento das ordens de compra ou fabricação, materiais e equipamentos necessários para a execução das ordens, custos indiretos dos departamentos de Compras para a confecção das ordens, como luz, telefone, aluguéis, etc.

$$C_{ped} = N \times C_p, \quad \text{como} \quad N = \frac{D}{Q}$$

$$\text{Tem-se que:} \quad C_{ped} = \frac{D}{Q} \times C_p \quad (7)$$

onde:

C_{ped} = Custo total de preparação de pedido

N = Número de pedido de compra

D = Demanda do período

Q = Tamanho do lote de abastecimento

C_p = Custo unitário de preparação de pedido

O custo unitário de preparação de uma compra pode ser realizado dividindo-se os custos totais do departamento de Compras num período pelo número de ordens emitidas neste período.

Custo de Manutenção de Estoques: Custos decorrentes do sistema produtivo necessitar manter itens em estoques para manter seu funcionamento. Pode-se descrever alguns custos como: mão-de-obra para estocagem e movimentação dos itens, aluguel, luz, seguro, telefone, sistemas computacionais, e equipamentos do setor de estoque, custos de deterioração e obsolescência dos estoques, e, um fator de suma importância, é o custo do capital investido. Desta forma, o custo de manutenção dos estoques é proporcional à quantidade de estoque

médio do período de planejamento, ao custo unitário do item, e à taxa de encargos financeiros que incidem sobre os estoques, segundo TUBINO (1997).

$$C_e = Q_m \times C_{unit} \times I \quad (8)$$

onde:

C_e = Custo de manutenção de estoque do período.

Q_m = Estoque médio durante o período.

C_{unit} = Custo unitário de compra

I = Taxa de encargos financeiros sobre os estoques ou custo de oportunidade.

Custo de Transporte: Custo da necessidade de locomoção de algum item, partindo de uma origem para um destino (ex.: fornecedor/cliente). A composição deste custo pode ser determinada pelo: custo fixo – depreciação do veículo, remuneração do capital, licenciamento do veículo e seguro obrigatório, seguro facultativo, custos indiretos alocados e custo variável – manutenção, combustível, pneus, óleo, reparos, despesas salariais do motorista (e/ou ajudante), despesas com terceiros, etc.

$$C_{transp} = f(Nab, Q, Pl, Vl, Wl, C_{tvv}) \quad (9)$$

$$g = f(Wb)$$

$$a = f(Wb)$$

Restrição:

$$Wl = Wb * 0,85$$

$$Pl = Wl$$

$$Vl = Wl$$

$$C_{tvv} = \gamma + \alpha \cdot \text{Dist}$$

onde:

C_{transp} = Custo de transporte

f = Função

Nab = Número de abastecimento por período

Q = Tamanho do lote de abastecimento

Wl = Capacidade líquida do veículo (peso ou volume)

Wb = Capacidade bruta do veículo (peso ou volume)

Pl = Peso do lote de abastecimento com contenedor(es)

Vl = Volume do lote de abastecimento com contenedor(es)

C_{tvv} = Custo total do veículo por viagem

g = Custo fixo do veículo por viagem (\$/dia)

a = Custo por quilômetro rodado (\$/km)

$Dist$ = Distância do fornecedor ao cliente (km)

Desta forma, o número de abastecimento por período (Nab) será a demanda por período sobre o tamanho do lote de reposição das peças. O custo total do veículo por viagem (C_{tv}) será em função dos custos fixo e variável do veículo. O custo fixo do veículo dependerá de sua capacidade (carreta, *truck*, *toco*, *sprinter* ¾, *kombi*, etc.) e do número de pessoas necessárias para a operação (motorista e ajudante, se necessário). O custo variável do veículo está relacionado com a distância a ser percorrida entre a origem e destino (quilometragem) e também da capacidade do veículo utilizado. Outro fator que está diretamente relacionado com o custo de transporte é o peso e volume do tamanho do lote a ser transportado. Portanto, o tamanho do lote influenciará no custo de transporte, pois para um abastecimento pode ser necessário um veículo de maior capacidade (peso ou volume) ou um número maior de viagens. Desta forma, a capacidade líquida do veículo (Wl) possui uma relação direta com o tamanho do lote de aquisição de peças, pois deve-se saber se o tamanho do lote de aquisição não ultrapassa a capacidade líquida do veículo em termos de peso e volume a ser transportado. Caso esta possibilidade aconteça, o custo de transporte total para o número de abastecimento por período (Nab) irá aumentar.

Com isso, pode-se obter uma equação do custo total de um sistema, suprimentos de peças ou componentes, como sendo:

$$CT = Caq + Cped + Ce + Ctransp$$

(10)

$$CT = D \times Cunit + \left(\frac{D}{Q} \times Cp \right) + (Qm \times Cunit \times I) + f(Nab, Q, Pl, Vl, Wl, Ctv)$$

4.9 - A Relação dos Custos de Transporte e Estoque no Modelo *Milk Run*

Diminuindo o tamanho do lote de abastecimento (Q) ↓, a tendência do custo de transporte é diminuir, pois serão mais fornecedores a serem visitados pelo mesmo veículo de coleta programada, diminuindo o número de veículos que executam esta tarefa. Não esquecendo que o transporte de suprimentos, no sistema *Milk Run*, é realizado de forma a otimizar a capacidade do veículo (em termos de peso ou volume).

O custo de transporte, C_{transp} , estará relacionado com o tamanho de lote de abastecimento (Q) pertinente ao número de cartões *kanban*, que é uma função direta do número de peças por cada contenedor, da demanda média diária, do tempo de movimentação (o tempo total do veículo que executa a operação de coleta) e um fator de segurança que a operação de coleta programada pode necessitar. Desta forma, procura-se maximizar a capacidade (peso ou volume) do veículo pelo número de fornecedores que compõem uma rota de coleta programada de peças.

No sistema *Milk Run* existirá um aumento no número de viagens realizadas, comparado com o sistema Convencional, porém com horas programadas para coleta e entrega, diminuindo os custos administrativos de recebimento dos materiais na planta da montadora. Isto significa que menos pessoas serão necessárias para atender os veículos que chegam na planta da montadora, menos equipamentos para computar a entrada das peças, menos equipamentos para o descarregamento das

peças e carregamento das embalagens vazias para os veículos que executam a operação de coleta programada. Maior controle de documentação (notas fiscais) que chegam na montadora, mais agilidade para recebimento dos veículos com horas programadas de entregas facilitando o fluxo dos veículos na planta da montadora e redução do risco de possíveis acidentes que venham a ocorrer por causa do número de veículos circulando na planta da montadora.

Outro ponto de suma importância é a redução drástica do custo de estoque por período ($Ce = Qm \times Cunit \times I$), em função do menor tamanho do lote de abastecimento (Q).

4.9.1 - Relação de *Trade-offs* entre as Variáveis que Compõem os Custos Totais dos dois Sistemas: *Milk Run* e Convencional

Sendo adotados tamanhos de lotes diferentes para aquisição de peças, denominados Q_n ($n=1$, $n=2$ e $n=3$), será feita uma análise das variáveis que compõem o custo total de um sistema de abastecimento de suprimentos e seus *trade-offs*. As variáveis apontadas no item 4.8 (Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote) serão estudadas em função da variação do tamanho do lote de aquisição.

Partindo-se de tamanhos de lotes diferentes (Q_n , onde: $n = 1$ é grande, $n = 2$ é médio e $n = 3$ é pequeno), como demonstrado na tabela 2 abaixo, faz-se as análises

das variáveis que compõem o custo total do sistema de abastecimento de suprimentos.

Em um sistema denominado Convencional teríamos as seguintes situações:

Inicia-se a análise em função da demanda anual de peças, adota-se três tamanhos diferentes de lotes de abastecimento de suprimentos (Q1, Q2 e Q3) e analisa-se, primeiramente, o custo unitário de compra. Com tamanho maior do lote de aquisição existe a possibilidade de obter um desconto no preço unitário de compra. Por este motivo, o custo unitário é representado por Cunit1, Cunit2 e Cunit3, na tabela 2, onde $C_{unit1} < C_{unit2} < C_{unit3}$. O custo de transporte, no sistema Convencional, está embutido no preço de aquisição da peça, pois é o fornecedor que arca com esta despesa e gerencia esta operação até a entrega das peças/componentes na planta da montadora. Portanto, se o tamanho do lote de aquisição de peças for maior, existe a tendência de se diminuir o custo unitário de transporte, pois se estará ocupando a maior capacidade possível do veículo (peso ou volume) que realizará o transporte das peças até a planta da montadora.

O custo da entrega direta (Convencional) por carregamento será:

$$C_{tv} = \gamma + \alpha \cdot \text{Dist} \quad (11)$$

$$\gamma = f(Wb)$$

$$\alpha = f(Wb)$$

Onde:

C_{tv} = Custo total do veículo por viagem

g = Custo fixo do veículo por dia (\$/dia)

a = Custo por quilômetro rodado (\$/km)

f = função

Wb = Capacidade bruta do veículo (peso e volume)

$Dist$ = Distância do fornecedor ao cliente (km)

O custo de transporte unitário (por componente ou peça) será:

$$C_{tr} = C_{tv} / Q$$

Desta forma, $C_{tr1} < C_{tr2} < C_{tr3}$ (custo unitário de transporte), pois quanto maior o tamanho do lote menor será o custo unitário de transporte até o limite da capacidade líquida do veículo que estará executando a operação (capacidade líquida do veículo é igual oitenta e cinco por cento da capacidade bruta do veículo em termos de peso ou volume transportado).

O número de abastecimento por período, que é função direta da demanda do período e o tamanho do lote de aquisição (D e Q), será menor quanto maior for o

tamanho do lote de aquisição de peças, $Nab1 < Nab2 < Nab3$. O custo unitário de preparação do pedido (Cp), na tabela 2, não sofrerá nenhuma alteração em função do tamanho do lote de aquisição. Porém, o número de pedidos sofrerá alteração com o tamanho do lote de aquisição, influenciando o custo total de preparação de pedidos, conforme descrito no item 4.8 (Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote).

A taxa financeira do estoque ou custo de oportunidade (I) \Downarrow diminuirá em função do menor tamanho do lote de aquisição. Se o tamanho do lote de aquisição for grande ($Q1$), tenderá a existir estoque na planta da montadora e conseqüentemente a taxa financeira sobre o estoque (I) \Uparrow será maior se comparada com a taxa financeira sobre estoque de um tamanho do lote de aquisição menor ($Q3$). Desta forma, a tabela 2 apresenta as variáveis $I1$, $I2$ e $I3$, onde $I1 > I2 > I3$.

Por último, tem-se a variável estoque médio (Qm) que está diretamente relacionada com o tamanho do lote de aquisição de peças. Portanto, se o tamanho do lote de aquisição de peças (Qn) for grande ($Q1$), existirá a possibilidade de existência de estoque de peças na planta da montadora. Desta forma, o estoque médio dependerá diretamente do tamanho do lote de aquisição $Qm1 > Qm2 > Qm3$.

Tabela 2 – Relação das Variáveis na Análise de *Trade-offs*

Componente “X”			
Demanda anual	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>
Tamanho do lote de abastecimento	<i>Q1(Grande)</i>	<i>Q2 (Médio)</i>	<i>Q3 (Pequeno)</i>
Custo unitário de compra	<i>Cunit1</i>	<i>Cunit2</i>	<i>Cunit3</i>
Custo unitário de transporte	<i>Cutr1</i>	<i>Cutr2</i>	<i>Cutr3</i>
Número de abastecimento por período (D/Q)	<i>Nab1</i>	<i>Nab2</i>	<i>Nab3</i>
Custo unitário de preparação do pedido	<i>Cp</i>	<i>Cp</i>	<i>Cp</i>
Taxa financeira sobre estoque ou Custo de oportunidade	<i>I1</i>	<i>I2</i>	<i>I3</i>
Estoque médio	<i>Qm1</i>	<i>Qm2</i>	<i>Qm3</i>

A composição dos custos totais do sistema de suprimentos seriam as seguintes, conforme já descrito no item 4.8 (Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote).

- Custo de Aquisição

Se o tamanho do lote de aquisição for grande (*Q1*) existirá a tendência de *Caq1*, custo de aquisição, ($D \times Cunit1$) ser inferior a *Caq3*, custo de aquisição, ($D \times Cunit3$) quando o tamanho do lote de aquisição for pequeno (*Q3*), pois, provavelmente, existirá um desconto maior no custo unitário de compra, em função do tamanho do lote de aquisição de peças ($Q1 > Q3$, e conseqüentemente $Cunit1 < Cunit3$).

- Custo Total de Preparação de Pedido

Se o tamanho do lote de aquisição for grande ($Q1$), o número de abastecimento por período (Nab), que envolve as variáveis demanda do período e tamanho do lote (D e Q), será menor ($Nab1 = D/Q1$). Como o custo unitário de preparação do pedido (Cp) não se altera com a quantidade adquirida, o custo total de preparação de pedido ($Cped$), representado pela equação número 7 do item 4.8 (Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote), será menor quando o tamanho de lote for grande, pois em sua formulação tem-se a relação entre a demanda do período, tamanho do lote de abastecimento e o custo unitário de preparação de pedido.

- Custo de Manutenção de Estoques

Se o tamanho de lote de aquisição for grande ($Q1$) o estoque médio ($Qm1$) será maior que o estoque médio ($Qm3$) quando o tamanho de lote for menor ($Q3$). Como o custo de manutenção de estoque (Ce), representado pela equação número 8 do item 4.8 (Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote), depende do estoque médio do período (Qm), do custo unitário de compra ($Cunit$) e da taxa de encargos financeiros sobre os estoques ou custo de oportunidade (I), concluí-se que, quanto menor for o tamanho do lote de aquisição de peças (Q), menor será o custo de manutenção de estoque do período (Ce).

Se $Q1 > Q3$ (tamanho de lote de abastecimento), $Qm1$ será maior que $Qm3$ (estoque médio), $I1 > I3$ (taxa de encargos financeiros sobre o estoque) e apenas $Cunit1 < Cunit2$ (custo unitário de compra). Portanto, a redução no custo unitário de compra ($Cunit$) teria que ser algo muito vantajoso para justificar o estoque médio das peças.

- Custo de Transporte

Se o tamanho de lote de aquisição for grande ($Q1$) o número de viagens (NV) realizadas para abastecer a planta da montadora será pequeno se comparado a um tamanho de lote menor ($Q3$). O custo total do veículo por viagem ($Ctvv$) dependerá dos custos fixo e variável do veículo. Portanto, se o tamanho do lote for grande ($Q1$) será necessário um veículo com maior capacidade (peso e volume) comparado com um tamanho de lote de requisição pequeno ($Q3$) para o sistema denominado Convencional. Desta maneira, influenciaria diretamente nos custos totais do veículo, pois os custos fixo e variável de um veículo de maior capacidade são maiores do que os custos fixo e variável de um veículo de menor capacidade.

Do ponto de vista do sistema Convencional é relevante para o fornecedor abastecer a montadora com o lote de maior quantidade possível, pois assim estaria minimizando seu custo de transporte e de *setup* (preparação) de máquinas em sua linha de produção, desde que este tamanho de lote não ultrapasse a capacidade líquida do veículo de transporte. Caso contrário, seria necessário um veículo de

maior capacidade (peso e volume) ou aumentar o número de viagens entre fornecedor e montadora.

Em um sistema denominado *Milk Run* teríamos as seguintes situações:

Do ponto de vista do sistema *Milk Run* o maior ganho estaria na redução do custo de estocagem, pois a empresa só estaria abastecendo sua produção com as peças solicitadas, eliminando a variável estoque na montadora. O custo de transporte seria também minimizado ou talvez fosse pouco superior ao sistema “Convencional”, pois a capacidade do veículo de transporte estaria sendo maximizada, independente de quem estiver realizando a operação (operador logístico, transportadora ou montadora com sua própria frota). O número de pedidos aumentaria neste sistema (*Milk Run*), pois seria utilizado a técnica *Kanban* de controle de materiais, sendo os suprimentos (peças e componentes) transportados somente na quantidade determinada pelo número de *kanban* de cada peça (fornecedor) e com maior frequência de abastecimento ao longo de um determinado período. Contudo, o grau de compromisso entre as partes (montadora e fornecedor) tende a aumentar, assim como o sistema de fluxo de informação, otimizando o processo de solicitação de suprimentos o que deverá reduzir os custos administrativos de recebimento de materiais. Porém, dependendo do item a ser requisitado pela montadora (dentro da categoria ABC de materiais, relacionada com a importância financeira) não justificaria o veículo coletar, algumas vezes por semana, em um fornecedor cujo componente/peça estivesse dentro da categoria “C”,

pois o valor de emissão de uma nota fiscal, cada vez que executa a coleta, poderia ser superior a manter este item em estoque por alguns dias.

O tamanho do lote de abastecimento de suprimentos de cada componente no sistema *Milk Run* dependerá de algumas variáveis. Uma delas é o tempo gasto para o veículo executar a rota completa de coleta programada de peças. Este tempo influenciará diretamente na fórmula do sistema *kanban*, como apresentado na equação número 3 do item 3.2.5 Cálculo do Número de Cartões *Kanban*. Outra variável que influenciará será o fator de segurança relacionado com o tempo de execução das coletas e a demanda diária de cada peça ou componente.

$$N = \left[\frac{D}{Q} \times T_{mov} \times (1 + S) \right]$$

onde:

N = Número total de cartões *kanban* no sistema;

D = Demanda média diária do item (itens/dia);

Q = Tamanho do lote por contenedor ou cartão (itens/cartão)

T_{mov} = Tempo total para um cartão *kanban* de movimentação completar um circuito, em percentual do dia, entre as áreas de armazenagem (“supermercados”) do produtor e do consumidor (%).

S = Fator de segurança, em percentual do dia (%)

Para este sistema de *Milk Run* o custo unitário da compra (*Cunit*), deve ser menor em relação ao sistema Convencional, independente da quantidade adquirida, pois no sistema *Milk Run* o custo de transporte referente a coleta das peças ficará a cargo da montadora e esta parcela deverá ser eliminada do preço unitário de compra. A quantidade de peças de cada lote (contenedores), no sistema *Milk Run*, será bem menor em relação ao sistema Convencional, porém a frequência de abastecimento será maior.

Definido o tamanho máximo do número de contenedores (número de cartões *kanban*) de cada peça no sistema *Milk Run*, tem-se facilmente a quantidade do estoque médio de peças na montadora e no fornecedor. Este número de contenedores por peça (fornecedor) só sofrerá modificação caso haja grandes flutuações na demanda do mercado do produto final (automóvel). Desta forma, haveria a necessidade de executar novamente o cálculo do número de contenedores de cada peça.

O custo de transporte neste sistema, *Milk Run*, será rateado em função do número de fornecedores que cada veículo possui em sua rota de coleta de peças e o percentual que cada coleta representa na capacidade do veículo em termos de peso ou volume. Portanto, tem-se o custo fixo do veículo utilizado na rota e o custo variável em função da distância a ser percorrida na coleta e o número de coletas realizadas em um período de trabalho (um turno, por exemplo).

4.9.2 - Análise Paramétrica e seus *Trade-offs* no Sistema Convencional

Conforme equação número 6 do item 4.8 (Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote) se houver variação na demanda não implicará necessariamente numa mudança no custo de aquisição, dependerá muito do tipo de relacionamento entre montadora e fornecedor (parceria) conforme fórmula abaixo:

$$Caq = D \times Cunit$$

Conforme equação número 7 do item 4.8 (Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote) se houver variação na demanda, por exemplo um aumento, não implicará necessariamente numa mudança brusca no custo total de preparação de pedido. Mesmo com relação a variação do tamanho do lote de aquisição este custo não se alterará de forma significativa, pois o valor do custo por pedido (Cp) não é relevante.

$$Cped = \frac{D}{Q} \times Cp$$

Conforme equação número 8 do item 4.8 (Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote) se houver variação na demanda, por exemplo um aumento, não implica necessariamente num aumento do custo de manutenção do estoque, porém se o tamanho do lote de abastecimento aumentar

implicará num aumento neste tipo de custo. O estoque médio (Q_m) depende diretamente do tamanho do lote de aquisição.

$$C_e = Q_m \times C_{unit} \times I$$

Conforme equação número 9 do item 4.8 (Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote) se houver variação na demanda, por exemplo um aumento, irá implicar, possivelmente, num aumento do custo de transporte, pois o número de viagens (NV) possui relação direta com a demanda e o tamanho do lote de abastecimento. Se a demanda aumentar (D) e o tamanho do lote permanecer inalterado (Q), o número de viagens (NV) de abastecimento aumentará. Se a demanda aumentar (D) e o tamanho do lote aumentar também (Q) poderá ocorrer um aumento no custo de transporte (C_{transp}), pois o tamanho do lote de abastecimento possui uma relação direta com o com seu peso líquido (Pl) e/ou volume líquido (Vl) e também com a capacidade líquida do veículo (Wl - peso e volume) que executará esta operação.

Se a demanda não alterar, e o tamanho do lote (Q) aumentar, o número de viagens será menor (NV). Porém, em todas estas hipóteses relatadas, deve-se levar em consideração alguns fatores muito importante para calcular o custo de transporte, o peso e volume a ser transportado dos componentes e a restrição referente ao peso ou volume cúbico do veículo que executará a operação. Desta forma, pode-se ter diversas relações de *trade-offs* neste item (custo de transporte) em função da demanda e do tamanho do lote de abastecimento.

A distância é outra variável que influencia no custo do transporte. Como existe uma parcela deste custo que é composta pelo custo denominado variável ($a.Dist$) aumentando-se a distância ($Dist$) a ser percorrida pelo veículo que executará a operação, aumenta-se o custo variável ($a.Dist$). O custo fixo do veículo também sofrerá alteração em função do aumento da demanda (D) ou do tamanho do lote de abastecimento (Q), pois altera-se o peso e o volume a ser transportado e poderá ser necessário um veículo de maior capacidade (peso bruto – Wb). No sistema Convencional ou o fornecedor possuirá sua própria frota para o transporte das peças ou contratará uma empresa especializada quando houver necessidade de abastecer a montadora. Portanto, os custos fixo e variáveis do veículo sempre farão parte do preço final da peça para a montadora.

$$C_{transp} = f(Nab, Q, Pl, Vl, Wl, C_{tvv})$$

$$C_{tvv} = \gamma + \alpha.Dist$$

O custo total anual do sistema Convencional é o somatório das seguintes parcelas de custo: $CTSAc = C_{ped} + C_e + C_{aq} + C_{transp}$, que foram apresentados acima.

(12)

$$CTSAc = \left(\frac{D}{Q} \right) C_p + (Qm.C_{unit}.I) + (D.C_{unit}) + f [Nab, Q, Pl, Vl, Wl, (\mathbf{g} + \mathbf{a}.Dist)]$$

4.9.3- Análise Paramétrica e seus *Trade-offs* no Sistema *Milk Run*

No sistema *Milk Run* a variação da demanda influenciará diretamente no número de cartões *kanban* utilizado no sistema de gerenciamento de estoque. Se a demanda aumentar (D) o número de cartões *kanban* também aumentará (N) e aumentará, conseqüentemente, o estoque médio (Qm) de materiais na planta da montadora e do fornecedor, conforme equação número 3 do item 3.2.5 (Cálculo do Número de Cartões *Kanban*).

$$N = \left[\frac{D}{Q} \times T_{mov} \times (1 + S) \right]$$

Conforme a equação número 3 do item 3.2.5 (Cálculo do Número de Cartões *Kanban*), representada acima, a variável tamanho do lote por contenedor (Q) não sofrerá alteração, pois representa quantas peças são alojadas num contenedor, independente da flutuação da demanda (D).

Com o aumento da demanda (D), caso haja grandes flutuações, o número de cartões *kanban* (N) aumentará e, conseqüentemente, aumentará o peso (PI) e volume (VI) a ser transportado pelo veículo que executa a operação de coleta programada de peças. Desta forma, uma solução seria a redução do número de fornecedores por rota (NFR) que o veículo visitará por viagem para a operação de coleta programada, pois toda a carga a ser transportada não poderá ultrapassar a capacidade do veículo em termos peso e/ou volume (há restrição).

O número máximo de cartões *kanban* (contenedores) de todas as peças ou componentes a ser coletado por viagem não pode ultrapassar a oitenta e cinco por cento da capacidade bruta do veículo $\{Wl = Wb(0,85)\}$. Isto é, todos os fornecedores visitados em uma determinada rota, pelo veículo que executa a operação de coleta programada, não pode superar 85% do valor da capacidade bruta do veículo (peso ou volume). Se a demanda aumentar (D), o número de cartões *kanban* de coleta em cada fornecedor aumentará também (N) e caso se permaneça com o mesmo veículo de coleta, usado antes da flutuação da demanda, pode-se reduzir o número de fornecedores visitados numa rota de coleta programada, pois o peso e volume total a transportar serão alterados. Para que todos os fornecedores de uma mesma rota sejam visitados pelo mesmo veículo de coleta programada de peças, com o aumento da demanda (D), será necessário utilizar um veículo de maior capacidade (peso e volume).

Porém, a flutuação da demanda deve ser algo bem significativo para que esta situação, mudança do veículo (de maior capacidade), ocorra. Sendo assim, o custo de transporte também aumentará (C_{transp}) em função da utilização de um veículo de maior capacidade para realizar a operação de coleta programada, partindo-se do ponto que a demanda aumente (D) significativamente. Pois, se for utilizado um veículo de maior capacidade, tem-se um aumento também nos custos fixo e variável deste novo veículo.

$$NFR = f \left[Df, Dtp, Wl, Ttc, Trpp, Vmv, \sum_{i=1}^n (N_i * Pcp), \sum_{i=1}^n (N_i * Vcp) \right] \quad (13)$$

Restrições:

$$\sum_{i=1}^n (N_i * Pcp) = Wl$$

$$\sum_{i=1}^n (N_i * Vcp) = Wl$$

$$Wl = Wb (0,85)$$

$$Ttc \leq Trpp$$

onde:

NFR = Número de fornecedores por rota

f = Função

Df = Distância entre os fornecedores

Dtp = Distância total do percurso

Wl = Capacidade líquida do veículo (peso e volume)

Wb = Capacidade bruta do veículo (peso e volume)

Ttc = Tempo total de coleta peças

$Trpp$ = Tempo de reabastecimento de peças para linha de produção da montadora

Vmv = Velocidade média do veículo

N = Número de cartões *kanban* de movimentação de cada fornecedor

Pcp = Peso do(s) contenedor(es) com peças de cada fornecedor

Vcp = Volume do(s) contenedor(es) com peças de cada fornecedor

O tempo da viagem, carregamento (coleta) e descarregamento das peças na planta da montadora sofrerá um acréscimo também se permanecer o mesmo número de fornecedores por rota em função do aumento da demanda. Portanto, um aumento brusco de demanda implicará num aumento no número de veículos para coletar as peças e menos fornecedores por rota para cada veículo de coleta ou na troca por veículos de maior capacidade bruta (peso e volume). Deve-se fazer uma análise de custo (*trade-off*) quando a demanda aumentar sensivelmente, pois existe estas duas possibilidades: ou a redução do número de fornecedores por rota e conseqüentemente o aumento do número de veículos para fazer a operação de coleta programada ou colocar veículos de maior capacidade para coletar as peças. Tanto uma como outra solução, citadas acima, implicará no aumento do custo de frete e devem ser analisadas.

Com o aumento da demanda, o custo de estoque no sistema *Milk Run* aumentará, pois está diretamente relacionado com o estoque médio. Conforme equação número 8 do item 4.8 (Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote).

$$Ce = Qm \times Cunit \times I$$

Se o estoque médio aumentar (Qm), o custo de estoque (Ce) irá aumentar também. Porém, para itens que possuem peso ou volume considerável por unidade, o sistema de coleta programada (*Milk Run*) não pode ser adotado, pois o número de cartões *kanban* para uma coleta de um determinado fornecedor, muitas vezes,

implica em um veículo exclusivo só para este item, como é o caso de algumas peças como o conjunto de bancos para o automóvel, motor, conjunto rodas etc. Estes itens não fazem parte da coleta programada de peças em função de seus pesos ou volumes e usa-se o jargão, em logística, para estes casos, de veículo dedicado ou *full truckload* para um determinado componente. O veículo, que executa a operação de transporte deste tipo de peça, é dedicado, sua rota é do fornecedor para a planta da montadora e vice-versa.

O aumento da demanda (D) não alterará o custo de aquisição (Caq) de peças, conforme equação número 6 do item 4.8 (Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote). Este custo (Caq) está muito pertinente ao tipo de relacionamento existente entre montadora e fornecedor e o acordo que ambos definem para seus negócios. Na análise paramétrica, não é possível justificar, com uma alteração na demanda (aumento do consumo de automóveis – D) que haja uma redução no custo de aquisição (Caq) de peças, irá prevalecer o contrato ou acordo firmado entre as partes interessadas.

$$Caq = D \times Cunit$$

Analisando a flutuação da demanda com possibilidade de um possível aumento (D), não implicará necessariamente num aumento no custo total de preparação de pedido ($Cped$), conforme equação número 7 do item 4.8 (Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote) demonstrado abaixo. O valor do custo por pedido (Cp) não é algo relevante no

sistema e muitas vezes pode até ser desprezado. Desta forma, custo total de preparação de pedido (C_{ped}) teria um valor muito pequeno não influenciando no custo total do sistema anual do sistema ($CTSA_{mr}$) *Milk Run*.

$$C_{ped} = \frac{D}{Q} \times C_p$$

O custo de transporte (C_{transp}) irá sofrer alteração em função da flutuação da demanda (D). Se a demanda aumentar (D) irá influenciar no número de cartões *kanban* a serem coletados (N), pois alterarão as variáveis peso (P_l) e volume (V_l) transportados. Desta forma, conforme equação 9 do item 4.8 (Variáveis que Compõem os Custos Genéricos Relacionados ao Tamanho do Lote), citada abaixo, o custo de transporte ($C_{transpmr}$) no sistema *Milk Run* será representado pela seguinte equação:

$$C_{transpmr} = f \left[C_{tvv}, Wl, \sum_{i=1}^n (N_i * P_{cp}), \sum_{i=1}^n (N_i * V_{cp}) \right] \quad (14)$$

$$C_{tvv} = \gamma + \alpha \cdot \text{Dist}$$

$$a = f(Wb)$$

$$\gamma = f(Wb)$$

O custo total anual do sistema *Milk Run* é o somatório das seguintes parcelas de custo: $CTSA_{mr} = C_{aq} + C_{ped} + C_e + C_{transpmr}$, que foram apresentados acima.

$$CTSA_{mr} = \left(\frac{D}{Q} \right) \cdot C_p + (Q_m \cdot C_{unit} \cdot I) + (D \cdot C_{unit}) + f \left[C_{tvv}, Wl, \sum_{i=1}^n (N_i \cdot P_{cp}), \sum_{i=1}^n (N_i \cdot V_{cp}) \right] \quad (15)$$

Capítulo 5 EXEMPLO de APLICAÇÃO dos SISTEMAS CONVENCIONAL, *MILK RUN* e ANÁLISE PARAMÉTRICA

Será apresentado, neste capítulo, uma comparação entre os custos pertinentes aos dois sistemas em estudo (Convencional e *Milk Run*), desenvolvidos em uma planilha eletrônica *Microsoft*® *Excel 97*. Nestas tabelas estão representados os resultados alcançados para os dois sistemas.

A inserção dos dados iniciais, para alimentar os dois sistemas em estudo, são descritas e logo em seguida apresenta-se as tabelas geradas nas planilhas de cálculo. Os gráficos gerados pelo sistema denominado Convencional são apresentados, o cálculo da requisição de peças utilizando a técnica *kanban* de controle, no sistema *Milk Run*, a comparação final entre os resultados, discriminados passo a passo em relação aos componentes que compõem o custo total de um sistema anual de

abastecimento de suprimentos também são apresentados, assim como o custo de transporte de peças nos sistemas Convencional e de coleta programada com janela de tempo, *Milk Run*.

A comparação que se fará entre os custos dos dois modelos em estudo, compreende-se apenas a uma peça qualquer (componente) que é utilizado na montagem de um automóvel. Este componente é denominado, neste trabalho, de “item A” para os dois sistemas em análise (Convencional e *Milk Run*).

Em seguida será realizado os cálculos dos custos totais dos dois sistemas, Convencional e *Milk Run*, utilizando uma análise paramétrica, variando, por exemplo a demanda e analisando o impacto da mesma, nos custos totais, como apresentado teoricamente nos itens 4.9.2 (Análise Paramétrica e seus *Trade-offs* no Sistema Convencional) e 4.9.3 (Análise Paramétrica e seus *Trade-offs* no Sistema *Milk Run*).

5.1 - Sistema Convencional: Dados Utilizados e Cálculos de Custo

No sistema denominado Convencional (tabela 3), inseriram-se os dados iniciais (valores adotados) para cálculo do tamanho do lote econômico de compra (*LEC*), como: demanda anual (*D*), custo por pedido (*C_p*), taxa de estocagem (*I*), custo unitário de compra (*C_{unit}*). No campo “Quantidade Mínima”, da tabela 3, aparece a quantidade oferecida pelo fornecedor do item “A” em função de algum

desconto no preço unitário de compra. Isto significa dizer que, se a montadora adquirir apenas uma unidade do item “A”, o custo unitário de compra será de \$ 97,00 unidades monetárias. Para três mil e quinhentas unidades adquiridas, pela montadora, o custo unitário será de \$ 96,03 (1% de desconto) e para cinco mil unidades adquiridas, pela montadora, o custo unitário de compra será de \$ 95,06 unidades monetárias (2% de desconto). As quantidades mínima adquiridas (1, 3.500 e 5.000 unidades) e conseqüentemente seus respectivos custos unitários de compra (97,00; 96,03 e 95,06 unidades monetárias – tabela 3) são dados adotados para avaliar o sistema. Estes números podem variar em termo de custo unitário de compra (desconto) e tamanho de lote oferecido pelo fornecedor. Em função das variáveis, citadas acima, calculou-se o lote econômico de compra (*LEC* – 138,03 unidades), apenas como parâmetro para análise, pois o tamanho do *LEC* não representa o menor custo total do sistema anual (*CTSA*). Buscou-se trabalhar com o tamanho de lote que corresponderia ao menor custo total do sistema anual e comparar com o custo total do sistema anual do modelo *Milk Run*.

Tabela 3 - Cálculo do Tamanho do Lote Econômico de Compra (LEC) - Item "A"
Sistema Convencional

Demanda anual	(<i>D</i>)	184.800		
Custo por Pedido	(<i>C_p</i>)	1		
Taxa de armazenagem %	(<i>I</i>)	0,20	0,20	0,20
		Limite 1	Limite 2	Limite 3
Quantidade Mínima	(unid.)	1	3.500	5.000
Custo Unitário de Compra	(<i>C_{unit}</i>)	97,00	96,03	95,06
		Limite 1		
<i>LEC</i>	(unid.)	138,03		

Outras variáveis foram inseridas no modelo (tabela 4) como: peso da peça, peso da embalagem que irá transportar as peças (contenedor), volume da peça (m³), volume da embalagem (m³), quantidade de peças por embalagem, peso (embalagem + peças) em kg, dias úteis por ano de trabalho na montadora e horas disponíveis por turno de trabalho.

Tabela 4 - Dados do Sistema Convencional

Peso da peça	(kg)	3,700
Peso embalagem / contenedor	(kg)	14,500
Volume da peça	(m ³)	0,0024
Volume embalagem	(m ³)	0,1440
Quantidade peças/embalagem	(unid.)	50
Peso (embalagem + peças)	(kg)	199,5
Distância média do fornecedor	(km)	40
Dias úteis por ano		264
Horas disponíveis/turno trabalho	(horas)	8,00

Na Planilha do sistema Convencional pode-se fazer uma análise de *trade-off* entre a variação do custo total do sistema anual em função da variação do tamanho do lote de compra. No modelo em estudo o tamanho do lote de compra variou de uma em uma unidade chegando ao valor máximo de seis mil e cinquenta e quatro unidades (6.054) para o item “A” (componente). Desta forma, pode-se determinar o ponto de custo total mínimo do sistema anual. Porém, na tabela 5, apresentada a seguir, os cálculos efetuados desta variação do tamanho do lote, de uma em uma unidade até chegar ao tamanho ideal (6.054 unidades), que representa o menor custo total do sistema anual. A variação de uma em uma unidade, para o tamanho do lote,

não será apresentada na íntegra por motivo de exigir mais de quinhentas e vinte páginas impressas. Um amostra maior deste cálculo será apresentada no anexo B deste trabalho.

Serão apresentados os cálculos executados na tabela 5 referente aos custos do sistema convencional (parte 1).

Tamanho do Lote por Pedido (Q - tabela 5) – Iniciou-se o cálculo do tamanho do lote variando-o de uma em uma unidade até o valor máximo de seis mil e cinqüenta e quatro unidades (6.054). Desta forma, pode-se relatar tamanhos de lotes diferentes que variaram entre as categorias pequeno, médio e grande. Com vários tamanhos diferentes de lotes, foi possível relatar a variação do custo total do sistema anual e encontrar o ponto de mínimo custo total do sistema que será apresentado na tabela 10.

Custo Unitário de Compra (C_{unit} - tabela 5) – Em função do tamanho do lote por pedido pode-se obter um valor unitário de compra diferente. Desta forma, foi assumido que algum desconto é oferecido em função da maior quantidade de peças adquirida. Se a montadora aumentar o tamanho do lote de aquisição (número de peças solicitadas para o fornecedor) ela poderá obter uma redução no custo unitário de compra. Sendo assim, a tabela 3 adota um sistema de desconto em função da quantidade adquirida. O campo denominado “Limite 1”, da tabela 3, representa a quantidade mínima de peças adquirida pela montadora e, conseqüentemente, o custo unitário de compra em função deste volume. O campo

“Limite 2”, tabela 3, representa um tamanho de lote diferente (maior que o campo “Limite 1”) e um desconto no custo unitário de compra em função do novo tamanho de lote de aquisição. O desconto do custo unitário de compra utilizado no campo “Limite 2” (tabela 3), para efeito de cálculo da planilha, foi de um por cento (1%). Este número foi adotado, podendo variar para mais ou menos, dependendo da relação entre fornecedor e montadora, assim como o tamanho do lote para o desconto. Para o campo denominado “Limite 3” (tabela 3) utilizou-se um tamanho de lote maior que o campo “Limite 2” e um desconto maior também, chegando a dois por cento (2%) do valor unitário praticado no campo “Limite 1” (tabela 3). Novamente, vale ressaltar que este número (2%) foi adotado e serve apenas como referência para teste de comparação entre os sistemas em estudo. O grau de relacionamento nos negócios, entre as partes interessadas (fornecedor e montadora), irá determinar o desconto em relação ao custo unitário de compra da peça e a quantidade a ser adquirida (tamanho do lote mínimo).

Custo Total de Preparação de Pedidos (*Cped* - tabela 5) – É o custo pertinente a cada pedido realizado entre a montadora e o fornecedor de peças. Porém, como a função do departamento de compras das indústrias automobilísticas estão mais voltados para o desenvolvimento de fornecedores e negociação do preço unitário do produto, será adotado um valor simbólico para o custo de cada pedido de lote nos sistemas em estudo. Com isso, pretende-se esclarecer que a cada solicitação de materiais emitida para um fornecedor não se possui, necessariamente, um custo administrativo oriundo do departamento de compras para tal pedido.

Custo de Estoque (C_e - tabela 5) – Custo pertinente ao valor do estoque médio ao longo de um determinado período em análise. A taxa de armazenagem, apontada na tabela 3 (I) é uma particularidade que depende muito de cada empresa. Desta forma, o número utilizado nos dois sistemas em estudo (20%) é uma média definida pelas entrevistas realizadas nas empresas avaliadas. Na prática, esta taxa de armazenagem pode ser muito superior ao utilizado no modelo para efeito de estudo, depende do componente que se está analisando e onde o mesmo se encontra dentro da curva ABC de materiais referente ao custo financeiro de estoque.

Tabela 5 - Custos do Sistema Convencional (parte 1)

Tamanho Lote por Pedido (Q)	Custo Unitário de Compra (C_{unit})	Custo Total Prepar. Pedidos (C_{ped})	Custo Estoque (C_e)
1	97,00	184.800,00	0
2	97,00	92.400,00	19,40
3	97,00	61.600,00	29,10
4	97,00	46.200,00	38,80
5	97,00	36.960,00	48,50
6	97,00	30.800,00	58,20
7	97,00	26.400,00	67,90
8	97,00	23.100,00	77,60
9	97,00	20.533,33	87,30
10	97,00	18.480,00	97,00
11	97,00	16.800,00	106,70
12	97,00	15.400,00	116,40
13	97,00	14.215,38	126,10
14	97,00	13.200,00	135,80
15	97,00	12.320,00	145,50
16	97,00	11.550,00	155,20
17	97,00	10.870,59	164,90
18	97,00	10.266,67	174,60
19	97,00	9.726,32	184,30
20	97,00	9.240,00	194,00

A tabela 6 descreve os procedimentos de cálculos realizados no sistema convencional.

Tabela 6 - Procedimentos de Cálculos - Sistema Convencional

1) A empresa determina um tamanho de lote de aquisição de peças.
2) O tamanho do lote solicitado pela montadora implicará nos seguintes custos:
3) Custo Unitário: preço de compra (<i>Cunit</i>)
4) Custo Total de Preparação de Pedidos: $C_{ped} = (D/Q) C_p$, onde:
<i>D</i> = Demanda Anual
<i>Q</i> = Tamanho do Lote por pedido
<i>C_p</i> = Custo de Preparação por Pedido
5) Custo de Estoque: $C_e = (Q_m * C_{unit} * I)$, onde:
<i>Q_m</i> = Tamanho Médio do Lote por Pedido - $Q/2$
<i>I</i> = Taxa de Armazenagem Anual (%)
6) Custo Total do Lote: $CTL = C_{ped} + C_e$
7) Custo Aquisição: $Caq = D * C_{unit}$
8) Custo Total Parcial: $CTP = C_{ped} + C_e + Caq$
9) Custo de Transporte: $C_{transp} = f(Nab, Q, Pl, Vl, W, C_{tvv})$, onde:
<i>Nab</i> = Número de Abastecimento por Período
<i>Nab</i> = Demanda (<i>D</i>) / Tamanho do Lote de Abastecimento (<i>Q</i>)
<i>Pl</i> = Peso do Lote de Abastecimento (kg)
<i>Vl</i> = Volume do Lote de Abastecimento (m ³)
<i>W</i> = Capacidade do Veículo em Termos de Peso e Volume
<i>C_{tvv}</i> = Custo Total do Veículo por Viagem: <i>C_{tvv}</i> = Custo Fixo + Custo Variável
<i>C_f</i> = Custo Fixo do Veículo por Dia (\$/dia)
<i>C_v</i> = Custo Variável do Veículo (\$/Km)
10) Custo Total do Sistema Anual: $CTSA = CTP + C_{transp}$
11) Peso Lote (kg): $Pl = (N^o \text{ embalagem} * \text{peso embalagem}) + (\text{tamanho lote} * \text{peso peça})$
12) Volume Lote (m ³): $Vl = (N^o \text{ embal.} * \text{volume embal.}) + (\text{tamanho lote} * \text{volume peça})$

A tabela 7 é continuação da tabela 5, Custo do Sistema Convencional (parte 1) e cada linha de cálculo efetuada da tabela 7 corresponde a mesma linha de cálculo efetuada na tabela 5, ou seja, para a coluna denominada, Tamanho de Lote por Pedido (Q) da tabela 5, a primeira linha de cálculo mostra como resultado o número um (1) e seus respectivos Custo Total do Lote (CTL), Custo de Aquisição (Caq), Custo Total Parcial (CTP) e Peso do Lote (Pl) estão calculados na tabela 7 abaixo. Desta forma, se aplica a leitura da tabela 7 para os outros tamanhos de lotes calculados a partir da tabela 5.

Custo Total do Lote (CTL - tabela 7) – É o custo resultante do somatório do custo total de preparação de pedidos (C_{prep}) mais o custo de estoque (C_e), onde o ponto de mínimo custo desta curva justifica, teoricamente, o tamanho do lote econômico de compra (Gráfico 1: LEC – Sistema Convencional – Item A). Sendo assim, o LEC estaria representando o menor custo de pedido e o menor custo de estoque, porém não representa o menor custo total do sistema anual ($CTSA$), pois o custo de transporte, para o lote econômico de compra (LEC), é muito alto, devido ao número maior de viagens que deve ser realizado por período para suprir a necessidade de demanda da montadora.

Custo Aquisição (Caq - tabela 7) - É o resultado do custo unitário de compra do item (C_{unit}) multiplicado pela demanda (D) do período analisado (demanda anual).

Custo Total Parcial (CTP - tabela 7) – É o somatório do custo total do lote (CTL) mais o custo de aquisição (Caq).

Peso do Lote (Pl - tabela 7) – É o peso do tamanho do lote transportado mais o peso da embalagem (contenedor de peças) em quilograma.

Tabela 7 - Custos do Sistema Convencional (parte 2)

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote - kg (Pl)
184.800,00	17.925.600,00	18.110.400,00	18,20
92.419,40	17.925.600,00	18.018.019,40	21,90
61.629,10	17.925.600,00	17.987.229,10	25,60
46.238,80	17.925.600,00	17.971.838,80	29,30
37.008,50	17.925.600,00	17.962.608,50	33,00
30.858,20	17.925.600,00	17.956.458,20	36,70
26.467,90	17.925.600,00	17.952.067,90	40,40
23.177,60	17.925.600,00	17.948.777,60	44,10
20.620,63	17.925.600,00	17.946.220,63	47,80
18.577,00	17.925.600,00	17.944.177,00	51,50
16.906,70	17.925.600,00	17.942.506,70	55,20
15.516,40	17.925.600,00	17.941.116,40	58,90
14.341,48	17.925.600,00	17.939.941,48	62,60
13.335,80	17.925.600,00	17.938.935,80	66,30
12.465,50	17.925.600,00	17.938.065,50	70,00
11.705,20	17.925.600,00	17.937.305,20	73,70
11.035,49	17.925.600,00	17.936.635,49	77,40
10.441,27	17.925.600,00	17.936.041,27	81,10
9.910,62	17.925.600,00	17.935.510,62	84,80
9.434,00	17.925.600,00	17.935.034,00	88,50

Gráfico 1: LEC – Sistema Convencional – Item A

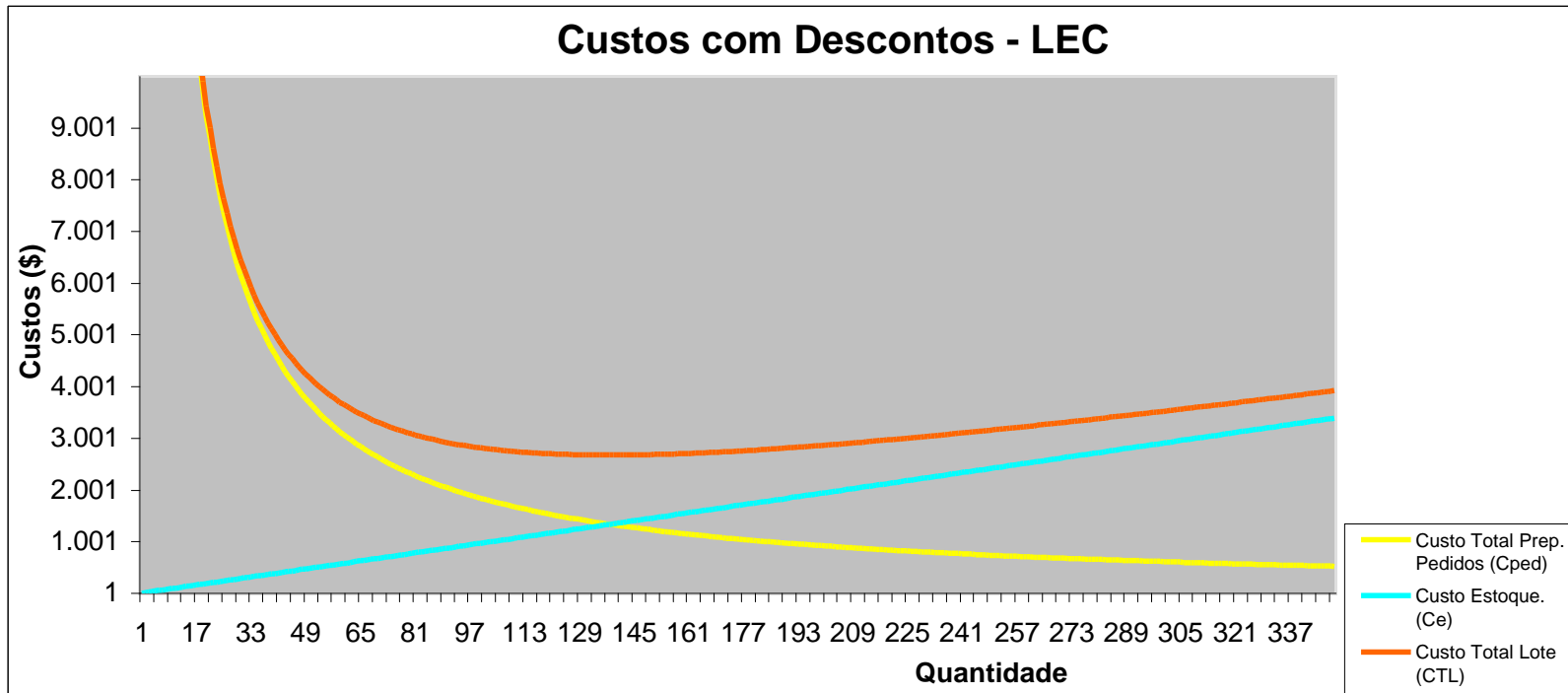


Gráfico 1: LEC sistema Convencional – Item A. O gráfico acima, refere-se ao tamanho do lote econômico de compra (*LEC*). A curva do custo total do lote (*CTL*) é representada em função da curva do custo total de preparação de pedidos (*Cped*) e do custo de manutenção de estoque (*Ce*). O ponto de mínimo da curva, representada pelo custo total do lote (*CTL*) representa no eixo “**X**”, do gráfico, o tamanho do lote econômico de compra (*LEC* = 138,03 unidades), conforme exposto na tabela 3. Porém, o *LEC* não representa o menor custo total do sistema anual. Sendo assim, buscou-se representar o gráfico do *LEC* em função da revisão bibliográfica. O tamanho do lote econômico calculado pela equação
$$\left(LEC = \sqrt{\frac{2xDxCped}{Cm}} \right)$$
, se for utilizado o mesmo veículo de transporte de peças para comparar os dois sistemas em análise, se torna super inviável, pois o custo de transporte para este tamanho de lote (*LEC*) é muito superior, elevando demasiadamente o custo total do sistema anual.

O custo total do sistema anual (*CTSA*) para o tamanho do lote econômico de compra (*LEC*) foi de 18.367.554,09 unidades monetárias, bem acima do menor custo total anual do sistema anual que foi de 17.638.913,51 unidades monetárias para um tamanho de lote de 5.000 unidades, que foi avaliado como o melhor tamanho de lote para o menor custo total do sistema anual.

A tabela 8 é continuação da tabela 5, Custo do Sistema Convencional (parte 1) e cada linha de cálculo efetuada da tabela 8 corresponde a mesma linha de cálculo efetuada na tabela 5, ou seja, para a coluna denominada, Tamanho de Lote por

Pedido (Q) da tabela 5, a primeira linha de cálculo mostra como resultado o número um (1) e seus respectivos Volume do Lote (VL), Número de Viagens/Ano (NV), Custo Total Transporte (C_{transp}) e Custo Total do Sistema Anual ($CTSA$) estão calculados na tabela 8 abaixo. Desta forma, se aplica a leitura da tabela 8 para os outros tamanhos de lotes calculados a partir da tabela 5.

Volume do Lote (VL - tabela 8) – É o volume do contenedor de peças mais uma tolerância utilizada para o empilhamento das embalagens que permitirá, por exemplo, que uma empilhadeira possa entrar com o garfo para executar a operação de carregamento e descarregamento dos contenedores junto ao veículo que executa a operação de transporte das peças.

Número de Pedidos/Ano ou Número de Viagens/Ano (NV - tabela 8) – É o número de viagens realizadas em função do tamanho do lote de aquisição ou número de pedidos efetuados, também, em função do tamanho do lote de aquisição.

Custo Total de Transporte (C_{transp} - tabela 8) – É composto pelo custo fixo mais o custo variável do veículo. Outra variável, de fundamental importância, para análise do custo de transporte é o número de viagens realizadas por período para suprir a necessidades de peças da montadora. Portanto, o custo total de uma viagem multiplicado pelo número de viagens necessárias por período (anual) fornecerá o custo total de transporte. Desta forma, se faz necessário analisar o peso e volume a transportar, assim como a capacidade do veículo que executará a operação.

Custo Total do Sistema Anual (CTSA - tabela 8) - É o somatório de todos os custos do sistema em análise. Composto pelo custo total do lote (custo total de preparação de pedidos mais o custo de armazenagem de estoque), custo de aquisição (custo unitário de compra multiplicado pela demanda do período em análise), custo total parcial (custo total de preparação de pedidos mais o custo de armazenagem de estoque mais o custo de aquisição) e custo total de transporte (custo fixo mais custo variável do veículo mais a quantidade de viagens realizadas por período).

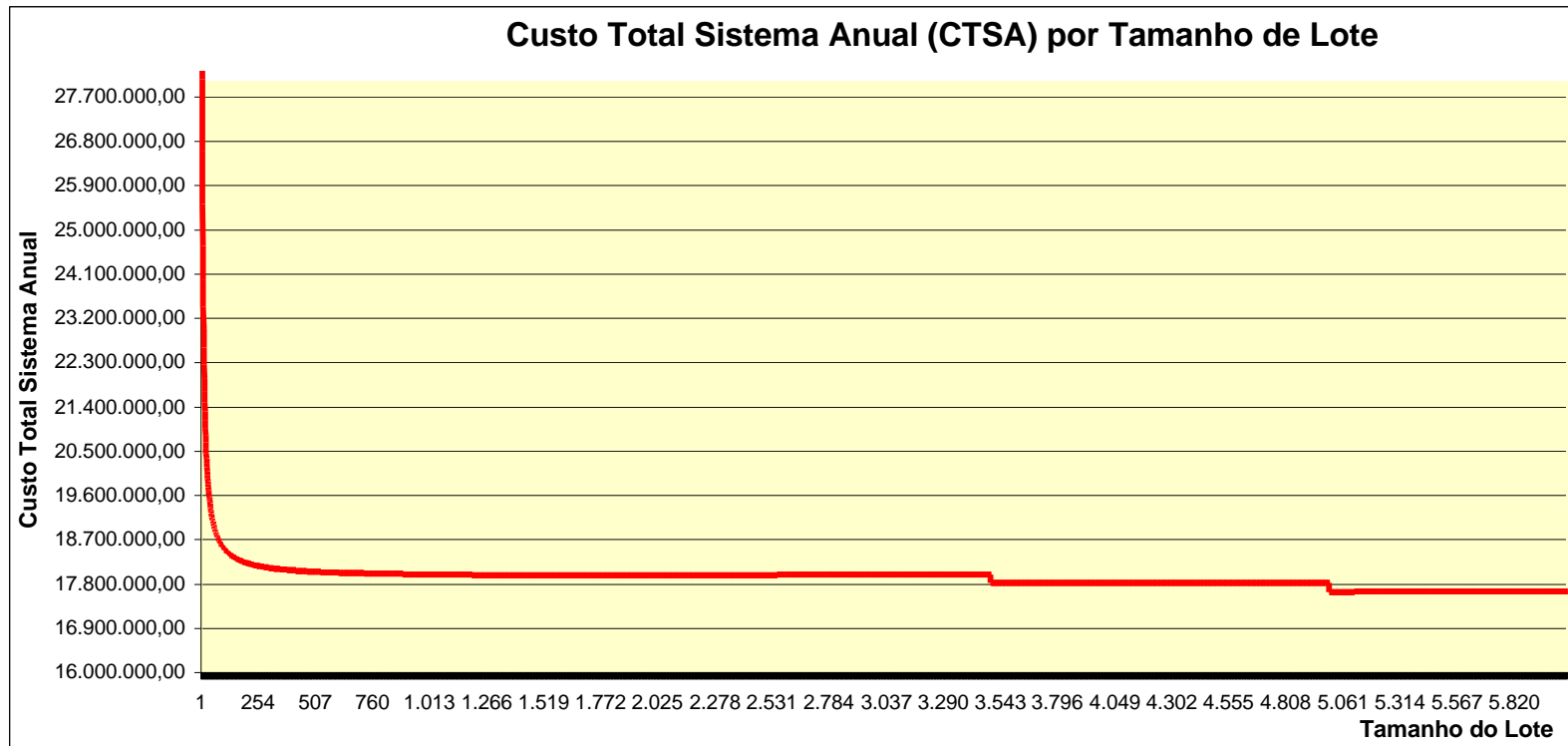
Tabela 8 - Custos do Sistema Convencional (parte 3)

Vol. Lote - m3 (VI)	Número Viagens/Ano	Custo Total Transp. (C _{transp})	Custo Total Sistema Anual (CTSA)
0,1440	184800	60.580.800,00	78.691.200,00
0,1440	92400	30.290.400,00	48.308.419,40
0,1440	61600	20.193.600,00	38.180.829,10
0,1440	46200	15.145.200,00	33.117.038,80
0,1440	36960	12.116.160,00	30.078.768,50
0,1440	30800	10.096.800,00	28.053.258,20
0,1440	26400	8.654.400,00	26.606.467,90
0,1440	23100	7.572.600,00	25.521.377,60
0,1440	20534	6.731.418,55	24.677.639,18
0,1440	18480	6.058.080,00	24.002.257,00
0,1440	16800	5.507.345,45	23.449.852,15
0,1440	15400	5.048.400,00	22.989.516,40
0,1440	14216	4.660.263,27	22.600.204,76
0,1440	13200	4.327.200,00	22.266.135,80
0,1440	12320	4.038.720,00	21.976.785,50
0,1440	11550	3.786.300,00	21.723.605,20
0,1440	10871	3.563.711,45	21.500.346,94
0,1440	10267	3.365.709,27	21.301.750,54
0,1440	9727	3.188.687,45	21.124.198,07
0,1440	9240	3.029.040,00	20.964.074,00

Gráfico 2: CTSA – Custo Total do Sistema Anual – Item A. O segundo gráfico apresentado no sistema Convencional, representa o Custo Total do Sistema Anual (CTSA) em função da quantidade de peças adquirida pela montadora junto ao fornecedor. Desta forma, adotou-se, para efeito de comparação entre os dois sistemas (Convencional e o *Milk Run*), que o menor valor do Custo Total do Sistema Anual (tabela 8) representaria, também, o melhor Tamanho do Lote por Pedido (Q) (tabela 5) que a montadora solicitaria de seu fornecedor no sistema Convencional.

O gráfico 2 representa no eixo “X” o possíveis Tamanhos de Lotes por Pedidos (Q) e no eixo “Y” seus respectivos Custos Totais do Sistema Anual (CTSA). Isto significa dizer, que após ter variado o tamanho de lote (Q – tabela 5) de uma em uma unidade, até o valor máximo de seis mil e cinquenta e quatro unidades (6.054 unid.) chegou-se a conclusão (somando-se todas as parcelas de custos que compõem o Custo Total do Sistema Anual) que o melhor tamanho de lote de pedido que corresponderia ao menor custo total dos sistema anual seria de cinco mil unidades (5.000 unid.) com valor do custo total do sistema anual de dezessete milhões seiscentos e trinta e oito mil novecentos e treze e cinquenta e uma unidades monetárias (\$17.638.913,51).

Gráfico 2: CTSA – Custo Total do Sistema Anual – Item A



Parâmetros do Sistema Convencional (tabela 9) – Esta tabela descreve o tipo de veículo que será utilizado no sistema Convencional de abastecimento de peças, a capacidade bruta do veículo em termos de peso (12.000 quilogramas) e a capacidade bruta em termos de volume (45 m³) e, conseqüentemente, a capacidade líquida do veículo em termos de peso e volume. O número utilizado para definir a capacidade líquida foi em função das pesquisas realizadas nos operadores logísticos ou transportadoras, que utilizam cerca de oitenta e cinco por cento (85%) da capacidade bruta do veículo (peso e volume).

Tabela 9 - Parâmetros do Sistema Convencional

Veículo utilizado no transporte:	(<i>Truck</i>)	
Capacidade Bruta (fator peso)	(kg)	12.000
Capacidade Bruta (fator volume)	(m ³)	45,00
Capacidade Líquida (fator peso)	(kg)	10.200,00
Capacidade Líquida (fator volume)	(m ³)	38,25

Resultados Alcançados – Sistema Convencional (tabela 10) – Esta tabela descreve o Menor Custo Total do Sistema Anual (\$17.638.913,51 unidades monetárias), levando em consideração todos os custos do sistema de abastecimento de peças descritos anteriormente. Relata o tamanho do lote (5.000 unidades) que corresponde ao menor custo total do sistema, o peso a transportar deste tamanho de lote (19.950 quilogramas) e seu volume (14,40 m³). Ressalta-se que o peso calculado, para o tamanho de lote (5.000 unidades) de menor Custo Total do Sistema Anual (19.950 quilogramas) ultrapassa o peso líquido máximo do veículo (10.200 quilogramas). Sendo assim, o lote de 5.000 unidades será transportado em duas

viagens pelo veículo que executa a operação de entrega das peças diretamente na planta da montadora, um *truck* de 12 toneladas de capacidade bruta.

Tabela 10 - Resultados Alcançados - Sistema Convencional

Menor Custo Total Sistema Anual (<i>CTSA</i>)		17.638.913,51
Lote Correspondente ao Menor Custo Total Anual		5.000
Peso Total a Transportar	(kg)	19.950,00
Volume Total a Transportar	(m ³)	14,40

O custo de transporte apresentado na tabela 11 correspondente ao lote 5.000 unidades, já contempla duas viagens a serem realizadas para abastecer a planta da montadora com este tamanho de lote.

Custos Parciais e Total - Sistema Convencional (tabela 11). Esta tabela relata o custo de armazenagem para um tamanho de lote de 5.000 unidades, o custo do número de pedidos, o custo de transporte, o número de viagens feitas por período (ano), que neste caso será de 74 viagens por causa do tamanho do lote (5.000 unidades) ultrapassar a capacidade líquida do veículo utilizado na operação de bastecimento de suprimentos, o custo de aquisição (demanda anual pelo custo unitário de compra) e o custo total do sistema anual para este lote de 5.000 unidades.

Tabela 11 - Custos Parciais e Total - Sistema Convencional

Custo de Estoque	(<i>Ce</i>)	47.530,00
Custo do Número de Pedidos	(<i>Cped</i>)	36,96
Custo de Transporte	(<i>Ctransp</i>)	24.258,55
Número de viagens por Ano	(<i>NV</i>)	74
Custo de Aquisição	(<i>Caq</i>)	17.567.088,00
Custo Total Sistema Anual	(<i>CTSA</i>)	17.638.913,51

Indicadores: Rotatividade Anual e Cobertura Média – Sistema Convencional (tabela 12). Esta tabela representa o giro de estoque ao longo de um período (demanda/estoque médio) e a cobertura média (dias úteis/giro de estoque).

Tabela 12 - Indicador de Rotatividade Anual (Sistema Convencional)

Indicador de Rotatividade Anual (Ra)	36,96	$Ra = D / Qm$
Cobertura Média (CM - dias)	7,14	$CM = \text{Dias úteis ano} / Ra$
Cobertura Média (CM - horas)	57,14	

Capacidade Utilizada do Veículo – Sistema Convencional (tabela 13).

Esta tabela representa o quanto se utiliza da capacidade do veículo que irá realizar a operação de transporte do item “A”.

Tabela 13 - Capacidade Utilizada do Veículo - Sistema Convencional

Fator Peso (kg)	97,79%
Fator Volume (m^3)	37,65%

Tempo Total da Viagem – Sistema Convencional (tabela 14). Esta tabela descreve a distância média do fornecedor, do item “A”, até a planta da montadora, o tempo para realizar a operação de transporte e o tempo de carregamento e descarregamento das peças, totalizando o tempo total da operação.

Tabela 14 - Tempo Total da Viagem - Sistema Convencional

Distância média da viagem - ida e volta (km)	40
Tempo médio da viagem ida e volta (horas)	2,1
Tempo de carregar veículo (horas)	1,5
Tempo médio de descarregar veículo na montadora (horas)	2,5
Tempo total da viagem (horas)	6,1

Composição dos Custos de Transportes - Sistema Convencional (tabela 15). O custo fixo do veículo (característica: *truck* de 12 toneladas) foi em função de algumas pesquisas realizadas com as transportadoras. O custo variável por quilômetro rodado também foi realizado desta mesma forma. A informação do custo adicional por uma viagem exclusiva não foi cedida por nenhuma transportadora ou operador logístico, devido a este fato, optou-se por estimar um valor para compor o custo total de transporte.

Tabela 15 - Composição / Cálculo do Custo de Transporte - Sistema Convencional

Custo Transporte - <i>Truck</i> de 12 toneladas		
Custo fixo do veículo mensal	(\$)	4.000,00
Custo variável	(\$ por km rodado)	0,40
Distância média da viagem (fornecedor/montadora)	(km)	40
Custo fixo do veículo por dia - 22 dias úteis	(<i>Cf</i>)	181,82
Custo Variável Total	(<i>Cv</i>)	16,00
Custo adicional por uma viagem exclusiva	(\$)	130,00
Custo Total do Veículo por Viagem	(<i>Ctvv</i>)	327,82

5.2 - Sistema *Milk Run*: Dados Utilizados e Cálculos de Custo

No sistema denominado *Milk Run* (tabela 16), inseriu-se os dados iniciais para realizar alguns cálculos, como: demanda semanal, custo por pedido, taxa de armazenagem, custo unitário de compra e taxa de demanda diária de consumo. Outros dados iniciais foram: peso da peça, peso da embalagem que irá transportar as peças (contenedor), volume da embalagem (m³), quantidade de peças por embalagem, peso (embalagem + peças) em quilograma, a demanda anual, a distância média a ser percorrida por viagem, pelo veículo e dias úteis por ano de produção.

Tabela 16 - Dados Iniciais do Sistema *Milk Run* - Item "A"

Demanda Semanal	(<i>D</i>)	3.500
Custo por Pedido	(<i>Cp</i>)	1
Taxa de Estoque	(<i>I</i>)	20,00 %
Custo Unitário de Compra	(<i>Cunit</i>)	96,51
Taxa de Demanda Diária	(<i>Tdd</i>)	700
Peso da Peça	(kg)	3,700
Peso da Embalagem - Contenedor	(kg)	14,500
Volume da Embalagem - Contenedor	(m ³)	0,1440
Quantidade de peças/embalagem	(Unid.)	50
Peso (Embalagem + Peças)	(kg)	199,5
Demanda anual	(Unid.)	184.800
Distância Média a ser Percorrida por Viagem	(km)	120
Dias úteis por ano		264

Tempo Total de Viagem – Sistema *Milk Run* (tabela 17). O tempo total: viagens mais coletas (horas) é o somatório do tempo médio de cada coleta, mais o número de fornecedores por rota (neste caso são sete fornecedores para esta rota), mais o tempo médio de viagem do veículo de coleta programada, mais o tempo

necessário para descarregar as peças na planta da montadora (tabela 31). Ainda para compor este montante tem-se o tempo de disponibilizar as peças para a linha de produção da montadora. Soma-se todos estes tempos e chega-se ao tempo total das peças disponíveis para a produção. Neste exemplo chegou-se a um tempo de seis horas. Isto significa que a cada seis horas tem-se o item “A” no seu posto de trabalho para ser utilizado na linha de montagem da montadora.

Tabela 17 - Tempo Total de Viagem - Sistema Milk Run

Tempo total: viagem mais coletas	(horas)	5,92
Tempo de disponibilizar peças para produção	(minutos)	5
Tempo de disponibilizar peças para produção	(horas)	0,08
Turno trabalho	(horas)	8,00
Tempo Total das Peças Disponíveis para Produção	(horas)	6,00

Parâmetros do Sistema Milk Run (tabela 18). Esta tabela descreve o tipo de veículo a ser utilizado para o transporte das peças a capacidade bruta em termos de peso e volume e sua capacidade líquida também em termos de peso e volume. Salienta-se aqui, que a capacidade líquida do veículo utilizado foi em relação a uma pesquisa feita com os operadores logísticos das montadoras e eles utilizam cerca de oitenta e cinco por cento dos fatores peso e volume brutos.

Tabela 18 - Parâmetros do Sistema Milk Run

Veículo Utilizado no Transporte	(Truck)	
Capacidade Bruta - fator peso	(kg)	12.000
Capacidade Bruta - fator volume	(m ³)	45,00
Capacidade Líquida - fator peso	(kg)	10.200
Capacidade Líquida - fator volume	(m ³)	38,25

Dados Iniciais para Cálculo do Número de Cartões *Kanban* para o Sistema *Milk Run* (tabela 19). Será definido o número de cartões *kanban* no sistema, em função da demanda diária de peças (D), da quantidade de peças por contenedor (tamanho lote por contenedor - Q), do tempo de coleta total das peças (tempo cartão de movimentação - % do dia ou turno de trabalho - T_{mov}) e de um índice de segurança (fator de segurança - S) para reabastecimento de peças coletadas em função da variável tempo (horas ou minutos). O número máximo de fornecedores visitados será determinado em função da quantidade de peças coletadas em cada fornecedor (peso e volume do tamanho de lote de cada fornecedor) e a restrição do veículo que executará a operação de transporte em função das variáveis peso e volume transportados. A demanda diária (Tdd) é função da demanda anual ($D = 184.800$ unidades do item “A”) dividida pelo número de dias úteis de trabalho (264 dias). O tamanho do lote por contenedor é o mesmo utilizado no sistema Convencional, 50 peças por contenedor. O tempo cartão de movimentação (T_{mov}) é o tempo necessário para abastecer a linha de montagem da montadora com o item “A” (tempo total das peças disponíveis para produção – tabela 17) dividido pelo tempo disponíveis por turno de trabalho em horas também (tabela 17). Utiliza-se o quociente desta divisão em porcentagem do dia. Neste caso seis horas para completar o ciclo de abastecimento do item “A”, no sistema *Milk Run*, dividido por oito horas úteis de trabalho ($6/8 = 0,75$ % do turno). Foi adotado uma taxa de 15% como fator de segurança do tempo de realização da coleta programada em função de possíveis problemas no itinerário (por exemplo: trânsito)

Para o sistema *Milk Run*, utilizou-se a demanda semanal para cálculo dos cartões *kanban*, pois este modelo tende a ser dinâmico e não estático em relação ao plano de produção programado e planejado. Desta forma, busca-se produzir o que realmente a demanda ordena e não o programado teoricamente para um determinado período de produção.

Tabela 19 – Dados para Cálculo Número Cartões *Kanban* – Sistema *Milk Run*

Demanda diária	(<i>D</i>)	700
Tamanho Lote por Contenedor	(<i>Q</i>)	50
Tempo Cartão de Movimentação - % dia	(<i>T_{mov}</i>)	0,75
Fator de Segurança	(<i>S</i>)	15 %

Determinação do Número de Cartões *Kanban* para o Sistema *Milk Run* (tabela 20). Define-se a quantidade de contenedores (cartões) utilizando a fórmula apresentada no item 3.2.5 (Cálculo do Número de Cartões *Kanban*). Porém, tem-se que, também, levar em consideração o tempo total de viagem (tabela 17), pois o número de cartões calculados neste sistema foi de doze (12) e cada contenedor armazena cinquenta peças. Desta forma, teríamos que ter seis cartões *kanban* na planta da montadora e seis cartões *kanban* na planta do fornecedor, totalizando trezentas peças no sistema, porém o tempo total de viagem, para abastecer a planta da montadora com o item “A”, é de seis horas. Portanto, a linha de montagem da montadora iria ficar parada pois ocupa-se, em média 87,5 peças/componentes “A” por hora e o tempo de reabastecimento é de seis horas com trezentas peças. Sendo assim, o número de cartões realmente necessário no sistema será o dobro (vinte e quatro cartões), pois daria para ter doze cartões *kanban* na planta da montadora e doze cartões *kanban* na planta do fornecedor, totalizando um estoque médio (*Q_m*) de

seiscentas peças em cada parte do sistema (fornecedor e montadora) o que permitiria um ciclo de abastecimento a cada seis em seis horas com fator de segurança de 15%, correspondente a 75 peças a mais no sistema.

Tabela 20 - Determinação Número de Cartões *kanban* - Sistema *Milk Run*

Número Total de Cartões <i>Kanban</i> de Movimentação	12,08
Número Total Cartões <i>Kanban</i> e Contenedores no Sistema	24,00
Número de Cartões <i>Kanban</i> na Montadora	12

Estoque do Sistema *Milk Run* (tabela 21) –. Esta tabela relata a quantidade máxima de peças na montadora e no sistema (fornecedor + montadora).

Tabela 21 - Estoque do Sistema *Milk Run*

Estoque Total de Peças na Montadora	(unid.)	600
Estoque Total de Peças do Sistema (Montadora + Fornecedor)		1.200

Cálculo do Peso e Volume de um Contenedor *Kanban* no Sistema *Milk Run* (tabela 22). Soma-se o peso de cada contenedor, mais o peso de cada peça transportada multiplicada pelo número de peças que cabem em cada contenedor. O mesmo cálculo se aplica para descobrir o volume a ser transportado por contenedor *kanban*.

Tabela 22 – Cálculo do Peso e Volume do Contenedor *Kanban* - Sistema *Milk Run*

Peso de um contenedor <i>kanban</i> com peças	(kg)	199,50
Volume de um contenedor <i>kanban</i>	(m ³)	0,1440

Cálculo do Número Máximo de Contenedores por Viagem no Sistema *Milk Run* (tabela 23). O número máximo de contenedores será o número de cartões

kanban calculado no sistema, para permanecer na planta da montadora e também na planta do fornecedor, conforme tabela 20. Porém, como o sistema de abastecimento é dinâmico, dependerá da necessidade da linha de produção da montadora, mas não deve ultrapassar o número de cartões *kanban* calculado inicialmente, ou fazer novos cálculos tendo em mãos todas novas variáveis possíveis com a atual condição.

Tabela 23 – Cálculo do Número Máximo de Contenedores por Viagem
Sistema *Milk Run*

Número Máximo de Contenedores a Transportar por Viagem		12
Peso a Transportar por Viagem	(kg)	2.394
Volume a Transportar por Viagem	(m ³)	1,728

Cálculo do Número de Viagens Necessárias por Ano no Sistema *Milk Run* (tabela 24). Utiliza-se a demanda anual (D) dividida pelo número de cartões *kanban* do sistema multiplicado pelo número de peças que cada contenedor (*kanban*) transporta. Neste estudo chegou-se a 308 viagens por ano. A demanda utilizada para o cálculo foi de 184.800 unidades com 12 contenedores por viagem no sistema *Milk Run* (tabela 20) e cada contenedor transportando 50 peças, totalizando 600 peças do item “A” por viagem.

Tabela 24 – Cálculo Número de Viagens Necessárias por Ano - Sistema *Milk Run*

Número de Viagens por Ano para Abastecer a Demanda Anual	308
--	-----

Cálculo do Custo total do Sistema *Milk Run* (tabela 25). O custo total de preparação de pedido anual (C_{ped}), como foi descrito no sistema Convencional, quase não existirá também no sistema *Milk Run*. Foi adotado que o custo para realizar um pedido de peça seria de uma unidade monetária, como serão necessários

308 pedidos (viagens) ao longo do ano este custo de preparação de pedidos ficou em 308 unidades monetárias. O custo de estoque (C_e) refere-se ao estoque médio de peças, gerado com o sistema *kanban* de controle de materiais (tabela 21), na planta da montadora ao longo de um período (ano), multiplicado pela custo unitário de compra (C_{unit}) e pela taxa de estoque (I), ambos estão referenciados na (tabela 16). O custo médio de transporte anual por ponto de coleta foi calculado em função da taxa de ocupação do item “A”, em relação ao veículo utilizado na operação de coleta programada, em termos de porcentagem (peso ou volume, o que for maior). Sendo assim, rateia-se o percentual que cada item (peça) ocupa do veículo utilizado para realizar o transporte no sistema *Milk Run* e multiplica-se pelo frete do veículo. Neste caso o item “A” corresponde a 24,5% do custo total do frete arcando com \$32,60 unidades monetárias do frete. Com 308 viagens por ano a um custo de \$32,60 por viagem (item “A”) chega-se a um custo anual de frete de \$10.041,66 unidades monetárias. O custo de aquisição (C_{aq}) é em relação a demanda anual (184.800 unidades do item “A”) multiplicada pelo custo unitário de compra ($C_{unit} = \$96,51$ unidades monetárias – tabela 16).

Tabela 25 - Cálculo do Custo Total do Sistema *Milk Run*

Custo Total de Preparação de Pedido Anual	(C_{ped} - Anual)	308,00
Custo de Estoque Anual	(C_e - Anual)	5.790,60
Custo Médio de Transporte Anual	(C_{transp} - Anual)	10.041,66
Custo de Aquisição	(C_{aq})	17.835.048,00
Custo Total Sistema Anual	(CTS_{Amr})	17.851.188,26

Indicador de Rotatividade Anual – Sistema *Milk Run* (tabela 26). Esta tabela representa o giro de estoque ao longo de um período (demanda/estoque

médio) e a cobertura média (dias úteis/giro de estoque) deste estoque na planta da montadora em termos de dia ou horas.

Tabela 26 - Indicador de Rotatividade Anual do Sistema *Milk Run*

Indicador de Rotatividade Anual	(<i>Ra</i>)	616	$Ra = D / Qm$
Cobertura Média - <i>CM</i>	(dias)	0,43	$CM = \text{Dias úteis ano} / Ra$
Cobertura Média - <i>CM</i>	(horas)	3,43	

As tabelas 27, 28 e 29 (páginas seguintes) descrevem os Procedimentos de Cálculos efetuados, passo a passo, no sistema *Milk Run* de abastecimento.

Tabela 27 - Procedimento de Cálculo: Primeira Parte (*Milk Run*)

<p>1) Tempo total - viagem + coletas (horas) é composto pelos seguintes fatores: Número de coletas realizadas por rota - A Tempo médio de cada coleta (minutos) - B Tempo médio da viagem ida e volta (horas) - C Tempo de descarregar peças na montadora (horas) - D</p> <p>Tempo Total da Viagem (TTV) = (A * B) + C + D</p>
<p>2) Tempo total das peças disponíveis para produção - TTPDP Tempo de disponibilizar peças para produção: TDPP Tempo Total da Viagem (horas): TTV</p> <p>TTPDP = TDPP + TTV</p>
<p>3) Tempo cartão movimentação (% dia) - <i>T_{mov}</i> $T_{mov} = TTPDP/DU$</p> <p>TTPDP = Tempo total das peças disponíveis para produção DU = Dias úteis por ano</p>
<p>4) N° Total Cartões <i>Kanban</i> Movimentação - N Demanda diária (<i>D</i>) Tamanho lote por contenedor (<i>Q</i>) Tempo cartão movimentação (% dia) - <i>T_{mov}</i> Fator de Segurança (<i>S</i>)</p> <p>$N = (D/Q) * T_{mov} * (1 + S)$</p> <p>Obs.: O "N" sempre será número inteiro. Se for necessário será arredondado.</p>
<p>5) N° Cartões <i>Kanban</i> na Montadora - NCM $NCM = N/2$</p> <p>Nota: Checar o tempo de ciclo para realizar a operação de coleta. Se o tempo de ciclo for elevado, o NCM não poderá ser N/2. Talvez seja necessário ser N.</p>

Tabela 28 - Procedimento de Cálculo: Segunda Parte (*Milk Run*)

<p>6) Estoque Total de Itens na Montadora - ETM Quantidade de peças/embalagem – QPE Número de Cartões <i>Kanban</i> na Montadora - NCM</p> $ETM = QPE * NCM$
<p>7) Peso do contenedor <i>kanban</i> com peças (kg) - PCK Peso da embalagem (kg) – PE Peso da peça (kg) – PP Quantidade peças/embalagem – QPE</p> $PCK = PE + (PP * QPE)$
<p>8) Indicador de Rotatividade Anual - (<i>Ra</i>) Taxa de Demanda Diária – <i>Tdd</i> Dias úteis por ano - <i>DU</i> Estoque Total de Itens na Montadora - ETM</p> $Ra = (Tdd * DU) / (ETM/2)$
<p>9) Cobertura Média - <i>CM</i> (dias) Dias úteis por ano - <i>DU</i> Indicador de Rotatividade Anual - Giro do Estoque (<i>Ra</i>)</p> $CM \text{ (dias)} = DU / Ra$
<p>10) Número viagens/ano (abastecer demanda) - <i>NVA</i> Demanda anual (<i>D</i>) Número de contenedores a transportar por viagem - <i>NCTV</i> Tamanho lote por contenedor (<i>Q</i>)</p> $NVA = D / (NCTV / Q)$
<p>11) Custo de pedido anual - <i>CPA</i> Demanda anual (<i>D</i>) Número de contenedores a transportar por viagem - <i>NCTV</i> Tamanho lote por contenedor (<i>Q</i>) Custo por Pedido (<i>Cped</i>)</p> $CPA = [D / (NCTV * Q)] * Cped$

Tabela 29 - Procedimento de Cálculo: Terceira Parte (*Milk Run*)

<p>12) Custo de estoque anual (C_e)</p> <p>Estoque Total de Itens na Montadora - ETM</p> <p>Taxa de Estoque (I)</p> <p>Custo Unitário (C_{unit})</p> $C_e = (ETM / 2) * I * C_{unit}$
<p>13) Custo médio de transporte anual por ponto de coleta - CTA</p> <p>Número de viagens ano (abastecer demanda anual) - NVA</p> <p>Rateio do Custo Transporte por Produto por Viagem - RCTPV (Conferir rateio do custo na tabela 34)</p> $CTA = NVA * RCTPV$
<p>14) Custo Total do Sistema Anual - $CTSA_{mr}$</p> <p>Demanda anual (D)</p> <p>Custo unitário (C_{unit})</p> <p>Custo de pedido anual (CPA)</p> <p>Custo de estoque anual (C_e)</p> <p>Custo médio transporte anual por ponto de coleta (CTA)</p> $CTSA = (D * C_{unit}) + CPA + C_e + CTA$

Utilização da Capacidade do Veículo no Sistema *Milk Run* (tabela 30).

Esta tabela mostra os resultados provenientes de se possuir sete fornecedores em uma rota de coleta programada de peças em função do número de cartões *kanban*, necessários para cada componente/peça. Inicia-se o processo de planejamento e programação da coleta prevendo não ultrapassar a capacidade do veículo em termos de peso e volume (restrição). No caso específico desta tabela (30) fez-se a programação da rota com sete fornecedores (somando-se o número de contenedores

por fornecedor a ser coletado – peso e volume) chegando ao peso máximo de 10.197,11 quilogramas a transportar, com volume de 27,994 m³.

Tabela 30 - Utilização da Capacidade do Veículo no Sistema *Milk Run*
(Sete fornecedores na rota de coleta)

Peso Total a Transportar	(kg)	10.197,11
Volume Total a Transportar	(m ³)	27,994
Capacidade - Fator Peso		99,97 %
Capacidade - Fator Volume		73,19 %

Cálculo do Tempo da Coleta Programada de Peças no Sistema *Milk Run*

(tabela 31). Esta tabela descreve as variáveis envolvidas para o cálculo do tempo total de coleta programada e abastecimento das peças na planta da montadora. O tempo médio de cada coleta foi em função das pesquisas realizadas nos operadores que executam esta operação para a indústria automobilística. O tempo de descarregamento também foi em função destas pesquisas realizadas. Desta forma, pode-se obter o tempo total da viagem mais as coletas.

Tabela 31 - Cálculo do Tempo da Coleta Programada de Peças, *Milk Run*

Distância média da viagem - ida e volta	(km)	120
Número de coletas realizadas por rota (fornecedores visitados) - n		7
Tempo médio de cada coleta - tc	(minutos)	30
Tempo total de coletas - tv	(horas)	3,50
Tempo médio da viagem ida e volta	(minutos)	105
Tempo médio da viagem ida e volta	(horas)	1,75
Tempo de descarregar peças na montadora - tdp	(minutos)	40
Tempo de descarregar peças na montadora	(horas)	0,67
Tempo total - viagem + coletas - (n*tc + tv +tdp)	(horas)	5,92

Cálculo do Custo de Transporte no Sistema *Milk Run* (tabela 32). A tabela descreve os itens que compõem o custo de transporte no sistema *Milk Run*.

Tabela 32 - Cálculo do Custo de Transporte no Sistema *Milk Run*

Custo fixo do veículo mensal	4.000,00
Custo fixo do veículo por dia (22 dias úteis)	181,82
Custo variável (\$ por km rodado) - Região Urbana	0,40
Distância média da viagem entre fornecedores e montadora (km)	120
Custo Variável Total	48,00
Número de viagens (coletas) por dia	2
Custo fixo do veículo por coleta por dia	90,91
Custo do Veículo Total por Viagem (Coleta)	138,91

Cálculo do Volume e Peso dos Itens que Compõem a Rota de Coleta Programada (tabela 33). Esta tabela descreve as peças que serão coletadas nesta rota, a quantidade de fornecedores visitados por este veículo, o peso, com embalagem/contenedores, de cada item coletado, assim como o volume das peças.

Tabela 33 - Cálculo do Volume e Peso dos itens que Compõem a Rota de Coleta Programada, *Milk Run*.

Sete coletas serão realizadas nesta rota. Portanto, sete fornecedores serão visitados.		
Peças coletadas	Peso por item transportado (kg)	Volume por item transportado (m ³)
A	2.394,00	1,73
B	1.851,15	1,05
C	1.391,00	7,13
D	413,00	5,25
E	669,46	1,73
F	1.515,00	1,01
G	1.963,50	10,10
Total	10.197,11	27,99

Cálculo do Rateamento do Custo de Transporte por Quantidade de Itens

– *Milk Run* (tabela 34). Esta tabela descreve os itens que serão coletados nesta rota, seus pesos ou volumes (adota-se o que for maior, ou o peso ou o volume) em termos de ocupação do veículo e rateia-se seu custo de transporte em função de sua porcentagem de ocupação. A referência utilizada, pelos operadores logísticos que executam esta operação para as indústrias automobilísticas nacionais, para compor o custo de cada item em função do peso ou volume necessário no veículo de transporte é definido em função da parcela que atingir primeiramente os seguintes limites: 300 kg ou 1m³. Isto significa dizer que dependendo do peso ou volume a ser transportado de cada item se cobrará financeiramente em função daquilo que se atingir primeiro ou os trezentos quilogramas (300 kg) ou um metro cúbico (1 m³).

Tabela 34 - Cálculo do Rateamento do Custo de Transporte por Quantidade de Itens, *Milk Run*.

Rateamento pela quantidade de itens transportado (peso ou volume)		
Obs.: Considerar o que for maior, peso ou volume de cada item.		
Peças Coletadas	Peso ou Volume	Rateio do Custo Transporte por Produto por Viagem
A	2.394	32,60
B	1.851,15	25,21
C	7,125	25,88
D	5,248	19,06
E	669,46	9,12
F	1.515	20,63
G	10,098	0,14
Custo Total Transporte		132,63

Comparação do Custos de Armazenagem – Sistemas Convencional e *Milk Run* (tabela 35). Esta tabela relata o custo de estoque do item “A” nos dois sistemas em análise, Convencional e *Milk Run*. Fica evidente a redução drástica do custo de estoque no sistema *Milk Run*, quando comparado com o sistema Convencional. Esta é a grande contribuição do sistema *Milk Run* (redução do custo de estoque) para as empresas estarem adotando o sistema de coleta programada de peças na indústria automobilística nacional.

Tabela 35 - Comparação dos Custos de Estoque
Sistemas: Convencional e *Milk Run*

Ce = Custo de Estoque Anual - Item "A"		
Item	<i>Ce - Milk Run</i>	<i>Ce - Convencional</i>
A	5.790,60	47.530,00
Total	5.790,60	47.530,00
Ganho Anual (%)	820,81%	

Comparação dos Custos de Pedido – Sistemas Convencional e *Milk Run* (tabela 36). Esta tabela relata a comparação dos custo pertinentes ao pedido de aquisição de peças, porém sem grande relevância em relação ao custo total do sistema anual. Foi adotado, conforme já descrito anteriormente no sistema Convencional, que para cada pedido de aquisição de materiais existiria um custo de pedido de uma unidade monetária, por isso no sistema Convencional, em relação ao item “A”, foi realizada 36,96 pedidos o que corresponde a 37 pedidos totalizando \$37 unidades monetárias de custo para o item “A”. Como no sistema *Milk Run* serão necessários 308 pedidos, do mesmo item “A”, este custo será de \$308 unidades monetárias.

Tabela 36 - Comparação dos Custos de Pedido**Sistemas: Convencional e *Milk Run***

Custo do Pedido Anual (<i>Cped</i>) - Item "A"		
Item	<i>Cped - Milk Run</i>	<i>Cped - Convencional</i>
A	308,00	36,96
Total	308,00	36,96
Aumento Anual (%)	833,33%	

Comparação dos Custos de Transportes – Sistemas Convencional e *Milk Run* (tabela 37). Esta tabela relata a comparação entre o custo de transporte dos dois sistema em análise e consta a redução anual de 241,58% se for utilizado o sistema *Milk Run* de abastecimento de suprimentos anual, utilizando o mesmo tipo de veículo para abastecimento de peças nos dois sistema em estudo, um *truck* de 12 toneladas.

Tabela 37 - Comparação dos Custos de Transporte**Sistemas: Convencional e *Milk Run***

Custo de Transporte Anual (<i>Ctransp</i>) – Item "A"		
Item	<i>Ctransp - Milk Run</i>	<i>Ctransp - Convencional</i>
A	10.041,66	24.258,55
Total	10.041,66	24.258,55
Ganho Anual (%)	241,58%	

Comparação de Custo Total entre os dois Sistemas – Convencional e *Milk Run* (tabela 38). Esta tabela demonstra o somatório dos custos totais de cada sistema em análise (custo de aquisição, custo de pedido, custo de estoque e custo de transporte). Pelos resultados percebe-se que o sistema *Milk Run* apresentou um custo total superior em 1,2% comparado com o sistema Convencional. Porém, o

diferencial entre os dois valores analisados (*Milk Run* e Convencional) está no custo de aquisição de peças, que no sistema Convencional, por possuir desconto maior no custo unitário de compra, comprando um tamanho de lote de 5.000 unidades, resultou num custo total menor para este sistema, mas nada impede que o mesmo percentual de desconto seja também oferecido para a montadora, quando se está trabalhando com o sistema *Milk Run*.

Tabela 38 - Comparação de Custo Total entre os dois Sistemas Convencional e *Milk Run*

Custo Total do Sistema Anual – Item “A”		
Item	<i>Milk Run</i>	Convencional
A	17.851.188,26	17.638.913,51
Total	17.851.188,26	17.638.913,51
Redução Total Anual (%)	-1,2 %	

Comparação entre os Indicadores de Rotatividade Anual dos Sistemas Convencional e *Milk Run* (tabela 39). Esta tabela demonstra o indicador de rotatividade dos dois sistemas, assim como a cobertura média em dias de cada um.

Tabela 39 - Comparação entre Indicador de Rotatividade Anual Sistemas Convencional e *Milk Run*

Indicador de Rotatividade Anual (<i>Ra</i>) – Item “A”		
Item	<i>Ra - Milk Run</i>	<i>Ra - Convencional</i>
A	616,00	36,96
Cobertura Média / CM (Dias)	0,43	7,14

5.3 – Conclusão da Comparação entre os Cálculos Efetuados dos Sistemas: *Milk Run* e Convencional (Itens 5.1 e 5.2)

Os parâmetros iniciais, para efeito de cálculo, foram os mesmos utilizados nos dois modelos em análise, o Convencional e o *Milk Run*.

- Sistema Convencional

Iniciaram-se os cálculos dos custos relativos ao sistema Convencional inserindo a demanda (D) do componente “A” para o período anual (184.800 unidades – tabela 3). Desta forma, a montadora estaria produzindo setecentos veículos por dia com jornada de trabalho útil de oito horas, com duzentos e sessenta e quatro (264) dias disponíveis por ano (tabela 4). Adotou-se um custo de pedido (C_{ped}) de uma unidade monetária (tabela 3) e estipulou-se uma taxa de estoque (I) de vinte por cento (tabela 3), independente da quantidade adquirida de peças. Nos valores de custos unitários de compra (C_{unit}), adotou-se que para a aquisição de lote de até três mil quatrocentos e noventa e nove unidades (3.499 unid.), do componente “A”, a montadora pagaria o preço normal sem desconto de noventa e sete (\$97) unidades monetárias por cada peça (tabela 3). Para lotes maiores que esta quantidade e menores que cinco mil unidades (5.000 unid.) a montadora teria um desconto de um por cento (1%) do valor de custo unitário de compra (C_{unit} - tabela 3). Para lotes maiores que cinco mil unidades (5.000 unid.) a montadora teria um desconto unitário de dois por cento (2% - tabela 3).

Como o tamanho do lote está variando de uma em uma unidade (tabela 5), chega-se ao tamanho ótimo do lote de aquisição, quando se obtém o menor custo total do sistema anual (CTSA – tabela 8) onde está inserido o custo de transporte para cada tamanho diferente de lote. Neste caso, o tamanho ótimo do lote de aquisição, que representa o menor custo total anual do sistema, é de cinco mil unidades (tabela 10), totalizando um custo total anual de dezessete milhões seiscentos e trinta e oito mil, novecentos e treze unidades monetárias e cinquenta e um centavos (\$17.638.913,51 – tabela 11). Este custo total está composto da seguinte forma:

Tabela 40 – Composição dos Custos – Sistema Convencional

Lote de 5.000 unidades do Item “A”		
Custo de Estoque	(<i>Ca</i>)	\$ 47.530,00
Custo do Número de Pedidos	(<i>Cped</i>)	\$ 36,96
Custo de Transporte	(<i>Ctransp</i>)	\$ 24.258,55
Custo Aquisição	(<i>Caq</i>)	\$ 17.567.088,00

O indicador de rotatividade (*Ra*) do item “A”, no sistema Convencional, foi de aproximadamente quarenta vezes (39,96) com uma cobertura média (*CM*) de sete dias e meio (tabela 12).

- Sistema Milk Run

Neste sistema, fazendo o estudo com o mesmo componente (item “A”) utilizado no sistema Convencional, adotou-se a demanda semanal ao invés da anual,

pois foi utilizado o sistema *kanban* de cartões para gerenciar a aquisição de peças necessárias, seria o conceito de *Milk Run* dinâmico e não estático, visa-se trabalhar com a filosofia *Just-in-Time* e as peças serão requisitadas pela montadora conforme sua necessidade, podendo mudar a rota do veículo que executa a operação *Milk Run* a cada viagem de coleta de peças junto aos fornecedores. Desta forma, a demanda anual (184.800 unidades – tabela 16) foi dividida pelo número de dias úteis de trabalho (264 dias – tabela 16) resultando em uma demanda diária de setecentas peças do item “A” (700 pçs – tabela 16) com uma demanda semanal de três mil e quinhentas peças (3.500 pçs – tabela 16) por cinco dias úteis de trabalho, por semana. O custo de pedido (C_{ped}) utilizado foi de uma unidade monetária (tabela 16), o mesmo utilizado no sistema Convencional (tabela 3). A taxa de estoque utilizada foi de vinte por cento (tabela 16) para o período, a mesma utilizada no sistema Convencional (tabela 3). O custo unitário de aquisição utilizado foi de noventa e seis unidades monetárias e cinquenta e um centavos que corresponde a noventa e nove e meio por cento (99,5%) do custo normal sem desconto (tabela 16). Este valor utilizado no estudo de comparação foi decorrente de se obter um desconto de meio por cento (0,5%) no custo unitário de compra (C_{unit}) do componente em função da montadora estar coletando a peça diretamente na planta do fornecedor.

O contenedor (embalagem) utilizado no sistema Convencional, que comporta cinquenta peças (tabela 4) será o mesmo utilizado no sistema *Milk Run* para efeito de cálculo (tabela 16). O tempo total da viagem levou em consideração passar em até sete (7) fornecedores em uma determinada rota, com tempo médio de carregamento de trinta minutos (30 min.) em cada um, com uma hora e quarenta e

cinco minutos (1 hora e 45 min.) para percorrer todo o percurso e retornar à montadora, com tempo de quarenta minutos (40 min.) para descarregar todas as peças na montadora (tabela 31) e mais cinco minutos (5 min.) para disponibilizar as peças para a linha de montagem de automóveis (tabela 17).

O dias úteis de trabalho são os mesmos utilizados no sistema Convencional, duzentos e sessenta e quatro (264) com oito horas úteis. O tipo de veículo utilizado, em termos de capacidade, é o mesmo do sistema Convencional, um veículo *truck* de doze toneladas (12t.) com quarenta e cinco metros cúbicos de capacidade volumétrica bruta (45m^3 – tabela 18).

Adotou-se um fator de segurança, para o sistema de movimentação em relação a possíveis problemas no trânsito, de quinze por cento (15%) para o gerenciamento de peças via cartões *kanban* (tabela 19). O número de cartões encontrado, para a peça “A”, foi vinte e quatro no sistema *Milk Run* (tabela 20), sendo que doze cartões permanecem na montadora e os outros doze cartões no fornecedor. Desta forma, em cada viagem de coleta o veículo transportará, no máximo, seiscentas peças “A” (tabela 21) e terá que executar mais de uma operação de coleta programada por dia, para este componente.

Senso assim, o custo total do sistema anual (CTSA), da peça “A” foi de dezessete milhões oitocentos e cinqüenta e um mil, cento e oitenta e oito unidades monetária e cinqüenta e um centavos (\$17.851.188,26 – tabela 25). Este custo total está composto da seguinte forma:

Tabela 41 – Composição dos Custos – Sistema *Milk Run*

Lote de 600 unidades do Item “A”		
Custo de Estoque	(<i>Ca</i>)	\$ 5.790,60
Custo do Número de Pedidos	(<i>Cped</i>)	\$ 308,00
Custo de Transporte	(<i>Ctransp</i>)	\$ 10.041,66
Custo Aquisição	(<i>Caq</i>)	\$ 17.835.048,00

O indicador de rotatividade (*Ra*) deste componente foi de seiscentos e dezesseis vezes (616) com uma cobertura média (*CM*) 0,43 dia (tabela 26).

Portanto, o custo total do sistema anual (*CTSA*) no processo *Milk Run* superou em 1,2 pontos percentuais o custo total do sistema anual (*CTSA*) no processo Convencional (tabela 38). Porém, ao comparar os custos, como demonstrados nas tabelas 40 e 41 acima, percebe-se que o ganho maior do sistema Convencional está no desconto do custo unitário (*Cunit*) oferecido pelo fornecedor em função da quantidade adquirida por lote. Este ponto pode ser melhorado no sistema *Milk Run* em função da parceria ou relacionamento entre as partes (fornecedor/montadora), porém a maior contribuição do sistema *Milk Run* está na redução do estoque na cadeia de suprimentos. Como demonstrado nas duas tabelas (40 e 41) a redução do custo de estoque no sistema *Milk Run* foi de 820% (tabela 35) em relação ao sistema Convencional. O custo de pedido (*Cped*) no sistema *Milk Run* foi superior em 833% (tabela 36) em relação ao sistema Convencional, porém é um custo quase insignificante em relação ao custo total do sistema anual. O custo de transporte, foi inferior no sistema *Milk Run* em 241% comparado com o mesmo custo de transporte do sistema denominado Convencional (tabela 37).

5.4 – Análise Paramétrica entre os dois Sistemas em Estudo

Será apresentado, neste tópico do trabalho, uma análise paramétrica variando a demanda (de 13.200 unidades/ano até 277.200 unidades/ano) e se analisarão os possíveis tamanhos diferentes de lotes de abastecimento (Q) do item “A”. Desta forma, serão estudados quais são os tipos diferentes de veículos e os custos de transporte, em função da variação da demanda, pertinentes aos dois sistemas, Convencional e *Milk Run*. Será analisado os *trade-offs* existentes em cada sistema, com a variação da demanda, assim como os *trade-offs* existentes entre os dois sistemas em função do tamanho do lote de abastecimento.

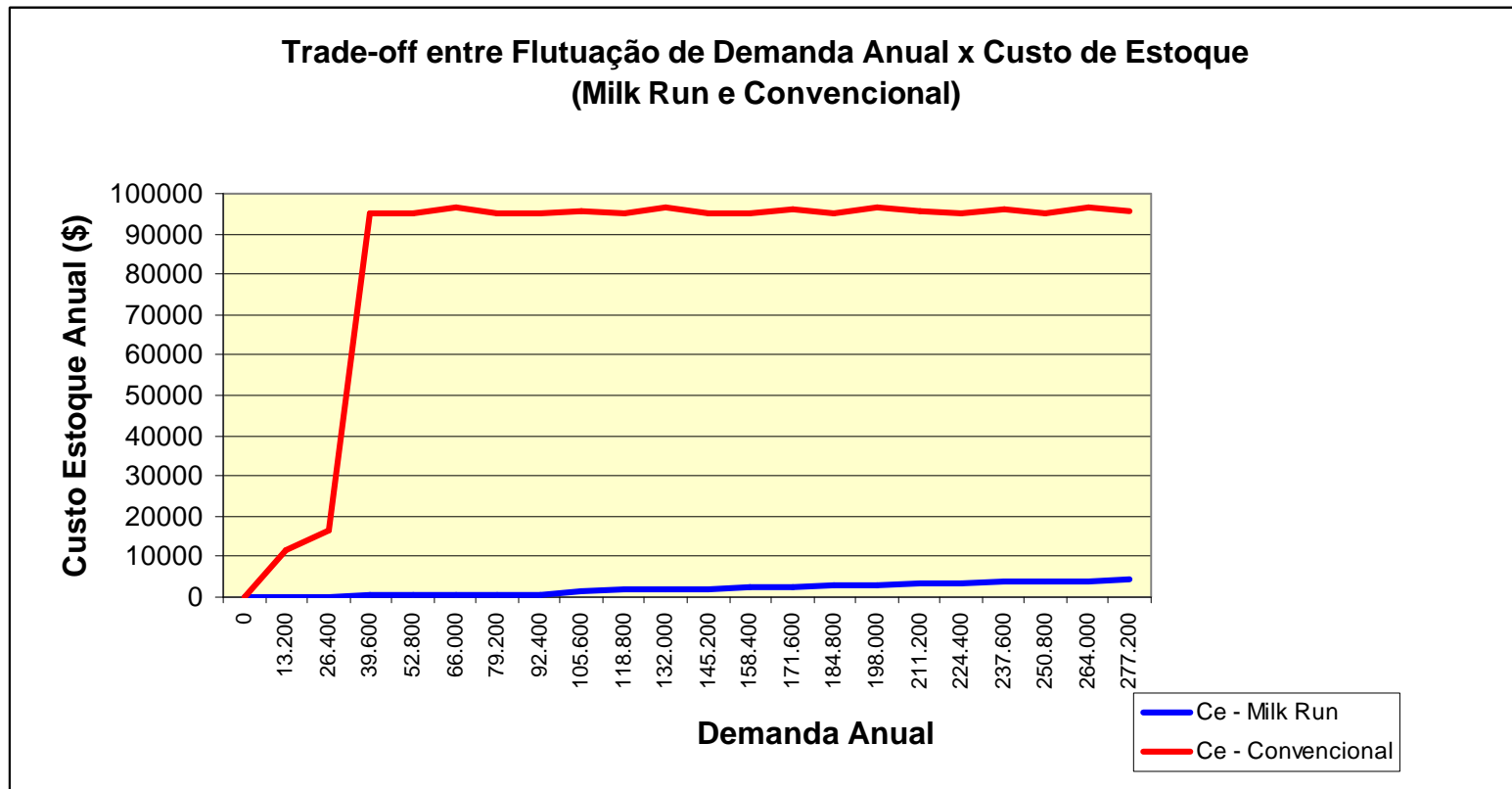
Na comparação entre os dois sistemas (itens 5.1 e 5.2) foi utilizada uma demanda anual constante de 184.800 unidades do item “A” por ano para os dois modelos e o mesmo veículo, em termos de capacidade (peso e volume) para os dois sistemas também. O estudo será realizado abordando uma flutuação de demanda anual para os dois casos e se estudará seus efeitos referente aos custos, giro de estoque, cobertura média e tipos de veículos (em função do peso e volume) utilizados para o transporte das peças. Desta forma, poderá se obter a relação de *trade-offs* entre os dois sistemas em estudo.

Conforme tabela 42, apresentada abaixo, variando a demanda anual (flutuação de demanda), o custo de estoque (C_e) no sistema *Milk Run* aumenta muito pouco comparado com o custo de estoque (C_e) do sistema Convencional, também demonstrado pelo gráfico 3.

Tabela 42 – Trade-off entre Custo de Estoque e Demanda Anual

Demanda Anual (D)	Milk Run (C_e)	Convencional (C_e)
0	0,00	0,00
13.200	118,83	11.640,00
26.400	237,65	16.528,80
39.600	356,48	95.060,00
52.800	356,48	95.060,00
66.000	475,30	96.523,92
79.200	594,13	95.060,00
92.400	712,95	95.060,00
105.600	1.663,55	95.611,35
118.800	1.901,20	95.060,00
132.000	2.138,85	96.523,92
145.200	2.138,85	95.193,08
158.400	2.376,50	95.060,00
171.600	2.614,15	95.972,58
184.800	2.851,80	95.060,00
198.000	3.089,45	96.523,92
211.200	3.327,10	95.611,35
224.400	3.564,75	95.060,00
237.600	3.802,40	96.124,67
250.800	3.802,40	95.364,19
264.000	4.040,05	96.523,92
277.200	4.277,70	95.820,48

Gráfico 3

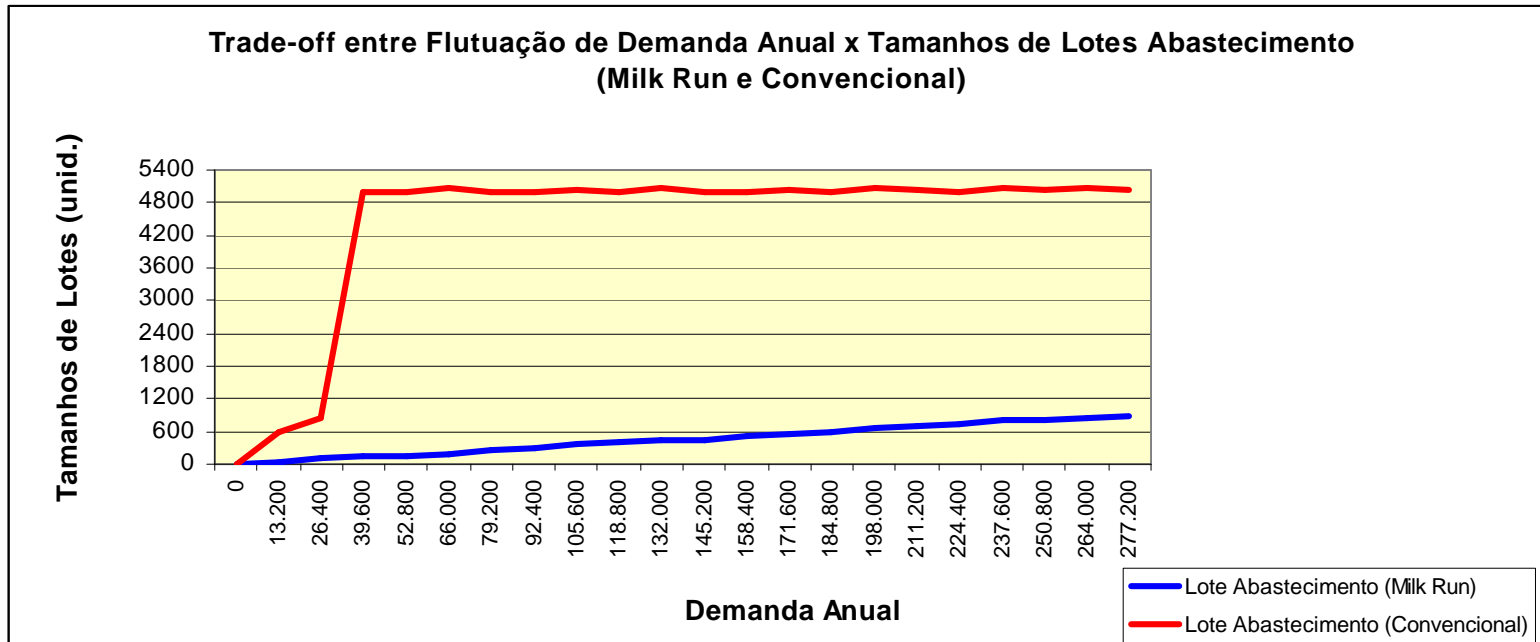


A tabela 43, apresentada a seguir, representa os tamanhos dos lotes de abastecimento (Q) em função da variação da demanda anual (D). Porém, percebe-se que no sistema *Milk Run* a variação do tamanho do lote é proporcional a variação do aumento da demanda. Mesmo variando a demanda, pouca alteração ocorreu nos tamanhos de lotes do sistema Convencional, conforme gráfico 4.

Tabela 43 – Tamanho do Lote em Função da Variação da Demanda

Demanda Anual (D)	Tamanho Lote (<i>Milk Run</i>)	Tamanho Lote (Convencional)
0	0	0
13.200	50	600
26.400	100	852
39.600	150	5000
52.800	150	5000
66.000	200	5077
79.200	250	5000
92.400	300	5000
105.600	350	5029
118.800	400	5000
132.000	450	5077
145.200	450	5007
158.400	500	5000
171.600	550	5048
184.800	600	5000
198.000	650	5077
211.200	700	5029
224.400	750	5000
237.600	800	5056
250.800	800	5016
264.000	850	5077
277.200	900	5040

Gráfico 4

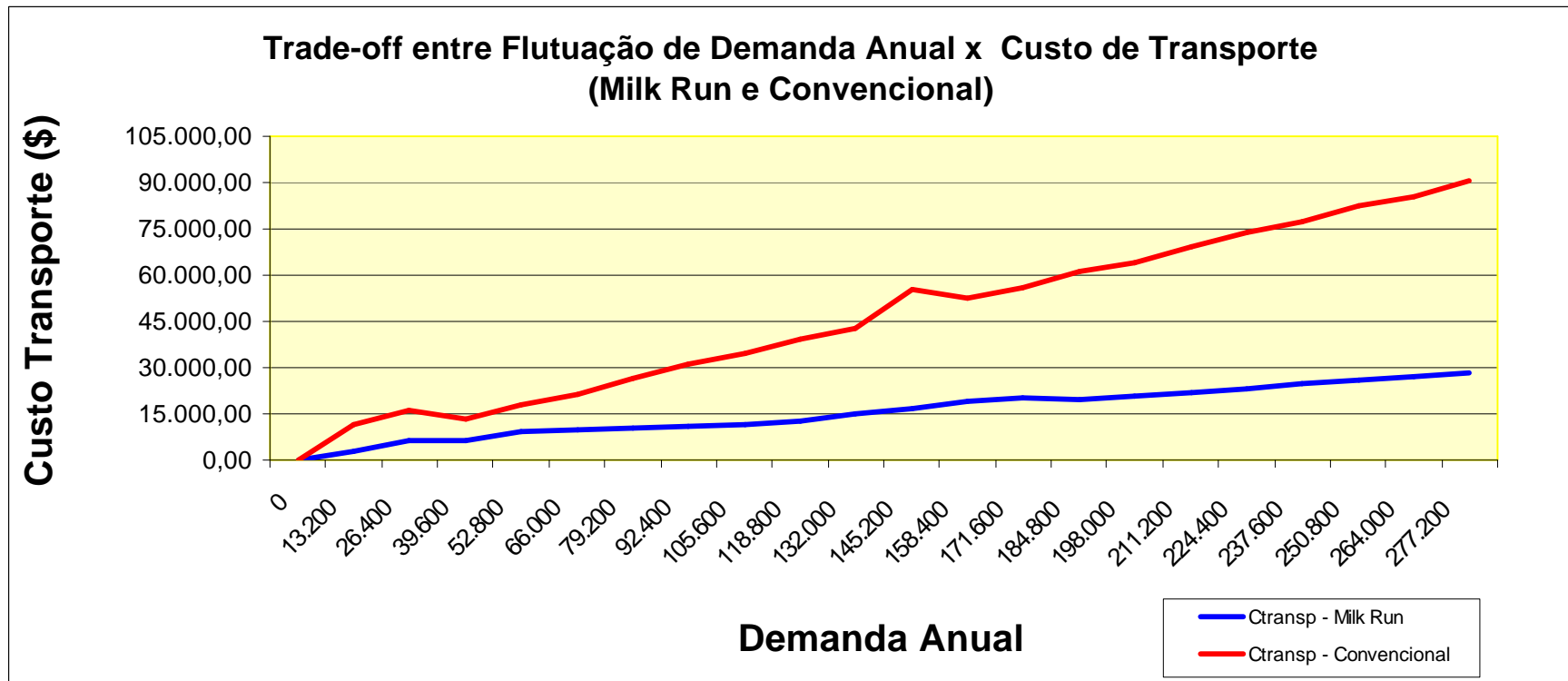


O custo de transporte (C_{transp}) no sistema *Milk Run* tende a aumentar menos com a variação da demanda anual (D) se comparado com o mesmo custo no sistema Convencional, conforme representado na tabela 44 e no gráfico 5.

Tabela 44 – Relação entre o Custo de Transporte com a Variação da Demanda

Demanda Anual (D) – unid.	<i>Milk Run</i> (C_{transp}) - \$	Convencional (C_{transp}) - \$
0	0,00	0,00
13.200	3.032,40	11.628,00
26.400	6.173,70	16.384,91
39.600	6.455,35	13.169,45
52.800	8.986,96	18.108,00
66.000	9.699,22	21.400,36
79.200	10.164,14	26.338,91
92.400	11.131,56	31.277,45
105.600	11.487,05	34.569,82
118.800	12.924,62	39.508,36
132.000	15.175,76	42.800,73
145.200	16.672,69	55.648,36
158.400	18.752,63	52.677,82
171.600	20.302,53	55.970,18
184.800	19.484,34	60.908,73
198.000	20.902,44	64.201,09
211.200	21.861,47	69.139,64
224.400	23.267,89	74.078,18
237.600	24.570,89	77.370,55
250.800	25.977,30	82.309,09
264.000	26.837,07	85.601,45
277.200	28.141,61	90.540,00

Gráfico 5

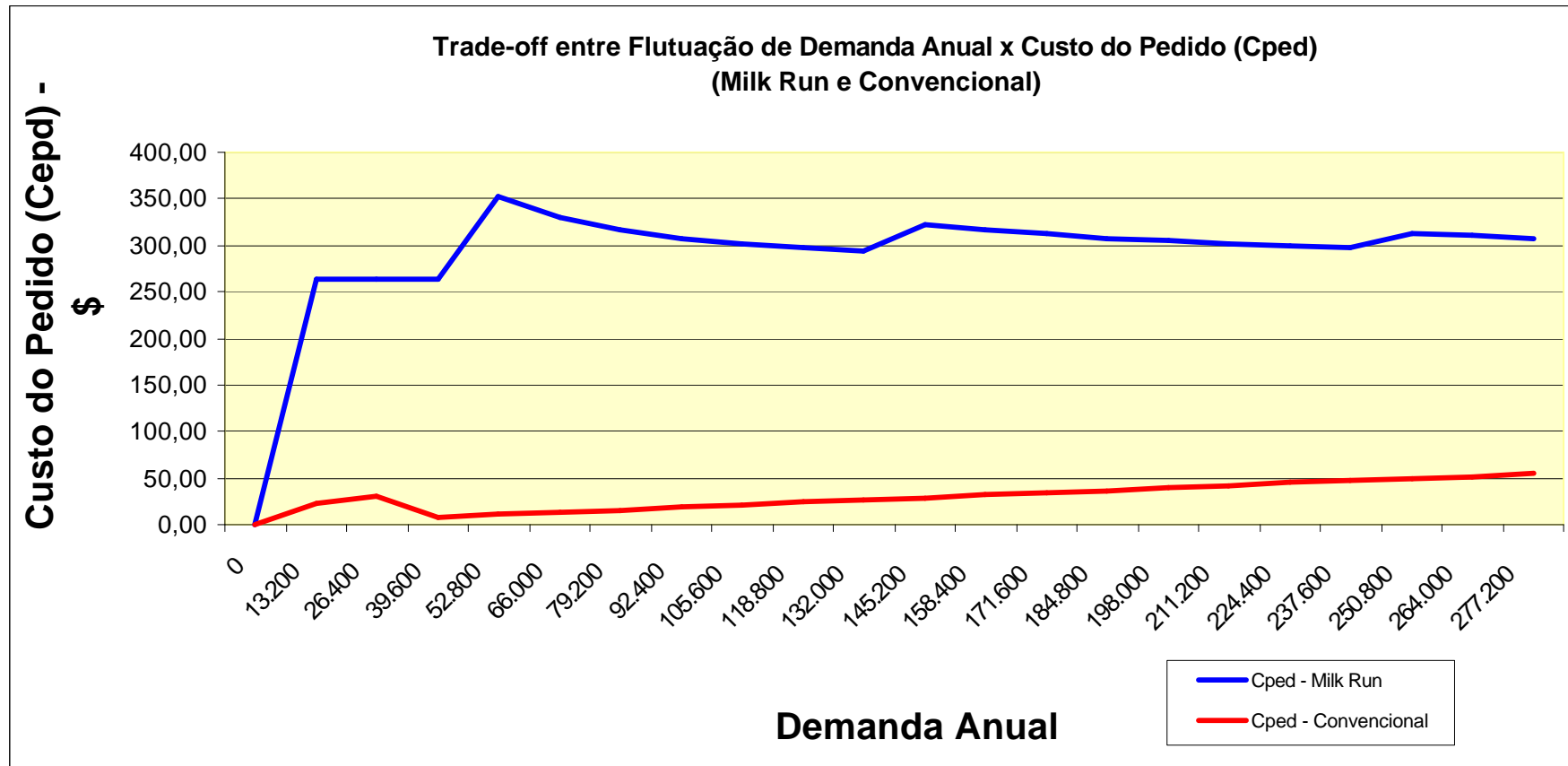


O custo de pedido (C_{ped}) é maior no sistema *Milk Run* se comparado ao sistema Convencional, porém é um custo considerado quase insignificante para o custo total do sistema anual. A tabela 45 relata estes custos e o gráfico 6 representa seus *trade-offs* em função da variação da demanda anual (flutuação da demanda).

Tabela 45 – Trade-off entre Custo de Pedido x Demanda Anual

Demanda Anual (D)	<i>Milk Run</i> (C_{ped})	Convencional (C_{ped})
0	0,00	0,00
13.200	264,00	22,00
26.400	264,00	30,99
39.600	264,00	7,92
52.800	352,00	10,56
66.000	330,00	13,00
79.200	316,80	15,84
92.400	308,00	18,48
105.600	301,71	21,00
118.800	297,00	23,76
132.000	293,33	26,00
145.200	322,67	29,00
158.400	316,80	31,68
171.600	312,00	33,99
184.800	308,00	36,96
198.000	304,62	39,00
211.200	301,71	42,00
224.400	299,20	44,88
237.600	297,00	46,99
250.800	313,50	50,00
264.000	310,59	52,00
277.200	308,00	55,00

Gráfico 6

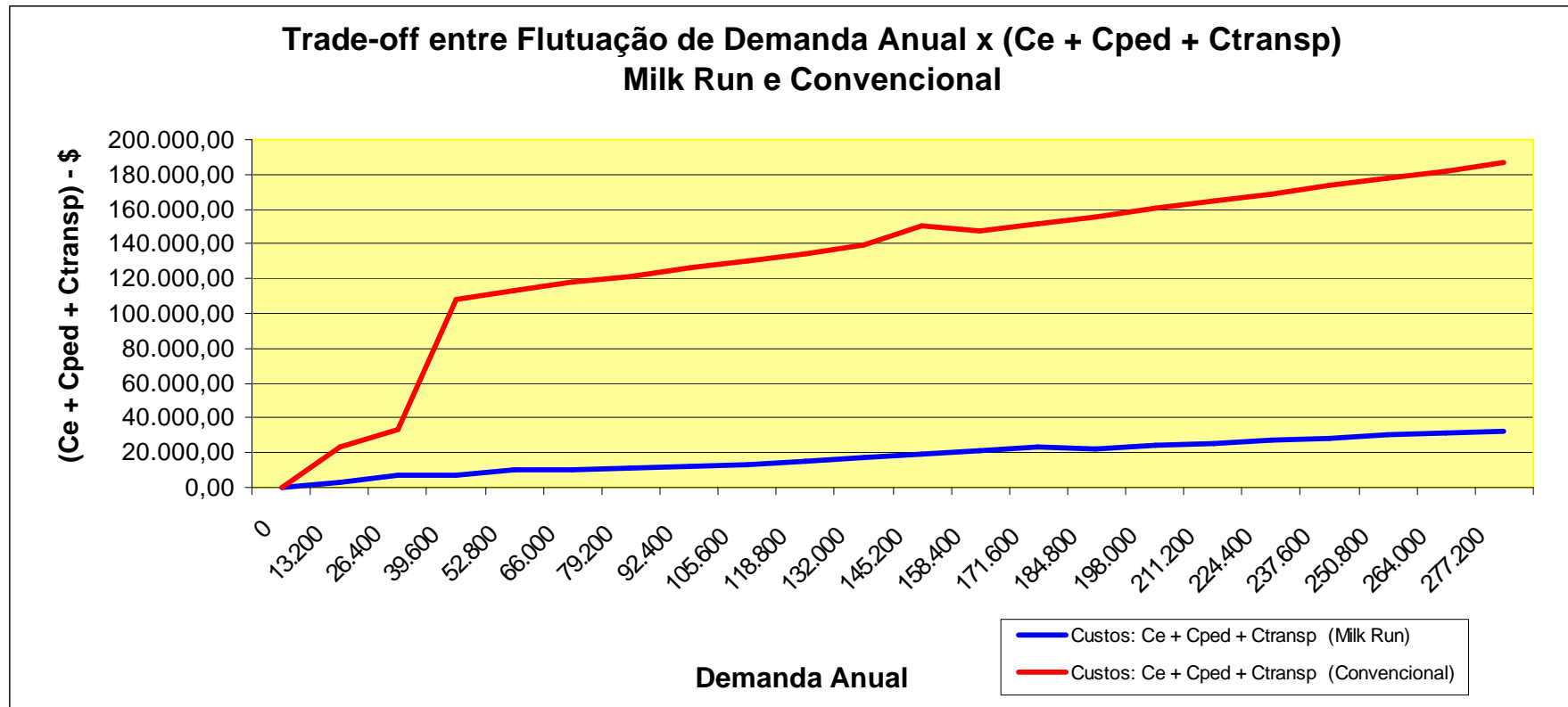


A tabela 46 apresenta o somatório do custo do pedido (C_{ped}) mais o custo de estoque (C_e) mais o custo de transporte (C_{transp}) dos dois sistemas, comparado-os com a variação da demanda anual (flutuação da demanda) e o gráfico 7 representa este *trade-off*.

Tabela 46 – Trade-off entre $C_e + C_{ped} + C_{transp}$ e Demanda Anual

Demanda Anual (D)	$C_e+C_{ped}+C_{transp}$ (MR)	$C_e+C_{ped}+C_{transp}$ (Convenc.)
0	0,00	0,00
13.200	3.415,23	23.290,00
26.400	6.675,35	32.944,70
39.600	7.075,83	108.237,37
52.800	9.695,43	113.178,56
66.000	10.504,52	117.937,29
79.200	11.075,07	121.414,75
92.400	12.152,51	126.355,93
105.600	13.452,31	130.202,16
118.800	15.122,82	134.592,12
132.000	17.607,94	139.350,65
145.200	19.134,20	150.870,45
158.400	21.445,93	147.769,50
171.600	23.228,68	151.976,75
184.800	22.644,14	156.005,69
198.000	24.296,51	160.764,01
211.200	25.490,29	164.792,98
224.400	27.131,84	169.183,06
237.600	28.670,29	173.542,21
250.800	30.093,20	177.723,28
264.000	31.187,70	182.177,38
277.200	32.727,31	186.415,48

Gráfico 7

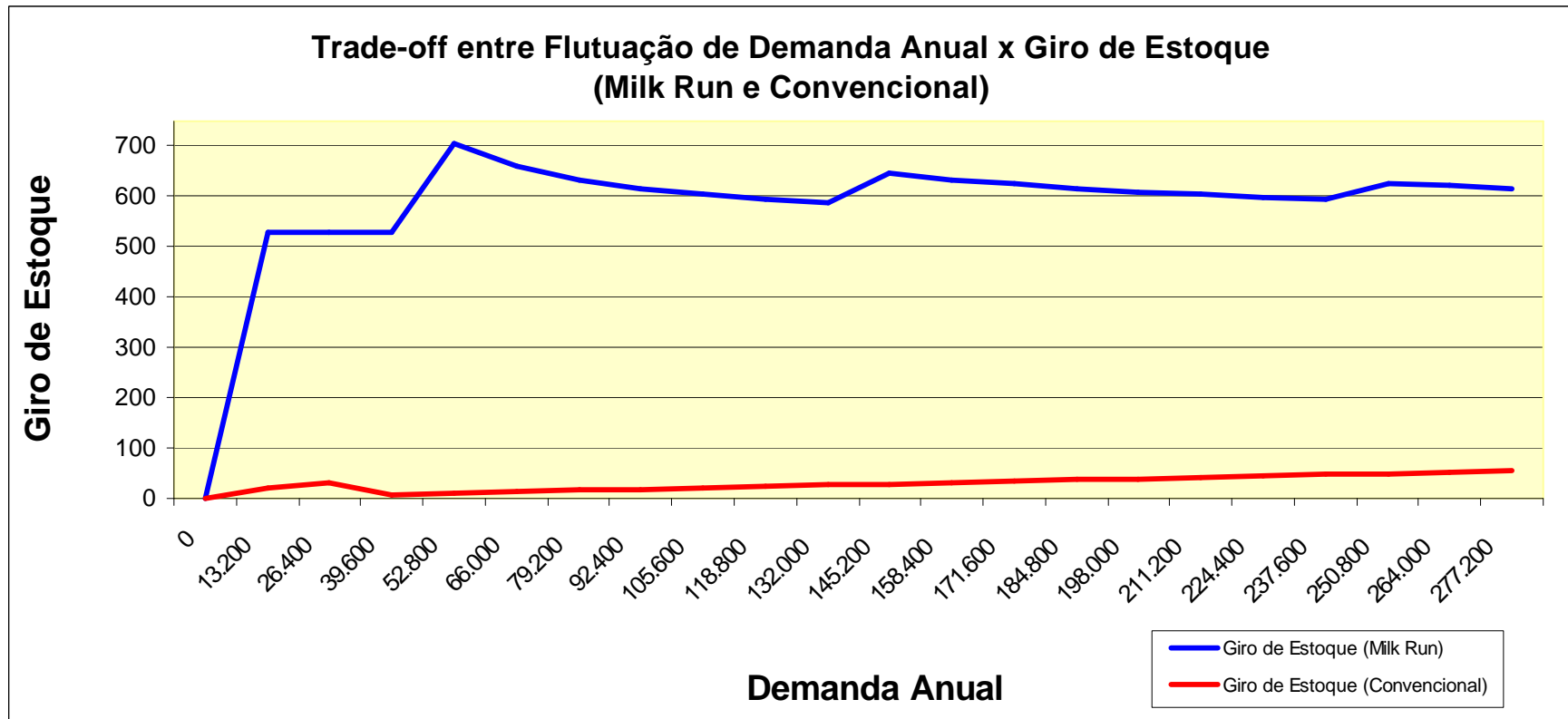


A tabela 47 representa a o giro de estoque (Ra) de cada sistema em análise, em função da variação da demanda anual (flutuação da demanda). Nota-se que, no sistema *Milk Run* o giro de estoque do item “A” é maior em relação ao sistema Convencional. O gráfico 8 relata este *trade-off* entre os dois sistemas.

Tabela 47 – Trade-off entre Giro de Estoque e Demanda Anual

Demanda Anual (D)	<i>Milk Run - Ra</i>	Convencional - Ra
0	0,00	0,00
13.200	528,00	22,00
26.400	528,00	30,99
39.600	528,00	7,92
52.800	704,00	10,56
66.000	660,00	13,00
79.200	633,60	15,84
92.400	616,00	18,48
105.600	603,43	21,00
118.800	594,00	23,76
132.000	586,67	26,00
145.200	645,33	29,00
158.400	633,60	31,68
171.600	624,00	33,99
184.800	616,00	36,96
198.000	609,23	39,00
211.200	603,43	42,00
224.400	598,40	44,88
237.600	594,00	46,99
250.800	627,00	50,00
264.000	621,18	52,00
277.200	616,00	55,00

Gráfico 8

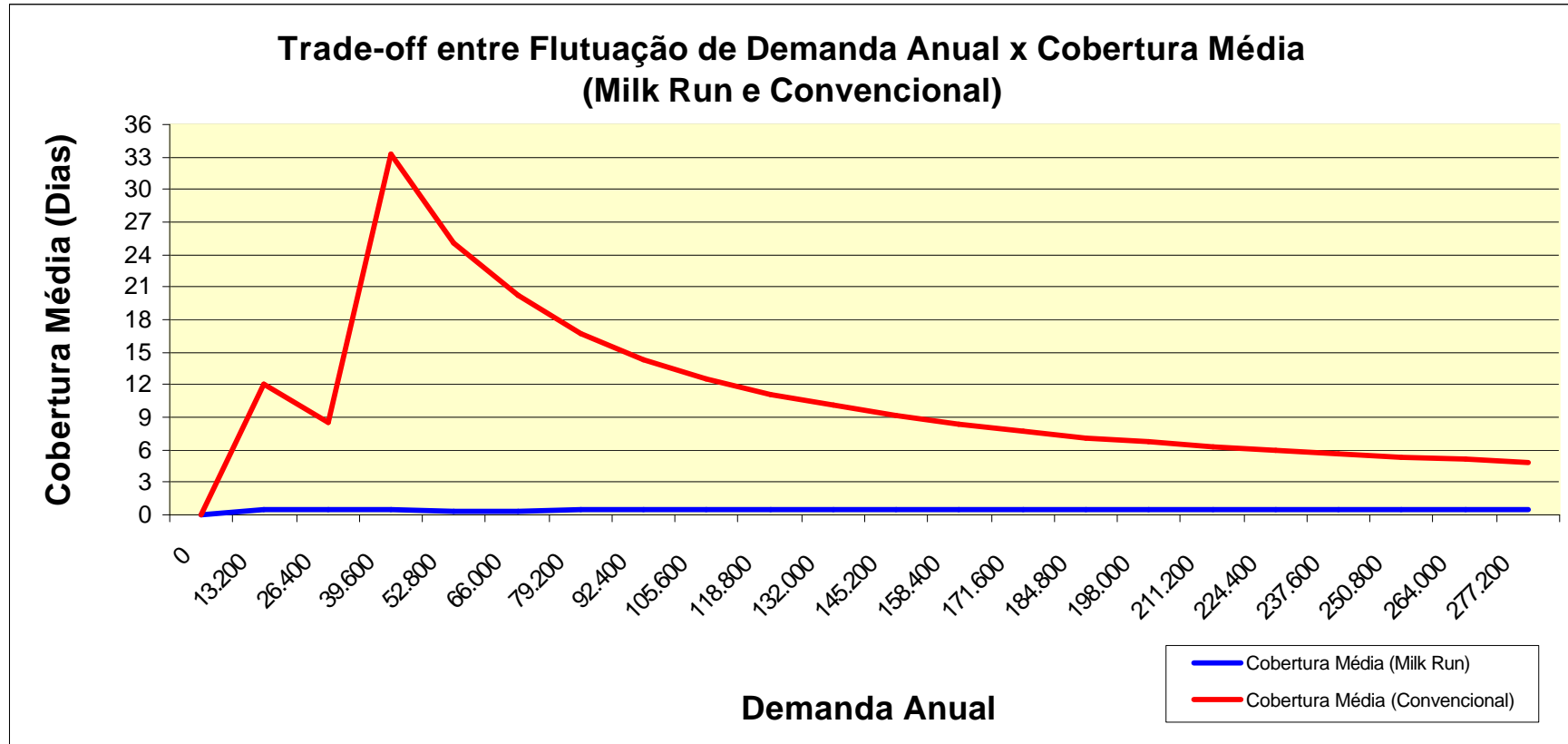


A tabela 48 representa a cobertura média (*CM*) do item “A” no estoque em termos de dias em função da variação da demanda (flutuação da demanda). No sistema *Milk Run* a cobertura média, em termos de dias, é bem menor, pois o estoque médio no sistema também é menor como apresentado no gráfico 9.

Tabela 48 – Trade-off entre Cobertura Média e Demanda anual

Demanda Anual (D)	Milk Run (CM - Dias)	Convencional (CM - Dias)
0	0,00	0,00
13.200	0,50	12,00
26.400	0,50	8,52
39.600	0,50	33,33
52.800	0,38	25,00
66.000	0,40	20,31
79.200	0,42	16,67
92.400	0,43	14,29
105.600	0,44	12,57
118.800	0,44	11,11
132.000	0,45	10,15
145.200	0,41	9,10
158.400	0,42	8,33
171.600	0,42	7,77
184.800	0,43	7,14
198.000	0,43	6,77
211.200	0,44	6,29
224.400	0,44	5,88
237.600	0,44	5,62
250.800	0,42	5,28
264.000	0,43	5,08
277.200	0,43	4,80

Gráfico 9

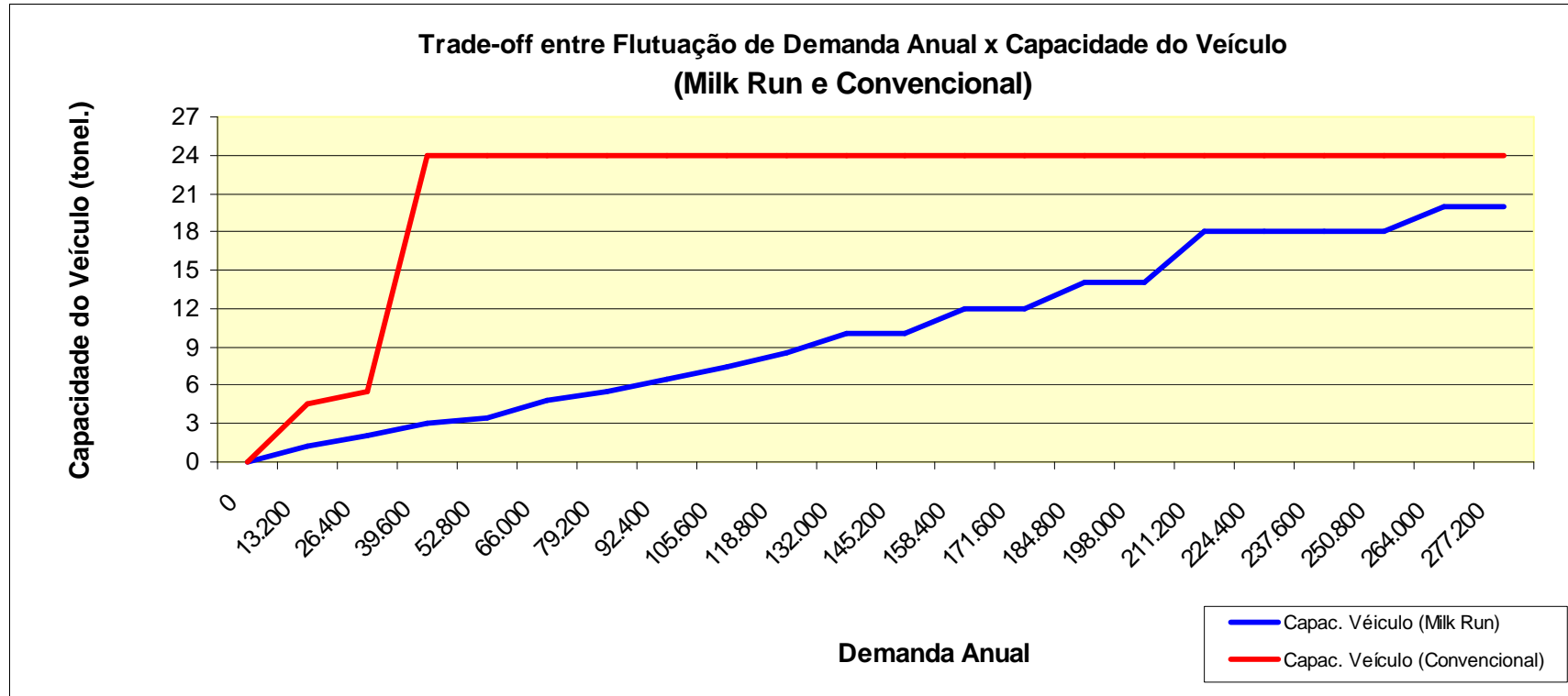


A tabela 49 relata a capacidade do veículo em função da variação da demanda anual, ou seja, dependendo da variação da demanda tem-se um tamanho do lote de abastecimento do item “A”. O gráfico 10 representa o *trade-off* entre o tamanho do lote de abastecimento e a capacidade do veículo nos dois sistemas, *Milk Run* e Convencional.

Tabela 49 – Trade-off entre Capacidade do Veículo e Demanda Anual

Demanda Anual (D)	Capac. Veículo (MR) – ton.	Capac. Veículo (Conv.) – ton.
0	0,00	0,00
13.200	1,20	4,50
26.400	2,00	5,50
39.600	3,00	24,00
52.800	3,50	24,00
66.000	4,80	24,00
79.200	5,50	24,00
92.400	6,50	24,00
105.600	7,50	24,00
118.800	8,50	24,00
132.000	10,00	24,00
145.200	10,00	24,00
158.400	12,00	24,00
171.600	12,00	24,00
184.800	14,00	24,00
198.000	14,00	24,00
211.200	18,00	24,00
224.400	18,00	24,00
237.600	18,00	24,00
250.800	18,00	24,00
264.000	20,00	24,00
277.200	20,00	24,00

Gráfico 10

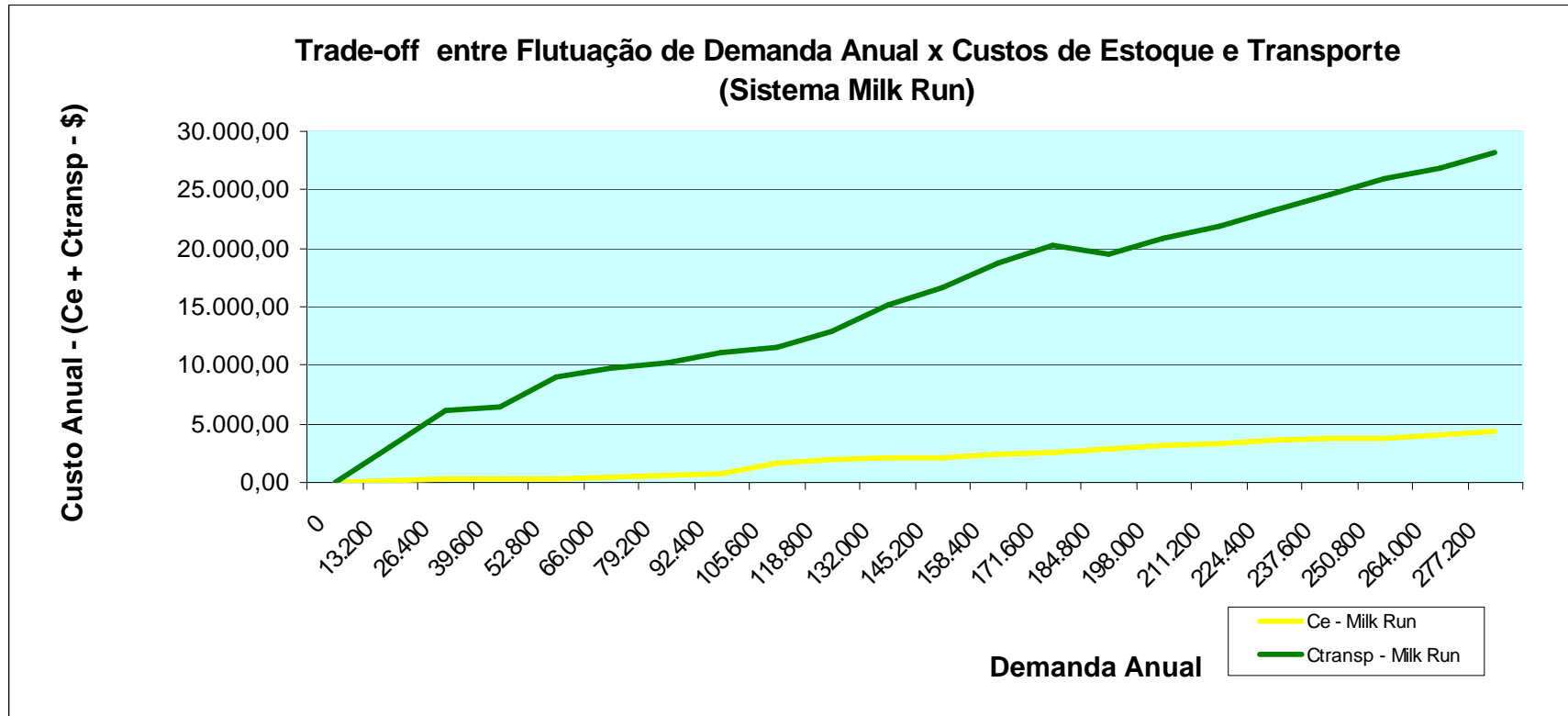


A tabela 50 representa a relação entre o custo de estoque (C_e) e custo de transporte (C_{transp}) em função da variação da demanda anual (D) no sistema *Milk Run*. O gráfico 11 relata o *trade-off* entre estes dois custos e como acontecem as variações em função da flutuação de demanda anual.

Tabela 50 – Trade-off entre o custo de estoque e transporte em função da demanda anual no sistema *Milk Run*

Demanda Anual (D) – unid.	<i>Milk Run</i> (C_e) - \$	<i>Milk Run</i> (C_{transp}) - \$
0	0,00	0,00
13.200	118,83	3.032,40
26.400	237,65	6.173,70
39.600	356,48	6.455,35
52.800	356,48	8.986,96
66.000	475,30	9.699,22
79.200	594,13	10.164,14
92.400	712,95	11.131,56
105.600	1.663,55	11.487,05
118.800	1.901,20	12.924,62
132.000	2.138,85	15.175,76
145.200	2.138,85	16.672,69
158.400	2.376,50	18.752,63
171.600	2.614,15	20.302,53
184.800	2.851,80	19.484,34
198.000	3.089,45	20.902,44
211.200	3.327,10	21.861,47
224.400	3.564,75	23.267,89
237.600	3.802,40	24.570,89
250.800	3.802,40	25.977,30
264.000	4.040,05	26.837,07
277.200	4.277,70	28.141,61

Gráfico 11

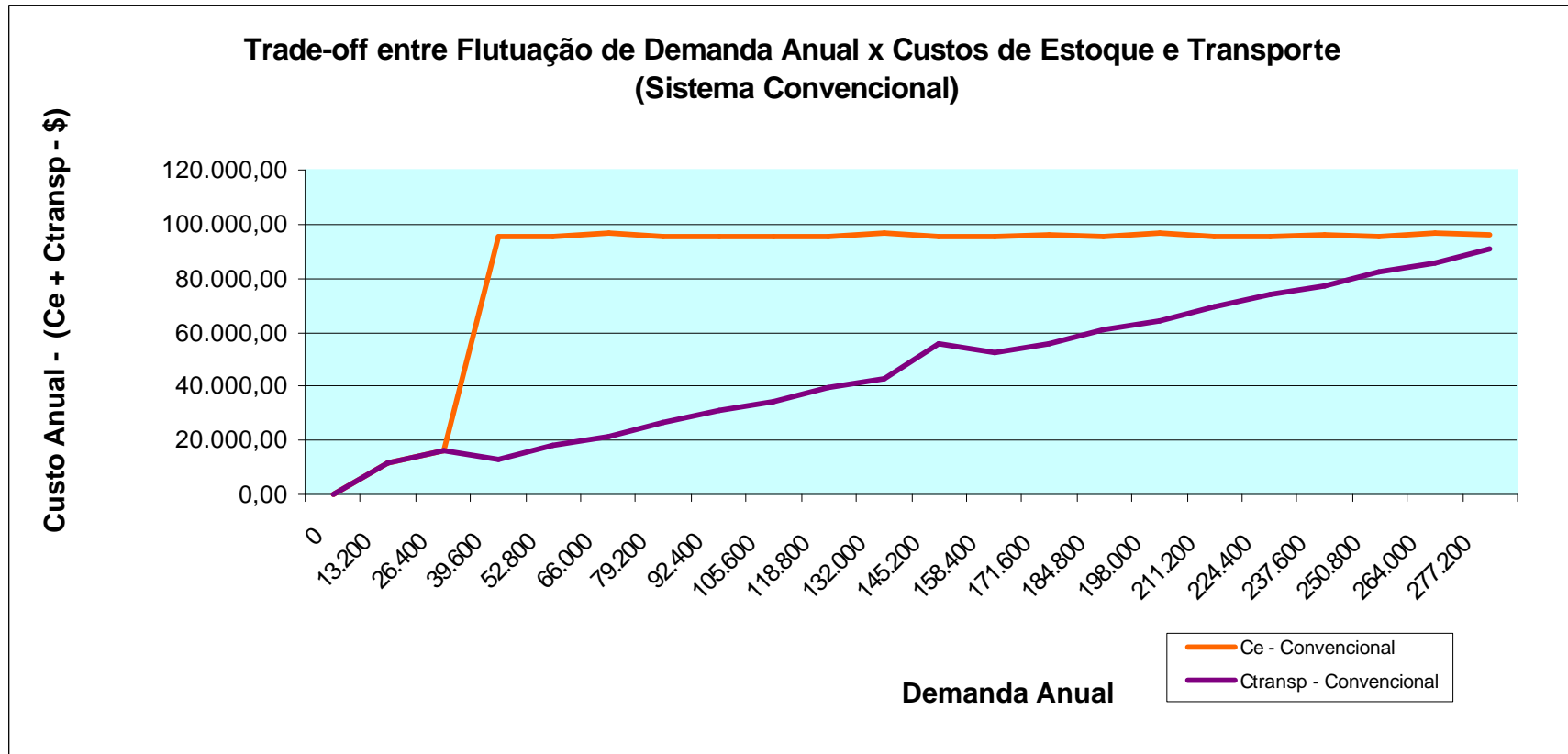


A tabela 51 representa a relação entre o custo de estoque (C_e) e custo de transporte (C_{transp}) em função da variação da demanda anual (D) no sistema Convencional. O gráfico 12 relata o *trade-off* entre estes dois custos e como acontecem as variações em função da flutuação de demanda anual.

Tabela 51 – Trade-off entre o custo de estoque e transporte em função da demanda anual no sistema Convencional

Demanda Anual (D) – unid.	Convencional (C_e) - \$	Convencional (C_{transp}) - \$
0	0,00	0,00
13.200	11.640,00	11.628,00
26.400	16.528,80	16.384,91
39.600	95.060,00	13.169,45
52.800	95.060,00	18.108,00
66.000	96.523,92	21.400,36
79.200	95.060,00	26.338,91
92.400	95.060,00	31.277,45
105.600	95.611,35	34.569,82
118.800	95.060,00	39.508,36
132.000	96.523,92	42.800,73
145.200	95.193,08	55.648,36
158.400	95.060,00	52.677,82
171.600	95.972,58	55.970,18
184.800	95.060,00	60.908,73
198.000	96.523,92	64.201,09
211.200	95.611,35	69.139,64
224.400	95.060,00	74.078,18
237.600	96.124,67	77.370,55
250.800	95.364,19	82.309,09
264.000	96.523,92	85.601,45
277.200	95.820,48	90.540,00

Gráfico 12



5.5 – Conclusão da Análise Paramétrica entre os Cálculos Efetuados dos Sistemas: *Milk Run* e Convencional (Item 5.4)

Foram analisados os custos pertinentes aos dois sistemas, variando a demanda anual entre 13.200 unidades até 277.200 unidades, conforme exposto no item 5.4 com as referidas tabelas de cálculos geradas em função da flutuação da demanda anual. Para cada tabela possui-se seus respectivos gráficos de análise de *trade-off* entre as variáveis em estudo. Desta forma, pode-se estudar como cada parcela de custo reage em função da flutuação da demanda anual nos dois sistemas.

No que se refere ao custo total do sistema anual, entre os dois sistemas, a diferença foi pequena, pois a maior parcela de custo que contribui para a formação do custo total do sistema anual é pertinente ao custo de aquisição (*Caq*) de peças e neste caso foi considerado o mesmo valor monetário de custo unitário (*Cunit*) para os dois modelos em análise.

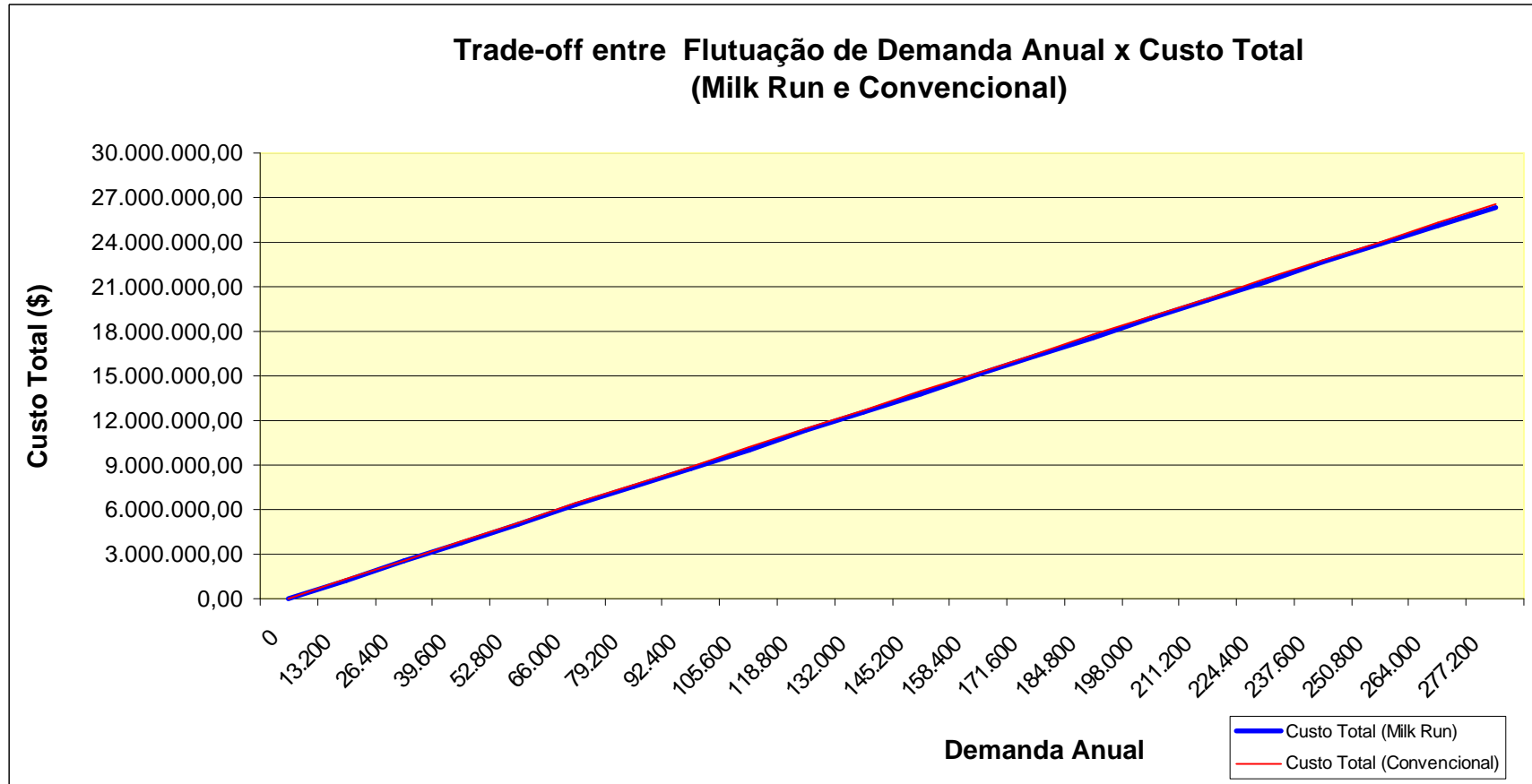
O sistema Convencional apresentou apenas um ganho em relação ao sistema *Milk Run* que se refere ao custo de pedido (vide tabela 45, gráfico 6 - *Cped*). Porém, este fator contribui muito pouco na composição do custo total do sistema anual. Em relação aos outros custos (custo de estoque e transporte) o sistema Convencional apresentou custos superiores ao sistema *Milk Run* (vide tabela 42; gráfico 3 e tabela 44; gráfico 5).

O custo total do sistema anual ($C_{aq} + C_{ped} + C_e + C_{transp}$), dos dois sistemas em análise, será apresentado na tabela 52, a seguir, assim como seu respectivo gráfico (N.º 13) em função da flutuação da demanda anual.

Tabela 52 – Custo total do Sistema Anual do dois Sistemas

Demanda Anual (D)	Custo Total (<i>Milk Run</i>)	Custo Total (Convencional)
0	0,00	0,00
13.200	1.258.207,23	1.303.690,00
26.400	2.516.259,35	2.593.744,70
39.600	3.771.451,83	3.872.613,37
52.800	5.028.863,43	5.132.346,56
66.000	6.284.464,52	6.391.897,29
79.200	7.539.827,07	7.650.166,75
92.400	8.795.696,51	8.909.899,93
105.600	10.051.788,31	10.168.538,16
118.800	11.308.250,82	11.427.720,12
132.000	12.565.527,94	12.687.270,65
145.200	13.821.846,20	13.953.582,45
158.400	15.078.949,93	15.205.273,50
171.600	16.335.524,68	16.464.272,75
184.800	17.589.732,14	17.723.093,69
198.000	18.846.176,51	18.982.644,01
211.200	20.102.162,29	20.241.464,98
224.400	21.358.595,84	21.500.647,06
237.600	22.614.926,29	22.759.798,21
250.800	23.871.141,20	24.018.771,28
264.000	25.127.027,70	25.278.017,38
277.200	26.383.359,31	26.537.047,48

Gráfico 13



A tabela 53, relata a percentagem de variação do custo total do sistema anual Convencional e *Milk Run*, ou seja, quanto que o sistema Convencional, em percentagem, é superior ao sistema *Milk Run*. Nota-se que quando a demanda anual aumenta diminui a diferença entre os custos totais dos dois sistemas, porém existe um limite máximo para esta diferença, pois esta relação está diretamente relacionada com a capacidade do veículo de transporte utilizado em cada sistema.

Tabela 53 – Variação Percentual dos Custos Totais entre os Sistemas Convencional e *Milk Run* em função da Flutuação da Demanda

Demanda Anual (D)	Variação dos Custos (%)
0	0,00%
13.200	3,61%
26.400	3,08%
39.600	2,68%
52.800	2,06%
66.000	1,71%
79.200	1,46%
92.400	1,30%
105.600	1,16%
118.800	1,06%
132.000	0,97%
145.200	0,95%
158.400	0,84%
171.600	0,79%
184.800	0,76%
198.000	0,72%
211.200	0,69%
224.400	0,67%
237.600	0,64%
250.800	0,62%
264.000	0,60%
277.200	0,58%

Capítulo 6 – CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES

As visitas realizadas nas empresas que implantaram o sistema *Milk Run* demonstraram que a roteirização de veículos não é um entrave para este sistema e nem algo que seja complicado de se operar. Desta forma, este trabalho não teve o intuito de explorar este tópico (roteirização), porém relata trabalhos realizados neste campo que poderiam ser utilizados como fonte de pesquisa e referência para quem desejar explorar este assunto.

O cerne da pesquisa está em analisar o sistema *Milk Run* do ponto de vista das empresas envolvidas no processo: montadora, operador logístico e fornecedores e suas vantagens e desvantagens. Assim como, caracterizar e analisar o processo *Milk Run* com o sistema Convencional de abastecimento de suprimentos em função dos custos incorridos e possíveis ganhos de um sistema em relação ao outro. Um fator de estudo do sistema *Milk Run*, foi relatar se este sistema pode ser um passo para a implantação do sistema *Just-in-Time* pelas montadoras e estudar o

comportamento do estoque (custo de estoque) na cadeia de suprimentos de peças. O foco foi fazer uma análise de *trade-off* entre os custos dos sistemas analisados em função da flutuação de demanda de automóveis.

A primeira parte da comparação entre os sistemas (*Milk Run* e Convencional) levou-se em consideração que ambos utilizariam o mesmo tipo de veículo para o transporte de peças e que não haveria flutuação de demanda, ela seria igual para os dois sistemas, independente do sistema de abastecimento, chegou-se as parcelas de custos de cada sistema e seus possíveis ganhos que poderiam ou não justificar a adoção do sistema *Milk Run*. (itens 5.1; 5.2 e 5.3).

Quanto ao custo total do sistema anual dos sistemas em análise, o processo *Milk Run* apresentou uma ligeira perda, porém quanto ao custo de estoque, que é um dos grandes objetivos da pesquisa, ele apresentou um ganho bem superior em relação ao sistema Convencional.

A segunda parte da comparação entre os sistemas (*Milk Run* e Convencional) levou em consideração a flutuação da demanda anual e utilização de tipos diferentes de veículos para o transporte das peças, dependendo do tamanho do lote de abastecimento. Desta forma, pode-se relatar os ganhos de cada processo e as vantagens da adoção do sistema *Milk Run* para o sistema de suprimentos de peças (itens 5.4 e 5.5).

6.1 – Recomendações

Dando continuidade a este trabalho, poderá ser desenvolvido um modelo matemático de dimensionamento de frota em função da flutuação da demanda anual e conseqüentemente ser determinado até que distância, entre fornecedores e montadora, poderia ser implantado o sistema de coleta programada para abastecimento direto na linha de produção da indústria automobilística.

Outro fator de estudo seria o dimensionamento da frota onde fosse viável a utilização de um centro de consolidação, em função da distância entre fornecedores e montadora, para em seguida fazer a operação de *cross docking* visando alimentar a linha de produção de automóveis da montadora. Além do dimensionamento da frota para este tipo de operação de transporte, o estudo poderia conter como determinar um centro de consolidação, a melhor região para a instalação da área de transferência de veículos das peças coletadas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AMSTEL, M. J. Ploos Van. Managing the pipeline effectively. *Journal of Business Logistics*, v. 11, n.2, p. 1-25, 1990.
- BAGANHA, M. P., COHEN, M. A. Subject classifications: multiechelon inventory systems. inventory/production smoothing. *Operations Research*. v.46, n.3, p. S72-S83, May-June, 1998.
- BALLOU, Ronald H. *Business logistics management: planning, organizing, and controlling the supply chain*. 4. ed. New Jersey : Prentice-Hall International, Inc., 1999.
- BALLOU, Ronald H. *Logística empresarial - transportes, administração de materiais, distribuição física*. São Paulo : Atlas, 1992.
- BEAMON, Benita M. Supply chain design and analysis: models and methods. *International Journal of Production Economics*. Elsevier Science, v.55, p. 281-294, 1998.
<http://www.elsevier.nl/cgi-bin/cas/search/search.cgi?jrnid=trb>
- BOWERSOX, J. Donald, DAVID, J. Closs. *Logistical management: the integrated supply chain process*. The McGraw-Hill Companies, Inc., 1996.
- BLUMENFELD, Dennis E., BURNS, Lawrence D., DAGANZO, Carlos F., FRICK, Michael C., HALL, Randolph W. Reducing logistics costs at general motors. *The Institute of Management Sciences. Interfaces* 17:1, January – February, p. 26 – 47, 1987.

- BREJON, Sérgio Renato Carmo. Algoritmo para resolução do problema de programação do transporte de suprimentos para unidades marítimas de exploração de petróleo. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Naval, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- BURNS, Lawrence D., HALL, Randolph W., BLUMENFELD, Dennis E., DAGANZO, Carlos F. Distribution strategies that minimize transportation and inventory costs. *Operations Research*, v. 33, No. 3, May-June, 1985.
- CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G. N. Just in time mrpll e opt: um enfoque estratégico. São Paulo : Atlas, 1993.
- CUNHA, Cláudio Barbieri. Algoritmos para roteamento e programação de veículos no contexto da distribuição física. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Transporte, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.
- CUNHA, Cláudio Barbieri. Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia Transporte, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.
- DIAS, Marco Aurélio P. Administração de materiais: uma abordagem logística. 4. ed. São Paulo : Atlas, 1996).
- ECRBRASIL. Edi aplicado à cadeia de abastecimento. São Paulo, nov. 1998.

ECRBRASIL. Padronização: código de barras; cadastramento de produtos; unitização de cargas; ecr no setor de transportes e entrega programada. São Paulo, nov. 1998.

HAY, Edward J. Just in time: um exame dos novos conceitos de produção. São Paulo : Maltese, 1992.

JAPAN MANAGEMENT ASSOCIATION. Kanban: just in time at toyota – management begins at workplace. Portland : Productivity Press, 1989.

LOUIS, Raymond S. Integrating kanban with mrpII: automating a pull system for enhanced jit inventory management. Portland : Productivity Press, 1997.

MAGAD, Eugene L., AMOS, John M. Total materials management: achieving maximum profits through materials / logistics operations. Chapman & Hall, 1995.

MERLI, Giorgi. Comakership - a nova estratégia para os suprimentos. Rio de Janeiro : Qualitymark, 1994.

MICHAEL, E. Porter, Estratégia competitiva – técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 5. ed. Rio de Janeiro : Campus, 1991.

MUKHOPADHYAY, Tridas, KEKRE, Sunder, KALATHUR, Suresh. Business value of information technology: a study of data electronic interchange. MIS Quartely, June, p. 137 – 151, 1995.

NARASIMHAN, Seetharama L., MCLEAVEY, Dennis W., BILLINGTON, Peter J. Production planning and inventory control. 2. ed. Prentice-Hall International, Inc., 1995.

- NOVAES, Antonio Galvão N., ALVARENGA, Antonio Carlos. Logística Aplicada - suprimento e distribuição física. São Paulo : Pioneira, 1994.
- ROBESON, James F., COPACINO, William C. The logistics handbook. New York : The Free Press – A division of Macmillan, Inc., 1994.
- RYDER, Integrated Logistics. Apostila de treinamento de fornecedores da GM do Brasil, 1999.
- SCHMENNER, Roger W. Service operations management. Prentice-Hall International, Inc., 1998.
- SHINGO, Shigeo. Sistemas de produção com estoque zero: o sistema shingo para melhorias contínuas. Rio Grande do Sul : Bookman, 1996.
- STENGER, Alan J., FERRIN, Bruce G. The impact of the carrier selection decision on tracking and controlling materials flow in jit supply systems. American Production and Inventory Control Society, Inc. Just-in-time Seminar Proceedings. July 24-26, p. 148-152, 1989.
- TUBINO, Dalvio Ferrari. Manual de planejamento e controle da produção. São Paulo : Atlas, 1997.
- TURNQUIST, Mark A., JORDAN, William C. Coordinating product distribution and empty equipment allocation decisions in large networks. Infor, Infor. V. 27, No. 1, 1989.
- VALENTE, Amir Mattar, PASSAGLIA, Eunice, NOVAES, Antonio Galvão N. Gerenciamento de transporte e frotas. São Paulo : Pioneira, 1997.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T., ROSS, Daniel. A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro : Campus, 1992.

ANEXO – A

Formas de Contrato de Prestação de Serviço em Relação ao Transporte de Coleta Programada (Montadora/Operador Logístico) Referente a Flutuação de Demanda

As pesquisas realizadas nos operadores logísticos que atuam diretamente com as montadoras no sistema de coleta programada de peças relatam que os contratos de prestação de serviço referente ao transporte das peças está atrelado a uma demanda específica de peças ao longo de um período determinada pela indústria automobilística quando contrata o serviço de transporte das mesmas. Porém, se esta demanda de peças cair vertiginosamente a indústria automobilística não se responsabiliza pela queda na demanda de transporte que, conseqüentemente, surgirá. Isto é, não existe pagamento para um não transporte de peça. Porém, se o veículo é dedicado apenas para esta tarefa (coleta programada de peça) a montadora arca com um custo que pode ser semanal, quinzenal ou mensal deste veículo, independente do número de viagens realizadas ao longo deste período. Denomina-se contrato por período, independente do número de viagens realizadas, porém é um caso muito raro de contrato.

As pesquisas relatam que o contrato entre as partes (montadora e operador logístico) é realizado em função de um custo fixo do veículo que executará a

operação de coleta programada (utilizando ou não este veículo) mais um custo variável em função do número de viagens realizadas que possui ligação direta com a demanda de automóveis.

Por parte do operador logístico este pode determinar um custo mínimo de frete em função de uma previsão de demanda de serviço prestado ao longo de um período. A previsão de demanda de serviço está diretamente relacionada com a previsão de demanda de peças a serem coletadas determinada pela indústria automobilística em função de sua projeção de demanda de automóveis.

Um outro tipo de contrato realizado entre as partes (montadora e operador logístico) está pertinente diretamente com a produção diária da montadora. Isto é, o frete só é pago quando houver automóveis montados, o jargão utilizado é o *pay on production* ou *pay per production*. Se a montadora parar sua linha de produção por qualquer motivo, greve, demanda em declínio etc o operador logístico não recebe nenhum tipo de pagamento, mesmo tendo o seu custo fixo do automóvel. É denominado como parceria de risco, se a demanda aumenta melhor para o operador logístico, pois terá mais viagens para fazer e conseqüentemente aumentará seu faturamento, caso contrário, terá um custo fixo para arcar, pois a montadora não se responsabiliza por qualquer custo, quando a demanda por automóvel diminuir ou outro problema qualquer em sua linha de produção surgir diminuindo o número de viagens de peças ou componentes que o operador logístico realiza.

O operador logístico acredita que deveria possuir um mínimo de pagamento combinado entre as partes interessadas (montadora e operador logístico), caso não houvesse nenhuma transporte a ser realizado em função da queda de demanda de automóvel, porém o poder de barganha da montadora não permite este tipo de contrato e o operador logístico se submete a executar seu trabalho de transporte apostando em uma demanda crescente de veículos.

Existe uma montadora que não está trabalhando às sextas-feiras por motivo de queda da demanda de seus automóveis, porém o operador logístico desta montadora, que possui veículos dedicados para realização da coleta programada de peças, não recebe nenhum centavo neste dia (sexta-feira) em função do contrato de serviço assinado entre ambos que está diretamente amarrado a produção diária de automóveis da montadora. Se não existe a montagem de automóveis pela montadora, conseqüentemente não há necessidade de transporte de peças, por isso não se paga qualquer valor financeiro ao operador logístico. Este operador logístico está em parceria com a montadora, no Brasil, desde o segundo semestre de 1997 e já está completando o terceiro ano de trabalho neste sistema de coleta programada de peças (Milk Run), porém amargou prejuízos no primeiro ano de prestação de serviço à montadora em função deste tipo de contrato atrelado a flutuação da demanda de automóveis.

ANEXO – B

Partes da Planilha de Cálculo do Custo Total do Sistema Anual Convencional

Varição do tamanho do lote por pedido de uma em uma unidade até se obter o menor custo total do sistema anual (conforme apresentado no item 5.1 do trabalho).

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
1	97,00	184.800,00	0,00
2	97,00	92.400,00	19,40
3	97,00	61.600,00	29,10
4	97,00	46.200,00	38,80
5	97,00	36.960,00	48,50
6	97,00	30.800,00	58,20
7	97,00	26.400,00	67,90
8	97,00	23.100,00	77,60
9	97,00	20.533,33	87,30
10	97,00	18.480,00	97,00
11	97,00	16.800,00	106,70
12	97,00	15.400,00	116,40
13	97,00	14.215,38	126,10
14	97,00	13.200,00	135,80
15	97,00	12.320,00	145,50
16	97,00	11.550,00	155,20
17	97,00	10.870,59	164,90
18	97,00	10.266,67	174,60
19	97,00	9.726,32	184,30
20	97,00	9.240,00	194,00
21	97,00	8.800,00	203,70
22	97,00	8.400,00	213,40
23	97,00	8.034,78	223,10
24	97,00	7.700,00	232,80
25	97,00	7.392,00	242,50
26	97,00	7.107,69	252,20
27	97,00	6.844,44	261,90
28	97,00	6.600,00	271,60
29	97,00	6.372,41	281,30
30	97,00	6.160,00	291,00
31	97,00	5.961,29	300,70
32	97,00	5.775,00	310,40
33	97,00	5.600,00	320,10

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
184.800,00	17.925.600,00	18.110.400,00	18,20
92.419,40	17.925.600,00	18.018.019,40	21,90
61.629,10	17.925.600,00	17.987.229,10	25,60
46.238,80	17.925.600,00	17.971.838,80	29,30
37.008,50	17.925.600,00	17.962.608,50	33,00
30.858,20	17.925.600,00	17.956.458,20	36,70
26.467,90	17.925.600,00	17.952.067,90	40,40
23.177,60	17.925.600,00	17.948.777,60	44,10
20.620,63	17.925.600,00	17.946.220,63	47,80
18.577,00	17.925.600,00	17.944.177,00	51,50
16.906,70	17.925.600,00	17.942.506,70	55,20
15.516,40	17.925.600,00	17.941.116,40	58,90
14.341,48	17.925.600,00	17.939.941,48	62,60
13.335,80	17.925.600,00	17.938.935,80	66,30
12.465,50	17.925.600,00	17.938.065,50	70,00
11.705,20	17.925.600,00	17.937.305,20	73,70
11.035,49	17.925.600,00	17.936.635,49	77,40
10.441,27	17.925.600,00	17.936.041,27	81,10
9.910,62	17.925.600,00	17.935.510,62	84,80
9.434,00	17.925.600,00	17.935.034,00	88,50
9.003,70	17.925.600,00	17.934.603,70	92,20
8.613,40	17.925.600,00	17.934.213,40	95,90
8.257,88	17.925.600,00	17.933.857,88	99,60
7.932,80	17.925.600,00	17.933.532,80	103,30
7.634,50	17.925.600,00	17.933.234,50	107,00
7.359,89	17.925.600,00	17.932.959,89	110,70
7.106,34	17.925.600,00	17.932.706,34	114,40
6.871,60	17.925.600,00	17.932.471,60	118,10
6.653,71	17.925.600,00	17.932.253,71	121,80
6.451,00	17.925.600,00	17.932.051,00	125,50
6.261,99	17.925.600,00	17.931.861,99	129,20
6.085,40	17.925.600,00	17.931.685,40	132,90
5.920,10	17.925.600,00	17.931.520,10	136,60
5.765,09	17.925.600,00	17.931.365,09	140,30

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctransp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
0,1440	184800	60.580.800,00	78.691.200,00
0,1440	92400	30.290.400,00	48.308.419,40
0,1440	61600	20.193.600,00	38.180.829,10
0,1440	46200	15.145.200,00	33.117.038,80
0,1440	36960	12.116.160,00	30.078.768,50
0,1440	30800	10.096.800,00	28.053.258,20
0,1440	26400	8.654.400,00	26.606.467,90
0,1440	23100	7.572.600,00	25.521.377,60
0,1440	20534	6.731.418,55	24.677.639,18
0,1440	18480	6.058.080,00	24.002.257,00
0,1440	16800	5.507.345,45	23.449.852,15
0,1440	15400	5.048.400,00	22.989.516,40
0,1440	14216	4.660.263,27	22.600.204,76
0,1440	13200	4.327.200,00	22.266.135,80
0,1440	12320	4.038.720,00	21.976.785,50
0,1440	11550	3.786.300,00	21.723.605,20
0,1440	10871	3.563.711,45	21.500.346,94
0,1440	10267	3.365.709,27	21.301.750,54
0,1440	9727	3.188.687,45	21.124.198,07
0,1440	9240	3.029.040,00	20.964.074,00
0,1440	8800	2.884.800,00	20.819.403,70
0,1440	8400	2.753.672,73	20.687.886,13
0,1440	8035	2.634.019,09	20.567.876,97
0,1440	7700	2.524.200,00	20.457.732,80
0,1440	7392	2.423.232,00	20.356.466,50
0,1440	7108	2.330.131,64	20.263.091,53
0,1440	6845	2.243.915,45	20.176.621,80
0,1440	6600	2.163.600,00	20.096.071,60
0,1440	6373	2.089.185,27	20.021.438,99
0,1440	6160	2.019.360,00	19.951.411,00
0,1440	5962	1.954.452,00	19.886.313,99
0,1440	5775	1.893.150,00	19.824.835,40
0,1440	5600	1.835.781,82	19.767.301,92
0,1440	5436	1.782.019,64	19.713.384,73

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
500	97,00	369,60	4.850,00
501	97,00	368,86	4.859,70
502	97,00	368,13	4.869,40
503	97,00	367,40	4.879,10
504	97,00	366,67	4.888,80
505	97,00	365,94	4.898,50
506	97,00	365,22	4.908,20
507	97,00	364,50	4.917,90
508	97,00	363,78	4.927,60
509	97,00	363,06	4.937,30
510	97,00	362,35	4.947,00
511	97,00	361,64	4.956,70
512	97,00	360,94	4.966,40
513	97,00	360,23	4.976,10
514	97,00	359,53	4.985,80
515	97,00	358,83	4.995,50
516	97,00	358,14	5.005,20
517	97,00	357,45	5.014,90
518	97,00	356,76	5.024,60
519	97,00	356,07	5.034,30
520	97,00	355,38	5.044,00
521	97,00	354,70	5.053,70
522	97,00	354,02	5.063,40
523	97,00	353,35	5.073,10
524	97,00	352,67	5.082,80
525	97,00	352,00	5.092,50
526	97,00	351,33	5.102,20
527	97,00	350,66	5.111,90
528	97,00	350,00	5.121,60
529	97,00	349,34	5.131,30
530	97,00	348,68	5.141,00
531	97,00	348,02	5.150,70
532	97,00	347,37	5.160,40
533	97,00	346,72	5.170,10

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
5.219,60	17.925.600,00	17.930.819,60	1.995,00
5.228,56	17.925.600,00	17.930.828,56	2.013,20
5.237,53	17.925.600,00	17.930.837,53	2.016,90
5.246,50	17.925.600,00	17.930.846,50	2.020,60
5.255,47	17.925.600,00	17.930.855,47	2.024,30
5.264,44	17.925.600,00	17.930.864,44	2.028,00
5.273,42	17.925.600,00	17.930.873,42	2.031,70
5.282,40	17.925.600,00	17.930.882,40	2.035,40
5.291,38	17.925.600,00	17.930.891,38	2.039,10
5.300,36	17.925.600,00	17.930.900,36	2.042,80
5.309,35	17.925.600,00	17.930.909,35	2.046,50
5.318,34	17.925.600,00	17.930.918,34	2.050,20
5.327,34	17.925.600,00	17.930.927,34	2.053,90
5.336,33	17.925.600,00	17.930.936,33	2.057,60
5.345,33	17.925.600,00	17.930.945,33	2.061,30
5.354,33	17.925.600,00	17.930.954,33	2.065,00
5.363,34	17.925.600,00	17.930.963,34	2.068,70
5.372,35	17.925.600,00	17.930.972,35	2.072,40
5.381,36	17.925.600,00	17.930.981,36	2.076,10
5.390,37	17.925.600,00	17.930.990,37	2.079,80
5.399,38	17.925.600,00	17.930.999,38	2.083,50
5.408,40	17.925.600,00	17.931.008,40	2.087,20
5.417,42	17.925.600,00	17.931.017,42	2.090,90
5.426,45	17.925.600,00	17.931.026,45	2.094,60
5.435,47	17.925.600,00	17.931.035,47	2.098,30
5.444,50	17.925.600,00	17.931.044,50	2.102,00
5.453,53	17.925.600,00	17.931.053,53	2.105,70
5.462,56	17.925.600,00	17.931.062,56	2.109,40
5.471,60	17.925.600,00	17.931.071,60	2.113,10
5.480,64	17.925.600,00	17.931.080,64	2.116,80
5.489,68	17.925.600,00	17.931.089,68	2.120,50
5.498,72	17.925.600,00	17.931.098,72	2.124,20
5.507,77	17.925.600,00	17.931.107,77	2.127,90
5.516,82	17.925.600,00	17.931.116,82	2.131,60

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctransp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
1,4400	370	121.292,73	18.052.112,33
1,4400	369	120.964,91	18.051.793,47
1,4400	369	120.964,91	18.051.802,44
1,4400	368	120.637,09	18.051.483,59
1,4400	367	120.309,27	18.051.164,74
1,4400	366	119.981,45	18.050.845,90
1,4400	366	119.981,45	18.050.854,87
1,4400	365	119.653,64	18.050.536,03
1,4400	364	119.325,82	18.050.217,20
1,4400	364	119.325,82	18.050.226,18
1,4400	363	118.998,00	18.049.907,35
1,4400	362	118.670,18	18.049.588,53
1,4400	361	118.342,36	18.049.269,70
1,4400	361	118.342,36	18.049.278,70
1,4400	360	118.014,55	18.048.959,88
1,4400	359	117.686,73	18.048.641,06
1,4400	359	117.686,73	18.048.650,07
1,4400	358	117.358,91	18.048.331,26
1,4400	357	117.031,09	18.048.012,45
1,4400	357	117.031,09	18.048.021,46
1,4400	356	116.703,27	18.047.702,66
1,4400	355	116.375,45	18.047.383,86
1,4400	355	116.375,45	18.047.392,88
1,4400	354	116.047,64	18.047.074,08
1,4400	353	115.719,82	18.046.755,29
1,4400	352	115.392,00	18.046.436,50
1,4400	352	115.392,00	18.046.445,53
1,4400	351	115.064,18	18.046.126,75
1,4400	350	114.736,36	18.045.807,96
1,4400	350	114.736,36	18.045.817,00
1,4400	349	114.408,55	18.045.498,22
1,4400	349	114.408,55	18.045.507,27
1,4400	348	114.080,73	18.045.188,50
1,4400	347	113.752,91	18.044.869,73

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
1.000	97,00	184,80	9.700,00
1.001	97,00	184,62	9.709,70
1.002	97,00	184,43	9.719,40
1.003	97,00	184,25	9.729,10
1.004	97,00	184,06	9.738,80
1.005	97,00	183,88	9.748,50
1.006	97,00	183,70	9.758,20
1.007	97,00	183,52	9.767,90
1.008	97,00	183,33	9.777,60
1.009	97,00	183,15	9.787,30
1.010	97,00	182,97	9.797,00
1.011	97,00	182,79	9.806,70
1.012	97,00	182,61	9.816,40
1.013	97,00	182,43	9.826,10
1.014	97,00	182,25	9.835,80
1.015	97,00	182,07	9.845,50
1.016	97,00	181,89	9.855,20
1.017	97,00	181,71	9.864,90
1.018	97,00	181,53	9.874,60
1.019	97,00	181,35	9.884,30
1.020	97,00	181,18	9.894,00
1.021	97,00	181,00	9.903,70
1.022	97,00	180,82	9.913,40
1.023	97,00	180,65	9.923,10
1.024	97,00	180,47	9.932,80
1.025	97,00	180,29	9.942,50
1.026	97,00	180,12	9.952,20
1.027	97,00	179,94	9.961,90
1.028	97,00	179,77	9.971,60
1.029	97,00	179,59	9.981,30
1.030	97,00	179,42	9.991,00
1.031	97,00	179,24	10.000,70
1.032	97,00	179,07	10.010,40
1.033	97,00	178,90	10.020,10

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
9.884,80	17.925.600,00	17.935.484,80	3.990,00
9.894,32	17.925.600,00	17.935.494,32	4.008,20
9.903,83	17.925.600,00	17.935.503,83	4.011,90
9.913,35	17.925.600,00	17.935.513,35	4.015,60
9.922,86	17.925.600,00	17.935.522,86	4.019,30
9.932,38	17.925.600,00	17.935.532,38	4.023,00
9.941,90	17.925.600,00	17.935.541,90	4.026,70
9.951,42	17.925.600,00	17.935.551,42	4.030,40
9.960,93	17.925.600,00	17.935.560,93	4.034,10
9.970,45	17.925.600,00	17.935.570,45	4.037,80
9.979,97	17.925.600,00	17.935.579,97	4.041,50
9.989,49	17.925.600,00	17.935.589,49	4.045,20
9.999,01	17.925.600,00	17.935.599,01	4.048,90
10.008,53	17.925.600,00	17.935.608,53	4.052,60
10.018,05	17.925.600,00	17.935.618,05	4.056,30
10.027,57	17.925.600,00	17.935.627,57	4.060,00
10.037,09	17.925.600,00	17.935.637,09	4.063,70
10.046,61	17.925.600,00	17.935.646,61	4.067,40
10.056,13	17.925.600,00	17.935.656,13	4.071,10
10.065,65	17.925.600,00	17.935.665,65	4.074,80
10.075,18	17.925.600,00	17.935.675,18	4.078,50
10.084,70	17.925.600,00	17.935.684,70	4.082,20
10.094,22	17.925.600,00	17.935.694,22	4.085,90
10.103,75	17.925.600,00	17.935.703,75	4.089,60
10.113,27	17.925.600,00	17.935.713,27	4.093,30
10.122,79	17.925.600,00	17.935.722,79	4.097,00
10.132,32	17.925.600,00	17.935.732,32	4.100,70
10.141,84	17.925.600,00	17.935.741,84	4.104,40
10.151,37	17.925.600,00	17.935.751,37	4.108,10
10.160,89	17.925.600,00	17.935.760,89	4.111,80
10.170,42	17.925.600,00	17.935.770,42	4.115,50
10.179,94	17.925.600,00	17.935.779,94	4.119,20
10.189,47	17.925.600,00	17.935.789,47	4.122,90
10.199,00	17.925.600,00	17.935.799,00	4.126,60

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctrasp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
2,8800	185	60.646,36	17.996.131,16
2,8800	185	60.646,36	17.996.140,68
2,8800	185	60.646,36	17.996.150,19
2,8800	185	60.646,36	17.996.159,71
2,8800	185	60.646,36	17.996.169,23
2,8800	184	60.318,55	17.995.850,93
2,8800	184	60.318,55	17.995.860,44
2,8800	184	60.318,55	17.995.869,96
2,8800	184	60.318,55	17.995.879,48
2,8800	184	60.318,55	17.995.889,00
2,8800	183	59.990,73	17.995.570,70
2,8800	183	59.990,73	17.995.580,22
2,8800	183	59.990,73	17.995.589,74
2,8800	183	59.990,73	17.995.599,26
2,8800	183	59.990,73	17.995.608,78
2,8800	183	59.990,73	17.995.618,30
2,8800	182	59.662,91	17.995.300,00
2,8800	182	59.662,91	17.995.309,52
2,8800	182	59.662,91	17.995.319,04
2,8800	182	59.662,91	17.995.328,56
2,8800	182	59.662,91	17.995.338,09
2,8800	181	59.335,09	17.995.019,79
2,8800	181	59.335,09	17.995.029,31
2,8800	181	59.335,09	17.995.038,84
2,8800	181	59.335,09	17.995.048,36
2,8800	181	59.335,09	17.995.057,88
2,8800	181	59.335,09	17.995.067,41
2,8800	180	59.007,27	17.994.749,11
2,8800	180	59.007,27	17.994.758,64
2,8800	180	59.007,27	17.994.768,16
2,8800	180	59.007,27	17.994.777,69
2,8800	180	59.007,27	17.994.787,22
2,8800	180	59.007,27	17.994.796,74
2,8800	179	58.679,45	17.994.478,45

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
1.500	97,00	123,20	14.550,00
1.501	97,00	123,12	14.559,70
1.502	97,00	123,04	14.569,40
1.503	97,00	122,95	14.579,10
1.504	97,00	122,87	14.588,80
1.505	97,00	122,79	14.598,50
1.506	97,00	122,71	14.608,20
1.507	97,00	122,63	14.617,90
1.508	97,00	122,55	14.627,60
1.509	97,00	122,47	14.637,30
1.510	97,00	122,38	14.647,00
1.511	97,00	122,30	14.656,70
1.512	97,00	122,22	14.666,40
1.513	97,00	122,14	14.676,10
1.514	97,00	122,06	14.685,80
1.515	97,00	121,98	14.695,50
1.516	97,00	121,90	14.705,20
1.517	97,00	121,82	14.714,90
1.518	97,00	121,74	14.724,60
1.519	97,00	121,66	14.734,30
1.520	97,00	121,58	14.744,00
1.521	97,00	121,50	14.753,70
1.522	97,00	121,42	14.763,40
1.523	97,00	121,34	14.773,10
1.524	97,00	121,26	14.782,80
1.525	97,00	121,18	14.792,50
1.526	97,00	121,10	14.802,20
1.527	97,00	121,02	14.811,90
1.528	97,00	120,94	14.821,60
1.529	97,00	120,86	14.831,30
1.530	97,00	120,78	14.841,00
1.531	97,00	120,71	14.850,70
1.532	97,00	120,63	14.860,40
1.533	97,00	120,55	14.870,10

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
14.673,20	17.925.600,00	17.940.273,20	5.985,00
14.682,82	17.925.600,00	17.940.282,82	6.003,20
14.692,44	17.925.600,00	17.940.292,44	6.006,90
14.702,05	17.925.600,00	17.940.302,05	6.010,60
14.711,67	17.925.600,00	17.940.311,67	6.014,30
14.721,29	17.925.600,00	17.940.321,29	6.018,00
14.730,91	17.925.600,00	17.940.330,91	6.021,70
14.740,53	17.925.600,00	17.940.340,53	6.025,40
14.750,15	17.925.600,00	17.940.350,15	6.029,10
14.759,77	17.925.600,00	17.940.359,77	6.032,80
14.769,38	17.925.600,00	17.940.369,38	6.036,50
14.779,00	17.925.600,00	17.940.379,00	6.040,20
14.788,62	17.925.600,00	17.940.388,62	6.043,90
14.798,24	17.925.600,00	17.940.398,24	6.047,60
14.807,86	17.925.600,00	17.940.407,86	6.051,30
14.817,48	17.925.600,00	17.940.417,48	6.055,00
14.827,10	17.925.600,00	17.940.427,10	6.058,70
14.836,72	17.925.600,00	17.940.436,72	6.062,40
14.846,34	17.925.600,00	17.940.446,34	6.066,10
14.855,96	17.925.600,00	17.940.455,96	6.069,80
14.865,58	17.925.600,00	17.940.465,58	6.073,50
14.875,20	17.925.600,00	17.940.475,20	6.077,20
14.884,82	17.925.600,00	17.940.484,82	6.080,90
14.894,44	17.925.600,00	17.940.494,44	6.084,60
14.904,06	17.925.600,00	17.940.504,06	6.088,30
14.913,68	17.925.600,00	17.940.513,68	6.092,00
14.923,30	17.925.600,00	17.940.523,30	6.095,70
14.932,92	17.925.600,00	17.940.532,92	6.099,40
14.942,54	17.925.600,00	17.940.542,54	6.103,10
14.952,16	17.925.600,00	17.940.552,16	6.106,80
14.961,78	17.925.600,00	17.940.561,78	6.110,50
14.971,41	17.925.600,00	17.940.571,41	6.114,20
14.981,03	17.925.600,00	17.940.581,03	6.117,90
14.990,65	17.925.600,00	17.940.590,65	6.121,60

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctransp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
4,3200	124	40.649,45	17.980.922,65
4,3200	124	40.649,45	17.980.932,27
4,3200	124	40.649,45	17.980.941,89
4,3200	123	40.321,64	17.980.623,69
4,3200	123	40.321,64	17.980.633,31
4,3200	123	40.321,64	17.980.642,93
4,3200	123	40.321,64	17.980.652,55
4,3200	123	40.321,64	17.980.662,16
4,3200	123	40.321,64	17.980.671,78
4,3200	123	40.321,64	17.980.681,40
4,3200	123	40.321,64	17.980.691,02
4,3200	123	40.321,64	17.980.700,64
4,3200	123	40.321,64	17.980.710,26
4,3200	123	40.321,64	17.980.719,88
4,3200	123	40.321,64	17.980.729,50
4,3200	122	39.993,82	17.980.411,30
4,3200	122	39.993,82	17.980.420,92
4,3200	122	39.993,82	17.980.430,54
4,3200	122	39.993,82	17.980.440,16
4,3200	122	39.993,82	17.980.449,78
4,3200	122	39.993,82	17.980.459,40
4,3200	122	39.993,82	17.980.469,02
4,3200	122	39.993,82	17.980.478,64
4,3200	122	39.993,82	17.980.488,26
4,3200	122	39.993,82	17.980.497,88
4,3200	122	39.993,82	17.980.507,50
4,3200	122	39.993,82	17.980.517,12
4,3200	122	39.993,82	17.980.526,74
4,3200	121	39.666,00	17.980.208,54
4,3200	121	39.666,00	17.980.218,16
4,3200	121	39.666,00	17.980.227,78
4,3200	121	39.666,00	17.980.237,41
4,3200	121	39.666,00	17.980.247,03
4,3200	121	39.666,00	17.980.256,65

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
2.000	97,00	92,40	19.400,00
2.001	97,00	92,35	19.409,70
2.002	97,00	92,31	19.419,40
2.003	97,00	92,26	19.429,10
2.004	97,00	92,22	19.438,80
2.005	97,00	92,17	19.448,50
2.006	97,00	92,12	19.458,20
2.007	97,00	92,08	19.467,90
2.008	97,00	92,03	19.477,60
2.009	97,00	91,99	19.487,30
2.010	97,00	91,94	19.497,00
2.011	97,00	91,89	19.506,70
2.012	97,00	91,85	19.516,40
2.013	97,00	91,80	19.526,10
2.014	97,00	91,76	19.535,80
2.015	97,00	91,71	19.545,50
2.016	97,00	91,67	19.555,20
2.017	97,00	91,62	19.564,90
2.018	97,00	91,58	19.574,60
2.019	97,00	91,53	19.584,30
2.020	97,00	91,49	19.594,00
2.021	97,00	91,44	19.603,70
2.022	97,00	91,39	19.613,40
2.023	97,00	91,35	19.623,10
2.024	97,00	91,30	19.632,80
2.025	97,00	91,26	19.642,50
2.026	97,00	91,21	19.652,20
2.027	97,00	91,17	19.661,90
2.028	97,00	91,12	19.671,60
2.029	97,00	91,08	19.681,30
2.030	97,00	91,03	19.691,00
2.031	97,00	90,99	19.700,70
2.032	97,00	90,94	19.710,40
2.033	97,00	90,90	19.720,10

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
19.492,40	17.925.600,00	17.945.092,40	7.980,00
19.502,05	17.925.600,00	17.945.102,05	7.998,20
19.511,71	17.925.600,00	17.945.111,71	8.001,90
19.521,36	17.925.600,00	17.945.121,36	8.005,60
19.531,02	17.925.600,00	17.945.131,02	8.009,30
19.540,67	17.925.600,00	17.945.140,67	8.013,00
19.550,32	17.925.600,00	17.945.150,32	8.016,70
19.559,98	17.925.600,00	17.945.159,98	8.020,40
19.569,63	17.925.600,00	17.945.169,63	8.024,10
19.579,29	17.925.600,00	17.945.179,29	8.027,80
19.588,94	17.925.600,00	17.945.188,94	8.031,50
19.598,59	17.925.600,00	17.945.198,59	8.035,20
19.608,25	17.925.600,00	17.945.208,25	8.038,90
19.617,90	17.925.600,00	17.945.217,90	8.042,60
19.627,56	17.925.600,00	17.945.227,56	8.046,30
19.637,21	17.925.600,00	17.945.237,21	8.050,00
19.646,87	17.925.600,00	17.945.246,87	8.053,70
19.656,52	17.925.600,00	17.945.256,52	8.057,40
19.666,18	17.925.600,00	17.945.266,18	8.061,10
19.675,83	17.925.600,00	17.945.275,83	8.064,80
19.685,49	17.925.600,00	17.945.285,49	8.068,50
19.695,14	17.925.600,00	17.945.295,14	8.072,20
19.704,79	17.925.600,00	17.945.304,79	8.075,90
19.714,45	17.925.600,00	17.945.314,45	8.079,60
19.724,10	17.925.600,00	17.945.324,10	8.083,30
19.733,76	17.925.600,00	17.945.333,76	8.087,00
19.743,41	17.925.600,00	17.945.343,41	8.090,70
19.753,07	17.925.600,00	17.945.353,07	8.094,40
19.762,72	17.925.600,00	17.945.362,72	8.098,10
19.772,38	17.925.600,00	17.945.372,38	8.101,80
19.782,03	17.925.600,00	17.945.382,03	8.105,50
19.791,69	17.925.600,00	17.945.391,69	8.109,20
19.801,34	17.925.600,00	17.945.401,34	8.112,90
19.811,00	17.925.600,00	17.945.411,00	8.116,60

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctransp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
5,7600	93	30.487,09	17.975.579,49
5,7600	93	30.487,09	17.975.589,14
5,7600	93	30.487,09	17.975.598,80
5,7600	93	30.487,09	17.975.608,45
5,7600	93	30.487,09	17.975.618,11
5,7600	93	30.487,09	17.975.627,76
5,7600	93	30.487,09	17.975.637,41
5,7600	93	30.487,09	17.975.647,07
5,7600	93	30.487,09	17.975.656,72
5,7600	92	30.159,27	17.975.338,56
5,7600	92	30.159,27	17.975.348,21
5,7600	92	30.159,27	17.975.357,87
5,7600	92	30.159,27	17.975.367,52
5,7600	92	30.159,27	17.975.377,18
5,7600	92	30.159,27	17.975.386,83
5,7600	92	30.159,27	17.975.396,48
5,7600	92	30.159,27	17.975.406,14
5,7600	92	30.159,27	17.975.415,79
5,7600	92	30.159,27	17.975.425,45
5,7600	92	30.159,27	17.975.435,10
5,7600	92	30.159,27	17.975.444,76
5,7600	92	30.159,27	17.975.454,41
5,7600	92	30.159,27	17.975.464,07
5,7600	92	30.159,27	17.975.473,72
5,7600	92	30.159,27	17.975.483,38
5,7600	92	30.159,27	17.975.493,03
5,7600	92	30.159,27	17.975.502,69
5,7600	92	30.159,27	17.975.512,34
5,7600	92	30.159,27	17.975.522,00
5,7600	92	30.159,27	17.975.531,65
5,7600	92	30.159,27	17.975.541,31
5,7600	91	29.831,45	17.975.223,14
5,7600	91	29.831,45	17.975.232,80
5,7600	91	29.831,45	17.975.242,45

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
3.000	97,00	61,60	29.100,00
3.001	97,00	61,58	29.109,70
3.002	97,00	61,56	29.119,40
3.003	97,00	61,54	29.129,10
3.004	97,00	61,52	29.138,80
3.005	97,00	61,50	29.148,50
3.006	97,00	61,48	29.158,20
3.007	97,00	61,46	29.167,90
3.008	97,00	61,44	29.177,60
3.009	97,00	61,42	29.187,30
3.010	97,00	61,40	29.197,00
3.011	97,00	61,37	29.206,70
3.012	97,00	61,35	29.216,40
3.013	97,00	61,33	29.226,10
3.014	97,00	61,31	29.235,80
3.015	97,00	61,29	29.245,50
3.016	97,00	61,27	29.255,20
3.017	97,00	61,25	29.264,90
3.018	97,00	61,23	29.274,60
3.019	97,00	61,21	29.284,30
3.020	97,00	61,19	29.294,00
3.021	97,00	61,17	29.303,70
3.022	97,00	61,15	29.313,40
3.023	97,00	61,13	29.323,10
3.024	97,00	61,11	29.332,80
3.025	97,00	61,09	29.342,50
3.026	97,00	61,07	29.352,20
3.027	97,00	61,05	29.361,90
3.028	97,00	61,03	29.371,60
3.029	97,00	61,01	29.381,30
3.030	97,00	60,99	29.391,00
3.031	97,00	60,97	29.400,70
3.032	97,00	60,95	29.410,40
3.033	97,00	60,93	29.420,10

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
29.161,60	17.925.600,00	17.954.761,60	11.970,00
29.171,28	17.925.600,00	17.954.771,28	11.988,20
29.180,96	17.925.600,00	17.954.780,96	11.991,90
29.190,64	17.925.600,00	17.954.790,64	11.995,60
29.200,32	17.925.600,00	17.954.800,32	11.999,30
29.210,00	17.925.600,00	17.954.810,00	12.003,00
29.219,68	17.925.600,00	17.954.819,68	12.006,70
29.229,36	17.925.600,00	17.954.829,36	12.010,40
29.239,04	17.925.600,00	17.954.839,04	12.014,10
29.248,72	17.925.600,00	17.954.848,72	12.017,80
29.258,40	17.925.600,00	17.954.858,40	12.021,50
29.268,07	17.925.600,00	17.954.868,07	12.025,20
29.277,75	17.925.600,00	17.954.877,75	12.028,90
29.287,43	17.925.600,00	17.954.887,43	12.032,60
29.297,11	17.925.600,00	17.954.897,11	12.036,30
29.306,79	17.925.600,00	17.954.906,79	12.040,00
29.316,47	17.925.600,00	17.954.916,47	12.043,70
29.326,15	17.925.600,00	17.954.926,15	12.047,40
29.335,83	17.925.600,00	17.954.935,83	12.051,10
29.345,51	17.925.600,00	17.954.945,51	12.054,80
29.355,19	17.925.600,00	17.954.955,19	12.058,50
29.364,87	17.925.600,00	17.954.964,87	12.062,20
29.374,55	17.925.600,00	17.954.974,55	12.065,90
29.384,23	17.925.600,00	17.954.984,23	12.069,60
29.393,91	17.925.600,00	17.954.993,91	12.073,30
29.403,59	17.925.600,00	17.955.003,59	12.077,00
29.413,27	17.925.600,00	17.955.013,27	12.080,70
29.422,95	17.925.600,00	17.955.022,95	12.084,40
29.432,63	17.925.600,00	17.955.032,63	12.088,10
29.442,31	17.925.600,00	17.955.042,31	12.091,80
29.451,99	17.925.600,00	17.955.051,99	12.095,50
29.461,67	17.925.600,00	17.955.061,67	12.099,20
29.471,35	17.925.600,00	17.955.071,35	12.102,90
29.481,03	17.925.600,00	17.955.081,03	12.106,60

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctransp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
8,6400	124	40.649,45	17.995.411,05
8,6400	124	40.649,45	17.995.420,73
8,6400	124	40.649,45	17.995.430,41
8,6400	124	40.649,45	17.995.440,09
8,6400	124	40.649,45	17.995.449,77
8,6400	124	40.649,45	17.995.459,45
8,6400	124	40.649,45	17.995.469,13
8,6400	124	40.649,45	17.995.478,81
8,6400	124	40.649,45	17.995.488,49
8,6400	124	40.649,45	17.995.498,17
8,6400	124	40.649,45	17.995.507,85
8,6400	124	40.649,45	17.995.517,53
8,6400	124	40.649,45	17.995.527,21
8,6400	124	40.649,45	17.995.536,89
8,6400	124	40.649,45	17.995.546,57
8,6400	124	40.649,45	17.995.556,25
8,6400	124	40.649,45	17.995.565,93
8,6400	124	40.649,45	17.995.575,61
8,6400	124	40.649,45	17.995.585,29
8,6400	124	40.649,45	17.995.594,97
8,6400	124	40.649,45	17.995.604,65
8,6400	124	40.649,45	17.995.614,33
8,6400	124	40.649,45	17.995.624,01
8,6400	124	40.649,45	17.995.633,69
8,6400	124	40.649,45	17.995.643,37
8,6400	124	40.649,45	17.995.653,05
8,6400	124	40.649,45	17.995.662,73
8,6400	124	40.649,45	17.995.672,41
8,6400	124	40.649,45	17.995.682,08
8,6400	124	40.649,45	17.995.691,76
8,6400	122	39.993,82	17.995.045,81
8,6400	122	39.993,82	17.995.055,49
8,6400	122	39.993,82	17.995.065,17
8,6400	122	39.993,82	17.995.074,85

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
4.000	96,03	46,20	38.412,00
4.001	96,03	46,19	38.421,60
4.002	96,03	46,18	38.431,21
4.003	96,03	46,17	38.440,81
4.004	96,03	46,15	38.450,41
4.005	96,03	46,14	38.460,02
4.006	96,03	46,13	38.469,62
4.007	96,03	46,12	38.479,22
4.008	96,03	46,11	38.488,82
4.009	96,03	46,10	38.498,43
4.010	96,03	46,08	38.508,03
4.011	96,03	46,07	38.517,63
4.012	96,03	46,06	38.527,24
4.013	96,03	46,05	38.536,84
4.014	96,03	46,04	38.546,44
4.015	96,03	46,03	38.556,05
4.016	96,03	46,02	38.565,65
4.017	96,03	46,00	38.575,25
4.018	96,03	45,99	38.584,85
4.019	96,03	45,98	38.594,46
4.020	96,03	45,97	38.604,06
4.021	96,03	45,96	38.613,66
4.022	96,03	45,95	38.623,27
4.023	96,03	45,94	38.632,87
4.024	96,03	45,92	38.642,47
4.025	96,03	45,91	38.652,08
4.026	96,03	45,90	38.661,68
4.027	96,03	45,89	38.671,28
4.028	96,03	45,88	38.680,88
4.029	96,03	45,87	38.690,49
4.030	96,03	45,86	38.700,09
4.031	96,03	45,84	38.709,69
4.032	96,03	45,83	38.719,30
4.033	96,03	45,82	38.728,90

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
38.458,20	17.746.344,00	17.784.802,20	15.960,00
38.467,79	17.746.344,00	17.784.811,79	15.978,20
38.477,38	17.746.344,00	17.784.821,38	15.981,90
38.486,97	17.746.344,00	17.784.830,97	15.985,60
38.496,57	17.746.344,00	17.784.840,57	15.989,30
38.506,16	17.746.344,00	17.784.850,16	15.993,00
38.515,75	17.746.344,00	17.784.859,75	15.996,70
38.525,34	17.746.344,00	17.784.869,34	16.000,40
38.534,93	17.746.344,00	17.784.878,93	16.004,10
38.544,52	17.746.344,00	17.784.888,52	16.007,80
38.554,11	17.746.344,00	17.784.898,11	16.011,50
38.563,71	17.746.344,00	17.784.907,71	16.015,20
38.573,30	17.746.344,00	17.784.917,30	16.018,90
38.582,89	17.746.344,00	17.784.926,89	16.022,60
38.592,48	17.746.344,00	17.784.936,48	16.026,30
38.602,07	17.746.344,00	17.784.946,07	16.030,00
38.611,66	17.746.344,00	17.784.955,66	16.033,70
38.621,26	17.746.344,00	17.784.965,26	16.037,40
38.630,85	17.746.344,00	17.784.974,85	16.041,10
38.640,44	17.746.344,00	17.784.984,44	16.044,80
38.650,03	17.746.344,00	17.784.994,03	16.048,50
38.659,62	17.746.344,00	17.785.003,62	16.052,20
38.669,21	17.746.344,00	17.785.013,21	16.055,90
38.678,80	17.746.344,00	17.785.022,80	16.059,60
38.688,40	17.746.344,00	17.785.032,40	16.063,30
38.697,99	17.746.344,00	17.785.041,99	16.067,00
38.707,58	17.746.344,00	17.785.051,58	16.070,70
38.717,17	17.746.344,00	17.785.061,17	16.074,40
38.726,76	17.746.344,00	17.785.070,76	16.078,10
38.736,35	17.746.344,00	17.785.080,35	16.081,80
38.745,95	17.746.344,00	17.785.089,95	16.085,50
38.755,54	17.746.344,00	17.785.099,54	16.089,20
38.765,13	17.746.344,00	17.785.109,13	16.092,90
38.774,72	17.746.344,00	17.785.118,72	16.096,60

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctransp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
11,5200	94	30.814,91	17.815.617,11
11,5200	94	30.814,91	17.815.626,70
11,5200	94	30.814,91	17.815.636,29
11,5200	94	30.814,91	17.815.645,88
11,5200	94	30.814,91	17.815.655,47
11,5200	94	30.814,91	17.815.665,07
11,5200	94	30.814,91	17.815.674,66
11,5200	94	30.814,91	17.815.684,25
11,5200	94	30.814,91	17.815.693,84
11,5200	94	30.814,91	17.815.703,43
11,5200	94	30.814,91	17.815.713,02
11,5200	94	30.814,91	17.815.722,62
11,5200	94	30.814,91	17.815.732,21
11,5200	94	30.814,91	17.815.741,80
11,5200	94	30.814,91	17.815.751,39
11,5200	94	30.814,91	17.815.760,98
11,5200	94	30.814,91	17.815.770,57
11,5200	94	30.814,91	17.815.780,16
11,5200	92	30.159,27	17.815.134,12
11,5200	92	30.159,27	17.815.143,71
11,5200	92	30.159,27	17.815.153,30
11,5200	92	30.159,27	17.815.162,89
11,5200	92	30.159,27	17.815.172,49
11,5200	92	30.159,27	17.815.182,08
11,5200	92	30.159,27	17.815.191,67
11,5200	92	30.159,27	17.815.201,26
11,5200	92	30.159,27	17.815.210,85
11,5200	92	30.159,27	17.815.220,44
11,5200	92	30.159,27	17.815.230,04
11,5200	92	30.159,27	17.815.239,63
11,5200	92	30.159,27	17.815.249,22
11,5200	92	30.159,27	17.815.258,81
11,5200	92	30.159,27	17.815.268,40
11,5200	92	30.159,27	17.815.277,99

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
5.000	95,06	36,96	47.530,00
5.001	95,06	36,95	47.539,51
5.002	95,06	36,95	47.549,01
5.003	95,06	36,94	47.558,52
5.004	95,06	36,93	47.568,02
5.005	95,06	36,92	47.577,53
5.006	95,06	36,92	47.587,04
5.007	95,06	36,91	47.596,54
5.008	95,06	36,90	47.606,05
5.009	95,06	36,89	47.615,55
5.010	95,06	36,89	47.625,06
5.011	95,06	36,88	47.634,57
5.012	95,06	36,87	47.644,07
5.013	95,06	36,86	47.653,58
5.014	95,06	36,86	47.663,08
5.015	95,06	36,85	47.672,59
5.016	95,06	36,84	47.682,10
5.017	95,06	36,83	47.691,60
5.018	95,06	36,83	47.701,11
5.019	95,06	36,82	47.710,61
5.020	95,06	36,81	47.720,12
5.021	95,06	36,81	47.729,63
5.022	95,06	36,80	47.739,13
5.023	95,06	36,79	47.748,64
5.024	95,06	36,78	47.758,14
5.025	95,06	36,78	47.767,65
5.026	95,06	36,77	47.777,16
5.027	95,06	36,76	47.786,66
5.028	95,06	36,75	47.796,17
5.029	95,06	36,75	47.805,67
5.030	95,06	36,74	47.815,18
5.031	95,06	36,73	47.824,69
5.032	95,06	36,72	47.834,19
5.033	95,06	36,72	47.843,70

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
47.566,96	17.567.088,00	17.614.654,96	19.950,00
47.576,46	17.567.088,00	17.614.664,46	19.968,20
47.585,96	17.567.088,00	17.614.673,96	19.971,90
47.595,46	17.567.088,00	17.614.683,46	19.975,60
47.604,95	17.567.088,00	17.614.692,95	19.979,30
47.614,45	17.567.088,00	17.614.702,45	19.983,00
47.623,95	17.567.088,00	17.614.711,95	19.986,70
47.633,45	17.567.088,00	17.614.721,45	19.990,40
47.642,95	17.567.088,00	17.614.730,95	19.994,10
47.652,45	17.567.088,00	17.614.740,45	19.997,80
47.661,95	17.567.088,00	17.614.749,95	20.001,50
47.671,44	17.567.088,00	17.614.759,44	20.005,20
47.680,94	17.567.088,00	17.614.768,94	20.008,90
47.690,44	17.567.088,00	17.614.778,44	20.012,60
47.699,94	17.567.088,00	17.614.787,94	20.016,30
47.709,44	17.567.088,00	17.614.797,44	20.020,00
47.718,94	17.567.088,00	17.614.806,94	20.023,70
47.728,44	17.567.088,00	17.614.816,44	20.027,40
47.737,94	17.567.088,00	17.614.825,94	20.031,10
47.747,43	17.567.088,00	17.614.835,43	20.034,80
47.756,93	17.567.088,00	17.614.844,93	20.038,50
47.766,43	17.567.088,00	17.614.854,43	20.042,20
47.775,93	17.567.088,00	17.614.863,93	20.045,90
47.785,43	17.567.088,00	17.614.873,43	20.049,60
47.794,93	17.567.088,00	17.614.882,93	20.053,30
47.804,43	17.567.088,00	17.614.892,43	20.057,00
47.813,92	17.567.088,00	17.614.901,92	20.060,70
47.823,42	17.567.088,00	17.614.911,42	20.064,40
47.832,92	17.567.088,00	17.614.920,92	20.068,10
47.842,42	17.567.088,00	17.614.930,42	20.071,80
47.851,92	17.567.088,00	17.614.939,92	20.075,50
47.861,42	17.567.088,00	17.614.949,42	20.079,20
47.870,92	17.567.088,00	17.614.958,92	20.082,90
47.880,42	17.567.088,00	17.614.968,42	20.086,60

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctransp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
14,4000	74	24.258,55	17.638.913,51
14,4000	74	24.258,55	17.638.923,00
14,4000	74	24.258,55	17.638.932,50
14,4000	74	24.258,55	17.638.942,00
14,4000	74	24.258,55	17.638.951,50
14,4000	74	24.258,55	17.638.961,00
14,4000	74	24.258,55	17.638.970,50
14,4000	74	24.258,55	17.638.980,00
14,4000	74	24.258,55	17.638.989,49
14,4000	74	24.258,55	17.638.998,99
14,4000	74	24.258,55	17.639.008,49
14,4000	74	24.258,55	17.639.017,99
14,4000	74	24.258,55	17.639.027,49
14,4000	74	24.258,55	17.639.036,99
14,4000	74	24.258,55	17.639.046,49
14,4000	74	24.258,55	17.639.055,98
14,4000	74	24.258,55	17.639.065,48
14,4000	74	24.258,55	17.639.074,98
14,4000	74	24.258,55	17.639.084,48
14,4000	74	24.258,55	17.639.093,98
14,4000	74	24.258,55	17.639.103,48
14,4000	74	24.258,55	17.639.112,98
14,4000	74	24.258,55	17.639.122,48
14,4000	74	24.258,55	17.639.131,97
14,4000	74	24.258,55	17.639.141,47
14,4000	74	24.258,55	17.639.150,97
14,4000	74	24.258,55	17.639.160,47
14,4000	74	24.258,55	17.639.169,97
14,4000	74	24.258,55	17.639.179,47
14,4000	74	24.258,55	17.639.188,97
14,4000	74	24.258,55	17.639.198,47
14,4000	74	24.258,55	17.639.207,96
14,4000	74	24.258,55	17.639.217,46
14,4000	74	24.258,55	17.639.226,96

Tam. Lote por Pedido (Q)	Custo Unit. (Cunit)	Custo Total Prep. Pedidos (Cped)	Custo Estoque (Ce)
6.000	95,06	30,80	57.036,00
6.001	95,06	30,79	57.045,51
6.002	95,06	30,79	57.055,01
6.003	95,06	30,78	57.064,52
6.004	95,06	30,78	57.074,02
6.005	95,06	30,77	57.083,53
6.006	95,06	30,77	57.093,04
6.007	95,06	30,76	57.102,54
6.008	95,06	30,76	57.112,05
6.009	95,06	30,75	57.121,55
6.010	95,06	30,75	57.131,06
6.011	95,06	30,74	57.140,57
6.012	95,06	30,74	57.150,07
6.013	95,06	30,73	57.159,58
6.014	95,06	30,73	57.169,08
6.015	95,06	30,72	57.178,59
6.016	95,06	30,72	57.188,10
6.017	95,06	30,71	57.197,60
6.018	95,06	30,71	57.207,11
6.019	95,06	30,70	57.216,61
6.020	95,06	30,70	57.226,12
6.021	95,06	30,69	57.235,63
6.022	95,06	30,69	57.245,13
6.023	95,06	30,68	57.254,64
6.024	95,06	30,68	57.264,14
6.025	95,06	30,67	57.273,65
6.026	95,06	30,67	57.283,16
6.027	95,06	30,66	57.292,66
6.028	95,06	30,66	57.302,17
6.029	95,06	30,65	57.311,67
6.030	95,06	30,65	57.321,18
6.031	95,06	30,64	57.330,69
6.032	95,06	30,64	57.340,19
6.033	95,06	30,63	57.349,70

Custo Total Lote (CTL)	Custo Aquisição (Caq)	Custo Total Parcial (CTP)	Peso do Lote kg (PI)
57.066,80	17.567.088,00	17.624.154,80	23.940,00
57.076,30	17.567.088,00	17.624.164,30	23.958,20
57.085,80	17.567.088,00	17.624.173,80	23.961,90
57.095,30	17.567.088,00	17.624.183,30	23.965,60
57.104,80	17.567.088,00	17.624.192,80	23.969,30
57.114,30	17.567.088,00	17.624.202,30	23.973,00
57.123,81	17.567.088,00	17.624.211,81	23.976,70
57.133,31	17.567.088,00	17.624.221,31	23.980,40
57.142,81	17.567.088,00	17.624.230,81	23.984,10
57.152,31	17.567.088,00	17.624.240,31	23.987,80
57.161,81	17.567.088,00	17.624.249,81	23.991,50
57.171,31	17.567.088,00	17.624.259,31	23.995,20
57.180,81	17.567.088,00	17.624.268,81	23.998,90
57.190,31	17.567.088,00	17.624.278,31	24.002,60
57.199,81	17.567.088,00	17.624.287,81	24.006,30
57.209,31	17.567.088,00	17.624.297,31	24.010,00
57.218,81	17.567.088,00	17.624.306,81	24.013,70
57.228,31	17.567.088,00	17.624.316,31	24.017,40
57.237,82	17.567.088,00	17.624.325,82	24.021,10
57.247,32	17.567.088,00	17.624.335,32	24.024,80
57.256,82	17.567.088,00	17.624.344,82	24.028,50
57.266,32	17.567.088,00	17.624.354,32	24.032,20
57.275,82	17.567.088,00	17.624.363,82	24.035,90
57.285,32	17.567.088,00	17.624.373,32	24.039,60
57.294,82	17.567.088,00	17.624.382,82	24.043,30
57.304,32	17.567.088,00	17.624.392,32	24.047,00
57.313,82	17.567.088,00	17.624.401,82	24.050,70
57.323,32	17.567.088,00	17.624.411,32	24.054,40
57.332,82	17.567.088,00	17.624.420,82	24.058,10
57.342,33	17.567.088,00	17.624.430,33	24.061,80
57.351,83	17.567.088,00	17.624.439,83	24.065,50
57.361,33	17.567.088,00	17.624.449,33	24.069,20
57.370,83	17.567.088,00	17.624.458,83	24.072,90
57.380,33	17.567.088,00	17.624.468,33	24.076,60

Volume Lote m³ (VI)	Nº Viagens/Ano	Custo Total Transp. (Ctransp)	Custo Total Sist. Anual (CTSA)
17,2800	93	30.487,09	17.654.641,89
17,2800	93	30.487,09	17.654.651,39
17,2800	93	30.487,09	17.654.660,89
17,2800	93	30.487,09	17.654.670,39
17,2800	93	30.487,09	17.654.679,89
17,2800	93	30.487,09	17.654.689,40
17,2800	93	30.487,09	17.654.698,90
17,2800	93	30.487,09	17.654.708,40
17,2800	93	30.487,09	17.654.717,90
17,2800	93	30.487,09	17.654.727,40
17,2800	93	30.487,09	17.654.736,90
17,2800	93	30.487,09	17.654.746,40
17,2800	93	30.487,09	17.654.755,90
17,2800	93	30.487,09	17.654.765,40
17,2800	93	30.487,09	17.654.774,90
17,2800	93	30.487,09	17.654.784,40
17,2800	93	30.487,09	17.654.793,90
17,2800	93	30.487,09	17.654.803,41
17,2800	93	30.487,09	17.654.812,91
17,2800	93	30.487,09	17.654.822,41
17,2800	93	30.487,09	17.654.831,91
17,2800	93	30.487,09	17.654.841,41
17,2800	93	30.487,09	17.654.850,91
17,2800	93	30.487,09	17.654.860,41
17,2800	93	30.487,09	17.654.869,91
17,2800	93	30.487,09	17.654.879,41
17,2800	93	30.487,09	17.654.888,91
17,2800	93	30.487,09	17.654.898,41
17,2800	93	30.487,09	17.654.907,92
17,2800	93	30.487,09	17.654.917,42
17,2800	93	30.487,09	17.654.926,92
17,2800	93	30.487,09	17.654.936,42
17,2800	93	30.487,09	17.654.945,92
17,2800	93	30.487,09	17.654.955,42