



Universidade Federal do Paraná  
Departamento de Administração Geral e Aplicada  
MBA em Gerência de Sistemas Logísticos

# **Dimensionamento de Frota Utilizando Software de Simulação**

**Aluno: Wagner Martendal**  
**Orientador: Prof PhD Darli Rodrigues Vieira**

**Monografia apresentada  
como Requisito parcial para  
obtenção do MBA em Gerência de  
Sistemas Logísticos da  
Universidade Federal do Paraná.**

**Curitiba  
2010**

## Agradecimentos

Primeiramente agradeço à Deus, à minha futura Esposa Vanessa, à minha Família;  
Mãe Sônia e Pai Vili.

Agradeço aos Professores Darli Rodrigues Vieira pela orientação direta e ao  
Professor Leonardo Chwif, pelas dicas na construção do modelo.

## Resumo

Tendo em vista o cenário global das economias, nota-se cada vez mais a necessidade de flexibilidade de sistemas logísticos que busquem atender as oscilações dos mercados, conseqüentemente das demandas. Este cenário vem se consolidando desde o início da estabilidade econômica nacional bem como a integração das economias a nível mundial.

A logística das organizações é afetada diretamente por este panorama, pois possuindo recursos otimizados, muitas vezes causa rupturas nas cadeias de suprimentos bem como pode possuir recursos subutilizados, ambas as situações comprometem a lucratividade das organizações a curto, médio e a longo prazo.

Este trabalho trata da otimização de recursos e da eficácia na movimentação de produtos acabados na fase de distribuição para CD's. Através do dimensionamento correto de frota, podendo equilibrar o embarque e entrega, buscando a utilização máxima coerente da frota dando garantia da movimentação dos produtos.

Utilizando um software de simulação de processos chamado Simul8 para avaliar cenários e poder tomar decisões, é possível a redução de gastos desnecessários e máxima disponibilidade de itens nos CD's regionais, para aumento da rentabilidade dos recursos bem como garantia de sucesso mercadológico pela disponibilidade dos produtos próximos aos clientes.

## Objetivo

O Objetivo deste trabalho é alcançar o equilíbrio para maximização da utilização da frota alocada na operação de transporte de distribuição entre CD's bem como a eficácia no atendimento do envio dos materiais aos destinos com a máxima disponibilidade de peças possíveis nos CD's. Isto para poder aumentar a rentabilidade da operação de transporte para os transportadores bem como disponibilidade de peças nos CD's para não ocorrerem stockouts (Rupturas de Estoque).

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS.....	6
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	9
2.1 A LOGÍSTICA ATUAL.....	9
2.2 ETAPAS DO PROCESSO LOGÍSTICO.....	13
2.3 SUPPLY CHAIN MANAGEMENT .....	19
2.4 PLANEJAMENTO DA DEMANDA .....	21
2.5 TRANSPORTE .....	23
2.6 TIPOS DE VEÍCULOS .....	27
3 DEFINIÇÃO DE SIMULAÇÃO E MODELAGEM .....	29
3.1 INTRODUÇÃO.....	29
3.2 DEFINIÇÕES DE SIMULAÇÃO .....	29
3.3 MODELAGEM.....	30
3.4 TIPOS DE SIMULAÇÃO .....	31
3.5 METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO .....	33
3.7 MODELAGEM DOS DADOS .....	34
3.8 CRIAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL.....	38
4 SISTEMA ATUAL DO DIMENSIONAMENTO DA FROTA NA OPERAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO .....	42
4.1 PROCESSO ATUAL.....	42
4.2 OPERAÇÃO ATUAL .....	44
4.3 DIFICULDADES ATUAIS.....	45
4.4 FLUXO DE INFORMAÇÕES E PRODUTOS.....	46
5 PROJETO E GESTÃO DO DIMENSIONAMENTO DA FROTA NA OPERAÇÃO..	48
5.1 CRONOGRAMA .....	48
5.2 OBJETIVO .....	49
5.3 ESTRUTURAÇÃO .....	49
5.4 CONSIDERAÇÕES .....	62
6 AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DINÂMICOS.....	63
6.1 AUMENTO DE DEMANDA .....	63
6.2 VARIAÇÃO DEMANDAS REGIONAIS .....	65
6.3 AUMENTO DE FROTA .....	67
6.4 REDUÇÃO DE FROTA.....	68
6.5 REDUÇÃO DE DEMANDA .....	69
6.6 CONSIDERAÇÕES DOS CENÁRIOS PROPOSTOS .....	71
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	72
REFERÊNCIAS .....	73

## LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Figura 01 – Ciclo Crítico de Distribuição.....	11
Quadro 01 – Decisões de Negócios .....	13
Figura 02 – Cadeia de Suprimentos .....	19
Figura 03: Evolução do SCM .....	20
Figura 04 – Comportamento da Demanda.....	21
Figura 05 – Matriz de Transporte Nacional.....	26
Figura 06 – Exemplo Modelo Concluído Simul8 .....	34
Figura 07 – Correlação de Dados .....	36
Figura 08 – Gráfico Uniforme.....	37
Figura 09 – Gráfico Exponencial.....	37
Figura 10 – Gráfico Normal.....	37
Figura 11 – Gráfico Triangular .....	38
Figura 12 – Gráfico Uniforme Discreta.....	38
Figura 13 – Símbolos TOCHTER.....	39
Figura 14 – Modelo de ACD .....	40
Figura 15 – Representações Simbólicas Simul8.....	40
Figura 16 – Representação de Recurso no Simul8 .....	41
Quadro 02 – Estrutura de CD's .....	43
Quadro 03 – Estrutura de Frota Disponível .....	44
Quadro 4 – Volume de Vendas Atuais.....	44
Figura 17 – Processo de Transporte.....	45
Figura 18 – Processo Integrado de Distribuição Atual .....	46
Quadro 05 – Volume de Embarque Semanal de Cargas.....	47
Quadro 06 – Cronograma Implantação Projeto .....	48
Quadro 07 – Tempos de Viagem de Ida.....	50
Quadro 08 – Escala Operacional .....	51
Quadro 09 – Tempo de Retorno .....	51
Quadro 10 – Carretas Alocadas.....	52
Quadro 11 – Itinerário de Carretas .....	53
Figura 19 – ACD Individual Manual .....	54
Figura 20 – ACD Completo Manual .....	55

Figura 20 – ACD Computacional .....	57
Figura 21 – Formação de Filas .....	58
Figura 22 – Simulação Completa com Ajustes .....	59
Figura 23 – Fim da Simulação .....	60
Figura 22 – Relatório de KPI's.....	61
Figura 23 – Comparação com Aumento de Demanda.....	64
Figura 24 – Variação Demanda Regional .....	66
Figura 25 – Aumento Frota Original.....	67
Figura 26 – Redução de Frota .....	69
Figura 27 – Redução da Demanda .....	70

## 1 INTRODUÇÃO

Falar em competitividade na economia atual é redundante. A lógica das relações dos negócios hoje em dia é mudança constante e dinamismo. Estes aspectos são contraditórios perante muitas teorias que são orquestradas na academia, pois padrões de processos são o que, teoricamente, garante maior evolução e conseqüentemente melhores resultados. Não é o caso em termos da dinâmica das necessidades atuais. Clientes são o foco dos negócios e suas necessidades são variáveis a todo momento, interferidas por questões macro e micro econômicas, informação, globalização, tecnologia, dentre outros.

O enfoque desta monografia refere-se a uma etapa do processo de distribuição de produtos acabados, processo que dentre as grandes áreas da logística, queira ou não; deve ter o maior enfoque gerencial, pois a agregação de valor aos materiais e componentes já foi realizada, os recursos financeiros, humanos e patrimoniais já foram utilizados e a velocidade que os produtos gerem caixa para as organizações é fundamental para a sua sobrevivência. Para isso o produto deve estar disponível para os clientes conforme os prazos, quantidades, especificidades, etc.

Sendo assim, o estudo é direcionado ao dimensionamento de frota da operação de abastecimento de CD's (Centros de Distribuição), utilizando-se da filosofia de redes, aplicada à cadeia ajustante no processo de distribuição. Evidenciando as melhores práticas e buscando atender questões de agilidade e dinamismo, foi utilizada uma ferramenta de simulação de processos utilizando o software de simulação Simul8 para buscar esses objetivos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como base para o desenvolvimento desta monografia, foram pesquisadas as bibliografias disponíveis para um embasamento teórico para poder dar sustentação às aplicações que foram visadas neste trabalho. Para tanto, alguns temas foram abordados e serão vistos nos tópicos a seguir.

### 2.1 A LOGÍSTICA ATUAL

Desde os primeiros estudos científicos da logística no cenário mundial, nas décadas de cinquenta, muito têm se evoluído a respeito. A demanda pós-guerra de grande mercado para produtos que eram básicos é totalmente diferente da demanda atual. Hoje encontramos um mercado dinâmico que o que se tem de demanda hoje é sem dúvida diferente da demanda do amanhã; mesmo para produtos de commodities ou da cesta básica. É simples ao comparar a variação dos volumes comercializados pelo mercado nacional na exportação de milho e soja nos últimos anos ou empresas tradicionais que tinham sua demanda “padrão” que hoje estão extintas por não evoluírem na sua rede e eficiência nas suas operações.

SIMCHI-LEVI, 2003 cita que:

“Na década de 1980, as empresas descobriram novas tecnologias e estratégias de fabricação que permitiram reduzir os custos e ter mais competitividades com diferentes mercados. Nos últimos anos, entretanto, se tornou óbvio que muitas empresas já reduziram seus custos de produção ao mínimo. Parte dessas está descobrindo que o gerenciamento eficaz da cadeia de suprimentos é o próximo passo para aumentar o lucro e a participação de mercado”

Ou seja, redução de custos, publicidade, gestão de pessoas, produção; são temas que já vêm sendo tratados e estão cada vez mais equalizados perante seus benefícios perante às empresas para a competitividade e agora, o tema gestão de cadeia de suprimentos é o tema atual que deverá trazer a diferenciação e a competitividade que as empresas que possuem boa gestão da cadeia de suprimentos terá diferencial competitivo.

Abaixo temos todos os pontos principais do sistema de logística integrada:



- **O cliente**
- **A área comercial:** o vendedor, que atendeu o cliente na revendedora; o setor de marketing da montadora, que selecionou e treinou o pessoal da revendedora e que, por meio das ferramentas de marketing, despertou no consumidor o interesse pelo carro; o setor de informática, que desenvolveu sozinho ou com uma empresa de software o programa utilizado na venda e na comunicação a distância
- **A fábrica,** que ao receber a confirmação do pedido aciona o planejamento de controle da produção (PCP), a rede de suprimentos, a produção e o setor de distribuição física, para poder dar uma confirmação de entrega;
- **A administração,** que pode iniciar o esquema de contabilização, acionar contas a pagar e contas a receber ou ainda a tesouraria para acertar o fluxo de caixa;
- **O mercado,** que incluirá o novo consumidor e seu carro nas estatísticas de vendas e colocará seu nome na relação do serviço de pós venda
- **O fornecedor,** ou melhor, o parceiro comercial, cujo computador recebe direta ou indiretamente a mensagem de confirmação e providencia just in time as peças para o carro;
- **A transportadora,** externa ou interna, que já verifica o roteiro de entrega na região e prepara a entrega definindo a data;
- **O cliente,** novamente, que, recebendo na data acertada o modelo escolhido, dentro das condições acertadas, tornar-se-a, possivelmente, fiel à marca. Ele poderá também induzir outros a comprar os produtos da montadora e utilizar os serviços da revendedora nas manutenções preventivas e corretivas durante a vida útil do modelo.

Notamos nos pontos acima que a logística está inserida em todas as partes de uma organização e não apenas no transporte como o senso comum prega.

### 2.1.1 Definição de Logística

A atual definição de logística tradicional é dada pelo Conselho dos Profissionais de Supply Chain Management (CSCMP):

“Parte da Cadeia de Suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo ajustante e reverso do fluxo de produtos ou serviços, desde o ponto de origem até o ponto de consumo a fim de satisfazer as necessidades dos clientes”.

Portanto, é a ciência que visa equilibrar de maneira eficaz os recursos e as necessidades dos clientes para dar rentabilidade e crescimento para as organizações. Quem enxerga estes comentários referentes a logística e busca desenvolvê-la dentro da sua organização, tem grandes chances de ser diferente no mundo atual competitivo. Não basta apenas ter o produto melhor, saber convencer o

cliente de comprar seu produto, ter o melhor processo fabril ou os melhores equipamentos; é preciso aplicar a lógica de equilíbrio de recursos com a demanda e poder planejar dentro dos mercados inseridos.

Conforme Ballou, a logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos (bens e serviços) desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos (bens e serviços) em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes e um custo razoável.

Essa definição identifica atividades primárias, ou seja, transporte, manutenção de estoques e processamento de pedidos, formando o ciclo crítico de distribuição que pode ser representado pela figura seguinte:

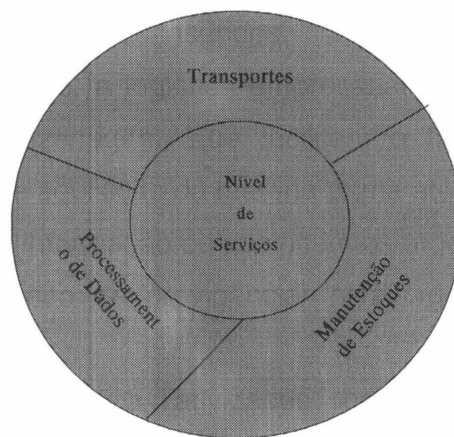


Figura 01 – Ciclo Crítico de Distribuição  
Fonte: Dias 2003

Na figura acima notamos a importante integração dos processos relacionados à logística a fim de garantir níveis de serviços desejados nas organizações.

## 2.1.2 Função Estratégica da Logística

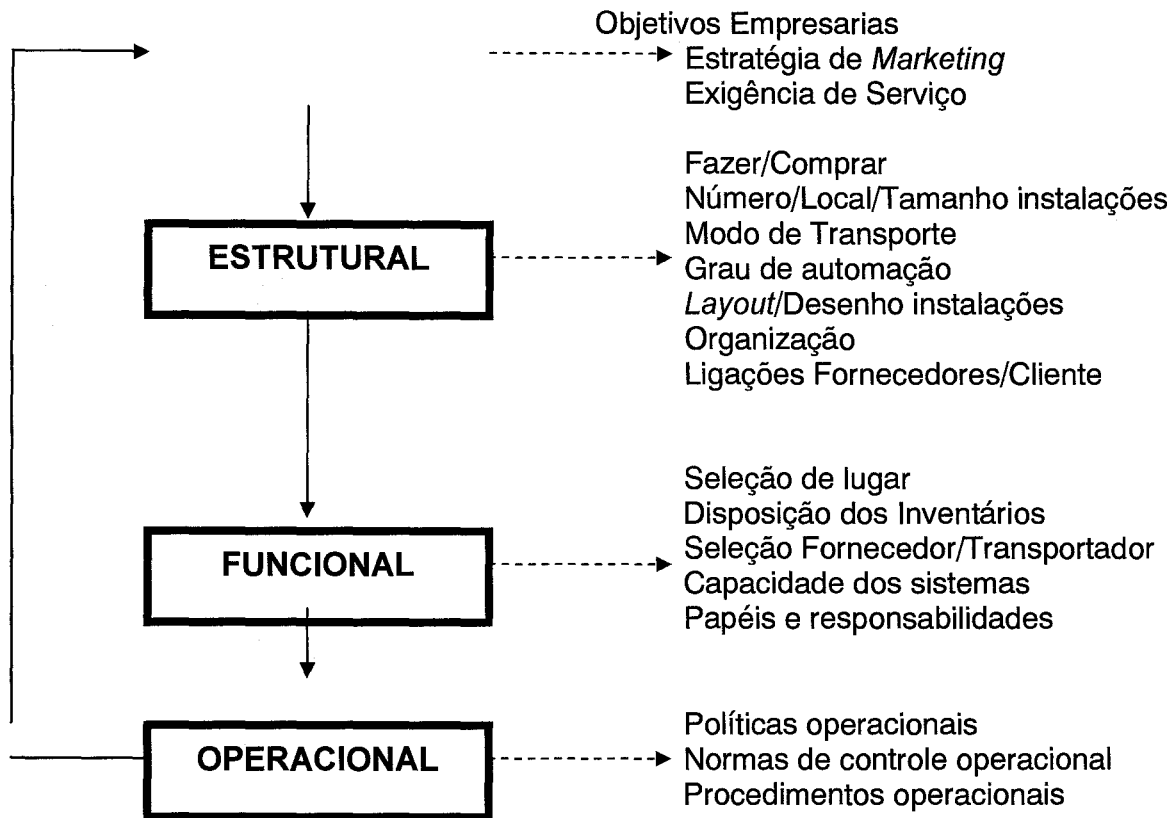
Basicamente a decisão estratégica relacionada com o nível de serviço deve responder à pergunta: “quais são os requerimentos de serviços para cada segmento de clientes?”.

Diversos fatores têm transformado o final da década de 90 e o início do século XXI em um período de desafios e oportunidades para o executivo de logística. O elevado custo associado às atividades de logística, a concorrência em mercados maduros e a preocupação com a satisfação do cliente têm aumentado a compreensão da alta gerência da importância da logística para atingir os objetivos corporativos. Ao mesmo tempo, a globalização das fontes de suprimentos, produção, demanda e concorrência tem aumentado o interesse da alta direção pela função logística, que com a incorporação das modernas tecnologias de informação e telecomunicações tem se expandido na direção da gestão das cadeias de suprimentos.

O planejamento estratégico é o processo de identificar os objetivos de longo prazo da organização e definir os caminhos ou estratégias para atingi-los, atendendo às expectativas dos acionistas. A missão e o plano estratégico fornecem direção para as atividades táticas e operacionais.

A decisão empresarial deve ser a de gerar vantagens competitivas sustentáveis e mantê-las a longo prazo, focalizando as exigências dos clientes e capitalizando as oportunidades que o mercado oferece. O plano estratégico deve antecipar as expectativas de serviço dos clientes atuais e futuros.

O quadro seguinte indica claramente que, sendo o objetivo final de qualquer organização a satisfação do cliente, a decisão do nível de serviço ou nível de atendimento ao cliente é uma decisão de longo prazo e vital para os interesses dessa organização.



Quadro 01 – Decisões de Negócios  
 Fonte: Viana 2004

Notamos assim que conforme o direcionamento organizacional das empresas e os objetivos empresariais, estão ligados diretamente à estratégia logística das organizações.

## 2.2 ETAPAS DO PROCESSO LOGÍSTICO

A logística é teoricamente dividida em três grandes áreas:

- SUPRIMENTO
- LOGÍSTICA INDUSTRIAL (INTERNA)
- DISTRIBUIÇÃO

Cada área foi citada aqui em separado apenas para caracterizar a teoria. Porém, nada funciona em separado, pois a lógica da logística é a integração da

informação ao longo dos elos da cadeia de suprimentos. Portanto a relação entre estas três áreas citadas é princípio básico da logística.

### 2.2.1 Suprimentos

A área de suprimentos é responsável pelo provisionamento de materiais e com o relacionamento com os fornecedores.

Esta etapa concentram-se os esforços para a compra e as fontes de suprimentos sejam alinhadas às estratégias da rede logística pertencente a organização. Como exemplo podemos citar que uma empresa que possui um segmento de mercado voltado a altos padrões de qualidade e sofisticação, deverá possuir fornecedores alinhados à esta estratégia para poder fornecer as especificidades requisitas.

“Suprimentos (procurement) tem um significado bem amplo, inclui todas as atividades necessárias para identificar, selecionar, negociar, comprar, acompanhar, transportar, inspecionar, dispor internamente, resgatar (de sinistros) os insumos necessários à fabricação de um bem ou à prestação de um serviço”. (DIAS, 2004)

Conforme citação, acabamos percebendo que a área de suprimentos é responsável pelas entradas de recursos nas organizações e conforme a teoria de sistemas, a qualidade das entradas dos recursos dará maior garantia da qualidade da saída dos mesmos após as transformações e geração de valor dentro das organizações.

A seleção de insumos e fornecedores é feita depois da identificados os fornecedores de insumos que tenham a qualidade e faixa de preços aceitáveis. No processo para uma seleção prévia devem ser observados vários aspectos como:

- a) documentação: conferir se o proponente fornecedor está com documentação fiscal e trabalhista em dia, por meio da apresentação das certidões competentes.
- b) Capacidade financeira: verificar se o fornecedor tem capacidade financeira para levar adiante o pedido. Ver, por exemplo, se dispõe de capital de giro para efetuar as compras iniciais necessárias, se tem liquidez suficiente, se a empresa é rentável, etc.

- c) Visita às instalações: Visitar as instalações dos proponentes, com atenção ao nível de atualização dos equipamentos, ver se o controle dos materiais é eficiente, se as condições de trabalho são boas ( quanto a segurança), se as dependências são bem cuidadas e limpas, se há proteção contra incêndios, se tem capacidade técnica de atender o pedido, etc.
- d) Reputação: levantar junto aos clientes do proponente fornecedor, qual sua reputação nos negócios ou se tem sido pontual nos compromissos assumidos.

Utilizando esta pequena relação de itens para a seleção de insumos e fornecedores, a possibilidade da maior garantia da qualidade das entradas de insumos será bem melhor do que a tomada de decisão de compras sem um embasamento técnico.

## 2.2.2 Logística Industrial

A logística industrial ou logística interna, reflete as etapas que ocorrem no processo de transformação dos insumos em materiais em processo e conseqüentemente em materiais acabados.

É a área que dá suporte a operação fabril onde está ligada diretamente ao MPS – Master Planning Schedule ou Planejamento Mestre da Produção onde são determinados as quantidades, características e períodos que os materiais serão utilizados para produzir cada produto.

As áreas industriais da logística concentram-se em:

- PCP
- Estoque de Matéria-Prima
- Movimentação Interna

Citadas as áreas, vemos individualmente a função de cada.

### 2.2.2.1 PCP – Planejamento e Controle da Produção

O PCP rege o processo produtivo. Ele é basicamente direcionado pela estratégia de venda da empresa. Se a empresa trabalha com estoque de produtos acabados o PCP tem maior possibilidade de produzir com maior padronização. Se a

empresa não trabalha com estoque de produtos acabados o PCP possui variações freqüentes e setups de equipamentos para tal fim.

O PCP tem como função básica ordenar quais serão as entradas de materiais e que tipo de produto será produzido em determinado período de tempo, visando um volume definido geralmente pela estratégia da área de vendas.

#### 2.2.2.2 Estoque de Matéria Prima

O estoque de matéria-prima ou MP aqui citado, é ligado aos itens disponíveis ao longo do processo de produção. Eles são disponibilizados para haja maior flexibilidade e segurança no processo produtivo.

Por menores que sejam, os estoques de MP estão distribuídos ao longo do processo produtivo. Uma técnica ligada a este estoque é o KANBAN. Que nada mais é do que um sistema que pode ser visual ou por cartões, onde ocorre reposição constante dos itens de estoque para serem utilizadas no processo produtivo.

#### 2.2.2.3 Movimentação Interna

A movimentação interna é o elo de ligação entre os itens físicos de materiais dos equipamentos / pessoas que efetuam a transformação destes itens.

Ela geralmente é dimensionada para que estes recursos sejam maximizados em termos de uso, pois não há agregação de valor nesta atividade, mesmo sendo fundamental.

Em contra partida, a falta desta atividade pode ocasionar grandes perdas, sejam por paradas de maquinas, processos ou atrasos; gerando custos indesejados e diminuição da margem de contribuição do processo.

#### 2.2.3 Distribuição

A distribuição é a última etapa ligada diretamente à organização. Como já citado na introdução deste artigo, é a etapa que, na prática, precisa ter a maior velocidade no contexto logístico.

Os recursos utilizados e escassos estão agora transformados em produtos acabados com valor agregado e precisam ser transformados em resultado para a empresa, para poder onerar os recursos e ter lucro. Portanto o comentário da questão da velocidade.

As empresas geralmente as maiores quantias na logística na área de distribuição. Não à toa que o citado pode ser visto como os casos da Dell, Coca-Cola, etc.

### 2.2.3.1 Canais de Distribuição

Um canal de distribuição corresponde a uma ou mais empresas ou indivíduos que participam do fluxo de produtos e/ou serviços desde o produtor até o cliente ou usuário final. Algumas vezes, uma empresa entrega diretamente a seus clientes, mas muitas vezes utilizam outras empresas ou indivíduos para distribuir todos os seus produtos ou alguns deles ao cliente final. Essas empresas ou indivíduos recebem o nome de intermediários. Exemplos de intermediários são atacadistas, agentes, empresas transportadoras e proprietários de depósitos.

Na realidade, existem dois canais envolvidos. O canal de transação relaciona-se à transferência de propriedade. Sua função é negociar, vender e contratar. O canal de distribuição está relacionado com a transferência ou entrega de produtos ou serviços.

### 2.2.3.2 Técnicas de Distribuição

Existem inúmeras técnicas de distribuição e algumas devem ser citadas como embasamento para este artigo.

As técnicas de distribuição visam o máximo de velocidade e controle em contra partida mínimos custos. Algumas delas podem ser citadas como:

- Postponement: Que é a postergação de uma etapa do processo de agregação de valor a fim de conseguir atender a expectativa do cliente de maneira mais dinâmica



com baixos custos. Exemplo o processo atual de venda de tintas, onde o cliente escolhe a tinta e a máquina realiza a mistura podendo formar centenas de cores com poucos itens de matéria-prima.

- Cross-Docking: Muito utilizado para reduzir os tempos de entrega e custos. Ele é realizado de diversas formas. Pode ser realizado utilizando rotas com veículos de capacidade de carga maiores para em locais determinados, a carga seja dividida em veículos menores, utilizando uma área apropriada para tal ou simplesmente direto do caminhão em casos em que é possível.

- CD's: Utilizando os CD's as empresas, que possuem volume para tal, conseguem reduzir os custos de deslocamento dos produtos e estar mais próxima dos clientes para poder atendê-los de maneira mais rápida e ágil possível. Os custos dos CD's são absorvidos geralmente pela maior qualidade e capacidade de atendimento que eles proporcionam.

#### 2.2.3.3 Centros de Distribuição

Basicamente os Centros de Distribuição ou CD's são utilizados para duas funções básicas: Proximidade do Cliente Consumidor e Redução de Custos por Serviços em Massa.

O primeiro fator contribui diretamente na possibilidade de estar próximo do cliente e poder atender as variações de demanda de itens, quantidades, especificidades, qualidade, etc de cada cliente. O segundo é devido ganhos em serviços de transporte de cargas consolidada, concentração e especialização dos serviços de recebimento, separação, armazenagem, controle e expedição dos itens.

Os CD's vêm sendo instalados por diversas empresas que visam o seu crescimento e expansão também devido incentivos fiscais para operações em estados diferentes, o que também deverá ser considerado em seu projeto de instalação.

## 2.3 SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Supply Chain Management ou Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, é o termo atualizado na concepção da gestão das organizações que visam o meio inserido da organização, envolvendo seus fornecedores e clientes.

É um termo muito estudado atualmente pois estuda ganhos ao longo dos parceiros de negócio onde a empresa esta inserida. A filosofia utilizada é da que o planejamento do negócio pode ser realizado integrando parceiros, buscando o alinhamento dos processos, informações e consequentemente ganhos significativos.

Abaixo, exemplo de cadeia de suprimentos:

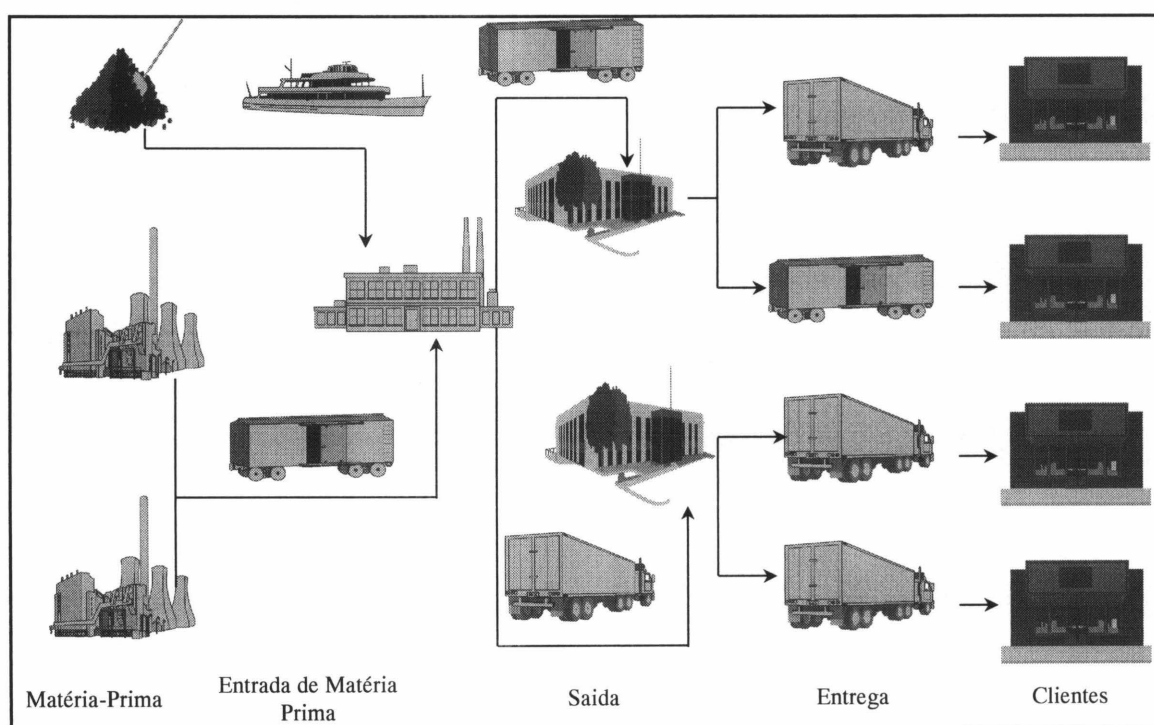


Figura 02 – Cadeia de Suprimentos

Fonte: Bertaglia, 2003.

A abrangência da Cadeia de Abastecimentos pode ser visualizada na figura acima e envolve:

- Compras/Obtenção/Programação da Produção
- Processamento de Pedidos

- Gerenciamento de Estoque
- Transporte
- Armazenagem
- Serviço ao Cliente

As estratégias de competitividade relacionadas a boa Gestão da Cadeia de Suprimentos está ligada a:

- Integração
- Velocidade
- Flexibilidade
- Qualidade de serviço
- Custo

A Cadeia de Abastecimento deve ser vista pelas organizações como um processo integrado que permite obter vantagem competitiva no fornecimento de serviços ou produtos para clientes e consumidores, independente do lugar onde eles estejam.

A evolução do SCM pode ser vista na figura abaixo:

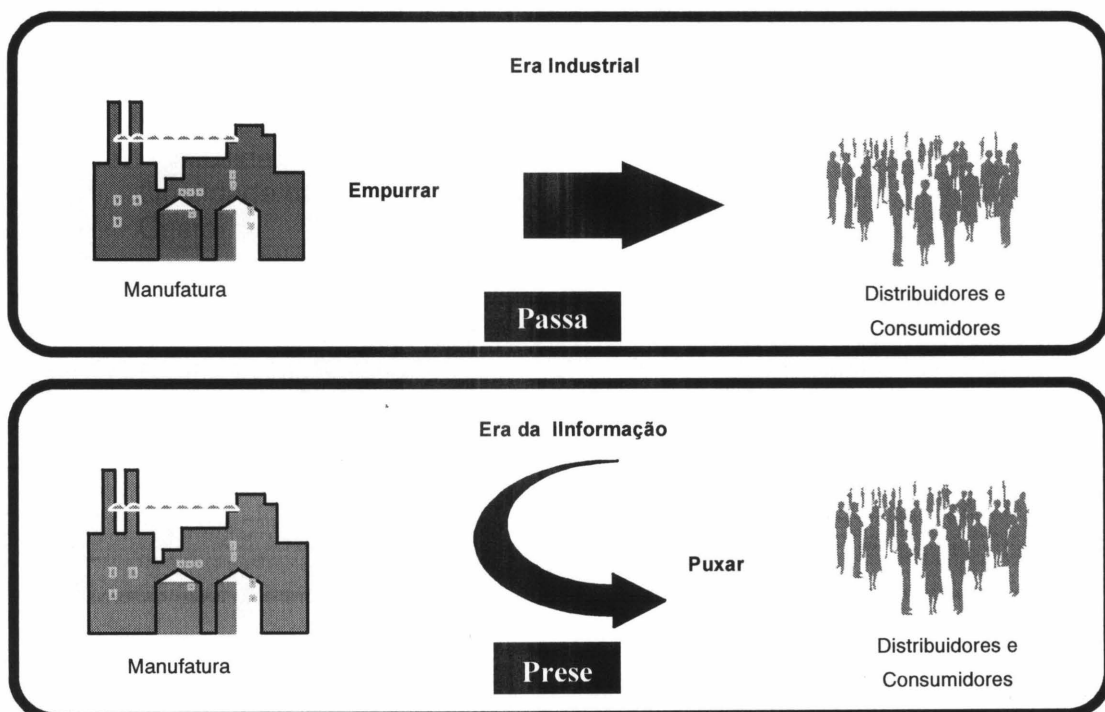


Figura 03: Evolução do SCM

Fonte: Bertaglia 2003.

## 2.4 PLANEJAMENTO DA DEMANDA

A área da logística responsável pelas informações mais importantes para a estratégia empresarial é o Planejamento da Demanda. Esta área é responsável em gerar informações de curto prazo e embasar a de longo prazo na tomada de decisão para investimento em recursos e operações.

Nenhuma empresa caminha sem ter um horizonte bem definido, isto é dado pela estratégia da empresa ligada à sua Gestão de Demanda, ou seja, saber o quê, quanto, quando, onde e como será vendido aos seus clientes conforme as suas necessidades.

As técnicas de previsão de venda são baseadas geralmente em históricos do passado e projeções do futuro. A estatística é uma ferramenta muito utilizada.

Abaixo alguns exemplos do comportamento histórico de consumo através de gráficos:

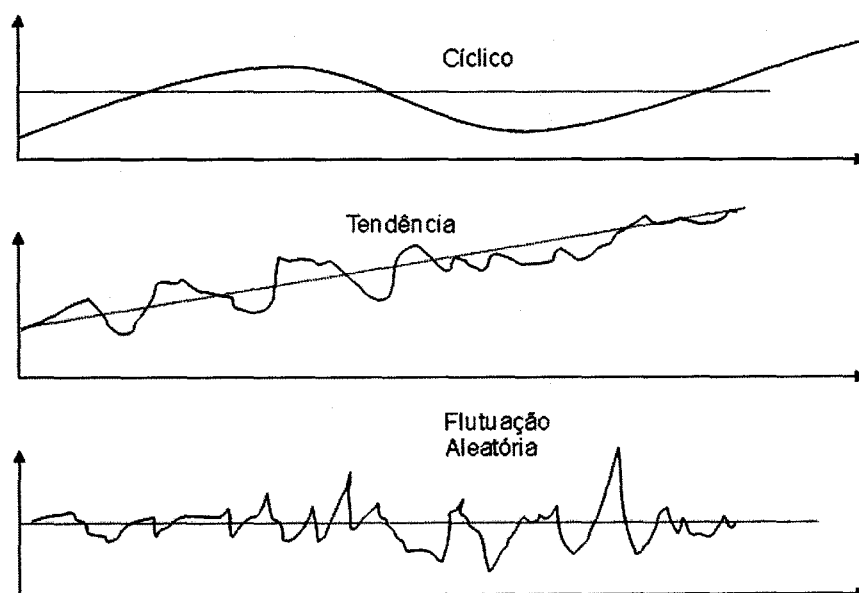


Figura 04 – Comportamento da Demanda

Fonte: Gonçalves, 2004

No que se refere à interpretação de informações de mercado, Julianelli (2006) ressalta a importância da colaboração interdepartamental e entre empresas que

compõe a cadeia de suprimentos, pois segundo o autor a colaboração tem fator determinante nas reduções de custos de estoques e na melhoria do nível de serviço aos clientes.

O autor, destaca a tendência de buscarmos o Planejamento Colaborativo de Demanda que pode proporcionar os seguintes benefícios:

- Melhoria no julgamento e tomada de decisão no que se refere a interpretação das informações de mercado, pois várias áreas discutem e possuem visões diferenciadas sobre o mercado.
- Integração entre as áreas funcionais devido a troca e ao compartilhamento de informações e cooperação entre as mesmas;
- Diminuição do efeito “chicote” que ocasiona excesso de estoques em alguns momentos e rupturas de fornecimento em outros.
- Redução da marginalização dupla que consiste na incidência de uma margem de lucro sobre a margem de lucro do elo anterior da cadeia de suprimentos.

Para Julianelli (2006), o planejamento colaborativo da demanda depende da troca intensiva de informações e de mudanças organizacionais, estruturais e tecnológicas. Segundo ele, as iniciativas de planejamento colaborativo da demanda podem ser divididas em duas modalidades, a saber:

- Iniciativas Internas – quando ocorre entre as áreas funcionais da empresa, como por exemplo as reuniões de Sales and Operations Planning (S&OP);
- Iniciativas externas – quando envolve diferentes empresas, destacando-se a filosofia de Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) que é o foco de nosso trabalho.

O autor destaca ainda que o grande objetivo das iniciativas de colaboração neste processo é a de garantir que as informações (internas e externas) fluam livremente e possibilitem assim um melhor processo de planejamento de demanda.

## 2.5 TRANSPORTE

O sistema de distribuição de produtos de uma empresa sempre foi importante e complexo, pois o transporte é um considerável elemento de custo em toda a atividade industrial e comercial.

O sistema rodoviário responde hoje pelo transporte de 70% a 80% das cargas movimentadas no Brasil, e, sem entrar no mérito dos erros e acertos da política brasileira de transportes, essa realidade não se modificará sensivelmente em termos globais nas próximas décadas, por maiores que sejam os esforços do Governo na modernização dos transportes marítimos e ferroviários.

Um fator importante, para a análise de transportes, são as compras realizadas pela empresa. Vários fatores influem na decisão de operar as compras pelo sistema CIF ou FOB, e a tendência normal dos setores de compra é optar pelo primeiro, isto é, receber a carga em seus depósitos, deixando aos fornecedores a incumbência de escolher os meios de transporte para o cumprimento dos prazos de entrega. Mas a elevação dos custos de transporte nos últimos tempos vem pressionando a política de vendas com o objetivo de transferir estes custos ao comprador, ou seja, os fornecedores procuram negociar FOB, retirando essa parcela de custo do produto a ser vendido.

A função primordial de setores de transportes é otimizar três itens: custos, prazos e qualidade de atendimento, já que estes elementos poderão criar maior possibilidade de mercado em cima das seguintes argumentações:

- a) **Custos:** ao termos valores de custos de transportes superiores às médias de mercado, aumentarão nossas dificuldades de concorrência no mesmo.
- b) **Prazos:** para determinados produtos os prazos de sua entrega são tão importantes que, devido à vida do produto ser extremamente curta, poderemos, ao estender seu prazo de entrega, prejudicar inclusive vendas futuras. Esta observação é válida, principalmente no transporte de cosméticos, produtos farmacêuticos e alimentícios.
- c) **Qualidade:** em determinados casos, principalmente no transporte de matérias-primas mais sofisticadas, poderá vir a onerar custos de transporte. Um fator primordial para a qualidade do transporte é a embalagem do produto transportado. Desde o carregamento do produto, ele está sujeito a riscos de

avarias devido à própria operação, e, se a embalagem não for correta para a modalidade de transporte que estará sujeita certamente o material ser avariado. Em função do tipo de transporte há necessidade de avaliar os riscos possíveis na carga e descarga do material e no percurso da estrada e qualidade da estrada. (ADAPTADO DE DIAS).

Um dos responsáveis pelo maior custo de uma operação é a área de transporte. O deslocamento dos materiais e produtos ao longo da cadeia pode alcançar até 80% do valor de um produto final. Muitos fatores podem contribuir para o aumento ou redução dos custos de transporte.

A correta gestão desta área, pode trazer os maiores saves para as organizações, pois saber alocar estes recursos, é vital para o impacto da rentabilidade de uma operação e de uma empresa como um todo.

O transporte, seja realizado dentro ou fora de uma empresa, utiliza recursos patrimoniais que são de altos valores; por isso, a ótima utilização destes recursos gera os ganhos no processo de movimentação.

### 2.5.1 Custos de Transporte

Para oferecer serviços de transporte, qualquer transportadora, independentemente do meio que utilize, precisa ter certos elementos básicos. Esses elementos são vias, terminais e veículos. Cada um resulta em um custo para a transportadora e, dependendo do meio e da transportadora, esses custos podem ser de capital (fixos) ou operacionais (variáveis). Os custos fixos são aqueles que não variam de acordo com o volume de produtos transportados. O custo de compra de um caminhão para a transportadora é um custo fixo. Independentemente de quanto é utilizado, o custo do veículo não muda. Entretanto, muitos custos operacionais, tais como combustível, manutenção e salários do motorista, dependem da utilização do caminhão. São custos variáveis.

As **vias** são os caminhos nos quais a transportadora opera. Incluem o direito de circulação (a área da terra utilizada), mais qualquer leito de estrada, trilhos ou outras instalações físicas necessárias ao direito de circulação. A natureza da via e seu custeio variam segundo o meio de transporte. Podem ser propriedade do

governo, que assume a responsabilidade por sua operação, propriedade da transportadora ou fornecidas pela natureza.

Os **terminais** são lugares onde as transportadoras carregam e descarregam os produtos e fazem conexões entre o serviço de retirada e entrega local e o serviço de filas. Outras funções desempenhadas nos terminais são pesagem, conexões com outras rotas e transportadoras; rotas dos veículos, despachos e manutenção, além da administração e serviços burocráticos. A natureza, o tamanho e a complexidade do terminal variam segundo o meio de transporte, o tamanho da empresa e os tipos de produtos transportados. Os terminais são geralmente de propriedade das transportadoras e por elas operados, mas, em algumas circunstâncias especiais, podem ser públicos, ficando sob a administração do governo.

**Veículos** de vários tipos são utilizados em todos os meios de transporte, exceto na tubulação. Servem como unidades de carregamento e força para transportar os produtos pelas vias. Geralmente, as transportadoras possuem os veículos, ou tem acesso a eles por meio de arrendamento mercantil. Em outros casos, o expedidor é que possui os veículos ou os arrenda.

Além dos custos relacionados às vias, terminais e veículos, uma transportadora terá outros custos, como os de manutenção, mão de obra, combustível e administração. Geralmente, esses custos são operacionais, podendo ser fixos ou variáveis.

### 2.5.2 Transporte Rodoviário

O transporte rodoviário é hoje o que movimenta a grande maioria das cargas transportadas nacionais, vemos abaixo como é a matriz de transporte nacional:



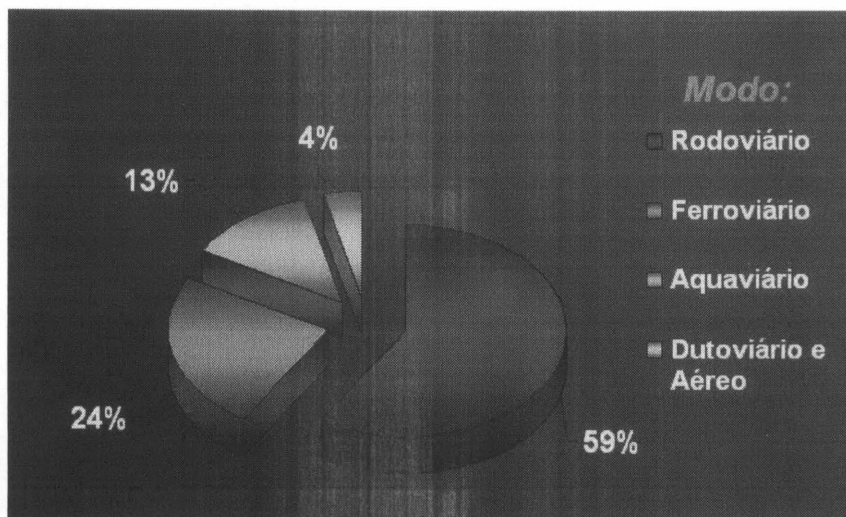


Figura 05 – Matriz de Transporte Nacional

Fonte: ANTT 2005

Os caminhões não oferecem suas próprias vias (estradas), mas pagam uma taxa ao governo na forma de licenças, gasolina e outros impostos sobre a utilização da estrada. Os terminais geralmente são de propriedade do governo. Os veículos são de propriedade ou são arrendados pelas transportadoras e por elas operados. Quando são de propriedade das transportadoras, representam importante despesa de capital. Entretanto, em comparação com outros meios de transporte, o custo de um veículo é pequeno. Isso significa que, para as transportadoras rodoviárias, a maioria dos custos é de natureza operacional (variável).

Os caminhões podem oferecer um serviço porta-a-porta, contanto que haja uma superfície adequada para o transporte. A unidade de transporte é uma carga de caminhão, que pode chegar até 45 toneladas. Esses dois fatores – o excelente sistema rodoviário e a unidade de transporte relativamente pequena – significam que os caminhões podem oferecer um serviço rápido e flexível quase em qualquer lugar.

Os caminhões são especialmente adequados para a distribuição de produtos de volume relativamente pequeno para um mercado disperso.

## 2.6 TIPOS DE VEÍCULOS

Existem diversos tipos de veículos para o transporte rodoviário, para este trabalho, é importante mostrarmos o modelo que será utilizado para o estudo e seus pontos positivos.

### 2.6.1 Carreta

As carretas, em geral, são veículos utilizados no transporte de transferência, ou seja; no transporte de movimentação entre empresas.

As carretas podem ser divididas em carretas simples ou carretas trucadas, as carretas simples possuem cinco eixos e tem capacidade de carga de até 26,5 toneladas de carga. Já as carretas trucadas possuem seis eixos e possuem capacidade de carga de até 32,5 toneladas.

Em termos de quantidade de itens transportados para o estudo deste trabalho, indiferente do tipo simples ou trucada, ambas possuem metragem cúbica do reboque (carreta) iguais o que faz com que ambas possam transportar em média 4.000 peças o que não ultrapassa 21 toneladas de carga.

### 2.6.2 Truck

Os veículos do tipo truck são utilizados para transporte de transferência geralmente em distâncias curtas ou para entregas de grandes volumes. Quando os volumes de vendas são menores, o mesmo veículo é utilizado para entregas.

Este tipo de veículo tem capacidade de transporte de até 14,5 toneladas e para a movimentação estudada neste trabalho, pode transportar em até 2.000 peças.

### 2.6.3 Toco

Os veículos do tipo Toco são utilizadas para transporte de entregas e efetuam deslocamentos curtos. Possuem grande dinamismo e agilidade para entregas.

Este tipo de veículo tem capacidade de transporte de até 6 toneladas e para a movimentação estudada neste trabalho, pode transportar até 1.400 peças.

### 2.6.4 Pequeno

Os veículos do tipo Pequeno ou  $\frac{3}{4}$  são utilizados para transporte de entregas e efetuam deslocamentos curtos e locais. Possuem grande dinamismo, agilidade e pode adentrar em locais de difícil acesso.

Este tipo de veículo tem capacidade de transporte de até 4,5 toneladas e para a movimentação estudada neste trabalho, pode transportar até 900 peças.

Os veículos citados acima, foram caracterizados utilizando carroceria do tipo Baú.

### 3 DEFINIÇÃO DE SIMULAÇÃO E MODELAGEM

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo trata diretamente o assunto ênfase desta monografia, que é a simulação.

Para isto, foram utilizados livros e sites especializados a fim de dar embasamento atualizado sobre o assunto visando dar sustentação técnica e teórica para os assuntos de simulação, modelagem, eventos discretos e processos.

#### 3.2 DEFINIÇÕES DE SIMULAÇÃO

A simulação é uma ferramenta que propicia o estudo dos processos de maneira virtual, permitindo testes de cenários que quando implantados, estão com seus processos já avaliados e podem estar com os custos mais adequados dos processos, evitando gastos, investimentos e despesas desnecessárias.

Existem diversas definições para o termo simulação, porém, segundo CHWIF E MEDINA, é interessante saber o que a simulação não é, para não gerar falsos resultados mágicos que a simulação pode trazer:

- A simulação não é uma bola de cristal: ela não prevê o futuro, o que ela pode prever, com certa confiança, é o comportamento de um sistema baseado em dados de entradas específicos e respeitado um conjunto de premissas.
- A simulação não é um modelo matemático: embora se possam utilizar fórmulas matemáticas em um modelo de simulação, não existe uma “expressão analítica fechada”, não pode ser reduzida a um simples cálculo ou fórmula matemática.
- A simulação não é uma ferramenta estritamente de otimização: ela é uma ferramenta de análise de cenários.
- A simulação não é substituta do pensamento inteligente: não substitui o ser humano no processo de decisão.
- A simulação não é uma técnica de último recurso: Ela é uma das técnicas mais utilizadas na pesquisa operacional e na ciência da administração.

- *“A simulação não é uma panacéia que irá solucionar todos os problemas: corroborada pelo pensamento de HARREL & TUMAY (1995), a simulação possui uma classe de problemas bem específicos nos quais se adapta bem”* CHWIF & MEDINA (2007).

Validar um processo na prática acarreta geração de custos e esvaziamento de caixa o que sem dúvida prejudica diretamente o fluxo de caixa das organizações e causa perda da rentabilidade das operações. O processo quando avaliado em meio de testes, como é o caso da simulação, permite avaliar com antecedência qualquer processo real em diversas áreas, como produção, movimentação de materiais, atendimento e transporte; a qual é o estudo deste trabalho.

### 3.3 MODELAGEM

Dentre a bibliografia pesquisada, a modelagem possui diversas caracterizações como podem ser vistas.

#### 3.3.1 Modelos Simbólicos

Os modelos simbólicos são caracterizados por gráficos, organogramas, fluxogramas, lay-outs, etc.

São de fácil entendimento e são mais utilizados na comunicação e documentação de processos de sistemas.

Possuem as limitações de serem estáticos, não utilizarem elementos quantitativos e também não detalham o sistema.

#### 3.3.2 Modelos Analíticos

Estes modelos são basicamente matemáticos como Modelos de Programação Linear, Teorias das Filas, etc.

Apresentam soluções rápidas e baratas.

Suas restrições ficam impostas perante terem características estáticas e por não possuir soluções analíticas para sistemas mais complexos.

### 3.3.3 Modelos de Simulação

O modelo de simulação são mais complexos que os demais porém são os que possuem a maior possibilidade de maiores resultados para a grande maioria dos problemas encontrados nos processos de modelagem, capturando o comportamento de um sistema real com as suas restrições e variáveis.

Pode ser visto como uma ferramenta de análise para cenários diversos na aplicação do “E se”, ou seja, qual o resultado se houver mudanças nas variáveis do sistema.

É o modelo mais complexo e justamente por este motivo, é mais difícil a sua construção, leva maior tempo que os demais modelos e na sua grande maioria apresenta os maiores custos.

## 3.4 TIPOS DE SIMULAÇÃO

A simulação é dividida em simulação computacional e simulação não-computacional, conforme CHWIF E MEDINA “A simulação computacional é a que necessita de um computador para ser realizada. A simulação não-computacional é aquela que não necessita de um computador para ser realizada como o exemplo de um projetista utilizando um protótipo em escala reduzida de uma aeronave em um túnel de vento”.

A simulação computacional utiliza softwares para modelar os processos e gerar resultados. Existem diversos softwares disponíveis, como ARENA, SIMUL8, PROMODEL, AUTOMOD, etc. Para a realização deste trabalho, foi utilizado o software SIMUL8 devido a sua praticidade e maior conhecimento por parte do autor. Dentre os vários softwares disponíveis, não há uma classificação que aponte o melhor software do mercado, depende de cada modelo necessário para se modelar e o conhecimento do usuário no momento da montagem do modelo da simulação.

A simulação não-computacional geralmente ocorre na construção de protótipos reduzidos de um sistema real como uma maquete de um prédio, testes de acidentes de veículos com veículos especiais “Crash Test”, e até mesmo simulações de acontecimentos como reconstituições de crimes, acidentes, etc.

#### 3.4.1 Determinísticos, Estocásticos, Estatísticos e Dinâmicos

Existem os modelos variados de simulação, dentre estes encontramos os modelos determinísticos, estocásticos, estatísticos e dinâmicos.

Os modelos determinísticos não consideram variáveis exógenas ou endógenas permitindo apenas dados exatos. Tem características mais simples na geração de cálculos e um exemplo prático de utilização deste modelo está no cálculo dos máximos e mínimos.

Os modelos estocásticos consideram ao menos uma característica operacional como uma função de probabilidade.

Modelos estáticos não estão relacionados a variável do tempo, como trabalhos realizados na área de programação linear.

Por fim, os modelos dinâmicos apresentam modelos matemáticos diretamente ligados a interações com variáveis com o tempo, havendo uma ordem temporal entre os eventos.

#### 3.4.2 Monte Carlo, Contínua e de Eventos Discretos

Utilizando como ênfase, os autores CHWIF e MEDINA caracterizam os modelos de simulação como de Monte Carlos, Contínua e de Eventos Discretos.

A simulação de Monte Carlos utiliza-se de geradores de números aleatórios para simular sistemas físicos ou matemáticos nos quais não se considera o tempo explicitamente como uma variável. Este nome é alusivo ao “Cassino Monte Carlo” devido suas propriedades aleatórias.

O modelo de simulação contínua foi introduzido por Forrester em 1961 e aplicado a problemas com características de realimentação do sistema estudado, ou seja, processo cíclico com histórico. Possui limitação por não entrar no detalhamento do sistema, mas sendo uma boa ferramenta para macro-processos.

Finalmente, o modelo de simulação de eventos discretos, foi introduzido na década de cinquenta para fins militares. Este modelo é capaz de trabalhar com sistemas complexos com varias interações, trabalha com o comportamento dinâmico dos sistemas e também com variáveis aleatórias seguindo certa distribuição de probabilidades.

### 3.5 METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO

Para bons resultados de uma simulação de processo, é fundamental que algumas regras sejam cumpridas seguindo uma ordem:

- Concepção do Modelo
- Implementação do Modelo
- Análise dos Resultados do Modelo

#### 3.6.1 Concepção do Modelo

Dentre as etapas citadas, a primeira é a concepção do modelo, onde os responsáveis devem definir claramente o sistema e seus objetivos a serem alcançados. Definir claramente o escopo do modelo, hipóteses e nível de detalhamento. Outro fator importante nesta etapa é a coleta dos dados, que será tratada mais a frente.

#### 3.6.2 Implementação do Modelo

Na segunda etapa, o modelo conceitual é transcrito para um modelo computacional baseado em alguma linguagem de simulação ou de software especialista em simulação.

Seguindo, é importante comparar o modelo conceitual com o modelo computacional, a fim de assegurar que os modelos se equivalem e os resultados serão compatíveis.



Alguns resultados devem ser gerados para validar o conceitual do computacional, isto para avaliar se a representação computacional satisfaz as necessidades do modelo conceitual da realidade simulada.

### 3.6.3 Análise dos Resultados do Modelo

Esta última etapa o modelo computacional está pronto para a realização de experimentos, dando origem ao modelo experimental ou operacional. Nesta etapa serão alterados os dados para avaliação e documentação dos resultados, a partir daí, os responsáveis podem gerar recomendações, conclusões e sugestões para o modelo.

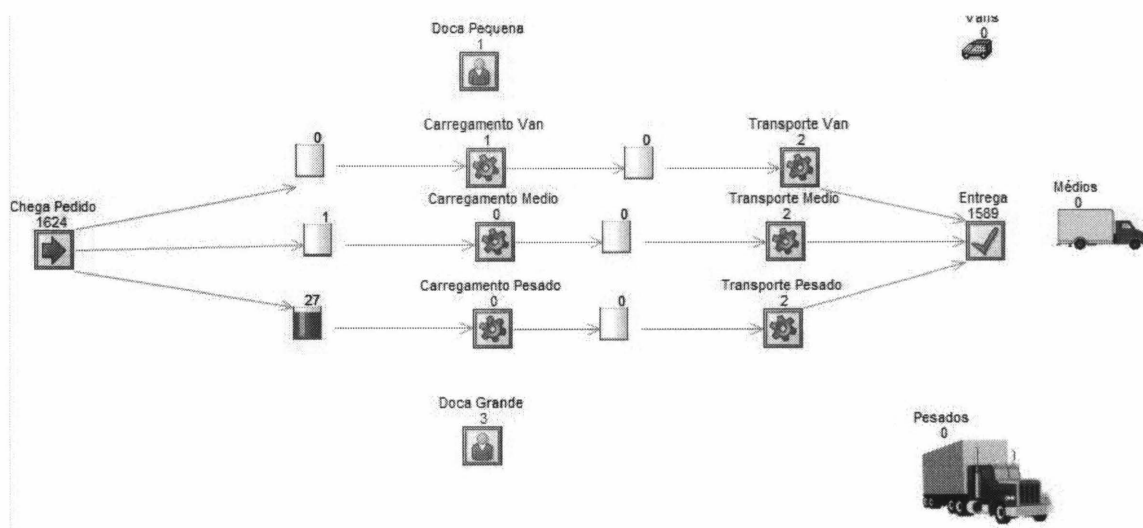


Figura 06 – Exemplo Modelo Concluído Simul8

Fonte: Simul8

Acima pode ser visto um modelo após a conclusão do período de simulação. Pode-se notar que existe formação de filas antes do processo de “Carregamento Pesado” e as análises deste e de outros fatores deve ser realizada.

### 3.7 MODELAGEM DOS DADOS

Os dados para a simulação computacional são a base na geração dos relatórios para as análises e o seu tratamento é fundamental pois está em prática um sistema que os dados entrantes quanto melhor sua qualidade, melhor os resultados gerados para o sistema proposto.

Este processo é dividido entre a Coleta dos Dados, o Tratamento dos Dados e a Inferência dos Dados.

### 3.7.1 Coleta dos Dados

A coleta de dados deverá ser realizada através de levantamento de dados de sistemas, apontamentos, cronometragem de tempos, opiniões de especialistas, etc. Os dados são fundamentais para poder ter um panorama o mais próximo da realidade no momento da simulação.

A maioria dos autores, geralmente da estatísticas, comentam que o mínimo de dados para se poder ter dados confiáveis para serem analisados são de trinta amostras. O máximo de dados gira em torno de duzentas amostras. Dados acima ou abaixo dos citados poderá ou gerar informações inconsistentes com poucos dados ou excessiva massa de dados e tamanho de arquivos desnecessários com muitos dados.

Importante salientar a análise de “Outliers” ou seja, pontos fora do padrão dos dados coletados. Na grande maioria esses dados não devem ser considerados; desde que se consiga traduzir o dado para uma ocorrência que não retrate o padrão do modelo do processo.

### 3.7.2 Tratamento dos Dados

O tratamento dos dados nada mais é do que realizar a ordenação dos dados em tabelas e a classificação estatísticas dos mesmos. Como:

- Média: Corresponde ao valor médio(mais representativo) de uma amostra. Uma estimativa da média de uma amostra é somar todos os valores e dividir pelo número de valores.
- Variância: Medida que fornece uma estimativa de quanto os valores estão mudando em relação à média. Quanto menor a variância mais “constantes serão os valores” (=média dos quadrados das diferenças dos valores em relação à média).
- Desvio-Padrão:É a raiz quadrada da variância.
- Moda: O valor que mais se repete
- Mediana: Valor que divide a amostra pela metade (50% dos valores está acima da mediana e 50% dos valores abaixo).
- Mínimo e Máximo: Valores Extremos

Outras análises estatísticas também são fundamentais, como a Análise de Correlação, quando os dados mostram que existem melhorias do processo ou o inverso ao longo da evolução do tempo. Isso descaracteriza o comportamento do processo para a simulação. Abaixo exemplo de gráfico de Correlação de Dados:

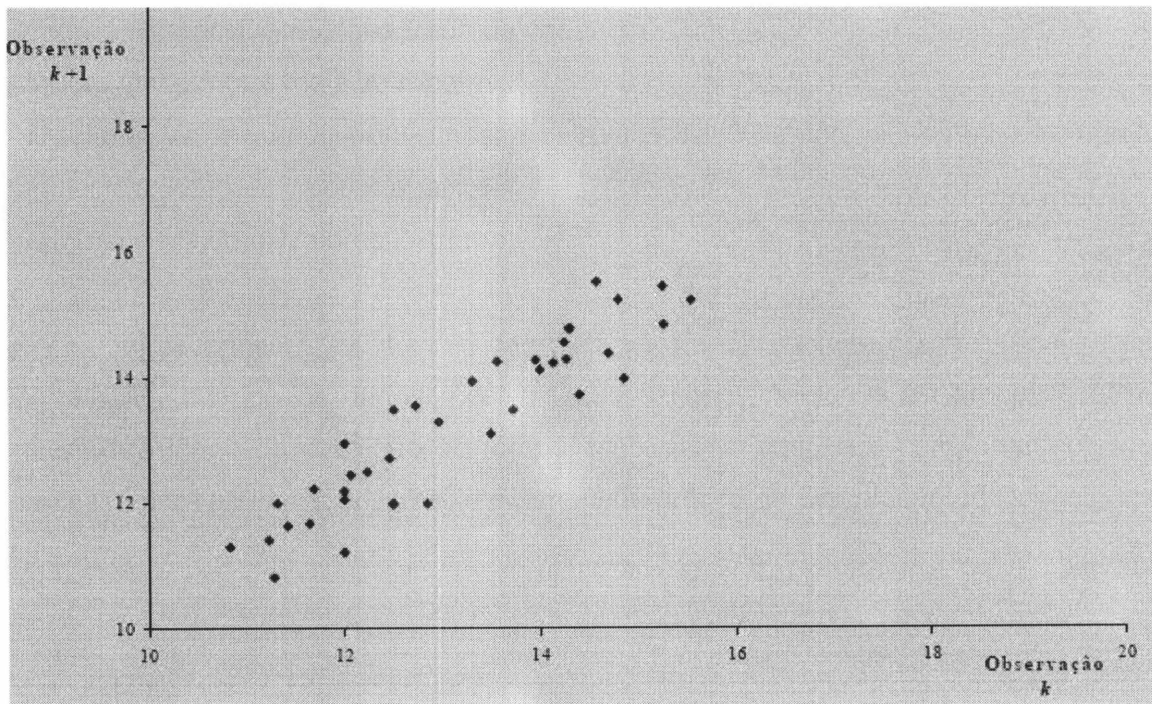


Figura 07 – Correlação de Dados

Fonte: Adaptado CHWIF e MEDINA

### 3.7.3 Inferência dos Dados

A inferência é o modelo probabilístico que melhor representa os dados coletados, ou seja, qual o comportamento estatístico dos dados.

Os principais modelos são demonstrados abaixo:

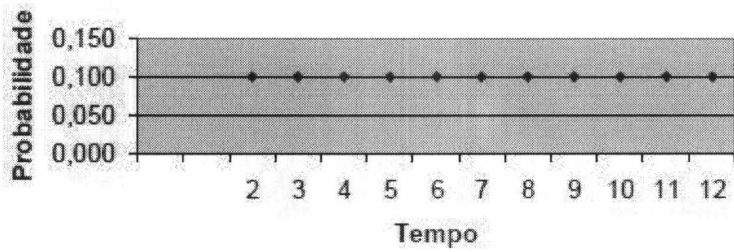


Figura 08 – Gráfico Uniforme

Fonte: Adaptado CHWIF

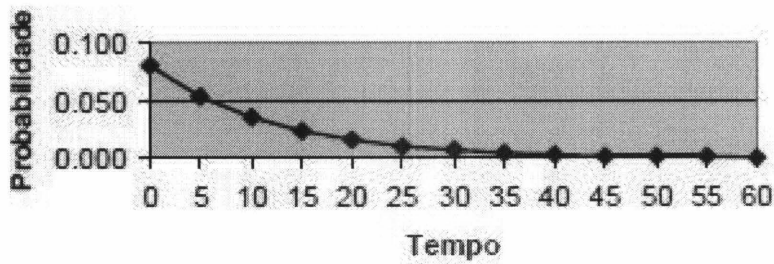


Figura 09 – Gráfico Exponencial

Fonte: Adaptado CHWIF

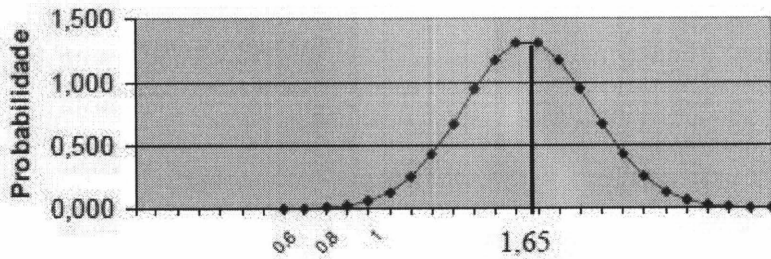


Figura 10 – Gráfico Normal

Fonte: Adaptado CHWIF

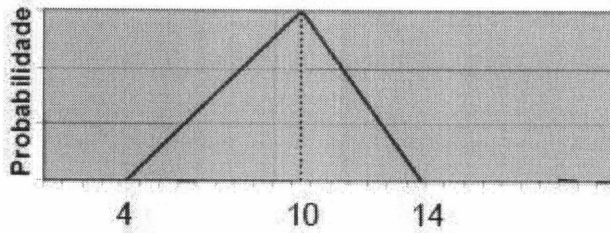


Figura 11 – Gráfico Triangular

Fonte: Adaptado CHWIF

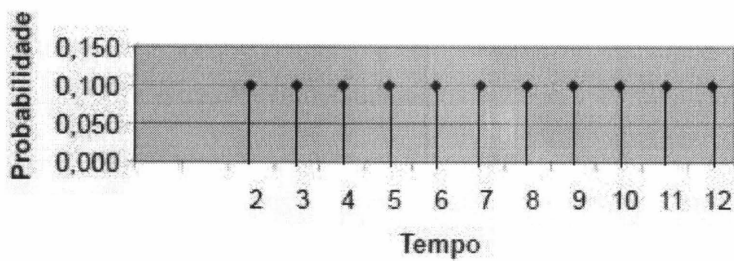


Figura 12 – Gráfico Uniforme Discreta

Fonte: Adaptado CHWIF

### 3.8 CRIAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

O modelo conceitual é tido como regra para a elaboração de projetos de sistemas de modelação, pois os critérios devem ser seguidos para a garantia de resultados que retratem a realidade.

Ele é importante para melhor entendimento do processo, facilitar a criação do modelo, melhorar a comunicação e uma forma de documentação do processo.

Os passos quando não seguidos podem gerar retrabalho e maiores esforços na validação do modelo computacional.

### 3.8.1 O ACD

A sigla ACD significa “Activity Cycle Diagrams” e é baseado na idéia de TOCHTER 1963 das Engrenagens Estocásticas e é representado por dois símbolos básicos que são a FILA e a ATIVIDADE:

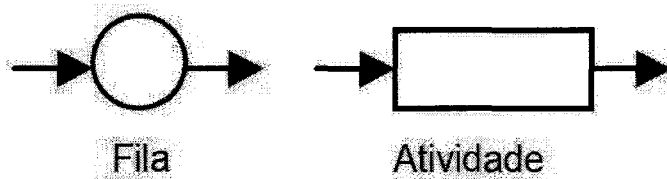


Figura 13 – Símbolos TOCHTER

Fonte: Adaptado CHWIF

A Fila representa um elemento passivo do ACD e a Atividade representa o elemento ativo do ACD. Ainda existe a Entidade que corresponde a qualquer componente no modelo que retém sua identidade ao longo do tempo.

É necessário para compor o modelo a entrada e a saída.

Para melhor visualização tem-se o modelo abaixo de ACD completo de um PUB – Bar estilo Britânico:

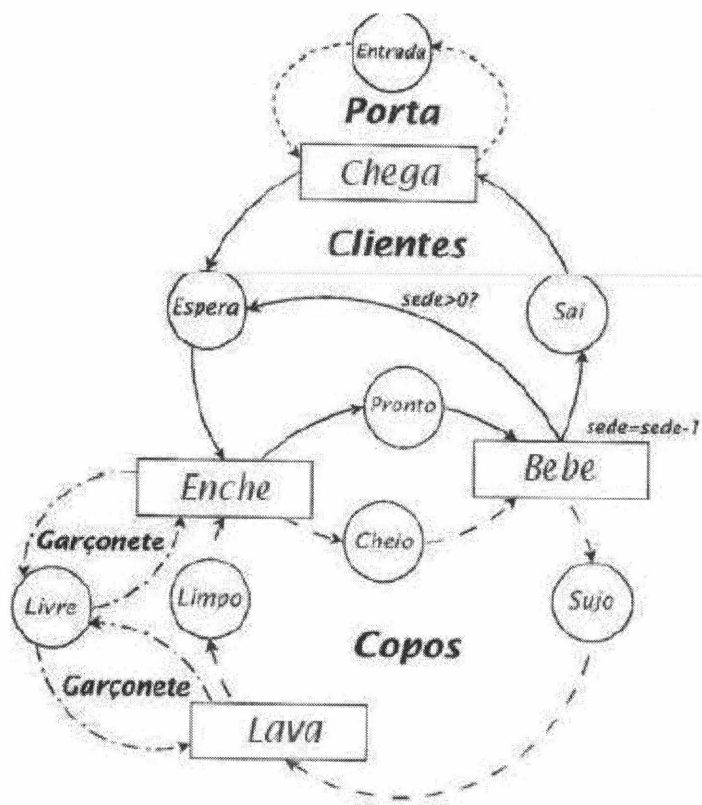


Figura 14 – Modelo de ACD

Fonte: Adaptado de CHWIF

No Software utilizado neste trabalho, Simul8, as figuras que representam os símbolos na simulação podem ser vistos abaixo:

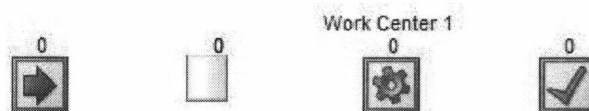


Figura 15 – Representações Simbólicas Simul8

Fonte: Simul8

Da esquerda para direita temos os símbolos da chegada, fila, atividade e saída.

Finalizando, temos também o Recurso, que é representado pela figura abaixo:



Figura 16 – Representação de Recurso no Simul8

Fonte: Simul8

Todos os símbolos podem ser editados para melhor visualizar os modelo e a interpretação dentro da ferramenta Simul8.

Assim, caracteriza-se o embasamento da modelagem conceitual para se iniciar a aplicação da ferramenta do software de simulação.



## **4 SISTEMA ATUAL DO DIMENSIONAMENTO DA FROTA NA OPERAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO**

Atualmente, como já citado, o dimensionamento de frota é fundamental para rentabilizar uma operação pois o valor dos bens patrimoniais são extremamente elevados e a sua baixa utilização é crucial pois o seu custo fixo é elevado, muito relacionado ao seu custo de capital.

Por outro lado, quanto há alta utilização desse recurso, pode haver falta de veículos para realizar as operações de transporte o que compromete as operações de movimentação de produtos podendo ocasionar rupturas de estoque para os clientes finais, comprometendo as estratégias dos clientes e gerando perdas dificilmente mensuráveis.

### **4.1 PROCESSO ATUAL**

O estudo deste trabalho está sendo realizado entre uma Associação de Transporte e uma indústria de peças metal mecânica que atende todo o território nacional.

A Associação possui associados que possuem veículos com características necessárias para atender a operação de transporte de distribuição de peças da empresa citada, ou seja, Carretas do tipo simples 5 eixos com cavalo mecânico com potência necessária e semi-reboque com baú simples.

A indústria de peças possui CD's para atendimento nas cidades abaixo:

<u>FILIAL</u>	<u>CÓD FILIAL</u>	<u>CAPACIDADE DE ESTOCAGEM (Uni)</u>
EMBU	SP1	30.000
CONTAGEM	MG1	25.000
ESTEIO	RS1	25.000
BAURU	SP2	25.000
RIO DE JANEIRO	RJ1	25.000
BRASILIA	DF1	25.000
FORTALEZA	CE1	20.000
CUIABA	MT1	20.000

Quadro 02 – Estrutura de CD's

Os associados possuem necessidades que causam restrições às operações, pois estes atendem regiões específicas. Vide abaixo:

<b>ASSOCIADO</b>	<b>VEÍCULO</b>	<b>FILIAL QUE ATENDE</b>
A1 BRE	A11	SP1
A1 BRE	A12	DF1,SP1,SP2,MG1,RS1,MT1
A2 BJE	A21	DF1,SP1,SP2,MG1,RS1, MT1
A2 BJE	A22	SP2, SP1
A2 BJE	A23	SP2, SP1
A3 GLA	A31	RS1,MG1,DF1
A3 GLA	A32	RS1,MG1,DF1
A4 SUN	A41	RS1,MG1,DF1
A4 SUN	A42	RS1,MG1,DF1, RJ1, SP2
A5 TBE	A51	MG1, DF1, RS1, CE1,SP1, SP2
A6 WMA	A61	MG1, DF1, RS1, CE1,SP1, SP2
A6 WMA	A62	CE1
A7 SAN	A71	CE1
A8 TRP	A81	CE1, DF1, MG1
A8 TRP	A82	CE1, DF1, MG1
A9 GIU	A91	CE1, MG1, DF1
A10 LOR	A101	MG1, DF1, RS1

A11 GKD	A111	CE1, SP1, MG1, DF1, RS1
A 12 ROD	A 121	MG1, DF1, RS1, CE1,SP1, SP2
A 13 ISM	A 131	MG1, DF1, RS1, CE1,SP1, SP2

Quadro 03 – Estrutura de Frota Disponível

O volume atual de vendas de cada filial pode ser visto conforme tabela abaixo:

<b>FILIAL</b>	<b>VENDAS MÊS / UNI</b>
<b>EMBU</b>	<b>60.000</b>
<b>CONTAGEM</b>	<b>45.000</b>
<b>ESTEIO</b>	<b>40.000</b>
<b>BAURU</b>	<b>40.000</b>
<b>RIO DE JANEIRO</b>	<b>25.000</b>
<b>BRASILIA</b>	<b>16.000</b>
<b>FORTALEZA</b>	<b>20.000</b>
<b>CUIABA</b>	<b>10.000</b>

Quadro 4 – Volume de Vendas Atuais

## 4.2 OPERAÇÃO ATUAL

A operação dá-se conforme a programação de embarque recebida 14 horas antes da janela de embarque que possui horário das 04:00 as 22:00 de segunda a sexta-feira. Juntamente com a programação de embarque é recebida também uma previsão para o embarque do dia posterior ao programado.

Os associados que estão na localização da Matriz, marcam sua vez para carregamento e aguardam a convocação de acordo com a necessidade de embarque para cada filial enviada pela programação de expedição e sua região atendida conforme as restrições já informadas na tabela X.

Após convocação, o veículo segue para carregamento no CD CENTRAL, realizam a viagem de ida para entrega nos CD's regionais e posteriormente,

retornam para novo carregamento realizando assim, um ciclo de acordo com figura abaixo:

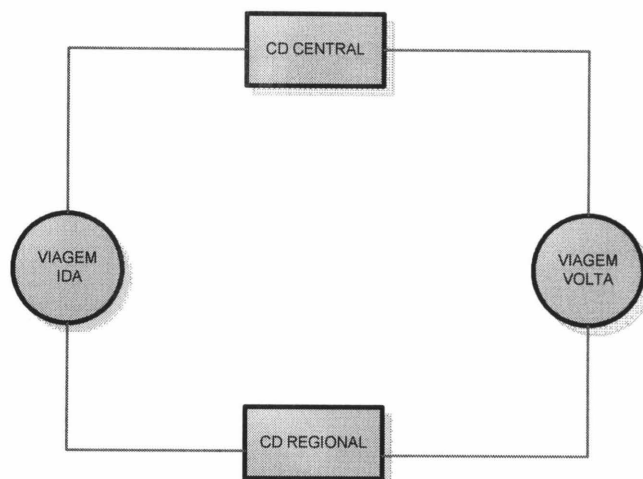


Figura 17 – Processo de Transporte

Desta forma, o processo ocorre sempre em busca do equilíbrio da frota alocada para a operação visando sempre a entrega dos itens nos CD's regionais dentro do prazo e na sua totalidade de itens.

### 4.3 DIFICULDADES ATUAIS

O atual processo está gerando dificuldades na operação. As principais são citadas nos itens abaixo.

#### 4.3.1 Escassez de Frota

Existe falta de veículos para embarque para regiões específicas, ou seja, veículos que atendem regiões diferentes das que o mesmo tem interesse em atender. Isto acarreta a necessidade de refazer as programações de embarques e acarreta em faltas de estoque em alguns CD's e sobra em outras. Assim como o retrabalho gerado na separação de peças, programação, geração de pedidos, etc.

### 4.3.2 Ociosidade de Frota

Alguns períodos ao longo do mês, possuem veículos parados para embarcar, pois o cronograma contempla algumas filiais no momento que os veículos estão aguardando que são diferentes das que o mesmo tem interesse, dando maior utilização de alguns veículos e menor para outros, gerando ociosidade destes últimos.

### 4.4 FLUXO DE INFORMAÇÕES E PRODUTOS

Entrando no aspecto prático deste trabalho, é demonstrado o fluxo de informações e de produtos para a operação estudada.

Na figura abaixo, é possível conhecer o processo atual:

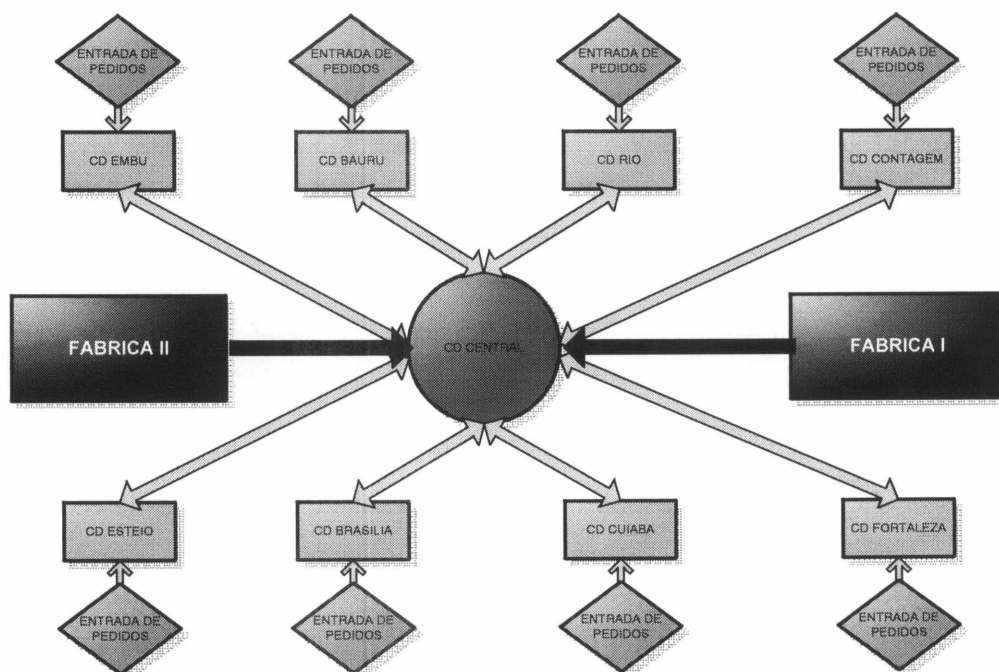


Figura 18 – Processo Integrado de Distribuição Atual

Nota-se que o processo se dá início na implantação de pedidos em cada CD. São oito Cd's em estudo neste trabalho. Existem outros Cd's mas que não foram considerados neste modelo pois não representam grande volume de

embarques ou são atendidos pela operação de embarque que não foi considerada, que são de embarques de veículos de entrega.

Após a entrada de pedidos e com base nas previsões de demanda, as fábricas realizam a produção e enviam para o CD CENTRAL, posteriormente com base na programação de embarque considerando as prioridades de cada CD REGIONAL, ocorrem os embarques e envio dos produtos aos CD's Regionais onde ocorre a distribuição local. As setas amarelas representam o envio de informações dos CD's Regionais para o CD Central e o fluxo de materiais para atender as solicitações.

Os dados abaixo mostram o panorama atual da operação de distribuição da empresa estudada com base no número de embarques por semana:

<b>FILIAL ATENDIDA</b>	<b>EMBARQUE/ SEMANA</b>
EMBU	3,5
ESTEIO	2,8
CONTAGEM	2,3
BAURU	2,3
FORTALEZA	1,1
BRASILIA	1,1
RIO DE JANEIRO	1,5
CUIABA	0,5

Quadro 05 – Volume de Embarque Semanal de Cargas

Vemos que os volumes concentram-se em quatro Cd's, Embu, Contagem, Bauru e Esteio; porém, todos devem ser atendidos de maneira eficaz, ou seja, não podem haver falta de peças entregues nos Cd's e o embarque não pode atrasar no Cd Matriz. Esse panorama é tido como regra no modelo.

A Fábrica possui um volume de produção que é variável de acordo com as necessidades enviadas pelos CD's Regionais. Existem as operações de envio das peças das Fábricas para o CD Matriz que não foi considerado.

## 5 PROJETO E GESTÃO DO DIMENSIONAMENTO DA FROTA NA OPERAÇÃO

Para o presente estudo, foi apresentado um projeto para implantação do modelo de simulação para o dimensionamento da frota alocada na operação de transporte de transferência de peças do CD Matriz para os CD's Regionais.

Sendo assim, se transcorre os itens a seguir.

### 5.1 CRONOGRAMA

O cronograma de implantação se dará conforme quadro abaixo:

<b>Ação\Período</b>	<b>1 Quinz – Jan 2011</b>	<b>2 Quinz – Jan 2011</b>	<b>1 Quinz – Fev 2011</b>	<b>1 Quinz – Fev 2011</b>
<b>Modelagem e Simulação</b>	X			
<b>Avaliação Modelo</b>		X		
<b>Alocação dos Veículos</b>			X	
<b>Início do Novo Modelo</b>				X

Quadro 06 – Cronograma Implantação Projeto

O cronograma é básico e compreende a modelagem e simulação do processo no primeiro momento, posteriormente concentram-se os esforços na avaliação do modelo e da simulação realizada, conseqüentemente é realizada a alocação dos veículos com base no modelo proposto e por fim, inicia-se o processo de acordo com os dados de melhores resultados do dimensionamento de frota realizado com o auxílio da simulação.

## 5.2 OBJETIVO

Maximizar os recursos de frota e a disponibilidade de peças nos CD's regionais.

## 5.3 ESTRUTURAÇÃO

A estruturação do projeto se dá mediante a metodologia do processo de simulação e segue conforme os passos descritos nos itens a seguir.

### 5.3.1 Definição dos Dados de Entrada

Foram coletados os dados de todos os itens que fizeram parte do modelo. Os dados foram levantados tanto para os centros de atividades, recursos e filas.

A utilização de um software de inferência estatística é muito importante para avaliar o comportamento dos dados coletados. Porém, para o modelo proposto, a inferência através do modelo Triangular foi o mais apropriado, bem como as Médias para algumas atividades e Uniforme para outras.

Sendo assim, os dados coletados foram trabalhados e definidos para na sequência serem inseridos no sistema de simulação.

#### 5.3.1.1 Volume de Entradas no Sistema

Para a simulação proposta, serão consideradas entradas ilimitadas e o controle será realizado pelo volume expedido por dia no CD Matriz.

#### 5.3.1.2 Expedição do CD Matriz

A expedição determinará a demanda a ser distribuída ao longo do processo. Para a primeira simulação, será considerado o volume de 3 embarques por dia o que representará um total de 15 cargas por semana ou um volume de



aproximadamente 264.000 peças o que corresponder com as projeções atuais da organização.

A expedição ocorre durante o horário das 04:00 as 22:00 de segunda a sexta-feira, o que foi considerado.

### 5.3.1.3 Tempos de Viagens de Ida

Para os tempos de viagem, foi elaborada uma pesquisa com 3 especialistas nos processos relacionados, ou seja, tempo de viagem da origem ao destino, este levantado com motoristas que realizam os roteiros questionados. Posteriormente foi elaborado o cálculo de uma média simples para os tempos de maior tempo de viagem, menor tempo de viagem e o tempo que mais ocorre:

	KM	728	497	990	3730	623	1105	1850	1450
	FILIAL	ESTEIO	EMBU	RIO	FORTA	BAURU	CONTAG	CUIABA	BRASILIA
<b>Mode</b>	MOT 1	15:00	9:00	20:00	85:00	12:00	22:00	40:00	32:00
<b>Lower</b>	MOT 1	14:00	8:00	19:00	75:00	11:00	21:00	38:00	30:00
<b>Uper</b>	MOT 1	19:00	12:00	23:00	90:00	15:00	0:00	48:00	40:00
<b>Mode</b>	MOT 2	14:00	9:00	18:00	90:00	14:00	20:00	36:00	29:00
<b>Lower</b>	MOT 2	12:00	8:00	17:00	74:00	13:00	19:00	32:00	27:00
<b>Uper</b>	MOT 2	16:00	12:00	21:00	94:00	15:00	22:00	40:00	33:00
<b>Mode</b>	MOT 3	14:00	10:00	20:00	78:00	14:00	20:00	39:00	30:00
<b>Lower</b>	MOT 3	13:00	9:00	19:00	72:00	13:00	19:00	38:00	28:00
<b>Uper</b>	MOT 3	16:00	12:00	23:00	86:00	16:00	23:00	45:00	34:00
<b>Mode Med</b>	<b>MED FIN</b>	<b>14:20</b>	<b>9:20</b>	<b>19:20</b>	<b>84:33</b>	<b>13:20</b>	<b>20:40</b>	<b>38:33</b>	<b>30:33</b>
<b>Lower Med</b>	<b>MED FIN</b>	<b>13:00</b>	<b>8:20</b>	<b>18:20</b>	<b>73:66</b>	<b>12:20</b>	<b>19:40</b>	<b>36:00</b>	<b>28:33</b>
<b>Uper Med</b>	<b>MED FIN</b>	<b>17:00</b>	<b>12:00</b>	<b>22:20</b>	<b>90:00</b>	<b>15:20</b>	<b>23:00</b>	<b>44:33</b>	<b>35:66</b>

Quadro 07 – Tempos de Viagem de Ida

Importante salientar que o tempo de viagem está relacionado ao tempo de operação e o descanso foi abordado considerando a operação de transporte no horário de 06:00 as 23:00 durante todos os dias da semana, inclusive sábados, domingos e feriados.

### 5.3.1.4 Tempos de Operação nos CD's Regionais

O tempo de descarga foi levantado e apontado no sistema de 04:00 horas por veículo e cada CD possui o tempo de operação para descarga:

FILIAL	ESTEIO	EMBU	RIO	CONT	BAURU	FORTA	CUIABA	BRASILIA
<b>Ínicio</b>	22:00	22:00	22:00	22:00	8:00	8:00	8:00	8:00
<b>Término</b>	07:00	07:00	07:00	07:00	18:00	18:00	18:00	18:00

### Quadro 08 – Escala Operacional

Os dados foram considerados no modelo.

### 5.3.1.5 Tempo de Viagens de Retorno

Para o tempo de retorno foram avaliados cada associado de acordo com o CD atendido e com as restrições impostas de cargas de retorno ou retorno vazio.

Abaixo apontamento:

	KM	728	497	990	3730	623	1105	1850	1450
	FILIAL	EST	EMBU	RIO	FORTA	BAURU	CONTA	CUIABA	BRAS
<b>TEMP 1</b>	MOT 1	85	8	98	181	48	97	104	100
<b>TEMP 2</b>	MOT 2	83	8,5	94	192	48	95	106	102
<b>TEMP 3</b>	MOT 3	84	7,5	96	197	48	96	114	104
<b>MED</b>		84	8	96	190	48	96	108	102

### Quadro 09 – Tempo de Retorno

### 5.3.1.6 Numero de Recursos

Para o inicio do estudo foram selecionados 20 carretas dos associados para a operação.

CARRETAS	
BR EXP 1	SANT 1
BR EXP 2	TPC 1
BJ 1	TPC 2
BJ 2	GKD 1
BJ 3	TRBE 1
WMA 1	GLA 1
WMA 2	GLA 2
SUN 1	ROD 1
SUN 2	ISM 1
LOR 1	REC 1

#### Quadro 10 – Carretas Alocadas

Os associados puderem escolher entre sim quais CD Regionais atenderiam na operação de transporte. Abaixo, tabela que demonstra essa escolha:

<b>CARRETAS</b>	<b>FILIAL ATENDIDA</b>
BR EXP 1	SP 1 / SP 2
BR EXP 2	RJ 1
BJ 1	DF 1 / MG 1
BJ 2	DF 1 / MG 1
BJ 3	DF 1 / MG 1
WMA 1	MG 1 / DF 1 / RJ 1
WMA 2	MG 1 / DF 1 / RJ 1
SUN 1	RS 1 / DF 1
SUN 2	RS 1 / DF 1
LOR 1	MG 1 / RS 1 / MT 1
SANT 1	CE 1
TPC 1	CE 1
TPC 2	CE 1
GKD 1	CE 1 / SP 1
TRBENS 1	RS 1 / DF 1
GLA 1	SP 2
GLA 2	SP 2
ROD 1	DF 1 / MG 1
ISM 1	DF 1 / MG 1
REC 1	CE 1 / DF 1

Quadro 11 – Itinerário de Carretas

Para o início da simulação foram consideradas estas alocações através da criação do “Pool Resource” individual para cada rota de CD Regional. Cada Pool recebeu os veículos que fariam a rota selecionada.

### 5.3.2 Desenho do ACD Manual

A montagem ou desenho do ACD manual, foi importante para facilitar a transcrição para o modelo computacional.

Abaixo, o ACD manual do modelo estudado para os “Work Centers” de maneira individual:

# ACD Individual

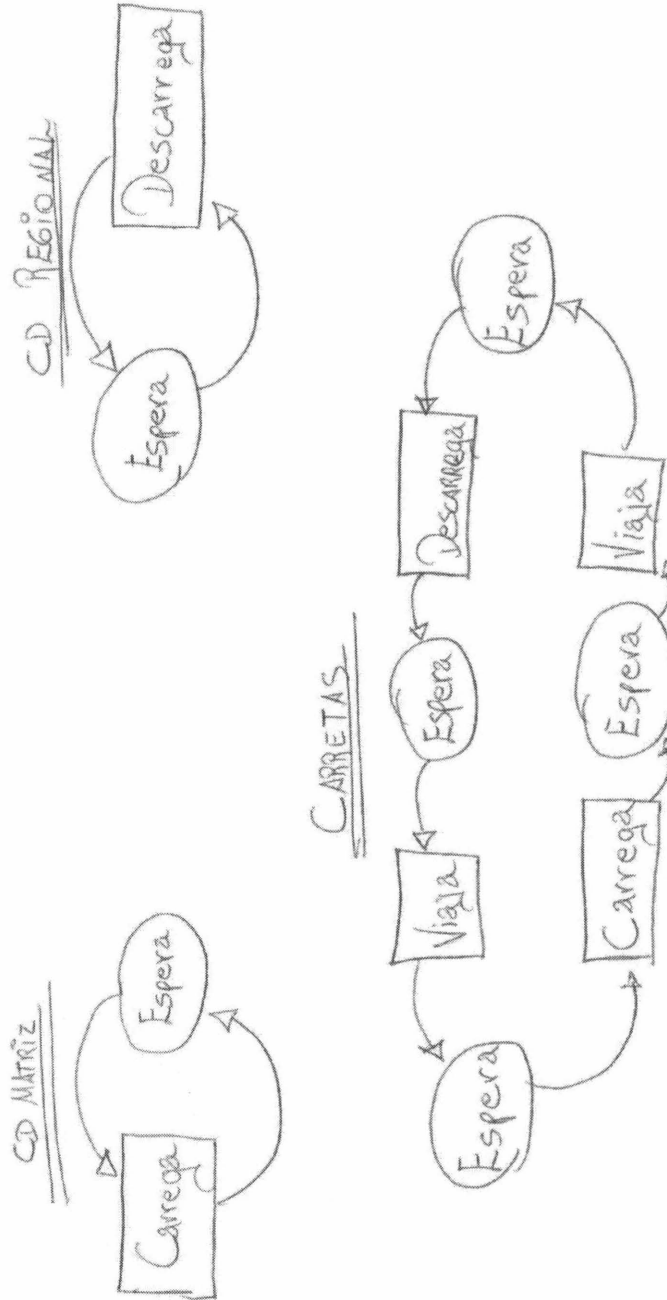


Figura 19 – ACD Individual Manual

Na sequência, foi incorporado e integrado realizando a interação dos recursos e atividades no ACD Completo Manual de uma rota:

ACD Completo

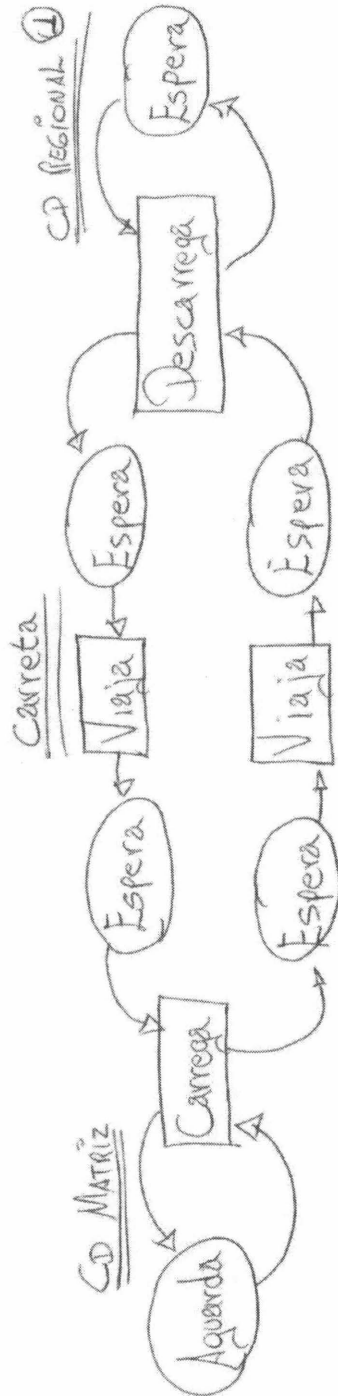


Figura 20 – ACD Completo Manual

### 5.3.3 Montagem do Modelo Computacional

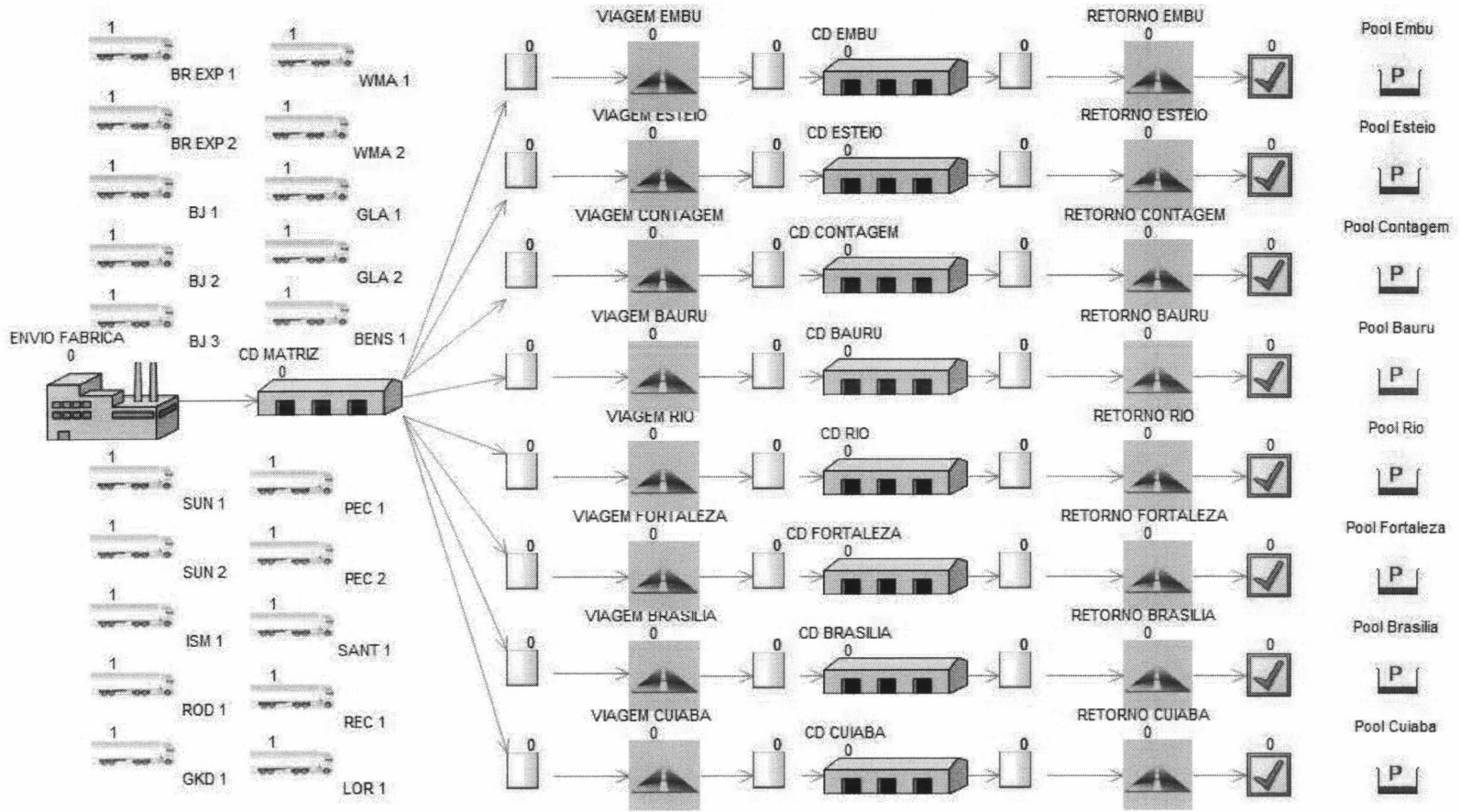
Após a coleta dos dados e a montagem do ACD manual, foi iniciado o processo de construção do modelo computacional no software selecionado. Foram seguidos os critérios de Entrada, Atividade e Saída com filas entre cada.

Os recursos foram alocados em cada atividade que necessitava do mesmo, ou seja, para cada atividade de transporte foi necessário um recurso disponível, ou neste caso, um veículo (Carreta Baú).

Cada item possui a sua relação de comportamento estatístico, período de funcionamento, custo, etc.

Abaixo, modelo computacional estruturado:

Figura 20 – ACD Computacional





### 5.3.4 Simulação Inicial

Após a fase de montagem, é importante realizar a simulação inicial para coleta dos primeiros dados e ações referentes.

O Warm-Up Períod ou o tempo de teste inicial foi determinado para um período que representasse duas semanas ou seja, 180 horas e o tempo total da simulação foi para 6 meses ou 2160 horas.

### 5.3.5 Avaliação Inicial

Com os dados gerados na simulação inicial, se pode perceber formação de filas e recursos que estavam com pouca utilização.

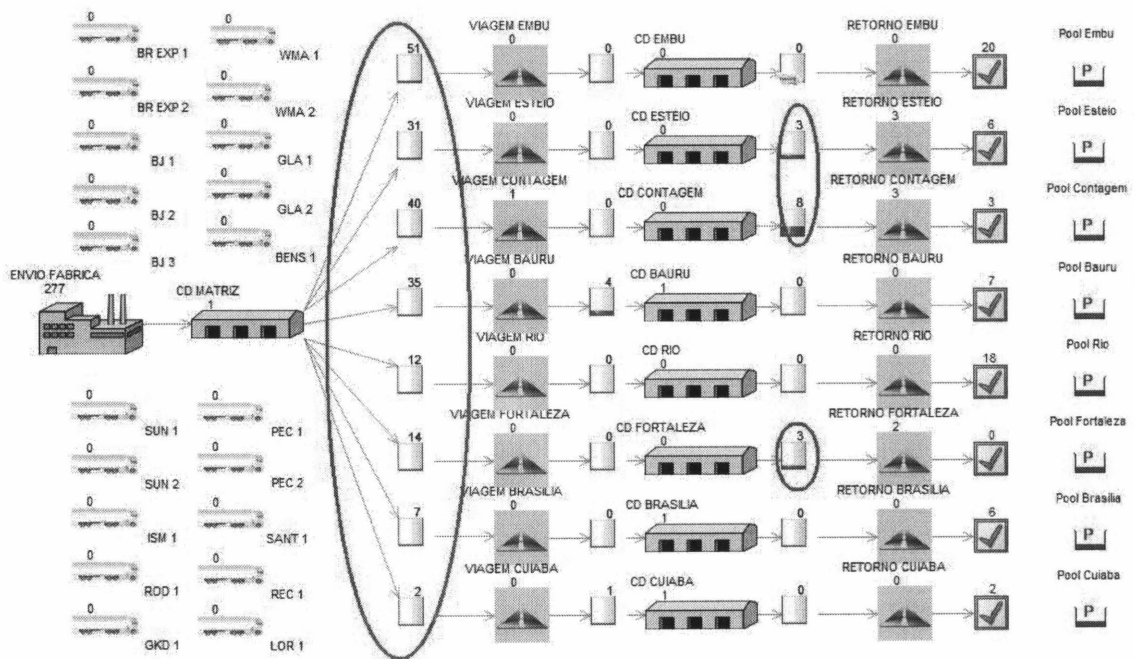


Figura 21 – Formação de Filas

As filas foram causadas por falta de veículos.

Outro detalhe foi a baixa ocupação de outros veículos.

### 5.3.6 Possíveis Ajustes

Os ajustes foram realizados alocando mais Carretas em operações com filas, as Carretas alocadas foram retiradas das rotas que estavam com os veículos ociosos.

Foi realizada nova simulação e os resultados foram satisfatórios.

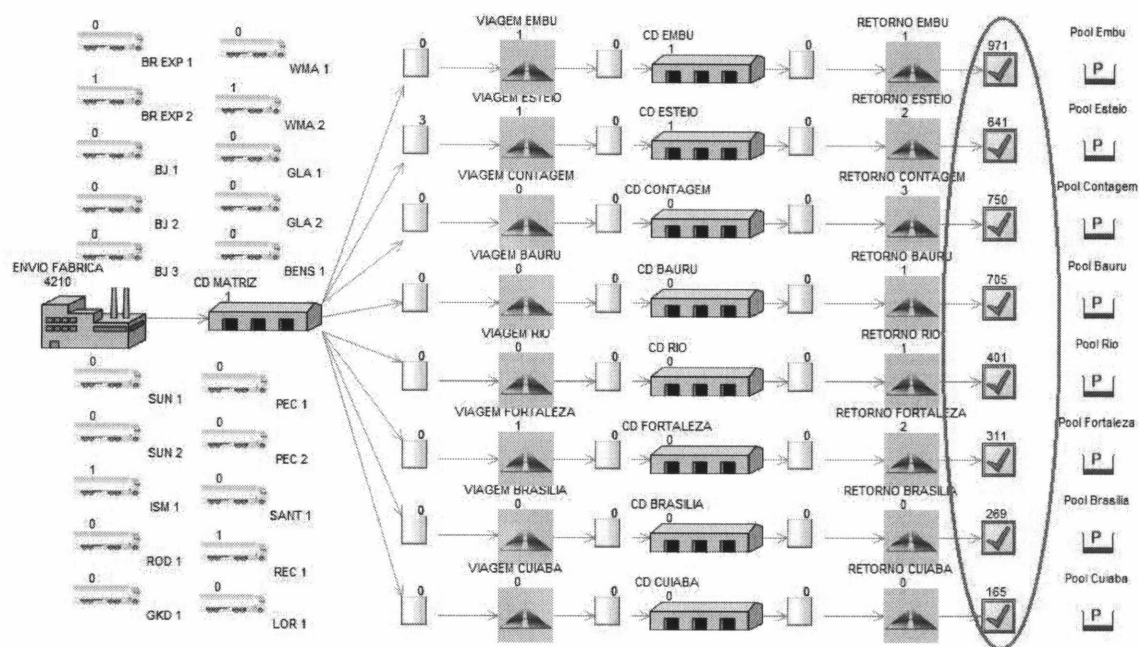


Figura 22 – Simulação Completa com Ajustes

### 5.3.7 Definição dos Indicadores de Resultado

Cada atividade, fila, e recurso tem o seu grau de importância para todo o processo. Sendo assim, foram determinado alguns indicadores principais ou “KPI’s”, para avaliar o processo.

Os principais foram:

% Utilização de Cada Recurso – Para avaliar a utilização máxima do veículo, garantindo maior rentabilidade, que é um dos objetivos do estudo.

% de Cargas que Demoraram Mais que 4 Horas para Serem Embarcadas – Para verificar se as cargas estão ficando ou não acumuladas no CD Matriz, isto para garantir que a expedição do volume embarcado seja atendido.

Média da Fila de Carregamento – Para avaliar se existe fila na etapa anterior ao Trajeto do CD Matriz ao CD Regional, isto para mais uma vez verificar o atendimento do embarque total.

### 5.3.8 Simulação

Após concluídas todas as etapas, foi gerada a simulação e abaixo podem ser vistos os resultados alcançados.

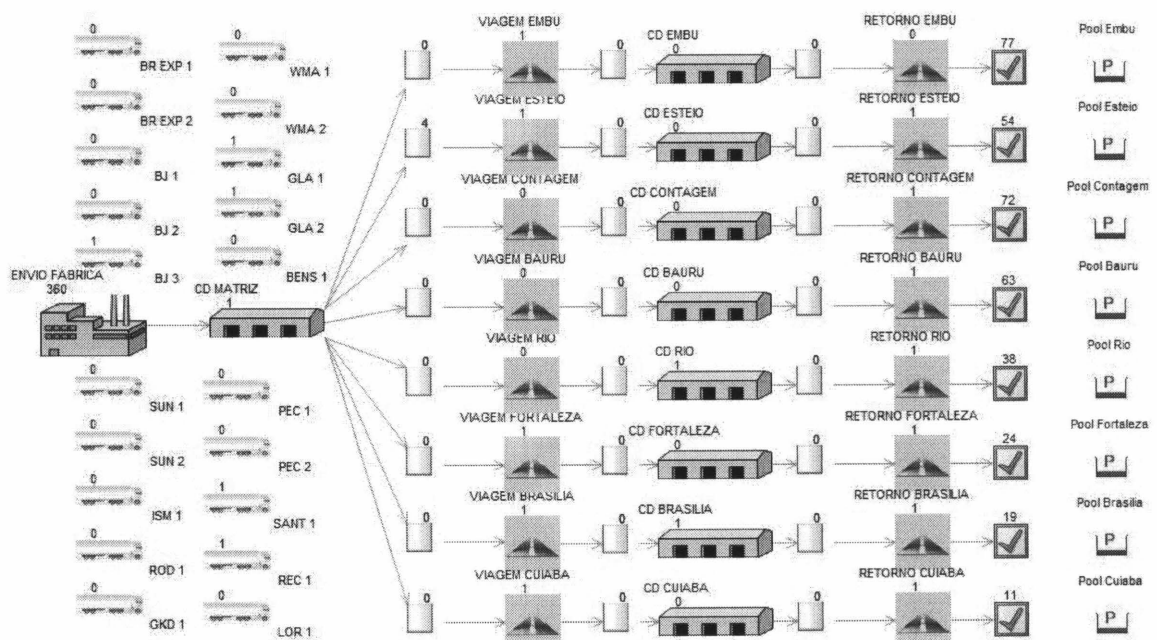


Figura 23 – Fim da Simulação

### 5.3.9 Avaliação dos Resultados

Por fim, abaixo, relatório dos KPI's dos resultados da simulação:

SIMUL8 Results Summary

# Results

from most recent run only. Result Click 'V'

Item	Metric	Result
SUN 1	Utilization %	91.98
SUN 2	Utilization %	85.46
BJ 1	Utilization %	98.82
BJ 2	Utilization %	98.34
BJ 3	Utilization %	88.94
ROD 1	Utilization %	88.21
BR EXP 1	Utilization %	87.34
BR EXP 2	Utilization %	92.36
BENS 1	Utilization %	96.54
GKD 1	Utilization %	93.35
ISM 1	Utilization %	92.19
PEC 1	Utilization %	87.84
REC 1	Utilization %	93.11
PEC 2	Utilization %	80.84
SANT 1	Utilization %	72.98
GLA 1	Utilization %	90.68
GLA 2	Utilization %	77.54
WMA 1	Utilization %	97.04
WMA 2	Utilization %	95.70
LOR 1	Utilization %	99.14
ESPERA VIAGEM EMBU	% Queued less than time limit	36.55
ESPERA VIAGEM CUIABA	% Queued less than time limit	21.34
ESPERA VIAGEM BAURU	% Queued less than time limit	41.60
ESPERA VIAGEM RIO	% Queued less than time limit	14.75
ESPERA VIAGEM CONTAGEM	% Queued less than time limit	33.87
ESPERA VIAGEM ESTEIO	% Queued less than time limit	23.99
ESPERA VIAGEM FORTALEZA	% Queued less than time limit	46.77
ESPERA VIAGEM BRASILIA	% Queued less than time limit	20.07
ESPERA VIAGEM EMBU	Average queue size	0.85
ESPERA VIAGEM BAURU	Average queue size	0.57
ESPERA VIAGEM RIO	Average queue size	0.98
ESPERA VIAGEM CONTAGEM	Average queue size	1.10
ESPERA VIAGEM ESTEIO	Average queue size	1.96
ESPERA VIAGEM FORTALEZA	Average queue size	0.64
ESPERA VIAGEM BRASILIA	Average queue size	0.45
ESPERA VIAGEM CUIABA	Average queue size	0.26

Figura 22 – Relatório de KPI's

## 5.4 CONSIDERAÇÕES

Durante o processo de construção do modelo e as simulações iniciais, foram necessários grandes esforços para avaliar o modelo de simulação e comparar com a realidade operacional.

Uma ferramenta importante do Simul8 para análise crítica do modelo é a simulação passo a passo, com ela, foi possível comparar se as operações de todos os “Work Centers” estavam respeitando as condições propostas.

Com o modelo pronto e as rodadas de simulação realizadas, a realidade operacional foi bem transcrita pelo simulador o que permitiu a sequencia do desenvolvimento do trabalho, onde serão analisados diversos cenários possíveis, citados no inicio deste trabalho; que relaciona a interferência do aspecto do ambiente externo com a demanda de atendimento da operação estudada.

## **6 AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DINÂMICOS**

Com o modelo computacional estruturado e avaliado, é possível fazer simulações diversas para tomada de decisão, no itens a seguir, foram simulados possíveis variações do mercado que fariam com que fosse necessário adaptações ao modelo estático para atender as restrições e aos objetivos.

### **6.1 AUMENTO DE DEMANDA**

Inicialmente foi proposto um aumento de 20% na demanda, o que teoricamente é possível tendo em vista sazonalidade anual para o produto analisado.

O resultado pode ser visto abaixo:

SIMUL8 Compare		
	Run 19:50:52 24/11/2010	Run 19:51:37 24/11/2010
SUN 1.Utilization %	99.70484	99.03362
SUN 2.Utilization %	99.11491	99.09274
BJ 1.Utilization %	100	99.51167
BJ 2.Utilization %	100	99.61624
BJ 3.Utilization %	100	95.70787
ROD 1.Utilization %	100	96.43114
BR EXP 1.Utilization %	99.09638	78.94579
BR EXP 2.Utilization %	99.76223	93.16542
BENS 1.Utilization %	99.98985	99.88648
GKD 1.Utilization %	99.82922	95.79797
ISM 1.Utilization %	100	97.09925
PEC 1.Utilization %	95.20364	91.5646
REC 1.Utilization %	100	98.9295
PEC 2.Utilization %	92.70878	88.63236
SANT 1.Utilization %	93.78922	83.24372
GLA 1.Utilization %	99.57095	84.83862
GLA 2.Utilization %	93.78046	73.70342
WMA 1.Utilization %	100	99.22852
WMA 2.Utilization %	100	98.36659
LOR 1.Utilization %	100	100
ESPERA VIAGEM EMBU. % Queued less than time limit	1.66667	55.78475
ESPERA VIAGEM CUIABA. % Queued less than time limit	0	7.89474
ESPERA VIAGEM BAURU. % Queued less than time limit	8.39599	61.2015
ESPERA VIAGEM RIO. % Queued less than time limit	0.2193	9.64912
ESPERA VIAGEM CONTAGEM. % Queued less than time limit	0	13.45708
ESPERA VIAGEM ESTEIO. % Queued less than time limit	0.72886	1.26404
ESPERA VIAGEM FORTALEZA. % Queued less than time limit	21.14286	33.14286
ESPERA VIAGEM BRASILIA. % Queued less than time limit	0	5.72391
ESPERA VIAGEM EMBU. Average queue size	66.57521	0.56
ESPERA VIAGEM BAURU. Average queue size	2.15229	0.29625
ESPERA VIAGEM RIO. Average queue size	6.93167	1.24958
ESPERA VIAGEM CONTAGEM. Average queue size	52.49771	3.34646
ESPERA VIAGEM ESTEIO. Average queue size	25.34438	9.40771
ESPERA VIAGEM FORTALEZA. Average queue size	1.63688	1.21417
ESPERA VIAGEM BRASILIA. Average queue size	1.17083	0.83604
ESPERA VIAGEM CUIABA. Average queue size	0.73917	0.41563

Figura 23 – Comparação com Aumento de Demanda

Acima, nos resultados da simulação com o aumento da demanda, situada ao lado esquerdo do relatório, é possível notar taxas de ocupação de veículos muito altas o que comprometerá sem duvida a operação. Também, temos significativo aumento da formação de filas, o que comprova problemas na operação.

Nos dados da simulação ao lado direito, foram alocados mais dois veículos para equilibrar o fluxo de embarque, o que foi satisfatório, regularizando a utilização dos veículos bem como regularização dos níveis de formação de filas de embarque e tempo de embarque.

## 6.2 VARIAÇÃO DEMANDAS REGIONAIS

Com crescimento ou diminuição das demandas regionais, é necessário também simular esse cenário, fazendo com que haja adaptação da estrutura de recursos para garantir os objetivos do serviços prestado.

Três cenários foram propostos que foram o aumento da demanda atendida pelo CD Contagem em 10% devido mercado emergente desta localização, perda de demanda na região atendida pelo CD Embu de 5% devido possível concorrência e migração de força de venda da região atendida pelo CD Rio para o CD Fortaleza em 10%.

Abaixo as análises e adaptações necessárias.



SIMUL8 Compare		
	Run 20:01:20 24/11/2010	Run 20:01:55 24/11/2010
SUN 1.Utilization %	91.98205	91.38286
SUN 2.Utilization %	85.46354	87.51222
BJ 1.Utilization %	98.81581	99.09613
BJ 2.Utilization %	98.34308	98.88234
BJ 3.Utilization %	88.93905	94.2839
ROD 1.Utilization %	88.20588	95.69094
BR EXP 1.Utilization %	87.3407	88.85112
BR EXP 2.Utilization %	92.35947	93.58084
BENS 1.Utilization %	96.53565	96.62722
GKD 1.Utilization %	93.35256	97.80459
ISM 1.Utilization %	92.19176	96.38677
PEC 1.Utilization %	87.84286	94.8988
REC 1.Utilization %	93.11235	97.99183
PEC 2.Utilization %	80.83924	93.50075
SANT 1.Utilization %	72.97703	89.10609
GLA 1.Utilization %	90.67727	89.99111
GLA 2.Utilization %	77.53985	77.88929
WMA 1.Utilization %	97.03923	98.99545
WMA 2.Utilization %	95.70108	97.54185
LOR 1.Utilization %	99.1426	99.55633
ESPERA VIAGEM EMBU. % Queued less than time limit	36.55031	32.54505
ESPERA VIAGEM CUIABA. % Queued less than time limit	21.34146	15.33742
ESPERA VIAGEM BAURU. % Queued less than time limit	41.59544	40.17094
ESPERA VIAGEM RIO. % Queued less than time limit	14.75	11.68478
ESPERA VIAGEM CONTAGEM. % Queued less than time limit	33.86667	17.61084
ESPERA VIAGEM ESTEIO. % Queued less than time limit	23.98754	16.9279
ESPERA VIAGEM FORTALEZA. % Queued less than time limit	46.77419	21.52589
ESPERA VIAGEM BRASILIA. % Queued less than time limit	20.07435	8.88889
ESPERA VIAGEM EMBU. Average queue size	0.8525	0.90792
ESPERA VIAGEM BAURU. Average queue size	0.56521	0.61938
ESPERA VIAGEM RIO. Average queue size	0.98354	0.95313
ESPERA VIAGEM CONTAGEM. Average queue size	1.10146	2.26292
ESPERA VIAGEM ESTEIO. Average queue size	1.95625	2.32646
ESPERA VIAGEM FORTALEZA. Average queue size	0.64	2.17979
ESPERA VIAGEM BRASILIA. Average queue size	0.4475	0.59896
ESPERA VIAGEM CUIABA. Average queue size	0.26167	0.29438

Figura 24 – Variação Demanda Regional

A avaliação dos cenários acima com a variação regional de demanda, teve impacto significativo na utilização da frota para maior, ou seja, os veículos teriam melhor rentabilidade. Na formação de filas para embarque e tempo de espera não houveram variações consideráveis.

Esse cenário teve o melhor resultado para a operação.

### 6.3 AUMENTO DE FROTA

Mantendo o cenário inicial, caso algum associado opte em alocar mais um veículo para a operação para atender qualquer região. O impacto pode ser visto abaixo:

The screenshot shows the SIMUL8 Compare window with two columns of data for different simulation runs. The first column is labeled 'Run 20:13:05 24/11/2010' and the second is 'Run 20:13:53 24/11/2010'. The rows list various utilization percentages and average queue sizes for different regions and services.

	Run 20:13:05 24/11/2010	Run 20:13:53 24/11/2010
SUN 1.Utilization %	91.98205	87.83315
SUN 2.Utilization %	85.46354	83.09608
BJ 1.Utilization %	98.81581	98.45004
BJ 2.Utilization %	98.34308	96.7059
BJ 3.Utilization %	88.93905	88.93133
ROD 1.Utilization %	88.20588	80.96806
BR EXP 1.Utilization %	87.3407	88.18139
BR EXP 2.Utilization %	92.35947	90.76454
BENS 1.Utilization %	96.53565	94.08466
GKD 1.Utilization %	93.35256	95.44452
ISM 1.Utilization %	92.19176	93.76655
PEC 1.Utilization %	87.84286	88.31032
REC 1.Utilization %	93.11235	93.43644
PEC 2.Utilization %	80.83924	87.95663
SANT 1.Utilization %	72.97703	0
GLA 1.Utilization %	90.67727	91.34668
GLA 2.Utilization %	77.53985	76.36729
WMA 1.Utilization %	97.03923	96.35978
WMA 2.Utilization %	95.70108	77.97255
LOR 1.Utilization %	99.1426	98.28685
ESPERA VIAGEM EMBU. % Queued less than time limit	36.55031	38.6037
ESPERA VIAGEM CUIABA. % Queued less than time limit	21.34146	16.46341
ESPERA VIAGEM BAURU. % Queued less than time limit	41.59544	44.95021
ESPERA VIAGEM RIO. % Queued less than time limit	14.75	29.5
ESPERA VIAGEM CONTAGEM. % Queued less than time limit	33.86667	38.13333
ESPERA VIAGEM ESTEIO. % Queued less than time limit	23.98754	31.46417
ESPERA VIAGEM FORTALEZA. % Queued less than time limit	46.77419	27.41935
ESPERA VIAGEM BRASILIA. % Queued less than time limit	20.07435	17.10037
ESPERA VIAGEM EMBU. Average queue size	0.8525	0.74896
ESPERA VIAGEM BAURU. Average queue size	0.56521	0.51458
ESPERA VIAGEM RIO. Average queue size	0.98354	0.81042
ESPERA VIAGEM CONTAGEM. Average queue size	1.10146	1.04729
ESPERA VIAGEM ESTEIO. Average queue size	1.95625	1.29104
ESPERA VIAGEM FORTALEZA. Average queue size	0.64	1.0875
ESPERA VIAGEM BRASILIA. Average queue size	0.4475	0.49229
ESPERA VIAGEM CUIABA. Average queue size	0.26167	0.29375

Figura 25 – Aumento Frota Original

Nota-se que o aumento de um veículo teve impacto significativo na utilização de todos os veículos, o que não é rentável para o transporte. Logicamente os níveis de tempo de espera e de formação de filas diminuíram, mas não representam ganhos que viabilizassem a alocação deste veículo adicional.

## 6.4 REDUÇÃO DE FROTA

Mantendo o cenário inicial, é possível que um dos associados opte em deixar de atender a operação proposta neste estudo, o impacto pode ser visto abaixo:

SIMUL8 Compare		
	Run 20:19:10 24/11/2010	Run 20:19:35 24/11/2010
SUN 1.Utilization %	92.79834	96.12144
SUN 2.Utilization %	88.13732	95.26033
BJ 1.Utilization %	98.14202	99.72996
BJ 2.Utilization %	97.64318	99.77375
BJ 3.Utilization %	90.07284	97.78949
RQD 1.Utilization %	87.30218	96.54475
BR EXP 1.Utilization %	84.3274	87.64951
BR EXP 2.Utilization %	94.019	97.69017
BENS 1.Utilization %	95.78054	98.71817
GKD 1.Utilization %	95.4063	96.51576
ISM 1.Utilization %	91.98557	98.38739
PEC 1.Utilization %	90.38703	91.65398
REC 1.Utilization %	92.67872	97.73911
PEC 2.Utilization %	84.22911	87.43278
SANT 1.Utilization %	80.88551	81.99428
GLA 1.Utilization %	87.7784	90.17091
GLA 2.Utilization %	69.41293	72.49774
WMA 1.Utilization %	96.65852	99.53656
LOR 1.Utilization %	98.33271	99.77993
ESPERA VIAGEM EMBU.% Queued less than time limit	37.69841	27.87698
ESPERA VIAGEM CUIABA.% Queued less than time limit	16.66667	2.66667
ESPERA VIAGEM BAURU.% Queued less than time limit	52.443	47.31707
ESPERA VIAGEM RIO.% Queued less than time limit	19.30693	4.60358
ESPERA VIAGEM CONTAGEM.% Queued less than time limit	36.4	9.47075
ESPERA VIAGEM ESTEIO.% Queued less than time limit	18.99696	7.72798
ESPERA VIAGEM FORTALEZA.% Queued less than time limit	41.00295	32.44838
ESPERA VIAGEM BRASILIA.% Queued less than time limit	20.22059	4.79705
ESPERA VIAGEM EMBU.Average queue size	1.2225	2.07917
ESPERA VIAGEM BAURU.Average queue size	0.36229	0.46146
ESPERA VIAGEM RIO.Average queue size	1.07667	3.88938
ESPERA VIAGEM CONTAGEM.Average queue size	1.60146	9.70208
ESPERA VIAGEM ESTEIO.Average queue size	2.06271	7.11729
ESPERA VIAGEM FORTALEZA.Average queue size	1.51208	1.93521
ESPERA VIAGEM BRASILIA.Average queue size	0.51167	0.90563
ESPERA VIAGEM CUIABA.Average queue size	0.22208	0.495

## Figura 26 – Redução de Frota

O resultado mostra utilização muito elevada dos veículos, menor tempo de espera para carregamento e pequeno aumento de filas para a expedição dos itens.

Pode até ser um cenário aceitável.

### 6.5 REDUÇÃO DE DEMANDA

Um possível enfraquecimento da demanda geral em cerca de 20% também pode ser simulado e seus resultados podem ser vistos abaixo:

SIMUL8 Compare

	Run 20:24:28 24/11/2010	Run 20:24:39 24/11/2010
SUN 1.Utilization %	65.22117	86.71802
SUN 2.Utilization %	46.76497	78.13722
BJ 1.Utilization %	90.23391	96.99135
BJ 2.Utilization %	88.05497	96.94332
BJ 3.Utilization %	54.13521	80.80485
ROD 1.Utilization %	45.62713	83.31103
BR EXP 1.Utilization %	67.5625	84.27014
BR EXP 2.Utilization %	76.05172	89.92702
BENS 1.Utilization %	84.8587	94.31959
GKD 1.Utilization %	84.81449	93.84353
ISM 1.Utilization %	66.3539	86.61467
PEC 1.Utilization %	73.88878	83.6325
REC 1.Utilization %	61.08791	87.96391
PEC 2.Utilization %	61.77921	77.75237
SANT 1.Utilization %	40.38955	59.16991
GLA 1.Utilization %	75.21593	85.97462
GLA 2.Utilization %	56.85422	72.83346
WMA 1.Utilization %	83.05021	93.61383
WMA 2.Utilization %	76.97686	92.82556
LDR 1.Utilization %	87.31723	96.87933
ESPERA VIAGEM EMBU. % Queued less than time limit	71.98336	49.39494
ESPERA VIAGEM CUIABA. % Queued less than time limit	65.67164	31.44654
ESPERA VIAGEM BAURU. % Queued less than time limit	78.98551	54.82912
ESPERA VIAGEM RIO. % Queued less than time limit	60.78431	26.19048
ESPERA VIAGEM CONTAGEM. % Queued less than time limit	93.01075	50.49088
ESPERA VIAGEM ESTEIO. % Queued less than time limit	71.45833	39.90066
ESPERA VIAGEM FORTALEZA. % Queued less than time limit	80.4878	57.04698
ESPERA VIAGEM BRASILIA. % Queued less than time limit	81.68317	35.63218
ESPERA VIAGEM EMBU. Average queue size	0.16646	0.54417
ESPERA VIAGEM BAURU. Average queue size	0.09313	0.35479
ESPERA VIAGEM RIO. Average queue size	0.14229	0.55083
ESPERA VIAGEM CONTAGEM. Average queue size	0.03958	0.58563
ESPERA VIAGEM ESTEIO. Average queue size	0.2225	0.98875
ESPERA VIAGEM FORTALEZA. Average queue size	0.13375	0.48458
ESPERA VIAGEM BRASILIA. Average queue size	0.04417	0.28698
ESPERA VIAGEM CUIABA. Average queue size	0.05396	0.17208

Figura 27 – Redução da Demanda

Este cenário se torna inviável para atender com a quantidade de 20 veículos pois a taxa de utilização chega em alguns casos ficar abaixo de 50%. Por outro lado praticamente a expedição não aguarda para embarcar os materiais.

Para este cenário, somente há vantagens para o embarcador, em termos de tempo de expedição.

## 6.6 CONSIDERAÇÕES DOS CENÁRIOS PROPOSTOS

Através do modelo computacional estruturado, possíveis cenários podem ser avaliados e a posterior tomada de decisão possui embasamento técnico, o que facilita e muito o sucesso do planejamento operacional.

Todos os cenários puderam ser simulados e os resultados foram de fácil análise perante o relatório comparativo dos indicadores.

Sendo assim, o proposto teve sucesso com o auxílio da ferramenta de simulação.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A proposta do estudo do dimensionamento de frota com o auxílio de uma ferramenta de simulação, tem um papel fundamental na tomada de decisão exposta para este trabalho, em um cenário dinâmico e influenciado por diversas questões micro e macro econômicas, cujo impacto pode ser mensurado e avaliado perante os componentes da operação.

Com o modelo estruturado e os cenários podendo ser avaliados, a simulação se torna estratégica para a tomada de decisão, gerando redução de perdas e possíveis ganhos no equilíbrio da taxa de utilização de veículos e a redução do tempo de espera para embarque por parte do embarcador, estes, relacionando diretamente com os objetivos do estudo.

Sendo assim, o embasamento teórico, através da bibliografia e artigos, pode dar sustentação técnica para o desenvolvimento deste trabalho e facilitar a compreensão do autor para expor todas as questões práticas do trabalho relacionadas com as teóricas propostas pelos autores.

O desenvolvimento do projeto para implantação da ferramenta de simulação, teve êxito na sua formatação, pois todos os cenários lógicos e relacionados com a realidade foram testados e os resultados de fácil compreensão.

Concluindo, o objetivo geral foi alcançado, onde foi possível estabelecer o número de veículos para atender a operação proposta com máxima eficiência operacional e rentabilidade para os veículos, através do modelo computacional de simulação elaborado.

## REFERÊNCIAS

- ARNOLD, J. R. Arnold. Administração de Materiais. Atlas. São Paulo 1999.
- BANKS, J. Software for Simulation. In: Proceedings of the winter simulation conference, pp. 15-20, 1991.
- BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial – 5 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BOWERSOX, Donald J. Gestão Logística de Cadeia de Suprimentos. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Estratégia, Planejamento e Operação. Pearson Education Brasil. São Paulo. 2008.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações. 2 ed. São Paulo, 2007.
- CHWIF, L. Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal. Tese de doutorado. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Mecânica, 1999
- CORREA, H. Planejamento, Programação e Controle da Produção. Editora Atlas. São Paulo. 2001.
- DIAS, Marco Aurélio. Administração de Materiais. Atlas. São Paulo, 2002
- LARRANAGA, Felix A Gestão Logística Global. Aduaneiras. São Paulo, 2003
- MARTEL, Alain; VIEIRA, Darlli Rodrigues. Análise e Projeto de Redes Logísticas. Editora Saraiva. São Paulo. 2008.
- MARTINS, Petrónio Garcia, ALT, Paulo Renato Campos . Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais. Saraiva. São Paulo, 2003
- SIMCHI-LEVI, David; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. Cadeia de Suprimentos – Projeto e Gestão. Bookmann. Porto Alegre. 2003
- VIANA, João José. Administração de Materiais: um enfoque prático. Atlas. São Paulo, 2002
- VOLLMANN, Thomas E.; BERRY, William L.; WHYBARK, D. Clay; JACOBS, F. Robert. Sistemas de Planejamento & Controle da Produção para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Bookmann. Porto Alegre. 2006.